



Cuaderno de Evaluación  
Módulo 6: “Mantenimiento de unidades  
de rectificadores de media tensión”  
PFMEI-4-01/V.1[PE01-M06/v.1]

Una iniciativa de:



Con la asesoría experta de:



## **Equipo Consejo Minero**

Joaquín Villarino H., Presidente Ejecutivo  
Carlos Urenda A., Gerente General  
Christian Schnettler R., Gerente Consejo de Competencias Mineras  
José Tomás Morel L., Gerente de Estudios  
María Cecilia Valdés V., Gerente de Comunicaciones  
Sofía Moreno C., Gerente de Comisiones y Asuntos Internacionales  
Claudia Díaz R., Jefe de Proyectos

## **Equipo Innovum Fundación Chile**

Hernán Araneda D., Gerente  
Diego Richard M., Director Programa Fuerza Laboral Minera  
Rafael Pizarro G., Director de Proyectos  
Susana Gallardo S., Especialista de Formación  
Eduardo Soto S., Consultor Senior  
Ignacio Rizzo C., Consultor Senior  
Álvaro Aguilar H., Consultor de Proyectos  
Carolina Gutiérrez M., Consultor de Proyectos

Consejo Minero  
Dirección: Apoquindo 3500, Piso 7, Las Condes, Santiago.  
Teléfono: (562) 2347 2200  
[www.ccm.cl](http://www.ccm.cl)

## Propiedad del Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero:

Este material es propiedad del Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero. Está disponible para instituciones que imparten formación en el ámbito minero en Chile, a las que se autoriza la reproducción total o parcial de los contenidos de este material para fines de formación, citando siempre al Consejo de Competencias Mineras del Consejo Minero y pudiendo incluso adaptarlo para satisfacer los requerimientos de los participantes. Se prohíbe la reproducción o adaptación con fines comerciales.

El uso del género masculino en esta publicación no constituye discriminación; tiene el sólo propósito de aligerar el texto cuando la redacción así lo exige.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS, QUEDA AUTORIZADA SU REPRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN CITANDO LA FUENTE. © Anglo American Norte S.A., Anglo American Sur S.A., Anglo American Chile Ltda.; Antofagasta Minerals S.A.; BHP Chile Inc.; Compañía Minera Barrick Chile Ltda.; Compañía Minera Cerro Colorado Ltda., Minera Escondida Ltda., Minera Spence S.A.; Compañía Minera Zaldívar Ltda.; Corporación Nacional del Cobre de Chile; Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM; Compañía Contractual Minera Candelaria, Sociedad Contractual Minera El Abra; Freeport McMoran South America Inc.; Glencore Chile S.A.; SCM Minera Lumina Cooper Chile; Sierra Gorda SCM; Teck Resources Chile Ltda.; Yamana Chile Servicios Ltda.; 2013.

## Consejo de Competencias Mineras – CCM:

El Consejo de Competencias Mineras (CCM) es una iniciativa de articulación entre las empresas mineras, cuyo fin es proveer información sectorial, estándares y herramientas que permitan al mundo formativo adecuar la formación de técnicos a la demanda del mercado laboral minero, tanto en términos cualitativos como cuantitativos. Con la asesoría experta de Innovum Fundación Chile, este organismo genera, con un enfoque sistémico, insumos para el mundo formativo, dando a conocer qué necesidades de capital humano tiene la minería y transfiriendo buenas prácticas para su formación.

El Consejo de Competencias Mineras – el primero de su naturaleza en el país – opera al alero del Consejo Minero. Fue formado en 2012 y cuenta con 12 empresas socias. A tres años de su creación, el CCM ha desarrollado una serie de productos y sistemas que han marcado un cambio de paradigma en la vinculación del mundo productivo con el de la formación para el trabajo, y han significado un aporte de fondo para el mejoramiento y la valoración de la educación técnico-profesional en el país, con un alcance que trasciende ampliamente a la sola industria minera.

Los Paquetes para Entrenamiento, son uno de estos productos. Se han creado además: Estudios de Fuerza Laboral, El Marco de Cualificaciones para la Minería (MCM), Marco de Calidad de Buenas Prácticas Formativas, Marco de Calidad para Instructores e impulsamos el apoyo sectorial al Sistema de Certificación de Competencias Laborales.

Si bien el Consejo de Competencias Mineras es una entidad privada, sus productos están concebidos como bienes públicos y gratuitos, de valor compartido para todos los estamentos de la sociedad en Chile. Toda la información y los productos generados por el CCM, además de un breve video explicativo, están disponibles en el sitio web: [www.ccm.cl](http://www.ccm.cl)

El desafío que ahora enfrenta el CCM es que, tanto el mundo formativo como el minero, incorporen los estándares generados a sus procesos de negocio y a su quehacer diario. Esto generará una fuerza laboral más productiva y, por ende, mayor competitividad del país en el contexto internacional.

## Contribución del CCM

### Para trabajadores actuales y personas interesadas en trabajar en la minería:

- Mejor empleabilidad.
- Aprendizaje adecuado a los requerimientos del mercado.
- Acceso no sólo a un oficio, sino a rutas de formación y aprendizaje.



### Para el sector minero:

- Mitigación de la escasez de personal, anticipándose al problema de manera coordinada y con visión de futuro.
- Mejora de productividad, al contar con más trabajadores preparados para los requerimientos de la industria, tanto propios como de proveedores.
- Mayor competitividad de esta industria, que repercute positivamente también en la competitividad del país.

### Para las instituciones educativas:

- Mejor empleabilidad de sus egresados.
- Mejor información proyectada a 8 a 10 años, para potenciar programas formativos en los oficios para los cuales se anticipa una mayor brecha de capital humano.
- Oportunidad para el reconocimiento de la industria respecto a su calidad formativa.



### Para la comunidad y el país:

- Asignación más eficiente de fondos públicos de educación y capacitación, al tener identificados programas adecuados para satisfacer requerimientos del mercado.
- Disminución de la presión que se ejerce sobre otros sectores productivos por la demanda de trabajadores, al aumentar la cantidad de personas calificadas para la minería.

## Índice

<b>Introducción.....</b>	<b>7</b>
<b>Instrumento de Evaluación de Proceso.....</b>	<b>8</b>
<b>Módulo VI: Mantenión de unidades de rectificadores de media tensión.....</b>	<b>9</b>
<b>1. Electrónica de potencia .....</b>	<b>10</b>

## Introducción

La evaluación corresponde a cualquier situación, recurso, procedimiento o instrumento que se utilice para obtener información sobre la marcha del proceso de formación. Permite conocer las competencias que fueron adquiridas por los participantes y que a futuro son las que le servirán en el mundo del trabajo.

El documento tiene una estructura similar al cuaderno del instructor, es decir, la misma división de módulos y contenidos.

Al interior de cada módulo el instructor encontrará un set de preguntas y sus respectivas respuestas.

Se sugiere realizar evaluaciones parciales de cada uno de los contenidos consignados en el Cuaderno del Instructor. Para tal efecto se recomienda seleccionar algunas preguntas para realizar los test y construir una pauta de evaluación para esto.

Se recomienda preparar a los participantes antes de la evaluación final del módulo y mediante el trabajo en las distintas sesiones, dar respuesta a las inquietudes que surjan durante el proceso de formación.

Cabe señalar que las actividades prácticas sugeridas en el Cuaderno del Instructor pueden ser utilizadas como evaluaciones de proceso de los contenidos vistos en cada módulo. Para el óptimo desarrollo de las actividades, el participante cuenta con un cuaderno de actividades, que posterior a su realización, serán verificadas y firmadas por el instructor y podrán ser parte del portafolio de evidencias de cada participante.



# **Instrumento de Evaluación de Proceso**

## **Módulo VI: Mantenición de unidades de rectificadores de media tensión**

## 1. Electrónica de potencia

**Responda las siguientes preguntas de contenido.**

1. En un circuito rectificador controlado o no controlado ¿los semiconductores se cortan o dejan de conducir cuando el voltaje es negativo o cuando la corriente llega a cero?

**Cuando la corriente es cero.**

2. ¿En qué consiste el concepto de corte o no corte de corriente y cuál es su importancia?

**Se basa en el tipo de carga que controlada por el SCR, las cargas resistivas, por tener un factor de potencia unitario, la corriente no se atrasa con respecto al voltaje, por lo que si el voltaje llega a cero, la corriente también y el SCR corta. Ahora, si la carga es fuertemente inductiva, esto atrasara mucho la corriente, lo que provocará que el SCR no corte su corriente hasta que otro SCR conduzca.**

3. Si en un rectificado se tiene mayor cantidad de pulsos a la salida. ¿La tensión media es mayor o menor a medida que aumenta la cantidad de pulsos?

**Desde luego es mayor a medida que aumenta la cantidad de pulsos.**

4. En un rectificador monofásico con diodos y carga resistiva ¿el factor de potencia de entrada será unitario?

**Sí, es unitario.**

5. ¿Porque se presentan armónicos de corriente cuando se utilizan rectificadores?

**Porque el diodo tiene una curva característica voltaje/corriente que es no lineal, por lo que provoca una distorsión de la corriente de salida en relación al voltaje de entrada.**

6. ¿Por qué se prefiere utilizar rectificadores trifásicos de onda completa en lugar de media onda?

**Porque ellos proveen de mayor cantidad de potencia en función de un mismo voltaje de entrada, además tiene mejores características de voltaje de rizado, menor aporte de armónicos, etc.**

7. ¿Por qué es necesario disparar con anchos de pulsos mayores a  $60^\circ$  en un rectificador trifásico puente?

**Porque es una forma sencilla para poder disparar pares de SCR, y es esa la forma que se utiliza en estos tipos de rectificadores.**

8. ¿Qué precauciones se deben tomar cuando se trabaja con un osciloscopio en circuitos de Electrónica de Potencia?  
 Cuidar que el circuito de potencia y el circuito de alimentación del osciloscopio no tengan la misma tierra. Se pueden separar usando transformadores de aislación.
9. Para un rectificador trifásico puente se tiene un voltaje de entrada entre línea de 380 V y una resistencia de carga de 20 ohm. Calcule:
- |   |                 |
|---|-----------------|
| a. Voltaje medio en la carga            | : 889.2 Vcc.    |
| b. Corriente media de carga             | : 44,46 Acc.    |
| c. Voltaje inverso máximo de los diodos | : 930,8 V peak. |
| d. Voltaje máximo en la carga           | : 537,4 V.      |
| e. Corriente rms de entrada             | : 45.22 A.      |
10. ¿Qué sucede si se conecta el neutro al terminal negativo de carga de un rectificador trifásico puente?  
 Se provoca un cortocircuito franco por medio de los semiconductores.
11. ¿Cuántas tierras diferentes se puede identificar en un rectificador trifásico puente controlado?  
 Si utiliza transformador de aislación, se pueden hallar dos tierras diferentes.
12. Para un rectificador trifásico puente ¿qué sucede si los voltajes de sincronismo a los circuitos de disparo están errados?  
 Puede ocasionar un cortocircuito franco a través de los tiristores SCR por hacerlos conducir cuando no se debe.
13. ¿Cómo se enciende normalmente un SCR?  
 Con un pulso de corriente en el Gate.
14. ¿Cómo es la capacidad de manipulación de potencia de un SCR comparado a la de un transistor?  
 Desde luego mucho mayor, ya que se debe hacer una asociación paralela de transistores para poder competir en potencia con un SCR.
15. ¿Cómo se compara la cantidad de potencia de control necesitada en la compuerta de un SCR con la requerida por la base de un transistor que controla la misma carga?  
 Esta potencia es ínfima comparada con la corriente anódica del mismo SCR, y si el transistor de potencia maneja la misma cantidad de potencia que un SCR, su bajísima ganancia hace que este necesite, en su base, corrientes de decenas de amperes, o bien se tenga que hacer un arreglo de transistores en cascada que recibe el nombre de conexión Darlington.

16. Enuncie algunas ventajas que un SCR tiene sobre un interruptor mecánico  
No tiene partes móviles.  
No presenta el problema de rebotes.  
En la conmutación es muchísimo más rápido que cualquier relé o contactor (se habla de Kilo Hertz en la velocidad de conmutación).
17. En general, ¿qué relación hay entre el tamaño físico de un SCR y su corriente nominal?  
A mayor tamaño mayor es la corriente que puede soportar (no se trata de una relación lineal por tratarse de volumen).
18. ¿Qué es muy probable que suceda si se sobrepasa la corriente nominal del SCR?  
Este se puede quemar si es que no cuenta con un disipador apropiado.
19. ¿Qué sucede si se excede el voltaje de bloqueo inverso de los SCR's?  
Este puede conducir y existe mucha probabilidad de que se queme, dependiendo del circuito donde esté inserto.
20. Un SCR es un tiristor, pero un tiristor no es necesariamente un SCR. ¿Verdadero o falso?  
Verdadero.
21. ¿Qué le sucede a un SCR si la corriente de retención (holding current) cae por debajo de su valor nominal?  
Este se corta por carecer de la cantidad de portadores de carga que puedan mantener la corriente anódica.
22. Para encender el SCR, ¿cuál deberá ser la polaridad de la compuerta con respecto al cátodo?  
Positiva y mayor que 0,7 Voltios.
23. Una vez que el SCR ha sido encendido, ¿cómo se puede apagar?  
Haciendo que la corriente anódica llegue a cero; esto puede ser mediante un interruptor o por inversión de polaridad de los terminales ánodo-cátodo.
24. ¿Por qué no se requiere mantener la señal de compuerta una vez que el SCR está encendido?  
Porque si la carga es lo suficientemente grande, la corriente anódica provee de los portadores de carga suficientes para que se mantenga la condición de éste (corriente anódica mayor que la corriente de holding).
25. ¿Por qué se debe conectar una resistencia (carga) en serie con un SCR?  
Para evitar que la corriente anódica sea la corriente de cortocircuito por tratarse de un cortocircuito franco (fase-fase o fase.-neutro o fase-tierra).



Consejo Minero  
Dirección: Apoquindo 3500, Piso 7, Las Condes, Santiago.  
Teléfono: (562) 2347 2200  
[www.ccm.cl](http://www.ccm.cl)

