

UNIVERSIDAD DE ATACAMA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE MINAS



SEGUIMIENTO EQUIPO DESCOLGADOR DE ZANJA

CLAUDIO HERNAN ORTEGA ORELLANA

2019

UNIVERSIDAD DE ATACAMA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE MINAS



SEGUIMIENTO EQUIPO DESCOLGADOR DE ZANJA

“Trabajo de titulación presentado en  
conformidad a los requisitos para obtener el  
título de ingeniero de ejecución en minas”

Profesor guía Sr. Francisco Saavedra Del Pozo

CLAUDIO HERNAN ORTEGA ORELLANA

2019

## AGRADECIMIENTOS

Gracias en forma particular a los Jefes de Proyectos e Investigadores Ejecutivos y Operadores Técnicos de las empresas participantes por las capacitaciones que me orientaron y por entregarme los consejos apropiados para que pudiera esforzarme y para salir adelante en la vida.

Gracias a los profesores de la Universidad de Atacama, gracias por haberme permitido formarme y gracias a todas las personas que fueron partícipes de este proceso.

## RESUMEN EJECUTIVO

Un problema surgido en mina Diablo Regimiento, fue la generación de la colgadura de zanjas a gran altura, interrumpiendo el normal flujo de mineral en los puntos de extracción del nivel de producción. La operación normal de descolgadura consistía colocar un cono explosivo (APD) amarrado a un coligüe, y dispuesto en el lugar en forma manual por un operador (cachorrero) exponiéndolo a un potencial daño físico con posibles consecuencias fatales. En casos más extremos se dejaba que el cerro trabajara y se produjera un descolgamiento en forma natural por gravedad. Esto último podría ocurrir en casos más favorables en horas, y en caso más desfavorables en cuestión de días.

Para solventar las problemáticas anteriormente expuestas se busca una forma de generar un descolgamiento sacando el factor humano de la operación. Dentro de las Divisiones de Codelco se buscaron las alternativas que se utilizan en cada mina para el descuelgues de zanjas, evaluando cada una de ellas, llegando a las alternativas presentadas en este trabajo.

En cada una de las tres alternativas se realizaron pruebas de aceptación logrando su mejor evaluación la Alternativa N°3, Equipo Descolgador de Zanja fabricado en la empresa Paus, el cual cumplió satisfactoriamente las maniobras de descuelgue dentro la zanja.

## ÍNDICE

<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>11</b>
1.1. Introducción.....	11
1.2. Objetivo General.....	12
1.3. Objetivos Específicos.....	12
<b>CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES GENERALES MINA EL TENIENTE.....</b>	<b>13</b>
2.1. Antecedentes Generales.....	13
2.2. Ubicación y Acceso.....	14
2.3. Clima.....	15
2.4. Reseña Histórica.....	16
2.5. Situación actual.....	17
2.6. Proyecto Nuevo Nivel Mina.....	17
2.7. Tipo de Yacimiento.....	19
2.8. Geometría del Yacimiento.....	20
<b>CAPÍTULO 3: ANÁLISIS TRADICIONAL DE DESCUELGUE.....</b>	<b>22</b>
3.1. Problemática a solucionar.....	22
3.2. ¿Cuál es el objetivo de descolgar zanja?.....	23
3.3. ¿Cuál es el objetivo del equipo descolgador de zanja?.....	23
3.4. Ejemplos de Accidentabilidad.....	25
3.5. Búsqueda de una solución.....	26
<b>CAPÍTULO 4: ALTERNATIVAS PROPUESTAS.....</b>	<b>27</b>
4.1. Alternativa N° 1. Equipo Descolgador Telescópico.....	27
4.1.1. Operación.....	28
4.2. Alternativa N° 2. Equipo Descolgador de Zanja (Empresa Cofadi).....	29
4.2.1. Operación.....	29
4.2.2. Planilla para cálculos de tiempos.....	32
4.2.3. Limitaciones de movimientos del equipo descolgador de zanja.....	33
4.2.4. Base de Datos de Taller e Interior de zanjas.....	34
4.2.5. Resultados.....	36
4.3. Alternativa N° 3. Equipo Descolgador de Zanja (Empresa Paus).....	37
4.3.1. Procedimiento Operativo Equipo Descolgador.....	38
4.3.2. Operación y Procedimiento.....	38
4.3.3. Personal.....	38
4.3.4. Equipos de protección personal.....	39

4.3.5. Materiales, Equipos .....	39
4.3.6. Actividades. ....	40
4.3.7. Descripción del Estándar.....	41
4.3.8. Disposiciones Generales.....	41
4.3.9. Procedimiento. ....	42
4.3.10. Recolección de datos de operación.....	42
4.3.11. En faena solicita los datos a cachorreros .....	42
4.3.12. Recolección de datos sobre reducción secundaria. ....	42
4.3.13. Riesgos. ....	43
4.3.14. Control de los Riesgos. ....	43
<b>4.4. PROTOCOLO DE PRUEBAS.....</b>	<b>45</b>
4.4.1. Pruebas.....	45
4.4.2. Pruebas en superficie.....	46
4.4.3. Lugar de pruebas. ....	46
4.4.4. Duración de las pruebas.....	46
4.4.5. Metodología de medición. ....	47
4.4.6. Participantes.....	47
4.4.7. Condiciones de las Pruebas realizadas:.....	47
4.4.8. Variables de medir. En el Punto de Extracción. ....	50
4.4.9. Criterios Aceptación para el descuelgue de zanja.....	53
4.4.10. Control de Riesgos.....	53

**CAPÍTULO 5: INSTRUCTIVO OPERACIONAL EQUIPO DESCOLGADOR**57

5.1. Instructivo Operacional.....	57
5.1.1. Aplicación del Instructivo Operacional.....	57
5.1.2. Recursos para realizar el Trabajo.....	58
5.1.3. Equipos de Protección Personal. ....	58
5.1.4. Equipos Herramientas y Material .....	59
5.1.5. Estándares de Seguridad. ....	59
5.1.6. Medidas Básicas de Seguridad .....	66
5.1.7. Medio Ambiente .....	67
5.1.8. Medidas básicas de prevención y mitigación .....	67

5.1.9. Descripción de la Actividad. Inspección del Equipo.....	67
5.1.10. Ubicación del equipo en la zanja colgada. ....	68
5.1.11. Instrucciones de uso de Equipo Descolgador. ....	69
5.1.12. Inspección del equipo previo a efectuar marcha. ....	69
5.1.13. En tránsito. ....	69
5.1.14. Chequeo de frente de trabajo.....	70
5.1.15. Operación.....	71
5.1.16. Mantenición.....	73
5.1.17. Petroleo.....	74
5.1.18. Verificación.....	74
5.2. Metodología Registro Datos en terreno en los puntos de extracción.	75
5.2.1. Consideraciones Generales para el registro de datos.....	75
5.2.2. Operación.....	75
5.2.3. Responsabilidades. ....	76
5.2.4. Finalización de la evaluación.....	77
5.2.5. Seguridad. ....	77
5.2.6. Medio Ambiente. ....	77
5.2.7. Complemento de Parámetros a medir en terreno. ....	77
5.2.8. Recurso para la recolección de datos ....	78
5.3. Resultados de las pruebas en terreno.....	80
5.3.1. Criterios de Cálculo .....	81
5.3.2. Resumen de la Efectividad.....	82
<b>CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>83</b>
<b>CAPÍTULO 7. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>87</b>
GLOSARIO.....	88
REFERENCIAS.....	92
<b>CAPÍTULO 8. ANEXOS .....</b>	<b>93</b>
Anexo 8.1. Maniobras Equipo Descolgador de Zanjas.....	93
Anexo 8.2. Maniobras Equipo Descolgador de Zanja.....	93
Anexo 8.3. Consola Controles Equipo Descolgador.....	94
Anexo 8.4. Grafica en 3D entregada por el Caracterizador.....	94
Anexo 8.5. Análisis en Grafica en 3D del caracterizador.....	94

Anexo 8.6. Operación de Equipo Descolgador.....	95
Anexo 8.7. Ubicación conos APD al interior de la zanja.....	95
Anexo 8.8. Ubicación conos APD al interior de zanja.....	96
Anexo 8.9. Ejemplo de Planilla Control de Tiempos.....	97
Anexo 8.10. Check-List. ....	98
Anexo 8.11. Definición del uso de Tiempo en DET. ....	99



## ÍNDICE DE FIGURAS

### **CAPITULO 2. ANTECEDENTES GENERALES DE LA MINA EL TENIENTE**

Figura 2.1. Ubicación Mina El Teniente VI Región Chile .....	15
Figura 2.2. Ubicación Mina Nuevo Nivel Mina .....	18
Figura 2.3. Ubicación de las Minas El Teniente .....	21

### **CAPITULO 3. ANÁLISIS TRADICIONAL DE DESCUELQUE**

Figura 3.1. Descripción de Zanja: Bloque .....	22
Figura 3.2. Descripción de Zanja: Arco Cohesivo .....	22
Figura 3.3. Descripción de Zanja: Arco Mecánico.....	22
Figura 3.4. Colgadura de Zanja. ....	23
Figura 3.5. Estadística de Colgadura de Zanja .....	23
Figura 3.6. Operación para descolgar Zanja a una parada.....	24
Figura 3.7. Operación para descolgar Zanja mayor a una parada.....	24

### **CAPITULO 4. ALTERNATIVAS PROPUESTAS**

Figura 4.1. Descolgador Telescópico.....	27
Figura 4.2. Operación Descuelgue de zanja con Descolgador Telescópico.	28
Figura 4.3. Inspección del equipo. ....	30
Figura 4.4. Despliegue del pantógrafo. ....	30
Figura 4.5. Extensión del pantógrafo .....	30
Figura 4.6. Despliegue del brazo telescópico .....	30
Figura 4.7. Despliegue del portacono .....	31
Figura 4.8. Desplazamiento del portacono .....	31
Figura 4.9. Plantilla cálculos de tiempos de maniobras. ....	32
Figura 4.10. Movimiento del brazo descolgador de zanja.....	32
Figura 4.11. Equipo Descolgador de Zanja .....	37
Figura 4.12. Monitor.....	49
Figura 4.13. Equipo dentro de la zanja colgada.....	50
Figura 4.14. Posición de la consola. ....	51

## ÍNDICE DE TABLAS

### **CAPITULO 2. ANTECEDENTES GENERALES DE LA MINA EL TENIENTE**

Tabla 2.1. Ubicación Mina El Teniente .....	18
---	----

### **CAPITULO 3. ANÁLISIS TRADICIONAL DE DESCUELGUE**

Tabla 3.1. Ejemplos de Accidentabilidad .....	25
---	----

### **CAPITULO 4. ALTERNATIVAS PROPUESTAS**

Tabla 4.1. Limitaciones de Movimientos Equipo Descolgador .....	33
---	----

Tabla 4.2. Base de Datos .....	34
--------------------------------	----

Tabla 4.3. Actividades Asignadas.....	40
---------------------------------------	----

Tabla 4.4. Control de Riesgos .....	53
-------------------------------------	----

### **CAPITULO 5. INSTRUCTIVO OPERACIONAL EQUIPO DESCOLGADOR**

Tabla 5.1. Equipos Herramientas y Material.....	59
---	----

Tabla 5.2. Estándares de Seguridad.....	60
---	----

Tabla 5.3. Criterios de Cálculos.....	81
---------------------------------------	----

Tabla 5.4. Comparación entre las Alternativas Anteriores .....	82
--	----

Tabla 5.5. Ubicación Mina Nuevo Nivel Mina .....	84
--	----

### **CAPITULO 8. ANEXOS**

Tabla 8.1. Control de Tiempos en Operación de Equipos .....	99
---	----

## **Capítulo 1. INTRODUCCIÓN.**

### 1.1. Introducción.

Se presenta el estudio de alternativas para el descuelgue de zanjas, estudio realizado en División Andina y División El Teniente de Codelco-Chile. Las alternativas se basaban en un brazo descolgador adosado a un vehículo móvil, brazo en cuyo extremo posee una mordaza la cual sujeta el elemento explosivo y lo sitúa en la colpa para provocar su movimiento en el interior de la zanja y así lograr el objetivo de descolgarla y generar el flujo de material en esta zanja.

Se realizaron pruebas de colocación de cono maqueta sobre paredes y en techo de galerías, para ver la efectividad de la operación en las minas División Andina y División El Teniente.

Se respeta una línea base en el registro de tiempos de operación del descuelgue de zanja, para compararlo con el tiempo de descuelgue mecanizado, lográndose mejorar en la reducción de tiempo en esta actividad.

### 1.2. Objetivo General.

- Introducir un equipo descolgador dentro de una zanja colgada.

### 1.3. Objetivos Específicos.

- Analizar las alternativas existentes para el descuelgue de zanja.
- Establecer la metodología que permita al personal y operadores a registrar los datos requeridos para determinar la línea base de las actividades convencionales de descuelgue de zanjas y de tronadura secundaria bajo criterios operativos estandarizados y condiciones de riegos controlados.
- Acoplar alternativa para llevar como explosivo al interior de la zanja.

## **Capítulo 2: ANTECEDENTES GENERALES MINA EL TENIENTE.**

### 2.1. Antecedentes Generales.

La mina El Teniente de Codelco Chile, se encuentra ubicada en la comuna de Machali, provincia de Cachapoal, región de O'Higgins, en la plena Cordillera de Los Andes. Corresponde a la mina subterránea de cobre más grande del mundo y pertenece a la División El Teniente, cuyo propietario es el Estado de Chile a través de la Corporación Nacional del Cobre (Codelco Chile).

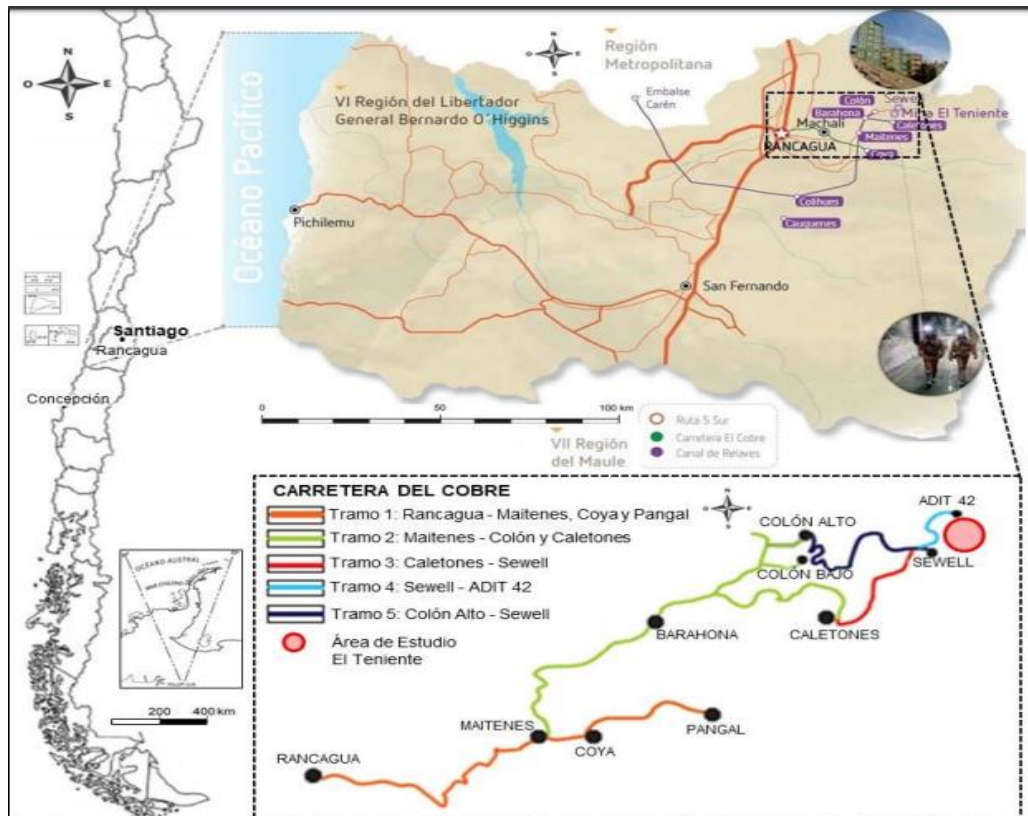
Codelco con todas sus Divisiones posee las mayores reservas de cobre, que corresponde al 20% del total del mundo. El Sector de Los Andes tiene los principales depósitos cupríferos con un 40% de las reservas en el mundo. Codelco es el principal productor de cobre con un 30,4%, ascendiendo al 33,2% cuando recibe la participación del 49%, esto corresponde a 1,3 tmf aproximadamente de cobre. Con respecto a la División El Teniente debe mantener su producción anual de finos, y la manera de lograrlo será incorporar nuevos sectores productivos, para cumplir con las metas programadas está la incertidumbre que se están agotando las reservas de roca secundaria, lo que se hace necesario explotar en roca primaria, con la problemática que su fragmentación es más gruesa, para ello Codelco estudiar constantemente la situación de cada una de sus Divisiones, e implementar cambios que provoque un quiebre tecnológico, asegurando la producción y abarcar en los sectores de roca primaria. Ya se ha observado la problemática del diseño minero Block Caving a su evolución a Panel Caving, lo cual obliga a mejorar los diseños de las galerías con el objeto de preparar los sectores con mineral para la explotación, desarrollando labores con mejor estabilidad y construirlas en el menor tiempo posible para aumentar la tasa de producción, por tanto se hace indispensable la búsqueda en la utilización de un equipo descolgador de zanjas, para lograr una buena ubicación de la carga explosiva, descolgando

en la menor cantidad de intentos, para permitir un mejor flujo de material extraído. Implementar la Tecnología e Innovación a través de varias alternativas, lo que resulta de esto es aportar en la seguridad, y en disminuir la exposición de los operadores (cachorreros) en el riesgo de estar en la línea de fuego. Una alternativa válida fue implementar un equipo que se complementó con un adhesivo adosado en la base de la carga explosiva para ser utilizado en el descuelgue de zanjas, esto fue realizado con éxito en la Mina Diablo Regimiento de la División El Teniente Codelco Chile.

## 2.2. Ubicación y Acceso.

La Mina El Teniente se encuentra ubicada en la Cordillera de Los Andes, en la comuna de Machali, a 50 km al Noreste de la ciudad de Rancagua, provincia de Cachapoal en la VI Región de Chile, en la figura siguiente, se aprecia la ubicación geográfica de la mina. Las coordenadas geográficas del yacimiento son: Latitud: 34° 05' Sur, Longitud: 70° 21' Oeste. Las operaciones mineras se ubican a una altura de 2100 m.s.n.m. Para acceder a la mina, se realiza a través de una moderna carretera que ofrece gran seguridad y alto estándar, la denominada Carretera del Cobre Presidente Eduardo Frei Montalva. Esta carretera une Rancagua con las instalaciones de Colon Alto, desde ese lugar el personal ingresa a la mina por vía ferrocarril, otra parte del personal ingresa a través de vía carretera hasta la misma mina por el Tramo 5 (ver Figura N° 2.1.)

Figura 2.1. Ubicación Mina El Teniente VI Región de Chile (Fuente revista Minería Chilena).



### 2.3. Clima.

Las operaciones mineras se encuentran de manera subterránea, siendo las condiciones climáticas del exterior no influyentes en el proceso de extracción, de todas maneras, es importante indicar que hay servicios de apoyo al proceso de extracción minera que se desarrollan en superficie, que en ocasiones se producen inconvenientes. El clima predominante en la zona donde se emplaza la infraestructura anexa a la Mina, especialmente el área de Sewell, corresponde a un Clima Cordillerano, el cual presenta variaciones por efecto de la altura, por estar en la cercanía de la Cordillera de Los Andes. En un año normal las precipitaciones alcanzan los 700 mm y 1400 mm de precipitaciones nivolas. Las temperaturas medias anuales se encuentran dentro de los 15° C,

con variaciones en el día de entre 0,8° C y 25,2° C en verano y –9,3° C y 24,4° C durante el invierno.

#### 2.4. Reseña Histórica.

Este yacimiento de cobre fue descubierto por un oficial español fugitivo en los años 1800, siendo los primeros registros de explotación en el año 1819, iniciándose desde ese año la explotación del yacimiento en forma más o menos continua. El mineral de mayor ley era escogido a mano y transportado en animales. La zona más importante de explotación estaba en un sector denominado Fortuna.

Posteriormente, alrededor del año 1900, agotándose las reservas de mineral de alta ley para continuar la producción, los propietarios contrataron los servicios del Ingeniero de Minas italiano Marcos Chiaponni, quien inspeccionó el yacimiento y recomendó la instalación de una planta concentradora. Debido a la falta de recursos de los propietarios, se buscó financiamiento en Europa, sin éxito. En el año 1904 se interesaron en el yacimiento los empresarios norteamericanos William Braden y E.W. Nash, quienes fundan la compañía “Braden Copper Company”, la primera compañía propietaria de la mina El Teniente. Las primeras inversiones contemplaron, la construcción de un camino para carretas y una planta concentradora de minerales.

Entre los años 1906 y 1911 se construyó el ferrocarril entre Rancagua y el campamento minero de Sewell. Durante ese período de tiempo, los concentrados de cobre eran enviados en carretas al pueblo de Graneros. En 1908 el “Grupo Guggenheim” tomó el control de la propiedad y aumentó la capacidad de la planta concentradora. En 1915 la “Kennecott Copper Corporation” adquirió los derechos de la compañía. Donde por ese entonces, el Concentrador de Sewell llegó a procesar hasta 36 mil toneladas diarias de mineral proveniente de la mina.



En abril de 1967, el estado de Chile adquiere a la “Kennecott Copper Corporation” el 51% de la propiedad del yacimiento, constituyéndose la “Sociedad Minera El Teniente”. Bajo este convenio, desde 1970 se materializó una gran expansión de la mina en conjunto con la construcción de una nueva planta concentradora en Colón aumentando la producción total a 63 mil toneladas de mineral por día. Según una Reforma Constitucional, el día 11 de julio de 1971 la mina El Teniente pasa a ser propiedad del estado de Chile. Y finalmente en 1976, se forma la “Corporación Nacional del Cobre” (CODELCO) de la cual forma parte la División El Teniente.

Hoy la producción de la mina es de 100 mil tpd aproximadamente y puede aumentar hasta los 126 mil tpd en un futuro plan de expansión. Hasta 1975, fue extraído 500 millones de toneladas de mineral, y entre ese año y 1995 se extrajeron otras 500 millones de toneladas. El plan minero de los próximos 25 años estima extraer 1400 millones de toneladas, siendo las reservas de cobre reconocidas de este yacimiento las mayores en el mundo (1100 millones de toneladas).

## 2.5. Situación actual.

Este yacimiento está en operación industrial desde 1975. Posee una extracción y procesamiento diario de 131 ktpd de mineral generando, 400 ktmf de cobre al año y 5.179 tm de molibdeno.

El complejo integrado mina-planta-fundición posee US\$ 2.200 millones en activos fijos con una dotación de 15.000 trabajadores de los cuales más del 65% corresponden a trabajadores de empresas contratistas.

## 2.6. Proyecto Nuevo Nivel Mina.

El proyecto Nuevo Nivel Mina (NNM), se transformará en el proyecto emblemático de continuidad operacional para la División El Teniente de

Codelco, reemplazará por completo la mina que hoy se conoce y permitirá alcanzar 180.000 tpd. Ubicación de la Mina El Teniente (ver Tabla 2.1.). Este nuevo proyecto NNM, se encuentra en el interior de la Mina (ver Figura N° 2.2).

Tabla. 2.1. Ubicación Mina DET (Fuente Revista Minería Chilena).

MINA	COTA
TENIENTE 4 SUR	2372
ESMERALDA	2210
DIABLO REGIMIENTO	2210
TENIENTE 8 FFCC	1980
NUEVO NIVEL MINA	1880
NIVEL PROFUNDO	1480

Figura 2.2. Ubicación Mina NNM (Fuente Revista Minería Chilena).



Características: Proyecto Nuevo Nivel Mina (NNM).

- Reservas: 2.086 Mt.
- Área: 2.050.000 m<sup>2</sup>.
- Ley Cu media: 0,904% (Insitu).
- Ley Mo media: 0,022% (Insitu).
- Cobre Fino: 17.591 Ktmf.
- Nuevo nivel de hundimiento podría estar 100 metros bajo el actual Nivel Teniente 8.
- Inicio construcción: año 2011.
- Inicio de producción: año 2017.
- Preacondicionamiento permitirá mayor ritmo de producción, más automatización mejor control de sismicidad.
- El diseño del Nuevo Nivel Mina debe prever futuras expansiones.

En el corto plazo se incorporará el proyecto NNM que comenzó su construcción el año 2011 e incrementará la producción de 136 ktpd a 180 ktpd, a partir del año 2017 con una inversión superior a los MUS\$ 1.500 para una reserva de 500 millones de toneladas de cobre.

## 2.7. Tipo de Yacimiento.

La mina El Teniente es un yacimiento del tipo "Pórfido Cuprífero" desarrollado por intrusivos calcoalcalinos en rocas volcánicas terciarias, asignadas a la Formación Farellones. Tiene forma textural diseminada, ya que el mineral se distribuye en forma más o menos uniforme en un gran cuerpo de roca. Dada su forma aproximadamente vertical y su enterramiento, además de consideraciones climáticas, se explota en forma subterránea. Los minerales económicos presentes son predeterminantes sulfuros, razón por la cual se utiliza el proceso metalúrgico de concentración llamado Flotación. La ausencia

de metales preciosos (oro y plata) explica el hecho que no se realiza refinación electrolítica en este yacimiento. El yacimiento está conformado por un cuerpo estéril, de geometría similar a un cilindro en posición vertical, denominado "Pipa" de 1,0 a 1,2 kilómetros de diámetro, rodeado su mineralización en una extensión radial variable entre 400 y 800 metros, la roca predominante es la Andesita, en el lado Norte existe un cuerpo de extensión Norte-Sur de Dacita y en el lado Sureste un gran cuerpo de Diorita, con una pequeña intrusión de Diorita en el lado Noreste y Este. Posee un área mineralizada de 2 millones de metros cuadrados, una extensión vertical de 1800 metros desde superficie y una cubierta estéril entre 50 a 150 metros de espesor.

#### 2.8. Geometría del Yacimiento.

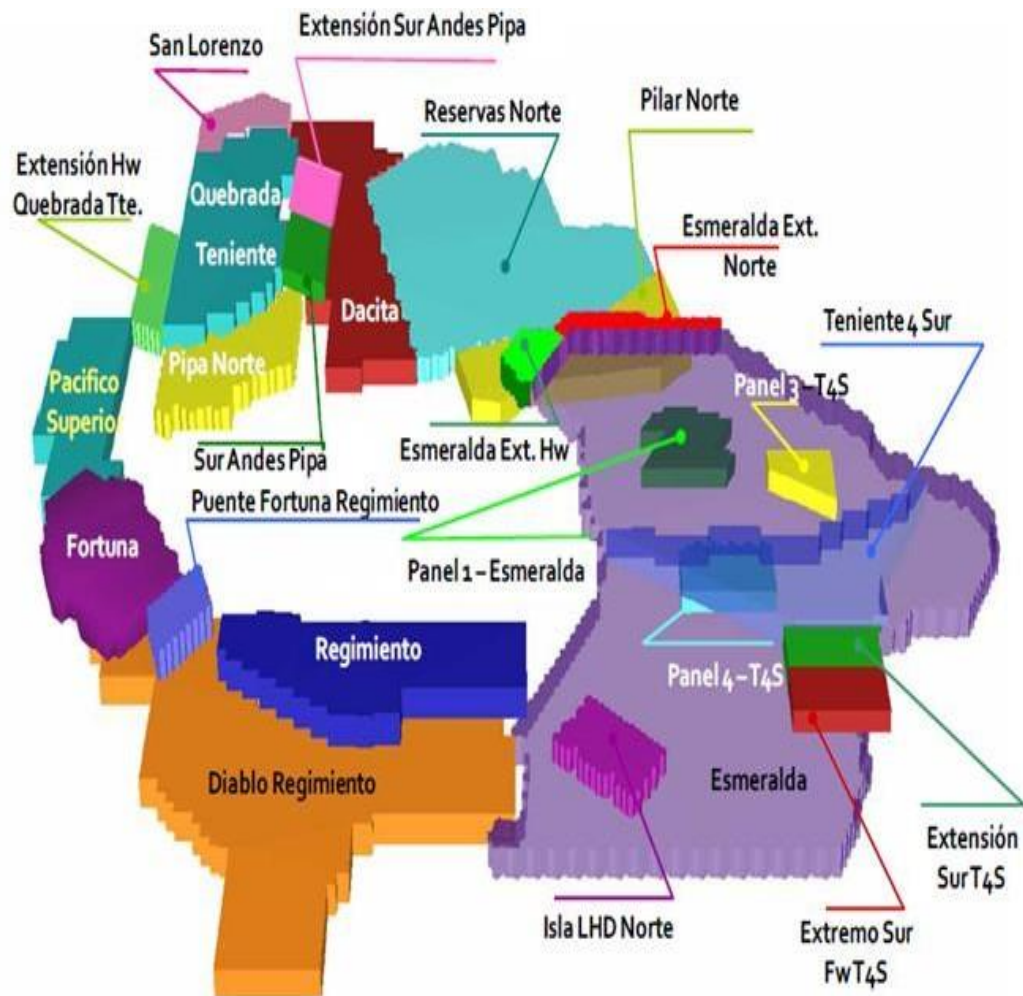
El cuerpo mineralizado tiene una forma irregular, pero mirado en planta se puede aproximar a la forma de una media luna y en su disposición espacial tiene la forma de un cilindro vertical, con las siguientes dimensiones: largo de 2,5 a 3,0 kilómetros; ancho de 1,5 kilómetros en la parte más extrema y un alto sobre 1,0 kilómetro.

La mineralización de cobre y molibdeno se distribuye en la periferia de una chimenea de brecha (formación Braden), con una forma de cono invertido de 1000 a 1200 metros de diámetro, y contenidos bajos de cobre y molibdeno. Esta chimenea volcánica o Pipa, no tiene importancia económica y no tiene relación con la mineralización, ya que se trata de un evento post-mineralización que destruyó parte de la mineralización que se encontraba consolidada. La Pipa por su ubicación, dimensiones y estabilidad es usada para construir en ella la mayoría de las instalaciones de infraestructura permanentes tales como: oficinas, talleres mecánicos, salas de chancado, pique de acceso y servicios, entre otras.

Actualmente existen en producción y desarrollo seis sectores: Pipa Norte, Esmeralda, Reservas Norte, Pilar Norte, Sur Andes Pipa y Diablo Regimiento

y en su etapa de proyecto e implementación están proyectos con Dacita y extensiones de Teniente 4 Sur (ver Figura N° 2.3).

Figura 2.3. Ubicación de las Minas en División El Teniente (Fuente Revista Minería Chilena).



### Capítulo 3: ANÁLISIS TRADICIONAL DE DESCUELQUE.

#### 3.1. Problemática a solucionar.

¿Cuál será la solución para enfrentar la problemática que tiene el sistema actual al descolgar zanjias?

Descripción: Bloque.

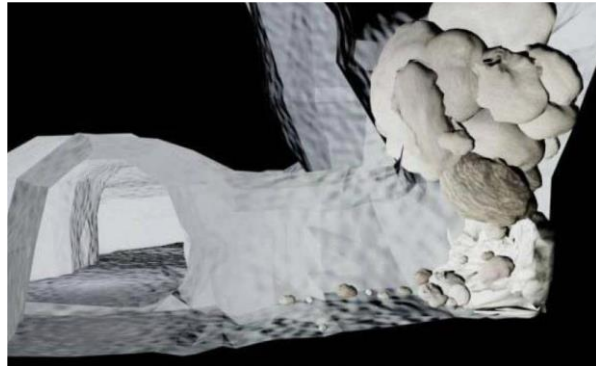
Clasificación: Colgadura Tipo C1

Altura: < a 4 m.

Tamaño de Fragmentos: < a 4 m.

(ver Figura 3.1.)

Figura 3.1. Bloque (Fuente Tesis S. Maass).



Descripción: Arco Cohesivo.

Clasificación: Colgadura Tipo C2

Altura: 4 a 6 m.

Tamaño de Fragmentos: 4 a 6 m.

(ver Figura 3.2.)

Figura 3.2. Arco Cohesivo (Fuente Tesis S. Maass).



Descripción: Arco Mecánico.

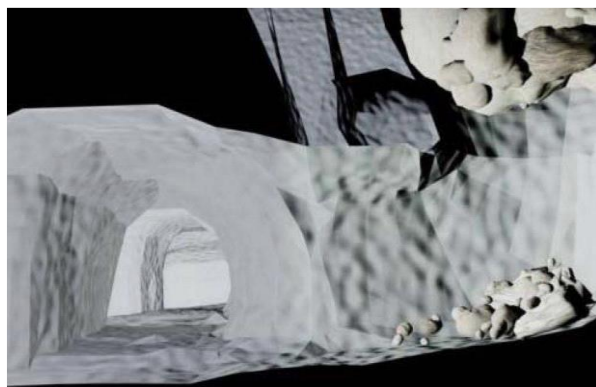
Clasificación: Colgadura C3-C4

Altura: > 6 m.

Tamaño de Fragmentos: > 6 m.

(ver Figura 3.3.)

Figura 3.3. Arco Mecánico (Fuente Tesis S. Maass).



### 3.2. ¿Cuál es el objetivo de descolgar zanja?

Solucionar la Interrupción de flujo de mineral, caracterizada por altura de formación y granulometrías del mineral (ver Figuras N° 3.4 a la N° 3.7).

### 3.3. ¿Cuál es el objetivo del equipo descolgador de zanja?

Solucionar la exposición del operador para descolgar zanja. El cual está expuesto a la línea de fuego en todo momento siendo una de las actividades más riesgosas al interior de las minas subterráneas.

Figura N° 3.4. Colgadura de Zanja (Fuente Propia)



Figura N° 3.5. Estadística de Colgadura de Zanja (Fuente Tesis S. Maass).

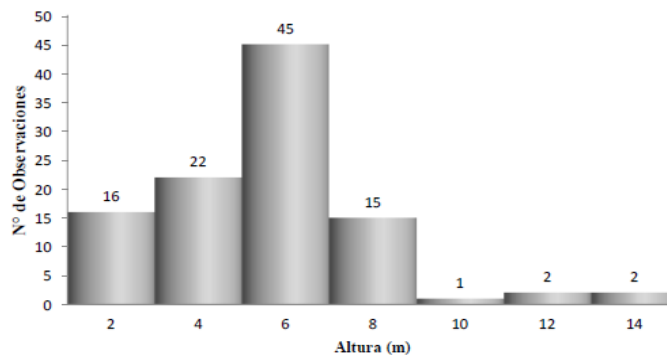




Figura N° 3.6. Operación para descolgar Zanja a una parada (Fuente Propia)



Figura N° 3.7. Operación para descolgar Zanja mayor a una parada (Fuente Propia).





### 3.4. Ejemplos de Accidentabilidad (ver Tabla 3.1).

Tabla 3.1: Ejemplo de Accidentabilidad con consecuencias graves (Fuente Registro Divisional).

<p>DIVISION TENIENTE 2002</p>	<p>Al poner carga explosiva (APD 900) a una parada de coligüe en la zanja y al momento de estar conectando la guía al cordón detonante en la caja de la zanja, se larga está quedando tapada la carga explosiva bajo la saca y el cordón detonante cortado.</p>
<p>DIVISION TENIENTE 2003</p>	<p>Haciendo tapado de coligüe, para evitar de extraer mineral en este punto, se desprende saca de la parte superior del Punto de Extracción escurre hacia la calle, donde se encontraba personal trabajando.</p>
<p>DIVISION ANDINA 2007</p>	<p>En circunstancias que trabajador se encontraba colocando carga en el zaBP43 W de la calle 75, al bajar por el mineral, pisa una piedra de dimensiones 63 x 45 x 30 cm, está al moverse se desliza por la saca y aprisiona su pierna izquierda contra otra piedra, causándole una contusión tobillo izquierdo, finalmente es derivado a clínica nivel 17.</p>
<p>DIVISION ANDINA 2010</p>	<p>Taqueando tiro trabajador siente que corre la saca, al salir corriendo resbala y pierde el equilibrio golpeándose parrilla costal derecha contra piedra al caer.</p>

Continuación de la Tabla 3.1.	
DIVISION TENIENTE 2011	Trabajadores se encontraban realizando reducción secundaria en C-18, al colocar una carga de explosivos en la Z-14 Hw, habían rocas de gran tamaño en su interior, se desprendió una roca de 0,7x0,6x0,7 metros aprox., rebotando y golpeando a uno de los trabajadores en su pie y pierna derecha, ocasionándole una fractura en la pierna. Otras rocas de menor dimensión cayeron desde el interior del punto de extracción, rebotando y golpeando a otro trabajador en la espalda, ocasionándole contusiones leves.

### 3.5. Búsqueda de una solución.

Se está buscando una solución en reducir la exposición de trabajadores en la actividad de descuelgue de zanja en interior de mina, para ello y basándose en recolección de información, a través de levantamientos de línea base para descuelgue y reducción de colpas. Y para minimizar la exposición de los operadores se describen el comportamiento entre prototipos de equipos descolgador de zanjas. La información aquí dada se complementa en este trabajo desde las fuentes conocidas extraída desde página web. En este trabajo se presentan tres alternativas como equipos descolgadores de zanjas.

## Capítulo 4: ALTERNATIVAS PROPUESTAS.

### 4.1. Alternativa N° 1. Equipo Descolgador Telescópico.

En búsqueda de alguna alternativa para solucionar el problema del cómo descolgar zanja, con el menor riesgo de exposición a los operadores (cachorreros), se conocen una serie de quince alternativas, (Fuente “Alternativas Tecnológicas para el Descuelgue de Zanja”, Autor Soledad Maass Venegas. Año 2013), descartando a través de estudio una a una de esas alternativas, en el año 2012, fue probado como un prototipo de un robot descolgador, (Descolgador telescópico), en la División Andina. Esta tecnología consistió en un equipo telescópico, capaz de realizar un escaneo en galerías y zanjas de producción para ejecutar el descuelgue, estaba acompañado por un equipo de comunicaciones, con respecto a la comunicación entre los equipos, el cual instalaba antenas a lo largo de las galerías para expandir la red wifi y permitir la operación remota. Para este proceso de descuelgue se utilizan dos operadores, cada uno controla un robot, en la siguiente figura el equipo de la izquierda corresponde al equipo de comunicaciones y el de la derecha corresponde al descolgador de zanjas con un alcance de 5 m aproximadamente (ver Figura N° 4.1).

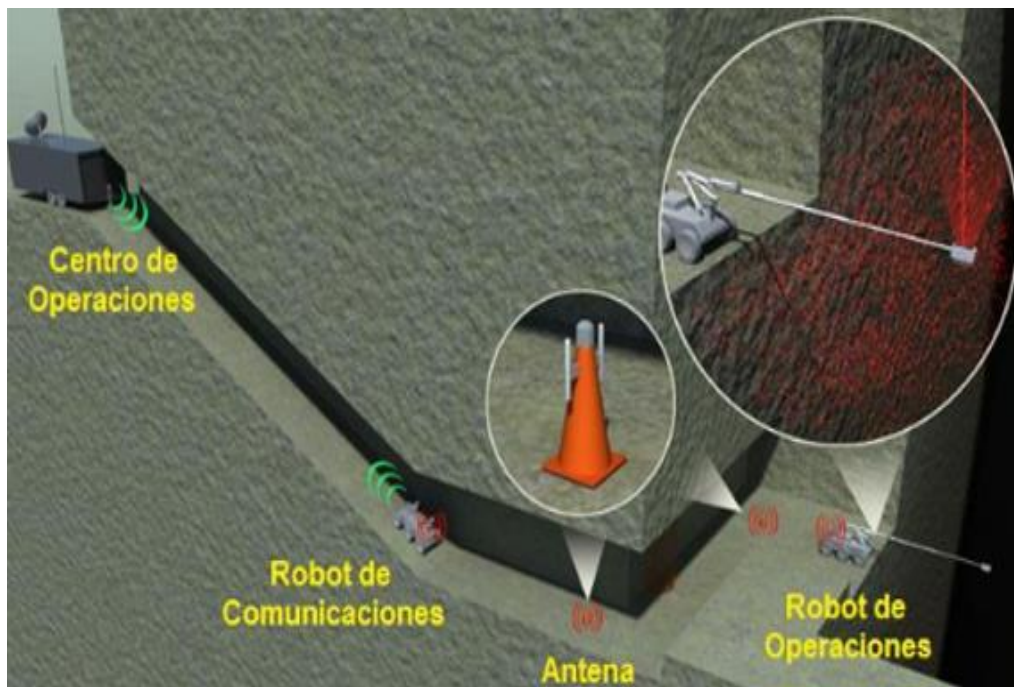
Figura N° 4.1. Descolgador Telescópico (Tesis S. Maass)



#### 4.1.1. Operación.

Cuando ambos equipos están disponibles para la operación, al equipo descolgador le corresponde ingresar hasta debajo de la visera de la zanja, luego realiza una topografía del sector, la cual la envía y carga en los computadores del centro de operaciones. Se aprecia un panorama en gráfica en tres dimensiones del interior de la zanja. Se procede a instalar el cono explosivo que es posicionado con el brazo descolgador articulado del robot. Para este equipo al maniobrar la carga explosiva debería tener un dispositivo de anclaje para adherirse a la roca, pues este robot no posee perforadora u otro sistema para posicionar el cono explosivo en la roca (ver Figura 4.2).

Figura N° 4.2. Operación Descuelgue de zanja con Descolgador Telescópico (Tesis S. Maass).



#### 4.2. Alternativa N° 2. Equipo Descolgador de Zanja (Empresa Cofadi).

Experiencia con el denominado Equipo Manipulador de Explosivos o también conocido como Equipo Automatizado para Descolgar Zanjas. Este manipulador de explosivo automatizado para descolgar zanjas, para descolgar en forma segura las zanjas en minería subterránea, básicamente consiste en un pantógrafo por donde se desplaza el carro porta brazo posicionador, que son actuadores giratorios del tipo cilindro y un cilindro posicionador neumático de nueve etapas y de alcance de seis metros de altura.

Este equipo fue construido en Taller de Cofadi, en Talcahuano, en este taller se realizaron las pruebas correspondientes a responder a las exigencias de la actividad de descuelgue de zanjas, donde personal técnico de esta empresa midió y observó las variables a mejorar, como también estuvo para corregir inconvenientes para cumplir los estándares y exigencias operacionales para lograr llevar un equipo, el cual colocara un cono explosivo para descolgar zanjas. Desde 2003 ya se había planteado la idea de llevar a cabo tal equipo, a su vez llevan un seguimiento en pos de realizar un cambio tecnológico en la minería. En 2013 en este taller de Cofadi se asimiló la actividad del descuelgue de zanja utilizado conos maqueta de yeso asimilando el peso de un cono APD de 1500 gramos aproximadamente para luego replicarlas en la División Andina (Fuente empresa Cofadi).

##### 4.2.1. Operación.

La operación de este equipo puede ser manual o control alámbrico a distancia y primero se debe estabilizar el camión a través de los apoyos retráctiles para luego avanzar con el pantógrafo hasta el final de la carrera de un metro para luego apoyar los cilindros hidráulicos estabilizadores del pantógrafo y luego avanzar el carro de desplazamiento hasta dos metros para poder desplegar el brazo posicionador hasta la distancia requerida (máximo cuatro metros).

La operación la ejecuta el operador de este equipo de la siguiente manera:

- A) El operador se ubica debajo de la visera de la zanja, luego observa cómo está colgada la zanja y define dónde se colocará el explosivo.
- B) Repliega el brazo posicionador y carro de desplazamiento.
- C) Gira el cilindro telescópico a 90° transversalmente para la instalación de la carga explosiva.
- D) Nuevamente gira el cilindro telescópico a 90° transversalmente a posición de operación.
- E) Despliega brazo posicionador y avanza carro de desplazamiento.
- F) Despliega el cilindro telescópico para colocar el explosivo donde se desea ubicar en la colpa al interior de la zanja.
- G) Se proceder al objetivo principal de esta operación que es dejar el explosivo adherido a la roca (ver Figuras N° 4.3 a la N°4.8. Fuente Cofadi).

Figura. N°4.3. Inspección del equipo



Figura N°4.5. Extensión del pantógrafo.



Figura N° 4.4. Despliegue del pantógrafo.



Figura N°4.6. Despliegue del brazo telescópico.



En esta actividad, este equipo fue adaptado para un alcance máximo de altura de 6 metros aproximadamente. Se entregan figuras relacionadas a esta actividad, Despliegue del portacono (ver Figura N°4.7.) y Desplazamiento del portacono (ver Figura N°4.8.).

Figura N°4.7. Despliegue del portacono (Fuente Cofadi)



Figura N°4.8. Desplazamiento del portacono (Fuente Cofadi)



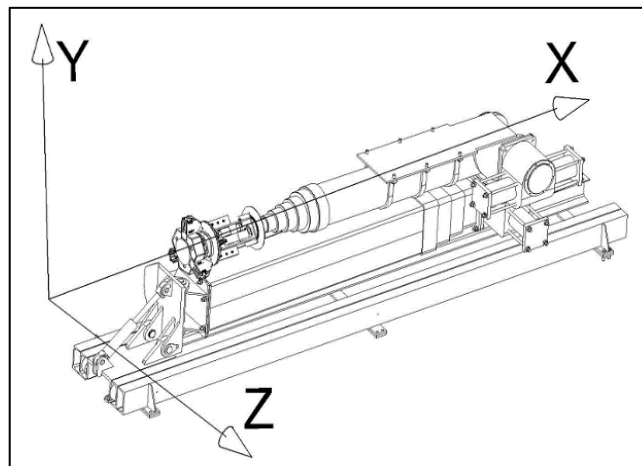


4.2.2. Planilla para cálculos de tiempos de las pruebas individuales de las maniobras para validar este equipo (ver Figura N° 4.9). Los movimientos del equipo están dados según los de desplazamientos (ver Figura 4.10).

Figura N° 4.9. Plantilla cálculos de tiempos de maniobras (Fuente Cofadi).

<u>PROTOCOLO PRELIMINAR PRUEBAS DE TALLER EQUIPO DESCOLGADOR</u>	
<p><b>OTROS</b></p> <p>DESGLOSE DE COMPONENTES EQUIPO DESCOLGADO <input type="text" value="IR"/></p> <p>DESGLOSE OPERACIÓN EQUIPO DESCOLGADOR <input type="text" value="IR"/></p>	
<p><b><u>VALID. OPERACIÓN EQUIPO POR SECUENCIA</u></b></p> <p>GENERADOR DE SECUENCIAS <input type="text" value="IR"/></p> <p>PROGRAMA DE SECUENCIAS <input type="text" value="IR"/></p>	
<p><b>REGISTRO CAPACIDADES MAXIMAS</b> <input type="text" value="IR"/></p> <p><b>REGISTRO VALIDACION FORMA DE MEDIR</b> <input type="text" value="IR"/></p>	
<p><b><u>VALID. MOV. INDIV. POR PRUEBAS ALEATORIAS</u></b></p>	
<p><b>CARRO</b></p> <p>DESPLAZAMIENTO LINEAL EJE X <input type="text" value="IR"/></p>	
<p><b>BRAZO POSICIONADOR</b></p> <p>DESPLAZAMIENTO LINEAL EJE X <input type="text" value="IR"/></p> <p>GIRO VERTICAL PLANO XY <input type="text" value="IR"/></p> <p>GIRO LATERAL PLANO XZ <input type="text" value="IR"/></p>	
<p><b>BRAZO TELESCOPICO</b></p> <p>DESPLAZAMIENTO LINEAL EJE DE ESTENSION <input type="text" value="IR"/></p> <p>GIRO VERTICAL PLANO XY <input type="text" value="IR"/></p> <p>GIRO LATERAL PLANO XZ <input type="text" value="IR"/></p>	
<p><b>RESUMEN</b> <input type="text" value="IR"/></p>	

Figura N° 4.10. Movimientos del brazo descolgador de zanja (Fuente Cofadi).





4.2.3. Limitaciones de movimientos del equipo descolgador de zanja.  
(ver Tabla 4.1).

Tabla 4.1. Limitaciones de Movimientos Equipo Descolgador (Fuente Cofadi).

EQUIPO	COMPONENTES	MOVIMIENTOS	NIVEL 4
Equipo Descolgador	Carro	Desplazamiento lineal eje x	1,6 m
	Brazo Posicionador	Desplazamiento lineal eje y	4,5 m
		Giro en la vertical plano xy	0° a 20°, derecha e izquierda 36°.
		Desplazamiento lineal eje extensión	8,316 m
	Brazo Telescópico	Giro en la vertical plano xy	0° a 180, Posición inicial 90° hacia un lado
		Giro lateral en el plano xz	Alturas 6 m, 36°, Para la derecha-izquierda
	Porta cono	Movimiento Orbital	Giro vertical 0° a 90°
			Giro Horizontal 0° a 180°
		Desplazamiento lineal a su eje	Corrida a 10 cm

## 4.2.4. Base de Datos de Taller e Interior de zanjas DAND. (ver tabla 4.2)

Tabla 4.2. Base de Datos (Fuente Cofadi).

Ítem	Unidad	Salida	Entrada
Largo pantógrafo	m	1	
Desplazamiento eje x pantógrafo	m	1	
Desplazamiento eje x carro	m	3	
Largo brazo posicionador sin extenderse	m	2,18	
Largo extensión máxima brazo posicionador	m	4,5	
Velocidad desplazamiento pantógrafo	mm/seg	14,9	27
Velocidad despliegue patas traseras pantógrafo	mm/seg	39	39
Velocidad desplazamiento carro	mm/seg	28	36
Velocidad extensión brazo posicionador	mm/seg	27	25
Velocidad giro vertical xy brazo posicionador	grado/seg	0,35	0,35
Ángulo máximo. giro vertical brazo posicionador	grados	20	
Velocidad de giro lateral plazo xz brazo posicionador	grado/seg	0,58	0,58
Ángulo máximo. giro lateral brazo posicionador	grado	20	20

Largo brazo telescópico sin extenderse	mm	1497	
Largo extensión máxima brazo telescópico	mm	7980	
Velocidad extensión brazo telescópico	mm/seg	39	39
Velocidad giro vertical plano xy brazo telescópico	grado/seg	0,35	0,35
Ángulo máximo. giro vertical brazo telescópico	grado	0 a 180	
Velocidad giro lateral plano xz brazo telescópico	grado/seg	0,62	0,62
Ángulo máximo giro lateral brazo telescópico	grados	6° para alt> 6 m y 20° para alt>= 6	
Velocidad giro lateral brazo telescópico colocación explosivo	grado/seg	0,35	0,35
Distancia desde suelo a eje de giro brazo telescópico	mm	1684	

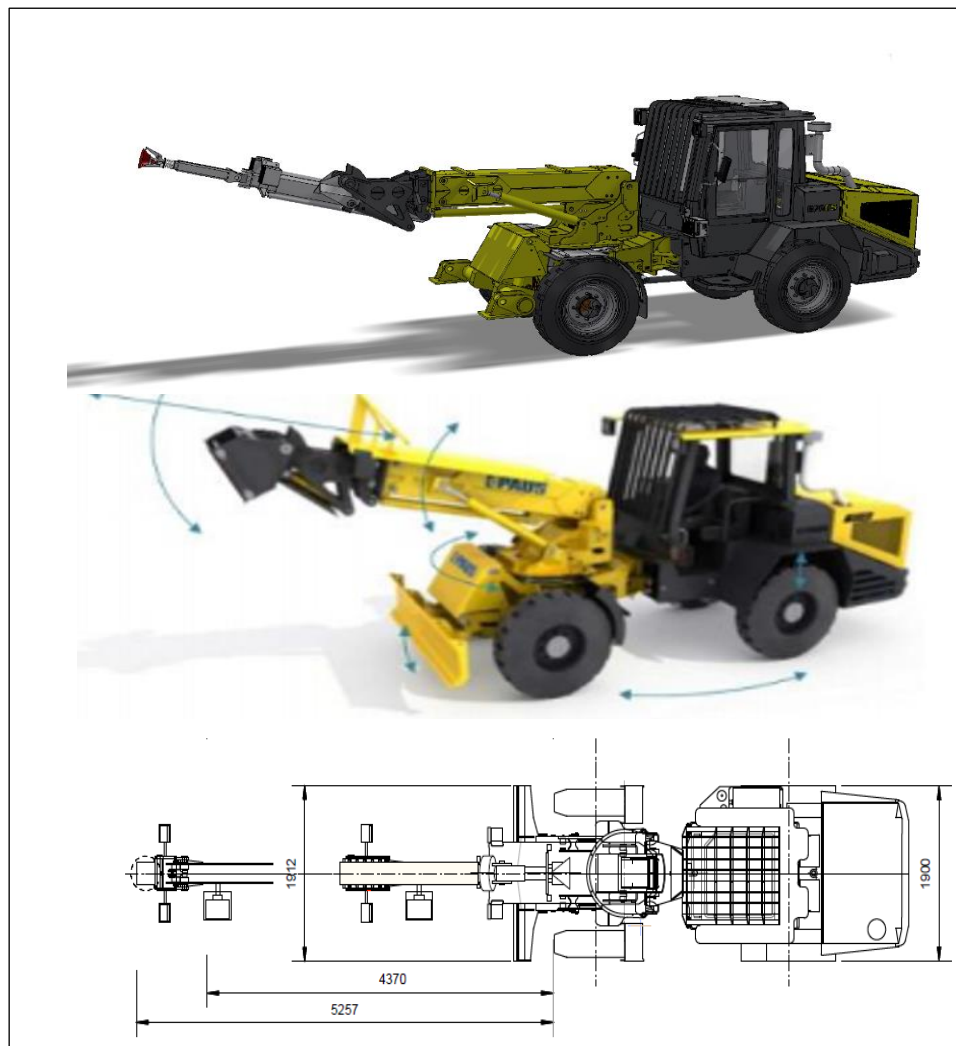
#### 4.2.5. Resultados.

La tabla anterior muestra la Base Datos a corroborar en la medición en terreno. Este equipo descolgador se empleó en taller del Nivel 16 de División Andina, solo se alcanzaron a realizar pruebas en este taller. Al momento de trasladar como maqueta con pegamento, este no se alcanzaba a pegar en la superficie del techo del taller, puesto que existían elementos que no se encuentran dentro de la zanja, por ejemplo, la malla de fortificación de la superficie, que no ofrecía una adecuada base para pegar el cono. Por los inconvenientes de maniobras no se continuó con la realización de la actividad de descuelgue y por las malas condiciones que ofrecía la superficie del terreno. La desventaja de este equipo fue que al levantar el brazo telescópico no se mantenía suspendido en forma fija, ya que por su peso se observaba que se inclinaba hacia la izquierda y también hubo demasiadas detenciones repentinas por falla de la bomba hidráulica, que se fueron solucionando en terreno para realizar las operaciones descuelgue con este equipo.

#### 4.3. Alternativa N° 3. Equipo Descolgador de Zanja (Empresa Paus).

Conocidas las problemáticas del equipo de la Alternativa N° 2, se sigue el estudio y recabando información en la búsqueda de mejoras, para implementarlas en una nueva alternativa como un equipo descolgador de zanja con otra empresa, siendo la empresa Paus, la cual presenta el siguiente equipo, con el respaldo de ser empresa con una vasta experiencia en equipos mineros de levante (ver Figura N° 4.11).

Figura 4.11. Equipo Descolgador de Zanja (Fuente Paus).



#### 4.3.1. Procedimiento Operativo Equipo Descolgador.

En el área de minería, en este último tiempo se han visto enfrentadas a una creciente problemática para la extracción de sus reservas en minería subterránea. Uno de los problemas más comunes son las colgaduras de mineral en los puntos de extracción, que constituyen las interrupciones de flujo más complicadas y peligrosas de resolver. Actualmente el método utilizado en para la solución de las colgaduras, consiste en suspender cargas explosivas en altura, con la ayuda de cañas de coligüe. La operación es realizada por la cuadrilla de descuelgue y reducción secundaria, quienes se enfrentan a situaciones de riesgo inaceptables como quedar expuesto bajo material colgado o que el coligüe se rompa y ocasione golpes al personal.

Se espera que con este prototipo industrial descolgador pueda zanjarse colgadas en los puntos de extracción para minería subterránea, capaz de pegar conos con adhesivo en altura en un punto de extracción colgado, de forma remota y desde fuera de la línea de fuego, disminuyendo considerablemente el riesgo de exposición del personal a eventuales caídas de rocas, con consecuencias que pueden ir desde lesiones menores hasta accidentes fatales.

#### 4.3.2. Operación y Procedimiento.

Corresponde a la metodología que permita al personal de coleccionar los datos requeridos para determinar la línea base de las actividades convencionales de descuelgue de zanjas y de tronadura secundaria bajo criterios operativos estandarizados y condiciones de riegos controlados.

#### 4.3.3. Personal.

Operadores Equipo Descolgador, Un Muestreador Analista y un Ingeniero Residente.

#### 4.3.4. Equipos de protección personal.

- Buzo de trabajo tipo piloto de color naranja con cintas reflectantes.
- Botines o botas de seguridad.
- Casco minero con porta lámpara y cinta reflectante.
- Lentes de seguridad blancos.
- Tapones auditivos.
- Respirador medio rostro con filtros mixtos.
- Cinturón minero con doble argolla metálica.
- Lámpara minera.
- Auto rescatador.
- Guantes de cuero.

#### 4.3.5. Materiales, Equipos , Herramientas e información.

- Tabla de registro de datos.
- Programa divisional de prioridades o secuencia de pruebas.
- Un detector portátil multigases.
- Radiotransmisor portátil.
- Un distanciómetro laser.
- Huincha de medir.
- Cronómetro.

## 4.3.6. Actividades.

Las actividades a desarrollar son: (ver Tabla 4.3).

Tabla 4.3. Actividades asignadas (Fuente Paus).

ACTIVIDADES	RESPONSABLES
<p>Definir las variables de interés a las cuales se tomarán los datos.</p> <p>Definir la metodología para realizar la tarea del Muestreador Analista.</p> <p>Instruir y capacitar a los Muestreador Analista en los procedimientos de trabajo para las campañas.</p> <p>Desarrollar las campañas de colección de datos.</p> <p>Velar por el cumplimiento de este procedimiento: Seguridad, Salud ocupacional y Medioambientales aplicables que mantiene la División.</p> <p>Establecer una comunicación permanente con el Jefe de turno del área Producción de la División.</p>	<p>Las actividades deben ser cumplidas en conjunto por: Jefe de Proyecto, Muestreador Analista, Ingeniero residente y Jefe de Seguridad y Salud Ocupacional.</p>



#### 4.3.7. Descripción del Estándar.

Los establecidos por la División y que el Muestreador Analista debe dar cumplimiento.

#### 4.3.8. Disposiciones Generales.

- Cada vez que el Muestreador Analista deba tomar datos en faena, deberá previamente, comunicar su ingreso al área al Jefe de Turno Producción (JTP) para que lo asignen a una cuadrilla de cachorro, con la que deberá permanecer siempre junto a ella hasta que se termine el trabajo asignado a la cuadrilla. Al finalizar la jornada debe comunicar su retiro del área al JTP.
- La colección de datos, se realizará durante un rango de cinco días por semana en turnos A (minero) y en los Puntos de Extracción que el Jefe Turno de Producción (JTP) asigne para descolgamiento y/o tronadura secundaria.
- Los datos que recolectará el Muestreador Analista provendrán de la información que le entregue la cuadrilla de cachorreros y/o a las mediciones que el efectúe durante el desarrollo de la campaña.
- Estos datos se podrán implementar con los registros disponibles que para este efecto maneje el área de producción y correspondientes a los turnos en que el Muestreador Analista no colecta los datos directamente.
- El Muestreador Analista realizará su tarea integrándose a la cuadrilla de cachorreros que le sea asignada por el Jefe Turno de Producción (JTP) a principios de turno.

#### 4.3.9. Procedimiento.

El Muestreador Analista aplica la metodología que le permite recolectar los datos requeridos para determinar la línea base de las actividades convencionales de descuelgue de zanjas.

#### 4.3.10. Recolección de datos de operación de descuelgue de zanjas.

- El Muestreador Analista ingresa al lugar de medición con cuadrilla de cachorreros a la cual ha sido asignado por JTP.

#### 4.3.11. En faena solicita los datos a cachorreros sobre:

- Tipo Colgadura.
- Altura Colgadura.
- Cantidad de Explosivo por colgadura.
- Mide con cronómetro los tiempos utilizados en solución de descuelgue de zanjas.
- Contabiliza la cantidad de personas involucradas en la operación.
- Mide con distanciómetro, el diámetro de las colpas existente, el área habilitada de trabajo zanja y la geometría general labores.

#### 4.3.12. Recolección de datos sobre reducción secundaria.

- El Muestreador Analista ingresa al lugar de medición con cuadrilla de cachorreros a la cual ha sido asignado por JTP.

Si el punto de Extracción está abocado debe medir:

- Las dimensiones de la colpa con huincha (eje mayor, medio y menor)
- La profundidad de las perforaciones en la colpa si corresponde, con huincha o distanciómetro.

Si el punto no está abocado las dimensiones de la colpa las debe medir:

- Remotamente con el distanciómetro y la longitud de las perforaciones, la debe solicitar al operador del jumbo cachorrero.

- Los tiempos utilizados en solución de reducción secundaria con un cronómetro.
- La geometría general de la labor con distanciómetro.
- Debe solicitar a cachorreros los datos sobre cantidad de explosivo utilizado por colpa.
- Contabilizar visualmente presencia de bolón(es) en la boca de la zanja y la cantidad de personas involucradas en cada reducción de las colpas.

#### 4.3.13. Riesgos.

- Atropellamiento por equipo motorizado.
- Golpeado/aplastado/atrapado por planchones de rocas, fortificación que se desprenden, estallido de rocas o bombeo de zanjas.
- Caídas a distinto nivel; a piques, desde pila de mineral u otra superficie de trabajo que se utilice para tomar los datos.
- Caídas de igual nivel al transitar por labores mineras disparejas, con barro, material suelto, almacenamiento de escombros y material de desechos entre otros.
- Exposición a detonación no controlada de explosivos residuales.
- Exposición a gases de minas, polvo (sílice) ruido o deficiencia de oxígeno.
- Exposición a incendio mina.
- Choques, colisiones del vehículo.

#### 4.3.14. Control de los Riesgos.

El Muestreador Analista debe cumplir y hacer cumplir especialmente al personal involucrado:

- Tener y portar los pases de ingreso personal (y del vehículo si corresponde) en plena conformidad a los estándares divisionales exigidos por DET.

- Respetar las restricciones, áreas confinadas y las instrucciones que indiquen el JTP o de quien corresponda.
- Caminar por las labores mineras atento a las condiciones físicas y operativas existentes y aplicar las medidas de control correspondientes.
- Conocer y respetar estándares de tránsito vehicular en interior mina.
- Portar y usar detector portátil multigases. Si el detector acusa condiciones subestándares, devolverse y comunicar de inmediato a Jefe de Turno Divisional correspondiente y actuar conforme a las instrucciones que reciba.
- Portar y usar los EPP requeridos.
- Conocer y aplicar procedimiento divisional en caso de incendio y de tránsito de personas y equipos interior mina.
- Utilizar en caso de requerir o entregar información a un operador de equipo u otro, el sistema de señales con lámpara minera para llamar su atención.
- Verificar previamente que la postura reúne las siguientes medidas de control de riesgos.
- Área no presenta restricciones de ingreso por parte del Jefe de Turno Divisional correspondiente.
- Área con ausencia de planchones en techos y cajas.
- Postura sin materiales de desechos y despejada que no interfieran la ejecución de su tarea.
- Concentración ambiental de CO igual o inferior de 40 ppm e igual o superior a 19,5% de O<sub>2</sub>. Para este efecto, se debe medir las concentraciones utilizando el Detector Portátil Multigases. De existir condiciones subestándares comunicar de inmediato al Jefe de Turno Divisional correspondiente y no ingresar al área y/o suspender la tarea hasta que las condiciones sean mejoradas y autorizado su ingreso por Jefe de Turno Divisional correspondiente.

- Todo el personal asociado directa o indirectamente al desarrollo del proyecto y que no requieren estar permanentemente en terreno como las visitas, proveedores u otros, siempre acatar correcta y oportunamente las instrucciones que le son entregadas.
- Todo ingreso del personal a nombrada debe ser comunicada correcta y oportunamente a Jefe de Turno Divisional correspondiente.
- Todo el personal relacionado directa o indirectamente con el desarrollo del proyecto en terreno, debe tener actualizados los certificados de aptitud para trabajos en altura y del cargo.

#### 4.4. PROTOCOLO DE PRUEBAS.

Formas de cómo se deben concretar las pruebas con el equipo descolgador en punto de extracción para la validación industrial. La empresa Paus logro a la fecha, diseñar y construir un prototipo industrial descolgador de zanjas para minería subterránea, capaz de pegar conos con adhesivo en altura en un punto de extracción colgado, de forma remota y desde fuera de la línea de fuego, disminuyendo considerablemente el riesgo de exposición del personal a eventuales caídas de rocas, con consecuencias que pueden ir desde lesiones menores hasta accidentes fatales. Después de realizadas las pruebas para validar este equipo se debe considerar los siguientes recursos de Ingreso, Operación y Mantención.

##### 4.4.1. Pruebas.

Las pruebas de operación del equipo en la mina subterránea se dividirán en cuatro etapas:

- Pruebas en superficie: proceso de familiarización con equipo descolgador, realizando movimientos que repliquen pruebas en puntos de extracción.
- Pruebas interior mina: pruebas en ambiente, interior mina, buscando adherir conos de maquetas de yeso en superficies en altura.
- Pruebas en puntos de extracción con conos maqueta: pruebas que busquen adherir conos de maquetas de yeso en colgaduras reales. Considerando ambiente minero tales como poca luminosidad, humedad, presencia de polvo y restricciones espaciales definidas por tamaños de galerías.
- Pruebas en operación de descuelgue: pruebas de carácter operacional, dentro de la operación de reducción secundaria, adhiriendo conos APD a colgaduras.

#### 4.4.2. Pruebas en superficie.

Se realizan en los talleres en la superficie exterior de la mina, en los talleres de la División.

#### 4.4.3. Lugar de pruebas.

Estas pruebas deben ser ejecutadas en un lugar amplio, de forma tal que se puedan ejecutar maniobras con equipo descolgador tales como: despliegue de brazos, giros de brazos, etc. El lugar seleccionado debe ser estratégico en favor de la ejecución de las pruebas.

#### 4.4.4. Duración de las pruebas.

Tendrá una duración en un rango mínimo de días en función del avance que se logre en el conocimiento y manejo de las distintas funcionalidades del

equipo. Esto está directamente relacionado con la habilidad y condición personal de cada operador, considerando principalmente el criterio experto del instructor responsable.

#### 4.4.5. Metodología de medición.

Estas pruebas buscan complementar etapa de capacitación, que considerará el tiempo definido por RRHH de División El Teniente, la metodología de evaluación y aprobación correspondiente, al equipo y a los operadores, será dirigida por personal de Paus.

#### 4.4.6. Participantes.

Los participantes para estas pruebas son: Instructor y técnicos Paus. Personal Involucrados. Operadores DET.

#### 4.4.7. Condiciones de las Pruebas realizadas:

Las observaciones de las condiciones que deben proporcionarse al realizar las pruebas: Al interior de la mina, en el Punto de Extracción y en la Operación de descuelgue, se basarán bajo los siguientes Puntos de medición de las condiciones de:

##### A. Lugar de las pruebas.

- Las pruebas serán realizadas en el nivel de producción de Mina Esmeralda.

##### B. Duración de pruebas.

- Estas pruebas están dentro de un rango de mínimo de días.

##### C. Metodología de medición.

- Estas pruebas buscan complementar etapa de capacitación, que considerará el tiempo definido por RRHH de División El Teniente, la

metodología de evaluación y aprobación correspondiente, al equipo y a los operadores, será dirigida por personal de Paus. Se busca analizar los intentos de pegados de conos en ambiente minero, generando estadísticas sobre casos de éxito y fracaso. Además de monitorear tiempos de ciclo en manipulación del equipo.

D. Variables a medir.

- Éxito de pegado, se generará estadística a partir de las mediciones en esta etapa. Identificando tiempos y maniobras realizadas, evaluando opción de mejora para pruebas en puntos de extracción.

Se registrará los tiempos para las siguientes maniobras secuenciales:

- Estabilización del equipo: apoyo total de los sistemas estabilizadores en segundos.
- Consola de control en posición de operación: esto implica sacar la consola desde la cabina, posicionarla a 10 metros del chasis y encender la consola hasta quedar operativa.
- Despliegue máximo del brazo posicionador: registrar tiempo que demora el despliegue total del brazo y rangos de velocidad de este movimiento. La extensión debe alcanzar los 5.257 mm de extensión. El tiempo se medirá en segundos.
- Proceso de caracterización: registrar tiempo donde el operador ejecuta caracterización de colgadura y decide el punto objetivo para adherir el cono.
- Repliegue de brazo posicionador para colocación de cono maqueta: registrar tiempo y rango de velocidad en el que se repliega el brazo posicionador. Además, registrar tiempo en el que el portacono queda al alcance del operador para posicionar el cono.
- Posicionamiento de cono, preparación y aplicación de adhesivo: tomar el tiempo en el que el operador sale de la consola de control, coloca el



como en el portacono, prepara y aplica adhesivo, finalizando en su posición inicial (frente a la consola).

- Brazo telescópico vertical en posición para despliegue: registrar tiempo que toma el brazo telescópico vertical en quedar en posición de despliegue guiado con sistema láser.
- Movimiento de pedestal porta conos: manipular pedestal hasta dejar alineado el cono con eje de brazo telescópico vertical. El tiempo se medirá en segundos.
- Despliegue de brazo telescópico vertical: registrar tiempo y rango de velocidad de este movimiento, hasta posición objetivo (20 cm antes del contacto con superficie). Se debe registrar altura objetivo. Y realizar pruebas con distintos grados de inclinación que también deben ser registrados.
- La inclinación y distancia estarán visibles en el monitor y en esta etapa se espera una calibración validada para garantizar registros directamente del monitor (ver Figura 4.12).

Figura 4.12. Monitor (Fuente Paus).



- Pegado de cono: registrar tiempo desde que se manipula el portacono, fragua el cemento y suelta el cono.
- Repliegue y retiro de equipo: registrar tiempo y rango de velocidades en repliegue de los brazos y retiro del equipo (cuando saca

estabilizadores). Registrar tiempo y velocidad de cada componente. El tiempo se medirá en segundos.

E. Instrumentación.

- Según las variables a medir se necesita: cronómetro, huincha de medir y distanciómetro.

F. Criterio de aceptación.

- La operación debe estar comprendida dentro del tiempo de fraguado del adhesivo. Con respecto al pegado se espera en un porcentaje de éxito en los intentos. El operador debe manipular el equipo de manera fluida.

G. Participantes.

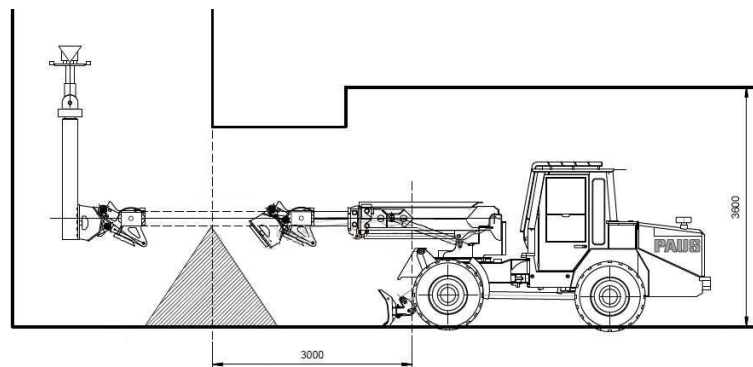
- Los participantes para estas pruebas son: Instructor y técnicos Paus. Personal Muestreador Analista. Operadores DET.

4.4.8. Variables de medir. En el Punto de Extracción.

(ver Figura N°4.13)

Éxito de pegado, se generará estadística a partir de las mediciones en esta etapa. Definir y medir ciclo de operación.

Figura N°4.13. Equipo dentro de la zanja colgada (Fuente Paus).

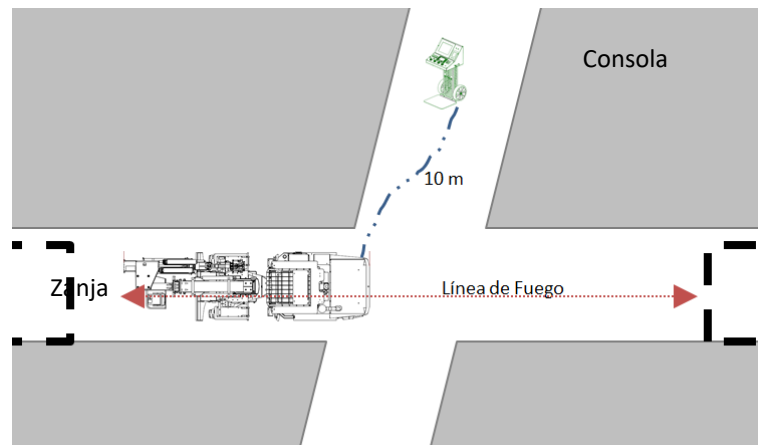


Se registrará tiempos para las siguientes maniobras secuenciales:

- Ingreso a calle zanja hasta quedar en posición de operación.
- Estabilización del equipo: apoyo total de los sistemas estabilizadores (en segundos).

- Consola de control en posición de operación: esto implica sacar la consola desde la cabina, posicionarla a 10 metros del chasis y encender la consola hasta quedar operativa; en segundos (ver Figura 4.14).

Figura N°4.14. Posición de la consola (Fuente Paus).



- Despliegue del brazo posicionador: registrar tiempo que demora el despliegue necesario del brazo. El tiempo se medirá en segundos.
- Proceso de caracterización: registrar tiempo donde el operador ejecuta caracterización de colgadura y decide el punto objetivo para adherir el cono en un determinado tiempo.
- Repliegue de brazo posicionador para colocación de cono maqueta: registrar tiempo y rango de velocidad en el que se repliega el brazo posicionador. Además, registrar tiempo en el que el portacono queda al alcance del operador para posicionar el cono.
- Posicionamiento de cono, preparación y aplicación de adhesivo: tomar el tiempo en el que el operador sale de la consola de control, coloca el cono en el portacono, prepara y aplica adhesivo; y retorna a su posición inicial (frente a la consola). El tiempo se medirá en segundos. Esta etapa debe incluir manipulación de similar de cordón detonante.

- Despliegue del brazo posicionador: registrar tiempo que demora el despliegue total del brazo y rangos de velocidad de este movimiento. El tiempo se medirá en un determinado instante.
- Brazo telescópico vertical en posición para despliegue: registrar tiempo que toma el brazo telescópico vertical en quedar en posición de despliegue guiado con sistema láser. El tiempo se medirá en segundos.
- Movimiento de pedestal porta conos: manipular pedestal hasta dejar alineado el cono con eje de brazo telescópico vertical. El tiempo se medirá en un determinado instante.
- Despliegue de brazo telescópico vertical: registrar tiempo y rango de velocidad de este movimiento, hasta posición objetivo (20 cm antes del contacto con superficie). Se debe registrar altura objetivo. Y realizar pruebas con distintos grados de inclinación que también deben ser registrados. El tiempo se medirá en segundos y distancia en mm.  
La inclinación y distancia estarán visibles en monitor y en esta etapa se espera una calibración validada para garantizar registros directamente del monitor.
- Pegado de cono: registrar tiempo desde que se manipula el portacono, fragüe del adhesivo y liberación del cono (tiempo estimado suficiente para pegar).
- Repliegue y retiro de equipo: registrar tiempo y rango de velocidades en repliegue de los brazos y retiro del equipo (cuando saca estabilizadores). Registrar tiempo y velocidad de cada componente. El tiempo se medirá en un determinado instante.

#### 4.4.9. Criterios Aceptación para el descuelgue de zanja.

La operación debe estar comprendida dentro del tiempo de fraguado del adhesivo. En cuanto al pegado se espera un porcentaje de éxito en los intentos.

Respecto a la descolgadura del punto de extracción, se espera sobre un porcentaje éxito en los intentos. El operador debe manipular el equipo de manera fluida respetando las normas de la operación, conforme a lo establecido en el instructivo operacional del equipo descolgador. Y los movimientos a realizar se deben a lo establecido en este protocolo de pruebas.

#### 4.4.10. Control de Riesgos.

Los peligros asociados a la actividad laboral del personal involucrado que realiza durante las pruebas del equipo descolgador en terreno y las medidas de control correspondientes, se explicitan en la siguiente matriz de Peligros y Control (ver Tabla 4.4).

Tabla 4.4. Control de Riesgos (Fuente Paus).

PELIGROS	CONTROL
<p>ATROPELLO (equipos automotrices, incluye livianos y pesados)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cumplir con lo establecido en el reglamento de tránsito interior mina.</li> <li>- Trabajar con el sector confinado y respetar aislamiento de equipos y señalizaciones del sector.</li> <li>- Coordinar con operador del equipo si requiere ingresar al sector confinado.</li> <li>- Hacerse ver por operadores de equipos o choferes de vehículos.</li> <li>- Usar vestimenta con cintas reflectante, cinturón de seguridad y lámpara minera</li> </ul>

		<p>portada en el casco conforme a estándar y asegurar el uso por parte de los acompañantes.</p> <p>- Cumplir y hacer cumplir el ECF N°3 y N°4: Equipo Pesado y Vehículos Livianos.</p>
BOMBEO ZANJAS	DE	<p>- Consultar/asegurar que área asignada a las pruebas no encuentra con peligro de bombeo de zanjas/estallido de rocas. De lo contrario no participar en las pruebas hasta asegurar por parte de la supervisión DET que condiciones de riesgos se encuentran bajo control, que personal DET se encuentra instruido y entrenado para actuar en caso de emergencia y que reciben el reglamento de obligación a informar por parte de División.</p>
ESTALLIDO ROCAS	DE	<p>- Estar autorizado por escrito previo y por la supervisión del área o el encargado del área para ingresar a un área o zonas con mineral húmedo/estallido de rocas.</p> <p>- Verificar aislamiento o confinamiento de los sectores de extracción de mineral húmedo con riesgo de una descarga no controlada de agua barro/estallido de rocas.</p> <p>- Cumplir y hacer cumplir el ECF N°15. Bombeo de zanjas y ECF N°16. Estallido de rocas.</p>
INCENDIO INTERIOR MINA		<p>- Conocer, aplicar y hacer cumplir el plan de emergencia del área de trabajo donde se realizan las pruebas especialmente el código de alarmas, las vías y lugar de evacuación.</p>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evacuar de inmediato al recibir la alarma respectiva y conforme al plan de evacuación establecido para el área de trabajo o de pruebas.</li> <li>- Cumplir y hacer cumplir el ECF N°12. Incendio.</li> </ul>
EXPOSICIÓN SÍLICE RESPIRABLE. “GASES COMBUSTIÓN INTERNA RESPIRABLE”	A   DE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Usar, conservar, mantener y almacenar adecuadamente el respirador facial el cual debe tener filtros mixtos (polvos y gases) y de igual modo, los protectores auditivos (tapones / orejeras).</li> <li>- Cumplir y hacer cumplir el EST N°3. Higiene ocupacional.</li> </ul>
DETONACIÓN DE EXPLOSIVOS	DE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contar con la Licencia de Manipulador de Explosivos por su participación en el descuelgue de zanjas con explosivos.</li> </ul>
GOLPEADO ATRAPADO DESPRENDI MIENTO MATERIAL COLGADO.	Y/O POR - DE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No participar en la inspección visual de las potenciales colgaduras en las zanjas que es responsabilidad del personal involucrado.</li> <li>- Si le indican evacuar por tronadura, deben abandonar de inmediato el área y dirigirse al área definida.</li> <li>- Mantenerse fuera del área confinada respetando siempre la señalética que la define.</li> </ul>
CARGA SUSPENDIDA		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenerse fuera del área confinada respetando siempre la señalética que la define.</li> </ul>

CAÍDA AL MISMO NIVEL	<ul style="list-style-type: none"><li>- Verificar que área de trabajo, se encuentra ordenada, sin desechos y objetos que impidan un tránsito sin riesgo por ella.</li><li>- Verificar tenencia en el área de piques o similares con la protección respectiva. De no ser así, comunicar de inmediato al supervisor respectivo y retomar actividad cuando ésta sea levantada.</li><li>- Informar al supervisor respectivo de cualquier anomalía en el área para mejorar la condición subestándar y retomar la actividad, luego que ésta sea levantada.</li></ul>
----------------------	--



## **Capítulo 5: INSTRUCTIVO OPERACIONAL EQUIPO DESCOLGADOR EN PUNTO DE EXTRACCIÓN.**

### 5.1. Instructivo Operacional.

Uno de los problemas más comunes en la actual operación de mina subterránea son las colgaduras de mineral en los puntos de extracción, que constituyen una de las interrupciones del proceso extractivo más complejas y expuestas para el personal.

Para reducir este riesgo, se ha desarrollado un sistema integrado para el descuelgue puntos de extracción, a la vez busca mecanizar y tele-operar esta actividad a través de un equipo que realice la operación de descuelgue de zanja a través de la fabricación de un equipo descolgador de zanjas para minería subterránea capaz de adherir un cono con carga explosiva en altura en un punto de extracción colgado.

Se realiza de manera remota fuera de la línea de fuego del desprendimiento súbito del material colgado logrando mitigar de manera casi total el riesgo de exposición del operador a eventuales caídas de rocas, con consecuencias que podrían ir desde lesiones menores hasta accidentes fatales.

#### 5.1.1. Aplicación del Instructivo Operacional.

Este instructivo se aplicara y debera ser conocido por todo el personal que realiza la actividad de reducción secundaria mediante equipos mecanizados de la superintendencia de mina central: Supervisores, Coordinadores, Líderes y Personal de Reducción Secundaria (Cachorreros), quienes deben aplicar y cautelar el fiel cumplimiento de este instructivo.

### 5.1.2. Recursos para realizar el Trabajo.

Todo operador, antes de ser autorizado a conducir u operar un equipo descolgador de zanja, debe ser capacitado/entrenado de forma teórica/práctica, considerando los siguientes recursos:

- Examen Psicosensotécnico al día.
- Licencia de conducir clase D.
- Licencia de manipulador de explosivos.
- Curso de manejo a la defensiva.
- Curso específico de teoría del funcionamiento y operación de equipo Descolgador; sistemas contra incendio.
- Evaluación de capacitación teórica/practica.
- Curso de combate y control de incendio en equipos y actuación ante situaciones de emergencia.
- TRAME (Transporte y Manipulación de Explosivo).

### 5.1.3. Equipos de Protección Personal.

El operador del equipo Descolgador de zanjas, debe portar y usar cuando corresponda, los elementos de seguridad de protección personal entre otros:

- Casco de seguridad minero con barbiquejo, y cinta reflectante en la parte posterior y alrededor de este.
- Lentes de protección ocular.
- Overol color anaranjado con huincha reflectante en la parte delantera (altura del pecho) y trasera (altura de la espalda).
- Cinturón de combinación con argolla.
- Lámpara minera certificada encendida, colocada en el portalámpara del casco.
- Botín de seguridad o botas de seguridad.
- Guantes de cuero.

- Protectores auditivos doble (auto expandibles y tipo fono).
- Respirador contra polvo.
- Autor rescatador.
- TAG detector de Presencia.

#### 5.1.4. Equipos Herramientas y Material para la Operación (ver Tabla 5.1.).

Tabla 5.1. Equipos Herramientas y Material para la Operación (Fuente Paus).

EQUIPO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipo Descolgador de zanjas completo, con todos los subsistemas.</li> <li>• Radio transmisor bidireccional.</li> </ul>
HERRAMIENTAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Candado de bloqueo.</li> </ul>
MATERIALES	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cintas de confinamiento de Calles</li> <li>• Pegamento para APD.</li> </ul>

#### 5.1.5. Estándares de Seguridad.

El Sistema de Gestión OHSAS 18001, y los Estándares de Control de Fatalidades (ECF) y de Salud en el Trabajo (EST), reconocen un Instructivo Operacional los siguientes Peligros evaluados como Riesgos Inaceptables (ver Tabla 5.2.).

Tabla 5.2. Estándares de Seguridad (Fuente DET).

PELIGROS	CONTROL
<p>ATROPELLO (EQUIPOS AUTOMOTRICES, INCLUYE LIVIANOS Y PESADOS)</p> <p>ECF N°3 y N°4: EQUIPO PESADO Y VEHÍCULOS LIVIANOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Operar equipos solo personal capacitado, entrenado y autorizado.</li> <li>- Operadores deberán portar licencia municipal clase D y licencia Interna de interior Mina vigente.</li> <li>- Cumplir con lo establecido en el reglamento de tránsito interior mina.</li> <li>- Trabajar con el sector confinado y respetar aislamiento de equipos y señalizaciones del sector.</li> <li>- Coordinar con operador la entrada al sector.</li> <li>- Hacerse ver por operadores de equipos o choferes de vehículos.</li> <li>- Usar el cinturón de seguridad y lámpara minera portada en el casco y asegurar el uso por parte de los acompañantes.</li> <li>- Estacionar en retroceso y utilizar cuñas.</li> <li>- Utilizar exclusivamente el vehículo para lo que fue diseñado.</li> </ul>
<p>BOMBEO DE ZANJAS</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conocer las zonas de su área de trabajo afectadas por humedad o peligro de bombeo.</li> <li>- Trabajadores que ejecuten actividades en zonas con humedad, deben ser instruidos respecto a los procedimientos e instructivos específicos asociados a la actividad.</li> <li>- Se debe estar instruido y entrenado para actuar en caso de emergencia.</li> </ul>

<p>BOMBEO DE AGUA BARRO</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Toda persona previo ingreso a un área o zonas con mineral húmedo, debe ser autorizada por escrito por el encargado del área.</li> <li>- Se debe contar con procedimientos operacionales y de emergencia vigentes y sistemas de evacuación para cada área.</li> <li>- Se debe verificar que los puntos de extracción con presencia de barro se encuentren abocados y/o confinados.</li> <li>- Se debe aislar o confinar los sectores de extracción de mineral húmedo con riesgo de una descarga no controlada de agua barro.</li> <li>- Limitar el tránsito por calles en donde existan zanjas colgadas y con mineral húmedo, autorizando sólo el ingreso al personal encargado de eliminar esta condición.</li> </ul>
<p>ESTALLIDO DE ROCAS</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Todos los trabajadores deben presentar aptitudes técnicas, físicas y psicológicas adecuadas.</li> <li>- Los trabajadores deben tener instrucción de trabajos en zona de transición.</li> <li>- Al ingresar a un área operativa los trabajadores deben conocer el nivel de riesgo de estallido de rocas y realizar una evaluación de su lugar de trabajo.</li> <li>- Toda persona previo ingreso a un área o zona con riesgo de estallido de roca debe ser instruido para trabajos en Zona de Transición (ZT) y dar aviso de su ingreso para que haya un</li> </ul>

	<p>control del personal trabajando en esa zona.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Todo trabajador debe informar cualquier anomalía a los encargados del área respectiva, generadas por la ocurrencia de un evento sísmico.</li> <li>- El área debe contar con procedimiento de trabajo para realizar cualquier actividad en zonas de transición.</li> <li>- Se debe contar y mantener operativo un sistema de monitoreo sísmico y de alerta temprana, ante la posible ocurrencia de un estallido de roca.</li> <li>- Contar con un procedimiento en caso de estallidos de rocas y tener conocimiento de éste.</li> <li>- Se debe contar con sistemas de comunicación bidireccional en zonas con riesgo de estallido de rocas.</li> </ul>
<p>INCENDIO INTERIOR MINA</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se debe conocer y cumplir con el plan de emergencia de su área de trabajo.</li> <li>- Se debe conocer los sistemas de seguridad y protección contra incendio de equipos, instalaciones e infraestructura de su área.</li> <li>- Todos los trabajadores deben estar capacitados y entrenados en el uso del autor rescatador y salidas de emergencia.</li> <li>- Se debe disponer de un mapa de riesgo de incendios en el área de trabajo.</li> <li>- Verificar en los equipos que el plan de revisión</li> </ul>

	<p>de los equipos o sistemas de protección de incendios se encuentren realizados.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El área debe mantener señalización para identificar y activar los sistemas contra incendio, vías de evacuación y salidas de emergencia.</li> <li>- Se debe contar con un procedimiento para actuar en caso de incendio en la mina y tener conocimiento de éste.</li> <li>- Se debe disponer de sistemas de extinción manuales, semiautomáticos y/o automáticos en los equipos autopropulsados.</li> </ul>
<p>EXPOSICIÓN A SÍLICE RESPIRABLE</p> <p>HIGIENE OCUPACIONAL</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los trabajadores deben conocer los peligros y riesgos asociados a la exposición ocupacional, los efectos sobre su salud y las medidas de control aplicables.</li> <li>- Las aéreas deben contar con señalización clara y visible de los riesgos de exposición del lugar y la obligatoriedad del uso del Equipo de Protección Personal.</li> <li>- Se debe utilizar, conservar, mantener y almacenar adecuadamente sus Elementos de Protección Personal.</li> </ul>
<p>EXPOSICIÓN A RUIDO</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conocer los niveles de ruido del sector donde realiza su trabajo y los tiempos permitidos de exposición con y sin protección auditiva.</li> <li>- Se debe utilizar, conservar, mantener y almacenar adecuadamente sus Elementos de Protección Personal.</li> </ul>

<p>EXPOSICIÓN A RUIDO</p> <p>HIGIENE OCUPACIONAL</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las aéreas deben contar con señalización clara y visible de los riesgos de exposición del lugar y la obligatoriedad del uso del Equipo de Protección Personal.</li> <li>- Identificar y señalar las instalaciones, equipos y herramientas de alta generación de ruido con la finalidad de limitar los tiempos de exposición.</li> </ul>
<p>EXPOSICIÓN A VIBRACIONES</p> <p>HIGIENE OCUPACIONAL</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar y señalar las instalaciones, equipos y herramientas de alta generación de vibraciones con la finalidad de limitar los tiempos de exposición.</li> <li>- Generar sistemas de rotación de puestos de trabajo según tiempo de exposición.</li> <li>- Se debe controlar el buen estado y la mantención de las carpetas de rodado.</li> <li>- Verificar que asientos de los equipos utilizados para realizar la perforación de colpas se encuentre en buenas condiciones de operación.</li> </ul>
<p>ATRAPAMIENTO POR OBJETOS FIJO O MOVIMIENTO (BISAGRA CENTRAL EN EQUIPOS ARTICULADOS)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisar permanentemente la operatividad del sistema de bloqueo.</li> <li>- Se debe evitar que el operador de un equipo articulado se ubique en el sector de la articulación, ni dejar que se ubiquen otros trabajadores.</li> <li>- Dentro de las pautas de mantenimiento se debe verificar que exista un programa de mantenimiento del sistema de bloqueo.</li> </ul>



<p>GASES DE COMBUSTIÓN INTERNA</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los equipos de perforación deben ser revisados mensualmente, verificando los niveles de emisión de monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno.</li> <li>- Se debe verificar que se realicen las mediciones mensuales al tubo de escape de las maquinarias diesel, de las emisiones de monóxido de carbono y dióxido de nitrógeno.</li> <li>- Siempre se debe cautelar que el caudal de aire proveniente del sistema de ventilación sea suficiente para el barrido de los gases producidos por los equipos diesel.</li> </ul>
<p>DETONACIÓN DE EXPLOSIVO (TIROS QUEDADOS).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reglamento Interno de Transporte, almacenamiento y manejo de explosivos (TRAME), capítulo V “Tiros Quedados”, desde punto 9.1 a 9.3.1. Versión 3, con fecha 26 de octubre de 2007.</li> </ul>
<p>GOLPEADO Y/O ATRAPADO POR DESPRENDIMIENTO DE MATERIAL COLGADO.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Si las rocas colgadas en la zanja no presentan seguridad de estar firmes para ser tronadas, se solicitará al personal cachorrero que se retire del punto y proceda al siguiente en el programa.</li> <li>- No ingresar a la zanja si está “goteando”.</li> <li>- El brazo del equipo penetrará sólo hasta la visera y el brazo telescópico hasta 8 metros de la visera como penetración máxima.</li> </ul>
<p>CARGA SUSPENDIDA</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Operador de equipo nunca deberá ubicarse bajo brazo de equipo Descolgador de zanjas.</li> </ul>

CAÍDA AL MISMO NIVEL	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se debe mantener orden aseo en los lugares de trabajo.</li> <li>- Se tendrá especial cuidado mientras se revisa la calle de que esta se encuentre libre de risas, y de todo tipo de materiales que puedan provocar una caída al mismo nivel.</li> <li>- La responsabilidad de informar cualquier anomalía en las calles será del operador del equipo de descuelgue.</li> </ul>
CAIDA A DIFERENTE NIVEL	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipo de descuelgue deberá tener siempre sus puntos de apoyo en buen estado.</li> </ul>

El detalle de los peligros antes mencionados, están contenidos en la matriz de identificación de Peligros, Evaluación y Control de Riesgos (R-102) y finalmente las actividades están en el Programa de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional.

#### 5.1.6. Medidas Básicas de Seguridad

- Cumplir con reglamentos, normas, procedimientos e instructivos establecidos.
- Cumplir y hacer cumplir con los ECF/EST que aplica.
- Cumplir en todos y cada uno de los puntos del presente instructivo.
- Verificar el estado y correcto uso de los elementos de protección personal.
- No realizar bromas ni jugarretas durante la actividad.
- Mantener operativos los sistemas de seguridad de los equipos e instalaciones.

5.1.7. Medio Ambiente. Los principales aspectos ambientales del trabajo están en:

El Sistema de Gestión Ambiental ISO 14001, reconoce a nivel de Superintendencia lo siguiente en la realización de la actividad:

- Generación y deposición de Rises (aceros de perforación).
- Derrame de aceite y petróleo.

5.1.8. Medidas básicas de prevención y mitigación (derrame de petróleo, lubricantes, aceite hidráulico u otros):

- Cumplir con Procedimiento “Gestión de RIS”, GSYS-CMRIS-P-015.
- Parar el motor e inspeccionar el equipo en forma visual determinando el origen del derrame.
- Construya diques que evite la propagación del contaminante y así concentrar su volumen en un área reducida.
- Controlado el derrame, confine el área contaminada con cintas, a fin de evitar que el tránsito propague la sustancia.
- Evitar exposición a llama abierta.
- Coloque sobre residuos restantes material absorbente.

5.1.9. Descripción de la Actividad. Inspección del Equipo.

Antes de salir con el equipo al lugar del trabajo, el operador debe verificar/controlar que el equipo se encuentra en buen estado y cumpla con los estándares exigidos en los procedimientos y check-list (ver Anexo 8.12).

- Niveles (Petróleo, Aceite de motor, Hidráulico y Transmisión).
- Luces y bocina.
- Sistema de frenos y dirección.
- Extintores: manuales y semiautomático.

- Fugas de aceite y/o petróleo.
- Depurador de gases.
- Neumáticos.
- Estructura en general.
- Orden y aseo en cabina.
- Protección de cabina.
- Revisión el tablero de control e instrumentación.
- Sistema de refrigeración.
- Antena del SISPAC/DISPATCH.
- Pantalla Gráfica/Consola.

#### 5.1.10. Ubicación del equipo en la zanja colgada.

Una vez chequeado el equipo y listo para comenzar a trabajar, el operador del Equipo Descolgador deberá realizar las siguientes actividades en el orden que se enumeran:

- Llegar hasta la calle asignada y aislar la zona con cintas de confinamiento.
- Realizar una inspección visual a pie de los puntos de extracción o zanjas, identificando el estado del punto (cortado, colgado).
- Comprobar la estabilidad de las colgaduras donde adherirá el explosivo y estado de situación del punto (que se encuentre libre de elementos o Rises que puedan causar daños al equipo).
- Verificar que el pretil de seguridad ante descuelgue súbito exista y esté bien hecho. De no estarlo, informar al supervisor correspondiente para que este tome las medidas del caso.
- Realizar su Análisis de Riesgos de la Tarea (ART).

#### 5.1.11. Instrucciones de uso de Equipo Descolgador.

Para cada actividad se deben seguir las siguientes instrucciones de uso del equipo Descolgador.

#### 5.1.12. Inspección del equipo previo a efectuar marcha.

- No deberá transitar un equipo que presente desperfectos en el extintor manual y sistema semiautomático de extinción de incendio, bocina, frenos, dirección y sin luces y baliza. Si el equipo presenta alguna de estas fallas, debe quedar fuera de servicio y avisará a su supervisor para la coordinación con mantenedores.
- El Operador del Descolgador solicitará información vía radial, teléfono, sispac o indicaciones en terreno, sobre necesidades de descuelgue en los niveles de producción y situación sísmica del sector.
- El Operador debe informarse constantemente de las necesidades y prioridades de cachorro con los líderes o jefe de turno, para cumplir los requisitos de la extracción.
- Antes de dirigirse al sector asignado, el Operador del Descolgador debe verificar los niveles de aceite, petróleo, hidráulicos y de transmisión.
- El Operador deberá portar sus licencias de conducir municipal clase D, conducción en interior mina y licencia para manipular explosivos.
- El Operador deberá chequear el correcto funcionamiento del sistema porta-conos y del caracterizador.

#### 5.1.13. En tránsito.

- En rutas compartidas, es responsabilidad del Operador del Descolgador hacer cambio luces, tocar bocina y disminuir velocidad en todas las intersecciones. Se debe realizar siempre en la posición que tenga mejor visibilidad, con el motor o el brazo telescópico en punta. De otra forma, debe ser acompañado por una escolta.

- Todo equipo Descolgador que transite por un acceso principal o rutas compartidas y que enfrente a un peatón, deberá detener el equipo para a no menos de 5 m de la persona, aplicará el freno de aparcamiento y esperará a que el peatón se ponga a resguardo, si ello no es posible, detendrá el motor y luego autorizará al peatón para que pase por el costado del equipo en su totalidad. Recién deberá continuar su marcha.
- En caso necesario de acceder a una calle que esta confinada por un operador LHD en producción, el operador del Descolgador deberá coordinar su entrada con el operador de la pala LHD.
- Nunca efectuar cambio de marcha al transitar por una rampa. Si debe detenerse en la rampa, por alguna razón, deberá aplicar freno de aparcamiento, quebrar el equipo en dirección a una caja de cerro, detener el motor, cortar corriente e instalar cuñas.
- Todo Descolgador antes de moverse, deberá advertir su movimiento mediante el toque de bocina, asegurándose que no hay personal en las inmediaciones del equipo a excepción si se encuentra en una calle de producción confinada.
- Ante la presencia de persona, equipo o vehículo, el operador deberá detener el equipo a no menos de 5 metros de él.

#### 5.1.14. Chequeo de frente de trabajo.

- Al bajarse o abandonar el equipo el operador deberá poner freno de aparcamiento, parar el motor, cortar alimentación de energía eléctrica y dejar instaladas las cuñas.
- Al interior de los puntos de extracción, se debe trabajar en colgaduras que estén firmes y bien asentadas. El brazo del equipo penetrará solo hasta la visera y el brazo telescópico hasta 8 metros de la visera como penetración máxima.
- No se debe proceder en colgaduras inestables, en este caso es obligación del operador avanzar al siguiente punto de extracción

colgado, resguardando que la zanja quede confinada con cinta o loro metálico, e informar al supervisor del estado de ese punto.

- El equipo no deberá trabajar en puntos que no se encuentren con un pretil adecuado.
- El operador debe estar atento a las condiciones del entorno y en permanente contacto con el Jefe de Turno u Operador Experto, informando de anomalías o novedades.
- En caso de tener que revisar un punto de extracción cortado debe tenerse la precaución de que éste no debe estar “goteando”, debe tener un pretil de seguridad de 1 metro de altura de caja a caja, debe existir buena visibilidad, no debe haber ruido y deberá acercarse apegado a una caja para observar. En ningún caso deberá ingresar al interior del punto de extracción.
- Si las colpas en la zanja colgada no presentan seguridad de estar firmes para realizar el posicionamiento del cono, el operador procederá a atender el siguiente punto de extracción según el programa e informará al jefe de turno.

#### 5.1.15. Operación.

- Nadie puede ingresar a la zona confinada donde se esté descolgando. Si el operador da el ingreso a alguna persona, debe detener la operación hasta que la persona abandone la zona confinada.
- Se debe estar atento al nivel de aceite de la lubricación de ambos brazos.
- La operación de descuelgue debe realizarse con el equipo apoyado al piso mediante sus ruedas y pala delantera.
- La Consola de control debe estar en posición de operación, esto implica sacar la consola desde la cabina, posicionarla como mínimo a 10 metros del chasis y encender la consola hasta quedar operativa.

- El Operador desplegará el brazo posicionador en dirección y hacia la visera del punto de extracción colgado.
- Con el brazo posicionador ya en el interior del punto se realizará el proceso de caracterización a través del escaneo del sistema Caracterizador.
- Una vez realizado el escaneo con el sistema caracterizador, el Operador debe replegar el brazo posicionador para la colocación del cono explosivo (APD) en el sistema portacono.
- El Operador posicionará el cono en el sistema de agarre que tiene el porta-cono, procurando pasar el cordón detonante a través del encauzado de cordón ubicado en el brazo telescópico, lo cual mantendrá el cordón siempre a una distancia del brazo y evitará el “atrape” o tracción de éste.
- El Operador preparará el adhesivo que posteriormente aplicará a la base del cono con el uso de una espátula.
- El Operador desplegará nuevamente el brazo posicionador con el sistema portacono cargando el cono explosivo y el cordón detonante en la guía.
- El brazo telescópico será posicionador de manera vertical (o subvertical, dependiendo de la geometría de las colpas presentes en el punto de extracción) en posición para su despliegue.
- El Operador realizará el movimiento de pedestal del portacono.
- El Operador desplegará el brazo telescópico vertical hasta la posición objetivo (20 cm antes del contacto con la superficie de la colgadura).
- La inclinación y distancia estarán visibles en monitor de la consola.
- Se realizará el pegado del cono explosivo y el Operador deberá esperar a lo menos, un par de minutos para chequear el fragüe del adhesivo para realizar posteriormente la liberación del cono.



- El Operador realizará el repliegue del brazo telescópico, luego el brazo posicionador y el retiro del equipo descolgador (levantando la pala delantera y sacando los estabilizadores) habiéndose asegurado de cortar el cordón explosivo para que este sea luego manipulado por la cuadrilla de reducción secundaria.
- Mientras se realiza la operación el(los) operador(es) no podrá(n) pasar más allá del límite que impone la intersección de la caja de la calle con la caja de la zanja.
- Se prohíbe transitar o ubicarse bajo el brazo del descolgador.
- Se prohíbe la operación de dos equipos (Descolgador y LHD) en la misma calle.
- Cuando el operador del equipo descolgador se encuentre realizando la actividad de descuelgue, no podrá haber ninguna otra persona en la calle.
- Para cambiar el cono explosivo (APD), adhesivo o cordón, el operador deberá ubicar el brazo posicionador y telescópico, además del portacono, a una altura adecuada a su estatura, con la pala delantera abajo, con el motor detenido y aparcado.
- Una vez adherido el cono explosivo, el operador debe avisar por radio al líder de la producción cuando termine de descolgar una calle. La actividad de “quemar” el cono estará de acuerdo con lo indicado en el TRAME y procedimientos de cachorro.

#### 5.1.16. Mantenión.

- Cuando se realiza una reparación en terreno al equipo descolgador, se deberá coordinar con el Jefe de Turno de Mantenimiento, dejando el sector confinado para proteger al personal, equipos e instalaciones.
- Todo movimiento de un equipo descolgador en panne y/o su traslado, debe ser autorizado y coordinado por el supervisor mecánico o quien él asigne como coordinador de mantenimiento.

- Cuando el equipo descolgador quede fuera de servicio en zona de tráfico, el operador deberá avisar a mecánicos del área de la condición y ubicación del equipo, además le informará al Supervisor o líder a cargo, y confinará con cintas de bloqueo.
- Ingreso a Talleres: En el Taller Sub 5 Esmeralda el operador debe tocar la bocina en el acceso al taller para que personal mantenedor se acerque a recepcionar el equipo, es el mantenedor el que debe ingresar el equipo al taller.
- Para llevar a cabo las mantenciones y durante todo el proceso de mantención, se debe desconectar la batería del equipo. Esto se realiza en el seleccionador de la batería, donde esta se desconecta por medio de un interruptor que tiene cerradura (candado). Se desconecta la batería y se deja el interruptor con candado para que nadie, excepto el mantenedor, pueda volver a conectarla.

#### 5.1.17. Petroleo.

- Durante el petróleo el operador deberá aparcarse el equipo, bajar la pala delantera, apagar el motor, cortar corriente, y no fumar.
- En caso de petroleo en terreno el operador deberá hacerlos en lugares autorizado para ello, aproximarse con el equipo descolgador a no menos de 5 m del vehículo petroleador, y será éste el que se aproxime al Equipo. Igual cosa deberá realizarse con cualquier equipo menor que requiera aproximarse a un equipo descolgador.
- Si la actividad de petroleo en terreno se realiza en una calle ciega, no deberá permanecer nadie dentro de ella mientras no finalice dicha actividad.

#### 5.1.18. Verificación.

- CheckList del Equipo Descolgador.

- R-112 Difusión de instructivo operacional.
- ART. ECF.
- Documento en Vitrina Documental.

## 5.2. Metodología Registro Datos en terreno en los puntos de extracción.

En relación a los parámetros a medir en terreno que generarán con el equipo versus los de la línea base del estudio de los operadores (cachorreros) para las operaciones de descuelgue en zanjas,

### 5.2.1. Consideraciones Generales para el registro de datos.

Se buscará obtener las mejores condiciones para operar el equipo descolgador de zanjas. (tratando de ser las condiciones óptimas).

### 5.2.2. Operación.

Antes de realizar cualquier actividad al interior de la zanja, se deberá detener la operación de los equipos menores y de extracción LHD en las calles y zanjas adyacentes a la zanja de inspección, la que deberá tener una distancia mínima de 60 metros de la posición de la inspección en cuestión.

Se podrá trabajar siempre y cuando:

- La calle tenga dos accesos.
- La calle a inspeccionar no esté contaminada de polvo y/o gases.
- La calle a inspeccionar no esté contaminada acústicamente.

Se deberá verificar que:

- La calle este en silencio (sacarse los protectores auditivos para escuchar y percibir cualquier ruido que se produzca).
- Los sopladores adyacentes estén detenidos.
- Los ventiladores adyacentes estén detenidos.
- Las bombas que emiten ruido en el área estén detenidas.
- Los martillos picadores que contaminen acústicamente el área estén detenidos.

- Detenidos motores que contaminen acústicamente el área.

Condiciones para observar una zanja colgada se debe utilizar una linterna y alumbrar los sitios de interés, sin sacarse del casco el foco de la linterna. Luego se debe acceder al punto de extracción apegado a la caja más segura, previa inspección del lugar (si existe una inclinación hacia alguna caja, del talud de la “cama de saca”, deberá apegarse a la caja contraria).

Al ingresar al punto de extracción deberá estar despejado y asegurar que exista una vía de escape expedita en caso de que hubiera algún movimiento de material al interior de la zanja y hubiera que hacer una evacuación de emergencia. En lo posible entrar con el material o equipo estrictamente necesario, de tal forma de tener mayor movilidad en caso de evacuación. Se recomienda permanecer el mínimo tiempo posible en el lugar con posible riesgo de caída de roca y/o deslizamiento de material.

Queda estrictamente prohibido que la persona introduzca su cuerpo o parte de él, más allá del límite del primer marco interior.

Todo punto colgado y/o quedado deberá contar con una “cama de saca” a la altura de la visera para ser evaluado de tal forma evitar la proyección y rodada de piedras o colpas hacia la calle.

### 5.2.3. Responsabilidades.

- Jefe Turno o Jefe de Unidad del área DET.
- Asesor de seguridad e Ingeniero Residente.
- Instruir al personal involucrado sobre los procedimientos: Tránsito en interior mina, Trabajos en zona de Transición, Emergencia mina, Estallido de rocas y sobre este procedimiento.

- Personal Muestreador Analista, realizar los trabajos cumpliendo este procedimiento y mantener una conducta de autocuidado en la realización de los trabajos.

#### 5.2.4. Finalización de la evaluación.

Finalizada la evaluación, se procede a entregar la calle al Jefe de Turno o Jefe de Unidad del área involucrada.

#### 5.2.5. Seguridad.

- Los riesgos asociados a esta actividad son los siguientes:
- Atropellamiento por equipos pesado y/o liviano.
- Incendio en la mina.
- Caída de planchones.
- Intoxicación por gases.
- Estallido de roca.
- Caída de distinto nivel.
- Desprendimiento de material colgado.

#### 5.2.6. Medio Ambiente.

- En cuando al cuidado del medio ambiente se deberá tener en cuenta. Se deberá informar cualquier aspecto ambiental observado en la zona.
- Evitar dejar desperdicios en la zona.
- Considerar sugerencia por parte de DET: utilizar el Protocolo y Procedimiento para el Sistema de Descuelgue de Puntos de Extracción y Reducción de Colpas.

#### 5.2.7. Complemento de Parámetros a medir en terreno.

En relación a los parámetros a medir en terreno que generarán la línea base del estudio para las operaciones de descuelgue en zanjas, se propone

complementar a los definidos en protocolo para medición de operaciones de descuelgue y reducción de colpas en mina Esmeralda, Diablo Regimiento de la División El Teniente, con mediciones asociadas a la seguridad y al rendimiento productivo. Estos parámetros medidos en la operación normal podrán ser comparados con los que se midan utilizando el nuevo sistema, lo que permitirá medir el efecto de incorporar este nuevo sistema en la operación DET.

En cuanto a las variables asociadas a la seguridad, se propone realizar las siguientes mediciones:

- Inventario de riesgos críticos asociados a la tarea de descuelgue de zanjas de modo de tener el número de riesgos críticos asociados a esta operación.
- Horas de exposición de personas a los riesgos identificados en el inventario de riesgos críticos.

En relación a las variables de rendimiento productivo, se propone realizar las siguientes mediciones:

- Producción de la calle (en zona de trancaduras puede ser zona bajo 30% de extracción de columna de mineral primario).
- Tiempo para realizar las operaciones. El tiempo a considerar contempla desde que los operarios comienzan a trabajar en la zanja colgada hasta que se realiza el primer cachorro o quemada de descuelgue.
- Número de veces que es necesario realizar la operación anterior para lograr el descuelgue de la zanja.

5.2.8. Recurso para la recolección de datos para que resulte exitosa esta actividad:

- En todo momento el Personal involucrado registra los tiempos de cada actividad detallada en la siguiente lista.

- Una vez recibida la nombrada del PE, se coordinará todos los participantes: operadores, personal y equipo involucrados, y solicitar el ingreso al área de la mina.
- Revisión de los EPP adecuados.
- Realizar la charla de los cinco minutos.
- Competición de Tarjeta del Operador y del Supervisión.
- Completar la AST, HPT, Check List del equipo en punto Cero.
- Chequear insumos de la preparación del adhesivo, llevando las cantidades adecuadas.
- Dirigirse al lugar de la nombrada del PE.
- Aislar el lugar.
- Comprobar que ningún otro equipo esté operando en las cercanías. En caso contrario no ingresar a este PE y solicitar autorización para proceder con la etapa de descuelgue de zanja, siendo esta alternativa prioridad para el cumplimiento de la toma de datos.
- Observar condiciones de la zanja del PE, una vez que la zanja se considere óptima, se procederá a posicionar el equipo descolgador en bajo la visera de la zanja.
- Bajar consola ubicando fuera de la línea de fuego y luego proceder a ingresar pantógrafo para reconocimiento caracterizador y visualizar (a través de las cámaras) en el interior de la zanja encontrando el mejor lugar para ubicar el cono explosivo APD.
- Una vez ubicado el lugar para dejar pegado el o los cono(s) explosivo(s) APD, el operador procederá a realizar la preparación del adhesivo en el cono explosivo en el portacono, amarrando el APD al cordón detonante y luego realizar las maniobras para desplegar el brazo telescópico el cual llevará el APD al interior de la zanja, ya pegado el APD en alguna colpa, se repliega el brazo telescópico y el pantógrafo, se corta el cordón detonante, y este cordón se deja amarrado en la caja.

- Se guarda la consola y se retira el equipo descolgador.
- Se retira la aislación y se entrega la zanja (calle) al Jefe Turno, para que proceda a realizar quemada.
- Se desplaza el equipo descolgador a un lugar seguro. Para esperar en caso de una segunda reducción secundaria. En el caso que al quemar la zanja y se descuelga la zanja, se considerará exitosa la actividad al primer intento, o dependiendo si fuese al segundo o n-intento. En otro intento, más de dos ya se considera fracaso de la operatividad de este equipo.
- Una vez realizada la quemada se espera y se analiza cómo queda la zanja, y se ya no hay más nombrada, y el turno se termina se deberá indicar al operador del equipo descolgador que lleve este equipo al punto cero, y antes de guardarlo se debe petroleo para que esté listo para otra nombrada.

### 5.3. Resultados de las pruebas en terreno.

Se entregan los resultados obtenidos en terreno durante el periodo de pruebas de ubicación de conos explosivos de maqueta al interior de la Mina Diablo Regimiento en la División El Teniente. Estos datos corresponden a los registrados cuando fue exitosa la operación. Esta prueba se realiza para ver si este equipo reúne las exigencias requeridas y reducir el tiempo de exposición del operador en la actividad de descuelgue de zanjas.



## 5.3.1. Criterios de Cálculo (ver Tabla 5.3).

Tabla 5.3. Criterios de Cálculo (Fuente Memoria H. Ruiz G)

CRITERIOS DE CÁLCULO	Datos Controlados
Tiempo Exposición Cuadrilla RS por Zanja	11 minutos
Tiempo Exposición Equipo Descolgador	1 minuto
Colgaduras/turno	6
N° de Intentos/colgadura	1
Efectividad al primer Intento Cuadrilla RS	90%
Efectividad al primer Equipo Descolgador	100%
Alternativa	Descolgador de zanja
Método de Descuelgue	Colocación de cargas explosivas con adhesivo y tronadura al interior mina subterránea.
Efectividad	Equipo confiable y efectivo, utiliza un caracterizador y cámaras para visualizar las colgaduras en 3D. Alcanza colgaduras de hasta 10 metros de altura.
Riesgos	Es altamente seguro, permite operar mecánicamente y a una distancia segura para el

	operador, disminuye los riesgos de operación.
Características del equipo	Equipo eléctrico utiliza una batería industrial. Se puede operar desde controles de una consola a distancia.
Otras características	Para posicionar el cono explosivo requiere de un adhesivo, la cual se obtuvo buenos resultados.

### 5.3.2. Resumen de la Efectividad de Alternativas anteriores de descuelgue de zanja (ver Tabla N° 5.4).

Tabla 5.4. Comparación entre las Alternativas Anteriores.

(Fuente Alternativa de Descuelgue de zanja Autor S. Maass Año 2013)

Alternativa	Método de Descuelgue	Efectividad	Uso de Agua	Uso de Explosivos	Riesgo	Costo de Adquisición	Motor
Cargas propulsadas por cañón	Lanzamiento de cargas explosivas	Baja	No	Si	Alto	Bajo	-
Cañón de agua	Lanzamiento de agua a alta presión	Media	Alto	No	Bajo	Medio	Diésel
Descolgador telescopico	Colocación de cargas explosivas autoadhesivas y tronadura	Alta	No	Si	Bajo	Alto	Eléctrico
Descuelgue manual	Colocación de cargas explosivas a presión y tronadura	Media	No	Si	Medio	-	-
Descuelgue manual c/ bols a expansiva	Colocación de cargas explosivas a presión y tronadura	Media	No	Si	Medio	-	-
Jumbo de descuelgue	Perforación y tronadura	Alta	Bajo	Si	Bajo	Alto	Diésel

## Capítulo 6. CONCLUSIONES.

A continuación, se detalla algunas ventajas y algunas desventajas de cada uno de los tres equipos presentados en este trabajo.

Resultados descritos con el Equipo Descolgador de Zanja de la Alternativa N°1. Conocido como Descolgador Telescópico.

- Este equipo se utilizó en División Andina en el 2012.
- Es operado a distancia desde una sala de operaciones.
- Con este equipo se permite visualizar el interior de la zanja, gracias a registro de una gráfica en 3D.
- Con las imágenes recibidas muestra las posibles alternativas para saber en cual colpa es más recomendable para posicionar un cono explosivo.
- Presenta inconvenientes de desplazamiento para ingresar a la zanja.
- Solamente sirve para escanear al interior de la zanja. No logro el objetivo de posicionar cono explosivo (APD) al interior de la zanja.
- Se comprobó que si se puede maniobrar el equipo descolgador dentro de la zanja.
- No hay registros publicados que indique que se esté utilizando o sea aplicable en futuras pruebas dentro de la actividad de descuelgue de zanja.
- Se pudo desplazar y maniobrar el brazo telescópico sin problema al interior y zanja.

Resultados descritos con el Equipo Descolgador de Zanja de la Alternativa N°2. Conocido como Descolgador de Zanja (Empresa Cofadi).

- Este equipo se utilizó solamente para pruebas en División Andina en el año 2013.
- Es operado a distancia no exponiendo al operador a la línea de fuego.
- Presenta una cámara normal adosada a la base del brazo telescópico, esta cámara entregaba una imagen plana y no mostraba la irregularidad de la superficie de las colpas en el interior de la zanja. Esto prácticamente quedaba al criterio del operador, no entregando el lugar exacto para posicionar el cono explosivo.
- Presenta inconvenientes de desplazamiento para ingresar a la zanja.
- En forma adecuada no logra posicionar cono explosivo (APD) al interior de la zanja.
- Presenta inconveniente en su maniobrar de desplazamiento del brazo descolgador al interior de la zanja.
- Facilidad de reparar y realizar su mantención en terreno. Problema ocurrente con la capacidad de la bomba que intervenía un buen funcionamiento de este equipo, por las repentinas detenciones pero que en terreno se iban solucionando.
- No hay registros publicados que indique que se esté utilizando o sea aplicable en futuras pruebas dentro de la actividad de descuelgue de zanja.

Resultados descritos con el Equipo Descolgador de Zanja Alternativa N°3.  
Descolgador de Zanja (Empresa Paus).

- Este equipo se utilizó en División El Teniente con éxito el 2016.
- Con este equipo se demostró que si se puede ingresar con un brazo telescópico al interior de zanja colgada y puede posicionar un cono explosivo al interior de la zanja colgada para cumplir con del descuelgue de esta.
- Como medida de seguridad puede ser operador a distancia no exponiendo al operador a la línea de fuego.
- No presenta inconveniente al mover el brazo descolgador al interior de la zanja.
- Logró posicionar conos explosivos (APD) al interior de la zanja colgada a baja y alta altura.
- Logró posicionar conos explosivos (APD) desde una para a 4 paradas (hasta 8 metros aproximadamente).

Conocidos los resultados que presenta cada alternativa y que estos resultados sirvan para respondan a la búsqueda de un equipo, que sea el más adecuado para abordar la problemática de descolar zanjás al interior de minas subterráneas, se puede mencionar que hasta el momento el equipo que ofrece la mejor operatividad corresponde a aquel equipo descrito en la Alternativa N°3. Su respaldo se puede basar por sus características muy favorables para cuando se le requiera, se puede mencionar: Este Equipo Descolgador es más seguro, fácil de maniobrar, tiene mayor velocidad de traslado, menos cables en su acoplamiento que dificulten sus desplazamientos al interior de la zanja, mayor alcance de altura 8 metros y con esto disminuir los tiempos en la actividad de descuelgue de zanja. Para disminuir más los tiempos en esta operación, puede ser una opción, el no utilizar el caracterizador; ya que el tiempo que se emplea para abrir, caracterizar el lugar y el tiempo de cerrado, es bastante notorio. Esto se justifica, si ya el operador llegara a tener la expertiz

necesaria con el conocimiento que tiene todo manipulador de explosivos y complementado anteriormente con capacitaciones e inducción con este equipo para realizar esta actividad de descolgar zanjás. Y lo más importante se recurre a emplear la menor cantidad de operadores para no ponerlos a riesgos en esta actividad con el uso del descolgador de zanja dando mayor confiabilidad. Dados a los resultados descritos de este equipo podría utilizarse para futuras pruebas en la actividad de descuelgue de zanjás, se ha demostrado que esta alternativa se utilizó en División El Teniente con éxito, además tener en cuenta el respaldo de reparación y mantención de la empresa que construyó el equipo.

En el año 2016, se obtuvo un cambio tecnológico, al utilizar un equipo para la mecanización de la operación de descuelgue de zanjás en los puntos de extracción dejando al operador fuera de la línea de fuego. Lo que habilita a mejorar el estándar de seguridad eliminando la exposición de los operadores al potencial descuelgue súbito de la columna de rocas en las tareas de descuelgue. (Fuente Sistema Minero y Planificación para el desafío tecnológico en minería subterránea JC Videla W.2016)

Para un futuro cercano, esta actividad minería (descuelgue de zanja) se puede proyectar en cumplir con su seguimiento y operaciones desde una sala de control ubicada fuera del área de trabajo, posiblemente desde la superficie al exterior de la mina o desde la ciudad y ya no desde el interior de la mina, logrando mejorar la calidad de vida de sus trabajadores.

## **Capítulo 7. BIBLIOGRAFÍA**

ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA EL DESCUELQUE DE ZANJA.

Autor: Soledad Maass Venegas Año 2013.

ESTUDIO ESPERIMENTAL DE DESCOLGADURA.

Autor: Sebastián López Díaz Año 2016.

## GLOSARIO.

Andesita: Tipo de roca ígnea volcánica de composición intermedia y textura afanítica y/o porfírica. Su nombre se deriva de la cordillera de Los Andes y se presenta en gran proporción en los yacimientos de cobre chilenos.

Batea o embudo de extracción: Cuidad construida en roca, bajo el mineral a extraer, que permite el tránsito de éste hacia el nivel de producción de la mina.

Block Caving: Método de explotación masivo subterráneo en el que a un bloque de mineral se le realiza un corte en su base y luego, producto de la extracción, se produce la propagación del hundimiento en altura.

Bolón: Trozo de roca (colpa) cuyas dimensiones hacen necesaria su reducción de tamaño para que siga el curso del flujo productivo.

Cachorro: Actividad minera que consiste en la reducción de tamaño de bolones o colpas de mineral.

Caving: Hundimiento, derrumbe.

Coligüe: Madera en forma de caña o especie de bambú abundante en el sur de Chile. En minería se usa para suspender cargas explosivas en altura.

Colpa: Trozo de roca de grandes dimensiones que hacen necesaria su reducción de tamaño para que siga el curso del flujo productivo.

Panel caving: Variante del método de hundimiento en que bloques consecutivos se hunden en forma continua de modo de evitar la dilución lateral y los esfuerzos de relajación producidos en el método convencional de block caving.

Brazo telescópico: Sistema hidráulico capaz de extenderse hasta 8 metros de altura y acercar el sistema portacono a la colgadura.



Cachorro: Proceso de perforar la roca de sobre dimensión para introducir en el tiro un explosivo.

Caracterizador: Sistema capaz de generar un perfil topográfico 3D de la colgadura que se encuentra en la zanja, mediante un breve escaneo que realiza a través de una cámara y la proyección de un patrón de luces.

Colgadura (C): Condición donde el material fragmentado no fluye a la boca del PE debido a la formación de un arco estable en altura al interior de él.

Colpas: Rocas de mineral de un tamaño superior a un metro de diámetro.

Cono APD: Explosivo cónico de alto poder detonante.

Cuadrilla de cachorreros o de destranque: Equipo de mineros que realizan las tareas de descolgar las zanjas, cachorrear las colpas y colocar explosivos según corresponda.

Cuadrilla de Reducción Secundaria (CRS): Equipo de mineros que realizan las tareas de descolgar las zanjas, cachorrear las colpas y colocar explosivos según corresponda.

DAND: Corresponde a la sigla la División Andina de Codelco Chile.

Descolgador de zanjas: Equipo mecanizado que se utiliza para realizar la operación de descuelgue de zanjas, mediante el pegado de conos APD en la colgadura, gracias a un brazo telescópico y un portacono.

Descuelgue de zanjas: Operación que se realiza para reiniciar el flujo de mineral en un PE que se encuentra colgado.

DET: corresponde a la sigla de la División El Teniente de Codelco Chile.

Detector portátil multigases: Detector que alerta concentraciones peligrosas de CO (>40 ppm), NO<sub>2</sub> (>20ppm) y deficiencia de O<sub>2</sub> (<19,5%).

Equipo LHD: Cargador de bajo perfil utilizado para cargar, transportar y descargar mineral desde una zanja a un Pique de Traspaso.

Jumbo cachorrero: Equipo de perforación encargado de cachorrear las colpas según requerimiento.

Muestreador Analista (MA): Profesional encargado de tomar los datos en faena conforme a los requerimientos para ello establecidos.

Parada de coligüe: Término dado en minería para señalar la distancia de referencia al ocupar cañas de coligües en la actividad de descuelge de zanja. (Ej. Una parada equivale a 3 metros aproximadamente)

Portacono: Sistema capaz de sostener un cono explosivo de 1,5 kg o 2,25 kg, rotar en 360° e inclinarse en 90° con respecto al eje principal, para lograr posicionar el cono en paredes de rocas colgadas en una zanja.

Reducción Secundaria: Proceso de reducir el sobre tamaño de las colpas mediante la utilización de explosivos ad hoc para que puedan ser cargadas y transportadas por el LHD.

SISPAC/DISPATCH: Sistema de Planificación y Control de la Producción.

Pretil: Acopio de mineral, con una altura aproximada de un metro, que se deposita en la entrada de un punto de extracción, con el fin de ofrecer protección a los trabajadores y equipos en caso de un descuelgue involuntario de una zanja.

Zanja abocada: Presencia de mineral de sobre tamaño que se ubican en la boca de la zanja e impiden que el mineral de hundimiento fluya al PE.

Zanja colgada: Zanja con colpas trabadas entre sí que impiden el escurrimiento del mineral en el punto de extracción, no permitiendo su carguío con el equipo LHD y que se encuentra al alcance mediante el uso de un brazo telescópico.

Zanja cortada: Zanja con colpas trabadas entre sí que impiden el escurrimiento del mineral en el punto de extracción, no permitiendo su carguío con el equipo LHD y que se encuentra al alcance mediante el uso de jumbo reductor descolgador o una o más amarras de parada de coligues, o para el uso de un equipo con brazo telescópico.

Zanja/Punto de Extracción (PE): Labor minera que permite la extracción del mineral con equipos LHD contenido en el Hundimiento.

## REFERENCIAS.

- Decreto Supremo N° 132. Reglamento de Seguridad Minera.
- Decreto Supremo N° 594. Decreto del Ministerio de Salud.
- GRMD-SIN-NT-37-2014. Requerimientos Funcionales Equipo Jumbo Descolgador.
- GRMD-SID-NT-008-2015. Impacto en Horas Hombre de exposición por descuelgue de zanjas.
- GMIN-GRL-RE-002. Reglamento de Tránsito Interior Mina.
- GMIN-GRL-I-003. Instructivo para uso de Cinta Confinamiento.
- GMIN-GRL-P-005 “Procedimiento General en caso de Emergencia por Estallido de Rocas en la Mina”.
- GMIN-GRL-R-002 TRAME. “Reglamento interno de transporte, almacenamiento y manejo de explosivos”.
- GMIN-PEE-I-001 “Instructivo Operacional. Extracción de mineral con equipo LHD con Operador”.
- GMIN-PEE-I-003 “Instructivo operacional Descolgadura de zanjas y Reducción Secundaria”.
- SGC-GRL-P-012 “Procedimiento para preparación y control de documentos”.
- SGC-GRL-P-013 “Procedimiento para control de Registros”.
- GSYS-CMRIS-P-015. “Gestión de Ris. ND-29. Procedimiento en caso de Incendio en la Mina”. Estándares de control de fatalidad ECF. Estándares de salud en el trabajo EST.

## Capítulo 8. ANEXOS

(Fuente Propia. Cofadi. Paus)

Anexo 8.1. Maniobras Equipo Descolgador de Zanjas.



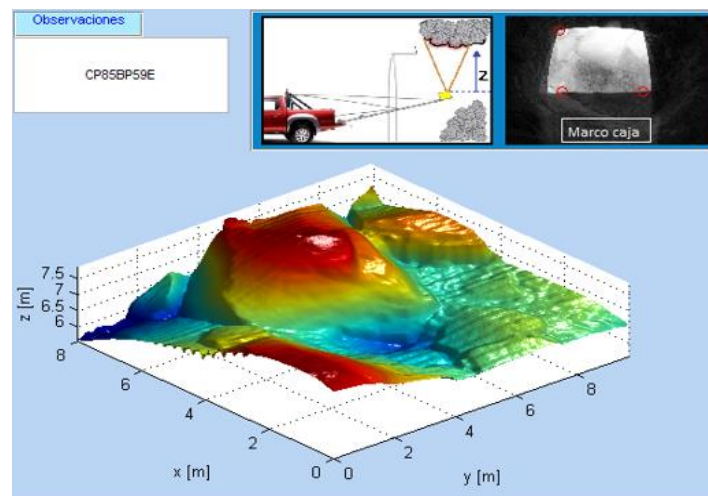
Anexo 8.2. Maniobras Equipo Descolgador de Zanja.



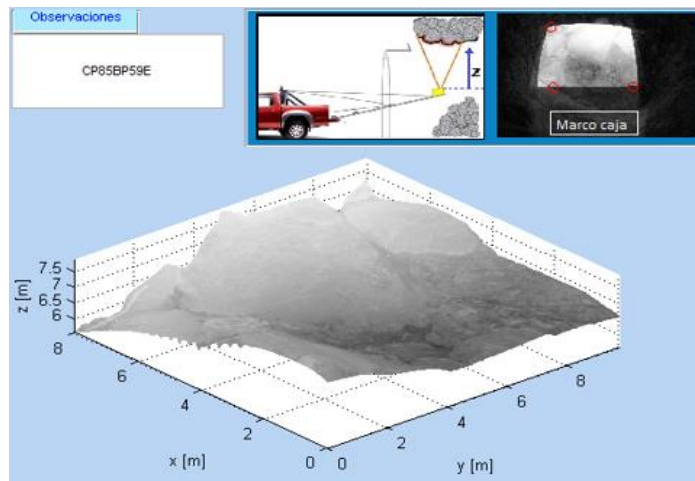
Anexo 8.3. Consola Controles Equipo Descolgador.



Anexo 8.4. Grafica en 3D entregada por el Caracterizador.



Anexo 8.5. Análisis en Grafica en 3D del caracterizador.



Anexo 8.6. Operación de Equipo Descolgador.



Anexo 8.7. Ubicación conos APD al interior de la zanja a 3 paradas (6 metros aproximado.)  
(La flecha de color rojo indica ubicación de dos conos explosivos APD)





Anexo 8.8. Ubicación conos APD al interior de zanja a 4 paradas, (8 m aproximado).  
(La flecha de color rojo indica la ubicación de dos conos explosivos APD)





## Anexo 8.9. Ejemplo de Planilla Control de Tiempos.

(Fuente Cofadi)

REGISTROS	
OBSERVACIONES: FECHA / HORA / LUGAR	TIEMPO
INICIO DE LA ACTIVIDAD	
COMPLETACION HPT. AST. CHECK LIST DEL EQUIPO	
DESPLAZAMIENTO A LA NOMBRADA	
CONFINAMIENTO	
INGRESO A ZANJA	
BAJAR CONTROLES	
EXTENSIÓN PANTOGRAFO	
REPLIEGUE BRAZO TELESCOPICO	
USO DEL PORTACONO.	
POSICIONAR CONO MAQUETA A CORDON DETONANTE (NO REAL)	
MANIOBRA PARA INTRODUCIR CONO MAQUETA A LA ZANJA	
UBICA CONO MAQUETA	
RETIRO SISTEMA LEVANTE Y DE CONTROLES	
CORTAR CORDON Y DEJARLO EN LA CAJA DE LA ZANJA	
SACAR CONFINAMIENTO	
SACAR EQUIPO DEL SECTOR	
FIN DE LA ACTIVIDAD	
TIEMPO TOTAL	

## Anexo 8.10. Check-List.

CHECK LIST EQUIPOS DESCOLGADOR				
Equipo	Nº	Horómetro Inicial		
Fecha	/ /	Horómetro Final		
Turno		Sap		
Operador				
ESTADO				
Revisión del Estado de los Sigüientes Componentes	B	N	N/A	Observación
Extintor semi-automático y manual. (C.11 ECFNº3)				
Luces de tránsito, de trabajo y baliza ( C.18 ECF Nº 3)				
Bocina (C.6 ECF Nº3)				
Frenos de servicio y aparcamiento				
Dispositivo de Detección de Fatiga y Somnolencia (C.1 ECF Nº 3)				
Sistema de bloqueo (En corta corriente C.2 ECF Nº3)				
Alarma sonora de retroceso (C7 ECFN3)				
Dispositivo de bloqueo de comandos con la puerta abierta (C.3 ECF N3)				
Protecciones en partes móviles del equipo (C.6 ECF Nº3)				
Alarma sonora luminosa de no aplicación de freno de estacionamiento(C.17 ECF Nº3)				
Dirección.				
Estado de cinturón de seguridad				
Niveles de aceite de motor, transmisión.				
Nivel hidráulico, lubricación y petróleo.				
Tablero instrumentación.				
Fugas de aceite, petróleo.				
Estado de gatas de apoyo				
Estado de Pisadera				
Estructura				
Brazo Telescópico				
Porta Cono				
Consola				
Neumáticos.				
Cuñas (C.5 EFC Nº 3)				
Antena del SISPAAC				
Pantalla Gráfica				
Rotación Perforadora.				
velocidad avance				
<b>Nunca abandonar el vehículo o equipo mientras el motor se encuentre funcionando</b>				
<b>B</b>	<b>Bueno</b>			
<b>N</b>	<b>Malo</b>			
<b>N/A</b>	<b>No Aplica</b>			

## Anexo 8.11. Definición del uso de Tiempo en DET.

En la División El Teniente, se considera el uso del tiempo, el cual será útil para controlar y evaluar la operación de los equipos que se utilizan en el subnivel de extracción. Este esquema es compatible con los estándares ASARCO (American Smelting & Refining Co.) es la norma usada globalmente como marco de referencia para la definición de conceptos y distribución de tiempos en que los equipos incurrir durante las operaciones mineras, representado en el siguiente esquema (ver Tabla 8.1).

Tabla 8.1. Control de Tiempo Operación de Equipos (Fuente DET).

Horas totales		
Horas disponibles		Mantenimiento
Horas operativas		Equipos en standby (Reservas + Interferencias)
Horas efectivas	Demoras (Factor Operacional)	

Donde:

Demoras: Espacio de tiempo en que no cumple su función de diseño debido a condiciones propias de la operación que implican pérdidas productivas. En el caso de los equipos del subnivel de extracción se estima las demoras sumen aprox. 3,8 hrs. diarias debido a interferencias e imprevistos, como ejemplos puntos colgados, limpieza de calles, etc.

Horas efectivas: Espacio de tiempo en que el equipo se encuentra desarrollando las actividades específicas de diseño para las cuales ha sido adquirido por la organización. En el caso de los equipos del subnivel de extracción, se estima que las horas efectivas ascienden a 15,2 hrs. por día.

Equipos en Standby: Espacio de tiempo en que el equipo se encuentra mecánicamente apto para cumplir su función de diseño no teniendo operador que lo utilice (reservas) o que bajo una condición específica del avance de la operación no pueda ser operado (interferencia). En el caso de los equipos del

subnivel de extracción las horas en que los equipos se encuentren standby ascienden a 5 hrs. por día debido a actividades por ley, con colación y cambio de turno, las cuales son programadas de modo que coincidan con las mantenciones.

Horas operativas: Espacio de tiempo en que el equipo se encuentra mecánicamente apto, con operador y cumpliendo con las actividades asociadas a la operación. En el caso de los equipos del subnivel de extracción las horas operativas son 19 hrs. al día.

Mantenición: Espacio de tiempo en que el equipo se encuentra fuera de servicio o no disponible, ya sea, por una mantención programada o imprevistos de tipo mecánico o eléctrico. En el caso de los equipos del subnivel de extracción las horas de mantención corresponden a 3 hrs. diarias.

Horas disponibles: Espacio de tiempo en que el equipo se encuentra mecánicamente habilitado para cumplir con su función de diseño. En el caso de los equipos del subnivel de extracción las horas disponibles ascienden a 21 hrs. durante 348 días anuales.

Horas totales: Espacio de tiempo en que se produce la medición. Para el caso de los equipos del nivel de producción las horas totales corresponden a 24 hr durante 348 días anuales (se restan 12 días destinados al mantenimiento del sistema de manejo de materiales en los cuales se suspenden las operaciones).