



GOBIERNO DE
CHILE
SERVICIO NACIONAL DE
GEOLOGÍA Y MINERÍA

SEGURIDAD MINERA

GUÍA METODOLÓGICA PARA SISTEMAS
DE FORTIFICACIÓN Y ACUÑADURA





GOBIERNO DE

CHILE

SERVICIO NACIONAL DE
GEOLOGIA Y MINERIA

DEPTO DE SEGURIDAD MINERA

GUIA METODOLÓGICA DE SEGURIDAD PARA SISTEMAS DE FORTIFICACIÓN Y ACUÑADURA.

Antecedentes según Decreto Supremo N ° 72, "Reglamento de Seguridad Minera", del año 1985, modificado por el D.S. N ° 132, de 2002, del Ministerio de Minería.



GOBIERNO DE

CHILE

SERVICIO NACIONAL DE
GEOLOGÍA Y MINERÍA

DEPTO DE SEGURIDAD MINERA

Depto. Seguridad Minera, año 2010

**GUIA METODOLÓGICA DE SEGURIDAD
PARA SISTEMAS DE FORTIFICACIÓN Y
ACUÑADURA.**

SERVICIO NACIONAL DE
GEOLOGÍA Y MINERÍA.

Avenida Santa María N ° 0104
Providencia, Santiago de Chile

Elaborado por:

Ing. Santiago Pinilla Bañados.
Departamento de Seguridad Minera.

Editado por:

Ing. Oscar Arce Hasbun.
Departamento de Seguridad Minera.

Aprobado por:

Ing. René Rojas San Martín.
Departamento de Seguridad Minera.



INDICE DE MATERIAS

Objetivo de la Guía	005
Descripción General de Métodos de Fortificación	005
Descripción de Sistemas de Acuñaamiento, Fortificación y Protección de roca	007
I. Recomendaciones Generales	007
II. Presentación	008
III. Índice	008
IV. Resumen Ejecutivo	008
Etapa de Construcción	008
Etapa de Operación	008
V. Descripción del Proyecto o Reglamento	009
a. Descripción General	009
b. Antecedentes Técnicos Generales	009
c. Antecedentes Técnicos Específicos	010
d. Etapa de Construcción	010
e. Etapa de Operación	011



OBJETIVO:

El objetivo de esta guía es proporcionar las indicaciones necesarias, para orientar al proponente de un proyecto minero, en las consideraciones que se debe tener desde el punto de vista del sostenimiento de labores subterráneas y de la operación de la acuñadura con el fin de dar estabilidad y seguridad a las instalaciones, velando por la seguridad, la vida y la integridad física de las personas.

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS MÉTODOS DE FORTIFICACIÓN MINEROS.

Los sistemas de fortificación en las minas, como los sistemas de sostenimientos rígidos, flexibles, protectores de roca y sistemas mixtos, son usados con el fin de dar sostenimiento a las excavaciones y otorgar estabilidad durante la operación y vida útil de ellas, no obstante, existen sistemas que sin ser una fortificación previenen algún accidente como es el caso de la acuñadura.

A.- Acuñamiento

En una galería, al desarrollarse quedan al descubierto grietas, algunas son preexistente otras son producto de la tronadura o de la descomposición de la roca producto del aire o el oxígeno, cuando ha pasado un tiempo. La acción de derribar el material que queda inestable por lo anterior, se denomina acuñadura.

La herramienta básica para la acuñadura es la Barretilla de Seguridad. Es una barretilla de material liviano (cañería de fierro o aluminio), firme y rígido; sus extremos son de acero, uno en punta y otro en forma de paleta, su longitud depende de la sección de la galería. Además, existen equipos especiales de acuñadura y también jaulas especiales que se levantan y permiten al trabajador acuñar protegido.

B.- Fortificación

La fortificación se realiza para evitar derrumbes no planificados, existen diversos tipos de fortificación, ellos se pueden clasificar:

1.- Fortificaciones rígidas. Que son las que sostienen sin permitir ningún movimiento de la roca y deben ser lo bastante resistentes para sujetar los bloques que puedan caerse. En la actualidad solo se usan en las bocas de las minas o sectores donde por razones tectónicas, de mala calidad de la roca o explotaciones hundidas antiguas se ha perdido totalmente las propiedades resistentes de la roca.

Los sistemas más usados para estas fortificaciones son los marcos que pueden ser de madera o acero.

2.- Fortificaciones flexibles. Son fortificaciones que permiten deformaciones de la roca con lo que se alivian los esfuerzos y al deformarse mejoran sus propiedades resistentes. Son la mayoría de las fortificaciones modernas como: marcos deslizantes, cintas, marcos noruegos, y la mayor parte, pernos de anclajes y cables.

2. – 1. Fortificación con pernos y cables.

Los pernos pueden ser de anclaje puntual o de anclaje repartido. En el primer caso los pernos se sujetan en el fondo de la perforación mediante cabezas expansibles o



cemento o resina. En el segundo caso pueden ser pernos de fricción, pernos con inyecciones de cemento o inyecciones de resinas a lo largo de todo el perno.

El perno resiste el peso de un bloque, ya sea por adherencia de su cabeza o por la adherencia a lo largo de todo el perno cuando es de anclaje repartido.

Cuando el perno está bien adherido a la roca, el perno puede sufrir un alargamiento, lo que mejora su resistencia hasta límite de fluencia. Lo mismo pasa con los cables.

También se usan pernos y cables en forma activa o sea se tensa para producir un alargamiento, lo que produce una fuerza con la roca por medio de la placa, que la une a la roca. El cable postensado se tensa con el movimiento de la roca y generalmente se ponen de gran longitud.

C.- Sistemas protectores de la roca

Las rocas se deterioran por efecto del agua que transporta oxígeno y por intemperización al contacto del aire, para protegerla existen pinturas especiales y lo más utilizado es el shotcrete (Hormigón proyectado), que al colocarse a presión sella las grietas eliminando la entrada de agua, además sirve como capa protectora de la roca.

El shotcrete por ser una capa delgada no ofrece soporte, pero agregándole fibras o alambres, se produce una textura pilotáxítica (plagioclasas desordenadas) que da una buena resistencia, para capas de shotcrete del orden de 5 centímetros.

En otros casos se usa para proteger la roca gunita (mortero proyectado), pero es mucho más popular y mejor calidad el shotcrete.

El shotcrete se usa generalmente combinado con perno y malla, ya sea de gallinero o acma, cuando se requiere una mayor resistencia. También puede colocarse marco Noruego o cintas scrap junto con el shotcrete.

D.- Protectores de techo

En minas de mantos donde se usa métodos por hundimientos se utilizan fortificaciones móviles, los más conocidos son los escudos, pilas y postes dowty, que avanzan con la explotación permitiendo el hundimiento del estéril atrás.

En algunas minas para adelgazar o recuperar pilares se usan pilares artificiales que pueden ser bolsas con una válvula por donde se le introduce mortero a presión que después se solidifica formando un pilar.

E.- Grouting

Grouting son inyecciones de cementos o resinas que tienen un tiempo de fraguado para que ingrese en la fisuras y después las consolide, la presión de inyección y el tiempo de fraguado se debe estudiar de acuerdo a las fisuras o grietas de la roca, se usa principalmente para eliminar filtraciones de agua o consolidar sectores fracturados; En caso que las fracturas sean muy grandes y arrastren el material de grouting de debe en primera instancia congelar el agua con amoníaco.



GOBIERNO DE
CHILE
SERVICIO NACIONAL DE
GEOLOGIA Y MINERIA
DEPTO DE SEGURIDAD MINERA

DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE ACUÑAMIENTO, FORTIFICACIÓN Y PROTECCIÓN DE ROCA.

El Decreto Supremo N° 72, de 1985, Reglamento de Seguridad Minera, cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado fue fijado mediante el D.S. N° 132 de 2002 del Ministerio de Minería, entró en vigencia el 7 de febrero de 2004, con su publicación en el Diario Oficial. El objetivo del "Reglamento de Seguridad Minera", definido en su primer artículo, es el de establecer el marco regulatorio general al que deben someterse las faenas mineras de la Industria Extractiva Minera Nacional para:

- a) Proteger la vida e integridad física de las personas que se desempeñan en dicha Industria y de aquellas que bajo circunstancias específicas y definidas están ligadas a ellas y,
- b) Proteger las instalaciones e infraestructuras que hacen posible las operaciones mineras, y por ende, la continuidad de sus procesos.

Como cada actividad minera específica, tiene sus características particulares que la diferencian de las demás. Cambian las implicancias en Seguridad de cada una de ellas, y dentro de ellas, también varían en cada una de sus etapas (construcción, operación y cierre). Además, por lo amplio y genérico que resulta este reglamento, surge la necesidad de dar un conjunto de guías metodológicas para los proyectos mineros.

El Reglamento de Seguridad Minera, en su artículo 22, establece que las empresas deberán presentar, antes del inicio de sus operaciones, para la aprobación del SERNAGEOMIN, el método de tratamiento de sus minerales o cualquier modificación mayor al método aceptado. Además, deben presentar un Reglamento de Fortificación.

Por otra parte, en toda la extensión del Reglamento de seguridad Minera se describen normas que deben cumplir las Empresas y que el Servicio debe fiscalizar.

El SERNAGEOMIN, consciente de la importancia de incorporar la variable seguridad a los proyectos mineros del país, ha desarrollado estas guías metodológicas, con el propósito de que los empresarios mineros cuenten con un apoyo que les permita la aplicación correcta de la legislación vigente en materias de seguridad minera, en cada uno de sus proyectos, y a su vez logren un desempeño eficiente en la tramitación de sus proyectos.

Esta guía en particular, contiene, por lo tanto, las indicaciones necesarias para orientar al proponente en su trabajo de **estabilización de sus labores mineras**, en el sentido de que su trabajo se enmarque dentro de la reglamentación contenida en el Reglamento de Seguridad Minera.

I. RECOMENDACIÓN GENERAL.

En todos los casos, la información presentada en los proyectos, debe ser lo suficientemente detallada para que el lector o revisor comprenda totalmente la naturaleza y extensión del proyecto propuesto, a fin de contar con los detalles suficientes que permitan una adecuada evaluación. Los planos y mapas que se presenten, deben ir ubicados dentro del informe, de manera que el acceso a ellos sea fácil, y a una escala adecuada. Puede presentarse una copia reducida que se incluya dentro del capítulo de descripción, adjuntando en el apéndice los planos tamaño original.

El nivel de profundidad con que se debe desarrollar cada tema dependerá de la etapa en que se encuentre; de la magnitud del proyecto, y de su nivel de complejidad.

Si corresponde, será obligatorio contar con una RCA (Resolución de Calificación Ambiental) favorable, cuyos compromisos estén considerados en la correspondiente evaluación del proyecto, de lo contrario se debe adjuntar una carta de "No Pertenencia de ingreso al SEIA", emitida por la COREMA correspondiente.

Será obligatorio junto con la presentación del proyecto escrito, adjuntar una copia de este en CD con todo el contenido presentado.

II. PRESENTACIÓN

La presente guía se basa en la experiencia acumulada por el Servicio a través del tiempo, en manuales especializados de fortificación, y en algunas experiencias extranjeras que han sido consultadas.

Conforme a lo que el SERNAGEOMIN considera para cumplir con lo establecido en el "Reglamento de Seguridad Minera", respecto a la presentación de proyectos o reglamentos, éstos deben estar conformado, al menos, por lo siguiente:

- a) Índice
- b) Resumen Ejecutivo
- c) Descripción del Proyecto o Reglamento

III. INDICE

Para una mejor lectura y una fácil ubicación de algún punto específico, al comienzo del proyecto, se debe agregar un Índice de las materias, figuras y tablas que contiene, con indicación del número de la página correspondiente.

IV. RESUMEN EJECUTIVO

ETAPA DE CONSTRUCCIÓN.

Se debe describir la metodología de instalación de fortificación y requerimientos necesarios para materializar las obras físicas.

ETAPA DE OPERACIÓN.

Se debe detallar las acciones, requerimientos, manejo de materiales e insumos y todos los aspectos necesarios para el funcionamiento de la acuñadura y fortificación, incluyendo sus medidas de control, conservación y monitoreo.



V. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO O REGLAMENTO

A.- DESCRIPCIÓN GENERAL.

La descripción del proyecto proporciona la base sobre la cual se lleva a cabo la revisión de las normas que protegen la vida y salud de los trabajadores, las instalaciones e infraestructura que hacen posible las operaciones mineras y la continuidad de sus procesos. Se debe por tanto incluir una descripción completa y detallada del sistema propuesto, basado en la experiencia del minero, estudios geomecánicos, estudios geológicos, análisis de vibraciones, daños por tronaduras, etc.

La descripción general de los sistemas de fortificación debe incluir una descripción resumida del método de explotación y las necesidades de crear cavidades o taludes, el estudio geotécnico que defina el tipo de sostenimiento, etc.

En términos generales, la descripción de los sistemas de refuerzos de roca deberá contener, si correspondiere, la siguiente información:

- ◆ Nombre de la mina u obra y objetivo de ello.
- ◆ Ubicación geográfica y política de la mina u obra.
- ◆ Nombre del establecimiento.
- ◆ Nombre y ubicación de las pertenencias, cuando corresponda, que amparan los lugares de trabajo.
- ◆ Servidumbre minera, cuando corresponda, dado por el propietario del terreno superficial.
- ◆ Nombre del propietario y representante legal de la empresa.
- ◆ Método o Métodos de explotación proyectados y sus parámetros principales.
- ◆ Organigrama general con las unidades productivas y de servicio y sus dotaciones.
- ◆ Profesionales mineros que firman el proyecto y profesional minero responsable de la faena.
- ◆ Ubicación en el organigrama del Departamento de Prevención de Riesgos y categoría de Sernageomin del encargado o Jefe del Departamento.

B.- ANTECEDENTES TÉCNICOS GENERALES.

Se debería considerar:

- ◆ Característica de la roca de la obra, presencia de estructura, grado de descomposición de la roca y distancia a roca sana.
- ◆ Estimación del tiempo de operación de la mina u obra.



- ◆ Criterio técnico para seleccionar el método o los métodos de fortificación de los sectores inestables.
- ◆ Frecuencia de acuñadura de las labores.
- ◆ Sistema de monitoreo para control de la estabilidad de las labores.
- ◆ Diagrama de disparo especialmente la tronadura de contorno

C.- ANTECEDENTES TÉCNICOS ESPECÍFICOS.

- ◆ Plano detallado de la mina u obra indicando los sectores de mayor inestabilidad.
- ◆ Dibujo esquemático de los tipos de fortificación usados.
- ◆ Estudio de estabilidad y geomecánica si los hubiera.
- ◆ Sistemas de rescate y de emergencia en caso de presentarse derrumbes.
- ◆ Esquema de las operaciones unitarias y equipos que se usan, para poder determinar las medidas mínimas de seguridad que se deben tomar.
- ◆ Antecedentes sísmicos del sector

D.- ETAPA DE CONSTRUCCIÓN.

Se debe describir la etapa de construcción del proyecto, indicando las acciones y requerimientos necesarios para materializar las obras físicas del sistema, y los plazos asociados a cada etapa. La información a precisar referente a la etapa de construcción es:

- ◆ Sistema de acuñamiento y fortificación usado.
- ◆ Construcción de labores
- ◆ Instalación de sistema de monitoreo.
- ◆ Requerimientos, fuentes de abastecimiento y transporte de materiales combustibles, agua, energía y servicios.
- ◆ Requerimientos de mano de obra (propia o de contratistas).
- ◆ Maquinarias y equipos destinados a la fortificación (tipo, cantidad, etc.).
- ◆ Sistemas de monitoreo de la estabilidad



GOBIERNO DE
CHILE
SERVICIO NACIONAL DE
GEOLOGIA Y MINERIA
DEPTO DE SEGURIDAD MINERA

E.- ETAPA DE OPERACIÓN.

- ◆ Programación en el tiempo de todas las actividades.
- ◆ Operaciones unitarias de la operaciones de acuñamiento y fortificación, tales como:
- ◆ Abastecimiento de materiales para la fortificación.
- ◆ Personal dedicado a labores de fortificación y acuñadura.
- ◆ Mantención de las herramientas y equipos utilizados.
- ◆ Sistemas de seguridad para emergencias.
- ◆ Dotación de personal temporal y permanente con que se contará para labores de control y fortificación.
- ◆ Características técnicas de los equipos y estructuras a utilizar, indicando su vida útil.
- ◆ Sistemas de monitoreo y alarmas de emergencias

Documento redactado por,

Santiago Pinilla Bañados
Ing. Depto. Seguridad Minera
Servicio Nacional de Geología y Minería



2010

**DEPARTAMENTO DE
SEGURIDAD MINERA**

SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA