CODELCO

Riesgo de Fatalidad

TRONADURAS Y EXPLOSIVOS

Seguridad Salud y Bienestar



Evento Top

Pérdida de Control del Proceso de Tronadura

SIGO-ECC-003-08
VERSIÓN: 001

CUADRO INFORMATIVO

Área Responsable	Gerencia Corporativa de Seguridad y Salud Ocupacional
Código	SIGO-ECC-003-08
Versión	001
Vigencia	28-04-2026
Páginas	24

Fecha	Control de Cambios	Responsables
05-12-2025	Publicación oficial del documento.	Gerencia Corp. SSO
28-04-2026	• Se modifica EdD 2 del CCP1: Licencia de Programador Calculista. • Se modifica EdD 3 del CCP1: Programa de Formación y Competencias	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	
Revisado:	**Claudio Yañez Peña** Director Corporativo 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

Su alcance abarca la gestión integral del ciclo de vida de los explosivos: almacenamiento, transporte, manipulación, carguío, conexión, iniciación de tronadura y verificación post-tronadura, manteniendo control permanente sobre explosivos y accesorios en cada etapa del proceso.

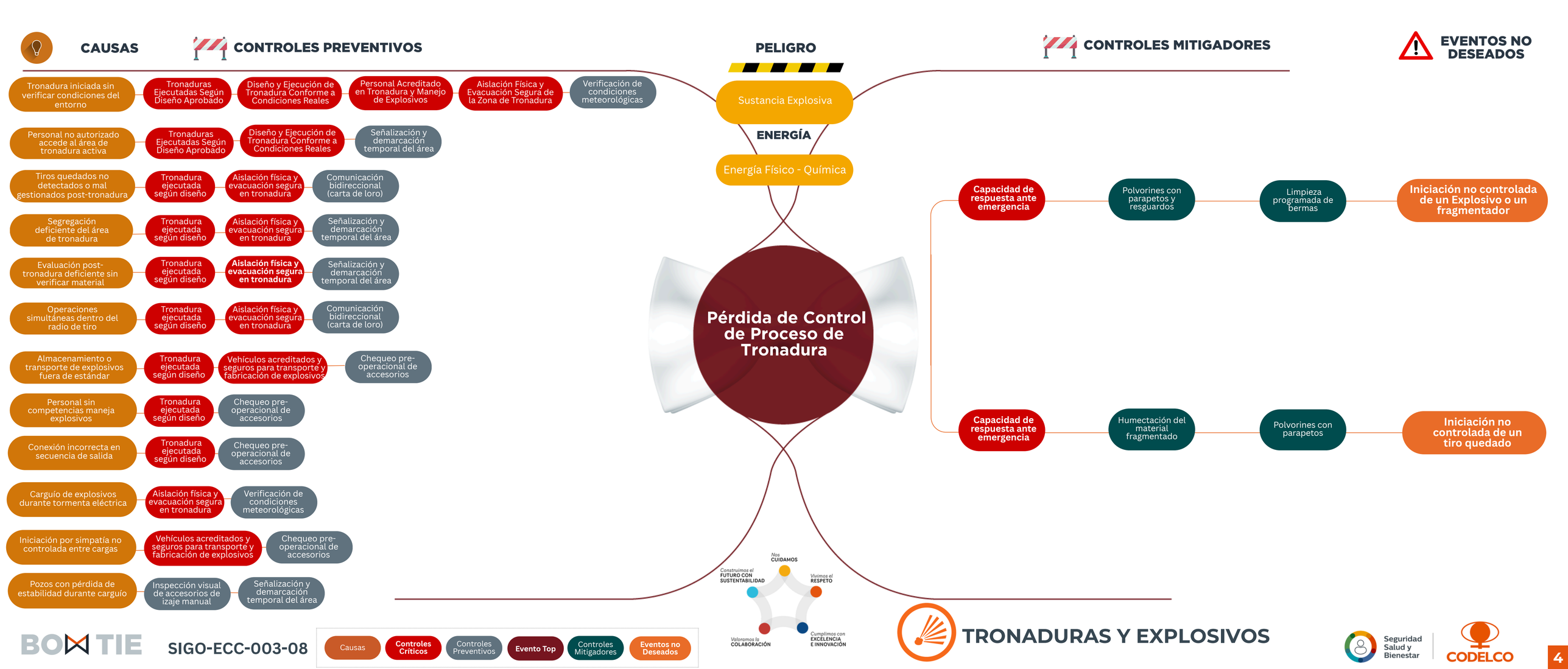
Este riesgo comprende operaciones con explosivos que pueden generar eventos fatales y/o daños materiales tales como:

- Iniciación no controlada y/o espontánea de explosivos o agentes de fragmentación
- Iniciación no controlada y/o espontánea de tiros quedados o rezagados
- Proyección no controlada de fragmentos de roca (Fly Rocks)

EXCLUSIONES

- Para el carguío automatizado, serán las Divisiones o Proyectos, quienes deberán elaborar un análisis de riesgo, en el cual definan los controles críticos aplicables de este Riesgo de Fatalidad.




CAUSAS
CONTROLES PREVENTIVOS
PELIGRO
CONTROLES MITIGADORES
EVENTOS NO DESEADOS
Tronadura iniciada sin verificar condiciones del entorno
Tronaduras Ejecutadas Según Diseño Aprobado
Diseño y Ejecución de Tronadura Conforme a Condiciones Reales
Personal Acreditado en Tronadura y Manejo de Explosivos
Aislación Física y Evacuación Segura de la Zona de Tronadura
Verificación de condiciones meteorológicas
Personal no autorizado accede al área de tronadura activa
Tronaduras Ejecutadas Según Diseño Aprobado
Diseño y Ejecución de Tronadura Conforme a Condiciones Reales
Señalización y demarcación temporal del área
Tiros quedados no detectados o mal gestionados post-tronadura
Tronadura ejecutada según diseño
Aislación física y evacuación segura en tronadura
Comunicación bidireccional (carta de loro)
Segregación deficiente del área de tronadura
Tronadura ejecutada según diseño
Aislación física y evacuación segura en tronadura
Señalización y demarcación temporal del área
Evaluación post-tronadura deficiente sin verificar material
Tronadura ejecutada según diseño
Aislación física y evacuación segura en tronadura
Señalización y demarcación temporal del área
Operaciones simultáneas dentro del radio de tiro
Tronadura ejecutada según diseño
Aislación física y evacuación segura en tronadura
Comunicación bidireccional (carta de loro)
Almacenamiento o transporte de explosivos fuera de estándar
Tronadura ejecutada según diseño
Vehículos acreditados y seguros para transporte y fabricación de explosivos
Chequeo pre-operacional de accesorios
Personal sin competencias maneja explosivos
Tronadura ejecutada según diseño
Chequeo pre-operacional de accesorios
Conexión incorrecta en secuencia de salida
Tronadura ejecutada según diseño
Chequeo pre-operacional de accesorios
Carguío de explosivos durante tormenta eléctrica
Aislación física y evacuación segura en tronadura
Verificación de condiciones meteorológicas
Iniciación por simpatía no controlada entre cargas
Vehículos acreditados y seguros para transporte y fabricación de explosivos
Chequeo pre-operacional de accesorios
Pozos con pérdida de estabilidad durante carguío
Inspección visual de accesorios de izaje manual
Señalización y demarcación temporal del área
Sustancia Explosiva
ENERGÍA
Energía Físico - Química
Pérdida de Control de Proceso de Tronadura
Capacidad de respuesta ante emergencia
Polvorines con parapetos y resguardos
Limpieza programada de bermas
Iniciación no controlada de un Explosivo o un fragmentador
Capacidad de respuesta ante emergencia
Humectación del material fragmentado
Polvorines con parapetos
Iniciación no controlada de un tiro quedado
Nos CUIDAMOS
Construimos el FUTURO CON SUSTENTABILIDAD
Vivimos el RESPETO
Valoramos la COLABORACIÓN
Cumplimos con EXCELENCIA E INNOVACIÓN
BOW TIE
SIGO-ECC-003-08
Causas
Controles Críticos
Controles Preventivos
Evento Top
Controles Mitigadores
Eventos no Deseados
TRONADURAS Y EXPLOSIVOS
Seguridad Salud y Bienestar
CODELCO

ÍNDICE CONTROLES CRÍTICOS

#	CÓDIGO	NOMBRE	TIPO	CLASIFICACIÓN	PÁGINA
1	CCP1	Personal Acreditado en Tronadura y Manejo de Explosivos	Preventivo	Sistema	6-7
2	CCP2	Tronaduras Ejecutadas Según Diseño Aprobado	Preventivo	Sistema	8-9
3	CCP3	Diseño y Ejecución de Tronadura Conforme a Condiciones Reales	Preventivo	Sistema	10-11
4	CCP4	Aislación Física y Evacuación Segura de la Zona de Tronadura	Preventivo	Sistema	12-13
5	CCP5	Vehículos acreditados y seguros para transporte y fabricación de explosivos	Preventivo	Sistema	14-15
6	CCM1	Capacidad de respuesta ante emergencia	Mitigador	Sistema	16-17

ÍNDICE OTROS CONTROLES

#	CÓDIGO	NOMBRE	TIPO	PÁGINA
1	CP1	Verificación de condiciones meteorológicas	Preventivo	18
2	CP2	Señalización y demarcación temporal del área	Preventivo	18
3	CP3	Comunicación bidireccional (carta de loro)	Preventivo	18
4	CP4	Chequeo pre-operacional de accesorios	Preventivo	18
5	CM1	Polvorines con parapetos y resguardos	Mitigador	19
6	CM2	Limpieza programada de bermas colmatadas	Mitigador	19
7	CM3	Humectación del material fragmentado	Mitigador	19

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

CONTROL CRÍTICO PREVENTIVO 1 (CCP1)

PERSONAL ACREDITADO EN TRONADURA Y MANEJO DE EXPLOSIVOS



OBJETIVOS

Garantizar que todo el personal que diseña, planifica, manipula, transporta y ejecuta maniobras de tronadura posea las competencias, acreditaciones y autorizaciones vigentes requeridas por la ley y la organización, para asegurar una ejecución experta y sin errores del proceso.

PREGUNTAS TRABAJADOR/A

¿Se encuentra vigente mi licencia de manipulador de explosivos y mi acreditación en el centro de trabajo?

PREGUNTAS SUPERVISOR/A

¿He verificado que cada integrante de mi equipo (programador, manipuladores) tiene sus acreditaciones y licencias vigentes y que comprenden el plan de tronadura antes de iniciar cualquier manipulación de explosivos?

PREGUNTAS EJECUTIVO/A

¿Está implementado un sistema que asegure que el personal de tronadura cuenta con licencia de manipulador de explosivos y acreditación vigentes?

DESVIACIONES AL CONTROL CRÍTICO (EJEMPLOS)

- Personal sin licencia de manipulador de explosivos vigente participa en el carguío o amarre de una tronadura.
- El diseño de una tronadura es realizado o modificado por una persona que no cuenta con la acreditación de Programador Calculista.
- Se utiliza un sistema de iniciación electrónico sin que el personal que lo opera haya sido certificado por el fabricante.
- Un trabajador nuevo es asignado a tareas de manipulación de explosivos sin haber completado su entrenamiento práctico guiado por un instructor.
- La supervisión autoriza a trabajar a personal cuyas competencias o licencias se encuentran visiblemente vencidas.

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

CONTROL CRÍTICO PREVENTIVO 1 (CCP1)

PERSONAL ACREDITADO EN TRONADURA Y MANEJO DE EXPLOSIVOS

ESTÁNDAR DE DESEMPEÑO (DUEÑO/A DE CONTROL)

N°	Requisito	Evidencia	Monitoreo
1	Licencia de Manipulador de Explosivos Vigente	Solicitar y verificar en terreno que todo el personal que manipula explosivos (incluyendo al conductor del vehículo del transporte de explosivos), porte su licencia de "Manipulador de Explosivos" vigente, emitida por la autoridad fiscalizadora.	Mensual
2	Acreditación de Programador Calculista	Solicitar la licencia vigente del "Programador Calculista" responsable del diseño de la tronadura, emitida por la autoridad competente.	Cada vez
3	Programa de Formación y Competencias	Solicitar el programa de formación que define las competencias para cada rol: trabajadores y supervisores relacionados con el uso de explosivos	Anual
4	Capacitación Específica del Fabricante	Para tecnologías específicas (ej. tronadura electrónica), solicitar los certificados de aprobación de capacitación emitidos por el fabricante del sistema al personal que lo opera.	Anual
5	Entrenamiento Práctico en Terreno	Verificar los registros de entrenamiento práctico en terreno, guiado por un instructor, para todo el personal que se inicia en funciones de manejo de explosivos.	Cada vez

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

CONTROL CRÍTICO PREVENTIVO 2 (CCP2)

TRONADURAS EJECUTADAS SEGÚN DISEÑO APROBADO



OBJETIVOS

Garantizar que cada tronadura se ejecute siguiendo estrictamente los parámetros definidos en un diseño de ingeniería (conceptual, modelo de bloques), el cual debe estar basado en información geológica, geotécnica y operacional actualizada, y cuyo cumplimiento en terreno sea verificado mediante un riguroso proceso de aseguramiento de calidad (QA/QC).

PREGUNTAS TRABAJADOR/A

Antes de cargar el pozo, ¿verifiqué que los parámetros, el tipo de explosivo y los accesorios coinciden con el diseño de tronadura aprobado para hoy?

PREGUNTAS SUPERVISOR/A

¿He verificado que el diseño de tronadura fue ajustado a las condiciones geotécnicas del día, y estoy controlando en terreno que el equipo ejecute el carguío y amarre, sin desviaciones a ese diseño final aprobado?

PREGUNTAS EJECUTIVO/A

¿Las tronaduras son ejecutadas de acuerdo a diseño aprobado y que las desviaciones se gestionan antes de la detonación?

DESVIACIONES AL CONTROL CRÍTICO (EJEMPLOS)

- Se ejecuta una tronadura con un diseño basado en un modelo de bloques o información geológica obsoleta que no representa la condición actual del macizo.
- Se realiza el carguío de pozos con desviaciones críticas en la perforación (profundidad, ubicación) sin haber ajustado el diseño de carga.
- Se altera en terreno la secuencia de amarre o el tipo de explosivo definido en el diseño sin la autorización formal del especialista.
- Se ejecuta una tronadura sin los registros de QA/QC que validen la correcta implementación del diseño de carguío y amarre en terreno.
- El equipo de tronadura en terreno no cuenta con el plano o el diseño de la maniobra a ejecutar, trabajando de memoria o con información desactualizada.

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

CONTROL CRÍTICO PREVENTIVO 2 (CCP2)

TRONADURAS EJECUTADAS SEGÚN DISEÑO APROBADO

ESTÁNDAR DE DESEMPEÑO (DUEÑO/A DE CONTROL)

N°	Requisito	Evidencia	Monitoreo
1	Diseño Basado en Modelo de Bloques e Información de Terreno	Solicitar el diseño de tronadura y verificar que sus parámetros (diseño conceptual, malla) se basan en información geológica, geotécnica y operacional actualizada.	Cada vez
2	Parámetros de Diseño Definidos y Aprobados	Verificar que el plan de tronadura esté documentado y aprobado. Debe establecer: malla de perforación, tipo de explosivo, secuencia de carga (fondo/columna), longitud del taco y secuencia de salida.	Cada vez
3	Verificación de la Perforación (QA/QC)	Solicitar los registros del aseguramiento de calidad (QA/QC) de la perforación, que validen la posición, profundidad y diámetro de los pozos, asegurando su conformidad con el diseño.	Cada vez
4	Verificación del Carguío y Amarre (QA/QC)	Solicitar los registros del QA/QC del carguío, que demuestren la verificación en terreno del tipo de iniciador, la cantidad y tipo de explosivo, y la correcta ejecución del amarre según la secuencia de salida del diseño.	Cada vez
5	Gestión de Cambio para Desviaciones	En caso de cualquier desviación del diseño original, solicitar la evidencia documental de la gestión del cambio, la cual debe estar re-evaluada y aprobada por el especialista responsable (programador calculista).	Cada vez
6	Disponibilidad del Diseño Final en Terreno	Verificar que el equipo de trabajo en terreno cuenta con una copia (física o digital) de la última versión aprobada del diseño de tronadura para su consulta permanente durante la ejecución.	Cada vez

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

CONTROL CRÍTICO PREVENTIVO 3 (CCP3)

DISEÑO Y EJECUCIÓN DE TRONADURA CONFORME A CONDICIONES REALES



OBJETIVOS

Garantizar que cada tronadura se planifique mediante un diseño técnico basado en información geológica, geotécnica y operacional actualizada, que se ajuste a las condiciones reales del terreno del día, y se ejecute siguiendo estrictamente los parámetros de diseño aprobados: carga, amarre y secuencia para ejecutar una fragmentación controlada y segura.

PREGUNTAS TRABAJADOR/A

Antes de cargar, ¿revisé la condición real del terreno (agua, fracturas, pretil, etc.) y soy consciente de que si no coincide con el diseño, debo informar de inmediato a mi supervisor?

PREGUNTAS SUPERVISOR/A

¿He verificado que el diseño de tronadura fue ajustado a las condiciones geotécnicas del día, y estoy controlando en terreno que el equipo ejecute el carguío y amarre sin desviaciones a ese diseño final aprobado?

PREGUNTAS EJECUTIVO/A

Las condiciones reales del terreno se evalúan el día de la tronadura y si, no coinciden con el diseño aprobado, este se ajusta y su cumplimiento se verifica en terreno?

DESVIACIONES AL CONTROL CRÍTICO (EJEMPLOS)

- Se ejecuta una tronadura con un diseño basado en información geológica o geotécnica obsoleta que no representa la condición actual del macizo rocoso.
- Se realiza el carguío de pozos con desviaciones críticas sin haber ajustado el diseño (ej. reducción de carga), generando una condición de riesgo de flyrock.
- Se altera en terreno la secuencia de amarre definida en el diseño sin la autorización del especialista, provocando una salida no controlada.
- Se ejecuta una tronadura sin un registro de QA/QC que valide la correcta implementación del diseño en terreno.
- Se aumenta deliberadamente la carga explosiva o se reduce el taco por debajo del mínimo de diseño sin una evaluación y aprobación formal.

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

CONTROL CRÍTICO PREVENTIVO 3 (CCP3)

DISEÑO Y EJECUCIÓN DE TRONADURA CONFORME A CONDICIONES REALES

ESTÁNDAR DE DESEMPEÑO (DUEÑO/A DE CONTROL)

N°	Requisito	Evidencia	Monitoreo
1	Diseño Basado en Información Actualizada	Solicitar el diseño de tronadura y verificar que se basa en información geológica, geotécnica y operacional actualizada (modelo de bloques, mapeo de frente, etc.).	Cada vez
2	Protocolo de Regulación de Desviaciones	Solicitar el procedimiento que define cómo actuar ante desviaciones en la perforación, estableciendo los criterios para ajustar el diseño (ej. reducir cargas, cambiar secuencia).	Cada vez
3	Ajuste del Diseño a la Condición del Día	Verificar en el plan de tronadura o en un documento anexo que se consideraron las condiciones reales del terreno del día (evaluación geotécnica, presencia de agua, etc.) para ajustar el diseño final.	Cada vez
4	Verificación en Terreno (QA/QC de Tronadura)	Solicitar los registros del QA/QC de la tronadura, que deben incluir la verificación en terreno de la correcta ejecución del plan de carguío y la secuencia de amarre según el diseño ajustado.	Cada vez
5	Control de Parámetros de Diseño (Carga y Taco)	Realizar inspecciones aleatorias en terreno para verificar que la cantidad de explosivo y la longitud del taco en los pozos corresponden a lo especificado en el diseño final.	Mensual
6	Gestión de Cambio para Modificaciones	Solicitar evidencia documental de la gestión del cambio, aprobada por el programador calculista, para cualquier modificación significativa no contemplada en el protocolo de ajuste.	Cada vez

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

CONTROL CRÍTICO PREVENTIVO 4 (CCP4)

AISLACIÓN FÍSICA Y EVACUACIÓN SEGURA DE LA ZONA DE TRONADURA



OBJETIVOS

Garantizar que el área de influencia definida para una tronadura (Halo) esté físicamente aislada de manera efectiva y completamente evacuada por todo el personal, mediante un sistema de verificación ("Carta de Loros") que confirme la ausencia total de personas y equipos antes de autorizar la detonación.

PREGUNTAS TRABAJADOR/A

¿Conozco la carta de loro de hoy, el halo de seguridad y estoy ubicado en el punto de evacuación definido?

PREGUNTAS SUPERVISOR/A

¿Me aseguré que todo mi equipo conoce y entiende la "carta de loros", y he verificado personalmente que todas las barreras de aislación ("loros") están instaladas y efectivas antes de confirmar la evacuación completa de mi área?

PREGUNTAS EJECUTIVO/A

¿Se asegura la aplicación de la “carta de loros”, y el control de accesos al halo de tronadura antes del disparo?

DESVIACIONES AL CONTROL CRÍTICO (EJEMPLOS)

- Se inicia la secuencia de detonación sin tener la confirmación del 100% de los "loros" de que el perímetro está cerrado y seguro.
- Personal no autorizado ingresa al halo de evacuación después de que el área ha sido declarada cerrada.
- Un supervisor no realiza la "segregación del área restringida según corresponda", dejando un acceso sin cubrir.
- Se utiliza una barrera blanda (como cintas de peligro) como único medio para bloquear un acceso principal.
- Se inicia la tronadura a pesar de existir operaciones unitarias simultáneas dentro del radio de afectación definido.

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

CONTROL CRÍTICO PREVENTIVO 4 (CCP4)

AISLACIÓN FÍSICA Y EVACUACIÓN SEGURA DE LA ZONA DE TRONADURA

ESTÁNDAR DE DESEMPEÑO (DUEÑO/A DE CONTROL)

N°	Requisito	Evidencia	Monitoreo
1	"Carta de Loro" Implementada y Aprobada	Solicitar la "Carta de Loro" del día, firmada por los responsables, la cual debe incluir el radio de evacuación (halo), ubicación de cada "loro", responsables y horarios.	Cada vez
2	Delimitación Física Efectiva del Área	Verificar en terreno que cada acceso al "halo de evacuación" esté bloqueado físicamente por barreras duras o vigías ("loros humanos") capacitados y con comunicación.	Cada vez
3	Control de Accesos Verificado	Solicitar el registro de comunicaciones donde el jefe de tronadura confirma positivamente con cada "loro" que su posición está asegurada antes de autorizar la detonación.	Cada vez
4	Protocolos de Evacuación Validados	Verificar los registros de simulacros de evacuación para confirmar que el personal conoce las rutas de escape y los puntos de encuentro, y que estos son ensayados.	Anual
5	Registro de Evacuación Completa	Solicitar el registro (check list o protocolo radial) donde cada supervisor de área confirma que todo su personal ha sido contabilizado y se encuentra en un punto seguro.	Cada vez
6	Control de Reingreso Autorizado	Verificar que existe un protocolo claro para autorizar el re-ingreso al área, el cual solo puede ser instruido por el jefe de tronadura una vez que la zona ha sido declarada segura.	Cada vez

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

CONTROL CRÍTICO PREVENTIVO 5 (CCP5)

VEHÍCULOS ACREDITADOS Y SEGUROS PARA TRANSPORTE Y FABRICACIÓN DE EXPLOSIVOS



OBJETIVOS

Garantizar que todo vehículo utilizado para transportar o fabricar explosivos cumpla permanentemente con las acreditaciones legales, las especificaciones del fabricante (calibración, sistema mata chispas) y los planes de mantenimiento, para prevenir fallas que puedan causar una iniciación accidental.

PREGUNTAS TRABAJADOR/A

Antes de operar el vehículo de explosivos, ¿realicé el checklist diario y confirmé que frenos, sistema mata chispas, supresión de incendios y otros sistemas críticos estén operativos?

PREGUNTAS SUPERVISOR/A

Antes de asignar un vehículo, ¿he verificado que su acreditación legal está vigente, que su mantenimiento está al día y que el operador ha completado correctamente su inspección de pre-uso?

PREGUNTAS EJECUTIVO/A

¿Se utilizan solo vehículos de explosivos acreditados? y se realizan las inspecciones de pre-uso?

DESVIACIONES AL CONTROL CRÍTICO (EJEMPLOS)

- Se utiliza un vehículo con su acreditación legal para el transporte de explosivos vencida.
- Se opera un vehículo con un desperfecto mecánico crítico (frenos, sistema mata chispas) que ha sido reportado pero no reparado.
- Una persona opera el vehículo sin poseer la licencia o acreditación legal requerida para el transporte de sustancias peligrosas.
- Se utiliza un vehículo cuyo sistema de supresión de incendios está inoperativo o descargado.
- Se transporta explosivos en un vehículo que no fue diseñado ni acreditado para tal fin.

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

CONTROL CRÍTICO PREVENTIVO 5 (CCP5)

VEHÍCULOS ACREDITADOS Y SEGUROS PARA TRANSPORTE Y FABRICACIÓN DE EXPLOSIVOS

ESTÁNDAR DE DESEMPEÑO (DUEÑO/A DE CONTROL)

N°	Requisito	Evidencia	Monitoreo
1	Acreditación Vigente del Vehículo	Solicitar las resoluciones de la autoridad fiscalizadora para cada vehículo y verificar que la acreditación para transporte de explosivos esté vigente.	Anual
2	Inspección Pre-Uso (Check list de control diario)	Solicitar las listas de chequeo pre-uso firmadas por el operador. Verificar que la inspección de sistemas críticos (frenos, sistema mata chispas, ESD) se realiza al inicio de cada turno.	Diario
3	Plan de Mantenimiento Específico Ejecutado	Solicitar el plan de mantenimiento de la flota y las órdenes de trabajo. Verificar el cumplimiento de las pautas para sistemas eléctricos, mecánicos y de incendio específicos.	Trimestral
4	Condición de Operación Conforme a Fabricante	Verificar que el vehículo opera de acuerdo a las especificaciones del fabricante, sin modificaciones no autorizadas, y con sus sistemas (ej. retardo dinámico) funcionando correctamente.	Mensual
5	Programa de Calibración de Componentes	Solicitar el programa y los certificados de calibración de los componentes que lo requieran (ej. sistemas de dosificación en camiones fábrica).	Semestral
6	Competencias del Personal de Mantenimiento	Solicitar los registros de capacitación del personal de mantenimiento, que demuestren su competencia para intervenir estos vehículos, según lo indicado por el fabricante.	Anual

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

CONTROL CRÍTICO MITIGADOR 1 (CCM1)

CAPACIDAD DE RESPUESTA ANTE EMERGENCIA



OBJETIVOS

Garantizar una respuesta de emergencia inmediata, coordinada y eficaz ante un evento no deseado de tronadura (explosión no controlada, atropello, flyrock), asegurando la activación de planes, la disponibilidad de brigadas entrenadas y equipamiento especializado para rescatar, estabilizar y atender a los lesionados.

PREGUNTAS TRABAJADOR/A

Si ocurre una emergencia con explosivos, ¿sé cómo activar la alarma, a quién avisar y cuál es mi punto de encuentro?

PREGUNTAS SUPERVISOR/A

¿He verificado que los equipos de primera respuesta de mi área están operativos, y que mi equipo ha practicado y conoce el plan de emergencia específico para un accidente de tronadura?

PREGUNTAS EJECUTIVO/A

¿Se asegura una respuesta oportuna ante emergencias de tronadura y explosivos (comunicaciones, primera respuesta y entrenamiento del personal)?

DESVIACIONES AL CONTROL CRÍTICO (EJEMPLOS)

- Personal herido por una explosión no controlada no recibe atención oportuna por una falla en la activación del sistema de emergencia.
- La brigada de rescate no puede ingresar a la zona del accidente por presencia de gases, al no contar con equipos de respiración autónoma operativos.
- La ambulancia de la faena no está disponible o no puede acceder al lugar del incidente, impidiendo la evacuación de un paciente crítico.
- El personal de salud no tiene las competencias o el equipamiento para manejar un paciente con politraumatismo severo producto de una explosión.
- La respuesta a la emergencia es desorganizada por la ausencia de un plan específico para incidentes de tronadura.

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

CONTROL CRÍTICO MITIGADOR 1 (CCM1)

CAPACIDAD DE RESPUESTA ANTE EMERGENCIA

ESTÁNDAR DE DESEMPEÑO (DUEÑO/A DE CONTROL)

N°	Requisito	Evidencia	Monitoreo
1	Plan de Emergencia Específico y Difundido	Solicitar el plan de emergencias que incluya un protocolo específico para incidentes de tronadura (explosión, flyrock, TQ), definiendo roles y flujogramas de comunicación.	Anual
2	Brigada Entrenada en Rescate Post-Explosión	Verificar los registros de entrenamiento de la brigada, que deben demostrar capacitación en rescate en ambientes post-explosión (manejo de trauma, ingreso a zonas con gases, estabilización de estructuras).	Semestral
3	Equipamiento de Rescate y Médico Disponible	Inspeccionar en terreno el equipamiento de la brigada y del policlínico, verificando la disponibilidad y operatividad de equipos para trauma por explosión y monitoreo de gases.	Mensual
4	Vehículos de Emergencia Operativos	Solicitar el plan de mantenimiento de la ambulancia y vehículos de rescate, y verificar su cumplimiento. Confirmar que los vehículos tienen la certificación para operar en la faena.	Trimestral
5	Simulacros Específicos y Medidos	Solicitar el informe del último simulacro de accidente por tronadura, el cual debe incluir la evaluación de los tiempos de respuesta y la eficacia de las maniobras de rescate.	Anual
6	Protocolo de Disipación de Gases	Verificar que el plan de emergencia incluye un protocolo específico para la ventilación y disipación de gases post-tronadura, como requisito previo para el ingreso seguro de los equipos de rescate.	Anual

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

CP1: VERIFICACIÓN DE CONDICIONES METEOROLÓGICAS

Se deben establecer y aplicar sistemas de detección y respuesta ante condiciones meteorológicas adversas, suspendiendo los procesos de carguío y tronadura para evitar incidentes causados por tormentas eléctricas, nevazones, ventiscas o vientos fuertes.

a. Se debe contar con un sistema de detección de tormentas eléctricas, nevazones, ventiscas y vientos que puedan generar una suspensión automática de los procesos asociados a carguío de explosivos y tronadura.

b. La planificación del proceso de tronadura debe considerar una gestión de alerta meteorológica y una respuesta definida ante estos eventos, ya que el carguío durante tormentas eléctricas es una causa de incidentes.

c. Frente a un corte de energía eléctrica que afecte el sistema de ventilación principal en minería subterránea, se debe suspender la tronadura.

CP2: SEÑALIZACIÓN Y DEMARCACIÓN TEMPORAL DEL ÁREA

Se debe confinar, aislar y señalizar el área de trabajo donde se realizará la tarea con materiales explosivos, utilizando barreras físicas, letreros y personal de vigilancia ("loros vivos") para impedir el ingreso de personal o vehículos no autorizados.

a. Los accesos a las áreas comprometidas deben ser aisladas mediante personas “loros vivos”; en casos justificados y reglamentados se puede utilizar tapados, barreras y letreros prohibitivos.

b. El supervisor es responsable de realizar la segregación del área restringida según corresponda, instalando la señalética y los "loros vivos" en las ubicaciones definidas en el plano (layout) de la "carta de loro".

c. Se deben utilizar elementos de información como pizarras o letreros para comunicar la ejecución de la tronadura, y su ubicación debe estar validada en la "carta de loro".

CP3 COMUNICACIÓN BIDIRECCIONAL (CARTA DE LORO)

Se debe asegurar la correcta elaboración, difusión y ejecución de la "carta de loro" para garantizar una comunicación efectiva y la evacuación completa del personal antes de autorizar la tronadura.

a. Previo a las tronaduras, se debe emitir una “carta de loros” que incluya todas las tronaduras del área, la cual debe ser aprobada por el responsable del área.

b. La "carta de loro" debe documentar el diagrama de comunicación, los protocolos de autorización de inicio, el listado de números de contacto o frecuencias radiales y la ubicación de los elementos de segregación.

c. El personal a cargo del proceso de tronadura debe ser instruido respecto a la "carta de loro", mientras que el personal no directamente relacionado debe conocer el proceso de evacuación y las áreas seguras.

CP4: CHEQUEO PRE-OPERACIONAL DE ACCESORIOS

Se deben verificar todos los componentes del proceso de tronadura conforme al diseño técnico para evitar errores en la conexión o uso de materiales inadecuados que puedan llevar a una iniciación no controlada.

a. El diseño técnico de la tronadura debe incluir la descripción del carguío de cada pozo o barreno, especificando el tipo de iniciadores, el tipo de explosivo, y la secuencia de salida (retardos).

b. Se debe contar con una guía de recepción de los explosivos a utilizar, así como una guía de devolución para los sobrantes, asegurando el control de todo el material.

c. Un error en el amarre o conexión para la secuencia de salida es una causa directa de eventos no deseados, por lo que su correcta ejecución y verificación es fundamental antes de la detonación.

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

CM1: POLVORINES CON PARAPETOS Y RESGUARDOS

Se deben diseñar e implementar infraestructuras de almacenamiento de explosivos que cumplan con la normativa vigente y los estándares de seguridad, para prevenir aumentos de temperatura o detonaciones accidentales.

a. Todas las instalaciones utilizadas para el almacenamiento de explosivos y materias primas deben contar con las autorizaciones de las autoridades fiscalizadoras.

b. Los almacenes de explosivos deben contar con un sistema de control y vigilancia permanente.

c. Todas las unidades de almacenamiento de polvorines, accesorios y sustancias fragmentadoras deben contar con una memoria de cálculo (diseño) aprobada por la autoridad competente.

CM2: LIMPIEZA PROGRAMADA DE BERMAS COLMATADAS

Se deben ejecutar las descargas y limpiezas de las bermas de seguridad de manera controlada, considerando siempre las condiciones de estabilidad del terreno, para asegurar que mantengan su capacidad de contención y no generen riesgos de deslizamientos.

a. Las operaciones de descarga y limpieza de bermas deben ser ejecutadas únicamente considerando las condiciones de estabilidad de la zona afectada por la tronadura.

b. Todas las actividades de limpieza de bermas colmatadas deben ser obligatoriamente visadas (aprobadas) por el área de Geotecnia antes de su ejecución.

c. El área de Geotecnia es responsable de evaluar y definir el grado de inestabilidad de una zona amagada por una tronadura, y el ingreso para realizar tareas como la limpieza de bermas queda supeditado a dicha evaluación de riesgo.

CM3 HUMECTACIÓN DEL MATERIAL FRAGMENTADO

Se debe aplicar la humectación (riego) sobre el área que contenga una carga no iniciada, como un fragmentador de roca (plasma), con el objetivo de controlar las condiciones del entorno y asegurar el área antes de realizar cualquier maniobra de intervención sobre dicha carga.

a. El supervisor a cargo debe solicitar el apoyo de un camión aljibe para humectar el área específica que contiene la carga sin iniciar.

b. Antes de intervenir una carga no iniciada, y después de la humectación, se deben verificar las condiciones del pozo y las vías de acceso a la carga para garantizar que la intervención sea segura.

c. La humectación del material es una medida de control que se debe aplicar específicamente en el escenario de detectar una carga no iniciada, para mitigar riesgos antes de la intervención.

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 08

TRONADURAS Y EXPLOSIVOS

TRABAJADOR/A

Control Crítico	Pregunta del Trabajador/a
CCP1: Personal acreditado en tronadura y manejo de explosivos	¿Se encuentra vigente mi licencia de manipulador de explosivos y mi acreditación en el centro de trabajo?
CCP2: Tronaduras ejecutadas según diseño aprobado	Antes de cargar el pozo, ¿verifiqué que los parámetros, el tipo de explosivo y los accesorios coinciden con el diseño de tronadura aprobado para hoy?
CCP3: Diseño y ejecución de tronadura conforme a condiciones reales	Antes de cargar, ¿revisé la condición real del terreno (agua, fracturas, pretil, etc.) y sé que, si no coincide con el diseño, debo informar de inmediato a mi supervisor?
CCP4: Aislación física y evacuación segura de la zona de tronadura	¿Conozco la carta de loro de hoy, el halo de seguridad y estoy ubicado en el punto de evacuación definido?
CCP5 Vehículos acreditados y seguros para transporte y fabricación de explosivos	Antes de operar el vehículo de explosivos, ¿realicé el checklist de preuso y confirmé que frenos, sistema mata chispas, supresión de incendios y otros sistemas críticos están operativos?
CCM1: Capacidad de respuesta ante emergencia	Si ocurre una emergencia con explosivos, ¿sé cómo activar la alarma, a quién avisar y cuál es mi punto de encuentro?

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 08

TRONADURAS Y EXPLOSIVOS

SUPERVISOR/A

Control Crítico	Pregunta del Supervisor/a
CCP1: Personal acreditado en tronadura y manejo de explosivos	¿He verificado que cada integrante de mi equipo (programador, manipuladores) tiene sus acreditaciones y licencias vigentes y que comprenden el plan de tronadura antes de iniciar cualquier manipulación de explosivos?
CCP2: Tronaduras ejecutadas según diseño aprobado	¿He verificado que el diseño de tronadura fue ajustado a las condiciones geotécnicas del día, y estoy controlando en terreno que el equipo ejecute el carguío y amarre, sin desviaciones a ese diseño final aprobado?
CCP3: Diseño y ejecución de tronadura conforme a condiciones reales	¿He verificado que el diseño de tronadura fue ajustado a las condiciones geotécnicas del día, y estoy controlando en terreno que el equipo ejecute el carguío y amarre sin desviaciones a ese diseño final aprobado?
CCP4: Aislación física y evacuación segura de la zona de tronadura	¿Me aseguré que todo mi equipo conoce y entiende la "carta de loros", y he verificado personalmente que todas las barreras de aislación ("loros") están instaladas y efectivas antes de confirmar la evacuación completa de mi área?
CCP5 Vehículos acreditados y seguros para transporte y fabricación de explosivos	Antes de asignar un vehículo, ¿he verificado que su acreditación legal está vigente, que su mantenimiento está al día y que el operador ha completado correctamente su inspección de pre-uso?
CCM1: Capacidad de respuesta ante emergencia	¿He verificado que los equipos de primera respuesta de mi área están operativos, y que mi equipo ha practicado y conoce el plan de emergencia específico para un accidente de tronadura?

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

RF 08

TRONADURA Y EXPLOSIVOS

EJECUTIVO/A

Control Crítico	Pregunta del Ejecutivo /a
CCP1: Personal acreditado en tronadura y manejo de explosivos	¿Está implementado un sistema que asegure que el personal de tronadura cuenta con licencia de manipulador de explosivos y acreditación vigentes?
CCP2: Tronaduras ejecutadas según diseño aprobado	¿Las tronaduras son ejecutadas de acuerdo a diseño aprobado? y las desviaciones se gestionan antes de la detonación?
CCP3: Diseño y ejecución de tronadura conforme a condiciones reales	Las condiciones reales del terreno se evalúan el día de la tronadura y si, no coinciden con el diseño aprobado, este se ajusta y su cumplimiento se verifica en terreno?
CCP4: Aislación física y evacuación segura de la zona de tronadura	¿Se asegura la aplicación de la “carta de loros”, y el control de accesos al halo de tronadura antes del disparo?
CCP5 Vehículos acreditados y seguros para transporte y fabricación de explosivos	¿Se utilizan solo vehículos de explosivos acreditados? y se realizan las inspecciones de pre-uso)
CCM1: Capacidad de respuesta ante emergencia	¿Se asegura una respuesta oportuna ante emergencias de tronadura (comunicaciones, primera respuesta y entrenamiento del personal)?

ESTÁNDAR DE DESEMPEÑO

Control Crítico	Evidencias	
CCP1: Personal acreditado en tronadura y manejo de explosivos	**Diseño**	Solicite registro vigente de personal acreditado.
	Terreno	Verifique que solo personal del listado están asignadas a la tronadura.
CCP2: Tronaduras ejecutadas según diseño aprobado	**Diseño**	Solicite el diseño técnico de la tronadura del día, firmado y vigente.
	Terreno	Con diseño en mano, verifique con supervisor que el sector/pozos preparados corresponden al diseño aprobado.
CCP3: Diseño y ejecución de tronadura conforme a condiciones reales	**Diseño**	Solicite registros o acta de evaluación de condiciones de terreno y ajustes al diseño.
	Terreno	Pida al ingeniero/supervisor que explique qué condición de terreno se observó hoy y qué ajuste al diseño se registró
CCP4: Aislación física y evacuación segura de la zona de tronadura	**Diseño**	Solicite la carta de loros vigente y registros de evacuación.
	Terreno	Desde zona segura, verifique barreras físicas y señalización coincidentes con la carta de loros.
CCP5 Vehículos acreditados y seguros para transporte y fabricación de explosivos	**Diseño**	Solicite carpeta del vehículo con permisos, acreditaciones y mantenciones vigentes.
	Terreno	Verifique en terreno rotulación de vehículo de explosivos y checklist de pre-uso completo y disponible.
CCM1: Capacidad de respuesta ante emergencia	**Diseño**	Solicite el plan de emergencia para tronaduras y registros de simulacros recientes.
	Terreno	Verifique en terreno que el personal conoce cómo activar una emergencia en caso de tronadura.


CODELCO