



PROCEDIMIENTOS TRABAJO SEGURO

TÚNELES Y GALERIAS (PETS.27)

Preparado  Antonio Sánchez-Bravo Gerente Seguridad y Salud 30/11/2022	Revisado  Gustavo de la Rocha Jefe Operaciones 30/11/2022	Aprobado  Pablo Martinez Jefe de Obra / Administrador 30/11/2022
--	---	---

NOVIEMBRE 2022

PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO SEGUROS

Los procedimientos e instructivos constituyen una herramienta efectiva, que sirven como guía para desarrollar un trabajo en forma correcta. En ellos se identifican los pasos en los cuales se ha de desarrollar el trabajo, se describen las responsabilidades y los equipamientos necesarios a emplear durante la tarea. Se debe recoger los riesgos inherentes a las actividades, los controles aplicables para cada paso, previo al comienzo del trabajo.

Consecuente con los Procedimientos de Trabajos y la matriz de IPERC, todo trabajador debe ser instruido respecto a los Riesgos y sus Medidas de Control, previo al inicio de cada trabajo. Las charlas operacionales buscan que todos los trabajadores conozcan cómo se debe de hacer la tarea, qué herramientas hay que emplear, cuál es la secuencia de los trabajos.

1.- METODO EXCAVACIÓN

El Nuevo Método Austriaco de Túneles (NATM) es una técnica de construcción de túneles que se adapta a las condiciones del terreno, utilizando el propio macizo rocoso como soporte principal para lograr estabilidad mediante la deformación controlada del suelo o roca.

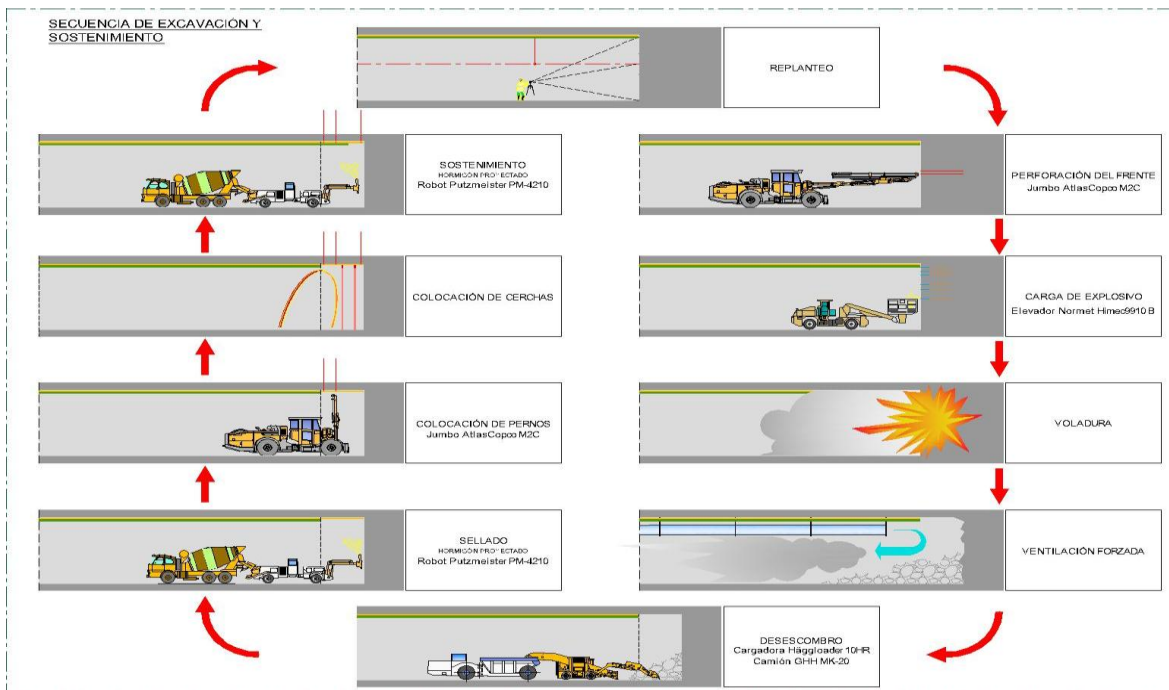
La excavación se realiza por fases, seguida de la aplicación de un revestimiento provisional flexible, como el hormigón proyectado o shotcrete, para confinar el terreno y prevenir su daño. Se realiza un monitoreo constante de las deformaciones, y se refuerza el soporte según sea necesario, culminando con un revestimiento definitivo que proporciona la seguridad estructural.

- **Flexibilidad:** Se adapta a diversas condiciones geológicas y a la geometría del túnel.
- **Seguridad:** Un monitoreo constante permite un control óptimo del proceso constructivo, minimizando riesgos.

Para excavación de túneles y galerías se empleará el método NATM de “perforación y voladura”, a sección completa. Como elementos de sostenimiento, refuerzo o contención, el proyecto contempla la utilización de diferentes elementos, tendentes a garantizar la estabilidad de la excavación y la seguridad de los trabajadores:

Para la excavación de este túnel de desvío se empleará el método NATM, mediante Excavación mecánica y perforación/voladura y se prevén las siguientes etapas durante su ejecución:

- Excavación mecánica
- Perforación y carga Voladura
- Saneamiento de la roca
- Desescombro
- Sostenimiento
- Shotcrete
- Bulones y pernos
- Cerchas y perfiles metálicos
- Agotamiento de aportes de agua.



2.- INSTALACIONES AUXILIARES

2.1.- Ventilación de los túneles durante la excavación

La ventilación de una obra subterránea tiene varios motivos fundamentales:

- Suministro del oxígeno necesario al aire del túnel para reemplazar el consumido por el personal y por los motores. La proporción del oxígeno no será menor del 19 por ciento (19%) en ningún punto de la obra.
- Asegurar la dilución y evacuación del polvo y de los gases tóxicos producidos por los sistemas de producción.
- Mantener la temperatura del aire por debajo de ciertos límites (30 °C - 35 °C)
- Garantizar el frente se encuentre limpio de gases y humo al cabo de 15 minutos después de realizada la voladura.

Se instalará un sistema de ventilación artificial soplante que introduzca en el interior del túnel una corriente regular de aire, exenta de polvo, vapores o gases nocivos con un caudal mínimo suficiente para mantener en todo momento una calidad del aire óptima.

Periódicamente se medirá el volumen de aire introducido en el túnel que confirme el mantenimiento de un caudal conforme a las Normas de Seguridad Minera, con relación al número de trabajadores, producción de polvo, emisión de gases y humedad.

También se medirán las concentraciones volumétricas de CO, CO₂ y NO-NO₂ y se tomarán las medidas correctoras adecuadas en caso de aproximarse al máximo tolerable por las Normas de Seguridad Minera.

2.2.- Iluminación en el interior de los túneles

Debido a la naturaleza del material a excavar, presencia de polvo de azufre, se hará necesario dotar a la instalación eléctrica de metodología ATEX (Anti-defragrante) y garantizar que el polvo de azufre pueda explotar.

La iluminación, tanto de las vías de acceso como de los frentes de trabajo y exterior es de los aspectos de seguridad más relevantes a tener en cuenta. Se distinguen tres tipos de alumbrado:

EXTERIOR, en las zonas de las instalaciones (emboquilles).

FRENTE DE AVANCE DE TRABAJO, focos halógenos de más de 500 W.

INTERIOR DEL TÚNEL fluorescentes de 36 W.

Las luminarias se instalarán en el hastial del túnel a una distancia de 15 m., y a una altura mínima de 3 m. Una de cada tres luminarias dispondrá de un kit para alumbrado de emergencia, con un tiempo de funcionamiento que garantice la iluminación ante una emergencia, de forma que se facilite la evacuación segura y sin dificultad del personal en el supuesto de un corte de fluido eléctrico (por cortocircuito, corte general, etc).

2.3.- Sistema de comunicación y señalización

Para la comunicación se instalará un sistema de radio frecuencia – interfono que permita la comunicación entre el personal que se encuentra dentro del túnel y el personal que se encuentra en las instalaciones exteriores del túnel.

Así mismo, se instalará en el túnel un sistema semafórico o de control que indique si algún equipo va entrando o saliendo del túnel a efectos de evitar accidentes.

2.4.- Control de acceso interior túneles

Para garantizar que sólo personal autorizado y entrenado acceda al interior de los túneles, se instalará control el acceso. Instalando a medida que avance el desarrollo del proyecto, puntos de control y verificación, permitiendo de esta forma poder conocer la ubicación de los trabajadores en tiempo real dentro de los túneles.

3.- UNIDADES DE OBRA

3.1.- PERFORACIÓN PARAGUAS

Se trata de un pre-sostenimiento basado en el empleo de armaduras más resistentes y rígidas que el terreno, colocadas mediante perforación longitudinal en el frente del túnel.

La estructura soporte, de un sector del túnel, es situada por delante del frente de avance, estabilizando el área longitudinalmente, durante el avance, hasta que se instala el sostenimiento definitivo.

La colocación de paraguas está altamente recomendada en túneles que discurran a través de terrenos blandos, túneles con terrenos meteorizados, túneles que atraviesen zonas de falla y túneles en terrenos con susceptibilidad al colapso.

Un paraguas se compone de un número determinado de micropilotes colocados normalmente siguiendo el perfil de la bóveda del túnel. Con la ayuda del jumbo se van realizando los taladros horizontales, y una vez terminados se introducen los tubos o micropilotes, tantos como metros tenga el paraguas.

Finalmente, estos tubos deben ir inyectados con una lecha de hormigón para darles la resistencia necesaria y que comiencen a “trabajar” con el terreno por fricción con este.

RIESGOS MÁS FRECUENTES:

- Caídas de personal a distinto nivel
- Caídas de personal al mismo nivel
- Caídas de objetos manipulados
- Pisadas sobre objetos
- Choques contra objetos inmóviles
- Golpes por objetos o herramientas
- Proyección de fragmentos o partículas
- Atrapamientos
- Exposición a contactos eléctricos
- Incendios

MEDIDAS PREVENTIVAS – TRABAJO SEGURO

- ✓ El personal debe mantenerse a una distancia adecuada cuando se realice el transporte del jumbo y cuando se muevan las cadenas de avance del martillo y las barras de micropilotes.
- ✓ Las mangueras de alimentación a maquinaria y equipos, se dispondrán correctamente alineadas y, si es posible, fijas a los taludes o hastiales de la excavación. En caso de que sea inevitable el paso de vehículos por encima de ellas en algún punto, se protegerán adecuadamente. El estado de las mismas, de sus empalmes y de sus anclajes se revisará a diario.
- ✓ El operador del Jumbo debe efectuar el accionamiento de mandos desde posiciones correctas.
- ✓ Tomar precauciones al tocar el varillaje y los manguitos inmediatamente después de su utilización, ya que existe el riesgo de quemaduras.
- ✓ El cambio de piezas y de varillas o de cualquier otro elemento móvil se realizará con la máquina parada. Estas operaciones pueden ser peligrosas y únicamente las realizará personal cualificado.
- ✓ Los trabajos que se desarrollen en ambiente ruidoso o polvoriento, se realizarán utilizando las protecciones individuales prescritas como obligatorias.
- ✓ Los trabajos se realizarán, guardando el operario la distancia y utilizando las protecciones adecuadas, para evitar las esquirlas y fragmentos rocosos que pudieran proyectarse durante las operaciones de perforación.
- ✓ Todos los Jumbos deben disponer de dispositivo acústico y luminoso de marcha atrás.
- ✓ Iluminar adecuadamente el frente de trabajo.
- ✓ Colocar los cables eléctricos de alimentación en lugares donde no puedan ser dañados por los movimientos de la máquina.
- ✓ Utilizar perforación por vía húmeda para eliminar el polvo producido en la perforación.
- ✓ Será obligatorio la presencia de recursos preventivos para la ejecución de estos trabajos.
- ✓ Desde la plataforma de trabajo se introducirá el bulón en el barreno recién perforado, el bulón es insertado en el taladro hasta que la placa de reparto quede con contacto con el terreno.

- ✓ Una vez introduce en micropilote en el agujero, se bombea agua a presión, lechada o resina en su interior para consolidar y fijar el bulón contra el terreno
- ✓ El operador del jumbo deberá detener la máquina si advierte la presencia de personal en el radio de acción de la máquina.
- ✓ Los trabajos que se tengan que realizar a más de 2 m de altura se realizarán desde una Plataforma elevadora móvil de personal.
- ✓ Cerciórese de que la plataforma esté total y adecuadamente equipada e incluya barandillas y todas las cubiertas, puertas, protectores y controles.
- ✓ El operario debe utilizar un arnés de seguridad e ir amarrado con el correspondiente enganche.
- ✓ No está permitido detener los bulones que se encuentren en rotación con las manos, y se usarán guantes para evitar cortes y contactos térmicos.

3.2.- EXCAVACION POR MEDIOS MECANICOS

La excavación constituye el conjunto de trabajos a realizar para conseguir la sección del túnel definida en planos, de forma que sea regular en su perímetro, evitando la formación de desprendimientos en el entorno de la sección, dañando lo menos posible las características mecánicas de la roca alrededor de la misma y haciendo compatible el avance en la excavación con su estabilidad hasta el momento de la colocación del sostenimiento.

La excavación se realiza en pasos sucesivos cuya longitud máxima de avance, será aquella que, dependiendo de las características de la roca, garantice la estabilidad de la excavación hasta la colocación del sostenimiento.

La excavación de la sección completa podrá ejecutarse en fases sucesivas, definidas técnica y geométricamente en los planos del proyecto. A su vez se podrá sustituir en secciones parciales, cuando las características del terreno así lo exijan, para garantizar la estabilidad de la sección excavada.

Procedimiento excavación y/o picado del frente son los siguientes:

Primero se picará en el centro de la sección para abrir una cara libre. Una vez abierta, se picará el resto de la sección comenzando por los hastiales o bien por clave, dependiendo de la dureza y estabilidad del terreno. Se dejará el contorno de la sección sin picar para posterior perfilado y saneo. Se realizará el picado del frente hasta que la longitud de avance requiera sostenimiento.

El perfilado de la zona se irá realizando inmediatamente después del picado del frente a medida que se vaya avanzando, eliminando fragmentos de piedras sueltas, zonas del macizo rocoso fracturadas, rocas con grietas importantes, etc., es decir, todo aquello cuya estabilidad no se pueda asegurar a corto plazo.

Esta labor se realizará con la máquina retroexcavadora con martillo, y será supervisada por el encargado o capataz, ya que de su buena ejecución depende la seguridad de todo el equipo de trabajo.

RIESGOS MÁS FRECUENTES:

- Caídas de personal a distinto nivel
- Caídas de personal al mismo nivel
- Caídas de objetos
- Pisadas sobre objetos
- Choques contra objetos inmóviles
- Golpes por objetos o herramientas
- Golpes por desprendimiento de gunita y/o terreno.
- Proyección de fragmentos o partículas
- Atrapamientos
- Exposición a contactos eléctricos
- Explosiones
- Incendios

MEDIDAS PREVENTIVAS – TRABAJO SEGURO

- ✓ Como primera medida se procederá al balizamiento y señalización de la zona a excavar antes de que las máquinas comiencen los trabajos.
- ✓ Antes de iniciar un trabajo se tendrá la certeza de que no puede haber desprendimientos debidos a falta de saneo o trabajos de otros operarios en niveles superiores.
- ✓ No se permitirá que se arranque o cargue material haciendo cueva, con lo que podría ser atrapado el maquinista en un desprendimiento.
- ✓ Se señalará a todos los maquinistas los puntos en que pudiera estar comprometida la estabilidad de la máquina.
- ✓ Se prohibirá el acopio de tierras o de materiales a menos de dos metros del borde de la excavación para evitar sobrecargas y posibles vuelcos del terreno.
- ✓ Se eliminarán todos los bolos o viseras, de los frentes de excavación que por su situación ofrezcan riesgo de desprendimiento.
- ✓ Se han de utilizar testigos que indiquen cualquier movimiento del terreno que suponga el riesgo de desprendimientos.
- ✓ El frente y paramentos verticales de una excavación deben ser inspeccionados siempre al iniciar los trabajos, por el Jefe Turno o Encargado que señalará los puntos que deben tocarse antes del inicio de las tareas.
- ✓ Para acceso a zonas de excavación se tendrá presente que procurará separar, el acceso de personas del de vehículos. En caso contrario, se construirá una barrera de acceso de seguridad a la excavación para el uso peatonal.
- ✓ Se prohíbe permanecer o trabajar al pie de un frente de excavación recientemente abierto, antes de haber procedido a su saneo o entibado en caso de que fuese necesario.
- ✓ Será obligatorio el establecimiento de un procedimiento de información y formación específica para los trabajadores en relación con los sistemas y procedimientos de protección colectiva, medidas preventivas y medidas de carácter organizativo y procedimental definidas, equipos de protección individual, así como de las condiciones del entorno en el que se realiza la obra.
- ✓ En todo caso, el manejo de maquinaria de cualquier tipo será siempre por personal cualificado, con el consiguiente permiso, certificado de aptitud o categoría profesional adecuada. En particular, se tendrá un especial rigor en la conservación

de la maquinaria mediante revisiones periódicas, por técnicos cualificados que extenderán el correspondiente certificado de revisión, mensualmente al menos.

- ✓ Iluminación suficiente. Las líneas de conducción de energía eléctrica estarán perfectamente sujetas y aisladas de tierra.
- ✓ Las palas estarán dotadas de dispositivos ópticos y acústicos, sincronizados con la marcha atrás que sirvan de aviso para el momento en que se realizan estas operaciones.
- ✓ Se prohíbe permanecer o trabajar al pie de un frente de excavación recientemente abierto antes de haber procedido a su saneo, etc.
- ✓ Las maniobras de carga a cuchara de camiones serán dirigidas por personal experto.
- ✓ Se conservarán los caminos de circulación interna de forma adecuada.
- ✓ Se recomienda evitar en lo posible los barrizales, en previsión de accidentes.
- ✓ Podrá rociarse mediante camión cuba los caminos de circulación de vehículos y/o maquinaria móvil para evitar la formación de polvo. Esto se efectuará al inicio y a media jornada.
- ✓ Los neumáticos de los vehículos de transporte, serán objeto de revisión periódica, en cuanto a estado de cubiertas y presiones de hinchado, vigilando asimismo la posible aparición de grietas en sus llantas, que pudieran originar roturas súbitas de las mismas.
- ✓ Los trabajos de reparación de las orugas se realizarán obligatoriamente con la maquinaria parada, en posición de enclavamiento, utilizando los elementos precisos para evitar atrapamientos por caída imprevista de las orugas.

3.3.- EXCAVACIONES MEDIANTE VOLADURA

Antes del inicio de los trabajos de excavación se establecerán los esquemas de tiro para los diferentes tipos de terreno. El plan de tiro inicial podrá ser modificado en función de la experiencia adquirida durante la ejecución de la obra. Se realizará una capacitación de voladura a todo el personal que interviene en el proceso.

La excavación subterránea podrá ser realizada con uso de explosivos, precisándose en este último caso en el lugar de arranque, tres operaciones que son: la perforación de barrenos, voladura y el saneo del frente de trabajo.

Fases de excavación mediante voladura:

- Replanteo:

El topógrafo marcará en el frente el contorno de la sección a excavar, o bien colocará ejes y rasantes para que los operarios puedan definir la sección en el frente de excavación. Para cualquiera de las opciones se hace necesario el uso de un manipulador telescópico o plataforma elevadora.

- Perforación de barrenos:

Una vez dibujada en el frente la sección correspondiente se procederá a la perforación de los barrenos. Esta se realizará con el Jumbo robotizado, se procede a introducir la posición de los barrenos en el ordenador de a bordo de la máquina y para Jumbos manuales es el operario el responsable de todas las operaciones que se ejecuten.

Con el Jumbo se perforan los barrenos en el frente del túnel siguiendo las pautas marcadas por el topógrafo. Los barrenos de contorno o de perfil deberán ser rigurosamente paralelos y equidistantes.

- Transporte de explosivos:

Una vez analizados todos los puntos de las voladuras requeridas, explosivos y detonadores, por parte del suministrador externo se transportarán por aparte y se descargarán en el polvorín habilitado y autorizado para tal efecto, con todas las medidas de seguridad para polvorines, para el transporte de explosivos se contara con el respectivo permiso para el transporte de los mismos por parte del departamento de Seguridad Publica respectivo.

- Retacado:

Finalmente se procederá a su retacado, asegurando así el confinamiento del explosivo dentro del barreno. Para ello se emplearán atacadores de madera, cartón o de cualquier otro material que no sea susceptible de producir chispa.

- Disparo de la voladura:

Una vez cargados todos los barrenos se procederá a la conexión de la voladura. El Jefe Turno deberá salir del túnel y proceder al disparo de la voladura desde una zona segura y resguardada.

- Ventilación humos voladura:

Una vez se ha producido el disparo, se debe arrancar el ventilador para evacuar todos los gases procedentes de la voladura.

La ventilación se hace mediante ventilación soplante impulsando así los gases tóxicos hacia el exterior se deberá estimar un tiempo prudencial para el ingreso de personal para limpieza del área.

La perforación de los barrenos se realizará utilizando un JUMBO de varios brazos, cada brazo de perforación tendrá instalado un martillo roto perforador tipo HL-510-T-T38 ó similar, que tiene una velocidad de penetración superior a 1,1 m/min.

Los tiros o barrenos de recorte llevarán una desviación con respecto a la dirección del túnel, abriéndose en abanicos troncocónicos que conforman un perfil en forma de dientes de sierra. Esto permite poder emboquillar la siguiente voladura a la cota de excavación.

RIESGOS MÁS FRECUENTES:

- Caídas de personal a distinto nivel
- Caídas de personal al mismo nivel
- Caídas de objetos
- Pisadas sobre objetos
- Choques contra objetos inmóviles
- Golpes por objetos o herramientas
- Golpes por desprendimiento de gunita y/o terreno.
- Proyección de fragmentos o partículas
- Atrapamientos
- Exposición a contactos eléctricos
- Explosiones
- Incendios

MEDIDAS PREVENTIVAS – TRABAJO SEGURO**PERFORACION BARRENOS**

- ✓ Antes del inicio de los trabajos, se inspeccionará el tajo con el fin de detectar posibles grietas o movimientos del terreno.
- ✓ Mantenerse a una distancia adecuada cuando se realice el transporte de la máquina y cuando se muevan las cadenas de avance del martillo y las barras de perforación.

- ✓ El uso de explosivos en las labores de excavación del túnel solo podrá ser ejecutado por personal autorizado y con una experiencia en el uso de explosivos.
- ✓ Antes de hacer una voladura en el frente del túnel se deberá haber presentado una plantilla de voladura que deberá ser aprobada por un ingeniero o encargado capacitado para tal labor.
- ✓ Efectuar el accionamiento de los mandos desde posiciones correctas.
- ✓ Tomar precauciones al tocar el varillaje y los manguitos, inmediatamente después de su utilización, ya que se corre el riesgo de quemaduras.
- ✓ Iluminar adecuadamente el frente de trabajo.
- ✓ Utilizar, por parte del personal, cascos antirruído y cuando sea necesario las máscaras antipolvo.
- ✓ Colocar los cables eléctricos de alimentación en lugares donde los movimientos de la máquina no pueda dañarlos.
- ✓ Utilizar la perforación húmeda o captador para eliminar el polvo producido en la perforación.
- ✓ La línea de tiro deberá ir al lado opuesto de la línea de alimentación eléctrica del túnel para alumbrado o consumo interno.
- ✓ Usar luces de advertencia en los vehículos para aviso en sus movimientos.
- ✓ El cambio de piezas y de varillas se realizará con la máquina parada.
- ✓ Estas operaciones pueden ser peligrosas y únicamente las realizará personal cualificado.
- ✓ Todos los jumbos autopropulsados deben estar equipados con un mecanismo de parada automática.
- ✓ Nunca se deben usar los fondos de los barrenos de la pega anterior como emboquille de los nuevos taladros.
- ✓ Los fondos de los barrenos suelen concentrarse en la zona del cuele, es por esto por lo que se recomienda descentrar ligeramente el cuele y alternar su posición en cada pega.
- ✓ Una vez acabada la perforación, se revisarán todos los barrenos ya que cuando comienza la carga del explosivo no se puede perforar.
- ✓ Utilización del material de seguridad personal. En este caso, especialmente, protecciones para los ojos y para los oídos.
- ✓ Realizar la perforación mediante vía húmeda o bien con captadores de polvo.

- ✓ Buena limpieza del frente de trabajo retirando las rocas resbaladizas para evitar malas posturas y caídas.

CARGA DE BARRENOS

Los accidentes debidos a la operación de carga pueden tener las siguientes causas:

- ✓ Accidentes inherentes al manejo inadecuado de explosivos.
- ✓ Desprendimientos de rocas del frente.
- ✓ Mala utilización de escaleras en la carga.
- ✓ Posibles golpes o aplastamientos por el brazo perforador.

Las medidas más importantes en este caso son:

- ✓ Separar perfectamente las fases de perforación y de carga.
- ✓ La carga no debe comenzar hasta que toda la perforación haya terminado y las máquinas eléctricas se hayan retirado.
- ✓ La carga debe realizarse bajo la supervisión de una persona cualificada.
- ✓ Debe existir un mecanismo de alarma para evacuar al personal del frente en caso de accidente durante el proceso de carga.
- ✓ Cuando se usan detonadores eléctricos, éstos deben ser de alta insensibilidad.
- ✓ Los detonadores deben mantenerse en cortocircuito con los terminales conectados entre sí.
- ✓ Utilizar plataformas de trabajo para acceder a puntos altos.
- ✓ Utilizar siempre explosivos resistentes al agua o especialmente encartuchados para este fin.
- ✓ Para eliminar parte del polvo producido se debe regar la solera y los hastiales próximos al frente. En algunas obras se utilizan cartuchos de agua como retacado para eliminar el polvo producido en la voladura.
- ✓ En condiciones de bajas temperaturas se utilizarán explosivos adecuados con bajo punto de congelación. Para asegurar la transmisión de detonación, el diámetro del cartucho debe ser superior a los 30 mm. y el espacio entre el explosivo y las paredes del barreno ser lo menor posible.
- ✓ La pega se comprobará mediante un medidor de resistencias. El comprobador se revisará periódicamente.

- ✓ Los explosores se adecuarán al número de detonadores utilizados en la pega, ya que tiene que tener energía suficiente para iniciarlos, pues de lo contrario se producirán fallos.
- ✓ Las líneas de tiro deberán colocarse en el hastial del túnel contrario al que lleva instalado los cables de electricidad y cualquier otro tipo de conducción como las tuberías de agua.
- ✓ Todas las líneas deben cortocircuitarse cuando no se utilicen.
- ✓ Comprobar la continuidad de las líneas de tiro mediante un medidor de resistencia desde la posición de tiro. Si se detecta algún fallo se rectificará antes de volar.
- ✓ Los detonadores y el explosivo no deben ser transportados conjuntamente, estando almacenados por separado hasta el momento de su utilización, lejos de las líneas eléctricas y los primeros en cortocircuito.
- ✓ El transporte de explosivos se realizará por una persona autorizada en vehículos especialmente diseñados para este propósito. Estos medios de transporte llevarán señales especiales para distinguirlos de otros vehículos.
- ✓ La cantidad de explosivo transportada será la precisa para su uso inmediato.
- ✓ Los detonadores serán almacenados en lugares sin humedad y serán empleados por orden de antigüedad respecto a su fecha de fabricación.
- ✓ Deberá evitarse el empleo de detonadores con más de año y medio de vida.
- ✓ Estará prohibido el almacenaje y transporte de detonadores con cualquier otro explosivo.
- ✓ El vehículo de su transporte deberá contar con una eficaz toma de tierra para eliminar los riesgos por electricidad estática.
- ✓ No deberán realizarse las siguientes actividades:
 - Fumar.
 - Utilizar llama desnuda durante el transporte o manipulación.
 - Forzar el detonador para alojarlo en el cartucho.
 - Dañar los hilos de detonador durante la carga de barrenos.
- ✓ Se aislarán las uniones con cinta aislante y conectores especiales.
- ✓ Los extremos de los hilos del detonador y de la línea de pega se mantendrán en cortocircuito hasta el último momento.
- ✓ Sólo se aproximarán a los explosivos en las operaciones de almacenamiento, carga y transporte las personas autorizadas y con título de Jefe Turno.

- ✓ Está prohibido fumar, utilizar lámparas de llama desnuda, circular cerca de los focos de calor o chispas, usar calzado con suelas que no sean de goma.
- ✓ No se deben utilizar herramientas metálicas.
- ✓ Las precauciones se extremarán durante:
 - El transporte de explosivos al polvorín.
 - Almacenamiento en polvorín.
 - Transporte de explosivos al tajo.
 - Almacenamiento y distribución en el tajo.
- ✓ Antes de cada voladura se realizará una señal acústica que indicará que a continuación se procederá al disparo.
- ✓ El personal debe permanecer fuera de la zona de peligro al menos durante 30 minutos después de la pega.
- ✓ No se extraerán cartuchos fallidos bajo ningún concepto.
- ✓ Los frentes, planes de tiro y dispositivos de protección contra las proyecciones, serán tales que garanticen que no se ocasionará daño alguno ni por proyecciones, ni por transmisión de vibraciones.
- ✓ Las velocidades de vibración producidas serán medidas cuando sea necesario, mediante geófonos colocados al efecto.
- ✓ Si fuera conveniente, se instalará un avisador de tormentas, organizando así los trabajos de modo que se suspenda inmediatamente la carga de explosivos cuando las condiciones atmosféricas sean peligrosas para el tipo de detonador empleado.
- ✓ Una vez realizada la detonación se deberá esperar un tiempo mínimo de 30 minutos antes de reingresar al frente del túnel.
- ✓ El Jefe Turno será el primero en ingresar al tope del túnel una vez realizada una detonación y deberá valorar la condición de estabilidad del frente, explosivos que no hayan explotado y cualquier otro elemento que pudiera poner en peligro la seguridad del personal del túnel que debe ingresar.

Las medidas a tomar, una vez que se ha cargado el explosivo y antes de que las líneas de tiro se hayan conectado, son:

- ✓ Alertar a todo el personal de la iniciación de la voladura. Para esto se usarán señales de alerta ya convenidas.
- ✓ Abandonar los frentes y mantenerse fuera del área de seguridad. Los últimos en abandonar los frentes serán los Jefe Turnos.
- ✓ Efectuar las pegas en horas ya determinadas, como por ejemplo los cambios de relevo.

Una vez que se ha producido la detonación las medidas a tomar son las siguientes:

- ✓ Mediante la ventilación extraer el polvo y los humos producidos por la detonación.
- ✓ El Jefe Turno debe ser el primero en entrar en la zona, comprobando que el explosivo se ha consumido y se han detonado todos los barrenos.
- ✓ En caso de fallar la pega, se revisarán las conexiones y se repetirá el ciclo.
- ✓ En caso de fallar algún barreno, se perforará un barreno paralelo a una distancia de 40 cm y una vez cargado se disparará para detonarlo por simpatía.

Tendrán especial importancia en zona de voladura, en caso de ser necesaria, las siguientes medidas de protección colectiva:

- Delimitar la zona de trabajo mediante banderas rojas que sitúen visiblemente la zona a distancia y acoten el área de paso, reservada única y exclusivamente al personal de voladuras.

PROTECCIONES INDIVIDUALES:

- Casco de protección de la cabeza.
- Guantes.
- Calzado de seguridad.
- Ropa de Alta Visibilidad.
- Cascos protectores para el ruido.
- Gafas de protección contra impactos.

3.4.- DESESCOMBRO – EXTRACCIÓN DE MARINAS

El material excavado en el frente después de la voladura será retirado del frente de trabajo y cargado en camiones y posteriormente llevado al vertedero. El desescombros se realizará con una pala cargadora frontal sobre camión basculante, que lo transportará al acopio provisional en las inmediaciones de las bocas.

Mientras dure la operación de desescombros no debe permanecer en la zona de trabajo nada más que el personal estrictamente necesario, desplazándose lo más cerca posible a los hastiales del túnel y manteniéndose fuera de la zona de carga y movimiento de la pala cargadora, debiendo prestar atención a las maniobras efectuadas por palas y camiones, especialmente a las maniobras de marcha atrás.

En el caso de que la excavación se realice con perforación y voladura, la operación de carga del escombros será debidamente vigilada ante la posibilidad de la existencia de resto de explosivo en el escombros, los cuales deben ser recogidos para su posterior destrucción.

RIESGOS MÁS FRECUENTES:

- Atropello de personas.
- Choque contra otros vehículos.
- Vuelco del camión.
- Vuelco por desplazamientos de carga.
- Caídas de personas a distinto nivel
- Atrapamientos por o entre objetos.
- Golpes/Cortes por objetos o herramientas.
- Contactos eléctricos directos.
- Ruido.
- Vibraciones.

MEDIDAS PREVENTIVAS – TRABAJO SEGURO

- ✓ Como primera medida se procederá al balizamiento y señalización de la zona a cargar antes de que las máquinas comiencen los trabajos.
- ✓ Se inspeccionará el tajo con el fin de detectar posibles grietas o movimientos del terreno

- ✓ El talud de las excavaciones a realizar, en donde pueda llegar a existir riesgo de desprendimiento o deslizamiento de tierras, y que pueda afectar a la integridad física de algún operario, será próximo o igual al talud natural, de tal forma que anulemos dichos riesgos.
- ✓ Antes de iniciar un trabajo se tendrá la certeza de que no puede haber desprendimientos debidos a falta de saneo o trabajos de otros operarios en niveles superiores.
- ✓ En los trabajos de saneo, se revisará el material de amarre de los operarios, su fijación y no situarse el personal en distintos niveles con peligro de que el saneo realizado por unos, alcance a otros.
- ✓ No se permitirá que se arranque o cargue material haciendo cueva, con lo que podría ser atrapado el maquinista en un desprendimiento.
- ✓ Se señalará a todos los maquinistas los puntos en que pudiera estar comprometida la estabilidad de la máquina.
- ✓ Se prohibirá el acopio de tierras o de materiales a menos de dos metros del borde de la excavación para evitar sobrecargas y posibles vuelcos del terreno.
- ✓ Se eliminarán todos los bolos o viseras, de los frentes de excavación que por su situación ofrezcan riesgo de desprendimiento.
- ✓ Se han de utilizar testigos que indiquen cualquier movimiento del terreno que suponga el riesgo de desprendimientos.
- ✓ El frente y paramentos verticales de una excavación deben ser inspeccionados siempre al iniciar los trabajos, por el Capataz o Encargado que señalará los puntos que deben tocarse antes del inicio de las tareas.
- ✓ Para acceso a zonas de excavación se tendrá presente que procurará separar, el acceso de personas del de vehículos. En caso contrario, se construirá una barrera de acceso de seguridad a la excavación para el uso peatonal.
- ✓ Se prohíbe permanecer o trabajar al pie de un frente de excavación recientemente abierto, antes de haber procedido a su saneo o entibado en caso de que fuese necesario.
- ✓ Será obligatorio el establecimiento de un procedimiento de información y formación específica para los trabajadores en relación a los sistemas y procedimientos de protección colectiva, medidas preventivas y medidas de carácter organizativo y procedimental definidas, equipos de protección individual, así como de las condiciones del entorno en el que se realiza la obra.

- ✓ En todo caso, el manejo de maquinaria de cualquier tipo será siempre por personal cualificado, con el consiguiente permiso, certificado de aptitud o categoría profesional adecuada. En particular, se tendrá un especial rigor en la conservación de la maquinaria mediante revisiones periódicas, por técnicos cualificados que extenderán el correspondiente certificado de revisión, mensualmente al menos.
- ✓ Iluminación suficiente. Las líneas de conducción de energía eléctrica estarán perfectamente sujetas y aisladas de tierra.
- ✓ Los camiones irán provistos de una visera, a modo de voladizo sobre la cabina del conductor, que proteja esta de posibles caídas del escombros. De esta manera se evita que el camionero deba abandonar la cabina durante las maniobras de carga.
- ✓ Los camiones y palas estarán dotados de dispositivos ópticos y acústicos, sincronizados con la marcha atrás que sirvan de aviso para el momento en que se realizan estas operaciones.
- ✓ No se cargarán excesivamente los camiones para evitar que en el recorrido hasta el lugar de descargue, pueda caer material que alcance al personal o dificulte la circulación por esa zona.
- ✓ Se prohíbe permanecer o trabajar al pie de un frente de excavación recientemente abierto antes de haber procedido a su saneo, etc.
- ✓ Las maniobras de carga a cuchara de camiones serán dirigidas por personal experto.
- ✓ Se conservarán los caminos de circulación interna de forma adecuada.
- ✓ Se recomienda evitar en lo posible los barrizales, en previsión de accidentes.
- ✓ Podrá rociarse mediante camión cuba los caminos de circulación de vehículos y/o maquinaria móvil para evitar la formación de polvo. Esto se efectuará al inicio y a media jornada.
- ✓ Los neumáticos de los vehículos de transporte, serán objeto de revisión periódica, en cuanto a estado de cubiertas y presiones de hinchado, vigilando asimismo la posible aparición de grietas en sus llantas, que pudieran originar roturas súbitas de las mismas.
- ✓ Los trabajos de reparación de las orugas se realizarán obligatoriamente con la maquinaria parada, en posición de enclavamiento, utilizando los elementos precisos para evitar atrapamientos por caída imprevista de las orugas.

PROTECCIONES INDIVIDUALES:

- Casco de protección de la cabeza.
- Guantes.
- Calzado de seguridad.
- Ropa de Alta Visibilidad.
- Cascos protectores para el ruido.
- Gafas de protección contra impactos.

3.5.- SANEAO DE LA ROCA - ACUÑADURA

Para evitar desprendimiento de trozos de rocas o lajas debido a la alteración del macizo por efectos naturales, es necesario realizar un saneo de toda la zona alterada derribando y/o arrancando la roca suelta o inestable.

Mediante un martillo neumático montado sobre una retroexcavadora o mediante dagas o barras metálicas - si se hiciera manualmente - se irá retirando y saneando la roca hasta que todo el macizo sea estable. Luego todo el material saneado será retirado y cargado en camiones y llevado al vertedero.

La operación de saneo debe realizarse después de cada pase ejecutado y antes de que el personal se disponga debajo para llevar a cabo el sostenimiento de la zona recién excavada.

El saneo se ejecutará desde la parte más externa del frente y avanzando de forma que el operario se posicione siempre en una zona previamente saneada, para tratar de evitar de esa forma posibles desprendimientos del terreno.

Se efectuará en primer lugar el saneo de bóveda, hombros y hastiales, si fuese necesario, y una vez finalizado se procederá al saneo del frente. No se debe abusar del efecto de picado puesto que puede provocar la formación de nuevas grietas en la roca y la aparición de nuevas inestabilidades, y es preferible el rascado del frente mediante empuje de la pica sobre el terreno o bien mediante los dientes del cazo de la pala para conseguir el desmoronamiento de aquellas partes más inestables.

RIESGOS MÁS FRECUENTES:

- Proyección de fragmentos o partículas.
- Atrapamiento por o entre objetos
- Golpes y heridas con maquinaria, materiales o herramientas.
- Exposición a ruido.
- Caídas al mismo nivel.
- Caída de objetos desprendidos del terreno.
- Sobreesfuerzos
- Exposición a polvo

MEDIDAS PREVENTIVAS – TRABAJO SEGURO

- ✓ Sólo personal adiestrado podrá realizar esta labor de saneo.
- ✓ El avance en la ejecución de los trabajos de saneo, se efectuará desde la zona ya segura, más alejada del frente, hacia éste.
- ✓ Los trabajos de saneo no comenzarán hasta que se hayan eliminado los posibles barrenos fallidos y los que contengan restos de explosivo de la voladura inmediatamente anterior.
- ✓ El saneo se realizará manualmente, introduciendo la punterola en las grietas de la roca y apalancando hasta conseguir el desprendimiento de los fragmentos inestables de roca.
- ✓ Si después de estas operaciones, no se logra la caída de los fragmentos de roca en cuestión, se marcará con pintura la zona correspondiente, y se comprobará periódicamente su estabilidad hasta que se le dote de algún tipo de sostenimiento. No es aconsejable el empleo de herramientas que, con sus vibraciones, ocasionen desprendimientos inesperados.
- ✓ Los trabajadores deberán hacer uso de los equipos de protección individual previstos: mascarilla de protección, casco de protección y gafas anti-impactos.
- ✓ Ningún trabajador permanecerá el radio de acción de la retroexcavadora, si fuera necesario dirigir las labores de saneo, estas se harán haciendo uso de “punteros laser”.
- ✓ El operario de la retroexcavadora deberá de detener automáticamente sus trabajos si existe algún trabajador en radio de acción de la máquina, no pudiendo reanudar los trabajos mientras siga existiendo el riesgo.

- ✓ El avance en la ejecución de los trabajos de saneo, se efectuará desde la zona ya segura, más alejada del frente, hacia éste.
- ✓ Los trabajos de saneo no comenzarán hasta que se hayan eliminado los posibles barrenos fallidos y los que contengan restos de explosivo de la voladura inmediatamente anterior.
- ✓ El saneo se realizará manualmente, introduciendo la punterola en las grietas de la roca y apalancando hasta conseguir el desprendimiento de los fragmentos inestables de roca.
- ✓ Si después de estas operaciones, no se logra la caída de los fragmentos de roca en cuestión, se marcará con pintura la zona correspondiente, y se comprobará periódicamente su estabilidad hasta que se le dote de algún tipo de sostenimiento. No es aconsejable el empleo de herramientas que, con sus vibraciones, ocasionen desprendimientos inesperados.
- ✓ En caso de ser necesario, se regará el escombro o la superficie de la roca, a fin de evitar la presencia de polvo, de forma que no dé lugar a proyección de partículas sobre las personas o elementos con posibilidad de ser dañados.
- ✓ Debido a los elevados niveles de ruido generados por el martillo neumático, será obligatorio limitar la presencia de personal al mínimo necesario, siendo obligatorio hacer uso de protectores auditivos para todo el personal presente durante el saneo.
- ✓ Se señalizará con carteles de “uso obligatorio de protectores auditivos” el área en el que se realizan las labores de saneo.
- ✓ Será obligatorio la presencia de recursos preventivos para la ejecución de estos trabajos.

PROTECCIONES INDIVIDUALES:

- Casco de protección de la cabeza.
- Guantes.
- Calzado de seguridad.
- Ropa de Alta Visibilidad.
- Cascos protectores para el ruido.
- Gafas de protección contra impactos.

3.6.- SOSTENIMIENTO

El conjunto de los sostenimientos engloba todas las actividades encaminadas a garantizar la estabilidad de hastiales, bóvedas y de toda superficie de cualquier tipo de terreno que, por sus condiciones naturales o por las alteraciones sufridas durante el proceso constructivo, presente riesgo de deslizamiento o derrumbamiento.

Los sostenimientos podrán tener carácter provisional, cuando sólo se precisen durante el periodo de ejecución parcial o total de una obra determinada, o carácter definitivo, si se necesitan para el correcto uso de ella, una vez que se haya concluido.

Las referidas actividades se engloban en las unidades de construcción civil siguientes: proyección de hormigón, bulonado, colocación de cerchas y mallazo, aportando al terreno excavado la estabilidad necesaria para que sea estable y duradero.

3.6.1.- SHOTCRETE - CONCRETO LANZADO

El hormigón proyectado o “shotcrete” es uno de los elementos fundamentales en la ejecución de túneles y labores subterráneas mineras, en la estabilización de rocas y suelos, y en la reparación de estructuras de hormigón.

A veces es necesario el empleo de fibras metálicas o sintéticas como refuerzo para dotar de ductilidad al hormigón proyectado o previamente colocando malla electrosoldada.

El hormigón proyectado será por vía húmeda y tendrá un espesor que variará según el tipo de sostenimiento que tengamos que aplicar, empleando un robot capaz de mezclar los tres fluidos que conforman el shotcrete (aire, hormigón y acelerante) y proyectarlo a alta velocidad contra la superficie a proteger y sellar.

RIESGOS MÁS FRECUENTES:

- Proyección de fragmentos o partículas.
- Atrapamiento por o entre objetos
- Golpes y heridas con maquinaria, materiales o herramientas.
- Exposición a ruido.
- Caídas al mismo nivel.

- Caída de objetos desprendidos del terreno.
- Sobreesfuerzos
- Exposición a polvo

MEDIDAS PREVENTIVAS – TRABAJO SEGURO

- ✓ Sólo personal adiestrado podrá realizar esta labor de proyección de shotcrete.
- ✓ Para evitar los efectos perjudiciales provocados por el rechazo y la niebla de aditivo será obligatorio que los trabajadores utilicen máscara facial completa provista de filtros como equipo de protección individual.
- ✓ El equipo de trabajo irá dotado con “mando” a distancia, permitiendo al trabajador poder operar desde una posición de seguridad.
- ✓ La descarga del hormigón en la tolva del robot se podrá hacer directamente desde el camión hormigonera manteniendo un flujo constante y siguiendo las indicaciones del fabricante.
- ✓ Diariamente y antes de cada uso se revisará visualmente el estado de las juntas y uniones de las mangueras para comprobar que todas se encuentran en perfecto estado.
- ✓ Queda prohibido desconectar las mangueras y conductos hasta que no se compruebe que el fluido que contiene carece de presión.
- ✓ Si se produce un atasco en el circuito primeramente se apagará el compresor o la tubería de aire comprimido y se verificará la ausencia de presión en el circuito.
- ✓ El hormigón se proyectará de forma homogénea, evitando acumular zonas con demasiado espesor susceptibles de no ser estables por su propio peso.
- ✓ Se comenzará la proyección de shotcrete empezando por la parte baja de los hastiales y siempre desde una zona segura para evitar riesgo de desprendimiento de piedras o material mal saneado.
- ✓ Se detendrá el proceso si por cualquier motivo el hormigón proyectado no se adhiera a la superficie, bien por problemas debidos a la gunita o bien porque el terreno sea muy inestable. Modificando la concentración de aditivo o saneando nuevamente la zona.
- ✓ Preferentemente se utilizará aditivo libre de álcalis.
- ✓ El proceso de proyección de shotcrete se hará preferentemente por vía húmeda, siendo necesario instalar previamente un sistema de ventilación localizada si fuera

necesario emplear el método de vía seca, para evacuar la nube de polvo en suspensión.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN:

- Casco de protección
- Protector auditivo
- Gafas de seguridad
- Botas de seguridad
- Mascarilla antipolvo

3.6.2.- BULONES - PERNOS SOSTENIMIENTO

Uno de los elementos que conforman el sostenimiento son los pernos de anclaje o bulones. Generalmente se trata de una barra que se aloja en el interior de un taladro hecho en el terreno y que se adhiere a este por rozamiento o fricción. Los pernos se colocan para sujetar un terreno inestable contra otro de mayor coexistencia.

La perforación del barreno, la colocación del perno y su posterior inyección debe de ser un proceso en cadena, uno detrás de otro, y el tiempo entre la perforación y la inyección del perno debe de ser la menor posible, para que cuanto antes el perno entre funcionamiento y comience a realizar su trabajo.

Para la perforación de los pernos utilizaremos un jumbo de varios brazos y mediante un plataforma de trabajo elevada se irán colocando e inyectando lo bulones.

RIESGOS MÁS FRECUENTES:

- Desplomes o derrumbamientos del terreno.
- Golpes por roturas de las barrenas.
- Quemaduras por fricción al agarrar las barrenas en rotación.
- Atrapamientos y/o golpes por o entre elementos móviles.
- Proyección de fragmentos y partículas y/o caídas de materiales del techo y frente.
- Exposición a ruido ambiental.
- Aspiración de polvo.

MEDIDAS PREVENTIVAS – TRABAJO SEGURO

- ✓ El personal debe mantenerse a una distancia adecuada cuando se realice el transporte del jumbo y cuando se muevan las cadenas de avance del martillo y las barras de perforación.
- ✓ Los trabajos que se desarrollen en lugares donde puedan aparecer emanaciones provenientes del terreno se realizarán asegurando el caudal de aire puro necesario o proveyendo a los operarios de los correspondientes equipos de respiración.
- ✓ La operación de bulonado no comenzará hasta haber concluido los trabajos de saneo.
- ✓ Las mangueras de alimentación a maquinaria y equipos, se dispondrán correctamente alineadas y, si es posible, fijas a los taludes o hastiales de la excavación. En caso de que sea inevitable el paso de vehículos por encima de ellas en algún punto, se protegerán adecuadamente. El estado de las mismas, de sus empalmes y de sus anclajes se revisará a diario.
- ✓ El operador del Jumbo debe efectuar el accionamiento de mandos desde posiciones correctas.
- ✓ Tomar precauciones al tocar el varillaje y los manguitos inmediatamente después de su utilización, ya que existe el riesgo de quemaduras.
- ✓ El cambio de piezas y de varillas o de cualquier otro elemento móvil se realizará con la máquina parada. Estas operaciones pueden ser peligrosas y únicamente las realizará personal cualificado.
- ✓ Los trabajos que se desarrollen en ambiente ruidoso o polvoriento, se realizarán utilizando las protecciones individuales prescritas como obligatorias.
- ✓ Los trabajos se realizarán, guardando el operario la distancia y utilizando las protecciones adecuadas, para evitar las esquirlas y fragmentos rocosos que pudieran proyectarse durante las operaciones de perforación.
- ✓ Todos los Jumbos deben disponer de dispositivo acústico y luminoso de marcha atrás.
- ✓ Iluminar adecuadamente el frente de trabajo.
- ✓ Colocar los cables eléctricos de alimentación en lugares donde no puedan ser dañados por los movimientos de la máquina.
- ✓ Utilizar perforación por vía húmeda para eliminar el polvo producido en la perforación.

- ✓ Será obligatorio la presencia de recursos preventivos para la ejecución de estos trabajos.
- ✓ Desde la plataforma de trabajo se introducirá el bulón en el barreno recién perforado, el bulón es insertado en el taladro hasta que la placa de reparto quede con contacto con el terreno.
- ✓ Una vez introduce el bulón en el agujero, se bombea agua a presión, lechada o resina en su interior para consolidar y fijar el bulón contra el terreno
- ✓ El personal que guía al operador del jumbo de retirará de la boca del barreno y del alcance del brazo del jumbo una vez que ha comenzado a introducirse el bulón en el barreno y la resina empieza a batirse.
- ✓ Antes de retirar el brazo del jumbo se asegurará que el bulón ha quedado fijado por la acción de la resina.
- ✓ El operador del jumbo deberá detener la máquina si advierte la presencia de personal en el radio de acción de la máquina.
- ✓ Los trabajos que se tengan que realizar a más de 2 m de altura se realizarán desde una Plataforma elevadora móvil de personal.
- ✓ Cerciórese de que la plataforma esté total y adecuadamente equipada e incluya barandillas y todas las cubiertas, puertas, protectores y controles.
- ✓ El operario debe utilizar un arnés de seguridad e ir amarrado con el correspondiente enganche.
- ✓ No está permitido detener los bulones que se encuentren en rotación con las manos, y se usarán guantes para evitar cortes y contactos térmicos.
- ✓ Esta actividad requiere la presencia de un recurso preventivo o vigilante de seguridad.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN:

- Casco
- Protector auditivo
- Gafas de seguridad
- Botas de seguridad
- Vestimenta de alta visibilidad
- Arnés anticaída
- Guantes de seguridad

3.6.3.- MARCOS DE ACERO - CERCHAS

Las cerchas son elementos metálicos arriostrados entre sí, que se apoyan contra el terreno recién excavado con el fin de soporte de los empujes del macizo rocoso. El uso de arcos se requiere cuando la roca excavada presenta tal grado de fracturación que hace muy factible la caída de bloques grandes que no pueden ser soportados por el método de pernos de anclaje y concreto lanzado.

Las cerchas estarán formadas por tres módulos. Se colocarán utilizando una plataforma telescópica en la que irá el módulo central, mientras que los dos laterales se acoplarán a la centro por medio de uniones atornilladas. Las cerchas se arriostrarán entre sí, mediante redondos de Ø 20 mm. que irán soldados a las cerchas con una separación entre ellos de aproximadamente 1,5 m.

Las cerchas tienen que quedar ortogonales al eje de la traza y siempre dentro del gálibo de sostenimiento. El apoyo de las cerchas deberá estar totalmente saneado, con el fin de que el terreno ceda lo menos posible en estos puntos de transmisión de esfuerzos.

RIESGOS MÁS FRECUENTES:

- Desplomes o derrumbamientos del terreno.
- Golpes o choques contra cerchas.
- Atrapamientos y/o golpes por o entre elementos móviles.
- Proyección de fragmentos y partículas
- Caídas de materiales del techo y frente.
- Exposición a ruido ambiental.
- Atropello o golpe por maquinaria

MEDIDAS PREVENTIVAS – TRABAJO SEGURO

- ✓ El cuadro metálico debe colocarse en contacto con el terreno y elegir aquel que pueda soportar la presión del terreno.
- ✓ No usar cerchas ni cuadros que estén oxidados o en malas condiciones.
- ✓ Los huecos que quedan entre el cuadro metálico y el terreno se deben rellenar mediante madera o chapas de acero. De esta manera el cuadro entra en carga lo

más rápida y homogéneamente posible.

- ✓ Los cuadros y cerchas inspeccionarán periódicamente, comprobando:
 - El apoyo de los arcos y de las bases de apoyo.
 - El estado en el que se encuentran las grapas y demás sistemas de unión y arriostrado.
 - El estado del revestimiento colocado en el trasdós.
- ✓ Una vez excavado el terreno, el sostenimiento se colocará tan pronto como sea posible.
- ✓ Se saneará primero la zona donde se coloque el sostenimiento, lo que disminuirá los accidentes tanto en la colocación como en posteriores trabajos.
- ✓ Se prohibirá la permanencia de operarios dentro del radio de acción de cargas suspendidas.
- ✓ Se realizará el transporte de los elementos mediante eslingas de acero enlazadas y provistas de gancho con pestillos de seguridad.
- ✓ Se habilitarán espacios determinados para el acopio de la perfilería, según se señale en los planos.
- ✓ Toda cercha debe ser acodalada hasta asegurar su completa estabilidad.
- ✓ Una vez colocada la cercha en su posición, ésta debe de ser cubierta y protegida mediante hormigón proyectado.
- ✓ Utilizar plataformas elevadoras de personal para los trabajos en altura durante la colocación de cerchas, sin olvidar el cinturón anticaídas.
- ✓ Los perfiles para ejecutar el arriostramiento se apilarán ordenadamente sobre durmientes de madera de soportes de cargas estableciendo capas hasta una altura no superior a 1.50m.
- ✓ Las operaciones de soldadura en altura, se realizarán desde el interior de una guindola de soldador.
- ✓ Las botellas de gases en uso en la obra, permanecerán siempre en el interior del carro porta-botellas correspondiente.
- ✓ Se prohibirá la permanencia de operarios directamente bajo tajos de soldadura.
- ✓ El tipo de sostenimiento será el adecuado al terreno en el que se esté trabajando y al método de construcción utilizado.
- ✓ Los sostenimientos serán inspeccionados por supervisores que también comprobarán las condiciones del suelo periódicamente.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN

- Casco
- Protector auditivo
- Gafas de seguridad
- Botas de seguridad
- Vestimenta de alta visibilidad
- Mascarilla antipolvo

3.6.4.- COLOCACION MALLA ELECTROSOLDADA

Para conseguir una mayor resistencia del concreto proyectado, es necesario a veces la colocación previa de mallas metálicas solapadas cubriendo toda la sección de excavación y fijándola al terreno. Con la ayuda de una plataforma elevadora de personas, se irán fijando los diferentes paños de mallas al terreno, amarrándolas y solapándolas entre sí.

RIESGOS MÁS FRECUENTES:

- Desplomes o derrumbamientos del terreno.
- Golpes o choques contra malla.
- Atrapamientos y/o golpes por o entre elementos móviles.
- Proyección de fragmentos y partículas
- Caídas de materiales del techo y frente.
- Exposición a ruido ambiental.
- Atropello o golpe por maquinaria

MEDIDAS PREVENTIVAS – TRABAJO SEGURO

- ✓ Solo personal adiestrado y autorizado podrá realizar esta labor de colocación de malla
- ✓ La máquina contará con un manual de instrucciones y será manejada por personal especializado que estará en posesión del carné, certificado de aptitud o permiso correspondiente.
- ✓ El vehículo irá provisto de cabina antivuelco y extintor.

- ✓ Antes de comenzar los trabajos debe posicionarse y nivelarse correctamente la máquina por medio de los gatos de la misma.
- ✓ Los paños de malla deberán de cortarse previamente del tamaño y dimensiones requeridas.
- ✓ Para la realización de esta fase se emplearán plataformas PEMP a la que previamente se la ha dispuesto una cúpula donde se apoyarán los paños de malla.
- ✓ Con la ayuda de dos compañeros los paños de malla se colocarán sobre la cúpula de trabajo y se fijarán para evitar que se puedan caer en su desplazamiento.
- ✓ Una vez posicionada la cesta, se procederá a amarrar o fijar los paños de malla al terreno, estando totalmente prohibido salirse de la plataforma, sentarse en la plataforma.
- ✓ La maniobra será dirigida por una única persona desde la cesta, quien le dará indicaciones al operador de la plataforma PEMP.
- ✓ Para la comunicación se emplearán equipos de radio inalámbricos o comunicación gestual previamente establecida y conocida por ambas partes.
- ✓ Las maniobras de subida o bajada de la cesta debe realizarse con precaución siguiendo todas instrucciones del manipulador, que irá montado en la cesta, en caso de duda confirmar la orden.
- ✓ Las maniobras en altura deben realizarse desde la cesta, en caso de tener que realizarlas desde el suelo, se extremarán las precauciones y el operador debe tener perfecta visión de la cesta.
- ✓ No se deben sobrepasar los límites, de carga ni de altura, permitidos.
- ✓ El personal debe situarse fuera del radio de acción del brazo de la plataforma y en especial de la vertical de la misma.
- ✓ El radio de acción del brazo de la plataforma debe estar libre de cualquier tipo de obstáculo.
- ✓ Está totalmente prohibido sentarse o ponerse de pie en los bordes de la cesta.
- ✓ Los trabajadores que estén en la cesta tienen que estar correctamente sujetos con los cinturones anti caídas o arneses adecuados, salvo en circunstancias especiales
- ✓ Es muy importante realizar un buen mantenimiento del equipo de trabajo.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN

- Casco
- Protector auditivo
- Gafas de seguridad
- Botas de seguridad
- Vestimenta de alta visibilidad
- Mascarilla antipolvo

3.7.- ELIMINACIÓN DEL AGUA - AGOTAMIENTO

El agotamiento tiene por objeto eliminar el agua existente en determinados puntos de la obra para poder trabajar en seco en ellos. Este se realizará, normalmente, canalizando las aguas hacia un punto más bajo, donde se instale una bomba adecuada que permita elevar y evacuar el agua hasta el exterior del túnel donde será tratada convenientemente.

RIESGOS MÁS FRECUENTES:

- Caídas de personal al mismo nivel.
- Golpes por o entre elementos móviles.
- Proyección de fragmentos y partículas.
- Contactos eléctricos.
- Exposición a ruido.

MEDIDAS PREVENTIVAS – TRABAJO SEGURO

- ✓ Las aguas empleadas en perforación, así como cualquier otra que se aporte superficialmente, se canalizarán mediante cunetas de desagüe o tuberías de drenaje a zonas que no sean de trabajo o de tránsito, a fin de mantener el piso en las mejores condiciones posibles.
- ✓ En caso de que el caudal de agua resultante no pueda evacuarse por gravedad, parcial o totalmente, se dispondrá la instalación de bombeo necesaria para garantizar con total seguridad su evacuación.
- ✓ Los pozos de achique de agua serán vigilados durante toda la jornada de trabajo a criterio de la dirección facultativa o coordinador de seguridad.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN

- Casco
- Protector auditivo
- Gafas de seguridad
- Botas de seguridad
- Vestimenta de alta visibilidad

3.8.- INYECCIONES PERNOS

Para este tipo de bulones se ha de preparar la lechada de cemento en un equipo de inyección de mortero, el cual consiste en una tolva donde se prepara la mezcla y una bomba que impulsa la lechada para su puesta en obra.

En la tolva del equipo se añadirá el agua necesaria para preparar la mezcla. Posteriormente, y mientras se agita la mezcla a las revoluciones necesarias para un buen batido, se irá añadiendo poco a poco el cemento y en los fluidificantes necesarios para obtener una buena relación agua/cemento.

Una vez preparada la mezcla se inyectará el taladro de lechada hasta que ésta salga por la boca del barreno asegurando así el anclaje total del bulón. Una vez que haya fraguado la lechada se colocarán las chapas y las tuercas de los bulones colocados.

RIESGOS MÁS FRECUENTES:

- Caídas de personal a distinto nivel
- Caídas de personal al mismo nivel
- Caídas de objetos
- Pisadas sobre objetos
- Choques contra objetos inmóviles
- Golpes por objetos o herramientas
- Golpes por desprendimiento de shotcrete y/o terreno.
- Proyección de fragmentos o partículas
- Atrapamientos
- Exposición a contactos eléctricos
- Explosiones
- Incendios

MEDIDAS PREVENTIVAS – TRABAJO SEGURO

- ✓ Los trabajos de inyección no comenzarán hasta que la zona de trabajo se encuentre libre de obstáculos, a fin de evitar caídas y golpes.
- ✓ Al principio de la operación es aconsejable que la lechada sea fluida y la presión inferior a la teórica, hasta conocer la respuesta de la cavidad a inyectar, para no sufrir golpes de sobrepresión.
- ✓ Los elementos de seguridad de los circuitos de inyección, válvulas de alivio, etc. Serán objeto de cuidada revisión, sustituyéndose cuando presenten defectos que hagan presumible su fallo ante eventuales sobrepresiones.
- ✓ El personal adscrito a los trabajos de inyección utilizará las protecciones individuales prescritas como obligatorias frente a eventuales salpicaduras de lechada.
- ✓ La maquinaria se limpiará adecuadamente por el operario encargado de ello, después de realizada la inyección correspondiente, a fin de evitar futuros atascos, y las consiguientes manipulaciones para su eliminación.
- ✓ Antes de realizar la inyección se lavarán los huecos del terreno con agua y aire a presión, por grupos de taladros y tramos de la galería o túnel. Esta prescripción será anulada en los casos de terrenos de roca muy plástica o con litoclasas rellenas de material cuya remoción pudiera perjudicar las condiciones resistentes del terreno o producir empujes desfavorables de este sobre el revestimiento.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN

- Casco
- Protector auditivo
- Gafas de seguridad
- Botas de seguridad
- Vestimenta de alta visibilidad