



## CUADERNO DE INSTRUCTOR

**MÓDULO:** INSTALAR MARCOS DE FORTIFICACIÓN

**PROGRAMA:** OPERADOR ESPECIALISTA DE FORTIFICACIÓN,  
INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS MINA SUBTERRÁNEA

Una iniciativa de:



Con la asesoría experta de:

Innovum | FCH  
FUNDACIÓN CHILE



## Contenido:

<b>MÓDULO: INSTALAR MARCOS DE FORTIFICACIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>1. Desempeño de las actividades de instalación de marcos .....</b>	<b>3</b>
ACTIVIDAD N° 1: .....	6
<b>2. Detalles técnicos por procedimientos e instructivos. ....</b>	<b>10</b>
ACTIVIDAD N° 2: .....	13
Fuentes referenciales:.....	17

## MÓDULO: INSTALAR MARCOS DE FORTIFICACIÓN

### 1. Desempeño de las actividades de instalación de marcos

**Aprendizaje esperado:** Planifica estrategias y distribución de trabajos por especialidades en la instalación de marcos, equipos y materiales que utilizará.

#### Conceptos Claves

VARIEDADES DE MARCOS PARA LA FORTIFICACIÓN

ANCLAJES EN LA INSTALACIÓN DE MARCOS

ESTRATEGIAS DE INSTALACIÓN

Reconocer tipos y formas de marcos, sus cualidades y resistencia

Identificar anclajes y cómo éstos tienen que ser instalados

Tipos de madera a utilizar, cualidades de la madera e identificación de la estructura de la madera. .

#### Resumen de contenido

Los marcos de fortificación nacen por una necesidad de sostenimiento del macizo rocoso estas prácticas se desarrollan desde los inicios de la minería siendo utilizadas en aquellas épocas madera de sostenimiento para controlar áreas de inestabilidad dentro del macizo rocoso, con esta actividad permitía a los mineros sostener el cerro o la labor para evitar derrumbes y poder continuar con el desarrollo de las actividades.

Las maderas comúnmente utilizadas eran troncos de Eucaliptus madera de gran resistencia que brindaba por su condición astillable fibrosa resistencia y permitía alertar al minero cuando en la zona de instalación el macizo rocoso ejercía presión sobre está generando el deshilachado de la madera que servía para alertar al minero.

A razón del avance tecnológico y del crecimiento de los yacimientos mineros subterráneos en donde se desarrollan túneles de mayores diámetros se requiere de fortificaciones más avanzadas como son los marcos de fortificación de metal que brindan distintos tipos y modelos para el sostenimiento de labores que se vean afectadas por inestabilidades o derrumbes.

Estos marcos tienen diferentes dimensiones y por lo general son solicitados a pedidos a acorde a las dimensiones de las galerías donde serán instalados facilitando y alivianando el trabajo que se ejecutaba tiempo a otras con las fortificaciones con madera. Que hasta el día de hoy siguen ejecutándose de acuerdo a necesidades de las empresas mineras.

Cabe destacar que el cambio tecnológico de marcos y las formas de fortificar han producido un alivio al trabajo que se desarrollaba que prácticamente era a pulso.

Existen estructuras de fortificación en, madera las que se utilizaban antiguamente en los procesos mineros subterráneos, sobre todo en yacimientos de carbón. Estas maderas por lo general maderas nobles de alta resistencia a la tracción o al rompimiento de su estructura.

Estas estructuras solían adherirse a las cajas y coronas del cerro atrincadas contra el macizo rocoso generando un acuíñamiento del ensamblaje de las maderas para producir contrapresiones a estas contra presiones se disponían pernos de anclajes para ayudar a las sujeciones de los troncos verticales que desarrollaban la fuerza y resistencia a las cargas que pudiere experimentar el macizo rocoso sobre las estructuras de fortificación.

Hay estructuras rocosas que permiten generar una estabilidad del cerro cuando son rocas primarias de difícil o fractura miento por su dureza

Hay también combinación de estructuras entre maderas y metal como fortificación, estas se utilizan cuando el socavado del macizo rocoso es muy alto, impidiendo el ajuste del metal en apoyo con el cerro es aquí donde se incorporan las maderas para dar un ajuste hacia el cerro para evitar que los desprendimientos y golpes hagan perder la estabilidad de la fortificación.

La fortificación hoy en día se puede manipular las estructuras en terreno e incluso se pueden diseñar y se fabrican a pedido de acuerdo a las estructuras y dimensiones de lo que se requiere estabilizar con fortificación

Las fortificaciones hoy brindan gran seguridad para la continuidad de las labores subterráneas e inclusive sirven hoy de sostenimiento a tuneles de carreteras o que se construyen en las urbes para desarrollar carreteras bajo las ciudades estas fortificaciones se instalan dejando un margen de seguridad para que luego ingresen las maquinas a realizar las extracciones de mineral o material que dará lugar al desarrollo del tunel final.

Reforzando las ideas planteadas respecto de la instalación de marcos estos brindan sujeción al macizo rocoso y protección a las personas y equipos en los desarrollos de labores mineras. Hay que mantenerlas y cuidarlas desde el punto de vista de la utilidad dentro del proceso.

Existen máquinas dobladoras o curvadoras hidráulicas en frio para diseñar las curvas requeridas acorde a las estructuras del cerro estas máquinas han sido diseñadas para estos trabajos en especial para condiciones de espacio y transportes adversas obligando a dimensionar y diseñar las estructuras para ser instaladas según requerimiento.

Las principales funciones que debe cumplir un sistema de fortificación son; reforzar el macizo rocoso para fortalecerlo, permitiendo que éste se soporte por si mismo, aminorando de esta forma el fracturamiento progresivo que sufre, retener la roca fracturada en las superficies de la excavación (zona plástica), por razones de seguridad, sostener o adherir fuertemente el o los elementos del sistema de soporte al fondo de la roca estable y prevenir el fracturamiento de roca por efecto de la gravedad. Fortificación Activa, elementos o sistemas de soporte que ejercen acción soportante, desde el mismo momento en que son instalados, mediante la aplicación de una carga externa sobre el macizo rocoso, modifican el interior del macizo, pernos con Anclajes Expansivos, Pernos tensados y Cables de Acero tensados. Fortificación Pasiva, elementos o sistemas de soporte que no aplican

ninguna carga externa al momento de la instalación, sólo trabajan cuando el macizo rocoso experimenta alguna deformación o cuándo son solicitados estáticamente, modifican el exterior de la excavación, mallas, soporte con maderas, marcos metálicos, shotcrete.

Los anclajes de soporte para los marcos están diseñados para que las estructuras, queden lo más cerca del cerro y logren hacer presión hacia el macizo rocoso donde ejercerá la función de fortificación estos pueden ser, pernos con tira fondo o expandibles. Este tipo de perno es de accionamiento rápido para conectar o afirmar mallas de fortificación, además se utilizan en la instalación de marcos de fortificación para dar afianzamiento a las estructuras metálicas con soldadura. Una vez instalados los marcos, los puntos a perforar para realizar la instalación de estructuras metálicas sean estas platinas con patas de anclajes o pernos de anclajes se deben diseñar topográficamente con el objetivo que queden bien instalados y con sujeciones de largos de 3.5 metros y nivelados para una correcta instalación de los marcos de fortificación, muy importante es aplicar que las perforaciones y anclajes y el sostenimiento que debe generar el marco debe contemplar mantener el centro de gravedad del cerro en la estructura metálica.

Puntos de Extracción: se utilizan entre 2 a 5 marcos alineados en una configuración típica, embebidos en hormigón armado, reparación de sectores colapsados: se utilizan para recuperar la infraestructura minera colapsada, generalmente combinado, con encastillamiento de madera, las maderas a utilizar cuando se realizan fortificaciones con este elemento natural son maderas nobles de alta resistencia como robles y eucaliptus. dichas maderas son muy utilizadas en las construcciones y sostenimientos de zonas colapsadas en los yacimientos mineros, estas fortificaciones las desarrolla personal calificado y entrenado para ejecutarlas ya que sus dimensiones son grandes estructuras que se deben instalar generalmente a pulso por los trabajadores, las maderas son astillables y su resistencia a la tracción y el rompimiento son lentas no se rompen de golpe esto ayuda a mantener vigilada el comportamiento de las estructuras de la madera, estas maderas son resistentes a la pudrición, ya que absorben humedad del medioambiente. Y esa condición las hace resistentes a las abrasiones y el pudrimiento, las maderas en si se utilizan como rollizos o estructuras rectangulares de dimensiones 2x 6 pulgadas. Como tablonés. Estos se instalan entre el marco metálico y el cerro para dar mayor sostenimiento de la labor que se protege.

## ACTIVIDAD N° 1:



### Actividad de Aprendizaje:

-Ejecución del plan de distribución e instalación de marcos según estructuras del la labor de desarrollo del túnel y el comportamiento del macizo rocoso.

### Objetivo

-Diseñar tipo de instalación y tipos de marcos a utilizar para el sostenimiento de la labor en desarrollo.

### Materiales y recursos

- Planos de las labores y sus dimensiones.
- Fichas técnicas de los marcos a utilizar.
- Hojas de planificación de tareas.
- Diseños y dimensiones finales de las galerías.

### Estrategia Metodológica:

Los alumnos realizan inspección de las áreas donde se requiere instalación de marcos para dimensionar, diseñar y sugerir tipos de marcos y tipo de instalación para el fortalecimiento del sector.

### Estrategia de Implementación de Actividades de Aprendizajes:

Estrategia de implementación:	
Recursos sistemas 3D.	
Explicación Demostrativa en Aula	
Recurso Audiovisual	✓
Propuestas de Situaciones Problemáticas	✓
Formulación de Preguntas	✓
Trabajo en Sala de Clases	✓
Trabajo en terreno	✓

## INSTRUCCIONES

---

### Inicio

---

La siguiente actividad consiste en que los participantes, guiados por el instructor, realicen:

**Inspección y visita a terreno donde es requerida la instalación de marcos de fortificación.**

**Los participantes son divididos en grupos con un máximo de dos integrantes y aplicarán las observaciones identificadas en teoría para la instalación de marcos según los esfuerzos del macizo rocoso.**

### Desarrollo de la actividad

---

El instructor debe seguir las siguientes indicaciones para el desarrollo de la actividad con sus participantes:

#### PROCEDIMIENTO DE LA ACTIVIDAD:

Hacer una breve introducción a lo que deberán alcanzar los participantes como resultado.

Entregar indicaciones de seguridad y velar por la adecuada aplicación de los controles críticos. El instructor es responsable de la correcta identificación, evaluación y controles de riesgos en relación a la actividad.

Describe paso a paso la actividad de aprendizaje, de manera que los participantes cumplan sin inconveniente lo que usted ha planificado para ellos.

- A) Los alumnos realizarán visita a terreno donde es requerida la instalación de marcos de fortificación.
- B) El instructor direcciona las observaciones a los puntos críticos del macizo rocoso a sostener para determinar el tipo de marco y los sistemas de instalación que utilizarán.
- C) Por cada grupo verifican estatus del terreno y las observaciones de cada grupo.
- D) Revisan videos y fotografías del terreno con requerimiento de fortificación.
- E) Los participantes preparan un resumen de lo observado y lo presentan al resto de los participantes.
- F) El instructor hace un resumen de lo expuesto, resaltando las diferencias en las observaciones de cada grupo y motiva a los participantes a aclarar dudas en el llenado del formato de verificación.
- G) Instructor monitorea avances y entrega feedback en caso de producirse desviaciones.
- H) Participantes realizan orden y limpieza del sector, si así es necesario.

Datos: Uso del manual del participante.

- Apoyo constante del instructor durante el desarrollo de la actividad.
- Uso de fotos y videos de las áreas donde se requiere fortificación.
- Planos de las labores productivas y sus dimensiones de galerías.
- Sistemas 3d para fortificación.

### Desarrollo de la actividad (continuación)

---

- Se dispone de 30 minutos por grupo para realizar la actividad que considera la preparación de la presentación y luego 5 minutos por grupo para exponer frente a los demás participantes.
- El instructor debe recorrer los grupos de trabajo y reunirse con cada grupo para mantener un enfoque de lo que se va a realizar y motivar a que todos los integrantes participen
- Verifican las observaciones en terreno respecto de las necesidades de fortificación.

### Cierre de la actividad

---

Al finalizar la actividad, el instructor refuerza los conceptos de la Unidad. Reflexión en conjunto acerca de los resultados de la actividad y conceptos claves:

- **Revisión de las galerías a fortificar.**
- **Aplicada las etapas de inspección realizan recomendaciones de tipos de marcos de fortificación.**

**Duración de la actividad**  
**60 minutos.**



A blue circle with a slight gradient and shadow, containing the word "RESUMEN" in white capital letters.

## RESUMEN

Reconocer las gamas y variedades de marco para la fortificación, tipos de anclajes en la instalación en los tipos de marcos de fortificación, definir estrategias de instalación, las maderas a utilizar y disposición de éstas.

## 2. Detalles técnicos por procedimientos e instructivos.

**Aprendizaje esperado:** Realizar instalación de los marcos, servicios y unión de marcos instalados.

### Conceptos Claves

#### TIPOS DE AMARRAS

Identificar posturas y métodos para la instalación.

#### TIPOS DE HORMIGÓN

Identificar tipos de hormigón para ser instalados.  
Identificar sistemas de contención de hormigón para la fortificación

### Resumen de contenido

La instalación de marcos en las faenas productivas y en especial en las zanjas de escurrimiento de mineral para generar una fortificación adicional a las estructuras del cerro para evitar desgaste prematuro cuando esté escurriendo el mineral; estas fortificaciones fortalecen este desgaste que se produce por el roce del mineral y de los equipos de extracción.

Como ejemplo de uso de marcos de fortificación, se desarrollan dos metodologías: Método de construcción Convencional y método de construcción con elementos Prefabricados.

Para ubicar los puntos de extracción, dentro del diagrama global de una faena subterránea, se muestran laminas esquemáticas.

Se destaca que las instalaciones de marcos de fortificación son especialmente diseñadas para evitar el colapso en las zonas de extracción por roces de mineral y roce de los equipos cuando ejecutan las tareas de extracción de mineral.

Para instalar se requiere de equipos de personas cohesionados y validados como maestras en instalaciones de este tipo.

Una vez definidos las fortificaciones y saneamiento del área donde se instalarán los marcos se debe ejecutar la fortificación pernos malla para tener el área controlada donde trabajara el personal en la instalación de marcos.

Una vez instalados los marcos de fortificación estando estos nivelados y ensamblados o pegados unos con otros e soldaduras y anclajes se debe desarrollar obras civiles de hormigón armada para

brindar estabilidad y resistencia a las bases de los marcos de fortificación con el objetivo de proteger las zonas de desgaste por roce de mineral o equipos de extracción.

Inyección de hormigón con bombas de camiones MIXEL que transportan hormigón armado para dar la resistencia en la parte superior de los marcos de fortificación.

Una vez terminada la fortificación con marcos y rellenados los espacios con hormigón armado se entrega el área para la continuidad del proceso productivo.

Los equipos de apoyo para la instalación de marcos son equipos de capacidades variadas y de mucha versatilidad de movimientos, ya que en minería subterránea los espacios son reducidos y se requiere de una movilidad lenta para poder manipular estas estructuras relevantes en peso.

Equipos recomendados para realizar estas tareas son equipos alza hombres por su versatilidad de maniobrabilidad y alcance de longitud con su pluma elevadora.

Equipos dux porter con pluma elevadora de cargas este equipo tiene una capacidad de elevación bastante amplia que le ayuda a ser un equipo muy versátil para la tarea de instalación de marcos de fortificación.

En el tema del desarrollo de las obras civiles de las instalaciones de marcos de fortificación se privilegia que el hormigón sea de características de alta dureza y resistencia a la abrasión y desgaste para tener durabilidad y resistencia en el tiempo en las estructuras de soportaciones. Y de protección de los marcos.

El hormigón es distribuido o ejecutado por las mismas empresas que desarrollan la labor de instalación de los marcos,

El hormigón tiene compuestos de aditivos especiales para el pronto secado así el fraguado se ejecuta en horas desde que se instaló en las estructuras de soportación

Estos componentes deben ser de cuidado de los trabajadores al minuto de su manipulación por los efectos que pudiere ocurrir en reacciones al contacto con las personas.

Esta condición detallada anteriormente es de responsabilidad de los maestros instaladores de estas protecciones en donde deben fijarse con amarras y soldaduras acorde al peso que soportaran cuando se agregue el hormigón.

Los reportes de continuidad de los trabajos en las instalaciones de marcos de fortificación se deben ejecutar turno a turno ya que esta es una tarea considerada crítica desde el punto de vista de las dimensiones y pesos de las estructuras

Que cualquier error de coordinaciones o falta de detalles de la continuidad de los trabajos puede accionar accidentes e incidentes de altas proporciones.

La coordinación y continuidad de los trabajos es responsabilidad del supervisor jefe a cargo de los trabajos este es el encargado de cuantificar los avances demoras y condiciones faltantes para la regularidad de las instalaciones bajo los parámetros de seguridad de las personas y la buena instalación de los marcos.


Deben tener en forma permanente libros de obras o pautas de continuidad para reportar oportunamente los detalles de avances y el trabajo en si


Este reporte debe ser llenado con letras claras para generar buen entendimiento de los trabajos y no generar supuesto que generen disconformidad de los trabajos.

Cada etapa que se ejecute durante la instalación de marcos se debe dejar el área limpia y ordenada evitando desorden y suciedades para la continuidad de los trabajos esta condición es relevante para tener continuidad en el desarrollo de la instalación de marcos por su criticidad.

Esta condición de entrega avala la calidad de trabajo realizado por las personas que realizaron el trabajo entregando el área en condiciones para la continuidad del trabajo de explotación o extracción de minerales.


## ACTIVIDAD N° 2:






**Actividad de Aprendizaje:**

- Evaluación de instalación de los marcos y servicios de fortificación .



**Objetivo**

- Ejecutar evaluación y medidas de control para la instalación de marcos de fortificación.



**Materiales y recursos**

- Planos de las galerías.
- Fichas técnicas de marcos de fortificación.
- Sistemas 3 D .

- **Estrategia Metodológica:**

Los alumnos realizarán evaluación en terreno respecto del requerimiento de instalación de marcos sus diseños e instalaciones.

- **Estrategia de Implementación de Actividades de Aprendizajes:**

Estrategia de implementación:	
Recursos sistemas 3D.	✓
Explicación Demostrativa en Aula	
Recurso Audiovisual	✓
Propuestas de Situaciones Problemáticas	✓
Formulación de Preguntas	✓
Trabajo en Sala de Clases	✓
Trabajo en terreno	✓

## INSTRUCCIONES

---

### Inicio

---

La siguiente actividad consiste en que los participantes, guiados por el instructor, realicen:

**Una visita en terreno para evaluar la solicitud de instalación de marcos de fortificación según procedimientos e instructivos.**

**Los participantes son divididos en grupos con un máximo de dos integrantes y aplicarán observaciones acordes a los requerimientos de marcos y evaluarán la aplicación de procedimientos e instructivos para la correcta instalación.**

### Desarrollo de la actividad

---

El instructor debe seguir las siguientes indicaciones para el desarrollo de la actividad con sus participantes:

#### PROCEDIMIENTO DE LA ACTIVIDAD:

Hacer una breve introducción a lo que deberán alcanzar los participantes como resultado.

Entregar indicaciones de seguridad y velar por la adecuada aplicación de los controles críticos. El instructor es responsable de la correcta identificación, evaluación y controles de riesgos en relación a la actividad.

Describe paso a paso la actividad de aprendizaje, de manera que los participantes cumplan sin inconveniente lo que usted ha planificado para ellos.

- A) El instructor explica la manera en que se debe realizar la actividad de verificación de procedimientos e instructivos para la correcta instalación.
- B) El instructor entrega a cada grupo los formatos de instructivos y procedimientos.
- C) Por cada grupo revisan la compatibilidad de aplicación de procedimiento e instructivos de no coincidir se debe aplicar una pauta de análisis seguro de trabajo (AST)
- D) Verifican a través de fotos y videos de terreno los requerimientos de instalaciones.
- E) Los participantes preparan un resumen de lo observado y lo presentan al resto de los participantes.
- F) El instructor hace un resumen de lo expuesto, resaltando las diferencias en las observaciones de cada grupo.
- G) Instructor monitorea avances y entrega feedback en caso de producirse desviaciones.
- H) Participantes realizan orden y limpieza del sector, si así es necesario.

**Datos:** Uso del manual del participante.

- Apoyo constante del instructor durante el desarrollo de la actividad.
- Uso de fotos y videos de las áreas a fortificar.

### **Desarrollo de la actividad (continuación)**

---

- Se dispone de 30 minutos por grupo para realizar la actividad en terreno que considera la preparación de la presentación y luego 5 minutos por grupo para exponer frente a los demás participantes.
- El instructor debe recorrer los grupos de trabajo y reunirse con cada grupo para mantener un enfoque de lo que se va a realizar y motivar a que todos los integrantes del grupo distribuyan las actividades de manera que todos los participantes por grupo apliquen procedimientos e instructivos de realización de la tarea.

### **Cierre de la actividad**

---

Al finalizar la actividad, el instructor refuerza los conceptos de la Unidad. Reflexión en conjunto acerca de los resultados de la actividad y conceptos claves:

- **Revisión de procedimientos e instructivos su aplicabilidad.**
- **Realización de hojas de planificación para la tarea.**

**Duración de la actividad**

60 minutos.

A blue circular button with a slight gradient and shadow, containing the word "RESUMEN" in white capital letters.

## RESUMEN

Reconocen posturas y métodos para la instalación, tipos de hormigón para utilizar en determinadas situaciones y contextos, entrega de una información fidedigna y clara para una continuación del turno.



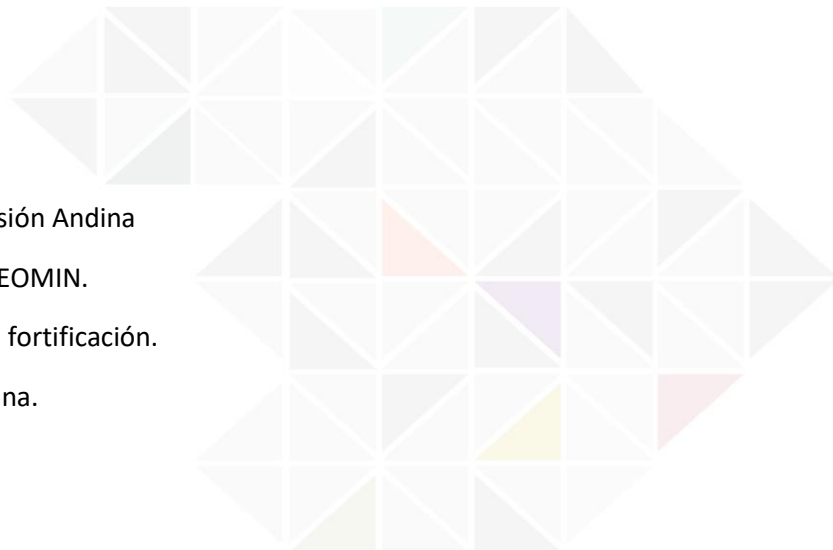
**Fuentes referenciales:**

Manuales e instructivos de fortificación División Andina

Presentaciones de Fortificación del SERNAGEOMIN.

Antecedentes de Proveedores de marcos de fortificación.

Reglamento de fortificación de división Andina.



SOCIOS CCM



Una iniciativa de:



Con la asesoría experta de:

