



GUÍA N° 5 DE OPERACIÓN PARA LA PEQUEÑA MINERÍA

FORTIFICACIÓN Y ACUÑADURA



Mediante Decreto Supremo N° 34 del Ministerio de Minería, de fecha 14 de junio de 2013, se modificó el Reglamento de Seguridad Minera, incorporándose el **Título XV** sobre “**NORMAS DE SEGURIDAD MINERA APLICABLE A FAENAS MINERAS QUE INDICA**”. Este título reconoce las características especiales de las faenas mineras cuya extracción subterránea o a rajo abierto y/o tratamiento de minerales, sea igual o inferior a 5.000 toneladas por mes (en adelante indistintamente la “pequeña minería”), estableciendo medidas en seguridad acordes con la realidad propia de dichas faenas.

En este contexto, el Título XV establece que las Empresas Mineras de la pequeña minería y sus trabajadores, deberán conocer y cumplir con las disposiciones específicas contenidas en Guías de Operación que publicará el Servicio Nacional de Geología y Minería, (en adelante el “Servicio”). Dichas guías deben formar parte del Reglamento Interno de cada una de estas Empresas Mineras.

El presente documento cumple con lo señalado en el Artículo 597 y 631 letra (a) del Reglamento de Seguridad Minera, y constituye una “Guía de Operación para la Descripción de Proyectos de Explotación, Tratamiento de Minerales y Cierres de Faenas” (en adelante indistintamente la “Guía”), y su contenido forma parte integral del Título XV para todos los efectos legales.

El Responsable de la Faena, apoyado por la asesoría de un Experto en Prevención de Riesgos, estará a cargo de dirigir, supervisar y controlar el cumplimiento de las obligaciones y medidas contenidas en la presente Guía.



Tabla de contenido

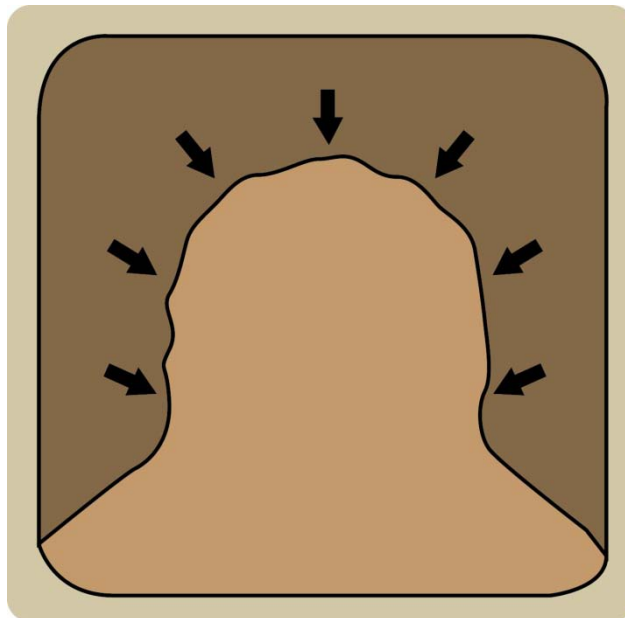
1	Introducción	4
2	Fortificación	6
2.1	General	6
2.2	Observaciones de Terreno	7
2.3	Criterios de Fortificación	8
2.4	Clasificación de la Fortificación	8
2.4.1	General	8
2.4.2	Fortificación con Madera	9
2.4.3	Marcos de Madera	10
2.4.4	Marcos en Chimeneas de Traspaso	12
2.4.5	Pernos de Anclaje de Rocas	13
2.4.6	Mallas	16
2.4.7	Sistema de hormigón proyectado con malla y perno....	17
2.5	Normas de Fortificación en Minas de Carbón	17
3	Acuñadura	18
3.1	Definiciones	18
3.2	Causas de los Accidentes por Caída de Rocas	18
3.3	Implementación de Acuñadura	20
3.4	La Operación de Acuñaer	21
3.4.1	Consideraciones Previas	21
3.4.2	Normas para efectuar la Acuñadura en Desarrollo Horizontal	22
3.4.3	Normas para efectuar la Acuñaduras en Piques o Chimeneas en Desarrollo	23
3.4.4	Situaciones Especiales	23
3.4.5	Acuñadura en Minas a Rajo Abierto	24
3.5	Normas de Fortificación en Minas de Carbón	24



1 Introducción

Uno de los riesgos más importantes de accidentes en las labores mineras subterráneas, es la caída de rocas desde el techo de las galerías o de sus cajas o costados, y en las minas a rajo abierto el deslizamiento de terrenos.

Al construir labores subterráneas, se extrae un volumen de masa rocosa que provoca cambios en las condiciones naturales de equilibrio. Se crean espacios en los cuales las caras libres quedan sometidas a fuerzas que quedan sin oposición y convergen hacia el espacio vacío, provocando grietas en el techo y las cajas, y pueden generar el desprendimiento de rocas sueltas o planchones.



Este desprendimiento puede favorecerse por condiciones inadecuadas de:

- Características y condiciones determinadas de la masa rocosa.
- Forma y dimensiones de la excavación.
- Método empleado de explotación.
- Debilitamiento producido por las tronaduras.
- Presencia de agua.

Estas condiciones pueden aumentar el agrietamiento de la roca en el tiempo.

Por su parte, en explotaciones a rajo abierto, las características del terreno, los ángulos de taludes y la presencia de agua también son factores que pueden generar zonas de inestabilidad las que pueden provocar caída puntual de materiales entre bancos hasta el deslizamiento completo de una zona determinada.

La prevención de estos riesgos comienza con un adecuado diseño de las labores mineras, un correcto diagrama de disparo y una adecuada dosificación de explosivos. No obstante, la acunadura es fundamental para el mantenimiento de labores seguras y la fortificación en aquellos casos que no presente la condición de auto soporte. De esta manera, el objetivo de estas acciones es asegurar la estabilidad física de labores de las obras en minas subterráneas, y en minas a rajo abierto.



2 Fortificación

2.1 General

La fortificación es el conjunto de procedimientos que permiten mantener estable las labores cuando su condición no es auto soportante en una mina subterránea.

El rol fundamental de la fortificación es:

- Mantener las labores seguras y con una sección y dimensiones suficientes para la circulación del personal, equipos, aire, etc.
- Impedir el desmoronamiento de material fracturado.
- Disminuir el movimiento de las cajas, techo y piso (minería del carbón).
- Mantener la cohesión de los terrenos.

El reconocimiento y tratamiento oportuno del terreno peligroso mediante fortificación, es vital para evitar que se produzcan accidentes, pérdidas en la producción o daños en los equipos.



Se prohíbe trabajar o acceder a cualquier lugar de la mina que no esté debidamente fortificado.

Solamente podrán quedar sin fortificación los sectores en los cuales su comportamiento sea conocido en cuanto a su condición de autosoporte, previa recomendación de un especialista, para estos efectos, se entiende por especialista al profesional descrito en el artículo N° 33 del Reglamento de Seguridad Minera.

2.2 Observaciones de Terreno

Con el propósito de identificar sectores que requieran fortificación, existen diferentes maneras de detectar aumentos de presión en las labores, tales como:

- El desplazamiento de cuñas, fracturas, fallas y quiebres que se encuentran en el terreno.
- El desvío de pisos o cajas de las galerías, así como el tapado o la forma ovalada que toman perforaciones normales.
- La deformación o quiebre de pernos y maderas, el pandeamiento de mallas que tienen roca suelta que está sobre ella, ruidos extraños, fuertes o repetitivos, o el goteo del cerro.



- La observación de rocas nuevas en el piso de las labores.



Todo lo anterior es señal de posibles desprendimientos de material, por lo que debe informarse al Responsable de la Faena.

Existen varios métodos de fortificación, siendo la enmaderación el más empleado en la pequeña minería. Si el caso lo amerita, eventualmente se podría considerar la utilización de pernos de anclaje, mallas de acero tipo biscocho, hormigón proyectado o shotcrete, y marcos de acero.

2.3 Criterios de Fortificación

La fortificación debe diseñarse de manera racional y específica para cada caso en particular. En faenas mineras de corta vida, la fortificación si es necesario, será tan sencilla como sea posible; no obstante, debe asegurar la estabilidad de la labor. En faenas de mayor duración, la tendencia es diseñar fortificaciones de carácter más permanente.

2.4 Clasificación de la Fortificación

2.4.1 General

De acuerdo con el mecanismo de sostenimiento, se distinguen los siguientes tipos de fortificación:

- **Fortificación activa, o reforzamiento:** Se orienta a restablecer el equilibrio original de los diferentes esfuerzos y, al mismo tiempo, a modificar estructuralmente la roca para hacerla "autosoportable". Los métodos más empleados son el anclaje de rocas (puntuales o repartidas), y las proyecciones neumáticas de hormigón (shotcrete) o mortero (gunita).
- **Fortificación pasiva:** Es aquella en que, por razones operacionales y de seguridad, no aplica ninguna carga externa al momento de la instalación y sólo trabaja cuando el macizo rocoso experimenta alguna deformación. Los métodos más empleados son la enmaderación, los marcos metálicos (rígidos, deslizantes o articulados), el hormigón armado (vigas - marco de concreto, mampostería), shotcrete, malla.
- **Fortificación combinada:** Es aquella en que, por razones operacionales y de seguridad, combina soportes y refuerzos. Los métodos más empleados son la enmaderación (reforzada con perfiles metálicos), los marcos de acero - pernos de anclaje y shotcrete, el hormigón proyectado (reforzado con cerchas o perfiles metálicos), y el shotcrete con pernos de anclaje y mallas de acero. Los soportes se deben ubicar de manera uniforme, sistemática y en los intervalos apropiados.

2.4.2 Fortificación con Madera

Es la fortificación más usada a nivel de pequeña minería, debido a su menor costo y facilidad de manejo y colocación.

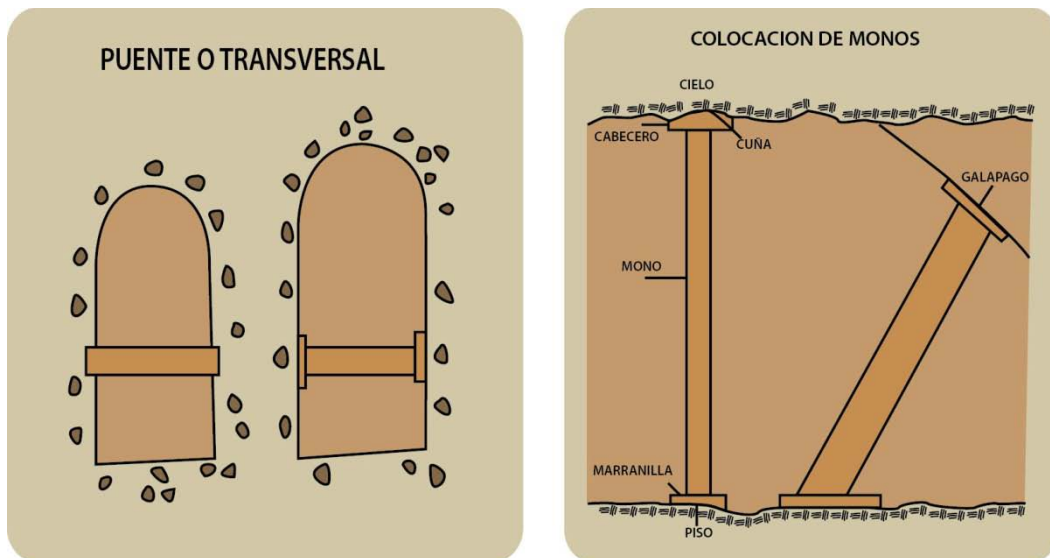
Para elegir correctamente la madera a usar, deben considerarse dos factores fundamentales:

- Las condiciones ambientales en la que se utilizará, que puede ser desde húmedo hasta seco, y que influye en la variación de peso, propiedades mecánicas y durabilidad.
- Las demandas a las que puede estar sometida, pudiendo ser del tipo compresión paralela a la fibra, compresión perpendicular a la fibra, o bien pandeo, tracción, flexión y esfuerzo de corte.





En aquellos lugares que requieran una fortificación puntual se usa el “mono” o “peón”, en yacimientos en forma de capas (mantos), estos se colocan en dirección a la presión y en yacimientos horizontales o muy tendidos, se colocan en forma vertical y a distancias variables.



2.4.3 Marcos de Madera

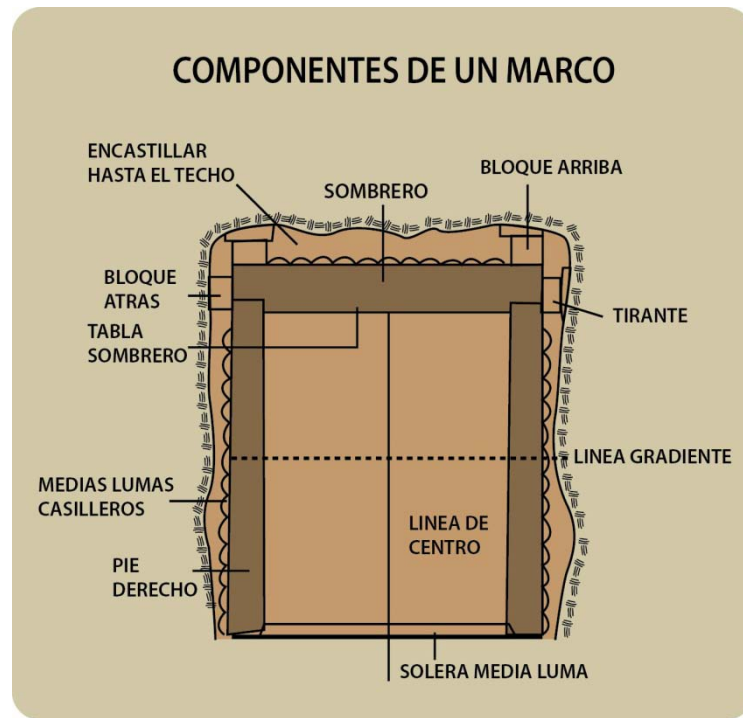
Los marcos de madera son la forma más representativa de “enmaderación”, los que están compuestos por tres piezas fundamentales llamadas: sombrero o viga, en posición horizontal, que se apoya en dos postes, pie derecho o vertical. Como pieza auxiliar al marco propiamente tal, se tiene la solera que va en el piso de la labor entre los postes.

Para la instalación de marcos debe considerarse las siguientes reglas:

- Desquinchar, acunar y limpiar la labor.
- Acondicionar la base para apoyar los postes, haciendo un herido de 10 cm, como mínimo, para afianzarlos al piso.



- Ubicar la solera, si se requiere, sin descuidar la línea de gradiente.
- Ajustar o ensamblar entre sombrero y poste. El apriete del poste al sombrero o viga debe ser asegurado mediante la aplicación de un taco en forma de cuña u otro medio igualmente eficaz. En eucaliptos, la cuña debe hacerse de acuerdo a la "rajadura" de la madera cuando es cilíndrica, para aumentar los puntos de contacto.
- En las labores de convergencia pronunciada (levante de techos), la fortificación debe completarse colocando tendidos de madera entre el techo y el sombrero o viga, los cuales se afianzarán a presión.
- El ensamble del poste a la viga debe ser practicado consiguiendo el mejor contacto directo entre las piezas ensambladas, sin intercalar en lo posible cuñas entre las superficies de contacto.
- En las labores inclinadas, como chiflones, rampas u otras similares, la instalación de los postes se hará de modo tal que su base quede instalada de manera perpendicular a la inclinación de la labor [en la bisectriz del ángulo que forman la normal al piso de la galería y la vertical al mismo punto.



2.4.4 Marcos en Chimeneas de Traspaso

En chimeneas de traspaso o chimeneas de acceso del personal, los marcos son de secciones más reducidas que los de otro tipo de galería subterránea.

En este tipo de fortificación debe observarse, al menos, las siguientes reglas:

- Los rollizos deben ir colocados uno sobre otro, con un corte de media caña y rellenos exteriormente con material estéril.
- En las chimeneas de traspaso de mineral, una vez terminadas, deben colocarse "lampones" como forro interior, lo que evita dañar los marcos por lo abrasivo del mineral.
- En la chimenea de acceso del personal, pueden ir sin revestimiento de lampones, pero con escaleras firmes y seguras para evitar riesgos de accidentes, considerando los descansos establecidos en el artículo N° 623 del Reglamento de Seguridad Minera.
- La chimenea de acceso de personal debe contar con pasamanos entre niveles.

2.4.5 Pernos de Anclaje de Rocas

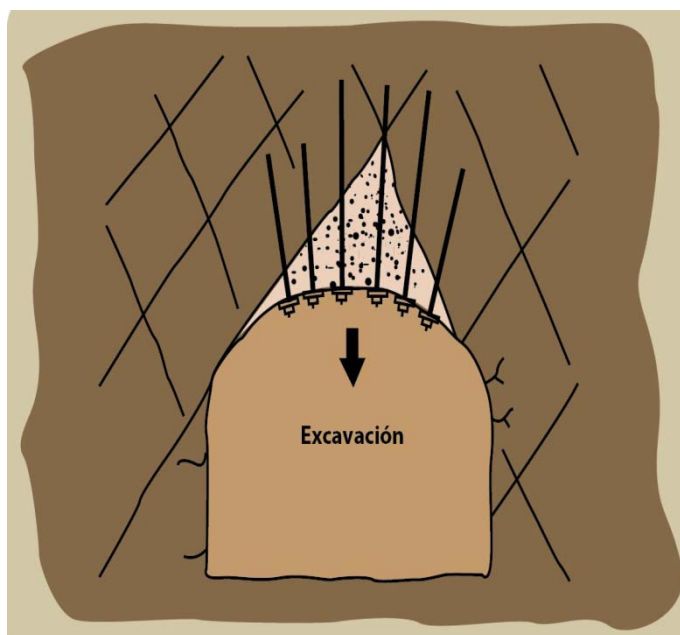
La utilización de pernos de anclaje permite al macizo rocoso autoportarse, ya que al pasar a formar parte del entorno, refuerzan la resistencia de la roca.

2.4.5.1 Consideraciones para la colocación de pernos de anclaje

- Revisar y clasificar el tipo de fracturas en las labores y su plano de deslizamiento, pudiéndose generar los siguientes efectos:

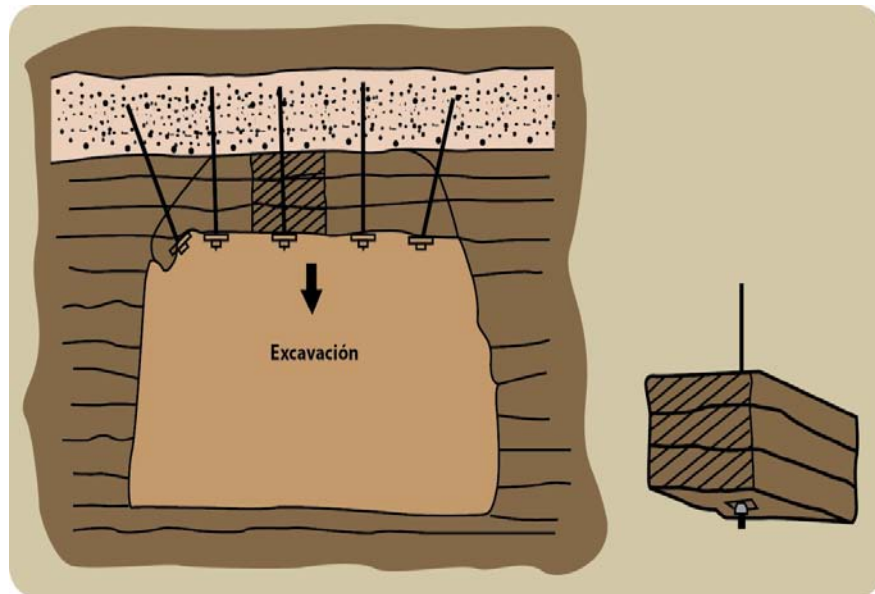
Cuña:

En rocas masivas o levemente fracturadas como en la figura se debe colocar los pernos siguiendo el diagrama presentado.



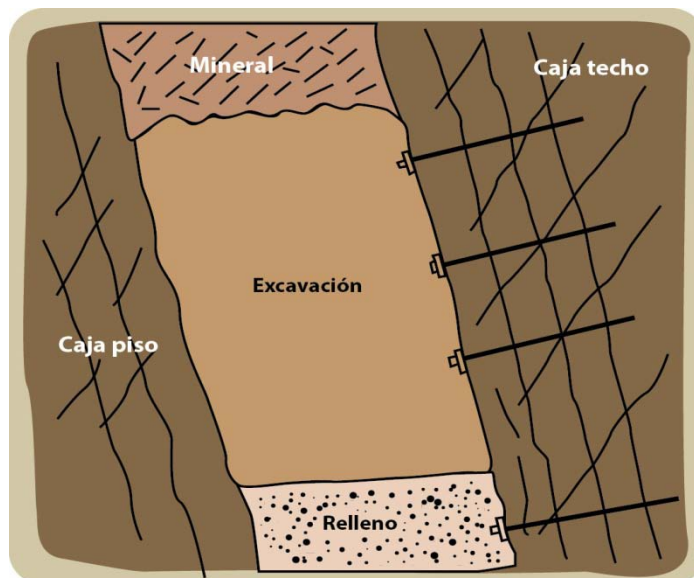
Viga:

En rocas estratificadas sub-horizontal, y en rocas no estratificadas con un sistema de fracturas dominantes sub-horizontales, los pernos deben ser colocados como se presentan en el diagrama siguiente.



Columna

Esta es una situación común en explotación de vetas angostas cuya caja pendiente se encuentra fracturada (explotaciones de corte relleno o en avances de galerías), el aseguramiento de la caja se logra mediante la colocación de los pernos como se presentan en el diagrama siguiente.



2.4.5.2 Tipos de pernos y su elección

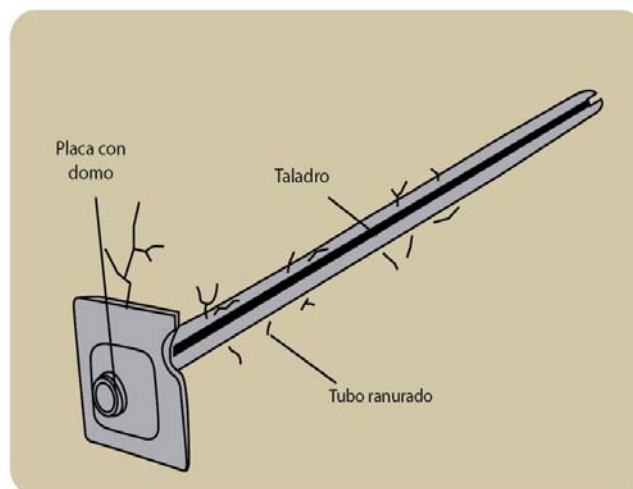
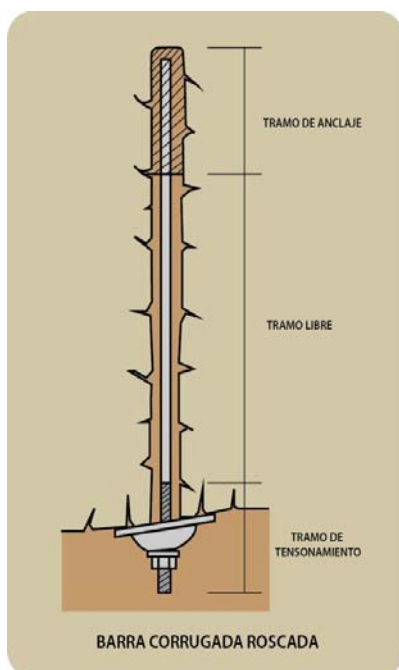
Se debe tener en consideración los siguientes objetivos para la elección de los pernos a utilizar:

- Tiempo de uso de labor.
- Grado de humedad y drenaje ácido de roca presente en el macizo rocoso.
- Sección de la labor y longitud del perno.

Existen entre otros, los siguientes pernos más utilizados en pequeña minería

Pernos de fricción (Split Set)

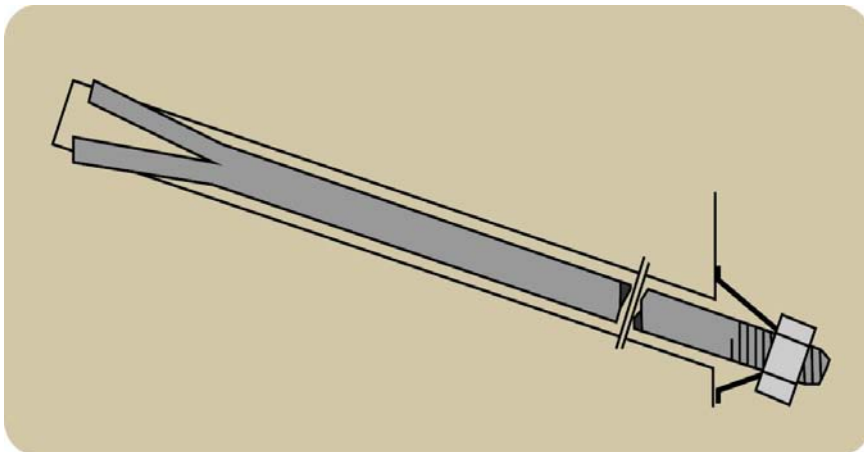
Este tipo de sostenimiento metálico se considera temporal, y trabajan por fricción (resistencia al deslizamiento) a lo largo de toda la longitud del tiro. Su desventaja es su poca durabilidad en sectores húmedos.



Pernos de anclaje.

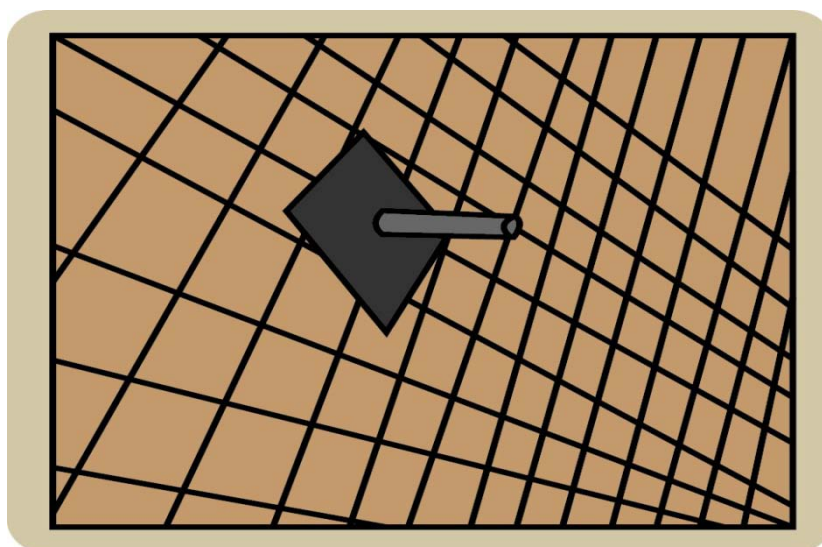
Se confeccionan utilizando barras de acero de construcción, se debe tener las siguientes consideraciones para su uso:

- Debe contar con una de las puntas doblada en forma de un bastón (exterior).
- Debe contar con una rajadura en su extremo (interior) donde se ubica la cuña.
- Otra alternativa es colocar el perno sin cuña, adicionándole una lechada de cemento



2.4.6 Mallas

Ante la presencia de sectores de alto fracturamiento superficial el sistema de pernos se debe utilizar con malla tejida en los techos de las galerías para prevenir accidentes al personal o equipos por caídas de trozos de rocas.



2.4.7 Sistema de hormigón proyectado con malla y perno

En caso de ser necesario y garantizar la permanencia de labores subterráneas, se debe adicionar hormigón proyectado (shocrete) al sistema perno malla.

2.5 Normas de Fortificación en Minas de Carbón

En los frentes de explotación se debe arrancar el carbón lo más completamente posible, en particular en las partes poco estables y en las capas muy inclinadas. Debe evitarse siempre que sea posible, la práctica de dejar pilares o macizos de carbón.

En el método de explotación de caserones y pilares con recuperación de pilares, el arranque de estos debe realizarse lo más rápidamente posible una vez que se termino de explotar el sector.

No debe recuperarse la entibación utilizada, en caso de ser de madera.

3 Acuñadura

3.1 Definiciones

La acuñadura es la actividad destinada a detectar y hacer caer de manera controlada rocas que se encuentren ligeramente desprendidas del techo o cajas de una labor minera. Esta actividad es obligatoria y permanente en las zonas agrietadas, así como el control de los riesgos al realizar la acuñadura. El personal que desarrolla esta actividad debe estar adecuadamente entrenado, de manera que sepa dónde y cómo ubicarse, y cómo manejar eficientemente las herramientas para realizar esta labor.

Toda galería que no esté fortificada, debe ser inspeccionada periódicamente a objeto de evaluar sus condiciones de estabilidad y requerimientos de "acuñadura", debiendo realizarse de inmediato las medidas correctivas ante cualquier anomalía detectada.

La caída de pequeñas piedras que alertan sobre posibles desprendimientos de rocas de mayor tamaño, se denomina goteo o graneó. Por su parte, la caída de rocas de mayor tamaño, generalmente en forma de láminas que se desprenden de la frente, techo o cajas en galerías subterráneas, o también de la cara de los bancos en minería a rajo abierto, se denomina planchón.

3.2 Causas de los Accidentes por Caída de Rocas

Generalmente los accidentes que se producen por caídas de rocas se deben a las siguientes causas:

- **Falta de acuñadura:** los trabajadores confían sólo en una revisión ocular o en la creencia que el cerro no presenta mayores problemas de planchoneo, por lo que piensan que acuñar es una pérdida de tiempo.



- **Acuñadura deficiente:** a veces la caída de roca ocurre a pesar de haber acuñado previamente una labor, ya que se ha hecho botando solo aquellas rocas que se ven sueltas de manera más evidente, sin considerar que hay rocas sueltas que no se ven a simple vista.



- **Acciones inseguras al acuñar:** los accidentes también ocurren, por ejemplo, cuando el trabajador toma una mala posición para acuñar, colocándose muy cerca del lugar donde caerá el planchón, o por no usar el equipo adecuado.

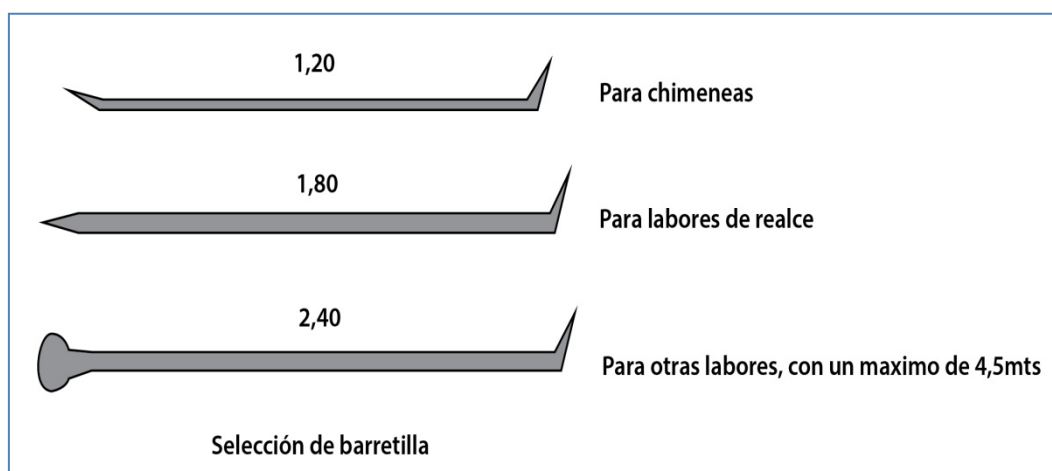




3.3 Implementación de Acuñadura

Las herramientas diseñadas para acuñar se llaman “barretillas de seguridad”, “llaucas” o “acuñadores”. Sus dimensiones mínimas son de 1,2 m. para el trabajo en chimeneas, de 1,8 m. para labores de realce, y de 2,4 m. para otras labores, con un máximo de 4,5 m.

Las barretillas deben tener buena resistencia a los golpes, fabricadas de fierro duro, aluminio o fibra de vidrio. No está permitido el uso de coligues en la acuñadura de galerías subterráneas, como tampoco reemplazar este elemento por otros como cucharas de carguío, brocas, picotas, palas o el uso de las manos.



3.4 La Operación de Acuñar

3.4.1 Consideraciones Previas

- Se debe determinar la zona a acuñar, probando la firmeza del techo y costados golpeando la roca con uno de los extremos de la barretilla. Se debe comenzar por la parte fresca (roca firme), de manera que el sonido metálico o fuerte vibración de la barretilla que ocurre en este caso, pueda diferenciarse del sonido apagado y poca o ninguna vibración cuando se golpea roca suelta.



- La revisión del estado de la labor y su acuñadura debe efectuarse con un mínimo de dos personas.

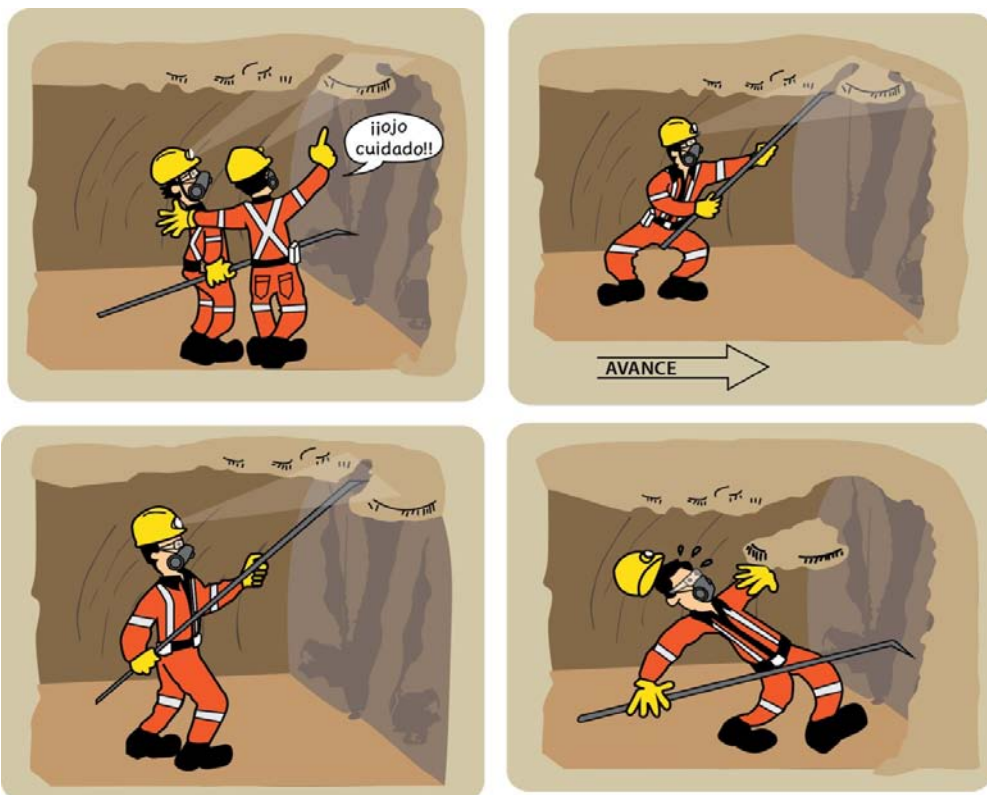


- Al acuñar un determinado sector, se debe prohibir el paso de personas o vehículos hasta que el sector se encuentre seguro, colocando barreras o letreros avisando de esta medida
- Se debe verificar en la zona de acuñadura la existencia de instalaciones eléctricas o cañerías de aire comprimido o agua, las que deberán protegerse por la eventual caídas de planchones sobre ellas.

3.4.2 Normas para efectuar la Acuñadura en Desarrollo Horizontal

La secuencia para revisión y acuñadura en galerías debe comenzar en el techo y continuar en las cajas, en ambos casos desde atrás hacia la frente de trabajo, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Fractura del terreno
- Planos de falla
- Rocas sospechosas
- La acuñadura debe efectuarse con adecuada iluminación
- Los acuñadores deben tener un largo adecuado a la sección.



3.4.3 Normas para efectuar la Acuñaduras en Piques o Chimeneas en Desarrollo

- Siempre acuñar empezando por la parte superior; colocándose en el costado contrario al que se está acuñando.
- Debe acuñarse constantemente el resto de la labor, sin limitarse únicamente a la frente de trabajo.
- Al amarrarse o engancharse de la cola de seguridad, debe considerarse el largo adecuado para tener facilidad de movimientos.



3.4.4 Situaciones Especiales

En caso de planchones que no se desprendan, se debe tener las siguientes consideraciones:



- Aislar el área peligrosa con barreras, avisos o loros.
- Colocar soportes al planchón peligroso, que pueden ser de madera (monos) o gatos mecánicos, situación que podrá ser permanente o transitoria.
- En caso de ser transitorio, el planchón se debe eliminar mediante explosivos, utilizando un parche.
- Si las condiciones lo permiten, el planchón se podrá perforar y colocar pernos de anclaje.
- En sectores grandes afectados con caídas de rocas, acuñar, limpiar y fortificar por sectores pequeños.

3.4.5 Acuñadura en Minas a Rajo Abierto

- Se deberá mantener un control permanente en los frentes de trabajo, respecto del desmoronamiento y desprendimiento de rocas susceptibles de generar accidentes, como asimismo de la estabilidad de las paredes y “crestas” de los bancos.
- La operación de acuñadura de bancos de altura mayor a 3 metros, deberá hacerse utilizando personal entrenado y con equipamiento que garantice una plena eficiencia de la operación.
- No se permitirán trabajos simultáneos de operaciones mineras en bancos, ubicados a diferente cota sobre una misma vertical, porque dichos trabajos pueden generar desprendimiento de materiales que pueden colocar en peligro la integridad de las personas y/o equipos.

3.5 Normas de Fortificación en Minas de Carbón

En los frentes de explotación se debe arrancar el carbón lo más completamente posible, en particular en las partes poco estables y en las capas muy inclinadas. Debe evitarse siempre que sea posible, la práctica de dejar pilares o macizos de carbón.

En el método de explotación de caserones y pilares con recuperación de pilares, el arranque de estos debe realizarse lo más rápidamente posible una vez que se termine de explotar el sector.

Cuando se recupere la entibación utilizada, a excepción de la madera, esta operación debe llevarse a cabo con la mayor rapidez posible.

Para la recuperación de la fortificación ubicada en la última calle deben existir previamente procedimientos.

Deben ser objeto de procedimientos aprobados por la administración, los sistemas de fortificación de subtechos de Maestras Principales y



de revuelta de los frentes de arranque, empaquetado de ciegas y uso de encastillado. La administración deberá someter estos procedimientos para la aprobación del Servicio.

