CODELCO

Riesgo de Fatalidad

COLAPSO ESTRUCTURAL DEL MACIZO ROCOSO

Seguridad Salud y Bienestar



Evento Top

Pérdida de control estructural del macizo rocoso

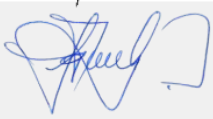
SIGO-ECC-003-23

VERSIÓN: 001

CUADRO INFORMATIVO

Área Responsable	Gerencia Corporativa de Seguridad y Salud Ocupacional
Código	SIGO-ECC-003-23
Versión	001
Vigencia	31-12-2025
Páginas	23

Fecha	Control de Cambios	Responsables
24-12-2021	Publicación oficial del documento.	Gerencia Corp. SSO
31-12-2025	Actualización del documento: • Ajuste del nombre del Riesgo de Fatalidad, respecto de la Gestión de Controles Críticos. • Optimización de requerimientos asociados a Controles Críticos, incorporando requerimientos desde los ECF.	Gerencia Corp. SSO

Elaborado:	• **Representantes Divisionales y VP** • **Mesas técnicas de Riesgos de Fatalidad** • **Especialistas de la Gerencia Corp. SSO** **Juan Pablo Salinas Salgado** Especialista Corporativo de Seguridad Unidad de Riesgos de Fatalidad	
Revisado:	**Angelina Pipon Castro** Directora Corporativa de Seguridad	
Aprobado:	**Jorge Camhi Andrade** Gerente Corp. de Seguridad y Salud Ocupacional	

Información de Uso Interno (I) – Propiedad de Codelco | 2025
Ejemplar Vigente publicado en Intranet ¡Copia impresa es documento no controlado!
Si encuentra un ejemplar impreso de este documento, favor entréguelo a Asistente del Área



ALCANCE

Este riesgo considera la pérdida del control de estabilidad y soporte subterráneo en forma lenta y progresiva, generando un desprendimiento y/o colapso mayor de rocas en labores mineras, resultando en lesiones graves/fatales por atrapamiento, impacto o aplastamiento. Daños en la infraestructura y continuidad operacional.

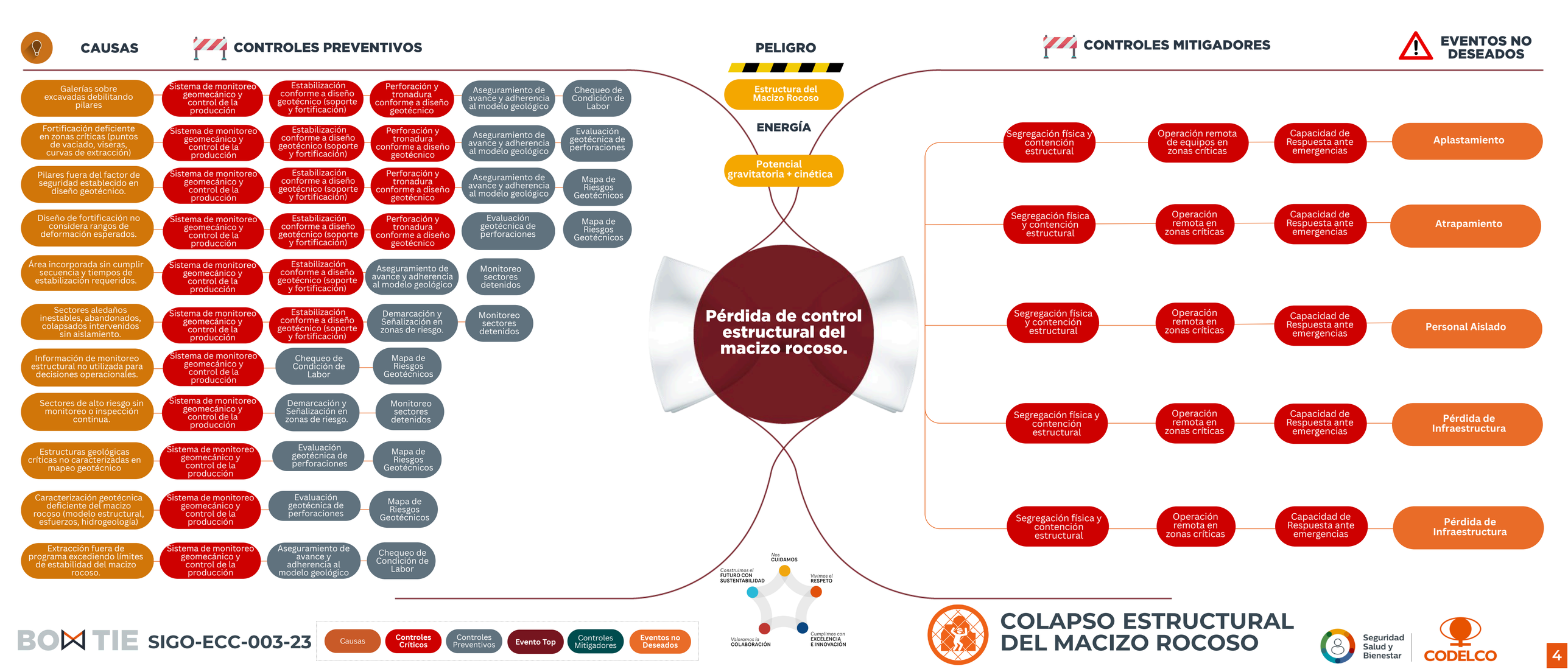
Algunos ejemplos son: Desprendimientos o deformaciones lo suficientemente grandes como para evitar el acceso físico a una excavación subterránea o una unidad.

EXCLUSIONES

Las exclusiones son:

- Desprendimientos en rajo/superficie.
- Desprendimientos de rocas subterráneos inducidos por sísmicos (Estallidos de rocas).
- Desprendimientos de rocas individuales (PCERS).




CAUSAS
CONTROLES PREVENTIVOS
PELIGRO
CONTROLES MITIGADORES
EVENTOS NO DESEADOS
Galerías sobre excavadas debilitando pilares
Sistema de monitoreo geomecánico y control de la producción
Estabilización conforme a diseño geotécnico (soporte y fortificación)
Perforación y tronadura conforme a diseño geotécnico
Aseguramiento de avance y adherencia al modelo geológico
Chequeo de Condición de Labor
Fortificación deficiente en zonas críticas (puntos de vaciado, viseras, curvas de extracción)
Sistema de monitoreo geomecánico y control de la producción
Estabilización conforme a diseño geotécnico (soporte y fortificación)
Perforación y tronadura conforme a diseño geotécnico
Aseguramiento de avance y adherencia al modelo geológico
Evaluación geotécnica de perforaciones
Pilares fuera del factor de seguridad establecido en diseño geotécnico.
Sistema de monitoreo geomecánico y control de la producción
Estabilización conforme a diseño geotécnico (soporte y fortificación)
Perforación y tronadura conforme a diseño geotécnico
Aseguramiento de avance y adherencia al modelo geológico
Mapa de Riesgos Geotécnicos
Diseño de fortificación no considera rangos de deformación esperados.
Sistema de monitoreo geomecánico y control de la producción
Estabilización conforme a diseño geotécnico (soporte y fortificación)
Perforación y tronadura conforme a diseño geotécnico
Evaluación geotécnica de perforaciones
Mapa de Riesgos Geotécnicos
Área incorporada sin cumplir secuencia y tiempos de estabilización requeridos.
Sistema de monitoreo geomecánico y control de la producción
Estabilización conforme a diseño geotécnico (soporte y fortificación)
Aseguramiento de avance y adherencia al modelo geológico
Monitoreo sectores detenidos
Sectores aledaños inestables, abandonados, colapsados intervenidos sin aislamiento.
Sistema de monitoreo geomecánico y control de la producción
Estabilización conforme a diseño geotécnico (soporte y fortificación)
Demarcación y Señalización en zonas de riesgo.
Monitoreo sectores detenidos
Información de monitoreo estructural no utilizada para decisiones operacionales.
Sistema de monitoreo geomecánico y control de la producción
Chequeo de Condición de Labor
Mapa de Riesgos Geotécnicos
Sectores de alto riesgo sin monitoreo o inspección continua.
Sistema de monitoreo geomecánico y control de la producción
Demarcación y Señalización en zonas de riesgo.
Monitoreo sectores detenidos
Estructuras geológicas críticas no caracterizadas en mapeo geotécnico
Sistema de monitoreo geomecánico y control de la producción
Evaluación geotécnica de perforaciones
Mapa de Riesgos Geotécnicos
Caracterización geotécnica deficiente del macizo rocoso (modelo estructural, esfuerzos, hidrogeología)
Sistema de monitoreo geomecánico y control de la producción
Evaluación geotécnica de perforaciones
Mapa de Riesgos Geotécnicos
Extracción fuera de programa excediendo límites de estabilidad del macizo rocoso.
Sistema de monitoreo geomecánico y control de la producción
Aseguramiento de avance y adherencia al modelo geológico
Chequeo de Condición de Labor
Estructura del Macizo Rocoso
ENERGÍA
Potencial gravitatoria + cinética
Pérdida de control estructural del macizo rocoso.
Segregación física y contención estructural
Operación remota de equipos en zonas críticas
Capacidad de Respuesta ante emergencias
Aplastamiento
Segregación física y contención estructural
Operación remota en zonas críticas
Capacidad de Respuesta ante emergencias
Atrapamiento
Segregación física y contención estructural
Operación remota en zonas críticas
Capacidad de Respuesta ante emergencias
Personal Aislado
Segregación física y contención estructural
Operación remota en zonas críticas
Capacidad de Respuesta ante emergencias
Pérdida de Infraestructura
Segregación física y contención estructural
Operación remota en zonas críticas
Capacidad de Respuesta ante emergencias
Pérdida de Infraestructura
Nos CUIDAMOS
Vivimos el RESPETO
Cumplimos con EXCELENCIA E INNOVACIÓN
Valoramos la COLABORACIÓN
Construimos el FUTURO CON SUSTENTABILIDAD
BOW TIE
SIGO-ECC-003-23
Causas
Controles Críticos
Controles Preventivos
Evento Top
Controles Mitigadores
Eventos no Deseados
COLAPSO ESTRUCTURAL DEL MACIZO ROCOSO
Seguridad Salud y Bienestar
CODELCO
4

ÍNDICE CONTROLES CRÍTICOS

#	CÓDIGO	NOMBRE	TIPO	CLASIFICACIÓN	PÁGINA
1	CCP1	Sistema de monitoreo geomecánico y control de la producción	Preventivo	Sistema	6-7
2	CCP2	Estabilización conforme a diseño geotécnico (soporte y fortificación)	Preventivo	Sistema	8-9
3	CCP3	Perforación y tronadura conforme a diseño geotécnico	Preventivo	Sistema	10-11
4	CCM1	Segregación física y contención estructural	Mitigador	Sistema	12-13
5	CCM2	Operación remota de equipos en zonas críticas	Mitigador	Sistema	14-15
6	CCM3	Capacidad de respuesta ante emergencia	Mitigador	Sistema	16-17

ÍNDICE OTROS CONTROLES

#	CÓDIGO	NOMBRE	TIPO	PÁGINA
1	CP1	Aseguramiento de avance y adherencia al modelo geológico	Preventivo	18
3	CP2	Evaluación geotécnica de perforaciones	Preventivo	18
4	CP3	Mapa de Riesgos Geotécnicos	Preventivo	18
5	CP4	Monitoreo sectores detenidos	Preventivo	18

INFORMACIÓN DE USO INTERNO (I) – PROPIEDAD DE CODELCO | 2025

CONTROL CRÍTICO PREVENTIVO 1 (CCP1)

SISTEMA DE MONITOREO GEOMECÁNICO Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN



OBJETIVOS

Anticipar un colapso estructural del macizo rocoso, mediante el monitoreo continuo de la deformación y sismicidad del macizo rocoso y el control de la secuencia de extracción, para generar alertas tempranas y tomar decisiones operacionales que eviten la inestabilidad.

PREGUNTAS TRABAJADOR/A

¿Conozco las alertas del sistema de monitoreo en mi sector (balizas, alarmas) y sé que debo evacuar inmediatamente a una zona segura si se activan?

PREGUNTAS SUPERVISOR/A

¿He verificado que los instrumentos de monitoreo en mi área están operativos y que mi equipo cumple el plan de producción (cartir) sin desviaciones que puedan acelerar la deformación del macizo rocoso?

PREGUNTAS EJECUTIVO/A

¿Está implementado un sistema que asegure monitoreo continuo, interpretación experta y control de secuencia de producción conforme al diseño geotécnico?

DESVIACIONES AL CONTROL CRÍTICO (EJEMPLOS)

- Se continúa operando en un sector a pesar de que los instrumentos de monitoreo han superado un umbral de alerta crítico (rojo) sin un plan de acción formal.
- El sistema de monitoreo geomecánico principal para un sector de alto riesgo (ej. radar de subsidencia) está fuera de servicio sin controles alternativos implementados.
- Se extrae deliberadamente de sectores no autorizados en el plan de producción (cartir), alterando la secuencia y los esfuerzos del macizo rocoso.
- Se ignora o no se gestiona una recomendación geotécnica formal de detener o modificar la extracción en un sector por condiciones de inestabilidad.
- El personal no evacúa un área tras la activación de una alarma de emergencia por colapso inminente.

INFORMACIÓN DE USO INTERNO (I) – PROPIEDAD DE CODELCO | 2025

CONTROL CRÍTICO PREVENTIVO 1 (CCP1)



SISTEMA DE MONITOREO GEOMECÁNICO Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

ESTÁNDAR DE DESEMPEÑO (DUEÑO/A DE CONTROL)

N°	Requisito	Evidencia	Monitoreo
1	Plan de Monitoreo Geomecánico Vigente.	Solicitar el plan de monitoreo que define tipo, ubicación y cobertura de la instrumentación para el sector.	Anual
2	Instrumentación Operativa y Calibrada.	Solicitar reportes de disponibilidad del sistema y los registros de las últimas calibraciones y mantenimientos.	Trimestral
3	Umbrales de Alerta Definidos y Vigentes.	Solicitar el documento formal que define los umbrales de alerta (velocidad de deformación, sismicidad) y su protocolo de gestión.	Semestral
4	Análisis e Interpretación por Especialistas.	Solicitar informes diarios/semanales de análisis de datos geomecánicos con recomendaciones para la operación.	Semanal
5	Cumplimiento del Plan de Producción (Tiraje).	Solicitar los reportes de extracción y verificar la adherencia al plan de producción (cartir) en tonelaje y secuencia.	Diario
6	Protocolo de Alerta y Respuesta Probado.	Solicitar el informe del último simulacro del plan de emergencias por colapso, verificando tiempos de comunicación y respuesta.	Semestral
7	Personal Capacitado en Protocolos de Alerta.	Verificar registros y en entrevistas en terreno, que el personal ha recibido instrucción respecto al significado y la acción a seguir ante las alertas del sistema.	Trimestral

INFORMACIÓN DE USO INTERNO (I) – PROPIEDAD DE CODELCO | 2025

CONTROL CRÍTICO PREVENTIVO 2 (CCP2)

ESTABILIZACIÓN CONFORME A DISEÑO GEOTÉCNICO (SOPORTE Y FORTIFICACIÓN)



OBJETIVOS

Prevenir el colapso estructural del macizo rocoso, asegurando que toda excavación subterránea sea soportada y fortificada oportunamente, cumpliendo rigurosamente con los diseños de ingeniería validados para las condiciones específicas del macizo rocoso.

PREGUNTAS TRABAJADOR/A

¿He inspeccionado mi lugar de trabajo buscando señales de inestabilidad como: grietas o deformaciones, ruidos en el macizo (crepitaciones), mallas cargadas o pernos sueltos y sé que debo reportarlas de inmediato antes de continuar?

PREGUNTAS SUPERVISOR/A

¿He verificado en terreno que la fortificación instalada (tipo, espaciamiento, calidad) corresponde a lo que exige el diseño geotécnico para esta labor, y que se han ejecutado los controles de calidad requeridos?

PREGUNTAS EJECUTIVO/A

¿Se garantiza que toda excavación subterránea cuente con soporte y fortificación instalada oportunamente según diseño validado?

DESVIACIONES AL CONTROL CRÍTICO (EJEMPLOS)

- Personal trabajando o transitando bajo techo sin la fortificación primaria instalada, fuera del tiempo de auto-soporte permitido.
- Se instalan elementos de fortificación que están visiblemente dañados, corroídos o no corresponden al estándar exigido en el plano para esa zona.
- Una persona no autorizada ni acreditada está operando un equipo de fortificación (jumbo, robot).
- Falta la fortificación requerida en una labor ya desarrollada (ej. zonas sin pernos o sin shotcrete donde el diseño sí lo exige).
- Se sigue avanzando en una labor a pesar de que la fortificación recién instalada presenta fallas estructurales evidentes (ej. pernos se caen, malla se deforma).

INFORMACIÓN DE USO INTERNO (I) – PROPIEDAD DE CODELCO | 2025

CONTROL CRÍTICO PREVENTIVO 2 (CCP2)

ESTABILIZACIÓN CONFORME A DISEÑO GEOTÉCNICO (SOPORTE Y FORTIFICACIÓN)



ESTÁNDAR DE DESEMPEÑO (DUEÑO/A DE CONTROL)

N°	Requisito	Evidencia	Monitoreo
1	Diseño de Fortificación Validado y Contextualizado.	Solicitar plano de fortificación, verificando que la aprobación de Geotecnia considera las condiciones locales (humedad, fallas, tipo de roca).	Mensual
2	Materiales de Fortificación Certificados.	Solicitar certificados de calidad de fábrica o especificaciones técnicas para todos los sistemas que conforman la fortificación (pernos, malla u hormigón proyectado)	Semestral
3	Aseguramiento de Calidad (QA/QC) en Terreno.	Solicitar reportes de QA/QC de la semana (pull-tests, espesores de shotcrete, checklists de instalación).	Semanal
4	Cumplimiento de Tiempos de Instalación.	Revisar reportes de avance diarios y verificar que no se exceda el tiempo máximo de labor sin fortificar.	Diario
5	Protocolo de Acción Post - Evento Sísmico.	Solicitar el procedimiento de reevaluación de la estabilidad y la fortificación de las labores después de un evento sísmico significativo.	Anual
6	Personal Acreditado	Solicitar registros de acreditación vigentes para operadores de equipos de fortificación.	Anual
7	Gestión de Reporte de Condiciones Anormales.	Verificar en libros de novedades o reportes que los hallazgos de fortificación dañada son reportados y gestionados.	Mensual

INFORMACIÓN DE USO INTERNO (I) – PROPIEDAD DE CODELCO | 2025

CONTROL CRÍTICO PREVENTIVO 3 (CCP3)

PERFORACIÓN Y TRONADURA CONFORME A DISEÑO GEOTÉCNICO



OBJETIVOS

Garantizar que todas las actividades de perforación, tronadura y preacondicionamiento se ejecuten de manera controlada y en estricto cumplimiento de los diseños y secuencias de ingeniería validados geomecánicamente, para minimizar el daño al macizo rocoso, controlar la sismicidad inducida y mantener la estabilidad de las excavaciones.

PREGUNTAS TRABAJADOR/A

Antes de ingresar, ¿he verificado que la labor se encuentra liberada y autorizada para el tránsito después de la tronadura, y que no existen advertencias de condiciones post-disparo anormales como tiros quedados o inestabilidades de la labor?

PREGUNTAS SUPERVISOR/A

¿He verificado en terreno que los diseños de perforación y tronadura se están implementando según lo especificado (longitudes, ángulos, secuencia, explosivos), he gestionado y comunicado formalmente cualquier desviación, y he confirmado el aislamiento y evacuación del área antes de autorizar la tronadura?

PREGUNTAS EJECUTIVO/A

¿Se asegura que toda perforación, tronadura y preacondicionamiento se ejecuten con diseños validados y QA/QC en terreno?

DESVIACIONES AL CONTROL CRÍTICO (EJEMPLOS)

- Se ejecuta una tronadura sin un diseño (carta de disparo) formalmente validado por geomecánica, o se utiliza un diseño que no corresponde a la labor.
- Se realiza el desarrollo de una excavación (perforación) desviándose significativamente de la trayectoria o secuencia validada en el plan minero, invadiendo zonas de mayor riesgo no evaluadas.
- Se realiza una tronadura sin haber confirmado y registrado el despeje y aislamiento completo del área de peligro según el protocolo.
- Se omite o se ejecuta incorrectamente una etapa crítica de preacondicionamiento (ej. fracturamiento hidráulico, destress blasting).
- No se reporta y gestiona un tiro quedado (TQ) o una condición post-disparo anormal

INFORMACIÓN DE USO INTERNO (I) – PROPIEDAD DE CODELCO | 2025

CONTROL CRÍTICO PREVENTIVO 3 (CCP3)

PERFORACIÓN Y TRONADURA CONFORME A DISEÑO GEOTÉCNICO



ESTÁNDAR DE DESEMPEÑO (DUEÑO/A DE CONTROL)

N°	Requisito	Evidencia	Monitoreo
1	Diseños de P&T y preacondicionamiento con validación geomecánica.	Solicitar los diseños de perforación y tronadura (cartas, diagramas) y verificar que cuentan con la firma o registro de validación geomecánica antes de su uso.	Mensual
2	Procedimientos operacionales de P&T estandarizados, vigentes y difundidos.	Solicitar los procedimientos vigentes para perforación, carguío de explosivos, amarre y tronadura. Verificar registros de capacitación del personal ejecutor.	Anual
3	Control de calidad (QA/QC) en la ejecución de la perforación.	Solicitar reportes de topografía o de sistemas de navegación de jumbos que verifiquen el cumplimiento de la posición, longitud y ángulo de los tiros perforados.	Semanal
4	Verificación de la ejecución de la tronadura conforme al diseño.	Solicitar los reportes post-tronadura que incluyan la verificación del tipo y cantidad de explosivo utilizado, el cumplimiento de la secuencia y el reporte de tiros quedados (si aplica).	Semanal
5	Protocolos de aislamiento y autorización para la tronadura.	Revisar los registros de aislamiento de área (ej. libro de tronadura) y las autorizaciones firmadas que confirman la evacuación del personal y la entrega del área.	Cada vez
6	Conciliación y análisis de resultados post-tronadura.	Solicitar informes de conciliación que comparen el avance real vs. el planificado, el perfil de sobre excavación (escáner) y el análisis de la respuesta sísmica.	Mensual
7	Capacitación del personal ejecutor (perforistas, tronadores)	Solicitar los registros que acrediten la capacitación y licencias vigentes del personal que ejecuta y supervisa las tareas de P&T.	Anual
8	Gestión de tiros quedados (TQ) según procedimiento.	Solicitar el procedimiento de gestión de TQ y verificar los registros de reporte y eliminación segura de cualquier tiro quedado detectado.	Cada vez

INFORMACIÓN DE USO INTERNO (I) – PROPIEDAD DE CODELCO | 2025

CONTROL CRÍTICO MITIGADOR 1 (CCM1)

SEGREGACIÓN FÍSICA Y CONTENCIÓN ESTRUCTURAL



OBJETIVOS

Proteger a las personas de colapsos estructurales del macizo rocoso, ya sea conteniendo la inestabilidad con obras de ingeniería o bloqueando físicamente el acceso a toda zona identificada con este riesgo.

PREGUNTAS TRABAJADOR/A

¿Tengo autorización para ingresar a esta labor, y he chequeado visualmente que los accesos no están bloqueados y que las estructuras de contención no presentan daños evidentes?

PREGUNTAS SUPERVISOR/A

¿He verificado que las estructuras de contención están instaladas conforme al diseño y a las recomendaciones geomecánicas, y que todas las labores que presentan riesgo de colapso están efectivamente segregadas?

PREGUNTAS EJECUTIVO/A

¿Se garantiza que las zonas de colapso potencial estén segregadas con barreras duras y estructuras de contención instaladas conforme a diseño?

DESVIACIONES AL CONTROL CRÍTICO (EJEMPLOS)

- Se encuentra personal no autorizado dentro de un área que está formalmente bloqueada con barreras duras por riesgo de colapso.
- Una zona con un colapso ya ocurrido no cuenta con una barrera física dura que impida el acceso a la zona de afectación.
- Una estructura de contención presenta fallas estructurales evidentes (grietas mayores, deformación severa) y el área no se aísla de inmediato.
- Se retira una barrera dura de una zona de alto riesgo sin una reevaluación geotécnica formal y una autorización de la gerencia.
- El supervisor autoriza verbalmente el ingreso a una zona bloqueada por riesgo de colapso, sin seguir el protocolo formal.

INFORMACIÓN DE USO INTERNO (I) – PROPIEDAD DE CODELCO | 2025

CONTROL CRÍTICO MITIGADOR 1 (CCM1)

SEGREGACIÓN FÍSICA Y CONTENCIÓN ESTRUCTURAL



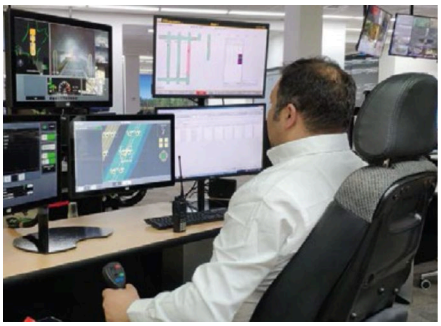
ESTÁNDAR DE DESEMPEÑO (DUEÑO/A DE CONTROL)

N°	Requisito	Evidencia	Monitoreo
1	Diseño de Estructuras de Contención.	Solicitar la memoria de cálculo y el diseño de ingeniería de la estructura de contención (muro, encastillado), validado por un especialista.	Por evento
2	Aseguramiento de Calidad (QA/QC) de Construcción.	Solicitar los registros de QA/QC de la construcción de las estructuras (ej. calidad del hormigón, armado de fierro, instalación).	Por evento
3	Segregación y Bloqueo Físico.	Solicitar el documento que define el tipo de barrera física (dura) a utilizar para bloquear labores según el nivel de riesgo.	Anual
4	Mapa de Zonas Bloqueadas y Contenidas.	Solicitar el plano oficial y actualizado de la mina que identifica todas las labores bloqueadas y las que cuentan con estructuras de contención.	Mensual
5	Verificación de Barreras Físicas en Terreno.	Solicitar informes de inspección que verifiquen la existencia, integridad y correcta señalización de las barreras y estructuras de contención.	Semanal
6	Protocolo de Control de Acceso Formal.	Solicitar el procedimiento de autorización de ingreso a áreas restringidas y revisar los registros de permisos emitidos.	Trimestral

INFORMACIÓN DE USO INTERNO (I) – PROPIEDAD DE CODELCO | 2025

CONTROL CRÍTICO MITIGADOR 2 (CCM2)

OPERACIÓN REMOTA DE EQUIPOS EN ZONAS CRÍTICAS



OBJETIVOS

Eliminar la exposición de las personas al interactuar con zonas de alto riesgo de colapso estructural del macizo rocoso, asegurando que cualquier intervención en estas áreas se realice exclusivamente mediante el uso de equipos de operación remota.

PREGUNTAS TRABAJADOR/A

¿Estoy operando el equipo desde una ubicación físicamente segura y autorizada ya sea una sala de control o una estocada protegida y fortificada y he verificado que todos los sistemas de control y comunicación con el equipo funcionan correctamente?

PREGUNTAS SUPERVISOR/A

¿He verificado que en las zonas definidas como de alto riesgo solo se están utilizando equipos en modo remoto, que los operadores están acreditados, y que los protocolos de ingreso restringido a estas áreas se cumplen rigurosamente?

PREGUNTAS EJECUTIVO/A

¿Se asegura que en zonas de alto riesgo solo se utilicen equipos telecomandados desde áreas seguras y mantenidas?

DESVIACIONES AL CONTROL CRÍTICO (EJEMPLOS)

- Se encuentra personal no autorizado dentro de una zona segregada para operación remota mientras un equipo está en funcionamiento.
- Se opera un equipo de forma manual (con operador en la cabina) dentro de una zona que está definida formalmente como de operación remota exclusiva.
- Un operador no acreditado está controlando un equipo en modo remoto en una zona de producción o desarrollo.
- Se continúa operando un equipo de forma remota a pesar de una falla total del sistema de video o de comunicación.
- Se autoriza el ingreso de personal a una zona de operación remota sin haber asegurado y bloqueado previamente el equipo.

INFORMACIÓN DE USO INTERNO (I) – PROPIEDAD DE CODELCO | 2025

CONTROL CRÍTICO MITIGADOR 2 (CCM2)

OPERACIÓN REMOTA DE EQUIPOS EN ZONAS CRÍTICAS



ESTÁNDAR DE DESEMPEÑO (DUEÑO/A DE CONTROL)

N°	Requisito	Evidencia	Monitoreo
1	Zonas de Operación Remota Definidas y Segregadas.	Solicitar el plano vigente que delimita las zonas de exclusión. Verificar en terreno la señalización y barreras físicas.	Mensual
2	Equipos Remotos Funcionales y Mantenidos.	Solicitar los registros de mantenimiento preventivo del equipo y el checklist de pre-uso firmado por el operador.	Semanal
3	Sistemas de Comunicación y Video Operativos.	Solicitar reportes de disponibilidad de la red. Verificar en sala de control la calidad de la señal de video y datos.	Semanal
4	Personal Operador Acreditado.	Solicitar los registros de acreditación para todos los operadores de equipos remotos.	Anual
5	Protocolos de Operación e Ingreso Vigentes.	Solicitar el procedimiento de operación remota y el protocolo de control de ingreso a la zona de exclusión.	Anual
6	Sistemas de detención de emergencia operativos (Hardware y Software).	Solicitar registros de pruebas funcionales de los sistemas de detención de emergencia del equipo y de la sala de control.	Trimestral

INFORMACIÓN DE USO INTERNO (I) – PROPIEDAD DE CODELCO | 2025

CONTROL CRÍTICO MITIGADOR 3 (CCM3)

CAPACIDAD DE RESPUESTA ANTE EMERGENCIA



OBJETIVOS

Garantizar una respuesta sistémica, inmediata y eficaz tras un colapso estructural del macizo rocoso, integrando la comunicación, la brigada de rescate y la atención médica, para rescatar y atender a las personas afectadas en el menor tiempo posible, minimizando la severidad de las lesiones.

PREGUNTAS TRABAJADOR/A

En caso de un colapso o derrumbe, ¿conozco la señal de emergencia que debo activar y la ubicación de la ruta de evacuación o refugio más cercano desde mi lugar de trabajo?

PREGUNTAS SUPERVISOR/A

¿He verificado que mi equipo conoce el plan de emergencia y que los recursos de comunicación y rescate en mi área (radios, refugios, camillas) están operativos y listos para ser usados inmediatamente?

PREGUNTAS EJECUTIVO/A

¿Se dispone de un plan integrado de emergencia, brigada entrenada y refugios/equipos operativos para responder a un colapso estructural?

DESVIACIONES AL CONTROL CRÍTICO (EJEMPLOS)

- Se activa una alerta de emergencia por colapso y el sistema de comunicación principal para coordinar el rescate no funciona.
- La brigada de rescate no está disponible, no cuenta con el personal mínimo o su equipamiento crítico no está operativo para iniciar la movilización.
- Los refugios mineros o estaciones de emergencia cercanos a la zona del evento se encuentran sin los insumos vitales operativos (aire, agua).
- Se desconoce la ubicación o el número de personas en el área afectada tras un evento, por falla en los sistemas de control de ingreso.
- Se autoriza el ingreso de la brigada de rescate a la zona del derrumbe sin una evaluación previa de la estabilidad del terreno.

INFORMACIÓN DE USO INTERNO (I) – PROPIEDAD DE CODELCO | 2025

CONTROL CRÍTICO MITIGADOR 3 (CCM3)

CAPACIDAD DE RESPUESTA ANTE EMERGENCIAS

ESTÁNDAR DE DESEMPEÑO (DUEÑO/A DE CONTROL)

N°	Requisito	Evidencia	Monitoreo
1	Plan de Emergencia Integrado y Vigente.	Solicitar el plan de emergencia para colapso estructural del macizo rocoso, verificando su actualización y que integra todas las áreas de respuesta.	Anual
2	Brigada de Rescate Entrenada.	Solicitar los registros de entrenamiento de los miembros de la brigada en rescate minero.	Semestral
3	Equipamiento de Rescate y Refugios Operativos.	Solicitar los registros de inspección mensual de los equipos de rescate, refugios mineros y estaciones de emergencia.	Mensual
4	Sistemas de Comunicación de Emergencia Funcionales.	Solicitar registros de pruebas funcionales de los sistemas de comunicación de emergencia (radios, alarmas).	Trimestral
5	Simulacros Integrados Realizados y Evaluados.	Solicitar el informe del último simulacro, verificando tiempos de respuesta y planes de acción de las brechas.	Semestral
6	Personal Capacitado en Respuesta Inicial.	Verificar en registros y en terreno que el personal ha recibido instrucción en el protocolo de aviso y las rutas de evacuación.	Trimestral

INFORMACIÓN DE USO INTERNO (I) – PROPIEDAD DE CODELCO | 2025

CP1: ASEGURAMIENTO DE AVANCE Y ADHERENCIA AL MODELO GEOLÓGICO

Las condiciones geológicas y estructurales reales encontradas durante la excavación deben ser sistemáticamente mapeadas y comparadas contra las proyecciones del modelo geológico predictivo para validar su fiabilidad.

a. El geólogo de operaciones debe ejecutar el mapeo estructural sistemático de todos los frentes de desarrollo activos, documentando la orientación, tipo y características de fallas, diaclasas y otras estructuras geológicas relevantes.

b. El geólogo debe comparar en terreno los datos del mapeo con las proyecciones del modelo geológico vigente, identificando e informando cualquier discrepancia significativa a la supervisión y al área de geomecánica.

c. El supervisor del área, al ser notificado de una discrepancia, debe detener las actividades si la desviación representa un potencial aumento del riesgo y solicitar una re-evaluación formal por parte del área especialista antes de continuar con el avance

CP2: EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE PERFORACIONES

Toda perforación de exploración o geotécnica debe ser registrada y evaluada sistemáticamente para caracterizar el macizo rocoso y actualizar el modelo geológico-geotécnico del área.

a. El geotécnico o geomecánico responsable debe ejecutar un registro geotécnico detallado de todos los sondajes, documentando parámetros como RQD, frecuencia de fracturas, alteración y características estructurales, según el procedimiento establecido para el sitio.

b. La información obtenida del registro geotécnico debe ser ingresada a la base de datos y utilizada por el área especialista para refinar y actualizar los modelos estructurales y geotécnicos del macizo rocoso.

c. El supervisor del área debe asegurar que los desarrollos mineros no avancen hacia zonas sin caracterización previa de sondajes, o donde la información obtenida no haya sido formalmente procesada, validada e integrada al modelo.

CP3 MAPA DE RIESGOS GEOTÉCNICOS

Se debe contar con mapas de riesgos geotécnicos actualizados para todas las áreas operativas, los cuales deben ser el instrumento de referencia para la planificación, la instrucción y la autorización de trabajos.

a. El área de Geotecnia es responsable de mantener actualizado y distribuido el mapa de riesgo geotécnico con una frecuencia mínima trimestral, o antes si las condiciones operacionales o del terreno cambian significativamente.

b. El supervisor, previo al inicio de cada turno, debe consultar el mapa de riesgo vigente para instruir a su equipo sobre el nivel de riesgo del sector a intervenir y los controles específicos que aplican.

c. El área de Planificación Mina debe utilizar la información de los mapas de riesgo geotécnico como un dato de entrada obligatorio para el diseño de fases, la secuencia de extracción y la programación de perforación y tronadura.

CP4: MONITOREO SECTORES DETENIDOS

Todos los frentes de producción o labores de desarrollo que se encuentren con detención prolongada deben ser monitoreados formalmente para controlar su estabilidad geotécnica antes de autorizar el reingreso de personal y equipos.

a. El supervisor del área debe asegurar que todas las labores con detención prolongada sean incorporadas en los programas de inspección geotécnica, con una frecuencia definida por el área especialista.

b. El acceso a los sectores detenidos debe estar restringido mediante barreras físicas y señalización de advertencia, prohibiendo el ingreso hasta que una inspección geotécnica formal autorice su reingreso.

c. Antes de reiniciar las actividades, un especialista del área de geomecánica debe realizar una evaluación documentada de la estabilidad de la labor, emitiendo recomendaciones de saneamiento o refuerzo que deben ser implementadas por el personal de operaciones.

INFORMACIÓN DE USO INTERNO (I) – PROPIEDAD DE CODELCO | 2025



ANEXOS

- Controles Críticos que salvan vidas (Trabajador/a y Supervisor/a)
- Liderazgo que salva vidas (Ejecutivo/a)

RF 23

COLAPSO ESTRUCTURAL DEL MACIZO ROCOSO



TRABAJADOR/A

Control Crítico	Pregunta del Trabajador/a
CCP1 – Sistema de monitoreo geomecánico y control de la producción	¿Conozco las alertas del sistema de monitoreo en mi sector (balizas, alarmas) y sé que debo evacuar inmediatamente a una zona segura si se activan?
CCP2 – Estabilización conforme a diseño geotécnico (soporte y fortificación)	¿He inspeccionado mi lugar de trabajo buscando señales de inestabilidad como: grietas o, deformaciones, ruidos en el macizo (crepitaciones), mallas cargadas o pernos sueltos y sé que debo reportarlas de inmediato antes de continuar?
CCP3 – Perforación y tronadura conforme a diseño geotécnico	Antes de ingresar, ¿he verificado que la labor se encuentra liberada y autorizada para el tránsito después de la tronadura, y que no existen advertencias de condiciones post-disparo anormales como tiros quedados o inestabilidades de la labor?
CCM1 – Segregación Física y Contención Estructural	¿Tengo autorización para ingresar a esta labor, y he chequeado visualmente que los accesos no están bloqueados y que las estructuras de contención no presentan daños evidentes?
CCM2 – Operación remota de equipos en zonas críticas	¿Estoy operando el equipo desde una ubicación físicamente segura y autorizada -ya sea una sala de control o una estocada protegida y fortificada- y he verificado que todos los sistemas de control y comunicación con el equipo funcionan correctamente?
CCM3 – Capacidad de Respuesta Ante Emergencia	En caso de un colapso o derrumbe, ¿conozco la señal de emergencia que debo activar y la ubicación de la ruta de evacuación o refugio más cercano desde mi lugar de trabajo?

Si alguna de las preguntas tiene como respuesta "NO", detenga la actividad.
*Luego, aplique **tarjeta verde** y notifique al supervisor para asegurar la implementación del control crítico en terreno.*

RF 23

COLAPSO ESTRUCTURAL DEL MACIZO ROCOSO



SUPERVISOR/A

Control Crítico	Pregunta del Supervisor/a
CCP1 – Sistema de monitoreo geomecánico y control de la producción	¿He verificado que los instrumentos de monitoreo en mi área están operativos y que mi equipo cumple el plan de producción (cartir) sin desviaciones que puedan acelerar la deformación del macizo rocoso?
CCP2 – Estabilización conforme a diseño geotécnico (soporte y fortificación)	¿He verificado en terreno que la fortificación instalada (tipo, espaciamiento, calidad) corresponde a lo que exige el diseño geotécnico para esta labor, y que se han ejecutado los controles de calidad requeridos?
CCP3 – Perforación y tronadura conforme a diseño geotécnico	¿He verificado en terreno que los diseños de perforación y tronadura se están implementando según lo especificado (longitudes, ángulos, secuencia, explosivos), he gestionado y comunicado formalmente cualquier desviación, y he confirmado el aislamiento y evacuación del área antes de autorizar la tronadura?
CCM1 – Segregación Física y Contención Estructural	¿He verificado que las estructuras de contención están instaladas conforme al diseño y a las recomendaciones geomecánicas, y que todas las labores que presentan riesgo de colapso están efectivamente segregadas?
CCM2 – Operación remota de equipos en zonas críticas	¿He verificado que en las zonas definidas como de alto riesgo solo se están utilizando equipos en modo remoto, que los operadores están acreditados, y que los protocolos de ingreso restringido a estas áreas se cumplen rigurosamente?
CCM3 – Capacidad de Respuesta Ante Emergencia	¿Se dispone de un plan integrado de emergencia, brigada entrenada y refugios/equipos operativos para responder a un colapso estructural?

Si alguna de las preguntas tiene como respuesta "NO", detenga la actividad.
Luego, gestione y asegure la implementación del control crítico en terreno.

RF 23

COLAPSO ESTRUCTURAL DE ROCAS

EJECUTIVO/A

Control Crítico	Pregunta del Ejecutivo
CCP1 – Sistema de monitoreo geomecánico y control de la producción	¿Está implementado un sistema que asegure monitoreo continuo, interpretación experta y control de secuencia de producción conforme al diseño geotécnico?
CCP2 – Estabilización conforme a diseño geotécnico (soporte y fortificación)	¿Se garantiza que toda excavación subterránea cuente con soporte y fortificación instalada oportunamente según diseño validado?
CCP3 – Perforación y tronadura conforme a diseño geotécnico	¿Se asegura que toda perforación, tronadura y preacondicionamiento se ejecuten con diseños validados y QA/QC en terreno?
CCM1 – Segregación física y contención estructural	¿Se garantiza que las zonas de colapso potencial estén segregadas con barreras duras y estructuras de contención instaladas conforme a diseño?
CCM2 – Operación remota de equipos en zonas críticas	¿Se asegura que en zonas de alto riesgo solo se utilicen equipos telecomandados desde áreas seguras y mantenidas?
CCM3 – Capacidad de respuesta ante emergencia	¿Se dispone de un plan integrado de emergencia, brigada entrenada y refugios/equipos operativos para responder a un colapso estructural?

ESTÁNDAR DE DESEMPEÑO

Control Crítico		Evidencias
CCP1 – Sistema de monitoreo geomecánico y control de la producción	Diseño	Solicite plan de monitoreo, reportes de calibración y validación de secuencia de producción.
	Terreno	Verifique instrumentos operativos, alarmas activas y cumplimiento del plan de extracción.
CCP2 – Estabilización conforme a diseño geotécnico (soporte y fortificación)	Diseño	Solicite plano de fortificación, certificados de materiales y reportes QA/QC.
	Terreno	Verifique en labor fortificación instalada según diseño, acuñadura ejecutada y materiales en buen estado.
CCP3 – Perforación y tronadura conforme a diseño geotécnico	Diseño	Solicite cartas de tronadura validadas, reportes de QA/QC y conciliación post-tronadura.
	Terreno	Verifique perforaciones ejecutadas conforme a diseño, secuencia aplicada y tiros quedados gestionados.
CCM1 – Segregación física y contención estructural	Diseño	Solicite memoria de cálculo y registros QA/QC de estructuras de contención.
	Terreno	Verifique barreras duras instaladas, señalización visible y estructuras íntegras.
CCM2 – Operación remota de equipos en zonas críticas	Diseño	Solicite registros de mantenimiento de equipos y procedimientos de operación remota.
	Terreno	Verifique equipos en modo remoto, comunicación funcional y zonas segregadas.
CCM3 – Capacidad de respuesta ante emergencia	Diseño	Solicite plan de emergencia y registros de simulacros.
	Terreno	Verifique brigada entrenada, refugios operativos y equipos de rescate/comunicación disponibles.

INFORMACIÓN DE USO INTERNO (I) – PROPIEDAD DE CODELCO | 2025


CODELCO