UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA

PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL EN EL MANEJO DE EXPLOSIVOS EN EL SECTOR MINERO

Tesis presentada por el Bachiller:

CÁRDENAS SALAZAR, CHRISTIAN JOE

para optar el Título Profesional de

INGENIERO METALURGISTA

UNSA - SADI

No. Doc. B2-M-18242

No Ej. 01 Fecha 15/08/19

Firma Registrador

AREQUIPA - PERU

2015

INTRODUCCIÓN

En el diseño de voladuras, las características físicas, químicas y mecánicas de las rocas, (entre otras de sus propiedades) así como la estratigrafía y los rasgos estructurales del macizo rocoso, juegan un papel importante pues determinan la geometría de la voladura, el consumo específico y la regulación de los tiempos de retardo tanto en voladuras a cielo abierto como subterráneas.

Los elementos básicos de geología que tienen incidencia en la perforación y voladura son:

1) las características físicas y mecánicas de las rocas que conforman el macizo rocoso,
2) la estratigrafía, esto es, la presencia de estratos menos resistentes, y eventualmente más delgados, y presencia de cavidades y
3) los rasgos estructurales, esto es, la presencia de planos de estratificación, diaclasas principales y secundarias, en lo que tiene que ver fundamentalmente con sus actitudes.

Otro parámetro que debe tenerse en cuenta en un diseño racional, está obviamente, asociado con los objetivos de la voladura; este otro factor puede conllevar a modificar los diseños en virtud a favorecer la granulometría a lograr, así como a evitar la dilución del material a remover.

El principio de una buena voladura se fundamenta en un buen diseño de la malla y supervisión al proceso de perforación.

Bachiller:CÀRDENAS SALAZAR CHRISTIAN JOE

PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL EN EL MANEJO DE EXPLOSIVOS EN EL SECTOR MINERO

INDICE

CAPITULO I.- GENERALIDADES

1.1 OBJETIVO 1
1.1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 1
1.2. HIPÓTESIS 1
1.3. JUSTIFICACIÓN 2
1.4. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y ACCESO 2
1.5. GEOLOGÍA 3
1.5.1. FISIOGRAFÍA, GEOMORFOLOGÍA, DRENAJE Y CLIMA 3
1.5.2. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL 4
1.5.3. GEOLOGÍA ECONÓMICA 6
1.6. MINA 7
1.6.1. PRODUCCIÓN 7
1.6.1.1. RECUPERACIÓN DE FINOS 8
1.6.1.2. PRODUCCIÓN POR ZONAS Y SECCIONES 8
1.6.2. AVANCES LINEALES 9
1.6.3. RESULTADOS OPERATIVOS 9
1.6.3.1 PRODUCCIÓN 9
1.7. PLANTA 11
1.8. RECEPCIÓN DE MINERAL 12
1.9. CHANCADO 12
1.10. MOLIENDA Y CLASIFICACIÓN 13
1.11. CONCENTRACIÓN: GRAVIMETRÍA Y FLOTACIÓN 14
1.12. MEDIO AMBIENTE 16

CAPÍTULO II.- SUSTANCIAS EXPLOSIVAS

2.1. SUSTANCIAS Y MEZCLAS EXPLOSIVAS 17
2.1.1. SUSTANCIAS EXPLOSIVAS PRIMARIAS O INICIADORES 18
2.1.2. SUSTANCIAS EXPLOSIVAS SECUNDARIAS 18
2.1.3. SUSTANCIAS NO EXPLOSIVAS SUSCEPTIBLES DE DETONAR 20
2.1.4. EXPLOSIVOS GELATINOSOS 23
2.1.4.1. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES 23
2.1.5. EXPLOSIVOS PULVERULENTOS 25
2.1.5.1. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES 25

2.1.6. EXPLOSIVOS A BASE DE NITRATO AMÓNICO 27
2.1.6.1. NITRATO AMÓNICO 27
2.1.6.2. MEZCLAS ANFO 29
2.1.6.2.1 PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ANFO 30
2.1.6.2.2. APLICACIONES DE LAS MEZCLAS ANFO 32
2.1.7. HIDROGELES 33
2.1.7.1. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES 33
2.1.8. EMULSIONES 35
2.1.8.1 ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES 35
2.1.8.2 ANFO DENSO (HEAVY ANFO) 37
2.1.9. EXPLOSIVOS DE SEGURIDAD 38
2.1.10. PÓLVORA NEGRA 39
2.1.11. EXPLOSIVOS UTILIZADOS 41
2.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS EXPLOSIVOS 41
2.2.1. POTENCIA EXPLOSIVA 42
2.2.2. PODER ROMPEDOR 43
2.2.3. VELOCIDAD DE DETONACIÓN 44
2.2.4. DENSIDAD DE EN CARTUCHADO 45
2.2.5. RESISTENCIA AL AGUA 45
2.2.6. HUMOS 46
2.2.7. SENSIBILIDAD 47
2.2.8. ESTABILIDAD QUÍMICA 49
2.3. INICIACION DE EXPLOSIVOS 49
2.3.1. DESCOMPOSICIÓN Y EXPLOSIÓN TÉRMICA 50
2.3.2. CALENTAMIENTO LOCAL POR CHOQUE: PUNTOS CALIENTES 52
2.3.3. PROPAGACIÓN DE LA DETONACIÓN 53
2.3.3.1. ZONA DE REACCIÓN EN EXPLOSIVOS HETEROGÉNEOS 53
2.3.3.2. DIÁMETRO CRÍTICO 54
2.3.3.3. VELOCIDAD DE DETONACIÓN 55
2.3.3.4. INFLUENCIA DEL CONFINAMIENTO 56
2.3.4. INICIACIÓN POR ONDAS DE CHOQUE 57
2.3.4.1. INICIACIÓN SUBIMPULSADA 57
2.3.4.2. INICIACIÓN SOBREIMPULSADA 60
2.3.4.3. INFLUENCIA DEL DIÁMETRO DE LA CARGA INICIADORA 60
2.4. SISTEMAS DE INICIACION 62
2.4.1. MECHA LENTA 62
2.4.2. CORDÓN DETONANTE 63
2.4.2.1. APLICACIONES DEL CORDÓN DETONANTE 63
2.4.2.2. CONEXIÓN DEL CORDÓN DETONANTE 65
2.4.3. DETONADORES DE MECHA U ORDINARIOS 66

2.4.4. DETONADORES ELÉCTRICOS 66
2.4.4.1. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LOS DETONADORES 69
2.4.4.2. CLASIFICACIÓN DE LOS DETONADORES ELÉCTRICOS 70
2.4.5. OTROS SISTEMAS DE INICIACIÓN NO ELÉCTRICOS 71
2.4.5.1. RELÉS DE MICRORRETARDO 72
2.4.5.2. DETONADORES NO ELÉCTRICOS 73
2.4.6. MULTIPLICADORES 74
2.4.6.1. MULTIPLICADORES COLADOS 75
2.4.6.2. MULTIPLICADORES CON BASE DE NITROGLICERINA 76
2.4.6.3. MULTIPLICADORES ESPECIALES 77

CAPÍTULO III.- OPERACIONES DE EXPLOTACIÓN MINA

3.1. OPERACIÓN MINA 79
3.1.1. ORGANIZACIÓN 80
3.1.1.1. CONTRATISTAS MINEROS 81
3.1.1.2. ORGANIZACIÓN JERÁRQUICA DE SUPERVISIÓN 82
3.1.2. SUPERVISIÓN 82
3.1.2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA 83
3.1.2.2. EL JEFE DE GUARDIA 85
3.1.3. PERFORACIÓN Y VOLADURA 87
3.1.3.1. OBJETIVOS EN PERFORACIÓN Y VOLADURA 87
3.1.3.2. CONTROL DEL FACTOR DE POTENCIA 87
3.1.3.3. CAPACITACIÓN AL PERSONAL DE OPERACIÓN 88
3.1.3.4. USO DE EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS 89
3.1.3.5. DIAGNOSTICO 90
3.1.4. AVANCES LINEALES 91
3.1.4.1. INFORMES DE OPERACIÓN 91
3.1.4.2. DIAGNOSTICO 92
3.1.5. ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD EN TAJOS 92

CAPITULO IV.- PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL EN EL MANEJO DE EXPLOSIVOS

4.1. INTRODUCCION 96
4.2. UBICACIÓN Y ACCESO 97
4.3. LIDERAZGO Y RESPONSABILIDAD 97
4.4. OBJETIVOS Y METAS 98
4.4.1. OBJETIVO GENERAL 98
4.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS 98

4.4.3. METAS 100
4.5. POLITICAS EMPRESARIALES 102
4.5.1. MISION 102
4.5.2. VISION 102
4.5.3. VALORES 103
4.6. POLÍTICA DE SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL, CALIDAD, MEDIO AMBIENTE Y RESPONSABILIDAD SOCIAL DE UNA EMPRESA CONTRATSITA 103
4.7. POLITICA DE SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL, MEDIO AMBIENTE Y COMUNIDADES 104
4.7.1. LIDERAZGO Y COMPROMISO DE LA ALTA DIRECCION 104
4.7.2. ORGANIZACIÓN, FUNCIONES, CAPACITACION Y RECURSOS 106
4.7.2.1. ORGANIGRAMA 106
4.8. FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES 106
4.8.1. LA ALTA DIRECCIÓN (GERENCIA GENERAL) 106
4.8.2. EL INGENIERO RESIDENTE 107
4.8.3. INGENIERO DE SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL Y MEDIO AMBIENTE 110
4.8.4. INGENIERO ASISTENTE TECNICO 112
4.8.5. ASISTENTE ADMINISTRATIVO 113
4.8.6. OPERADOR DE CAMIÓN 114
4.8.7. MECÁNICO 116
4.8.8. OPERADOR DE CARGUIO 118
4.9. DERECHOS Y OBLIGACIONES DEL TITULAR, SUPERVISORES, TRABAJADORES 119
4.10. INSPECCIONES Y AUDITORIAS 121
4.10.1. SISTEMAS DE INSPECCIONES 121
4.10.2. PROGRAMA DE INSPECCIONES 123
4.11. ANÁLISIS Y PROCEDIMIENTOS DE TAREAS CRÍTICAS 123
4.11.1. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS EVALUACIÓN DE RIESGOS Y CONTROL (IPERC) 123
4.11.2. INVENTARIO DE TAREAS CON RIESGOS SIGNIFICATIVOS 124
4.11.2.1 PERMISO ESCRITO DE TRABAJO DE ALTO RIESGO (PETAR) 124
4.12. INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES 125
4.12.1. PROCEDIMIENTO DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES 125
4.12.2. REPORTE E INVESTIGACIÓN DE INCIDENTES/ACCIDENTES 125
4.12.2.1. REPORTE DE INCIDENTES, ACTOS Y CONDICIONES SUB ESTÁNDARES 126
4.13. EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL 126
4.14. COMUNICACIONES, PARTICIPACIÓN Y CONSULTA 126

4.14.1. COMUNICACIÓN 126
4.14.2. CAPACITACIONES 127
4.14.2.1 EDUCACIÓN EN SEGURIDAD 127
4.14.2.2. INSTRUCCIONES DIARIAS DE SEGURIDAD 127
4.14.2.3. INDUCCIONES 128
4.14.2.4. CAPACITACIÓN MENSUAL 129
4.15. RECURSOS 130
4.16. PROGRAMA DE SALUD OCUPACIONAL 130
4.16.1. OBJETIVOS 131
4.16.2. ALCANCE 131
4.16.3. RESPONSABLES 131
4.16.4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS 132
4.16.5. IDENTIFICACIÓN DEL AREA DE TRABAJO PROCESO A REALIZAR 133
4.16.6. IDENTIFICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS: 134
4.16.7. IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL 135
4.16.8. MONITOREO DE AGENTES CONTAMINANTES A LOS QUE SE EXPONE EL PERSONAL POR ÁREA/ FRENTE DE TRABAJO 137
4.17. PLANIFICACION DE EMERGENCIAS 138
4.18. EVALUACION Y CONTROL DEL DESARROLLO DEL PROGRAMA 138
4.18.1. CONTROL MENSUAL DE INSPECCIONES 138
4.18.2. AUDITORÍA INTERNA 138
4.18.3. AUDITORÍA EXTERNA 139
4.18.4. REPORTE MENSUAL DE ACTIVIDADES 139
4.18.5. EVALUACIÓN ANUAL DEL PROGRAMA DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL 139

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 OBJETIVO

El Objetivo General de la presente tesis es dar a conocer y plantear un plan de seguridad ocupacional en el manejo de explosivos en el sector minero metalúrgico con respecto al sistema de minado.

1.1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a. Dar a conocer los fundamentos de las sustancias explosivas.
b. Seleccionar los tipos de explosivos para minimizar los peligros que nos con lleva al uso de estos materiales peligrosos.

1.2 HIPÓTESIS

Es posible establecer un plan de seguridad y salud ocupacional en el manejo de explosivos en el sector minero metalúrgico.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La minería tiende actualmente a incrementar el aporte de mineral de tajo y los valores por tonelada de mineral por consiguiente deben aumentar. Motivo por el cual necesita mejorar su producción, acentuar el crecimiento de sus reservas y prolongar la vida de la mina, no dejando de lado la seguridad ya que el uso de estos materiales altamente peligros hace que se tenga que plantear un plan de seguridad y salud ocupacional para minimizar el riesgo en el uso de explosivos.

1.4. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y ACCESO

La Unidad Parcoy perteneciente al Consorcio Minero Horizonte se ubica en la provincia aurífera de Pataz, con una extensión de 160 Km de largo y de 3 Km de ancho, es conocida por sus vetas auríferas de cuarzo-sulfuros desde la época incaica (siglos XV y XVI). Durante los últimos 100 años más de 16 minas subterráneas distribuidas en los distritos de Pataz, Parcoy y Buldibuyo han producido 6 millones de onzas de oro y se estima que los recursos asciendan a 40 Millones de onzas aproximadamente. El área de la empresa Consorcio Minero Horizonte S.A, Unidad Parcoy, se encuentra en el distrito de Parcoy, provincia de Pataz, departamento de La Libertad, en las coordenadas geográficas 77°36' Longitud Oeste; 08°00' Latitud Sur, a una altura de 2600 a 4100 m.s.n.m.

Es accesible por las siguientes vías:

- Vía Aérea: Trujillo – Pías / Lima – Pías
- Vía Terrestre: Trujillo – Chagual – Parcoy (400 Km.)

1.5. GEOLOGÍA

1.5.1. FISIOGRAFÍA, GEOMORFOLOGÍA, DRENAJE Y CLIMA

Fisiográficamente el yacimiento se encuentra en el flanco occidental de la cordillera central, entre valles interandinos, donde se observan valles agudos y quebradas profundas que se han formado por la erosión glaciar fluvial, las que está en proceso de estabilización.

Geomorfológicamente la zona está afectada profundamente por la acción erosiva de las aguas de escorrentía, por lo que se encuentran relieves empinados, principalmente en épocas lluviosas, lo que limita el desarrollo de la agricultura en la zona. Se pueden observar tres unidades geomorfológicas:

- **Cordillera Oriental:** Caracterizados por geoformas positivas que llegan a tener altitudes de 4000 m.s.n.m.; las cuales se alinean con el flanco oriental de la cordillera de los Andes.
- **Valles:** Son geoformas negativas y angostas, por las que discurre el río Parcoy, el cual desemboca en la laguna de Pías.
- **Terrazas**: Formados por materiales acarreados de las cabeceras de las quebradas hacia el río Parcoy, las que forman muestran un relieve suave y abundante vegetación.

Respecto al drenaje podemos indicar que es enrejado, donde el río Parcoy es uno de los principales colectores de pequeños afluentes. Este río discurre de sur a norte, con rumbo N60° E, con un caudal promedio de 643 l/s, drena por la laguna de Pías, luego desemboca al río Marañón y finalmente llega al río Amazonas.

El clima es en general templado durante el año con lluvias entre los meses de Noviembre y Marzo. Se presentan ventarrones durante los meses de Julio y Agosto. Los cambios de temperatura están controlados básicamente por la geografía. La vegetación silvestre es abundante cubriendo la superficie de los cerros principalmente en épocas de lluvias.

1.5.2. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Según el cuadro tectónico descrito por Wilson Reyes (1967) para la zona existen 4 unidades tectónicas, una provincia de pliegues, un área imbricada, las fosas tectónicas del Marañón y una zona de bloques fallados, siendo esta última la que correspondería a nuestra área de estudio.

La provincia de bloques fallados se caracteriza por haber sufrido movimientos predominantemente verticales a lo largo de fallas que tienen rumbo aproximado NW-SE. En la unidad de Parcoy es importante indicar y definir un gran bloque tipo graben, "La Virgen", que ha bajado y cuyos límites son:

- Al Sur: La falla "H".
- Al Norte: entre Cachica.
- Al Este: Potacas.
- Al Oeste: La gran falla regional que pasa por el río Parcoy-Alpamarca y al W por toda la falda de Pilancones y Pampa Espino.

Este bloque influye en la mineralización y en la profundidad del yacimiento.

El Distrito minero ha sido afectado por los diferentes eventos tectónicos sufridos en los últimos 399Ma dando como resultado

una complejidad estructural muy marcada. No presenta fuerte foliación, por lo que se supone instruyó la corteza superior en una zona extensional. Dicha zona extensional se habría reactivado subsecuentemente como consecuencia de un sistema de fallas inversas oblicuas durante la mineralización y de nuevo por callamiento post-mineralización.

Las fallas producto de los eventos tectónicos regionales, pueden haber tenido un efecto en la distribución de zonas mineralizadas en el distrito de Parcoy, que incluye cizallamiento y plegamiento pre-mineral, sin-mineral y post-mineral. Los eventos pre-mineral incluyen deformación y metamorfismo en el Complejo Marañon Proterozoico (la orientación estructural o direcciones de compresión no son muy reconocidas), débil acortamiento NW-SE en el Ordoviciano, acortamiento NE-SW en el Devoniano tardío, y extensión NW-SE durante la intrusión del Batolito de Pataz en el Missisipiano (Haeberlin y Fontboté, 2002).

El contacto occidental del Batolito es una falla Cenozoica tipo "Strike-slip" (salto sobre su rumbo) orientada 350°/85°, como lo indican las estriaciones de falla horizontal "Slickenlines" observadas en la Quebrada Balcón. Esta falla es casi paralela a todas las vetas occidentales y probablemente sea una reactivación de una falla de primer orden sin-mineral (E. Nelson, 2003). El área presenta tres sistemas de fallas importantes:

- Sistema de Fallamiento NW-SE (Andino).- Son fallas postminerales de rumbo paralelo y subparalelo a la veta originando ensanchamiento, acuñamiento, concentración de valores por dilatación térmica, creando un campo térmico favorable para la reactivación de mineral, etc. Son de carácter normal – sinextral e inversa.

- Sistema de Fallamiento NE-SW a NS (Antiandino).- Son fallas de alto buzamiento al W, se presentan agrupadas, se le considera como fallas gravitacionales. Las vetas muchas veces se hallan afectadas por este tipo de fallamiento ya sea normal como inverso, etc.
- Sistema de Fallamiento Principal E-W (Transversales).- Son fallas mayores de rumbo promedio E –W, las que originan las fallas de tipo extral.

1.5.3. GEOLOGÍA ECONÓMICA

Las fracturas pre-existentes a la mineralización tiene un rumbo paralelo a las grandes fallas N-S con buzamiento variable al Noreste, la mineralización rellenó estas fracturas con cuarzo, pirita que posteriormente fueron afectadas por fallas transversales; esto dio origen a que las vetas presenten un modelo tipo rosario.

Las vetas son típicamente mesotermales donde prima la asociación "cuarzo, pirita, oro", así como otros minerales asociados en menor magnitud como clorita, sericita, calcita, ankerita, galena, esfalerita.

Las vetas se alinean a una dirección dominante N20°W con buzamientos al NE, siendo casi todas el resultado del emplazamiento del sistema de fallas de cizalla., así mismo se han identificado "sistemas" de vetas, constituidos por una veta central o principal con ramales y sigmoides asociados. La mayoría de las vetas presentan marcadas variaciones en rumbo y buzamiento, generando zonas de mayor apertura y enriquecimiento, emplazados en zonas de debilidad y cizallamiento que favorecieron el relleno mineralizante y la formación de "clavos". La extensión horizontal e individual de las

estructuras es algunas decenas de metros las cuales están controladas por fallas transversales sinextrales en la mayoría de los casos, de actividad tanto pre como post al emplazamiento de la mineralización.

1.6. MINA

Con la finalidad de tener una cabal visión de las operaciones en mina se analizarán los siguientes aspectos:

- producción,
- avances lineales, y
- resultados operativos

La información que se presenta corresponde al Informe de Operaciones Mina del mes.

1.6.1 PRODUCCIÓN

La producción mineral considera tanto el material extraído en forma de fragmentos granulados como en forma de polvo residual, estos últimos conocidos como finos.

En las labores de producción (tajos) actúan cuadrillas de trabajadores ayudantes al mando de un maestro, quienes tienen a su cargo la ejecución de las operaciones unitarias con el objeto de cumplir con las metas programadas.

La Mina obtuvo como resultado de su producción 34,837 TMS de mineral con una Ley de 14.12 gr.Au/TMS, procedentes de tajos y aportes, asimismo 2,584TMS de mineral pobre con ley de 4.71gr.Au/TM.

La producción de la mina ha incluido 1,407TM de mineral con ley de 15.95 gr.Au/TMS correspondiente al PEC (Proyecto de Explotación Compartida con la empresa minera MARSA).

Tabla N° 1.1.

Producción de Mineral en TMS

Producción	Programa (TMS)	Ejecutado (TMS)					% Cump.
		Norte	Centro	Sur	PEC	Total	
Tajos	35,095	8,200	10,672	5,894	1,178	25,944	74%
Aportes	6,002	1,428	4,229	3,007	229	8,893	148%
Baja ley	100	799	557	1,227		2,584	2584%
Total Mineral	**41,197**	**10,428**	**15,458**	**10,128**	**1,407**	**37,421**	**91%**

1.6.1.1 RECUPERACIÓN DE FINOS

Como resultado de la producción de Mina se extrajo un contenido de finos de 492,111gr.Au con una ley promedio de 12,174gr.Au.

1.6.1.2 PRODUCCIÓN POR ZONAS Y SECCIONES

En la Zona Norte de la sección Milagros dio el mayor aporte de tonelaje (3,881TMS). El mayor aporte de finos correspondió a Golden (44,552 gr.Au/TMS).

En la Zona Centro las secciones Rumpuy RNG (7,426TMS y 128,593 gr.Au/TMS) y Sissy (6,432TMS y 71,339 gr.Au/TMS) dieron el mayor aporte de tonelaje y finos.

En la Zona Sur la sección Bernabé dio el mayor aporte de tonelaje y finos (5,987TMS y 66,213 gr.Au/TMS).

1.6.2 AVANCES LINEALES

Por avance lineal se conoce a la actividad minera cuya finalidad es habilitar labores de acceso como por ejemplo, túneles, galerías, cruceros o chimeneas que faciliten las operaciones en labores de producción. El avance se mide en metros. Los equipos utilizados en avances incluyen perforadoras tipo jumbo, vehículos motorizados como dumper o scoop y equipos para sostenimiento como shocreteras.

En un mes se ejecutaron 2,103mts en avances lineales con un cumplimiento del programa mensual de 84.59% (383mts menos de lo programado).

- Las labores con mayores avances en la zona Norte han sido el SN1570N, CH411N2, SN1738N, CX1900N y CX1701N.
- Las labores con mayores avances en la zona Centro han sido el BP762S, GL670S, SN652S, GL661S y GL555S.
- Las labores con mayores avances en la zona Sur han sido:
- La CH1225S (Alimak), SN6587S, GL1940S, GL1901S y GL1680S.
- Las labores con mayores avances en el PEC han sido RP1332N, CX979N, SN886N, CH858N y SN921N.
- Las labores con mayores avances en el Proyecto RNG han sido RP92442, CX430S, RP690S, CX1205S y CX102S

1.6.3 RESULTADOS OPERATIVOS

1.6.3.1 PRODUCCIÓN

Las minas con mayor producción (TMS) durante el mes de mayo fueron Rumpuy RNG (21%), Sissy (18%) y Bernabé (18%).

Las vetas de mayor producción en tms fueron Milagros Centro (18%) y Rosa (18%), Vannya (13%), Split II Candelaria (11%) y Candelaria (10%).

En finos, la mina de mayor producción fue Rumpuy-RNG con el 30% de la producción total, seguida de Sissy con 17%, Bernabé con 15%, Golden con 10% y Milagros con 8%. Las vetas de mayor producción de finos son Rosa (27%), Vannya (13%) y Milagros Centro (13%), Candelaria (8%) y Split II Candelaria (10%).

Zona Norte

En el mes de mayo, el aporte de los tajos fue el 79% del total de la zona. Los tajos de mayor producción fueron: TJ101N, TJ1809NS, TJ1711NS, TJ1489N y TJ160N.

Los frentes de avance aportaron el 14% del total de la producción de la zona siendo los más importantes: SN1570N, RP1517N, CH411N, SN411N1 y SN890N2.

Zona Centro

Los tajos aportaron el 69% del total de la producción de la zona. Los tajos de mayor producción fueron: TJ614S, TJ981S, TJ832S, TJ665S y TJ850S

Los frentes de avance aportaron el 27% de la producción de la zona, siendo los más importantes: CH652S, SN652S, SN784S, CH635S y GL661S

Zona Sur

La producción de tajos representó el 58% del total de la zona.
Los tajos de mayor aporte en el mes de mayo han sido: TJ6587S, TJ1632S, TJ1550S, TJ1884S y TJ1822S.

Las labores de avance han aportado el 27% de la producción de la zona, siendo los más importantes: GL1999S, SN1980S, GL1940S, GL1826S y SN1984S.

PEC - Proyecto de Explotación Compartido
La producción de tajos representó en el mes de mayo el 96% del total producido.

Los tajos más importantes fueron: TJ1324N, TJ1400NS, TJ40000, TJ1370N y TJ1447N.

El aporte de los frentes de avance (8%) se extrajo principalmente de SN886N, SN921N, CH945N, SN1395N y RP1332N.

1.7. PLANTA

La planta procesa diariamente entre 1,000 y 1,200 tms (capacidad instalada de 1,500 toneladas métricas) de mineral aurífero, con leyes de oro que fluctúan en un rango aproximado de 10 a 15 gr/tm. Para beneficiar el mineral primero, se realiza un proceso de reducción de tamaño (chancado y molienda), luego el mineral molido pasa por los procesos de gravimetría y flotación, obteniendo un concentrado rico en oro.

Este concentrado es procesado por el método de cianuración tanto en molinos de remolienda como en los tanques agitadores. El oro disuelto

en solución de cianuro se recupera en el proceso de Merrill Crowe en mayor proporción y una pequeña proporción se recupera en el proceso de Carbón en Pulpa. El producto final es el concentrado de oro del Merrill Crowe y oro en carbón activado.

El flujo de procesos en planta comprende:

- Recepción del mineral
- Chancado
- Molienda y clasificación
- Concentración

1.8. RECEPCIÓN DE MINERAL

El mineral proveniente de las diferentes labores de la mina es transportado a la Planta con camiones volquetes de 20 TM y carros mineros tirados por locomotoras, el mineral se almacena en las canchas de gruesos para luego alimentar a tres tolvas.

- La tolva Nº 1 de capacidad de 200 toneladas
- La tolva Nº 2 también de 200 toneladas
- La tolva Nº 3 de 280 toneladas de capacidad.

La tolva Nº 1 y la tolva Nº 2, cada una está provista de parrillas de 21 ½", descargan en las faja 1 a través de 2 alimentadores reciprocantes y la tolva Nº 3 descarga a la faja 2 por gravedad.

1.9. CHANCADO

Una vez depositado el mineral en las tolvas de grueso, mediante el alimentador reciproco y las fajas transportadoras; el mineral ingresa a una zaranda vibratoria de 5'x 16' doble, el piso superior tiene una abertura de 1" y el piso inferior tiene una abertura de 3/8". El mineral

grueso del piso superior de la zaranda alimenta a la chancadora primaria AllisFaco 80x50 (set de salida 2 ½"). El mineral grueso del piso inferior pasa a la faja N° 4 y el mineral fino de la zaranda pasa a la faja N° 10 lo cual alimenta a la tolva de fino.

El producto de la chancadora primaria alimenta a la faja N° 4 la cual alimenta a la zaranda vibratoria 5'x10'. Esta zaranda tiene una abertura de 1" en el piso superior y 3/8" en la cama inferior. El mineral grueso pasa al chancado secundario en la chancadora cónica Telsmith 44FC; el set de la chancadora secundaria es ½". El producto fino de la zaranda 5'x10' pasa a la faja N° 10. El producto del chancado secundario alimenta a la faja N° 5 la cual alimenta a la faja N° 6 y esta a la zaranda vibratoria Tyler 8'x16', esta zaranda tiene una luz de 3/8". El mineral + 3/8" pasa a la faja N° 7 que alimenta a la chancadora terciaria, la chancadora Symons (set de salida ¼"), y una parte a la Telsmith cerrando así el circuito de chancado. El mineral -3/8" pasa a la tolva de fino.

1.10. MOLIENDA Y CLASIFICACIÓN

La descarga de la tolva de fino es recepcionada por dos fajas N° 15 y 16 mediante uno chutes de descarga, el mineral es descargado en la faja N° 17, esta faja alimenta al molino de bolas 8 Ø' x 10' N° 1. Las fajas N° 15 y 16 cuentan con un controlador de peso para la alimentación al molino. El molino de bolas 8 Ø' x 10' N° 1 trabaja en circuito abierto, la descarga de este molino pasa por el tambor magnético (para limpiar de residuos de bolas) y luego pasa por los concentradores gravimétrico Jigs Juba.

El rebose de los concentradores pasa a la bomba Wilfley (se tiene 2 bombas Wilfley), esta bombea al ciclón D-20 (se tiene dos ciclones D-20) el O/F (overflow) va al circuito de flotación y el U/F (underflow) va al circuito de molienda secundaria.

En circuito de molienda secundaria contamos con 3 molinos de bolas (molinos de bolas 8Ø' x 10' Nº 1, 6 Ø' x 8' y 6 Ø' x 6' Nº 2). Es un circuito cerrado inverso. Se trabaja de esta manera para obtener una mayor granulometría. Se está obteniendo una granulometría de 62 % - M 200.

La molienda tiene como objetivo realizar una reducción de tamaño en rangos finos de tal manera que se libere el mineral valioso. Esta sección es de vital importancia y responsabilidad de la Planta porque de ella depende el tonelaje y la liberación del mineral valioso para propósito de la flotación.

Las variables en el proceso de molienda son específicamente: alimento, suministro de agua, carga de bolas, forros, tiempo de molienda y carga circulante.

1.11. CONCENTRACIÓN: GRAVIMETRÍA Y FLOTACIÓN

Para este proceso, la Planta cuenta con 2 concentradores Jigs Juba de 42" x 56" duplex, que están en paralelo, por los cuales pasa la pulpa, obteniéndose un producto muy rico en oro al que denominamos concentrado de Jigs. También se obtiene oro libre, la cosecha se realiza semanalmente.

También cuenta con dos celdas SK Outokumpu (SK 240 y SK 80). El concentrado de estas dos celdas pasa a una zaranda astillera. El relave de los jigs como de las celdas SK vuelve a la bomba wilfley cerrando el circuito de molienda.

El O/F (overflow) del ciclón D- 20 pasa por el tromel astillero, proceso de limpieza, seguidamente pasa al acondicionador que es el inicio del circuito de flotación. Aquí se adiciona espumantes, colectores y modificadores.

En este circuito se cuenta con dos celdas Outokumpo OK – 16 (32 m3) y dos bancos de celdas Wenco 120 con 3 celdas por banco (50 m3).

La salida del acondicionador pasa a las celdas OK – 16, el concentrado de esta celda pasa a la zaranda de limpieza y el relave pasa a las celdas Wenco 120. A la entrada de las celdas Wenco se adiciona xantato para obtener un mayor concentrado.

El concentrado de las dos primeras celdas del primer banco pasa a las zaranda de limpieza y el concentrado de las demás celdas Wenco pasa al nido de ciclones D-4.

El O/F del D-4 pasa al espesador de madera y el U/F del D-4 pasa a la zaranda de limpieza. La descarga de la zaranda de limpieza es transportada por una bomba al ciclón D-10 donde el U/F (underflow) pasa al filtro de disco para su posterior remolienda y cianuración. El O/F (overflow) pasa al espesador de flotación Outokumpo.

Los reboses del espesador de flotación tanto del Outokumpo como del espesador de madera es transportada al tanque de agua industrial.

La descarga del espesador Outokumpo es trasportada por bombas bredel al filtro de disco y la descarga del espesador de madera mediante la bomba de diafragma es transportado a los tanques de cianuración.

En el área de concentración se obtiene un concentrado de flotación rico en oro en las que predomina los sulfuros de pirita aurífera, galena, escalerita y arsenopirita a los cuales está íntimamente ligado el oro como microfracturas, además el oro nativo fino.

Los reactivos usados en este proceso son los xantatos (Z-6), ditiofosfatos (AR 1208, 1404), espumantes (MIBC y aceite de pino) y

ácido sulfúrico para mantener el pH adecuado para la flotación. El porcentaje de recuperación de los valores de oro en el proceso de concentración es cercano a 96%.

1.12. MEDIO AMBIENTE

Los supervisores y trabajadores en general debemos ser conscientes que es necesario trabajar enfocados en la prevención para identificar y controlar aquellos aspectos que tienen el potencial de generar impactos ambientales negativos como resultado de nuestra interacción con el entorno. Por ello, es necesario realizar una adecuada gestión de la seguridad, salud ocupacional y del medio ambiente.

Es importante realizar una apropiada planificación de nuestro trabajo, organizar los recursos requeridos, identificar las tareas con el ejemplo y controlar nuestras acciones para garantizar el éxito requerido.

Tenemos la obligación de ejecutar nuestras actividades, controlando al máximo los potenciales impactos adversos sobre el ambiente; incorporando medidas preventivas y de control desde el instante mismo del diseño del trabajo.

CMH se basa en la Guía Externa llamada: Explotación Mineral responsable desarrollada por la Asociación de Empresas de Exploración y Desarrollo minero de Canadá (PDAC) y busca difundir las mejores prácticas ambientales, tanto nacional e internacionalmente aceptables, estándares y procedimientos corporativos.

CAPITULO II

SUSTANCIAS EXPLOSIVAS

2.1 SUSTANCIAS Y MEZCLAS EXPLOSIVAS

Teniendo en cuenta su composición existen dos tipos principales de materias explosivas: las sustancias y las mezclas explosivas. Las sustancias explosivas son sustancias químicas susceptibles de reaccionar violentamente al disociarse sus moléculas y reagruparse luego en forma más estable. Sus moléculas se descomponen luego de activadas en gases como CO_2, H_2O, N_2, etc., con la liberación de energía que lleva este proceso.

En cambio las mezclas explosivas se componen de sustancias combustibles y otras oxidantes, por tanto, son aptas para reaccionar entre sí. Las sustancias que la constituyen pueden ser explosivas o no y gran parte de los explosivos industriales pertenecen a ésta clases como anfo, emulsiones, dinamitas, gomas, etc.

Se establece una división de las materias explosivas de acuerdo a su sensibilidad, por lo que se clasifican en tres categorías, según la magnitud del impulso energético necesario para iniciar su detonación: Sustancias explosivas primarias o iniciadores, sustancias explosivas secundarias y sustancias no explosivas susceptibles de detonar.

2.1.1 SUSTANCIAS EXPLOSIVAS PRIMARIAS O INICIADORES

Son sustancias que por la debilidad de sus enlaces, resultan altamente sensibles e inestables. Debido a su gran sensibilidad, cuando son puros, dependiendo en gran medida de su estructura cristalina y su granulometría. Aunque sea una pequeña cantidad de estas sustancias ya es sensible a la ignición debido a su pequeña masa crítica. Por lo que se emplean para fabricar los elementos iniciadores de la detonación como detonadores. Pueden ser iniciados por un pequeño estímulo externo como llama, corriente o descarga eléctrica, radiación, fricción, impacto, choque, etc.

Dentro del tipo de sustancias primarias tenemos el fulminato de mercurio y la azida de plomo. Los que se caracterizan por la debilidad de sus enlaces O-N, Hg-O y N-Pb. También el trinitrorresorcinato de plomo se utiliza en combinación con los anteriores para aumentar su sensibilidad y reduce la higroscopicidad del fulminato, que, por absorción de agua pierde sensibilidad a la llama.

2.1.2 SUSTANCIAS EXPLOSIVAS SECUNDARIAS

Las sustancias explosivas secundarias requieren para su iniciación y detonación, comparados con las sustancias explosivas primarias, una mayor cantidad de explosivo y un mayor impulso energético.

Estas sustancias representan la totalidad de los explosivos utilizados en aplicaciones militares y civiles utilizan, sin contar a las sustancias primarias. Además, en estas sustancias debe distinguirse aquellas que se constituyen de una sola sustancia química y los que están formados de una mezcla de sustancia, alguna de ellas o todas explosivas.

Tienen elevada densidad y velocidad de detonación, además, su energía de detonación es elevada. Se emplean como carga base en los detonadores, también como cebos para iniciar explosivos de baja sensibilidad y en mayor ó menor proporción, forman parte de la composición de muchos explosivos comerciales.

Dentro de las sustancias explosivas secundarias tenemos:

La **nitroglicerina**, que es muy sensible al choque ó la fricción debido a la debilidad del enlace N-O y a la reactividad de los grupos NO_2, que están cerca. Al ser expuesta a la intemperie, es muy inestable, ya que podría descomponerse por hidrólisis soltando NO_3H, que es una reacción exotérmica, produciendo en muchos casos su inflamación y detonación espontánea también inestable. Al congelarse origina dos formas cristalinas: una rómbica (estable) a 13,2 °C y otra triclínica (inestable) a 2,2 °C, y su descongelación puede ser de riesgos para los que estén cerca. Su densidad es 1,6 con un balance de oxígeno positivo y detona según reacción que se describe:

$$4\ C_3H_5(NO_3) \rightarrow 12\ CO_2 + 10\ H_2O + 6\ N_2 + O_2 + 1500\ cal/g$$

A una presión de detonación de 250.000 atm y una velocidad de detonación de 7.926 m/s aproximadamente.

El **nitroglicol,** esta sustancia por su bajo punto de congelación (-20° C), se añade a la nitroglicerina para bajar al punto de congelación de ésta y así sea más estable.

El **trinitrotolueno**, llamada también trilita, es menos sensible que la nitroglicerina por su menor debilidad del enlace N-C y la mayor separación de los grupos NO_2. Además, es más estable, pues no sufre hidrólisis y tiene un balance de oxígeno negativo.

La **pentrita** es muy estable por la estructura simétrica de la forma química que posee.

La **nitrocelulosa**, es una mezcla de ésteres nítricos, con un porcentaje de 11% a 13% de nitrógeno que insensibiliza algo la nitroglicerina y la gelatiniza al mezclarse con ésta ó con el nitroglicol. Se tiene una variedad de bajo punto de congelación que es el **nitro almidón**.

2.1.3 SUSTANCIAS NO EXPLOSIVAS SUSCEPTIBLES DE DETONAR

Estas sustancias son generalmente no explosivas pero en determinadas circunstancias y ante un impulso energético suficientemente alto por la detonación de otro explosivo, son propensas de explotar.

Dentro de ellas tenemos el nitrato sódico, sobre todo, del nitrato amónico, sustancia empleada comúnmente como fertilizante que, añadiéndole combustible que corrija su balance de oxígeno positivo, forma parte importante de la mayoría de los explosivos industriales que se utilizan. Es un producto muy inactivo y por lo cual su manejo es seguro, se sensibiliza añadiendo un combustible generalmente gasoil en la proporción 94/6 en peso.

Se logró su descubrimiento como explosivo debido a dos accidentes ocurridos en Texas City y Hamburgo en los años 40, que revelaron la posibilidad de ser sensibilizarlo. Se trata de un producto barato, pero tiene el problema en su elevada higroscopicidad y solubilidad en agua, por lo que la detonación puede ser insensibilizada.

En estado puro el nitrato amónico tiene un calor de explosión de sólo 380 cal/g, aproximadamente una cuarta parte del correspondiente a la nitroglicerina. No obstante, si se le añade un combustible que compense el exceso de oxígeno, el calor de explosión se puede incrementar hasta superar las 900 cal/g. Tiene una sensibilidad, velocidad de detonación y diámetro crítico que varían de acuerdo a la densidad y el tamaño de carga de partícula que tenga.

A continuación vamos a definir a los explosivos industriales que están constituidos por mezclas de sustancias explosivas o no y a veces por sustancias puras.

Muchas de las sustancias explosivas (nitroglicerina, pentrita, etc.) son muy sensibles para su utilización directa en una voladura. Además, su precio es muy elevado para ser utilizados en labores de extracción de material.

En la mayoría de estas sustancias el balance de oxígeno es negativo, como la NG (nitroglicerina), cuyo balance es algo positivo que es una excepción, esto posibilita mejorar su potencia con sólo añadir oxidantes para obtener un balance de oxígeno nulo. De esta forma se contribuye a que la mezcla explosiva obtenida sea más barata, pues los oxidantes empleados en esta industria –nitrato amónico, nitrato sódico,

etc.- son más baratos que las sustancias propiamente explosivas.

Al mezclar ciertos ingredientes se logra dar al producto unas propiedades determinadas como densidad, consistencia, potencia, insensibilidad, resistencia al agua, etc., de acuerdo con las condiciones de utilización de las que carecen las sustancias explosivas que existen.

Se pueden clasificar a las mezclas explosivas industriales en dos grandes grupos: los explosivos convencionales y los agentes explosivos. En los explosivos convencionales se caracteriza el empleo de sustancias explosivas como sensibilizadores de las mezclas, en cambio en los agentes explosivos no suelen llevar productos esencialmente explosivos en su elaboración.

Puede clasificarse a los explosivos convencionales en dos grupos, los sensibilizados con NG (nitroglicerina) y los sensibilizados con otras sustancias, principalmente TNT, si bien cabe clasificarlos, además, por su consistencia, en explosivos gelatinosos y explosivos pulverulentos.

Se conoce a los explosivos convencionales sensibilizados con nitroglicerina con el término genérico de dinamitas, no obstante la dinamita descubierta por Nobel era un producto pulverulento, mientras que la categoría más importante de los productos sensibilizados con NG (nitroglicerina) son los explosivos gelatinosos que se conocen.

Los agentes explosivos, agentes de voladura, se destaca las mezclas ANFO, formadas por nitrato amónico y aceite combustible; el ANFO es el explosivo más utilizado en el mundo de aplicaciones civiles. También en las mezclas ANFO, existen

dos familias de agentes de voladura, con la característica común de contener agua en su composición: los hidrogeles y las emulsiones.

Además, se tiene una mezcla explosiva muy particular que es la pólvora negra, el primer explosivo empleado por el hombre y el único hasta los descubrimientos de Nobel en la segunda mitad del siglo XIX. Sin embargo, es de uso limitado en el arranque de roca, la pólvora negra sigue utilizándose en nuestros días, siendo utilizado en ciertas labores mineras.

2.1.4 EXPLOSIVOS GELATINOSOS

2.1.4.1 ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES

Recibe su nombre por su consistencia gelatinosa ya que están constituidos por nitroglicerina (NG) gelatinizada con nitrocelulosa (NC). A la "gelatina explosiva", llamada en España "goma pura", y es una mezcla del 93% de NG (nitroglicerina) y 7% de NC (nitrocelulosa). La preparó por primera vez por Nobel en el año 1875, al descubrir que la NG (nitroglicerina) disolvía a la NC (nitrocelulosa) y cuando la nitrocelulosa de alta viscosidad era añadida a la NG (nitroglicerina) en la proporción ya indicada se obtenía una sustancia gelatinosa que es la nitroglicerina. De esa manera, además de inmovilizarse la NG (nitroglicerina) líquida, se adquiere un balance de oxígeno de la mezcla nulo, por lo que la energía desarrollada es aún superior a la de la NG (nitroglicerina) pura. Este producto obtenido es una sustancia gelatinosa de consistencia plástica, muy apropiada para su uso en labores de voladura por adaptares bien al barreno, debido precisamente a consistencia plástica que adquiere.

El tipo de explosivos gelatinosos que llevan en su composición nitrato amónico como oxidante se llama gelatinas especiales. Actualmente, casi todos los explosivos gelatinosos se fabrican con NA (nitrato de amonio), debido a su mayor potencia a igualdad en contenido de NG (nitroglicerina) en comparación con otros oxidantes. Los inconvenientes de su menor resistencia al agua (el NA (nitrato de amonio) es muy higroscópico), con respecto a las gelatinas con nitrato sódico, pueden ser superadas con la ayuda de productos especiales, tales como jabones metálicos, goma guar, etc., que al agregarse en su composición mejoran mucho su resistencia al agua.

Una característica de los explosivos gelatinosos es su potencia elevada, también tienen una alta densidad, esto les hace adecuados para su aplicación en rocas duras y como carga de fondo de barrenos. Asimismo, su buena resistencia al agua los ha hecho, hasta hace poco, útiles en trabajos con agua.

Un inconveniente que tienen los explosivos gelatinosos es que presentan un fenómeno de envejecimiento rápido, disminuyendo su velocidad de detonación muy rápidamente con el tiempo, de tal modo que un explosivo gelatinoso, que recién fabricado puede tener una velocidad de detonación de unos 5000 m/s, sólo llega a 2500 m/s a los dos meses de su elaboración.

Otro problema clásico de estos explosivos es su cierta toxicidad, debido a la acción vasodilatadora en el organismo humano de la nitroglicerina, y especialmente del nitroglicol que reemplaza, total o parcialmente, a la nitroglicerina en estos explosivos gelatinosos. Además, otro inconveniente es la elevada sensibilidad de estos productos a los estímulos accidentales (impactos, roces, calor, etc.), por lo que su consumo se ha

reducido considerablemente en la mayor parte de los países occidentales últimamente.

2.1.5 EXPLOSIVOS PULVERULENTOS

2.1.5.1 ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES

Los explosivos convencionales pulverulentos pueden ser sensibilizados con nitroglicerina o con otras sustancias explosivas, siendo la más empleada entre éstas la trilita (TNT). Además, existe un tipo de explosivos pulverulentos llamados cloratados, por llevar en su constitución oxidante basándose en cloratos y percloratos. Pero esta clase de explosivos no se utilizan actualmente, debido a la peligrosidad de su fabricación y manipulación, así como a sus características explosivas muy pobres.

Si el contenido de NG (nitroglicerina) de las mezclas sensibilizadas con este explosivo baja del 15%, la consistencia del producto pasa a ser pulverulento, alcanzándose la categoría de los explosivos pulverulentos sensibilizados con NG (nitroglicerina). Para contenidos del 15% al 22% de NG (nitroglicerina), la consistencia del explosivo varía de gelatinosa a pulverulenta, recibiendo estos productos el nombre de semigelatinas, hoy en día muy poco utilizadas por las dificultades de su encartuchado automático, por no adaptarse bien a las máquinas de encartuchar explosivos gelatinosos ni a las de encartuchar explosivos pulverulentos. También su uso puede sustituirse bien por explosivos gelatinosos en lugares húmedos o bien por explosivos pulverulentos en lugares secos, es decir, sin presencia de agua.

Se puede sustituir la NG (nitroglicerina) parcial o totalmente por TNT, lo que da lugar en el caso de NG (nitroglicerina) a los explosivos conocidos como sabulitas, y en el caso de TNT a categorías mixtas conocidas en España con el nombre comercial de ligamitas. El tipo de explosivos pulverulentos sensibilizados con NG (nitroglicerina) constituye el grupo, llamado de las "dinamitas", que pueden ser de base inerte o base activa.

Las descubiertas por Nobel el año 1867 están formadas por NG (nitroglicerina) y kieselghur que es tierra de diatomeas o tierra de trípoli, formada por caparazones de radiolarios y valvas de diatomeas, compuestas por sílice, de una gran porosidad, calcinada, de gran poder absorbente. Estaba constituida la dinamita de Nobel por un 75% de NG (nitroglicerina) y 25% de tierra de diatomeas. Se emplearon en todas partes hasta los años veinte, siendo sustituidas progresivamente por las de base activa, que Nobel también las descubrió.

La cantidad de NG (nitroglicerina) de estas dinamitas de base activa era de hasta el 22%, produciéndose, con contenido de este tenor, frecuentes exudaciones, muy peligrosas, de NG (nitroglicerina), lo cual llevó a utilizar cantidades pequeñas de NC (nitrocelulosa) a la NG (nitroglicerina), para retenerla. Esto trajo como consecuencia una relativa insensibilización del producto, que fue considerado entonces como negativa por ser la sensibilidad de la dinamita uno de los factores más deseados.

El factor de seguridad fue cada vez más requerido, por lo que en los años 40 empezó la gelatinización parcial de la NG (nitroglicerina) en los explosivos pulverulentos con contenido en NG (nitroglicerina) mayor al 12%.

Luego se empezó a sustituir el nitrato sódico por nitrato amónico, lo que permitió aumentar su potencia al sustituir una sal puramente oxidante (nitrato sódico) por un oxidante pseudo explosivo, el cual es el nitrato amónico. Actualmente todos los explosivos convencionales pulverulentos están fabricados con NA (nitrato de amonio) a pesar del inconveniente de su menor resistencia al agua con respecto a los que contenían nitrato sódico. La inclusión de aditivos especiales, tales como jabones metálicos, carboximetilcelulosa sódica, guar, etc., que mejoran ligeramente su resistencia a la humedad y al agua ha permitido superar en parte este problema.

El tipo de explosivos pulverulentos se caracteriza por tener una potencia y densidad inferiores a las de los explosivos gelatinosos, tienen poca resistencia al agua. Se emplean en voladuras de rocas semiduras o blandas y como carga de columna de los barrenos. Por su baja densidad y resistencia al agua no son apropiados para trabajos donde exista agua. Los explosivos a granel, tipo ANFO, ha desplazado a estos explosivos pulverulentos, cuya utilización es limitada a ciertas labores.

2.1.6. EXPLOSIVOS A BASE DE NITRATO AMÓNICO

2.1.6.1 NITRATO AMÓNICO

La presentación del nitrato amónico comercialmente es en forma de cristales, esferas o granos. Las esferas se obtienen por pulverización de una solución concentrada de nitrato amónico, que cae desde la parte superior de una torre encontrándose con una corriente de aire ascendente inflado desde la base de aquella. La caída de la solución hace que se enfríe y el NA

(nitrato de amonio) solidifica en gránulos redondos o "prills" del tamaño esperado.

- **Propiedades explosivas del nitrato amónico**

En ciertas condiciones el nitrato amónico puede detonar, descomponiéndose según la reacción:

$$NH_4NO_3 \rightarrow N_2 + 2\ H_2O + \tfrac{1}{2}\ O_2;\ Q_v=1550\ kJ/kg.$$

Esto supone una producción de 980 litros de gases por Kg. de producto.

En largo tiempo el nitrato amónico ha sido visto como una de las materias explosivas más difíciles de hacer detonar, lo que dio lugar a que en su manejo no se guarden muchas precauciones. Esto dio como resultado grandes catástrofes en la historia de la fabricación y utilización de este producto.

Estos accidentes mostraron que el nitrato amónico es un explosivo capaz de detonar bajo un estímulo suficiente, siendo su sensibilidad mayor cuando menor sea su densidad aparente de este explosivo.

- **La sensibilización del nitrato amónico por adición de combustibles**

Cuando el nitrato amónico está puro, sin sustancias orgánicas, detona con mayor dificultad que cuando las contiene. La adición de pequeñas cantidades de combustible, del orden del 1%, el NA (nitrato de amonio) que en estado puro es muy poco sensible, forma mezclas muy sensibles como para que se pueda provocar su explosión por la acción de una iniciador corriente.

Fuera de los aceites minerales, todas las sustancias combustibles mezcladas con el nitrato amónico lo sensibilizan de cierta manera. En el caso del carbón, el azufre en polvo, los metales finamente divididos, tales como el aluminio y el zinc, etc., ocurre esto. Las propiedades explosivas de la mezcla del nitrato amónico con aceites minerales originaron al ANFO.

2.1.6.2 MEZCLAS ANFO

El nitrato amónico por el año 1945, para uso agrícola, se producía en torres de granulación a partir de una solución de NA (nitrato de amonio) prácticamente anhidra. Con el fin de reducir su coste, se pasó a utilizar soluciones con mayor contenido de agua, que era retenida y se produjeron granos de gran porosidad.

La porosidad permite a los combustibles líquidos mezclarse más íntimamente con el NA (nitrato de amonio) y, al exponer una mayor parte de su superficie a la reacción química, se reduce el diámetro crítico, incrementándose su sensibilidad a la detonación por la reacción de un iniciador.

La mezcla el NA (nitrato de amonio) con un combustible, como el fuel-oil, en proporción estequiométrica, da la siguiente reacción de descomposición:

$$3\ NH_4\ NO_3 + CH_2 \rightarrow 3\ N_2 + 7\ H_2O + CO_2$$

Generándose 927 kcal/kg y un volumen de gases de 970 l/kg. Esta mezcla estequiométrica corresponde a un 94,5% de NA (nitrato de amonio) y un 5,5% de aceite mineral y representa el desprendimiento máximo de energía, varía ligeramente según el tipo de aceite que se utiliza.

2.1.6.2.1 PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ANFO

- **Contenido de aceite mineral**

Al variar la energía desprendida con relación al porcentaje de fuel, se observa que la energía aumenta rápidamente con el contenido en combustible, hasta el porcentaje correspondiente a la mezcla estequiométrica, luego del cual vuelve a disminuir, de forma lenta.

El contenido en combustible ejerce una notable influencia en la cantidad de gases nocivos desprendidos en la detonación. Mediante pruebas realizadas se desprende que el contenido de monóxido de carbono aumenta muy rápidamente con el contenido en fuel, mientras que disminuye el contenido de óxidos de nitrógeno, se deduce entonces que desde este punto de vista las composiciones más favorables son las correspondientes a la mezcla estequiométrica resultante.

La cantidad de combustible afecta a la velocidad de detonación, aumentando rápidamente al crecer el contenido en fuel, hasta llegar al máximo de velocidad, con la mezcla estequiométrica, disminuyendo lentamente al sobrepasar el 5,5% del aceite que contiene.

La influencia del contenido de gasóleo en la sensibilidad del ANFO, da como resultado el NA (nitrato de amonio) poroso y el denso. El NA (nitrato de amonio) poroso tiene una sensibilidad que aumenta rápidamente con el contenido en aceite, obteniéndose la máxima sensibilidad con menos del 1%, manteniéndose la misma sensibilidad hasta el 7% del gasóleo; luego de este valor, el contenido de la mezcla sé flegmatiza rápidamente.

En el caso de prills de NA (nitrato de amonio) denso, la sensibilidad máxima se obtiene con el 2% del fuel-oil, bajando a partir de este valor. Esto se debe a que el fuel no puede filtrarse en el interior del grano, como ocurre en los prills porosos, por cuyo motivo, a partir del 2% sé flegmatiza.

- **Tamaño de grano**

El nitrato amónico tiene un tamaño de grano que influye en la sensibilidad del ANFO como en la velocidad de detonación.

- **La humedad**

El NA (nitrato de amonio) es muy higroscópico y soluble en agua, entonces la cantidad de humedad contenida en el ANFO tiene marcada influencia sobre sus propiedades explosivas. Si el contenido en humedad es mayor a un 4%, la velocidad cae muy rápidamente y cuando alcanza el 8-9% ya no detona. Lo que se debe al consumo de energía para evaporar el agua y para calentar el vapor hasta la temperatura de detonación.

Asimismo, la humedad afecta a en contra de otras características del ANFO, como la potencia, que disminuye con el contenido en agua, de forma parecida a la velocidad, así como el contenido en gases nocivos, especialmente los óxidos de nitrógeno, que aumentan con la cantidad en agua.

- **El diámetro**

La influencia del diámetro de los barrenos en la velocidad de detonación es importante, aumenta con el diámetro hasta un cierto valor, que es característico del tipo de nitrato amónico, por arriba del cual se mantiene constante.

Para valores al diámetro crítico, característico del tipo de nitrato amónico, la detonación no se puede mantener. En el caso del nitrato amónico poroso el diámetro crítico es de 40 ó 50 mm.

- **Propiedades adicionales**

El aspecto del ANFO es granular de aspecto similar al del NA (nitrato de amonio) con que ha sido fabricado. Tiene una potencia, de más de e 65% de la potencia de la goma pura que le hacen apropiado para un gran número de aplicaciones, especialmente para el arranque de rocas de dureza media, al agregarse aluminio aumenta el calor de explosión y la potencia.

La velocidad de detonación es de 2000 a 3000 m/s, en función del diámetro y el confinamiento, tiene una densidad de 0,8 a 1,0 g/cm^3, en función del tipo de NA (nitrato de amonio) utilizado. El anfo tiene un diámetro crítico, que varía en función del tipo de NA (nitrato de amonio) utilizado en su fabricación que es superior a 45 mm de diámetro. Este explosivo es insensible al detonador # 8, mala resistencia al agua y muy insensibles a los estímulos accidentales, lo que seguira en manipulación.

2.1.6.2.2. APLICACIONES DE LAS MEZCLAS ANFO

La potencia del anfo es alta con su gran fluidez que permite la carga a granel de los barrenos, que quedan llenos a toda sección con un buen acoplamiento entre el explosivo y la roca. Debido a la seguridad en su manejo y bajo precio, comparado con otros explosivos, ha hecho que el uso de este producto se haya extendido en todas partes. Aunque tiene mala resistencia al agua y baja densidad, constituye más del 60% del consumo total de explosivos, principalmente en países de clima seco, como España, donde tiene un consumo mayor al 70%.

Al combinarse su buen fluidez con su baja sensibilidad a los estímulos accidentales ha permitido el desarrollo de procesos que favorecen su carga mecanizada en los barrenos, lo que ayuda a la realización de voladuras de grandes dimensiones. Debido a su densidad y potencia es el explosivo ideal para la carga de columna de los barrenos, pero su mala resistencia al agua lo limita en ciertos lugares con agua.

2.1.7. HIDROGELES

2.1.7.1. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES

El anfo con su baja densidad y velocidad de detonación, y su mala resistencia al agua, hacen que sea un explosivo inadecuado para muchas labores. Todo esto motivó la investigación de otros productos, de éstas investigaciones se descubrieron los hidrogeles por el Dr. Melvin Cook (llamado slurries, en inglés lodo). Por primera vez Cook preparó una mezcla explosiva con nitrato amónico, aluminio, agua y goma guar (agente gelificante y entrecruzante), logrando un producto resistente al agua, de elevada densidad y con una velocidad de detonación muy alta.

Estos explosivos llamados hidrogeles se caracterizan principalmente por tener una importante cantidad de agua en su composición, lo que constituye un hecho insólito en las formulaciones utilizadas hasta su aparición. Se forman dispersiones en las que la fase continua está formada por una solución acuosa saturada de nitrato amónico, con o sin otros oxidantes inorgánicos como nitrato sódico, perclorato sódico, etc. La fase dispersa está formada por combustibles sólidos y el resto de los oxidantes sólidos que no han podido disolverse en la

solución de oxidantes, además, pueden contener sustancias explosivas como sensibilizantes. Estos explosivos llevan en su composición agentes espesantes y gelatinizantes, para estabilizar su reología, evitando la que los constituyentes se segreguen.

El hecho de contener cantidades de agua elevadas se compensa por permitir un contacto más íntimo entre oxidantes y combustibles que cuando el explosivo es una mezcla de sólidos.

La dispersión de oxidantes y reductores en la solución saturada de oxidantes, se espesa, gelatiniza y estabiliza, por medio de diversas sustancias químicas, logrando una consistencia viscosa, más o menos fluida, que permite rellenar perfectamente los recipientes que las contienen.

Los hidrogeles tienen características muy variadas, que van desde elevada potencia y densidad, sensibilidad al detonar y buena velocidad de detonación, etc. de esta forma se pueden obtener productos cuyas potencias relativas varían del 40% al 85% de la goma pura y velocidades de detonación que van de 2000 m/s a 5000 m/s. La sensibilidad de los hidrogeles puede variar desde los que pueden ser iniciados con un detonador # 8 hasta otros muy insensibles, que requieren el uso de un multiplicador para que su iniciación sea apropiada. Además, tienen una buena resistencia al agua contraria a lo que ocurre con el anfo.

Se tiene tres tipos de hidrogeles:

a) Sensibilizados con una sustancia explosiva.
b) Sensibilizados con aluminio.
c) Sensibilizados con nitrato de amina.

2.1.8 EMULSIONES

2.1.8.1 ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES

La emulsión se define como una dispersión estable de dos fases líquidas inmiscibles entre sí, en la que una de ellas se dispersa en forma de pequeñas gotas en la otra, una de las fases en la mayoría de los casos es agua.

La formación de emulsiones con líquidos inmiscibles puros se requiere la presencia de un agente emulsificante o emulgente y de una gran agitación mecánica.

Un agente emulsificante es un producto que se posicionan frecuentemente en la interfase de los dos líquidos inmiscibles disminuyendo su tensión interfacial y permitiendo que se forme la emulsión cuando se da un buen grado de agitación.

Al producirse una emulsión siempre hay una fase continua en la que se distribuyen las gotas del otro líquido inmiscible, que constituye la fase dispersa.

Cuando la emulsión se ha formado, la repulsión electrostática contribuye a mantener separadas las gotas, lo que estabiliza la emulsión.

En la medida que las gotas de la fase dispersa son menores, será mucho mayor la superficie de contacto entre los dos líquidos. La consecuencia del diámetro de las gotas sobre la superficie de contacto expresado en metros cuadrados / gramo de fase dispersa se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla N° 2.1

Efecto del diámetro de las gotas de la fase dispersa.

ϕ (mm)	m^2/g de fase dispersa
1	0,006
0,1	0,06
0,01	0,6
0,001	6
0,0001	60
0,00001	600

Una emulsión tiene viscosidad que está influida por la proporción de la fase dispersa, de la emulsión y por el tamaño de las gotas. En el momento que el volumen total de la fase dispersa aumenta y el tamaño de las gotas disminuye aumenta la viscosidad de la emulsión, variando entre la de un líquido poco viscoso y la de una grasa espesa. Las gotas en las emulsiones explosivas tienen un tamaño micras. Además, tiene influencia en la viscosidad la naturaleza de la fase continua y del agente que realiza el papel de emulsificante.

En los emulsificantes, se debe lograra la proporción de aceite/emulsificante según las características que se deseen en la emulsión final y el tipo de emulsificante utilizado. La proporción es de 2:1 a 3:1, si la proporción de emulsificante es inferior puede haber rechazo de aceite.

Mediante las emulsiones explosivas se pueden crear productos que pueden sustituir favorablemente a los explosivos gelatinosos y a los hidrogeles en todas las situaciones.

2.1.8.2 ANFO DENSO (HEAVY ANFO)

Las emulsiones pueden mezclarse con el anfo en todas las proporciones lo que constituye una de las características más importantes de este tipo de explosivo. Cuando se rellenan los intersticios de los granos de anfo con emulsión se obtiene un producto con mayor densidad, de ahí su nombre. Si la proporción de emulsión es enormemente elevada, la emulsión recubre los granos de nitrato amónico, impermeabilizándolos, lo que mejora su resistencia al agua, superando así el anfo denso los dos inconvenientes más importantes del anfo.

El resultado de estas mezclas es obtener productos cuyas propiedades varían entre las del anfo y las de las emulsiones, en función de la proporción entre ellos. De donde se obtiene una gran variedad de productos que van desde aquellos con baja densidad, velocidad de detonación y resistencia al agua, si la proporción de emulsión es pequeña, hasta los de elevada densidad, velocidad de detonación y resistencia al agua, si la proporción de emulsión es alta. Estas mezclas son tan seguras en su manipulación como cada uno de sus ingredientes por separado, lo que permite su empleo a granel y la carga mecanizada de los barrenos en una voladura. Por lo que estos productos explosivos son muy utilizados actualmente en todas partes.

La densidad aumenta desde la emulsión al añadir anfo, a pesar de la menor densidad de éste; lo que resulta porque el nitrato amónico en prills del anfo actúa como sensibilizante de la mezcla, requiriéndose una menor proporción de microesferas o gasificación. Como resultado se tiene que la energía por unidad de volumen aumenta mucho.

2.1.9 EXPLOSIVOS DE SEGURIDAD

Por el peligro de explosiones en las minas de carbón debido a mezclas metano / aire o polvo de carbón / aire obliga a una infinidad de precauciones en minería. Los equipos y materiales, desde lámparas a motores eléctricos, y principalmente los explosivos, deben estar diseñados para minimizar el riesgo de dichas explosiones, que casi siempre son desastrosas. Influyen muy también los procedimientos de trabajo y las normas a aplicar son específicas de este tipo de trabajos mineros.

Todos los países tienen un reglamento de normativa para minería de carbón, que obliga a llevar a cabo pruebas especiales a todos los materiales empleados en estas labores. Los explosivos deben tener unas características especiales para poder ser utilizados en minas de carbón; dichas características, consistentes principalmente en su baja capacidad de inflamación de grisú y polvo de carbón, son verificadas de forma minuciosa por laboratorios oficiales mediante amplias baterías de ensayos antes de ser autorizados para que puedan ser utilizados. En España se denominan a estos explosivos como explosivos de seguridad.

Los explosivos de seguridad se clasifican en dos grupos. En el primero en su composición se encuentra un aditivo que tiene el papel de inhibidor de la explosión, comúnmente cloruro sódico, que según su granulometría, porcentaje, etc., aumenta con mayor o menor intensidad el grado de seguridad frente a una atmósfera potencialmente inflamable.

En el segundo grupo, recientemente elaborado se los denomina de Seguridad Reforzada o de Intercambio Iónico, consiguen rebajar la temperatura de explosión mediante diversos

ingredientes que al reaccionar en el momento de la detonación forman al inhibidor en ese mismo instante. Son explosivos que suelen estar constituidos por un pequeño porcentaje de NG (nitroglicerina), un combustible, y el par salino nitrato sódico-cloruro amónico. Tienen la reacción siguiente:

$$NaNO_3 + NHCl \rightarrow NaCl + NH_4NO_3$$

En la reacción se nota que el nitrato amónico actúa después como oxidante y el cloruro sódico en estado naciente tienen gran poder refrigerante, que es muy mayor que en los explosivos de seguridad tradicionales.

Aunque un cartucho de explosivo de intercambio iónico detona al aire o bajo condiciones de confinamiento débiles, los resultados que tienen lugar son la descomposición explosiva de la nitroglicerina y la acción inhibidora del cloruro amónico ya que no se produce la reacción del par salino. De todas maneras se evita la deflagración que sería muy peligrosa en una atmósfera inflamable como grisú.

Los explosivos de seguridad tienen las siguientes características una potencia media o baja, velocidades de detonación entre 2000 y 4500 m/s, densidades entre 1 y 1,5 g/cm^3 y mala resistencia el agua, que puede darse en algún caso.

2.1.10 PÓLVORA NEGRA

La pólvora que se utiliza en minería no es un producto propiamente explosivo ya que su reacción deflagra en lugar de detonar. Tiene una característica importante este producto como es su gran volumen de gases de combustión. La pólvora es una mezcla que tiene la siguiente composición: Nitrato Potásico

(75%), Azufre (10%) y Carbón (15%). Por lo general siempre granulada y grafitada que por su carácter conductor evita la formación de cargas electrostáticas y, además, aporta una acción lubricante con lo que se logra una buena fluidez. Tiene dimensiones que oscilan entre 0,1 mm y 4 mm y envasada generalmente en bolsas de 1, 2,5 y 5 Kg.

La pólvora de mina provoca la rotura en la roca por empuje de sus gases, y no por el efecto rompedor de la onda de choque, además, tiene una alta temperatura de combustión.

Tiene una velocidad de reacción baja comparada con las velocidades de detonación de los explosivos de uso industrial. En ciertos calibres y debidamente confinada puede alcanzar los 5000 m/s de velocidad de detonación.

Desarrolla una potencia respecto a la goma pura del orden del 28%, y la energía específica de 23800 kgm/kg, con una temperatura máxima de unos 200°C, pero tiene un inconveniente pues es muy mala la resistencia al agua.

La pólvora de mina es muy sensible al rozamiento por lo que necesita guardar las pertinentes medidas de seguridad en su manipulación. La iniciación de la pólvora no precisa del uso de un detonador, sino que basta con la acción de una llama o chispa como la que produce la mecha lenta. También se suele utilizar combinadas con el cordón detonante, siendo este un buen iniciador.

Los humos que se producen en la combustión de la pólvora son tóxicos, por lo que se debe ventilar adecuadamente en las aplicaciones de minería subterránea principalmente.

Actualmente las aplicaciones de la pólvora negra han quedado reducidas a la extracción de bloques de roca ornamental tales como granitos, mármoles, pizarras, etc., y al arranque de materiales muy elastoplásticos como los yesos. Todos estos rompen mejor bajo el efecto continuado de los gases que por una tensión puntual instantánea. Con lo que se aprovecha el gran empuje de los gases más que el efecto rompedor que es bajo.

2.1.11 EXPLOSIVOS UTILIZADOS

- **Dinamitas**

Dentro de este tipo de explosivos se tiene:
Dinamita gelatinosa: Dinamita Sísmica (Normal y Dirigida) y Dinamita Semigelatinosa que comprende ExplogelAmon, Explogel I, Explogel III y De contorno

- **Anfo**

Anfo Normal
Anfoaluminizado.

2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS EXPLOSIVOS

Las sustancias explosivas mezcladas, unas oxidantes y otros combustibles, en diferente proporción constituyen los explosivos industriales, que al ser iniciadas producen una reacción química que da lugar a la producción de gases a alta temperatura y presión.

Dado que existen explosivos con composiciones específicas colocado en un barreno en forma de cartucho o a granel y con diferente confinamiento, lo que supone que sus características son diferentes.

Esto da como resultado que para aplicación específica se elija un tipo de explosivo de acuerdo a las necesidades particulares de cada persona.

Las características básicas de un explosivo son:

- Potencia explosiva.
- Poder rompedor.
- Velocidad de detonación.
- Densidad de encartuchado.
- Resistencia al agua.
- Humos.
- Sensibilidad.
- Estabilidad química.

2.2.1 POTENCIA EXPLOSIVA

La potencia explosiva se puede definir como la capacidad que posee el explosivo para quebrantar y proyectar la roca, que está de acuerdo con su energía utilizable. La composición del explosivo va a ser la que determine esta característica que se puede aprovechar con un buen diseño de perforación y voladura. Para medir la potencia de un explosivo se emplean con mayor frecuencia:

- Péndulo balístico.
- Energía relativa por unidad de peso y de volumen.

El método del péndulo balístico mide la potencia de un explosivo en tanto por ciento relativo a la goma pura, se toma como base asignándole un valor de 100%.

Para medir la Energía Relativa por unidad de peso y de volumen se utilizan explosivos que son insensibles al detonador, es decir, que necesitan de iniciadores de alto poder explosivo. La potencia se define por:

- AWS: Energía absoluta por unidad de peso (cal/g)
- ABS: Energía absoluta por unidad de volumen(cal/cm^3)

Una vez obtenido estos valores se calculan la Energía Relativa por unidad de peso (RWS) y por unidad de volumen (RBS) respecto al ANFO que se definen por las relaciones:

RWS = (AWS/AWS Anfo) * 100
RBS = (ABS/ABS Anfo) * 100

La última relación es la que mejor calcula el poder energético del explosivo en el barreno, dando de esta manera valores más cercanos a la realidad.

2.2.2 PODER ROMPEDOR

El poder rompedor es una característica del explosivo que nos indica la capacidad de fragmentar un material, creando nuevas fisuras debida a la onda de detonación, y no al conjunto de la onda de detonación.

También de notarse que ésta característica es fundamental para explosivos no confinado, cuyos gases no pueden ejercer grandes presiones como sucede en cargas huecas y de las cargas para taqueo. El método de Hess determina bien ésta característica.

2.2.3 VELOCIDAD DE DETONACIÓN

El poder rompedor está relacionado con la velocidad de detonación, ya que al aumentar la densidad de un explosivo también lo hace la velocidad de detonación y a su vez la presión de detonación.

Al detonar una fila de cartuchos de explosivo colocados en contacto, se provoca la transformación del explosivo en un gran volumen de gases a elevada temperatura y gran presión de gases. Todo esto se desarrolla a una velocidad que se denomina velocidad de detonación, ésta se puede medir en metros por segundo.

En el momento de realizar una voladura se debe tener en cuenta que tipo de explosivo utilizar considerando ésta característica. Una detonación lenta nos dará como resultado unos fragmentos de roca grandes y por el contrario con una rápida detonación se tendrá pequeños fragmentos de roca que en muchos casos es perjudicial.

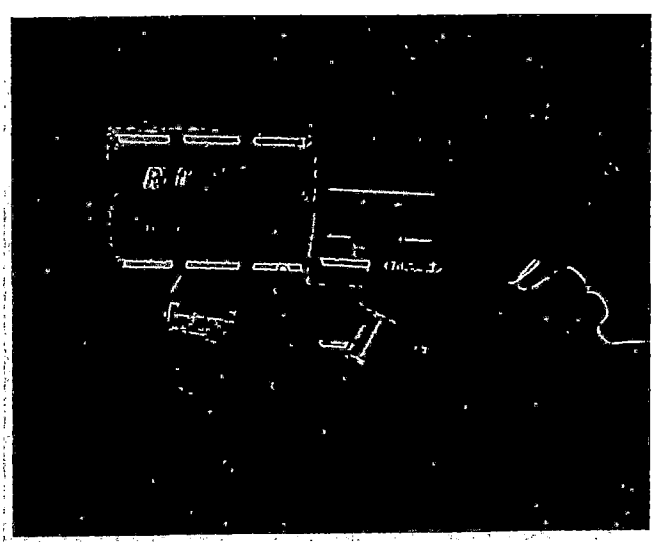


Figura N° 2.1
Medidor de velocidad de detonación

2.2.4 DENSIDAD DE ENCARTUCHADO

Es una característica positiva y muy importante de los explosivos industriales utilizados en minería. La composición del explosivo va a determinar su densidad y al ser mayor también lo será la concentración de carga en un barreno de diámetro empleado.

También, la densidad se toma en cuenta al cargar un barreno determinado en donde exista agua. En densidades inferiores a 1,1 donde existe agua la carga de explosivo flota dificultando de esta manera su llenado.

2.2.5 RESISTENCIA AL AGUA

La resistencia al agua es una característica por la cual un explosivo mantiene sus propiedades inalteradas durante un periodo de tiempo en contacto con la misma, esto debe ser sin necesidad de protección por algún material que lo cubra. Tenemos explosivo que resisten bien el agua como son los explosivos gelatinosos, hidrogeles y emulsiones, lo que hace necesario su empleo en barrenos que contienen agua.

La resistencia al agua de un determinado explosivo debe demostrarse al no disolverse y mantener sus características de encendido, sensibilidad y propagación de la detonación. Todo esto nos debe asegurar una buen voladura, para lo que se emplearán explosivos que cumplan todas estas exigencias.

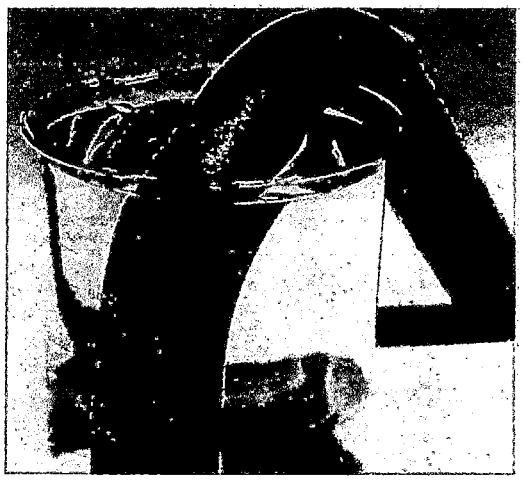


Figura N° 2.2
Resistencia al agua

2.2.6 HUMOS

El conjunto de productos gaseosos resultantes de la reacción de detonación del explosivo se denomina humos, podemos citar algunos de ellos: vapores nitrosos (NO_x), vapor de agua, monóxido de carbono (CO), anhídrido carbónico (CO_2) y otros gases producto de reacciones de detonación.

En los últimos tiempos se han desarrollado explosivos de uso industrial cuya combustión y detonación no producen gran cantidad de gases nocivos, que sean perjudiciales a los seres vivos y al medio ambiente en general.

Sin embargo, la práctica se aleja mucho de lo teórico, ya que la producción de ciertos gases nocivos como (CO, $NO_{x...}$) producidos en voladuras es grande lo que puede ocasionar malestar a las personas que se encuentren cerca de una explotación minera. Debido a esto se debe de tener una buena ventilación en caso de minería subterránea o esperar a que dispersen los gases en minería a cielo abierto.

2.2.7 SENSIBILIDAD

Un explosivo desde su fabricación y carga en el barreno está sometido a golpes que pueden estimular su detonación. La sensibilidad de un explosivo es la mayor o menor grado de energía que hay que comunicarle para que se produzca la explosión, su seguridad se tendrá cuando los estímulos para provocar su detonación sean elevados de acuerdo a la manipulación que vaya a tener.

Se tienen diferentes tipos de sensibilidad de los explosivos:

- Sensibilidad al detonador.
- Sensibilidad a la onda explosiva.
- Sensibilidad al choque y al rozamiento.

- **Sensibilidad al detonador.**

Para iniciar un explosivo industrial se emplea otro de elevada potencia de detonación provocando así su detonación. Para iniciarlo se pude colocar en un detonador, en cordón detonante, o en un multiplicador, que va a variar de acuerdo al tipo de cebado y material que se utilice.

Se tienen explosivos insensibles al detonador por lo que emplea un multiplicador que es un cilindro pequeño que contiene explosivo de elevada potencia, alta velocidad de detonación y que, además, sea sensible al detonador.

- **Sensibilidad a la onda explosiva**

Consiste en la capacidad de transmisión entre los cartuchos de explosivo, colocados en línea y uno a continuación del otro, y

separados una determinada distancia lo que se puede llamar por simpatía.

Se determina esta característica con cartuchos situados, bien sobre placa de hierro o al aire. Si los resultados son buenos se obtendrán también buenos resultados en las voladuras, ya que al estar dentro de un barreno le da un buen ambiente de confinamiento para que se propaguen los gases producto de la reacción de detonación.

Esta característica de los explosivos no asegurarse su detonación en el caso de carga discontinua, es decir, cuando existen intervalos vacíos o inertes entre cartuchos. Por lo que se debe emplear cordón detonante o un sistema de iniciación adecuado a lo largo de toda la carga. Además, al emplear espaciadores, éstos serán de material antiestático y que en ningún caso propague la detonación.

- **Sensibilidad al choque y al rozamiento**

Los explosivos industriales se inician a veces cuando son sometidos a la acción de impactos o fricción. La sensibilidad al choque de un explosivo se realizan ensayos normalizados que consisten en dejar caer un martillo sobre la muestra del explosivo situada en una superficie dura (yunque) y de esta manera se obtiene la altura de caída mínima que produce la detonación del explosivo.

La sensibilidad al rozamiento se prueba mediante el ensayo normalizado para valorar el rozamiento mínimo capaz de soportar el explosivo sin que se produzca su detonación. Se determina mediante ensayos, de manera que todos los explosivos soporten sensibilidades mínimas determinadas, para

ello se hace rozar una muestra sobre una superficie áspera que puede ser porcelana sin barnizar.

2.2.8 ESTABILIDAD QUÍMICA

Un explosivo tiene estabilidad química cuando sus características son adecuadas para mantenerse químicamente inalterado a través de un tiempo determinada, también va a depender del sito donde esté almacenado.

Se deben garantizar las condiciones de almacenamiento y el período del mismo dentro de ciertos parámetros, que aseguren su correcta utilización sin riesgo alguno para las personas que están en constante manipulación de explosivos.

Cuando se almacenan por mucho tiempo y en malas condiciones de humedad, temperatura y ventilación, los explosivos pueden verse afectados en sus características. Al notarse que está en malas condiciones debe procederse a su destrucción, lo cual se procede mediante ciertos parámetros de manejo de explosivos.

2.3 INICIACION DE EXPLOSIVOS

La iniciación de un explosivo es provocar la detonación del mismo, utilizando para ello sustancias que debido a la debilidad de sus enlaces químicos resultan altamente sensibles e inestables.

Los explosivos que son sensibles al detonador se la puede hacer mediante la introducción de un detonador en el interior de un cartucho. A éste lo llamaremos cartucho cebo, el mismo que estará en contacto con el resto de la carga, o adosando un cordón detonante a la carga

explosiva, que se inicia con un detonador, transmitiendo la energía de detonación al explosivo y que proceda a su detonación.

La energía de iniciación en los explosivos que son insensibles al detonador debe ser grande, por esto se utilizan multiplicadores para provocar su detonación. Los multiplicadores son explosivos sensibles al detonador, de alta velocidad y energía de detonación , los mismos que serán iniciados por un detonador o cordón detonante.

La iniciación en si tiene un carácter térmico, pues para que se produzca la detonación debe haber un aporte de energía para que active la reacción química. Por lo que un explosivo puede ser iniciado por impacto, mediante un choque, fricción o elevación de temperatura.

La iniciación por choque para explosivos homogéneos (nitroglicerina liquida, sin impurezas ni aire incluido) produce una elevación uniforme de la temperatura en la masa del explosivo (en toda la superficie del frente) producida por el choque, que es la explosión térmica. En explosivos heterogéneos, en explosivos industriales, en los que existe huecos y discontinuidades, no se produce la explosión térmica en masa, sino que la gran elevación de temperatura y subsiguiente explosión se concentra en puntos de los enlaces atómicos de las moléculas de los explosivos.

2.3.1 DESCOMPOSICIÓN Y EXPLOSIÓN TÉRMICA

La temperatura hace que las reacciones químicas aumenten rápidamente. Las sustancias reaccionantes en un explosivo se encuentran presentes en su propia composición, de manera que la reacción tendrá lugar en todo momento. En bajas temperaturas (temperatura ambiente), la reacción se desarrolla lentamente que los explosivos son en la mayoría de las veces estables, cuyo deterioro se producirá en mucho tiempo. A altas

Biblioteca Cs. Ingenierías - Hemeroteca - Universidad Nac. San Agustín

temperaturas la reacción puede ser bien rápida, reaccionando la materia explosiva en fracciones de microsegundo, de allí que resalta la incidencia de la temperatura.

La masa de un explosivo se puede descomponer químicamente bien sea de forma homogénea, uniformemente en toda su masa, o de forma localizada en una zona en contacto con un medio caliente, que puede ser una llama o los propios gases de combustión. Esto crea la descomposición de esa parte, mientras el resto del material permanece estable y sin alteración.

Cuando se almacena un explosivo se produce su descomposición química, también puede crearse un calentamiento peligroso si la materia explosiva se mantiene a temperaturas elevada durante un periodo de tiempo apropiado para que se produzca la reacción de detonación. Por efecto de la combustión se produce la descomposición local o superficial, como por ejemplo un propulsor, o en la iniciación por choque y en la detonación de los explosivos al realizar trabajos de minería.

Para describir la velocidad de reacción de los explosivos la ley de Arruines, con la dependencia exponencial de ésta con la temperatura, señala el comportamiento "metaestable" de los explosivos. Sea r la velocidad de reacción:

$$r = -\frac{d\lambda}{dt} = \lambda^n Z e^{-\frac{E^*}{RT}}$$

En donde λ es la fracción másica de explosivo sin reaccionar, valor que ve desde 1 a 0 al consumirse el explosivo. Siendo $e^{-E^*/RT}$ la constante de velocidad; Z es el factor de frecuencia o

pre-exponencial y E^* la energía de activación; n se llama orden de la reacción de detonación.

2.3.2 CALENTAMIENTO LOCAL POR CHOQUE: PUNTOS CALIENTES

Existe dependencia del tiempo de descomposición, vida media, con la temperatura. Con los parámetros de la velocidad de reacción utilizados, de nitroglicerina, se han extrapolado lejos de su intervalo de verdadero, por lo que en sus extremos de la curva, las vidas medias pueden diferir de sus valores reales varios órdenes de magnitud; a pesar de esto, la curva da la pauta de cómo la vida media disminuye significativamente con la temperatura, lo que quiere decir que la velocidad de descomposición de forma análoga se leva de la misma forma.

También debe notarse que la nitroglicerina es muy estable, en estado puro, temperatura ambiente y con una vida media de millones de años; pero a 700°C, la vida media alcanza un nanosegundo (o, un microsegundo). La onda de choque de la nitroglicerina, progresando a 7500 m/s (velocidad de detonación) produce una detonación en la nitroglicerina, antes de que esta reaccione, de unos 35 GPa, dándole una velocidad de partículas, u, de unos 3000 m/s; la energía interna del material, antes de reaccionar, es igual a la energía cinética, $u^2/2$ que será de 4500 kJ/kg. Mientras que el calor específico de la nitroglicerina es cerca de 1,5 kJ (kg*K), y su temperatura antes de reaccionar será de 300°C. Bajo estos parámetros la velocidad de reacción resultará elevada como para que se produzca la reacción completa en todo el frente de detonación al mismo tiempo, entonces resultará muy estrecha la zona de reacción.

Los explosivos comerciales tienen por lo general la velocidad de detonación baja y la energía de compresión del choque también, de manera semejante (la energía cinética del material es proporcional al cuadrado de la velocidad). Por tanto, el mecanismo de choque y calentamiento homogéneo del frente no permite tener una temperatura suficiente como para que la reacción comience este frente. De manera inversa, el calentamiento se da localmente en unos puntos o centros de reacción, llamados puntos calientes que producen una reacción inducida térmicamente llamada detonación.

La heterogeneidad física, incluidos en explosivos químicamente homogéneos, actúa como punto caliente.

2.3.3 PROPAGACIÓN DE LA DETONACIÓN

2.3.3.1 ZONA DE REACCIÓN EN EXPLOSIVOS HETEROGÉNEOS

Los puntos calientes se crean de diferentes formas, entonces la zona de reacción de un explosivo heterogéneo es una secuencia de "microexplosiones", que forma a su vez una rápida combustión del material hasta que la reacción termina.

En la zona de reacción se crean dos regiones. Para la primera zona, los puntos calientes activados por la onda de choque producen explosiones térmicas. La producción de la explosión térmica está en relación con el balance de la energía liberada por la descomposición del explosivo, a la que se suma la energía entregada por el choque, y las pérdidas por disipación calor. El análisis en cada punto caliente es bueno, solo si la dimensión del mismo es mayor que un valor determinado. El encendido de una cavidad calentada por una onda de choque de presión P,

radio crítico proporcional a $P^{1/2}$. Si se asume que en el explosivo existe una distribución de tamaños de las "heterogeneidades", potenciales puntos calientes. Para n_o que es el número de estas heterogeneidades por unidad de volumen, solo una parte n_i de estas pertenece a puntos calientes encendidos; n_i es mayor a medida que la presión de choque crece y menor cuando las heterogeneidades disminuyen.

En la parte posterior de esta zona de calentamiento y explosión de puntos calientes, se realiza la reacción del material activado por la energía de las explosiones en los puntos calientes. Debido a esto el material debe poder reaccionar a suficiente velocidad para que la reacción se realice antes que las ondas de relajación (rarefacciones, ondas de tracción) que provienen de los bordes de la carga puedan disminuir la presión, ya que la velocidad de combustión es proporcional a la presión. Esto podría provocar que el material no reaccionara a suficiente velocidad, fracasando la detonación. Si la cantidad de puntos calientes activados, n_i, la separación entre ellos será menor, y se requerirá un tiempo menor para la reacción del material entre ellos, pero la reacción se completará y la energía del explosivo también se desarrollará.

2.3.3.2 DIÁMETRO CRÍTICO

La detonación se propaga de forma sostenida y estable si la tendencia entre la liberación de energía en la reacción, y la llegada de las ondas de relajación desde los bordes de la carga se hace en la liberación de energía.

En las aplicaciones de los explosivos, la carga es de forma cilíndrica en las que se presentan los explosivos (cartuchos o columna de explosivo a granel en un barreno). Al producirse la detonación a lo largo de una carga cilíndrica, el frente de

detonación no es plano, presenta una cierta divergencia hacia los laterales de la carga. Lo que se produce por la expansión radial que se crea en la superficie lateral, lo que tiende a decrecer tanto la presión como la temperatura. Aunque las ondas de relajación procedentes de los laterales interactúan con todo el frente, pero la influencia es menos pronunciada hacia el centro de la carga. El resultado es que la velocidad de detonación local en los bordes de la carga es inferior a la velocidad en el eje.

2.3.3.3 VELOCIDAD DE DETONACIÓN

La densidad influye mucho en la velocidad de detonación para los explosivos comúnmente utilizados. Así como sucede con el diámetro crítico, existen dos tipos de conducta de la velocidad de detonación frente a la densidad, como se nota en las dos clases de explosivos anotadas.

Para explosivos de elevada energía y presión de detonación su velocidad crece con la densidad, ya que existe una mayor energía por unidad de volumen para sustentar el choque, siendo menos importante el hecho de que al aumentar la densidad el número de puntos calientes disminuya.

Para el segundo grupo de explosivos, la etapa crítica es la reacción de puntos calientes activos; en densidades bajas, existen suficientes heterogeneidades para funcionar como puntos calientes, y el aumento de energía disponible al aumentar la densidad hace que la velocidad de detonación aumente, como en el primer grupo sucedía. Con cierta densidad, el número de puntos calientes deja de ser suficiente para iniciar bien la reacción, con lo que ésta se desarrolla a menor velocidad y las rarefacciones la afectan. Por consiguiente, la velocidad de

detonación disminuye, llegándose a un valor de densidad en que la detonación deja de propagarse, por falta de suficientes puntos calientes que son necesarios. La densidad que se obtiene se denomina de "muerte" del explosivo, ya que se insensibiliza a éste. En la práctica común en numerosos explosivos industriales se los sensibiliza haciendo disminuir su densidad mediante la introducción de burbujas de gas o microesferas, que, a su vez funcionan como puntos calientes. Cuando el explosivo pierde estas burbujas, ya sea por difusión del gas hacia el exterior o por compresión del mismo (debido, por ejemplo, a ondas de choque de barrenos próximos iniciados con anterioridad), su velocidad de detonación disminuirá por lo que puede fallar el explosivo.

La velocidad de detonación aumenta con el diámetro. La misma que es otra consecuencia importante de la interacción entre la zona de reacción y las ondas de relajación. Cuando se tiene mayor diámetro, estas últimas tardan más tiempo en llegar a la zona de reacción, y los hacen más atenuadas, con lo que se dispone de un tiempo mayor para que se complete la reacción antes de la llegada de las ondas de relajación. La velocidad de detonación aumenta constantemente con el diámetro, cerca de un valor límite, para diámetro infinito, conocido como velocidad de detonación ideal, similar al valor CJ obtenido en la teoría de la detonación.

2.3.3.4 INFLUENCIA DEL CONFINAMIENTO

Un material resistente que contenga explosivo hace que las ondas de relajación sean de menor intensidad que cuando la detonación se produce sin confinar, el confinamiento produce los siguientes efectos:

- El diámetro disminuye.
- La velocidad de detonación aumenta.

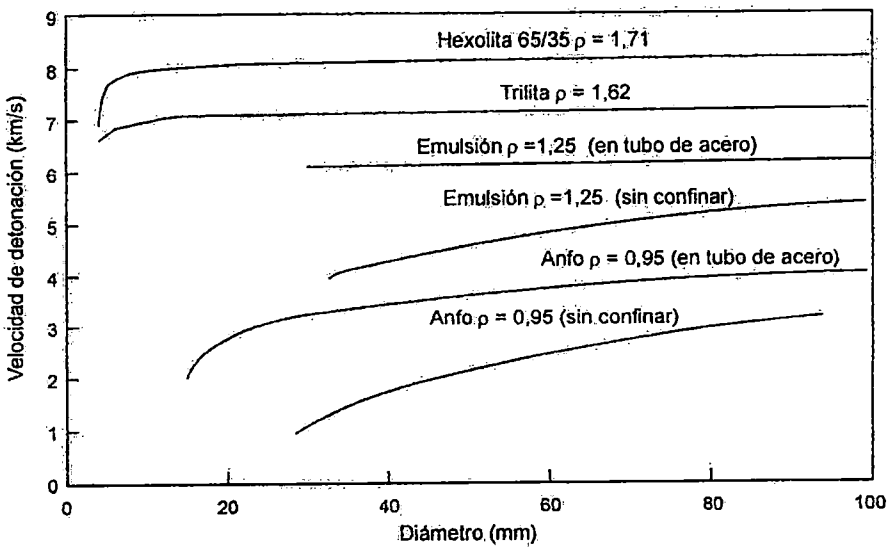


Figura N° 2.3
Velocidad de detonación en función
del diámetro de algunos explosivos
(Curso de Tecnología de Explosivos, Sanchidrián/Muñiz)

2.3.4 INICIACIÓN POR ONDAS DE CHOQUE

2.3.4.1 INICIACIÓN SUBIMPULSADA

El comportamiento de un explosivo homogéneo como un gas, un líquido sin absolutamente ninguna impureza o un monocristal ante una onda de choque es diferente a un explosivo heterogéneo. Las discontinuidades que se presentan, es decir, heterogeneidades que es la condición común en el caso de explosivos sólidos, sean granulares o mezcla de fases líquidas y sólidas, caso éste típico de los explosivos industriales. Por referencia se estudia primero la iniciación de los explosivos homogéneos, y luego los heterogéneos.

- **Explosivos homogéneos**

Para un medio homogéneo, la onda de choque se propaga inicialmente como si el explosivo se tratara de un medio inerte, es decir, disminuyendo su presión y perdiendo velocidad en su avance, debido a la normal disipación de energía. Luego de un periodo de inducción, se inicia la detonación del explosivo, no en la posición que ocupa en ese instante el frente del choque iniciador, sino en la zona de entrada del explosivo. La detonación se produce, en consecuencia, en el explosivo precomprimido y calentado previamente por la onda de choque, que viajará a una velocidad superior a la CJ del explosivo en condiciones normales.

La inducción de la iniciación tiene un tiempo que depende de la temperatura, al igual que la explosión térmica, que depende de la presión del choque. Es muy dependiente el tiempo de inducción, asimismo, de la temperatura inicial del explosivo, pues al aumentar ésta el tiempo disminuye.

En la mayoría de explosivos homogéneos se puede iniciarlos mediante choques de presión alrededor de la mitad, e incluso inferior, de su presión de detonación

- **Explosivos heterogéneos**

Los puntos calientes en el explosivo son formados por el paso de la onda de choque iniciadora. Cualquier heterogeneidad física en el explosivo puede actuar como centro de iniciación. Muchos de ellos harán explosión y generarán ondas de choque en el material circundante, dando lugar a la reacción en el explosivo.

El avance de la detonación en explosivos heterogéneos se produce como una transición relativamente suave desde una onda de choque, soportada por una reacción química local, hasta una detonación enteramente soportada. El proceso de la aceleración hasta detonación, en los que tiene lugar la mayor parte del crecimiento de la onda de choque, suele comprender una fracción pequeña de todo el proceso descrito. La parte del explosivo que queda entre el punto de entrada del choque y la zona en que se establece la detonación queda en su mayoría sin reaccionar; a veces, se ha notado que la detonación, cuando se establece, inicia a su vez este explosivo, formándose una segunda detonación moviéndose en sentido opuesto, consumiéndose el explosivo hacia el punto de entrada del choque, fenómeno llamado en ocasiones "retonación".

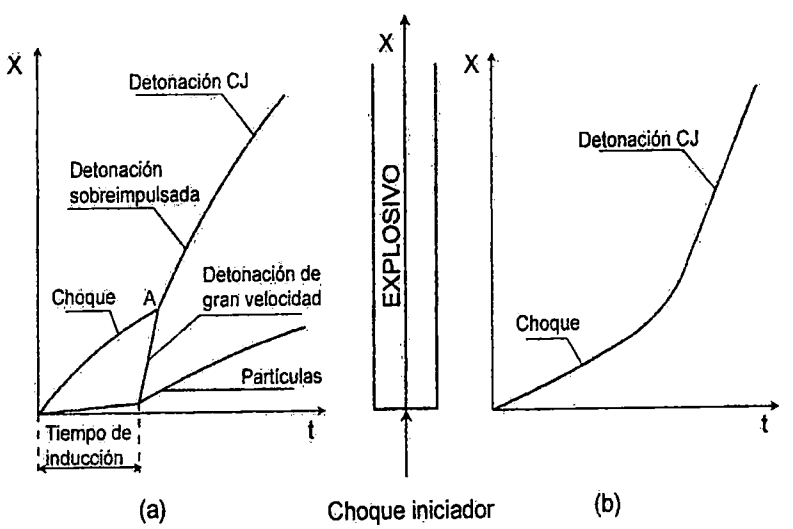


Figura N° 2.4

Iniciación subimpulsada.

(a) Explosivos homogéneos;

(b) Explosivos heterogéneos

(Curso de Tecnología de Explosivos, Sanchidrián/Muñiz)

2.3.4.2 INICIACIÓN SOBREIMPULSADA

En el momento que la presión del choque iniciador es superior a la presión de detonación, la detonación en el explosivo receptor se inicia de inmediato en la superficie de contacto, en forma de detonación sobreimpulsada. Se nota que la energía suministrada por la reacción del explosivo es insuficiente para mantener la detonación a la velocidad y presión del choque inicial, y las rarefacciones procedentes de los bordes de la carga harán que aquélla decaiga transformándose en una detonación CJ.

2.3.4.3 INFLUENCIA DEL DIÁMETRO DE LA CARGA INICIADORA

Se pude concluir que existe una cierta presión umbral que debe superar la onda de choque iniciadora para establecer una detonación estable en la carga receptora explosiva.

Para carga iniciadora de pequeño diámetro, la detonación, si la presión es superior al umbral, se establece en la zona de explosivo receptor en contacto con aquélla ó en sus proximidades, sí la iniciación es sub-impulsada. También las pérdidas laterales de energía en la detonación así establecida, para un pequeño diámetro, pueden provocar que aquélla llegue a fallar, aunque el frente de detonación se expanda. Se debe notar que la detonación, establecida axialmente en la carga, no puede cambiar fácilmente de dirección, sólo en una distancia pequeña, pues su velocidad y presión en sentido radial son pequeños, insuficientes para iniciar al explosivo en su parte lateral.

La cantidad de explosivo lateral sin detonar y los bordes de la carga reflejarán los choques a que se ven sometidos en forma

de ondas de tracción como rarefacciones, presiones "negativas" que hacen caer la presión y la temperatura en el frente de detonación cuando lo alcanzan, provocando una menor velocidad en la reacción química y pudiendo llegar, finalmente, a "apagarla".

Para diámetro menor de la carga iniciadora, mayor debe ser la presión del choque, presión de detonación, para obtener una detonación equilibrada. Es posible obtener una detonación estable en el explosivo receptor aun con diámetros de carga iniciadora inferiores al diámetro crítico de aquél, pero en este caso la presión de iniciación debe ser convenientemente alta.

Se puede colocar la carga iniciadora, un multiplicador, total o parcialmente en el interior del explosivo receptor. Para este caso, el explosivo está sometido a la presión de los productos de la detonación lo largo de la superficie cilíndrica del multiplicador antes de que la detonación de éste alcance el extremo. Cuando la presión en la superficie lateral es suficiente, se puede iniciar la detonación en el explosivo en esta parte, por lo que la superficie de iniciación del multiplicador es mayor que cuando solo está en la base en contacto. En cambio, si la presión lateral es insuficiente para la iniciación, resulta indiferente que el multiplicador esté o no sumergido en el explosivo a iniciar.

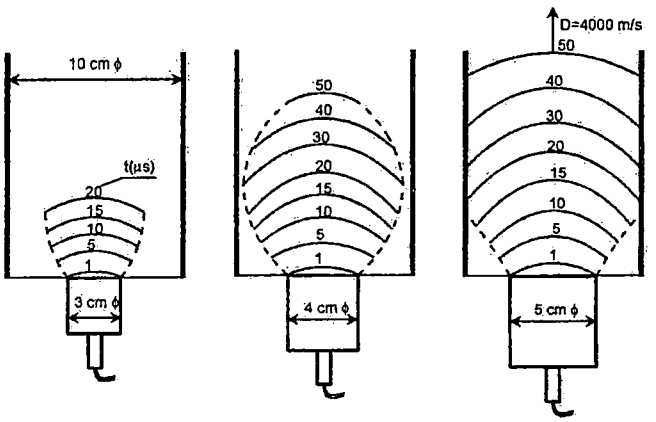


Figura N° 2.5
Propagación de la detonación en un explosivo poco sensible para varios diámetros de carga iniciadora.
(Curso de Tecnología de Explosivos, Sanchidrián/Muñiz)

2.4 SISTEMAS DE INICIACION

2.4.1 MECHA LENTA

Está constituida por un núcleo de pólvora negra rodeado de varias capas de hilados y materiales impermeabilizantes que la hacen resistente a la humedad, abrasión y esfuerzos mecánicos a los que puede estar sometido.

El fuego se transmite por la combustión de la mecha a una velocidad uniforme de dos minutos por metro lineal. Normalmente se utiliza para la iniciación de detonadores ordinarios y de la pólvora negra.

2.4.2 CORDÓN DETONANTE

Se puede decir que un cordón detonante es una cuerda flexible e impermeable que contiene en su interior un explosivo. Su núcleo explosivo es pentrita, cuya velocidad de detonación es de 7.000 m/s; el cordón detonante se emplea principalmente para transmitir a los explosivos la detonación iniciada por detonador. Varios tipos de cordón detonante pueden utilizarse para realizar voladuras, siempre que sean pequeñas.

Su núcleo de pentrita, en cantidad variable según el tipo de cordón, va rodeado de varias envueltas de hilados y fibras textiles, y de un recubrimiento exterior de cloruro de polivinilo, que se le proporciona las debidas propiedades, tales como elevadas resistencias a la tracción, abrasión, humedad y flexibilidad.

Se caracteriza por su potencial, la cual está en razón directa del contenido de pentrita por metro lineal de cordón. Su aplicación está determinada por su potencia, por lo que tienen los cordones detonantes de aplicación más extendida contenidos de explosivo por metro desde 3 a 100 gramos, utilizados para diferentes trabajos de voladura.

2.4.2.1 APLICACIONES DEL CORDÓN DETONANTE

Tienen dos tipos de aplicaciones específicas. Por una parte sirven para la iniciación de explosivos en una voladura, y por otra servir como explosivo para la realizar voladuras.

Se emplea comúnmente para iniciar altos explosivos, para ello se utiliza cordones detonantes desde 3 gramos por metro lineal

hasta 40, estos tipos de cordones son empleados en las prospecciones sísmicas.

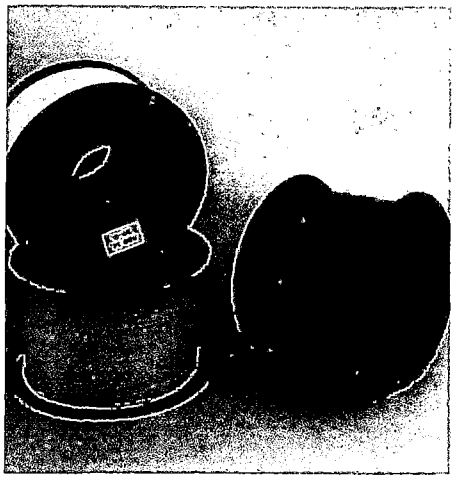


Figura N° 2.6
Cordones detonantes de 6 g (amarillo),
12 g (azul) y 20 g (blanco).

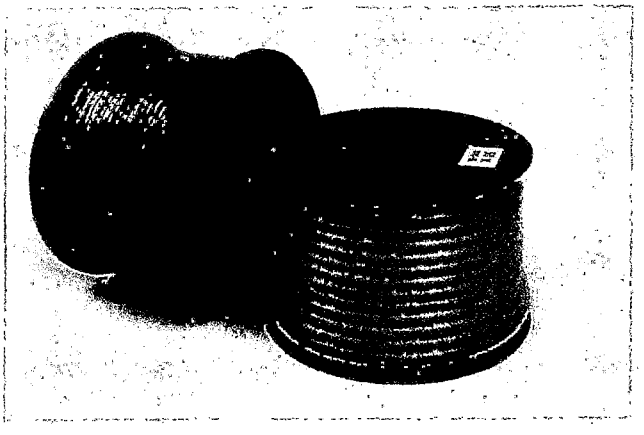


Figura N° 2.7
Cordones detonantes de 40 g (verde)
y 100 g (rojo).

Como práctica común, los cordones detonantes de concentración superior a los 40 gramos son utilizados como explosivos para la realización de voladuras de recorte y precorte,

donde se utilizan con frecuencia los cordones de 100 gramos de pentrita por metro lineal.

En la iniciación de explosivos mediante el cordón detonante, únicamente se precisa colocar el cordón en contacto con el explosivo, para que en éste se produzca la reacción de detonación. Asimismo el cordón puede ser iniciado mediante un detonador, o mediante otro cordón que amaestre los diferentes cordones que existan en la voladura.

2.4.2.2 CONEXIÓN DEL CORDÓN DETONANTE

Debe notarse que el cordón detonante, se inicia siempre mediante otro cordón, o mediante algún tipo de detonador. En la conexión del detonador al cordón debe ser de tal manera que el culote del detonador apunte hacia la zona de cordón en que debe propagarse la onda de detonación, si no es así no se produciría la iniciación del cordón en la dirección esperada.

En cambio la conexión entre cordones deberá hacerse mediante nudos, cinta adhesiva o conectadores especiales diseñados para estas labores, de manera que se asegure la propagación de la detonación de uno a otro de acuerdo a lo que se planifica. Debe destacarse que los cordones no deben cruzarse, así como que hay que tener en cuenta el sentido de propagación de la detonación para tener una buena voladura.

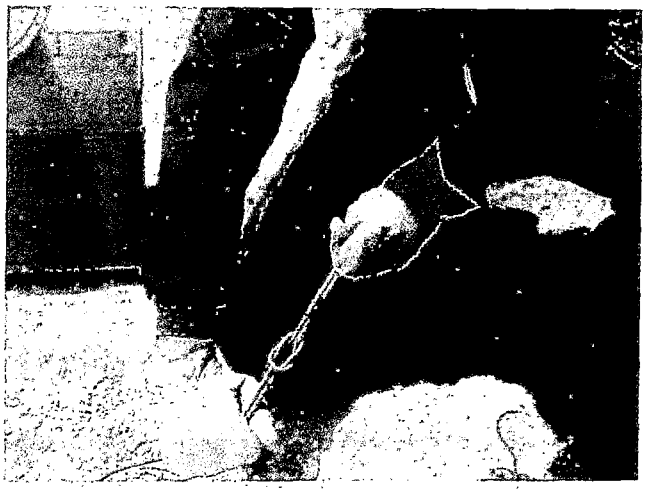


Figura N° 2.8
Nudo de conexión entre ramales
de cordón detonante.

2.4.3 DETONADORES DE MECHA U ORDINARIOS

Se lo llama detonador ordinario o de mecha, está formado por un casquillo de aluminio, cerrado por un extremo, en cuyo interior van dispuestas dos cargas explosivas las cuales están en contacto.

Para iniciar un detonador se introduce una mecha lenta o de seguridad por el extremo libre del casquillo, debiendo quedar dicha mecha en contacto con la carga explosiva.

2.4.4 DETONADORES ELÉCTRICOS

Son detonadores que se activan por medio de energía eléctrica. Se utilizan en la actualidad, ya que permiten un correcto diseño de la voladura, obteniendo buenos resultados, seguridad en la manipulación y control de los efectos derivados de la utilización de explosivos en voladura.

Este detonador se compone de tres partes, que van colocadas dentro de un casquillo de aluminio o cobre. El casquillo de cobre se emplea en las minas de carbón. Las tres partes de que está compuesto el detonador son: la eléctrica, la retardadora y la explosiva.

Va colocada la parte eléctrica en la zona superior del casquillo, y está formada por el inflamador o cerilla y por los hilos de conexión, que son de distintos colores según la clase de detonador.

La parte llamada inflamador o cerilla es una pequeña resistencia recubierta de pasta explosiva. La resistencia se denomina también puente de incandescencia como en las bombillas, va conectada a los hilos de conexión y a través de ellos recibe la corriente eléctrica. Cuando la intensidad es lo suficientemente grande para el puente se calienta, hasta alcanzar una temperatura, que produce la inflamación de la pasta explosiva del inflamador.

Sólo la parte retardadora la tiene los detonadores de tiempo, es decir, en los detonadores de retardo o microrretardo.

En cambio los detonadores instantáneos o de número cero no lo llevan la parte retardadora.

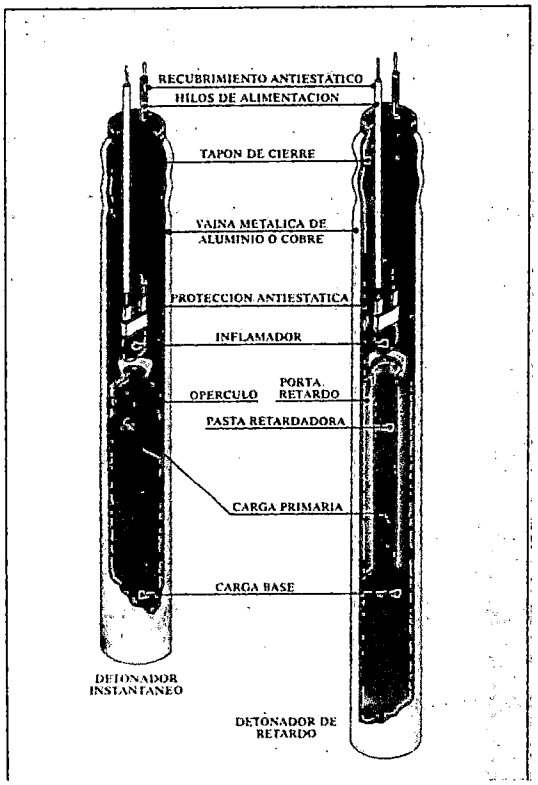


Figura N° 2.9
Seccionado de dos detonadores eléctricos: instantáneo y retardado

En los detonadores de tiempos, la parte retardadora va colocada en la zona intermedia del detonador, es decir, entre el inflamador y la carga explosiva. Es un pequeño casquillo metálico, llamado portarretardo, que está lleno de una pasta explosiva retardadora de precisión que arde a una velocidad calculada.

En la zona inferior del casquillo se coloca la parte explosiva, y está compuesta por dos cargas, una menor llamada carga primaria y otra mayor llamada carga base o secundaria.

2.4.4.1. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LOS DETONADORES

Los tres tipos de detonadores: Sensibles, Insensibles y Altamente Insensibles, tienen unas características determinadas que los diferencian.
Las características son:

- Resistencia al puente, que es la resistencia del puente de incandescencia o resistencia de la cerilla, medida en ohmio (Ω).
- Resistencia de los hilos de conexión, que es la resistencia de los dos hilos de conexión del detonador, medida en ohmio (Ω).
- Resistencia total del detonador, que es la suma de las dos anteriores, medida en ohmio (Ω).
- Intensidad de corriente recomendada que es la intensidad mínima que el fabricante recomienda, y por lo tanto, que se debe utilizar para asegurar que todos los detonadores conectados en serie en una voladura, reciben energía suficiente para su explosión. Es medida en amperios (A).
- Corriente de seguridad, que es la máxima intensidad de corriente, que atravesando el puente de incandescencia de un detonador durante cinco minutos no provoca su inflamación, medida en amperios (A).
- Impulso de encendido o sensibilidad eléctrica de los detonadores, es la energía eléctrica por cada unidad de resistencia que se necesita para provocar la inflamación de la cerilla. Habitualmente, la energía eléctrica se suele medir en kilovatios hora, es decir, mil vatios hora, pero como la energía que necesitan los detonadores eléctricos es pequeña, se mide en una unidad menor. Por consiguiente, la sensibilidad eléctrica o impulso de encendido de los detonadores se mide

en milivatios segundo y dividido por la resistencia del circuito en ohmios (mws/Ω).

2.4.4.2 CLASIFICACIÓN DE LOS DETONADORES ELÉCTRICOS

Los detonadores eléctricos se clasifican en función de tres factores esenciales: uso, sensibilidad y tiempos.

a) En función del uso

Podemos clasificarlos en:

- De cápsula de aluminio que son de uso general.
- De cápsula de cobre que son detonadores adecuados para su utilización en ambientes grisuosos o inflamables. Deben ser de cobre la cápsula e hilos de alimentación. Existen en todas las gamas, tanto en lo que respecta a características eléctricas (S, I y AI), como a los tiempos de retardo.
- Sísmicos, son detonadores que se fabrican con un tiempo de reacción inferior a un milisegundo, siempre que se inicien con la intensidad adecuada. La empresa UEE fabrica estos detonadores para dos tipos de sensibilidad S e I; y aptos para resistir altas presiones hidrostática.
- Para trabajos bajo grandes presiones de agua, se fabrican detonadores con un cierre especial estanco que les proporciona una hermeticidad que se puede resistir presiones de hasta 100 kg/cm^2, manteniendo el resto de las características de los detonadores convencionales.

b) En función de las características eléctricas

De acuerdo con las características o condiciones eléctricas de los detonadores, pueden ser de tres tipos:

a) Detonadores Sensibles (S).
b) Detonadores Insensibles (I).
c) Detonadores Altamente Insensibles (AI).

c) En función de los tiempos de detonación

En la búsqueda de buenos resultados en las voladuras, es imprescindible que los distintos barrenos vayan saliendo según un orden estudiado y con una diferencia de tiempos determinados de acuerdo a lo planificado.

Conforme al tiempo transcurrido desde que se inflama la cerilla hasta el instante en que se produce la explosión, los detonadores pueden ser:

a) Detonadores instantáneos.
b) Detonadores de microrretardo de 20 milisegundos.
c) Detonadores de microrretardo de 30 milisegundos o.
d) Detonadores de retardo de 500 milisegundos

2.4.5 OTROS SISTEMAS DE INICIACIÓN NO ELÉCTRICOS

En los casos en que por problemas de posible iniciación no deseada, no sea factible el disparo con detonadores eléctricos, como puede ser cuando volamos cerca de una línea eléctrica, o de una vía férrea electrificada, etc., se tienen otros accesorios que aseguran una secuencia correcta de las voladuras.

2.4.5.1 RELÉS DE MICRORRETARDO

El empleo del cordón detonante, únicamente es posible para realizar voladuras instantáneas, lo cual en ciertas ocasiones puede resultar un problema importante por el nivel de vibraciones que se producen, onda aérea y otros problemas como resultado de trabajos de minería.

Como solución de este inconveniente apareció los relés de microrretardo, los cuales son artificios que, intercalados entre el cordón detonante, interrumpen la detonación del mismo durante 15 ó 25 milisegundos, dependiendo del tipo. Estos crean en las voladuras conexionadas con cordón detonante, un efecto parecido al retardo dado por los detonadores eléctricos de microrretardo.

Figura N° 2.10
Secuenciación de una voladura a cielo abierto con relés de microrretardo de 15 ms.

2.4.5.2 DETONADORES NO ELÉCTRICOS

El tipo de detonadores no eléctricos fabricados por UEE se llama RIONEL, y constan de un tubo de plástico que aloja en su interior una sustancia reactiva que mantiene la propagación de una onda de choque a una velocidad aproximada de 2.000 m/s. La onda de choque tiene suficiente energía para un detonador de potencia óctuple.

Puede verse que la reacción en el tubo no tiene ningún efecto explosivo y funciona como un conductor de señal. Este tipo de detonadores RIONEL se presenta empaquetados en bolsas de aluminio selladas.

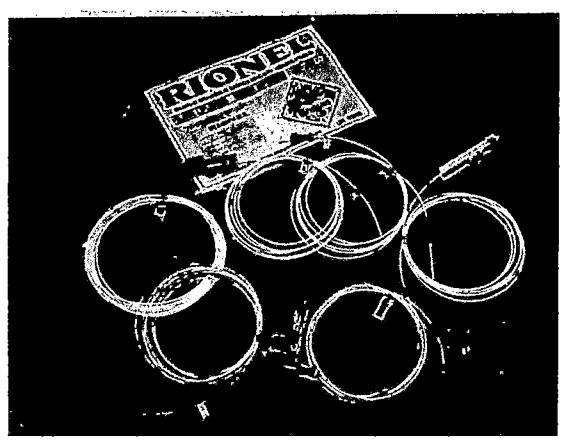


Figura N° 2.11
Detonadores RIONEL (Cortesía de UEE, S.A.)

Se pueden iniciar estos detonadores ya sea con un explosor especial para tal efecto, o con los propios detonadores eléctricos, bien directamente o por mediación de líneas de cordón detonante.

El tubo transmisor tiene ciertas características técnicas:

Diámetro exterior del tubo..... 3 mm

Carga reactiva..... 0,18 g/m

Velocidad de transmisión de la onda..... 2.000 m/s

Resistencia a la tracción del tubo..... 20 kg

2.4.6 MULTIPLICADORES

Se utilizan como iniciadores de voladura para iniciar explosivos de baja sensibilidad, tipo anfo, hidrogeles, emulsiones o heavy anfo. Los multiplicadores colados están compuestos por un cilindro de pentolita, explosivo de alta potencia y velocidad de detonación, que va recubierto de una envuelta de cartón y son de tamaño variable.

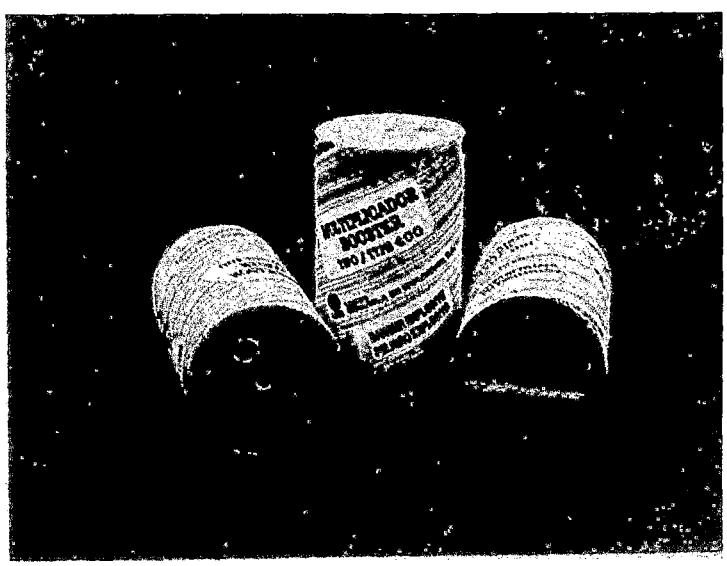


Figura N° 2.12.
Multiplicador de pentolita de 400 g.

Estos tienen unos orificios axiales que van rodeados de pentrita y que es por donde pasan los accesorios que los iniciarán: cordón detonante, detonadores, etc.

Existen varios tipos de multiplicadores que pueden ser colados, multiplicadores de nitroglicerina y algunos de las más modernas tecnologías normalmente disponibles en la voladura.

2.4.6.1 MULTIPLICADORES COLADOS

Como consecuencia del desarrollo de los derivados de ANFO, y después, de los productos gelatinosos se creó la necesidad de multiplicadores de alta velocidad y alta energía. El desarrollo de mezclas de emulsiones no sensibles, acrecentó la necesidad de estos multiplicadores altamente energéticos. Se dispuso de multiplicadores de nitroglicerina pero en cantidades insuficientes y no pudo abordar la tendencia global de uso de productos sin nitroglicerina en los barrenos.

En la búsqueda de satisfacer esta demanda, se desarrollaron multiplicadores sin nitroglicerina, compactos y de alta presión de detonación para proveer a los usuarios de explosivos de completos y adecuados sistemas de voladura sin NG (nitroglicerina). El desarrollo de multiplicadores colados se fomentó por la disponibilidad de explosivos militares puestos en el mercado comercial desde la última parte de los años cincuenta hasta los años sesenta.

A pesar de que los multiplicadores sin nitroglicerina son más resistentes que la dinamita a detonaciones accidentales por impacto, golpe o fricción, se deben utilizar con el mismo cuidado que los otros explosivos.

Los multiplicadores colados son explosivos sensibles al detonador que normalmente contienen como alto explosivo el trinitrotolueno (TNT) como elemento de colado. Dentro del TNT están mezclados diferentes explosivos moleculares que aportan

energía adicional y/o sensibilidad al multiplicador. Los explosivos moleculares son materiales energéticos que contienen todos los elementos necesarios para la formación de una reacción de detonación en las moléculas del explosivo.

Algunos tipos de multiplicadores colados son:

- Multiplicadores de pentolita.
- Multiplicadores de composición B.
- Multiplicadores Torpex.
- Multiplicadores Amatol/Sodatol.
- Tetralita o Tetritol.
- Multiplicadores Deslizantes.
- Multiplicadores Plastificados.

2.4.6.2 MULTIPLICADORES CON BASE DE NITROGLICERINA

Los multiplicadores compuestos por una base de nitroglicerina (NG) se utilizan todavía con profusión (por ejemplo las dinamitas gelatinosas). Estos multiplicadores se utilizan normalmente con forma cilíndrica de 50 x 200 mm, 760 x 200 mm o mayores. Los multiplicadores con base de nitroglicerina más comúnmente vendidas son gelatinas nitratoamónicas, normalmente llamadas "gelatinas extra". El multiplicador de NG (nitroglicerina) ideal sería un producto gelatinoso que redujera o eliminase cualquier anomalía provocada por condiciones de humedad, y debería tener un 60% más de fuerza para desprender suficiente presión de detonación como para iniciar barrenos de tamaño medio o grande conteniendo agentes de voladura.

Los fabricantes de dinamita han introducido las gelatinas NG (nitroglicerina) en botes de plástico que tienen orificios. Este

intento se hizo para ofrecer un multiplicador de NG (nitroglicerina) de uso más fácil en terreno. Los botes se asemejan a un multiplicador colado. Hay solamente una planta de nitroglicerina fabricando productos en los Estados Unidos.

2.4.6.3 MULTIPLICADORES ESPECIALES

- **Multiplicadores de Perclorato**

Durante la última década se han desarrollado dos tipos diferentes de multiplicadores de perclorato sódico. El primer tipo fue una mezcla slurry que fue elaborada por dos fabricantes diferentes pero ya no está disponible. El más reciente desarrollo consiste en una fórmula de sodio perclorato/glycol di etilénico colado que es un slurry durante la fabricación pero que solidifica cuando se vierte en el envase. Este material forma una pasta dura salina que desarrolla la sensibilidad al detonador mientras está solidificando. Debido a su falta de resistencia al agua debe ser protegidas de las condiciones húmedas del sondeo o barreno mediante su envoltura. Este multiplicador de perclorato sódico tiene una alta densidad y su velocidad varia con el diámetro. Se han utilizado con mejor aceptación para aplicaciones sísmicas, donde los multiplicadores colados (con su alta densidad y velocidades de detonación, por tanto, alta presión de detonación) han tenido mucho éxito.

- **Multiplicadores Sobre-deslizante, Cartucho Metálico**

Este producto es un cartucho detonador con una base de PETN prensada. El extremo abierto de la cubierta está alargado para que se deslice un detonador eléctrico o no eléctrico. Este tipo de multiplicadores normalmente contiene 2 g de carga, y se utiliza para facilitar al detonador la iniciación con éxito del ANFO en

pequeño diámetro de barrenos subterráneos. Este tipo ya no se fabrica en Estados Unidos, pero se puede encontrar en el inventario de muchas minas subterráneas.

CAPÍTULO III

OPERACIONES DE EXPLOTACIÓN MINA

3.1 OPERACIÓN MINA

Este capítulo se analiza la supervisión en interior mina, abordado desde la perspectiva de los requisitos del puesto de capataz protagónico, gestor de la productividad, enfocando la creciente necesidad de fortalecer sus capacidades de gestión de los procesos y seguridad de las personas. Asimismo se refiere a perforación y voladura, así como en cuanto a los avances lineales alcanzados.

Por último, se presenta un análisis de productividad en labores de producción que revelan las debilidades del esquema de supervisión tradicionalmente aplicado en CMH.

3.1.1 ORGANIZACIÓN

Las operaciones de explotación en interior mina de Consorcio Minero Horizonte S.A. se desarrollan en tres zonas, cada una de las cuales es responsabilidad de un ingeniero jefe de zona: Norte, Centro y Sur.

Cada zona de operación se compone de secciones, cada una de las cuales son responsabilidad de los ingenieros jefes de sección, teniendo como colaboradores a los ingenieros jefes de turno de compañía:

Cuadro N° 3.1.
Zonas de Operación

• Zona Norte	✓ Potacas	Nv 2950
	✓ Golden	Nv 2765
	✓ Milagros	Nv 2600
• Zona Centro	✓ Papote	Nv 2930
	✓ Vannya	Nv 2885
	✓ Sissy-Rumpuy-RNG	Nv 2750
• Zona Sur	✓ Cabana	Nv 2950
	✓ Candelaria	Nv 2790
	✓ Bernabé	Nv 2700

Las operaciones en interior mina se desarrollan en dos turnos de trabajo:

- **1er turno**, de 13:00 pm a 21:00 pm.
- **2do turno**, de 10:00 pm a 06:00 am del día siguiente.

En cada sección trabaja tanto personal de contratistas mineros, denominados "contratas", como personal de CMH (Consorcio Minero Horizonte), denominado "personal de compañía".

La supervisión en cada turno de trabajo se ejerce a través de:

- Jefes de turno (ingenieros de compañía).
- Jefes de guardia (jefes de guardia de contrata).
- Supervisores o Capataces (personal de contrata).

3.1.1.1 CONTRATISTAS MINEROS

El personal obrero y los supervisores o capataces que laboran en las operaciones de interior mina son todos trabajadores de las contratas.

Las contratas que afilian trabajadores para las operaciones de Consorcio Minero Horizonte S.A. son las siguientes:

- Construcciones y Servicios Múltiples E.I.R.L. (CONSEM).
- PATMOSMinning Perú E.I.R.L. (PATMOS).
- ZICSA Contratistas Generales S.A. (ZICSA).

La jefatura técnica en una contrata recae en el ingeniero residente, quien supervisa el desempeño de los ingenieros jefes de guardia e ingenieros de las áreas de soporte dentro de la contrata. Los ingenieros jefes de guardia de la contrata realizan las mismas funciones que los ingenieros jefes de turno de compañía; pero actúan bajo supervisión directa de los ingenieros jefes de zona de compañía.

La distribución del personal de contratas es como sigue:

- Zona norte, personal de ZICSA
- Zona centro, personal de PATMOS
- Zona sur, personal de CONSEM
- PEC (Proyecto de Explotación Compartida); área de trabajo de las Empresas Consorcio Minero Horizonte y MARSA), a cargo de la contrata ZICSA

3.1.1.2 ORGANIZACIÓN JERÁRQUICA DE SUPERVISIÓN

La jerarquía de supervisión de las operaciones en mina es como sigue:

- Superintendencia de Mina, ingeniero de compañía
- Jefatura de zona, jefe de zona ingeniero de compañía
- Jefatura de sección, jefe de sección ingeniero de compañía
- Jefatura de turno, jefe de turno ingeniero de compañía
- Jefatura de guardia, jefe de guardia ingeniero de contrata
- Supervisores o capataces de las contratas

Los supervisores o capataces, ejercen la supervisión directa sobre el personal obrero en las labores de interior mina. Normalmente, un capataz supervisa el trabajo en todas las labores de una sección durante un turno.
El capataz desempeña un rol fundamental en la producción.

3.1.2 SUPERVISIÓN

La supervisión de operaciones básicamente es ejercida por el capataz, que al recorrer las labores reporta directamente al ingeniero jefe de guardia de su contrata, quien a su vez también recorre las mismas labores durante la guardia. Sin embargo,

además de los supervisores de operaciones existe una supervisión adicional, ejercida a través del personal de las áreas de topografía, geomecánica, perforación y voladura de la Superintendencia de planeamiento; y también de la Superintendencia de geología.

La supervisión brinda asesoría y apoyo a diferentes áreas ajenas a las operaciones en interior mina (soporte a Superintendencia de Mina) no es necesariamente permanente, en algunos casos, descuida las labores que necesitan inmediato soporte.

Se constata en compañía la necesidad de un recorrido programado de labores diario, a fin de proveer al personal obrero con información y orientación técnica en temas como:

- Direccionamiento
- Perforación y Voladura
- Sostenimiento
- Calidad de la carga mineral

La importancia de contar en las labores con asesoría técnica oportuna se materializará en la implantación sistemática de medidas de control del mineral, cuya única finalidad importante en la producción, es maximizar el valor del mineral aportado a la planta de concentración.

3.1.2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Se han verificado los siguientes problemas en las labores de producción:

- Pérdida de dirección de la veta en los disparos desviados
- Contaminación de la carga mineral por sobre rotura
- Desprendimiento de la caja techo en el frente de avance

- Cuadros mal instalados y falta de topes
- Deficiente aplicación de las mallas de perforación
- Inadecuada distribución de cargas explosivas

Asimismo, se ha verificado inoperatividad del personal fundamentalmente causada por:

- Boleo, en el rango de una a dos horas durante las guardias.
- Hurto de mineral o maja, ilícita actividad distractora.

Estas circunstancias evidencian la debilidad de la supervisión, en dos temas de gestión de las operaciones en mina:

- Súper vigilancia de las tareas, y
- Falta de asesoría técnica al personal

La ineficacia del sistema actual de supervisión de las operaciones se agravan por: la extensión del ámbito de supervisión, las distancias variables entre labores, la falta de accesibilidad a las mismas, la falta de capacidad de liderazgo y la variabilidad en el nivel de competencias técnicas del personal operativo.

En ocasiones la supervisión se realiza una vez durante la guardia y en horarios diversos; como puede ser a primera hora o al finalizar la guardia, quedando en manos de los maestros de labor la toma de decisiones operativas elementales; tales como: el decidir el número de taladros a perforar, la cantidad de explosivos a utilizar, orientar la dirección del avance. Asimismo, se constata la necesidad de incrementar la asesoría técnica al personal obrero de mina en temas vinculados con geología, orientación topográfica, sostenimiento, perforación y voladura.

Por otro lado, es imprescindible promover aún más el comportamiento seguro en el personal, contribuir a elevar la productividad con seguridad en las labores, también incorporar herramientas informáticas de control operativo que apoyen la gestión de las operaciones en interior mina.

Finalmente, es urgente desarrollar una estrategia de promoción de valores dentro del personal que labora en interior mina, de modo que se logre:

- Maximizar el compromiso con el trabajo
- Minimizar el hurto de mineral

3.1.2.2 EL JEFE DE GUARDIA

El ingeniero jefe de guardia de la contrata a cargo de las operaciones de turno coordina directamente con el capataz, quien supervisa al obrero de mina; ambos involucrados y supervisados por el jefe de turno de compañía. Usualmente, el rol de capataz es desempeñado por personal con amplia experiencia de campo, la cual es orientada y supervisada por el ingeniero jefe de guardia y el jefe de turno de compañía.

El jefe de guardia y el capataz son los supervisores más cercanos al obrero en mina y por lo tanto desempeñan roles fundamentales en la supervisión de las tareas, y el logro de resultados óptimos durante todas las etapas del ciclo de minado.

Por lo común el capataz tradicional es competente en:

- Enmaderado
- Canalizaciones
- Instalaciones de tuberías (fierro y polietileno)
- Perforación
- Preparación de explosivos y voladura
- Operación de equipos (winches de arrastre, palas neumáticas, locomotoras y scooptram)
- Relleno hidráulico
- Instalación de línea de riel (labores de secciones convencionales)

Su misión básica es instruir al personal obrero y asegurar los resultados de producción con seguridad, según la descripción del cargo en compañía.

La supervisión en mina está enfocado en el proceso de reclutamiento del personal con mayor experiencia de trabajo en campo, priorizando las habilidades operativas frente a las capacidades de gestión de los procesos. Este es un tema a mejorar con la investigación dentro de un ambiente promotor de la productividad y la mejora continua con seguridad.

Es importante fortalecer este aspecto en los actuales supervisores, capataces e ingenieros en general. Actualmente, para enfrentar estas carencias, el proyecto piloto "Célula Mínima de Producción" (CMP) cuenta con tres ingenieros junior, entrenados en operaciones mina, que han adquirido las competencias operativas de los capataces.

3.1.3 PERFORACIÓN Y VOLADURA

De acuerdo con los objetivos trazados al inicio del año 2010, en compañía se trabajan intensamente los temas de:

- Sobre rotura (voladura controlada)
- Capacitación
- Eliminación de las anomalías en los disparos

El indicativo referente es el factor de potencia que nos da a conocer la cantidad de explosivo promedio que se usa para romper una tonelada de material (desmonte y/o mineral).

3.1.3.1 OBJETIVOS EN PERFORACIÓN Y VOLADURA

- Evitar sobre rotura en las labores aplicando voladura controlada.
- Capacitación en conocimientos básicos de Perforación y Voladura al personal.
- Propuesta de pago a contratas por rotura con micro retardos (mininel).
- Minimizar la presencia de los disparos: soplados, cortados y fallados.
- Reducir el consumo de explosivo.

3.1.3.2 CONTROL DEL FACTOR DE POTENCIA

Se muestra en los cuadros siguientes: la evolución del factor de potencia en kilogramos de explosivo por tonelada métrica húmeda (TMH), en la cual se puede notar una considerable disminución del mismo, teniéndose un promedio de 0.57 a 0.42.

Tabla N° 3.1

Factor de Potencia (Kg/TMH)

ZONA	NORTE	CENTRO	SUR	RNG	Promedio General
Kg	9,094	7,568	10,324	3,532	0.42
TMH	21,100	19,277	17,279	13,675	
Kg/TMH	0.49	0.39	0.60	0.26	

Usar la dinamita Semexa de 7/8" x 7" de 45% como carga de columna en tajos con terreno fracturado contribuye a reducir el daño al macizo y nuestros factores de potencia. Así también, reducir el diámetro de perforación de 38mm a 36mm con máquina Jackleg y de 45mm a 41mm con Jumbo, contribuyendo a reducir el diámetro del explosivo, por lo tanto ayuda a controlar la voladura.

Los valores presentados, resultado del muestreo realizado por el área de perforación y voladura, sugieren la necesidad de implantar sistemáticamente el uso de Semexa, como explosivo adecuado para el terreno mayormente fracturado. Esta será una consideración en el piloto del proyecto CMP.

3.1.3.3. CAPACITACIÓN AL PERSONAL DE OPERACIÓN

Implantando el uso de la cartillas de dosificación de explosivo, de acuerdo con el tipo de roca de la labor, según el factor de voladura y el tipo de macizo rocoso; para el cual se vienen dando charlas de capitación dirigidas principalmente a la supervisión mina y personal obrero.

Se considera que la capacitación en el terreno es un punto importante, para mejorar las eficiencias de disparos en el ciclo de minado. La estrategia es seguir el efecto cascada, comenzando

con la supervisión, hasta llegar a capacitar a los maestros perforistas.

Es importante notar que tanto la descoordinación, como la inexistente programación de actividades conducen a una deficiente capacitación del personal, que ni siquiera ha llegado a dos o tres labores por zona, de un total aproximado de 32 labores supuestamente programadas.

Programar adecuadamente los recorridos de labores, coordinando permanentemente las actividades de capacitación, supervisión, asesoría, mantenimiento y servicios, es una consideración en la ejecución del piloto del proyecto CMP (Célula Mínima de Producción).

3.1.3.4. USO DE EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS

El Mininel

La empresa ha dispuesto la evaluación del uso de mininel a fin de establecer el PU (precio unitario) en rotura. Es necesario aprovechar lo beneficios de usar mininel en sostenimiento (disminuir el consumo de madera), ciclo de trabajo y el consumo de explosivos. Así, se estandarizará el PU del mininel con el objetivo de reducir el consumo de explosivo y evitar daños al contorno de las labores.

En el ensayo practicado en las labores de producción se utilizaron como accesorios iniciadores de voladura el mininel y como explosivo el emulnor 1000 de 1" x 7", en reemplazo del iniciador carmex y el explosivo semexsa E-65 de 1" x 7" obteniendo unfactor de potencia promedio de 0.38 Kg/TMH para FAMESA versus 0.57 Kg/TMH para EXSA.

El Mininel aplicado en las labores de explotación y desarrollo, cuyo requisito principal es tener una longitud de taladro no mayor a 1,80m. (tajos y frentes perforados con barreno de 6"), demostró que el ciclo de vida del Mininel es mayor al sistema de iniciación tradicional.

Por lo expuesto, el uso del mininel será una consideración en el piloto del proyecto CMP.

3.1.3.5 DIAGNÓSTICO

Actualmente los resultados de perforación y voladura en tajos son variables en términos de consumo de explosivos y accesorios, así como en lo relacionado con la granulometría resultante de los disparos. Aunque no se puede afirmar que éste sea el comportamiento general en la mina, es preciso establecer mayores controles a fin de optimizar el proceso de rotura de mineral.

Los registros de actividades en un muestreo de tajos en los meses de marzo y abril revelan:

- Fragmentación muy variable luego del disparo.
- Presencia de bancos (con diámetros mayores que 20cms.) en el orden del 20%.
- Necesidad de rotura a pulso con comba y plasteo.
- Sobreesfuerzo físico del personal para la limpieza del frente.
- Extensión del tiempo promedio de perforación y voladura.
- En la guardia no se completa necesariamente el ciclo de minado.

Estas observaciones demuestran la necesidad imperiosa de enfocar estrictamente a la supervisión en el proceso de rotura.

3.1.4 AVANCES LINEALES

Durante los meses del periodo de análisis durante la pre-implantación del proyecto de organización, se observa un decrecimiento en el cumplimiento de la programación. A continuación se analiza este comportamiento.

3.1.4.1 INFORMES DE OPERACIÓN

De acuerdo con el informe de operaciones en abril se ejecutaron 2,586 mts en avances lineales con un cumplimiento del programa mensual de 96.17% (103 mts menos de lo programado). Los resultados del mes se explican como sigue:

- En la zona Norte se dio prioridad al avance en exploraciones a fin de acceder a los blancos de explotación.
- En la zona Centro el principal avance estuvo en las galerías de la veta Rosa.
- En la zona Sur se ejecutó el mayor metraje en avances lineales (1,063m).
- En el proyecto RNG se dio prioridad a la RP690S, CX1080S y RP92442.

Asimismo, en el mes de mayo se ejecutaron 2,103mts en avances lineales con un cumplimiento del programa mensual de 84.59% (383mts menos de lo programado). Sin embargo, destacan algunas labores que lograron mayores avances:

- Las labores con mayores avances en la zona Norte fueron: SN1570N, CH411N2, SN1738N, CX1900N y CX1701N.
- Las labores con mayores avances en la zona Centro fueron: BP762S, GL670S, SN652S, GL661S y GL555S. Las labores

con mayores avances en la zona Sur fueron: CH1225S (Alimak), SN6587S, GL1940S, GL1901S y GL1680S.

- Las labores con mayores avances en el PEC fueron: RP1332N, CX979N, SN886N, CH858N y SN921N.
- Las labores con mayores avances en el Proyecto RNG fueron: RP92442, CX430S, RP690S, CX1205S y CX102S.

3.1.4.2 DIAGNOSTICO

El comportamiento decreciente en el cumplimiento del programa de avances es causado por:

- La escasez de personal que las contratas no resuelven.
- La insuficiente supervisión de las labores en fase de desarrollo.

Estos factores afectan la gestión operativa en interior mina y por ello se hace necesario replantear el sistema de supervisión actual.

Es importante destacar que, al ser entrevistado, el personal de línea responsable manifestó como una razón de la demora en el avance la desorientación por pérdida delos puntos de dirección debida mayormente a su destrucción, sea por voladura o por los vehículos que transitan por las galerías.
El piloto del proyecto CMP contempla intervenir en dos labores de desarrollo por zona de operación con el objeto de minimizar o eliminar las causas del incumplimiento del programa de avances lineales.

3.1.5 ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD EN TAJOS

A efectos del presente estudio se realizó la medición sistemática de los tiempos durante las actividades del ciclo de minado en tajos de producción. El estudio alcanzó a diez labores activas distribuidas

en las tres zonas de operación de Consorcio Minero Horizonte S.A. Las 27 muestras, tres por labor, excepto en los tajos TJ 408N y TJ 614.

La relación de labores de la muestra es la siguiente:

- TJ 755
- TJ 408N
- TJ 1890S
- TJ 1785N
- TJ 4141N
- TJ 614
- TJ 755S
- TJ 755N
- TJ 1886S
- TJ 102N

En tiempos, el estudio revela una distribución promedio por actividad como sigue:

Tabla N°3.2.

Tiempos durante las actividades del ciclo de minado

Guardia	Actividad Realizada en el Tajo	Tiempo (Horas:Minutos)	
		Duración Total	Demoras Incluidas
Día	Traslado a labor	00:20	00:20
	Boleo	01:20	01:20
	Supervisión y Charlas	00:40	00:40
	Desatado de Rocas	00:30	
	Limpieza de Carga	02:40	00:30
	Izaje de Madera	00:40	00:15
	Sostenimiento	01:20	00:20
	Perforación y Voladura	01:20	00:20
	Totales	08:50	03:45
Noche	Traslado a labor	00:15	00:15
	Boleo	01:10	01:10
	Supervisión y Charlas	00:20	00:20
	Desatado de Rocas	00:45	
	Limpieza de Carga	03:00	00:50
	Izaje de Madera	00:15	
	Sostenimiento	01:10	00:30
	Perforación y Voladura	01:30	00:15
	Totales	08:25	03:20

En promedio la pérdida de tiempo durante la guardia de día es de alrededor del 43% y durante la guardia de noche es cerca de 40%.

El tiempo de trabajo efectivo promedio es de cinco horas y cinco minutos tanto de día como de noche (prácticamente se trabajan solo cinco horas por guardia). Visto de otro modo, diariamente se pierde tiempo cuatro horas por guardia, es decir ocho horas diarias, equivalentes a una tarea x día, es el tiempo improductivo promedio del personal en cada labor.

Entre las principales razones por las cuales no se cumple con el estándar de avance en tajos se tienen:

- Utilización de barrenos de menor longitud. Algunos trabajadores realizan menor esfuerzo físico usando barrenos de cuatro pies en vez de usar barrenos de seis pies de longitud en sus labores.
- Perforación de un número menor de taladros. Algunos trabajadores no perforan la cantidad de taladros indicada por capataces o ingenieros.
- Trazado de la malla de perforación en el terreno diferente al diseño establecido por el ingeniero asesor de perforación y voladura.

Eventualmente puede señalarse una razón de tipo estructural para el incumplimiento del estándar de avance en algunas labores sobre terreno malo que dificulta la perforación Pero fundamentalmente la baja productividad en tajos resulta por la insuficiente supervisión de labores.

CAPITULO IV

PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL EN EL MANEJO DE EXPLOSIVOS

4.1. INTRODUCCION

Las empresas contratistas elaboran sus respectivos Planes Anuales de Seguridad y Salud Ocupacional para los trabajos de Servicio Integral de Voladura y Asistencia Técnica, teniendo en cuenta el Art. 211 del texto Único Ordenado de la ley General de Minería, artículos 58 y 59. Capitulo tres "Programa de Seguridad y salud ocupacional del D.S. Nº 055-2010-EM.

Este plan de seguridad y salud ocupacional tiene como objetivo evitar incidentes mediante el planeamiento y ejecución de actividades orientadas a reconocer, evaluar y controlar acciones, omisiones y condiciones que pudieran afectar la salud e integridad física de los trabajadores, ya que el mal uso de explosivos puede generar grandes pérdidas económicas para cualquier proceso y/o obra que se esté realizando o ejecutando.

BASE LEGAL

En cumplimiento a las disposiciones contemplados en el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional Decreto Supremo N° 055-2010-EM en el Título Tercero "Gestión de la Seguridad y Salud Ocupacional" Capítulo III "Programa Anual de Seguridad y Salud Ocupacional", y en concordancia al Artículo 1° Anexo I de la Resolución Directoral N° 128-2001-EM-DGM, se ha elaborado el PLAN ANUAL DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL para el año 2014; tomando en consideración al SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN DE RIESGOS, el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional DS N° 055-2010-EM, las experiencias y resultados de los Programas de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente.

4.2. UBICACIÓN Y ACCESO

La Unidad Parcoy perteneciente al Consorcio Minero Horizonte se ubica en la provincia aurífera de Pataz, con una extensión de 160 Km de largo y de 3 Km de ancho, es conocida por sus vetas auríferas de cuarzo-sulfuros desde la época incaica (siglos XV y XVI). Durante los últimos 100 años más de 16 minas subterráneas distribuidas en los distritos de Pataz, Parcoy y Buldibuyo han producido 6 millones de onzas de oro y se estima que los recursos asciendan a 40 Millones de onzas aproximadamente. El área de la empresa Consorcio Minero Horizonte S.A, Unidad Parcoy, se encuentra en el distrito de Parcoy, provincia de Pataz, departamento de La Libertad, en las coordenadas geográficas 77°36' Longitud Oeste; 08°00' Latitud Sur, a una altura de 2600 a 4100 m.s.n.m.

4.3. LIDERAZGO Y RESPONSABILIDAD

Es de vital importancia el liderazgo dentro de la Organización a fin de establecer los lineamientos necesarios para construir un sistema de control de pérdidas sólido, basado en el compromiso y administración

efectiva del sistema de Seguridad como puntos vitales para el éxito, teniendo como responsabilidades generales:

- Liderar la Gestión del Sistema de Control.
- Cumplimiento de la Regulación Vigente (Normativa interna).
- Apoyar con los recursos necesario para el cumplimiento de los objetivos y metas establecidas.

4.4. OBJETIVOS Y METAS

4.4.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo principal del plan de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente, es proteger y mantener la salud física, mental y social en todos los puestos de trabajo de los colaboradores de la empresa contratista; proporcionándoles condiciones seguras e higiénicas con el fin de evitar accidentes o incidentes de trabajo y previniendo daños a la salud de los trabajadores y enfermedades profesionales. Asimismo, prevenir, mitigar y controlar los aspectos ambientales que se derivan de las actividades de Voladura en un determinado trabajo.

4.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

A. Cumplir la Política de Seguridad Salud Ocupacional, Medio Ambiente y Comunidades de PARCOY, aplicar nuestra Política de Seguridad, Salud Ocupacional, Calidad, Medio Ambiente y Responsabilidad Social que vele, cuide, prevenga y proteja la integridad física de los trabajadores en todos sus niveles.

B. Velar por el cumplimiento del reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, D.S.055-2010 EM, el D.S. 005-2012 TR y demás normas que en concordancia con la Normatividad

Legal vigente y en forma integral velen por la Seguridad y Salud Ocupacional de los trabajadores, equipos, proceso y medio ambiente.

C. Cumplimiento estricto de los estándares, PETS, ATS, IPERC, normas internas y demás herramientas de gestión, control en la operación de equipos, señalización de áreas de trabajo y todas las áreas bajo la responsabilidad de la Empresa Contratista, con el fin de eliminar actos y condiciones sub-estándares, dando prioridad a que cada actividad nueva sea evaluada y cumpla con éstos requisitos antes de iniciar los trabajos.

D. Aplicación correcta de nuestras herramientas de Gestión (herramienta de uso diario y por guardia) en todo frente de trabajo.

E. Realizar inspecciones y orientación en Seguridad de carácter diario a fin de identificar, prevenir y controlar los riesgos en las diferentes actividades que ejecuta la Empresa Contratista.

F. Fomentar el trabajo en equipo, haciendo que la identificación de peligros, evaluación de riesgos y la toma de medidas de control sea un hábito, una responsabilidad de todos los trabajadores; con asesoramiento, coordinación, seguimiento y fiscalización del área de Seguridad.

G. Que el reporte inmediato de incidentes sea un hábito, con la finalidad de analizar aquellas situaciones con potencial de causar daño a las personas, equipos, proceso y medio ambiente para evitar su recurrencia tomando las medidas de control adecuadas.

H. Fomentar en el personal, el interés por la práctica de las Reglas de Seguridad, PETS y estándares; creando con ellos un sentido de responsabilidad personal y colectiva de la Seguridad, para lo cual se propondrá capacitaciones dirigidas.

I. Evaluar y controlar el uso adecuado de los equipos de protección personal para preservar la salud y seguridad de los trabajadores en el desarrollo de sus tareas, dicho control lo realizará la supervisión en general liderando con el ejemplo.

J. Promover la capacitación y participación constante de todo el personal de la Empresa Contratista. Estableciendo planes de acción y control para minimizar los efectos contaminantes de los agentes: Físicos, Químicos y Microbiológicos.

K. Analizar las tareas críticas, considerar los siguiente:

- Disgregar en pasos la tarea crítica (desde el inicio hasta el final en pasos secuenciales)
- Identificar y especificar los controles.
  EPP; guantes dieléctricos, etc. Bien especificado.
- Evaluar el riesgo residual, con los controles.

4.4.3. METAS

Nº	Objetivo	Indicador	Meta	Actividades para el cumplimiento de las metas
1	Evitar la pérdida de vidas, lesiones y enfermedades por accidentes con explosivos.	Nº muertes, lesiones y enfermedades por explosivos	0	1. Supervisión e inspección de Seguridad constante de tareas, puestos de trabajo e instalaciones. 2. Instrucciones diarias de seguridad de 5 minutos. 3. Inspecciones y verificación de equipos antes del inicio de operaciones (checklist).
2	Evitar incendios en áreas de producción, almacenes y oficinas	Nº de incendios	0	

Nº	Objetivo	Indicador	Meta	Actividades para el cumplimiento de las metas
3	Evitar corto circuitos en áreas de producción, almacenes y oficinas	Nº de cortocircuitos	0	4. Cumplimiento de normas de orden y limpieza. 5. Cumplimiento de procedimientos, normas y estándares de Seguridad y Salud Ocupacional. 6. Verificación e inspección de extintores y sistema de lucha contra incendio. 7. Capacitaciones, entrenamientos yinstrucciones de Seguridad y Salud Ocupacional. 8. Verificación de uso adecuado de equipos de protección personal. 9. Utilización de equipos de protección personal y equipos especiales de protección química. 10. Colocación de guardas y protectores. 11. Instalación de equipo extractor de polvos.
4	Evitar derrames y fugas de productos combustibles e inflamables.	Nº de derrames y fugas	0	
5	Evitar incendios por la realización de trabajos en caliente.	Nº de incendios por trabajos en caliente	0	
6	Evitar caídas a distinto nivel por la realización de trabajos en altura.	Nº de caídas a distinto nivel por trabajos en altura	0	
7	Contribuir al mantenimiento de la continuidad operativa y proteger el patrimonio de la empresa.	Nº emergencias Controladas y mitigadas / Nº emergencias Presentadas	100 %	1. Monitorear el programa anual de mantenimiento preventivo. 2. Supervisión permanente del estado de los equipos de seguridad. 3. Mantenimiento de equipos. 4. Cumplimiento del programa de capacitación, entrenamiento e instrucciones a brigadas de emergencias. 5. Realización de simulacros de los planes de emergencia.
		Nº mantenimiento cumplidas / Nº mantenimientos programadas	100 %	

Nº	Objetivo	Indicador	Meta	Actividades para el cumplimiento de las metas
8	Promover el estricto cumplimiento de las normas de seguridad y salud ocupacional, aplicando las disposiciones legales más exigentes en la actualidad y los conocimientos y métodos más modernos de la prevención	Nº despachos controlados / Nº despachos programados	100 %	1. Monitorear el cumplimiento de Procedimientos, Normas y estándares de Seguridad y Salud Ocupacional a través de inspecciones y supervisiones. 2. Monitorear el cumplimiento del procedimiento de trabajos en altura. 3. Monitorear el cumplimiento del procedimiento de trabajos en caliente. 4. Monitorear el cumplimiento del procedimiento de trabajos en espacios confinados. 5. Monitorear el cumplimiento del procedimiento de despacho de explosivos. 6. Cumplimiento del plan de Seguridad 2014. 7. Monitorear el cumplimiento del Reglamento Interno de Seguridad y Salud en el trabajo.
		Nº charlas ejecutadas / Nº charlas planificadas	100 %	
		Nº entrenamientos ejecutados /Nº entrenamientos planificados	100 %	
		Nº simulacros y ejercicios ejecutados /Nº simulacros y ejercicios. Planificados	100 %	
		Nº inspeccionesa provincia ejecutados / Nº inspecciones a provincia planificados	100 %	
		Nº charlas ejecutados /Nº charlas planificadas	100 %	

4.5. POLITICAS EMPRESARIALES

4.5.1 MISION

Brindar soluciones en fragmentación de roca que contribuyan al desarrollo sustentable de nuestros clientes, colaboradores, accionistas y sociedad.

4.5.2. VISION

"Ser líderes globales en soluciones de fragmentación de roca".

4.5.3. VALORES

La Empresa contratista promueve los siguientes valores como ejes centrales para la buena actividad de la empresa y el desarrollo de su personal, generando calidad y valor agregado a los productos y servicios que reciben nuestros clientes:

1. Seguridad
2. Foco en el cliente
3. Integridad
4. Excelencia
5. Compromiso
6. Confianza

4.6. POLÍTICA DE SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL, CALIDAD, MEDIO AMBIENTE Y RESPONSABILIDAD SOCIAL DE UNA EMPRESA CONTRATSITA

Las intenciones y direcciones generales relacionadas con el desempeño del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional en una determinada empresa contratista, se encuentra plasmadas en la Política que se muestra a continuación:

POLITICA DE SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL, CALIDAD, MEDIO AMBIENTE Y RESPONSABILIDAD SOCIAL

La Empresa dedicada al mercado de explosivos, debe mantener sistemas de seguridad, salud ocupacional, calidad, gestión ambiental y programas de responsabilidad social, sobre la base de una adecuada gestión de riesgos, la mejora continua y la legislación aplicable a cada uno de los trabajos que se realiza.

1. SEGURIDAD

Minimizar los riesgos laborales y operacionales, optimizando los niveles de seguridad industrial, seguridad en la información, seguridad en el comercio internacional y salud ocupacional.

2. CALIDAD, EL CLIENTE Y EL MERCADO

Satisfacer las necesidades de nuestros clientes a través de productos y servicios competitivos en calidad y precio.

3. GESTION AMBIENTAL

Minimizar los niveles de contaminación generados por residuos, efluentes y emisiones, optimizando el uso de los recursos con una actitud responsable del medio ambiente.

4.RESPONSABILIDAD SOCIAL

Mantener contacto con las comunidades de la zona de influencia para conocer sus necesidades y apoyar en su desarrollo sostenible.

5. CAPACITACION Y EL DESARROLLO DE LOS COLABORADORES

Desarrollar actividades de capacitación y desarrollo que conviertan a nuestros colaboradores en agentes activos para la mejora continua y la excelencia.

6. GRUPOS DE INTERESES

Promover una cultura de seguridad, salud ocupacional, calidad, protección del medio ambiente y responsabilidad social entre nuestros accionistas, colaboradores, clientes, proveedores y la sociedad en general.

4.7. POLITICA DE SEGURIDAD,SALUD OCUPACIONAL, MEDIO AMBIENTE Y COMUNIDADES

Cumpliendo los lineamientos dados por PARCOY;la empresa contratista se encargará de difundir la Política de Seguridad, Salud Ocupacional, Medio Ambiente y Comunidades, haciendo que todo el personal internalice la misma y sea un colaborador proactivo para alcanzar los objetivos de seguridad y prevención de riesgos.

4.7.1. LIDERAZGO Y COMPROMISO DE LA ALTA DIRECCION

La gestión de Seguridad ésta directamente liderada por la Gerencia General de una Empresa Contratista.

El Responsable y/o Jefe de Seguridad y Salud Ocupacional de una Empresa Contratista., asignará un Residente de Seguridad y Salud Ocupacional, que acompañará en los trabajos de campo que realizan en el frente manteniendo un control efectivo de las operaciones en términos de Seguridad y Salud Ocupacional; reportará a la Oficina de Control y a la Gerencia de Seguridad y Salud Ocupacional del titular. En su ausencia por descanso compensatorio, informará de su salida y reemplazo.

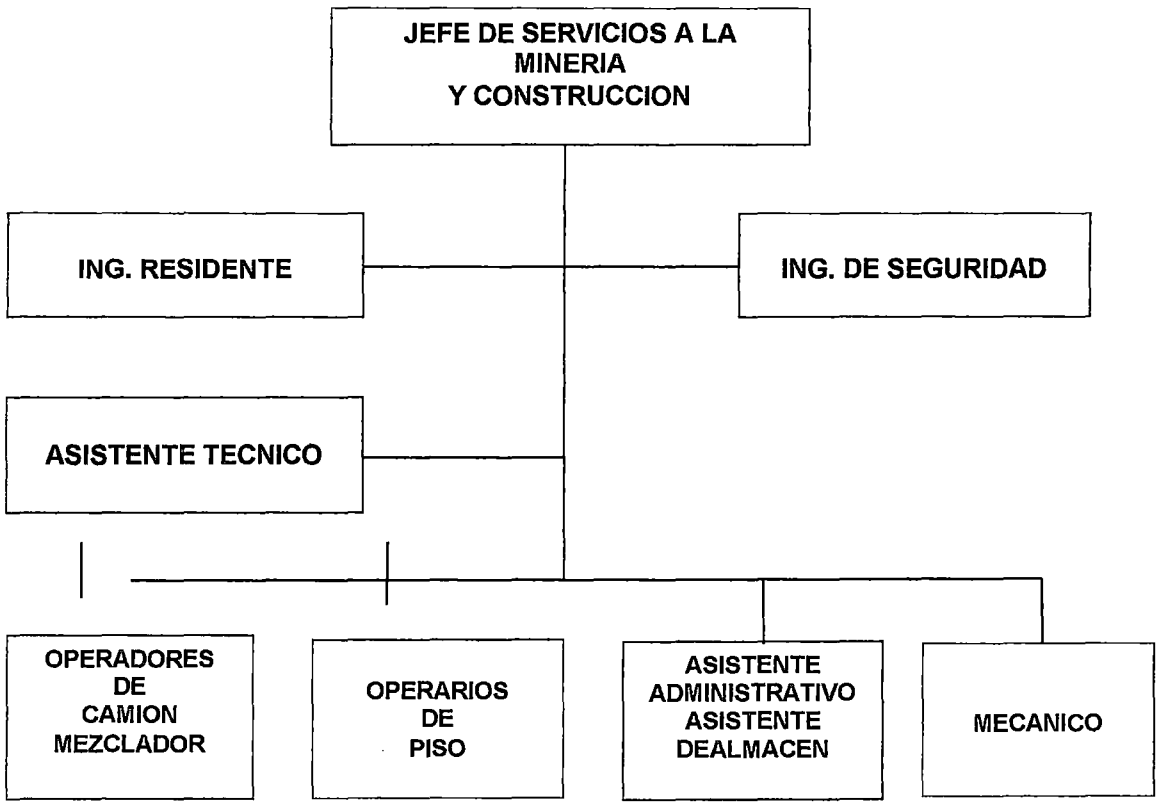
Compromisos de la Alta Dirección

Siendo nuestra Gerencia el nivel más alto se compromete a trabajar en términos de prevención tanto en Seguridad, Salud Ocupacional y protección del Medio Ambiente, brindando los recursos necesarios para el cumplimiento del presente Plan de Seguridad. La Alta Dirección ha establecido los siguientes compromisos:

- Definir las funciones, asignando responsabilidades y delegando autoridad para facilitar la gestión de la seguridad de manera eficaz en el Servicio Prestado.
- La realización de auditorías periódicas, para verificar el avance de la implementación del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional.
- Asegura la disponibilidad de recursos para el cumplimiento del presente Plan Anual de Seguridad y Salud Ocupacional.
- Liderar y predicar con el ejemplo, determinando la responsabilidad en todos los niveles.

4.7.2. ORGANIZACIÓN, FUNCIONES, CAPACITACIÓN Y RECURSOS

4.7.2.1. ORGANIGRAMA



4.8. FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES

4.8.1. LA ALTA DIRECCIÓN (GERENCIA GENERAL)

- Es responsable de proveer los recursos económicos necesarios, disponer de tiempo para la implementación, capacitación, etc. Con el fin de implementar y mantener el Plan de Seguridad y Salud Ocupacional que se desarrolla en este trabajo.
- Tiene responsabilidad general del Programa de Seguridad y Salud Ocupacional de la Empresa y reafirma su apoyo a las actividades dirigidas a la prevención de accidentes.

4.8.2. EL INGENIERO RESIDENTE

- Supervisar y controlar los trabajos de servicio de voladura en la operación minera a fin asegurar la seguridad y calidad del servicio brindado a nuestro cliente. El Ing. Residente es el responsable de toda la gestión en el campo de trabajo, coordina y enlaza las operaciones entre nuestra empresa y el cliente tratando de realizar una eficiente labor que satisfaga los requerimientos y se logre la confianza necesaria del cliente.
- Supervisar todo el procedimiento de carguío y voladura verificando el cumplimiento de los estándares
- Verificar los taladros perforados, el diseño de voladura, la carga explosiva y el disparo.
- Identificar los peligros, evaluar los riesgos y controlarlos a fin de minimizar los incidentes y/o accidentes.
- Administrar eficientemente el mantenimiento de los camiones mezcladores, equipos a cargo del servicio de voladura, de los activos de la empresa y del personal a su cargo.
- Administración eficiente de los fondos económicos destinados al servicio de voladura para gastos menores del personal y otros gastos administrativos.
- Evaluar y reportar los resultados de las voladuras efectuadas al cliente y Jefaturas respectivas para determinar la calidad del trabajo; Así mismo el consumo de explosivos y el stock.
- Apoyar en la capacitación del personal tanto en el aspecto técnico como en seguridad y salud en el trabajo.
- Planificación, ejecución y control del procedimiento de carguío y voladura en coordinación con el Jefe de voladura de la empresa minera.
- Conservación y administración de los activos y equipos de la empresa.

- Programación y ejecución de la capacitación del personal especialmente en seguridad, buenas prácticas y salud ocupacional
- Responsable de la administración del personal a su cargo brindando facilidades de vivienda, herramientas, materiales de trabajo, EPP etc.
- Reportes de las evaluaciones de voladura después de cada disparo y lo reportes que se emitan luego del análisis.
- Responsable de hacer cumplir los procedimientos y programas de mantenimiento de las instalaciones y/o equipos que tiene a su cargo.
- Auditar periódicamente el frente de trabajo (como mínimo una vez al mes) conjuntamente con el Residente de Seguridad y Salud Ocupacional para verificar la implementación de acciones correctivas necesarias y cumplir con los estándares establecidos en la empresa.
- Instruir y supervisar a su personal sobre el uso correcto y mantenimiento de los equipos de protección personal.
- Capacitar y difundir los PETS y estándares de la empresa contratista..
- Exigir el estricto cumplimiento de los PETS, estándares y normas internas de seguridad a todo su personal.
- Dar una instrucción clara y precisa a los trabajadores sobre el trabajo que van a realizar y cerciorarse de que le hayan entendido la instrucción.
- Asegurarse de que el personal sea distribuido a todas las diferentes áreas de trabajo.
- Supervisar constantemente las diferentes áreas de trabajo.
- Eliminar todas las condiciones sub-estándares que se presenten en su área de trabajo, tomar acción inmediata para corregir los actos sub-estándares que les sean reportados y/o detectados a los trabajadores bajo su responsabilidad.

- Verificar que los trabajadores bajo su dirección estén perfectamente informados de los riesgos relacionados con sus labores y con el ambiente de trabajo, para lo cual deberán realizar la Identificación de Peligros, Evaluación de Riesgos y Control.
- Liderar el dialogo diario de seguridad.
- Verificar el correcto llenado de los formatos de las herramientas de gestión de seguridad y firmarlos al inicio de la jornada.
- Realizar todos los trabajo con Seguridad, Calidad y conservando el Medio Ambiente.
- Llevar un registro documentado de todos los trabajos que se realizan en la jornada.
- Si uno de los trabajadores a su cargo tuviera una necesidad de atención médica, está en la obligación de reportarlo para que sea evacuado a la posta médica más cercana para su atención.
- En caso de que hubiera una emergencia tendrá que proceder de acuerdo al Plan de Emergencias de PARCOY.
- Participar en la Investigación de todo incidente en que se encuentre involucrado el personal a su cargo, con la finalidad de evitar su recurrencia.
- Deberán de participar en las inspecciones planificadas e inopinadas.
- Coordinar los mantenimientos y las reparaciones de los equipos y priorizarlas de acuerdo a las necesidades.
- Asegurarse que los equipos sean escoltados hasta el lugar indicado.
- Realizar los trabajos de acuerdo al planeamiento establecido por el Cliente.
- Asistir a todas las reuniones del Cliente PARCOY.
- Mantener ordenado y limpio las áreas de trabajo.

4.8.3. INGENIERO DE SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL Y MEDIO AMBIENTE

- Planificar, elaborar, ejecutar y controlar el desarrollo y cumplimiento de los objetivos, políticas, programas, planes, procedimientos y estándares en seguridad y salud en el trabajo, en coordinación con el ingeniero residente, además participando en el plan de carguío y voladura, y administrando las estadísticas de los incidentes y enfermedades ocupacionales para finalmente reportar los resultados positivos de la gestión, cumpliendo con la normatividad y legislación aplicable.
- Identificar los peligros y riesgos existentes, evaluando los riesgos y controlándolo en las actividades carguío y voladura.
- Verificar el cumplimiento del programa anual de seguridad y salud ocupacional en el trabajo.
- Supervisar y controlar el trabajo del personal verificando el cumplimiento de los estándares y procedimientos de trabajo seguro.
- Efectuar y participar en las inspecciones y auditorias de las labores mineras e instalaciones previniendo los incidentes con alto potencial de daño.
- Apoyar en la capacitación del personal tanto en el aspecto técnico como en seguridad y salud en el trabajo.
- Reportar mensualmente el desempeño en la administración de la gestión en seguridad y salud en el trabajo.
- Prevenir los incidentes y/o accidentes que puedan existir en las operaciones diarias de carguío y voladura.
- Organizar, ejecutar, dirigir y controlar el desarrollo del programa anual de seguridad y salud en el trabajo.
- Verificación y control del cumplimiento de los procedimientos y estándares de trabajo.

- Programación y ejecución de la capacitación del personal especialmente en seguridad y salud ocupacional.
- Investigación y reporte de los incidentes por más leves que resulten.
- Administración de los datos estadísticos de incidentes para medir nuestro avance.
- Detener procesos, Actividades o tareas en el área de trabajo que muestren condiciones o actos inseguros que pongan en riesgo la seguridad y salud del colaborador.
- Representar al jefe de Seguridad en el frente de trabajo.
- Conocer los alcances y características del Proyecto, así como también las obligaciones legales y contractuales de la Empresa.
- Verificar la disponibilidad de equipos de protección personal y sistemas de protección colectiva necesarios, antes del inicio de los trabajos.
- El Ingeniero de Seguridad y Salud Ocupacional es el responsable de elaborar los siguientes documentos:

  a) Matriz de Identificación de Peligros, Evaluación de Riesgos y Control IPERC Base.
  b) Matriz de Identificación de Peligros, Evaluación de Riesgos y Control IPERC Continuo.
  c) Reporte de investigación de incidentes / accidentes.
  d) Resumen mensual de accidentes.
  e) Informe de las auditorías Internas que se llevan a cabo.
- Impartir antes de realizar los trabajos la "Reunión de seguridad de 10 minutos" llevando un registro del mismo, además de las retroalimentaciones según sea el caso.
- Asistir a reuniones que convoque el Área de Seguridad Salud Ocupacional y Medio Ambiente de PARCOYe informa a sus superiores de todos los eventos dentro de mina.
- Adicionalmente, tiene funciones operativas concernientes al análisis de riesgo de las diferentes actividades que se ejecuten

en el proyecto, participa en las reuniones de planificación de operaciones y coordina con el área técnica la incorporación de las medidas preventivas en procedimientos de trabajo específicos, capacita al personal operativo sobre el cumplimiento de las normas de prevención de riesgos y supervisa el desarrollo de las operaciones.

- En caso de detectar un riesgo inminente tiene la autoridad y obligación de detener cualquier trabajo en el proyecto de voladura hasta que se elimine la condición insegura observada.
- Estar pendiente de la documentación y vigencia de los mismos para todo el personal.

4.8.4. INGENIERO ASISTENTE TÉCNICO

- El puesto requiere amplio conocimiento en perforación, carguío y disparo de taladros y debe responder a la evaluación de la eficiencia de los trabajos que se han realizado, para entregar al cliente una voladura dentro de los parámetros que lo satisfagan y cumplan con sus objetivos propuestos.
- Verificación del buen funcionamiento de los equipos y medición de las VOD, vibraciones del terreno, calibraciones del camión fábrica, secuencias de salidas en los disparos, densidades del explosivo, filmaciones del disparo, etc.
- Coordinar con la supervisión y operador de camión todos los trabajos como diseño de voladura, secuencia de salida, altura de carga y "tacos" etc. previos al carguío propiamente dicho.
- Verificación de la mezcla de la carga explosiva midiendo sus densidades en el taladro al momento del carguío.
- Coordinar el uso correcto de accesorios y explosivos para garantizar una voladura eficiente y con buena fragmentación.
- Reportar las cargas explosivas y las conexiones con los accesorios al final del disparo para las respectivas evaluaciones.

- Difundir y comentar los resultados obtenidos en la voladura respectiva procurando la mejora continua.
- Apoyar en los trabajos de carguío y voladura cumpliendo con los procedimientos y estándares establecidos por el cliente
- Medición de VOD (velocidad de onda de detonación), vibraciones del terreno, densidades de la carga explosiva, secuencia de salida del disparo, fragmentación según el tipo de roca etc.
- Participación activa en los programas de capacitación elaborados por la supervisión.
- Deberán utilizar en todo momento los equipos de protección personal que se les proporcione, según las normas. Asimismo deberán cuidar y mantener limpio sus EPP proporcionados.
- Reportar los incidentes, actos y condiciones sub-estándar.
- Deberán mantener sus áreas de trabajo limpias y ordenadas.

4.8.5. ASISTENTE ADMINISTRATIVO

- Asiste al Ingeniero residente en actividades diarias propias de requerimientos de la operación, coordinando el envío anticipado de insumos propios de la operación, así como gestiones administrativas diversas.
- Verificar y presentar la liquidación de gastos de los operadores, mecánicos y supervisores.
- Coordinar con cada residente el envío para los operadores y mecánicos de documentos (Pólizas, carnet SUCAMEC, carnet E.C., etc.)
- Comunicar de manera oportuna al Ingeniero de Seguridad y Salud Ocupacional el ingreso de personal nuevo, para efectos de que reciban la Capacitación de inducción y entrega de reglamentos interno de Trabajo y de Seguridad Salud Ocupacional, políticas empresariales antes del inicio de sus labores en el frente de trabajo.

- Garantizar el abastecimiento oportuno de todos los materiales, equipos y herramientas solicitados por el Residente de Obra o su asistente durante la ejecución del Servicio.
- Registrar y reportar al Residente de Seguridad y Salud Ocupacional, el control de horas hombre trabajadas del personal de campo asignado al frente de trabajo.
- Mantener vigentes los contratos y pólizas, fotocheck de maquinaria y del personal.
- Cumplir con las normas y procedimientos en materia de Seguridad integral, establecidos por la organización.
- Cumplir con el presente Plan Anual de Seguridad y Salud Ocupacional.
- Deberán utilizar en todo momento los equipos de protección personal que se les proporcione, según las normas. Asimismo deberán cuidar y mantener limpio sus EPP proporcionados.
- Reportar los incidentes, actos y condiciones sub-estándar.
- Deberán mantener sus áreas de trabajo limpias y ordenadas.

4.8.6. OPERADOR DE CAMIÓN

- Recibir la inducción general por parte de Mina de PARCOY, antes de laborar en el frente de trabajo.
- Operar el camión antes, durante y después del carguío y voladura de los taladros del proyecto, de acuerdo al plan de voladura programado por el cliente, coordinando el mantenimiento preventivo de los equipos, reportando los posibles desperfectos y haciendo un trabajo eficiente y rentable para la empresa.
- Buen funcionamiento y operatividad de los camiones.
- Asegurar un buen mezclado de los explosivos con la fórmula indicada por el cliente.

- Identificar los peligros, evaluar los riesgos y reportar los incidentes.
- Reporte oportuno de probables desperfectos de los equipos para su pronta reparación.
- Participar activamente en la capacitación programada por la supervisión.
- Cumplir estrictamente con el reglamento interno de transporte de PARCOY.
- Colaborar con el mecánico en la calibración de los camiones y cualquier desperfecto que pueda ocurrir durante la operación.
- Ejecución, participación y control de los procedimientos y estándares correctos de carguío y voladura de su respectiva unidad minera.
- Dosificación de la mezcla de los agentes explosivos y calibración del camión fábrica.
- Participación en las capacitaciones programadas procurando la mejora continua.
- Control de consumo de combustibles y lubricantes de los camiones fábrica
- Presentar los respectivos reportes de voladura y el stock de explosivos después de cada disparo a la jefatura inmediata de la empresa contratista.
- Deberán utilizar en todo momento los equipos de protección personal que se les proporcione, según las normas. Asimismo deberán cuidar y mantener limpio sus EPP proporcionados.
- Reportar los incidentes, actos y condiciones sub-estándar.
- Llenar correctamente los formatos de las herramientas de gestión y hacer firmar al supervisor de turno.
- Deberán mantener sus áreas de trabajo limpias y ordenadas.
- Informar de inmediato al supervisor de cualquier lesión o enfermedad que adolezcan.

- Informar a su supervisor sobre cualquier tarea que le sea encomendada y que a su juicio conlleve peligro. Si a pesar de las medidas adoptadas aún no está convencido de la eliminación del supuesto peligro, el trabajador tiene el derecho de aplicar la Política de Negativa al Trabajo Inseguro, hasta que esté convencido que la tarea realmente no involucra peligro.

4.8.7. MECÁNICO

- Realizar los mantenimientos preventivos y correctivos de los equipos del área de servicios a la minería y construcción, y supervisar los trabajos realizados por terceros de forma segura eficiente y manteniendo la máxima productividad, disponibilidad, confiabilidad, seguridad y calidad.
- Realizar mantenimientos preventivos, correctivos a los camiones fábrica considerando sistemas mecánicos, eléctricos, hidráulicos y neumáticos.
- Verificar y realizar el correcto llenado de formatos de mantenimiento, listas de verificación, hojas de vida, inspecciones asegurando que la información se encuentre al día y difundida a los responsables.
- Inspeccionar y supervisar la realización de trabajos de mantenimiento de terceros, dando la seguridad del servicio en calidad y costo.
- Inspeccionar, supervisar o realizar mantenimientos preventivos y correctivos a cisternas de emulsión.
- Inspeccionar mantenimientos preventivos, correctivos de camionetas asignadas a la operación.
- Realizar mantenimiento preventivo correctivo de equipos auxiliares asignados a la operación (montacargas, grúas, minicargadores)

- Controlar y mantener registro actualizado de stock de repuestos en almacenes de operación a cargo.
- Cumplir con el programa de mantenimiento preventivo, solicitando repuestos y servicios con la debida anticipación.
- Inspeccionar, supervisar o realizar mantenimiento preventivos correctivos a instalaciones fijas en la operación (silos de emulsión, contenedores)
- Realizar informes de cumplimiento y horas trabajadas de los equipos y flota asignada a las Jefaturas respectivas.
- Decisión en la forma de ejecución de mantenimientos preventivos y correctivos, realizados a cuenta propia o por terceros.
- Presentación de formatos de mantenimiento de equipos a cargo a Jefatura inmediata.
- Manejo de suministros y repuestos de almacenes mina y terceros.
- Deberán utilizar en todo momento los equipos de protección personal que se les proporcione, según las normas. Asimismo deberán cuidar y mantener limpio sus EPP proporcionados.
- Reportar los incidentes, actos y condiciones sub-estándar.
- Llenar correctamente los formatos de las herramientas de gestión y hacer firmar al supervisor de turno.
- Deberán mantener sus áreas de trabajo limpias y ordenadas.
- Informar de inmediato al supervisor de cualquier lesión o enfermedad que adolezcan.
- Informar a su supervisor sobre cualquier tarea que le sea encomendada y que a su juicio conlleve peligro. Si a pesar de las medidas adoptadas aún no está convencido de la eliminación del supuesto peligro, el trabajador tiene el derecho de aplicar la Política de Negativa al Trabajo Inseguro, hasta que esté convencido que la tarea realmente no involucra peligro.

4.8.8. OPERADOR DE CARGUIO

- El operador de carguío debe ser una persona responsable, disciplinada, proactiva y con facilidad de adaptación a los cambios de clima y altitudes para desarrollar las actividades más elementales de todo el proceso de carguío y dependen del factor humano.
- Verificación de los silos y tolvas de abastecimientos de explosivos para los camiones fábrica.
- Coordinar con la supervisión y operador de camión todos los trabajos previos al carguío propiamente dicho.
- Realizar el carguío de taladros verificando la mezcla programada y apoyando posteriormente en las conexiones del disparo.
- Apoyar en el abastecimiento de explosivos al camión mezclador y su traslado é ingreso al área de carguío.
- Señalizar y delimitar la zona a cargar en el campo y la zona de recepción de los accesorios de voladura.
- Nivelar y medir los taladros para confirmar la altura de carga y la altura de los "tacos" en el tapado de los mismos.
- Participación en las diversas capacitaciones programadas.
- Ejecutar los trabajos de carguío y voladura cumpliendo con los procedimientos y estándares establecidos
- Verificación de la mezcla explosiva al momento de realizar el carguío al taladro.
- Participación activa en los programas de capacitación elaborados por la supervisión.
- Reporte de la condición de los taladros antes de iniciar el carguío con explosivos
- Participación en las conexiones y verificación del estado de las mangueras de choque después del carguío de taladros a fin de evitar cortes en el disparo.

- Deberán utilizar en todo momento los equipos de protección personal que se les proporcione, según las normas. Asimismo deberán cuidar y mantener limpio sus EPP proporcionados.
- Reportar los incidentes, actos y condiciones sub-estándar.
- Llenar correctamente los formatos de las herramientas de gestión y hacer firmar al supervisor de turno.
- Deberán mantener sus áreas de trabajo limpias y ordenadas.
- Informar de inmediato al supervisor de cualquier lesión o enfermedad que adolezcan.
- Informar a su supervisor sobre cualquier tarea que le sea encomendada y que a su juicio conlleve peligro. Si a pesar de las medidas adoptadas aún no está convencido de la eliminación del supuesto peligro, el trabajador tiene el derecho de aplicar la Política de Negativa al Trabajo Inseguro, hasta que esté convencido que la tarea realmente no involucra peligro.

4.9. DERECHOS Y OBLIGACIONES DEL TITULAR, SUPERVISORES, TRABAJADORES

En cumplimiento del D.S.N° 055-2010-EM que establece lo siguiente:

Derechos del Titular

- Calificar y seleccionar al facilitador de la gestión de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente, personal de supervision que cumplan con un perfil profesional competitivo, poli funcional y de alto sentido preventivo de riesgos, para asegurar el cumplimiento de su misión, política y rentabilidad.

Obligaciones del Titular

- Asumir de manera absoluta los costos relacionados con Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente.
- Formulación del Programa Anual de Seguridad, Programa de Capacitación y estadísticas de los incidentes de trabajo.
- Informar a la dirección general de minería, OSINERGMIN y Gobiernos Regionales dentro de las 24 horas en caso de accidente mortal o situación de emergencia.
- Informar a los trabajadores de manera comprensible los riesgos relacionados con su trabajo de los peligros que implica para su salud y las medidas de prevención y protección aplicables.
- Proporcionar y mantener sin costo alguno para los trabajadores el equipo de protección personal de acuerdo a la naturaleza de la tarea asignada.
- Proporcionar a los trabajadores que han sufrido lesión o enfermedad en el lugar de trabajo primeros auxilios y medio de transporte adecuado para su evacuación desde el lugar de trabajo y el acceso a los servicios médicos pertinentes.
- Efectuar inspecciones internas y externas, ejecutar sus respectivos planes para mitigarlos o eliminarlos.
- Mantener actualizado los registros de incidentes de trabajo, enfermedades ocupacionales, daño a al a propiedad, daños al ambiente de trabajo entre otros.

Obligaciones de los Supervisores

- Todos los comprendidos en los Art. 38 y 39 del D.S. 055-2010 EM.

Derechos de los Trabajadores

- Conocer los peligros y riesgos existentes en el lugar de trabajo que puedan afectar su salud o seguridad a través del IPERC y estar informado al respecto.
- Retirarse de cualquier sector de las operaciones mineras cuando haya un peligro grave para su Seguridad y Salud.
- Adicionalmente los comprendidos en los Art.40, 41, 42, 43 del D.S. 055-2010 EM.

Obligaciones de los Trabajadores

- Cumplir con los estándares, procedimientos y prácticas de trabajo seguro establecidos dentro del Sistema de Gestión de Seguridad.
- Ser responsables por su seguridad personal y la de sus compañeros.
- No manipular u operar maquinas válvulas, tuberías, conductores eléctricos si no se encuentran capacitados y debidamente autorizados.
- Reportar en forma inmediata cualquier incidente o accidente.
- Participar en las investigaciones de los incidentes/accidentes.
- Utilizar correctamente las máquinas, equipos, herramientas y unidades de transporte.
- No ingresar al trabajo bajo la influencia de alcohol ni drogas, ni introducir dichos productos a estos lugares.
- Participar activamente de las capacitaciones programadas.
- Adicionalmente los comprendidos en los Art. 44,45, 46, 47,48, 49 del D.S. 055-2010 EM.

4.10. INSPECCIONES Y AUDITORIAS

4.10.1. SISTEMAS DE INSPECCIONES

Se desarrollara un programa mensual que contemple lo normado en el capítulo XIII del DS 055-2010 EM art 130 al 134, dando

prioridad a las actividades que involucran los riesgos severos y frecuentes, con el objetivo controlar los actos y condiciones sub-estándares que pudieran generar incidentes de personas, equipos y/o proceso y daño al medio ambiente.

Las inspecciones de seguridad a las diferentes zonas de trabajo y equipos están programadas en el Plan Anual de Seguridad y Salud Ocupacional que contempla:

- **A diario:** En áreas de trabajo, zonas de riesgo y cualquier otra actividad que represente riesgo para la integridad de la salud de los trabajadores, equipos, proceso y medio ambiente.
- **Semanales:** En accesos, almacenes, polvorines, se harán conjuntamente con el Residente de Operaciones y/o Supervisores de Área.
- **Mensuales**:A todas las instalaciones del frente de trabajo y/o actividades que se desarrollen dentro de Mina PARCOY, anotando las recomendaciones con plazos de su ejecución en el libro de Seguridad.

Se realizaran inspecciones mensuales a los equipos y herramientas, se colocara el etiquetado con el color correspondiente al mes de acuerdo al estándar establecido o lo establecido por Mina PARCOY.

- **Las Inspecciones Inopinadas**: Se realizaran en cualquier momento, de los puntos críticos cuando las circunstancias lo exijan.
- **Trimestrales**: Por parte de la Gerencia
- **Las Auditorías internas**: Propias o las ejecutadas por PARCOY se harán en coordinación directa con el Área de Seguridad de la Empresa Contratista, para facilitar el desarrollo de las actividades auditables.

Las observaciones y recomendaciones se realizarán por escrito a las diferentes áreas de trabajo, y se anotarán en el Libro de Seguridad, usando los formatos del procedimiento de Inspecciones de la E.C. o si fuese el caso el usado por PARCOY.

4.10.2. PROGRAMA DE INSPECCIONES

Las inspecciones de Seguridad efectuadas por el Residente del Programa de Seguridad y Salud Ocupacional se regirán a un programa mensual de actividades donde se involucra al Residente de Operaciones y Supervisores de área, Lideres de grupo, el cual contempla el desarrollo de los formatos de inspección (CheckList de equipo, Reporte de incidentes, IPERC, actos y condiciones sub estándares)

4.11. ANÁLISIS Y PROCEDIMIENTOS DE TAREAS CRÍTICAS

4.11.1. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS EVALUACIÓN DE RIESGOS Y CONTROL (IPERC)

De acuerdo a la matriz de riesgos IPERC realizada para nuestra actividad principal de voladura y actividades auxiliares, contaran con las medidas y herramientas de gestión necesarias a fin de evitar la ocurrencia de incidentes en estas actividades y demás a realizar, se incidirá en la capacitación, sensibilización de estos temas y demás, para evitar la ocurrencia de incidentes, la supervisión en conjunto será la responsable de tomar las medidas preventiva, los incidentes con potencial serán analizados y se tomaran las medidas más convenientes y oportunas para evitar su recurrencia, se trabajará intensamente en la capacitación con todo el personal en la Identificación de Peligros Evaluación de Riesgos y Control; el cual tendrá que ser revisado y aprobado para este periodo 2014 por nuestra Residencia de Operaciones y visado por

nuestro operador de contrato de tal forma se identifiquen nuevas actividades y/o sub procesos en sus diferentes etapas y así poder minimizar o eliminar las condiciones y actos sub estándares identificados.

4.11.2. INVENTARIO DE TAREAS CON RIESGOS SIGNIFICATIVOS

4.11.2.1 PERMISO ESCRITO DE TRABAJO DE ALTO RIESGO (PETAR)

Todo trabajo identificado como actividad de alto riesgo o tarea critica deberá tener su Permiso Escrito de Trabajo de Alto Riesgo (PETAR), para ello existe instructivos detallados y formatos que deberán ser rellenado antes de iniciar dicha actividad.
Se priorizará en todas las actividades desarrolladas en las instalaciones de nuestro cliente el seguimiento a los Procedimientos de Trabajo Seguro, prestándose especial atención a la revisión y actualización de los Mapas de Riesgo. Igualmente los procedimientos de "Cierre y Etiquetado" (Lockout/Tagout), trabajos en altura, permisos de entrada a espacios confinados, trabajos en caliente, excavaciones, trabajos de mantenimiento, etc.; estos permisos deberán ser revisados por SSO de PARCOY, para asegurar su vigencia. Todo trabajo de alto riesgo requerirá el permiso correspondiente.

Todo trabajo que se considere con riesgo a pérdida debe ser detenido de inmediato, y sólo se ejecutará cuando se tenga la certeza de que se ejecuta siguiendo un protocolo, procedimiento o práctica que se considera seguro, con responsabilidad directa del ingeniero supervisor.

4.12. INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES

4.12.1. PROCEDIMIENTO DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES

De acuerdo al Art 153 del D.S. 055-2010 EM cada supervisor de área es responsable de la investigación de incidentes dentro de su área de responsabilidad, el personal de seguridad brindara el apoyo correspondiente a la supervisión involucrada, llámese Ingeniero Residente o supervisor de operaciones para la investigación y realización del informe de investigación el cual será remitido al Área de Seguridad y Salud Ocupacional de Parcoy, con el fin de comunicar las causa básicas y evitar que se repitan incidentes similares.

4.12.2. REPORTE E INVESTIGACIÓN DE INCIDENTES/ACCIDENTES

Se capacitara a la supervisión y personal de la Empresa contratista, como realizar correctamente un reporte de incidente, se sensibilizara al personal para generarles el hábito del reporte de incidentes. Para la investigación de incidentes el Área de Seguridad de la E.C. brindara el apoyo correspondiente al supervisor responsable del área, para la realización de la investigación.

Se dará información al Área de Seguridad PARCOY de la ocurrencia del evento, se inspeccionara el área de ocurrencia del incidente, se recogerán las evidencias y manifestaciones de los involucrados se analizara las causas que generaron el incidente y se elaborara el informe correspondiente de acuerdo al estándar de PARCOY dentro de los plazos establecidos.

La Residencia conjuntamente con el Área de Seguridad de la E.C., analizará las causas de los incidentes registrados durante el mes, con la finalidad de identificar las causas y verificará que se hayan adoptado las medidas preventivas y correctivas necesarias.Emitirá las recomendaciones respectivas.

4.12.2.1. REPORTE DE INCIDENTES, ACTOS Y CONDICIONES SUB ESTÁNDARES

Los reportes de incidentes, tienen un gran porcentaje de efectividad y en el cual están basados nuestros objetivos es decir, el reporte de los mismos plantea una estructura diferente que conlleva al análisis propio de cada uno de ellos y en la cual se involucra a todo el personal, se analiza el por qué ha sucedido, cómo sucedió y que debemos hacer para que esto no se vuelva a repetir.

En tanto que, se designa a una persona responsable para el levantamiento del mismo en una fecha determinada.

4.13. EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

La Empresa Contratista adoptará los estándares de Mina PARCOY para el inicio y desarrollo de nuestras actividades en la ejecución de los proyectos de voladura.

4.14. COMUNICACIONES, PARTICIPACIÓN Y CONSULTA

4.14.1. COMUNICACIÓN

Con el objetivo de mantener informado, educado y concientizado al personal de las diferentes áreas, se realizaran publicaciones y entrega de materiales diversos como:

- Manual de Reglamento interno de Seguridad.
- Boletines, afiches de Seguridad.
- Cartillas de Seguridad.
- Revistas.
- Noticias de Seguridad.
- Pósteres y afiches de Seguridad.

4.14.2. CAPACITACIONES

4.14.2.1 EDUCACIÓN EN SEGURIDAD

Se desarrollará un Programa de capacitaciones mensuales, con la finalidad de que el aprendizaje y entrenamiento al personal de la E.C. sea el adecuado para el cumplimiento de nuestra mejora continua.

4.14.2.2. INSTRUCCIONES DIARIAS DE SEGURIDAD

Diariamente al inicio de la jornada laboral se darán las instrucciones de seguridad con 10 minutos de duración como mínimo, desarrollado por la supervisión de cada área, versará sobre el reporte de incidentes, se expondrá la descripción del evento, sus causas básicas e inmediatas las medidas correctivas, preventivas, responsable, plazo y seguimiento, debiendo de participar todo los trabajadores en las exposiciones de tal manera que a diario todo el universo de la Empresa Contratista debe tener conocimiento de los incidentes y tomar las acciones preventivas para que no vuelvan a ocurrir, así mismo se expondrán diversos temas referente a Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente.

Se tocaran temas que involucren el control de riesgos más frecuentes.

Se revisarán y firmarán las herramientas de gestión, estará a cargo de los supervisores, en los diferentes lugares de trabajo y antes de iniciar las labores.

Se elaborara un programa mensual de instrucciones de seguridad de 10 minutos.

4.14.2.3. INDUCCIONES

Está dirigida a los trabajadores que ingresan a laborar por primera vez, en la cual se les informa la importancia que tiene la Seguridad en la empresa y se da a conocer el estándar básico el cual está establecido en un documento que compromete al trabajador a realizar sus labores de manera segura este documento se denomina "Compromiso de Cumplimiento".

Igualmente se le hará la entrega y la capacitación de las Políticas Empresariales de la Empresa:

- ✓ Política de Seguridad, Salud Ocupacional, Calidad, Medio Ambiente y Responsabilidad Social.
- ✓ Reglamento Interno de Trabajo.
- ✓ Reglamento Interno de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- ✓ Estándar de Seguridad vehicular de Mina PARCOY.

La entrega quedará registrada en el formato de Entrega de "Políticas Empresariales".

Para el caso del personal destacado al frente de trabajo de Mina PARCOY, adicional a la inducción especifica de la Empresa Contratista, se dispondrá al personal a las capacitaciones internas programadas por Mina PARCOY previa coordinación y solicitud de ingreso de esta manera también se preparará al personal en la

inducción general de acuerdo al D.S. N° 055-2010-EM *"Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería"*, según anexos 14, 14-A.

Para el caso de los operadores de unidades se cumplirá con los procedimientos para la obtención de la Licencia Interna de Manejo con los respectivos cursos de manejo a la defensiva que provee PARCOY.

4.14.2.4. CAPACITACIÓN MENSUAL

El cumplimiento del Programa Anual de Capacitación se realizará en horas de trabajo sobre temas de Seguridad, Salud Ocupacional, Medio Ambiente y temas técnicos, el cual será expuesto por cualquier supervisor que cuente con las competencias para tal fin, estas se harán con una frecuencia semanal y duración no menor de una hora.

Igualmente se dará cumplimiento del programa de capacitación y entrenamiento de nuestro cliente: PARCOY del Consorcio Minero Horizontede de acuerdo a la normativa legal referida a la normativa DS 055-2010–EM Anexo 14-B **"MATRIZ BÁSICA DE CAPACITACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL MINERA".**

Los temas de capacitación, deberán de ser reforzadas con las instrucciones de 10 minutos de seguridad, realizadas diariamente con objetivos de prevención antes del inicio de cada actividad. (No son contabilizados en las capacitaciones).

El Residente de Seguridad y Salud Ocupacional a cargo deberá antes de la partida o al final del trabajo llevar una capacitación de

retroalimentación con los trabajadores a fin de reportar incidentes y tomar acción ante ellos.

Los Registros de Capacitación y de reuniones grupales serán documentados ín situ y se presentará una copia al Área de Seguridad y Salud Ocupacional de PARCOY como garantía y señal que el personal ha sido capacitado y retroalimentado según sea el caso.

Adicionalmente se solicitará y coordinara con el área de Seguridad y Salud Ocupacional de PARCOY para participar activamente en capacitaciones y talleres en temas de Seguridad y Salud Ocupacional impartidos por la misma para poder alinearnos a los requerimientos y retransmitirlo a todo el personal de la Empresa Contratista a través del efecto cascada.

4.15. RECURSOS

Refiérase al personal encargado del aseguramiento de este Plan, así como, de las actividades administrativas y operativas dentro de PARCOY: Ingeniero Residente de Proyecto, Ing. Residente de Seguridad y Salud Ocupacional, Administrador de Proyecto, Supervisores de Operaciones, Operadores de Equipos, Mecánicos de Proyecto y Personal de piso.

4.16. PROGRAMA DE SALUD OCUPACIONAL

De acuerdo a la ley N° 29783 Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo y el DS 055-2010 EM Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería se indica la ejecución de exámenes médicos ocupacionales de Ingreso, Anual y de Salida por lo que la E.C. en coordinación con PARCOY, ejecutará dichos exámenes médicos teniendo en cuenta el tipo de trabajo.

De igual manera en coordinación con el Área de Salud Ocupacional se ejecutará las actividades necesarias: Capacitación al personal en riesgos específicos en función a su puesto de labor.

4.16.1. OBJETIVOS

Establecer los requerimientos en Salud Ocupacional que PARCOY exige con el fin de cumplir con los requisitos legales referentes a prevención de enfermedades profesionales.

4.16.2. ALCANCE

El presente programa se aplica a los trabajos del Servicio Integral de Voladura y Asistencia Técnica en la Mina de PARCOY.

4.16.3. RESPONSABLES

a. Ingeniero Residente:

- Cumplir el programa de Salud ocupacional
- Revisar y/o actualizar el presente programa anualmente o cuando se requiera.
- Evaluar los resultados de los exámenes del personal de las unidades a su cargo.

b. Recursos Humanos:

- Dar cumplimiento a lo indicado en el Art 109 del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional (DS 055-2010-EM) respecto a los exámenes médicos recomendados por el equipo de salud ocupacional en base a la identificación de peligros y evaluación y control de riesgos.

- Cumplir con los Exámenes Pre-ocupacionales al personal nuevo.
- Realizar los Exámenes Ocupacionales al personal existente.
- Evaluar los resultados de los exámenes del personal de las unidades y tomar las acciones que correspondan según el caso tratado.

c. Supervisores:

- Cumplir recomendaciones de los informes de monitoreo
- Participar activamente en el desarrollo e implementación de las actividades contempladas en el Programa Anual de Salud Ocupacional
- Comunicar los resultados de monitoreos a los trabajadores

d. Trabajadores:

- Cumplir las disposiciones y recomendaciones de la supervisión e Ingeniero Residentes u otras recomendaciones que se puedan impartir para el mejor desempeño de la gestión de salud.

4.16.4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

Agentes contaminantes: Son aquellos físicos, químicos, biológicos, ergonómicos, etc. identificado de acuerdo al Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional (DS 055-2010-EM).

SSO	: Seguridad y Salud Ocupacional.
MSDS	: Hoja de Seguridad del producto químico.
EPP	: Equipo de Protección Personal.
IPECR	: Identificación de Peligros, Evaluación y Control de Riesgos.

FPS 50+ : Factor de protección solar igual o superior a 50.

SCTR : Seguro Complementario de Trabajo de Alto Riesgo.

OSHA : Administración de Seguridad y Salud Ocupacional de Estados Unidos.

NIOSH : Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional de Estados Unidos.

4.16.5. IDENTIFICACIÓN DEL AREA DE TRABAJO PROCESO A REALIZAR

El servicio que brindará la empresa a Minera de Parcoy se denomina "Servicio de voladura para el área de operaciones mina". Y dentro de estos procesos estamos comprometidos a identificar, analizar, evaluar y controlar los riesgos asociados a:

- Recepción y descarga de Nitrato de Amonio, Emulsión Matriz en cisternas, explosivos y accesorios de voladura.
- Carga de nitrato y emulsión matriz al camión mezclador en polvorines.
- Traslado del camión mezclador del polvorín al proyecto de voladura.
- Carga de accesorios de voladura a la camioneta furgón en el polvorín.
- Traslado de accesorios de voladura con la camioneta furgón del polvorín al proyecto de voladura.
- Distribución de los accesorios y primado de taladros.
- Carguío con mezcla explosiva a los taladros con camión mezclador.
- Tapado de taladros con minicargador.
- Amarre de malla.
- Distribución de vigías.
- Proceso de detonación o disparo.
- Verificación de la voladura.

4.16.6. IDENTIFICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS:

Los materiales con los que trabaja una Empresa Contratista se listan en el cuadro N°4.1.

Cuadro N°4.1

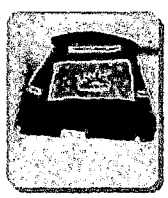
IDENTIFICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS

I	Nombre del Producto	NFPA				DOT		Número UN
		Salud	Inflamabilidad	Reactividad	Especial	Clase	Letrero	
1	Emulsión	1	1	3	OXI	5.1	OXIDANTE	3375
2	Nitrato de Amonio	1	1	3	OXI	5.1	OXIDANTE	1942
3	Booster	2	1	1	N/A	1.1D	EXPLOSIVO	0042
4	Cordón detonante	0	2	3	N/A	1.1D	EXPLOSIVO	0065
5	Detonador no electrico	2	2	1	N/A	1.1B	EXPLOSIVO	0360
6	Mecha de Seguridad	1	2	0	N/A	1.4S	EXPLOSIVO	0105
7	Diesel	1	2	0	n/a	3	Liquido Inflamabl	1202
8	aceite motor 15w40	0	1	0	N/A	.....	.....	....
9	aceite SAE 80w90	0	1	0	N/A	.....	.....	....
10	aceite motor HD68	0	1	0	N/A	.....	.....	....
11	aceite transmision MD3	0	1	0	N/A	.....	.....	....
12	Anticongelante 50/50	0	1	0	N/A	.....	.....	....
13	grasa multifak EP 2	0	1	0	N/A	.....	.....	.....
14	Silicona Protectora	1	0	0	-	9	Miscelaneo	N/A
15	aflojatodo AB 80	1	3	0	-	3	Inflamable	1950
16	FAST ORANGE PUMICE LOTION (producto de	1	1	0	-	.....	.....	.....
17	Sikasil - Selladores y adhesivos	3	1	2	W	.....	.....	.....
18	gasolina	2	3	0	-	3.3	Inflamable	1203
19	Pintura esmalte sintetico	2	2	0	-	3	Inflamable	1992
20	thinner	2	3	0	-	3	Inflamable	1992

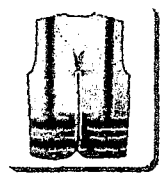
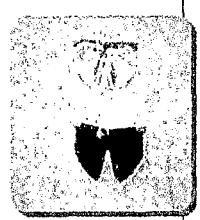
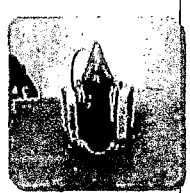
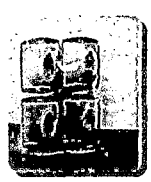
4.16.7. IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

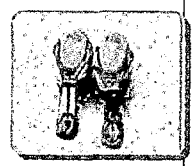
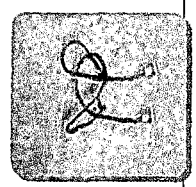
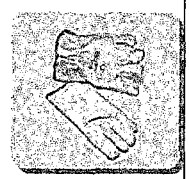
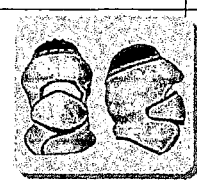
El equipo de protección personal es entregado a los trabajadores según las áreas donde se cuenta con el riesgo físico y químico, se considera como la última línea de defensa para controlar un agente contaminante.

Se cuenta con una tarjeta personal donde se registra la entrega de los EPP que son requeridos para las actividades que se desarrollan en una Empresa Contratista.El EPP considerado para la operación de PARCOY es:

Ítem	Descripción	Foto	Vida útil	Observaciones
1	Mameluco de Drill		03 meses	Color rojo Marca Atlanta. ANSI/ISEA 107-1999
2	Casacas Impermeables		12 meses	Color Azul con plomo.

Ítem	Descripción	Foto	Vida útil	Observaciones
1	Zapato de Seguridad		03 meses	Punta de acero. Marca Sukoy NTP 241-004
2	Botas de Jebe		12 meses	Punta de acero. Nacional INDECOPI

Ítem	Descripción	Foto	Vida útil	Observaciones
3	Chaleco Reflectivo		03 meses	Color Naranja Marca Atlanta ANSI/ISEA 107-1999 NORMA EUROPEA-471
4	Impermeable tipo abrigo.		06 meses	Color amarillo Ó Naranja Marca Anluc
5	Lentes de seguridad		1.50 meses	Claros y oscuros. Marca 3M ANSI Z87+
6	Respirador media cara.		06 meses	Color plomo. Marca 3M NIOSH 42 CFR
7	Filtro de polvo		02 meses	Tipo cartucho Marca 3M NIOSH 42 CFR
8	Casco tipo Jockey		12 meses	Color blanco Marca MSA ANSI/ISEA Z89.1-2009

Ítem	Descripción	Foto	Vida útil	Observaciones
9	Orejeras		06 meses	Color plomo Marca MSA ANSI S319-1974
10	Tapones descartables		01 mes	Color naranja Marca 3M ANSI S319-1974
11	Guantes de badana		01 mes	Color amarillas Nacional INDECOPI
12	Guantes de neoprene puño corto		03 meses	Color negro MARCA BEST NORMA EUROPEA EN 420, EN 388
13	Cortavientos		06 meses	Color Azul Ó Naranja S/N
14	Bloqueadores Solares		3 meses	Factor de Proteccion solar mayor a 50

4.16.8. MONITOREO DE AGENTES CONTAMINANTES A LOS QUE SE EXPONE EL PERSONAL POR ÁREA/ FRENTE DE TRABAJO

La programación de campañas de prevención, monitoreo específicos hacia agentes físicos y químicos para poder identificar

que zonas o puestos de trabajo requieren un monitoreo más exhaustivo del uso de su EPP o manejo de la condición.

4.17. PLANIFICACION DE EMERGENCIAS

Se realizara la difusión a todo el personal sobre planes de Emergencia que tiene la Empresa. Además se realizara simulacros con el personal donde se podrá apreciar las deficiencias del personal, zonas seguras, comentarios, conclusiones y casos particulares que hubiesen ocurrido y las soluciones que se dieron ante una emergencia.

Igualmente se procederá a conformar las brigadas de emergencias con las capacitaciones y entrenamiento Trimestrales.

4.18. EVALUACION Y CONTROL DEL DESARROLLO DEL PROGRAMA

La Evaluación y Fiscalización del Desarrollo del Programa se efectuará por:

4.18.1. CONTROL MENSUAL DE INSPECCIONES

A cargo del Gerente de Unidad y Gerente de Seguridad y Salud con la finalidad de verificar el cumplimiento de las inspecciones mensuales.

4.18.2. AUDITORÍA INTERNA

A cargo de la Jefatura de Seguridad Salud Ocupacional de la Empresa Contratista, en forma semestral. Los resultados se reportaran a la Gerencia General de la Empresa Contratista, todos los peligros, riesgos y amenazas en general de las diversas áreas de inspección, con el fin de controlarlos y minimizar los impactos que pudieran generar.

4.18.3. AUDITORÍA EXTERNA

A cargo de las Empresas de Auditoría e Inspectoría comprendidas en el D.L. 25763 y cumplirán sus obligaciones de acuerdo a disposiciones legales vigentes y en forma ordinaria se llevará a cabo anualmente.

4.18.4. REPORTE MENSUAL DE ACTIVIDADES

La evaluación y control del desarrollo del programa, se realizará mensualmente a través de los reportes de las actividades y acciones vinculados con el Area de Seguridad para establecer:

- Estadísticas de accidentes.
- Costos de accidentes.
- Inspecciones y recomendaciones.
- Informe mensual de actividades.
- Informes diversos.

4.18.5. EVALUACIÓN ANUAL DEL PROGRAMA DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

Conforme recomiendan las normas vigentes de Seguridad será necesario ponderar el programa en términos de metas y resultado, elevando la evaluación del Programa realizado durante el año al Ministerio de Energía y Minas, División de Fiscalización Minera.

CONCLUSIONES

1. Si es posible establecer un plan de seguridad y salud ocupacional en el manejo de explosivos, capacitando, entrenando, motivando y sensibilizando a todo el personal de la empresa contratista y de la minera a la cual se presta el servicio, ya esta es una herramienta para prevenir la ocurrencia de accidentes.

2. La aplicación de las herramientas de Control en las diferentes ocupaciones y labores en el manejo de explosivos sirven para minimizar, controlar o eliminar los peligros y riesgos.

3. La elaboración de los diagnósticos por cada empresa a la que se presta el servicio de voladura nos refleja la realidad sobre la gestión de seguridad y salud ocupacional, cuyo análisis nos ayudara para las mejoras para una siguiente campaña.

4. El conocimiento del manejo de sustancias explosivas para realizar las voladuras es fundamental, así como seleccionar el tipo de explosivo a usar para cada tipo de labor y/o trabajo de campo que nos permita minimizar los peligros en el uso de estos materiales altamente peligrosos.

5. Los recursos con que cuenta una Empresa Contratista en el manejo de explosivos es determinante para el éxito o fracaso del plan de Seguridad y Salud ocupacional ya que es un compromiso que asume la empresa como parte de su desarrollo.

BIBLIOGRAFIA

- Krynine, D. y Judd, W. (1972). Principios de Geología y Geotecnia para Ingenieros. (tercera edición). Barcelona: Ediciones Casanova S.A.
- Lara, C. Reza, R. (2011). Caracterización Geomecánica del macizo rocoso para el diseño de las labores mineras e implementación de un sistema de fortificación en el 5to nivel de producción de la empresa minera Somilor S.A. Tesis de grado no publicada. Universidad Central del Ecuador, Quito.
- López, F. (2009). Diseño de excavación de una galería de exploración para la construcción de la caverna de casa de máquinas del Proyecto hidroeléctrico Coca Codo Sinclair. Tesis de grado no publicada. Universidad Central del Ecuador, Quito.
- López, J. Manual de Perforación y Voladura de Rocas.
- Rene Wilfredo Ojeda Mestas. (2000). Diseño de mallas de perforación y voladura subterránea aplicando un modelo matemático de áreas de influencia.
- Davey Bickford. Taller de optimización de perforación y voladura; Perú; Toquepala; 2014.
- ENAEX S.A. Manual de tronadura; Perú; 2010.
- Ing. Romulo Mucho. Perforación y Voladura de Rocas – Especialistas en Perforación y Voladura PEVOEX; 2012.
- Ing. Romulo Mucho. Avances en la Tecnología de Voladura de Rocas – Especialistas en Perforación y Voladura PEVOEX; 2012.
- Scherpenisse, Carlos: Monitoreo y Modelamiento de Vibraciones para el control y evaluación del daño por Voladuras, curso Voladura EXSA; 2006.
- López Jimeno, Carlos; López Jimeno, Emilio; Pernia Llera, José María y Pla Ortiz De Urbina, Fernando: Manual de Perforación y Voladura de Rocas; Edic. Instituto Geológico y Minero de España; Madrid; 2003.
- Berger, Eduardo; Scherpenisse, Carlos: Tronadura Controlada y Evaluación del Daño en Minas de Cielo Abierto; Publicaciones Instituto de Ingenieros de Minas de Chile; Antofagasta; 1998.

- Cameron K. McKenzie: Tecnología de Voladura de Roca; Publicaciones Universidad Nacional de Ingeniería; Lima; 1998.
- Berger, Eduardo; Scherpenisse, Carlos: Tronadura Controlada y Evaluación del Daño en Minas de Cielo Abierto; Publicaciones Instituto de Ingenieros de Minas de Chile; Antofagasta; 1998.
- Catálogo de productos EXPLOCEN.
- Catálogo de productos FAMESA.
- Estudio de Impacto Ambiental Expost y Plan de Manejo Ambiental Área Minera Bethzabeth 2011.
- EXSA, Manual de Perforación y Voladura.
- Instituto Tecnológico Geominero de España (1994). MANUAL de perforación y voladura de rocas 2a ed. Madrid, Instituto Geológico y Geominero de España.