



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MINAS

RECUPERACIÓN DE RESERVAS COLAPSADAS
EN MINAS PANEL CAVING

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL
DE MINAS

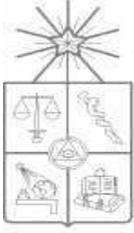
CLAUDIO JOSÉ BRAVO YURASZECK

PROFESOR GUÍA:
HANS GÖPFERT HIELBIG

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
RAÚL CASTRO RUIZ
VICTOR ENCINA MONTENEGRO

SANTIAGO – CHILE

2010



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE MINAS

RECUPERACIÓN DE RESERVAS COLAPSADAS
EN MINAS PANEL CAVING

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL DE MINAS

CLAUDIO JOSÉ BRAVO YURASZECK

PROFESOR GUÍA:

HANS GÖPFERT HIELBIG

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

RAÚL CASTRO RUIZ

VICTOR ENCINA MONTENEGRO

SANTIAGO DE CHILE

SEPTIEMBRE 2010

Resumen

En el desarrollo de una mina subterránea explotada con método *panel caving*, es frecuente que se produzcan colapsos de grandes extensiones de zonas ya preparadas, los que pueden afectar más de un nivel de las zonas productivas.

Junto con determinar las posibles causas de estos colapsos y establecer recomendaciones que sean incorporadas en los futuros diseños, se presenta el desafío de recuperar estas zonas, las que forman parte de los planes de producción de la mina y, en general, se encuentran emplazadas en sectores que cuentan con toda la infraestructura de manejo del mineral desarrollada completamente.

Por ende, el objetivo planteado en este trabajo corresponde principalmente al diseño de un sistema que permita la recuperación de un sector colapsado en una mina explotada por métodos de hundimiento. Para ello, además del sector en estudio, se revisaron dos casos donde se produjeron colapsos con anterioridad, desarrollando un análisis crítico de las causas propuestas para explicar dichos eventos y se establecieron recomendaciones para ser aplicadas en diseños futuros.

Con lo anterior se realizaron los diseños para la recuperación de un sector de aproximadamente 3.200 m², correspondiente al Área 9 del III Panel de Mina Río Blanco de División Andina, el cual contenía cerca de 3,8 Mt de mineral con una ley de Cobre de 1,14%.

Estos diseños corresponden al desarrollo de un nivel dispuesto inmediatamente bajo el nivel de producción colapsado, ambos conectados mediante bateas receptoras del mineral. Además, se determinó el ritmo de producción, la secuencia de tiraje y se definieron los servicios e infraestructuras asociadas a la recuperación del sector.

Del presente estudio se determinó que, en este caso, era posible recuperar un gran porcentaje del mineral proveniente de la zona colapsada, con inversiones y costos de operación razonables para este tipo de minería, utilizando la infraestructura existente en el sector para el transporte del mineral a la planta de chancado.

Abstract

In the development of an underground mine exploited through the Panel Caving method non-programmed collapses of large extensions of areas already built frequently take place.

These collapses may involve different extensions in active areas of the mine and affect more than one level in the productive areas.

In addition to determining possible causes of these collapses and establishing recommendations to be included in future designs, we have the challenge of recovering these areas which are part of the mine plan, and which are generally located in fully constructed areas.

The objective of this study is therefore to design a system that might allow for the recovery of a collapsed area in a mine exploited through Panel Caving. To this effect a review was made of the area under study as well as of two situations where collapses had previously taken place.

Based on the above, a design was made to recover a collapsed area of approximately 3.200 m². This design corresponds to the development of a level immediately below the collapsed production level, where both are connected through ore receiving trenches.

This study resulted in determining that in this case it was possible to recover a great percentage of the ore coming from the collapsed area with reasonable investment and operating costs for this type of mining and utilizing the existing infrastructure in the area for ore transport to the crushing plant.

Agradecimientos

En primer lugar, agradezco a mi compañera Cecilia quién ha sido gran responsable para dar este paso largamente postergado.

Agradezco a JRI Ingeniería S.A. por darme todas las facilidades para desarrollar esta memoria junto con ejercer las responsabilidades propias de mi trabajo en la empresa.

A los profesionales de la Superintendencia de Planificación y Gestión de División Andina por su permanente colaboración.

Agradezco a Sergio, mi querido hermano, y Andrés Caputo, mi jefe por casi una década, quienes en vida me transmitieron su cariño y conocimientos, y que desde otras dimensiones seguramente me han dado sus energías para concluir esta etapa.

Índice de Contenidos

CAPITULO 1. Introducción	1
1.1 Objetivo	1
1.2 Alcance	1
1.3 Límites de batería.....	2
CAPITULO 2. Metodología	3
CAPITULO 3. Antecedentes Bibliográficos	4
3.1 Colapsos Calles 17, 19, 21 y 23 Nivel de Producción Sector Esmeralda	4
3.1.1 Geología, estructuras y geotécnia	6
3.1.2 Progresión del colapso.....	7
3.1.3 Posibles causas del colapso.....	15
3.1.4 Posible mecánica del colapso	16
3.2 Colapsos Calles 57, 61 y 65 Área 4 y 5 Nivel de Producción III Panel Mina Río Blanco	21
3.2.1 Geología geotécnica y estructural.....	21
3.2.2 Estado tensional in situ	25
3.2.3 Mecánica del colapso	26
3.2.4 Resultados	29
3.3 Análisis crítico de los informes precedentes	32
CAPITULO 4. Colapsos Calles 53, 55, 57 y 61 Área 9 Nivel de Producción III Panel Mina Río Blanco	34
4.1 Geología, Geotécnica y Estructuras	35
4.2 Mecánica del Colapso.....	36
4.3 Reservas.....	40
4.4 Método de Explotación	41
4.4.1 Diseño del Método de Explotación	43
4.4.2 Proceso de Socavación	45
4.4.3 Manejo de Materiales.....	46
4.5 Infraestructura del sector.....	47
4.5.1 Accesos.....	48
4.5.2 Construcciones Especiales	48
4.5.3 Fortificación del NSP	50
4.6 Servicios.....	51

4.6.1	Ventilación	51
4.6.2	Drenaje.....	52
4.6.3	Sistema Eléctrico	53
4.6.4	Control y Comunicaciones	53
4.6.5	Agua Industrial y Aire Comprimido.....	54
4.6.6	Mantenimiento de Equipos	54
4.7	Cubicaciones.....	54
4.8	Cantidad de Equipos y Dotación de Personal.....	55
4.8.1	Criterios Específicos	55
4.8.2	Equipos.....	56
4.8.3	Dotación De Personal	56
4.9	Programa de Construcción.....	56
4.10	Inversiones y Costos de operación	58
4.10.1	Inversiones	58
4.10.2	Costos de operación	59
4.11	Evaluación Económica	60
4.11.1	Criterios Específicos.....	60
4.11.2	Evaluación Económica	60
4.11.3	Sensibilidad de Variables	61
4.11.4	Conclusiones	63
4.12	Pos-evaluación	64
CAPITULO 5. Conclusiones y Recomendaciones.....		66
Bibliografía		67
ANEXO A: Antecedentes recuperación colapso Mina Esmeralda		68
ANEXO B: Reservas remanentes Área 9 III Panel, Mina Río Blanco.....		75
ANEXO C: Costo diferencial operación LHD en área colapsada.....		82
ANEXO D: Análisis Extracción III Panel LHD Área 9 Colapso.....		83

Tablas

- Tabla 1:** Posibles solicitudes sobre los marcos metálicos deformados
- Tabla 2:** Características de los macro-bloques
- Tabla 3:** Contacto primario-secundario en el sector en estudio
- Tabla 4:** Características de los dominios estructurales presentes en el sector en estudio
- Tabla 5:** Reservas remanente del área 9 colapsada
- Tabla 6:** Reservas Remanentes Explotables del área 9 LHD colapsada
- Tabla 7:** Reservas extraíbles del área 9 LHD colapsada
- Tabla 8.** Desarrollos y Preparaciones
- Tabla 9.** Obras de construcción proyecto CO55 y CP57
- Tabla 10.** Inversiones Recuperación Sector Colapsado CP55 y CP57
- Tabla 11.** Evaluación Económica
- Tabla 12.** Sensibilidad respecto a las reservas extraíbles
- Tabla 13.** Sensibilidad respecto a las reservas a reemplazar
- Tabla 14.** Diseño para 19 puntos de extracción
- Tabla 15.** Análisis III Panel LHD Área 9 Colapso

Figuras

- Figura 1:** Colapso CP-55 y CP-57 Área 9 LHD
- Figura 2:** Sector afectado Mina Esmeralda
- Figura 3:** Planta del Nivel de Producción del Sector Esmeralda
- Figura 4:** Daños observados en el Nivel de Producción del Sector Esmeralda, al 30.09.2001
- Figura 5:** Daños observados en el Nivel de Producción del Sector Esmeralda, al 31.12.2001
- Figura 6:** Daños observados en el Nivel de Producción del Sector Esmeralda, al 30.09.2002
- Figura 7:** Daños observados en el Nivel de Producción del Sector Esmeralda, al 31.01.2003
- Figura 8:** Daños observados en el Nivel de Producción del Sector Esmeralda, al 30.04.2003
- Figura 9:** Planta que muestra la dirección de las cargas actuantes sobre los marcos metálicos analizados y las estructuras mayores presentes en el sector
- Figura 10:** Vista en planta del sector afectado, que muestra las estructuras que definen las caras de los macro-bloques A y B
- Figura 11:** Vista tridimensional de los macro-bloques que afectarían al Nivel de Producción del Sector Esmeralda
- Figura 12:** Esquema que ilustra la forma en que un "punto de apoyo" o pilar remanente transmite cargas locales, de magnitud importante, a los pilares del Nivel de Producción.
- Figura 13:** Planta que muestra la zona donde se habrían activado las estructuras mayores del Sistema NE que comenzaron a inducir cargas sobre los pilares del Nivel de Producción del Sector Esmeralda
- Figura 14:** Zona donde se habrían activado las estructuras asociadas a la Falla B, probablemente en donde éstas se intersectan con una estructura del Sistema NE en la vecindad de un pilar remanente
- Figura 15:** Zona donde se habrían activado más estructuras mayores del Sistema NE, debido al avance de los Frentes de Socavación y de Extracción con una orientación subparalela a la de estas estructuras
- Figura 16:** Zona donde se habrían activado más estructuras mayores del Sistema NE, debido al avance del frente de Extracción con una orientación subparalela a la de estas estructuras
- Figura 17:** Sectores afectados Áreas 4 y 5 Nivel de Producción III Panel
- Figura 18:** Estructuras mayores presentes en Área 9 LHD
- Figura 19:** Esquema que ilustra la transmisión de cargas importantes a los pilares del Nivel de Producción, debido a un tiraje irregular
- Figura 20:** Colapsos en el Área 9 III Panel

- Figura 21.** Litologías presentes en el Área 9
- Figura 22.** Estructuras geológicas principales Área 9
- Figura 23.** Secciones típicas nuevo Subnivel Producción CP-55 y CP-57
- Figura 24.** Disposición Nuevo Subnivel Producción LHD CP-55 y CP-57
- Figura 25.** Perforación de zanjas del NSP LHD CP-55 y CP-57
- Figura 26.** Perforación de zanjas del NSP LHD CP-55 y CP-57
- Figura 27.** Ubicación Accesos a NSP CP-55 y CP-57
- Figura 28.** Construcciones y obras especiales CP-55 y CP-57
- Figura 29.** Fortificación típica de calles y puntos de extracción NSP CP-55 y CP-57
- Figura 30.** Circuito de ventilación CP-55 y CP-57
- Figura 31.** Perfil del manejo de las aguas de drenaje del sector
- Figura 32:** Carta Gantt. Desarrollo y construcción nuevos CP-55 y CP-57
- Figura 33.** Disposición punto de extracción calles CP-55- y 57

Fotografías

- Fotografía 1:** Daños en el concreto y la estructura metálica, Subnivel de Ventilación, Sector Esmeralda
- Fotografía 2:** Desplome del bloque que afectaba el techo de la intersección C17/Z23, Nivel de Producción, Sector Esmeralda
- Fotografía 3.** Daños importantes en la fortificación y descenso del techo, con "monos" bastante cargados en calle C23 con zanja Z13, Nivel de Producción, Sector Esmeralda
- Fotografía 4.** Deformación notoria del marco exterior del punto de extracción C23/Z12, Nivel de Producción, Sector Esmeralda
- Fotografía 5:** Sobre-excavación en uno de los pilares de la Calle CP-57 del Nivel 16, Producción LHD, del III Panel
- Fotografía 6:** "Monos" en el sector de la Calle CP-57 afectado por descenso del techo
- Fotografía 7:** "Monos" en el sector de la Calle CP-61 afectado por descenso del techo
- Fotografía 8:** Ejemplo de uno de los bloques de gran tamaño que afecta al techo de la Calle CP-65
- Fotografía 9:** Rollizo de madera colocados como soporte en caja Este en CP-55/BP-15 y BP-16
- Fotografía 10:** Daños en el techo de la intersección CP-61/BP-19
- Fotografía 11.** Reparación de viseras mediante "monos
- Fotografía 12.** Reparación de muros guía

CAPITULO 1. Introducción

En el desarrollo de una mina subterránea explotada con método Panel Caving, es frecuente que se produzcan colapsos no programados de grandes extensiones de zonas ya preparadas.

De acuerdo con las expectativas de incrementar los índices de producción de cobre, División Andina realizó un estudio preliminar para la recuperación de un área colapsada de extensión aproximada a los 3.200 m².

Esta sector, que corresponde a las calles de producción CP-55 y CP-57 del Área 9 LHD, ubicadas en el lado sur del III Panel de la mina Río Blanco, contiene reservas remanentes casi sin explotar y hundidas de 3,7 Mt con una ley media de 1,31% de cobre (ver Figura 1).

Inicialmente, la División estableció como objetivo recuperar 19 puntos de extracción del área colapsada con ello se estimaba que la recuperación efectiva alcanzaría las 1,78 Mt de 1.14 % de Cobre.

El presente trabajo contiene el desarrollo de una ingeniería para recuperar este sector, en la cual se han volcado todos los antecedentes de infraestructura existente del método de explotación en ejecución, nuevos diseños de minería para habilitar el sistema de traspaso, servicios, accesos y optimización, incorporando una mayor extensión a recuperar.

La ingeniería inicial, los documentos de evaluación geomecánica aportados por la División y el trabajo interactivo del consultor con varios especialistas y operadores de la División Andina constituyen los principales antecedentes para la ejecución de la presente ingeniería.

1.1 Objetivo

Desarrollar una ingeniería con análisis técnico económico para la recuperación de las reservas remanentes de uno de los sectores colapsados del III Panel de la mina Río Blanco de División Andina.

1.2 Alcance

El alcance general de este estudio corresponde a la definición del método de explotación, determinación del ritmo de producción y secuencia de tiraje, determinación de los desarrollos y preparaciones, definición de los servicios e infraestructuras asociadas a la recuperación del sector, es decir, energía eléctrica, agua industrial, ventilación, drenaje, aire comprimido, accesos, sistema de mantención de los equipos asignados al sector.

Además se determinarán las dotaciones de equipos que se requieren para la explotación del sector, considerando tanto los recursos propios de la División como los que se contratarán con terceros.

Se definirán las inversiones necesarias para habilitar y explotar el sector en estudio, considerando que corresponde a un área que eventualmente reemplazaría parte de la producción programada para la mina subterránea.

Se confeccionará un programa de construcción, señalándose las actividades críticas.

Finalmente, se desarrolla la evaluación económica del área a recuperar de acuerdo a los parámetros aportados por la División.

1.3 Límites de batería

El límite de batería del presente estudio comprende al sector colapsado correspondiente a los CP-55 y CP-57 del Área 9 LHD del III Panel.

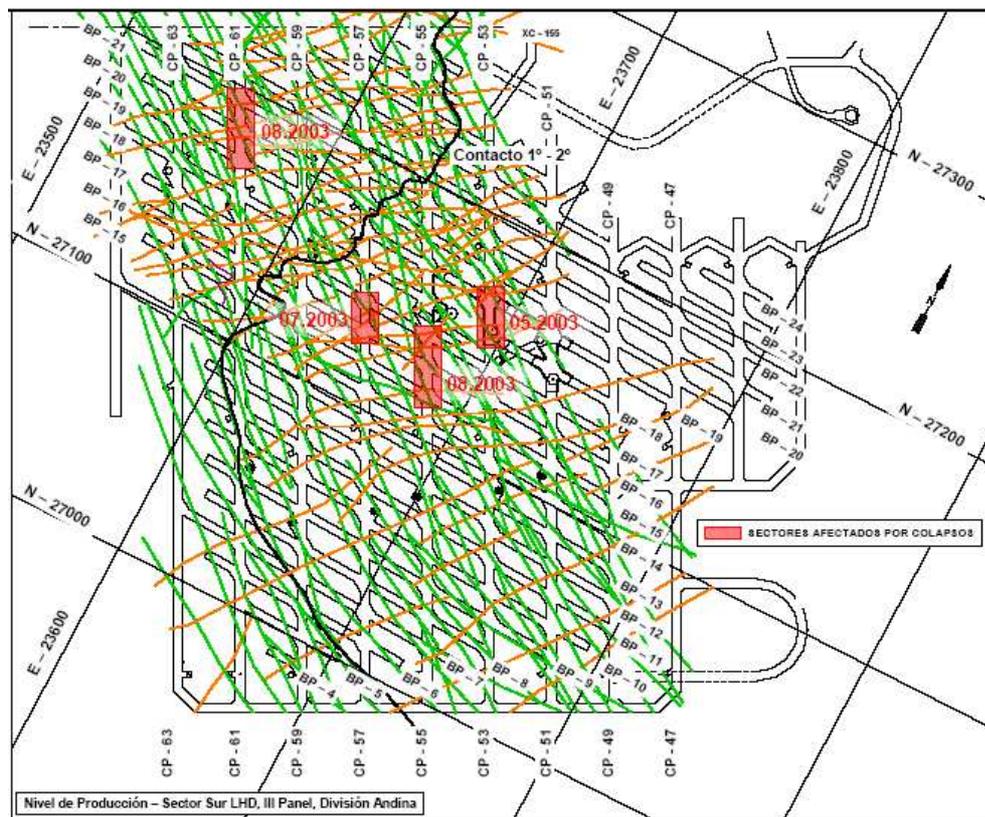


Figura 1: Colapso CP-55 y CP-57 Área 9 LHD

CAPITULO 2. Metodología

La metodología para desarrollar el presente estudio se resume en las siguientes actividades:

- **Revisión de casos de colapsos en método Panel Caving.** En un primer análisis se realizó una revisión de casos relacionados con colapsos que se produjeron con anterioridad al presente estudio. De lo anterior se pretendió conocer con mayor precisión la mecánica que provocan estos eventos y las medidas recomendadas en estos estudios particulares para poder anticiparse al colapso y determinar si entregan luces para su recuperación.
- **Análisis crítico de las causas propuestas para explicar estos eventos.** Estos estudios previos fueron analizados críticamente a partir de la experiencia posterior y del desarrollo de esta propia memoria. Con ello se pretende ampliar el conocimiento de estos eventos y dar una visión desde el punto de vista de los diseños propios de ingeniería.
- **Estudio del caso de interés.** Desarrollados estos capítulos de análisis bibliográfico de casos, se estudia el sector de interés correspondiente al Área 9 del III Panel de Mina Río Blanco de División Andina, con el fin de establecer un diseño que permita recuperar las reservas colapsadas de este sector.
- **Desarrollo de los diseños para la recuperación del sector.** Posteriormente, se presentan los diseños propiamente tales que abarcan desde el método de recuperación propuesto hasta el sistema de manejo de mineral definido para el sector. Estos diseños dan cuenta de las obras a ejecutar para desarrollar el proyecto.
- **Desarrollo de las evaluaciones.** En esta sección se desarrolla el programa de implementación del proyecto y las evaluaciones económicas que justifican la ejecución del proyecto en sí.
- **Conclusiones y Recomendaciones.** Se entregan, finalmente, las principales conclusiones y recomendaciones del presente estudio a ser aplicadas para el desarrollo del proyecto de recuperación de sectores colapsados.

CAPITULO 3. Antecedentes Bibliográficos

La práctica minera ha demostrado que el avance de la zona de "abutment stress" asociada al frente de hundimiento o socavación, en la explotación por método de Hundimiento por Bloque o Hundimiento por Paneles, puede dañar en forma importante el "crown-pillar" y los pilares del Nivel de Producción, degradando la calidad geotécnica del macizo rocoso, tanto en roca secundaria como primaria.

Por otra parte, un deficiente manejo de la extracción puede traducirse en una extracción irregular y causar la compactación del material quebrado formando "arcos" o "domos" que pueden transmitir cargas importantes a los pilares del Nivel de Producción y, eventualmente, gatillar la ocurrencia de colapsos los cuales pueden llegar a afectar en forma importante al sector productivo.

En el desarrollo de la explotación subterránea existen variados casos donde se han producido colapsos que han afectado áreas de diversa importancia.

Dado lo anterior, en este capítulo se revisan dos casos que dan luces sobre el comportamiento del macizo rocoso en las fases productivas referidas, principalmente, a la estabilidad de los Niveles de Producción y la importancia de tomar resguardos tanto en la etapa de diseño como en la explotación misma.

El primero, corresponde a un colapso progresivo de un sector de grandes dimensiones en la mina Esmeralda de la División El Teniente y, el segundo caso, a un sector de la Mina Río Blanco que fue la antesala del colapso en estudio.

En ambos casos, se ha intentado ser lo más estricto respecto a la redacción y terminología utilizada en los informes originales; sólo se modificaron algunas expresiones para hacerlas más entendibles y universales.

3.1 Colapsos Calles 17, 19, 21 y 23 Nivel de Producción Sector Esmeralda

Entre los años 2001 al 2003 se produjeron daños progresivos en un sector en explotación de la mina Esmeralda de División El Teniente (ver Figura 2), los cuales vienen a sumarse a que, previamente durante la vida operacional de uno de los principales sectores productivos en roca primaria de mina El Teniente, se han registrado unos 22 colapsos, que se han traducido en más de 30.000 m² de área "perdida" para fines de producción.

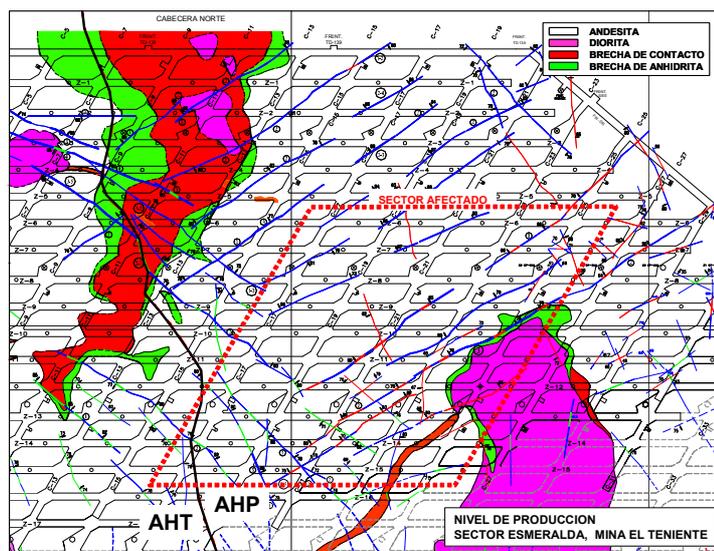


Figura 2: Sector afectado Mina Esmeralda

La evolución temporal de los daños observados en el Nivel de Producción del Sector Esmeralda se muestra, para el periodo 2001-2003, en los esquemas de la Figura 4 a la Figura 8. Todo esto permite señalar lo siguiente respecto al colapso que preocupa:

- Si bien en el área que interesa se observan daños en el Nivel de Hundimiento (UCL) en los años 1999 y 2000, recién en Septiembre del año 2001 se observan daños en el Nivel de Producción (o sea unos 2 años después que se observaron los primeros daños en el UCL). Estos daños afectan la calle C23 entre zanjas Z6 y Z8. En la intersección C23/Z6 Este (Hw) se detectó la presencia de un pilar remanente en el UCL.
- En Octubre de 2001 los daños en el Nivel de Producción se extienden bastante afectando, además de la calle C23, las calles C17, C19 y C21, entre zanjas Z8 y Z11. Una vez más, en la vecindad de estas calles se detectaron pilares remanentes en el UCL.
- En Noviembre de 2001 se agrava el daño en el extremo Sur del sector afectado en calle C23; y en toda la extensión afectada en las calles C17 y C19, donde incluso progresa hacia el Sur hasta alcanzar la zanja Z12.
- En Diciembre de 2001 la condición empeora en las calles C17 y C19, las que colapsan entre zanjas Z11 y Z13.
- A comienzos del año 2002 sigue aumentando el daño en la calle C23, y a fines de Marzo está colapsada entre zanjas Z6 y Z10, y presenta daños severos entre zanjas Z10 y Z11. En la intersección C23/Z11 Este (Hw) se detectó un pilar remanente en el Nivel de Hundimiento (UCL).

Para poder establecer un principio que explique la mecánica del colapso progresivo descrito es necesario estudiar las características geológicas estructuras y geotécnicas del sector de la mina Esmeralda.

3.1.1 Geología, estructuras y geotécnia

En el sector afectado por el colapso predominan las llamadas "andesitas de la mina", que son rocas subvolcánicas de color oscuro y textura afanítica a porfídica de grano fino, duras y competentes, con resistencias en compresión uniaxial del orden de 120 MPa.

Inmediatamente al SE del sector afectado aparece un cuerpo de diorita, roca intrusiva de color gris claro y de textura fanerítica de grano grueso, que presenta mineralización de cobre y molibdeno en sus vetillas y, también, diseminada. Es una roca dura y competente, con resistencias en compresión del orden de 140 MPa.

Al Oeste y NW del sector afectado aparecen brechas hidrotermales de anhidrita y brechas de contacto, usualmente alrededor de cuerpos aislados de diorita. Estas brechas son duras y competentes, con resistencias en compresión uniaxial del orden de 135 MPa.

Las estructuras mayores corresponden a dos sistemas o familias principales:

Sistema NW, correspondiente al sistema de la Falla B, que presenta varias ramas y trazas irregulares que se unen y separan, tanto en la horizontal como en la vertical. La principal de estas ramas tiene una traza reconocida de unos 500 m, desde el Nivel Teniente 4 al Nivel Teniente 6, y presenta rellenos de centímetros de carbonatos, molibdenita y yeso. Estas estructuras tienen rumbos N40°W a N60°W y manteos subverticales, tanto al NE como al SW (esto es frecuente en las estructuras de manto empinado).

Sistema NE, cuya estructura más conspicua es la Falla Noreste, con una traza reconocida de más de 200 m y que pasa, en el sector que interesa, por el contacto andesita-diorita. Las estructuras de este sistema presentan rumbos N60°E a N70°E y manteos subverticales, principalmente al NW.

Estas mismas estructuras habrían sido una de las causas del colapso que afectó el sector Teniente 4 Sur de El Teniente en 1984, el cual se ubica sobre parte del área afecta de Esmeralda, como se muestra en la Figura 3.

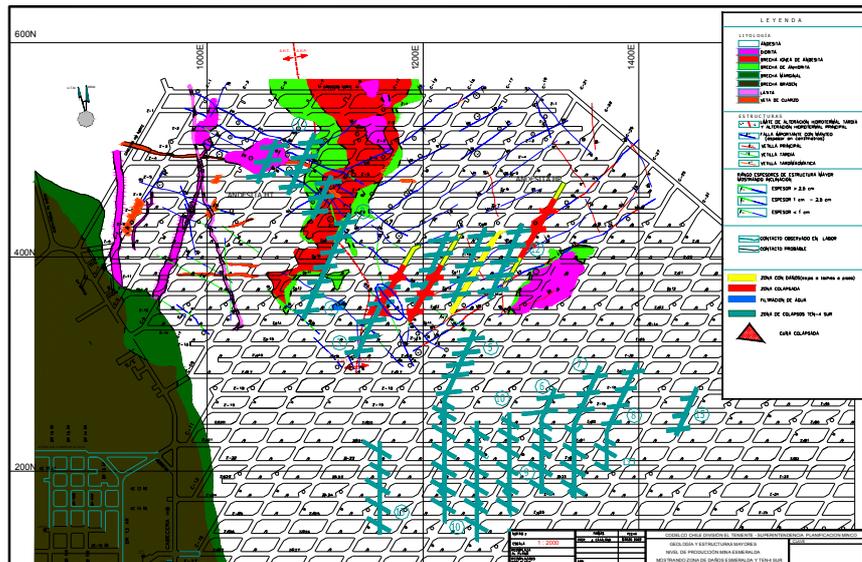


Figura 3: Nivel de Producción del Sector Esmeralda que muestra, en color verde, las labores dañadas por colapsos en el Sector Teniente 4 y, en colores amarillo y rojo, las labores dañadas por el colapso que afecta al Sector Esmeralda (tomada de Molina y Cataldo, 2002).

Por lo tanto, se puede señalar que las estructuras geológicas mayores del sector que preocupa, en especial la Falla B, serían una de las causas del colapso que afecta al Nivel de Producción del Sector Esmeralda.

Por otro lado, dado que el macizo rocoso del sector Esmeralda es de buena a muy buena calidad geotécnica, prácticamente en todos sus parámetros (UCS de 120 a 140 MPa, RQD de 90 a 100%, RMR (Bieniawski) de 60 a 75, IRMR (Laubscher) de 55 a 70%), se puede señalar que la calidad del macizo rocoso no sería en si una causa del colapso.

Respecto al estado tensional del sector cuyas magnitudes se encuentran entre 25 MPa (esfuerzo principal menor) y 48 MPa (esfuerzo mayor), corresponde a un estado moderado, por lo que tampoco sería causa para el colapso.

3.1.2 Progresión del colapso

El colapso que afecta al Sector Esmeralda evolucionó y se desarrolló como se resume a continuación. De acuerdo con esto, los principales eventos asociados a la condición de estabilidad del sector que preocupa serían los siguientes:

Año 1999 Se detectan las primeras señales de daño en el Nivel de Socavación (Hundimiento o UCL), así como la presencia de pilares remanentes al Fw de calle C19.

Año 2000 El daño no aumenta en forma significativa, pero si se incrementa el número de pilares remanentes, especialmente cerca del límite Sur de la socavación a fines de 1999 y al Fw calle C25.

Año 2001 En enero se concluye que las bateas tienen un 40% de atraso para lograr una extracción del 30%.

En abril un estallido de roca daña al UCL.

En junio estallidos de roca dañan el UCL.

En agosto estallidos de roca dañan el UCL, el Nivel de de Producción y el Subnivel de Ventilación.

En septiembre se detecta la presencia de más pilares remanentes en el UCL, y se observan daños en la calle C23 del Nivel de Producción. A fines de este mes el techo ha descendido 0,5 m en la intersección C23/Z8.

En octubre un estallido de roca afecta al UCL. Por otra parte, se observan daños en el Nivel de Producción (de calles C17 a C21, entre zanjas Z8 a Z11), y en el Subnivel de Ventilación (chimeneas 17 y 21, XC-2 AN Inyección).

En noviembre aumentan los daños en el Subnivel de Ventilación. Aumentan en forma notoria los daños en el Nivel de Producción, los que afectan principalmente las calles C17 (Z8 a Z14, Z23), C19 y C21 (Z8 a Z14). Cae un bloque, de unas 180 toneladas en la intersección C17/Z23.

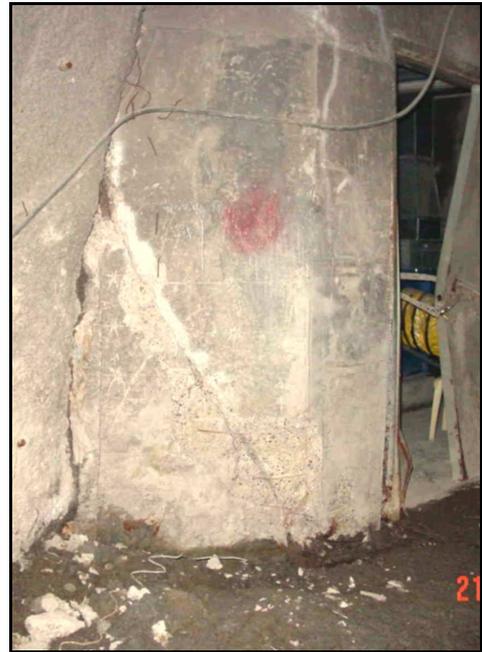
En diciembre se produce el colapso de las calles C17 y C19, entre zanjas Z11 y Z13, en el Nivel de Producción. En el Subnivel de Ventilación se observan deformaciones importantes en la estructura metálica de chimenea 23.

Año 2002 En enero se observa un aumento notorio de los daños en la calle C23, entre zanjas Z8 y Z10, donde el techo muestra descensos mayores a 1 metro.

En febrero continua el descenso del techo de la calle C23, entre zanjas Z6 y Z11, hasta impedir el tránsito de equipos.

En marzo se produce el colapso de la calle C23, entre zanjas Z6 y Z10, en el Nivel de Producción.

En abril cae un bloque en la intersección C23/Z7.



Fotografía 1: Daños en el concreto y la estructura metálica de estación eléctrica Chimenea 17, XC-2 AN Inyección, Subnivel de Ventilación, Sector Esmeralda (tomada de Seguel, 2002).

En agosto varios estallidos de roca causan daños moderados en el UCL. En septiembre los daños en calles C17 y C19 se extienden hacia el Sur, hasta la zanja Z10.

En diciembre se observan daños severos en las cajas y el techo de la calle C21, entre zanjas Z12 y Z15, del Nivel de Producción.

Año 2003 En enero se produce el colapso de la calle C21, entre zanjas Z12 y Z15, en el Nivel de Producción.

En febrero se observan daños severos en la zanja Z13, entre calles C23 y C25 del Nivel de producción.

En marzo se observan daños importantes en las cajas de calles C23 y C25, entre zanjas Z12 y Z15, del Nivel de Producción.

En abril se produce el colapso de la calle C23, entre zanjas Z12 y Z15, del Nivel de producción.



Fotografía 2: Desplome del bloque que afectaba el techo de la intersección C17/Z23, Nivel de Producción, Sector Esmeralda (vista desde el Oeste por Z13, tomada de Seguel, 2002).



Fotografía 3. Daños importantes en la fortificación y descenso del techo, con "monos" bastante cargados en calle C23 con zanja Z13, Nivel de Producción, Sector Esmeralda.



Fotografía 4. Deformación notoria del marco exterior del punto de extracción C23/Z12, Nivel de Producción, Sector Esmeralda.

La evolución temporal de esta secuencia en el Nivel de Producción del sector Esmeralda se muestra en las figuras siguientes:

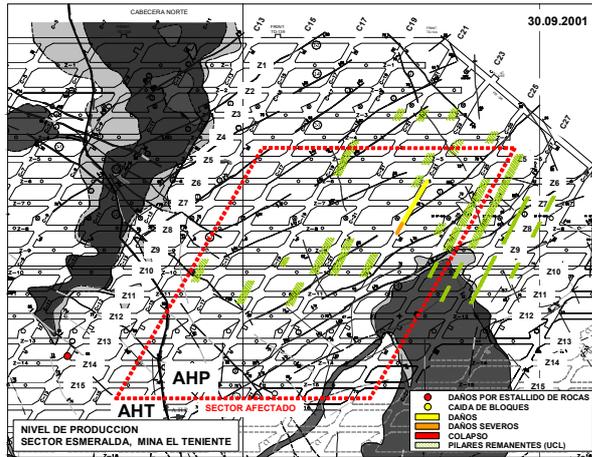


Figura 4: Daños observados en el Nivel de Producción del Sector Esmeralda, al 30.09.2001.

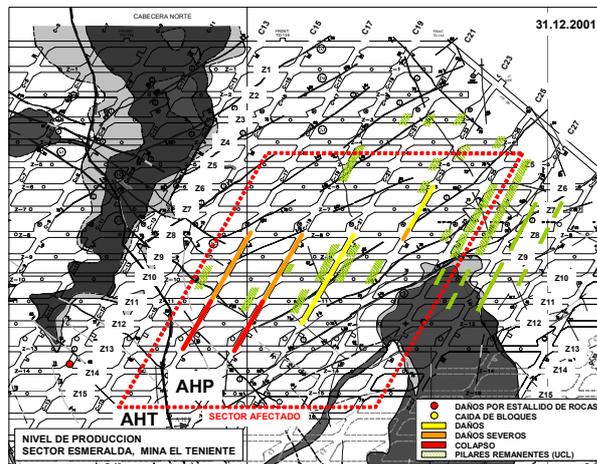


Figura 5: Daños observados en el Nivel de Producción del Sector Esmeralda, al 31.12.2001.

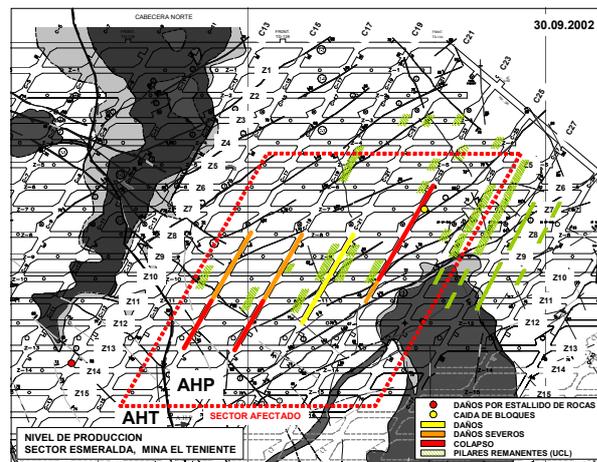


Figura 6: Daños observados en el Nivel de Producción del Sector Esmeralda, al 30.09.2002.

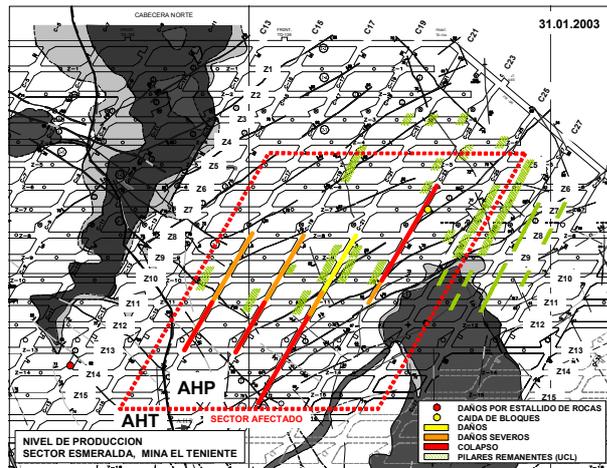


Figura 7: Daños observados en el Nivel de Producción del Sector Esmeralda, al 31.01.2003.

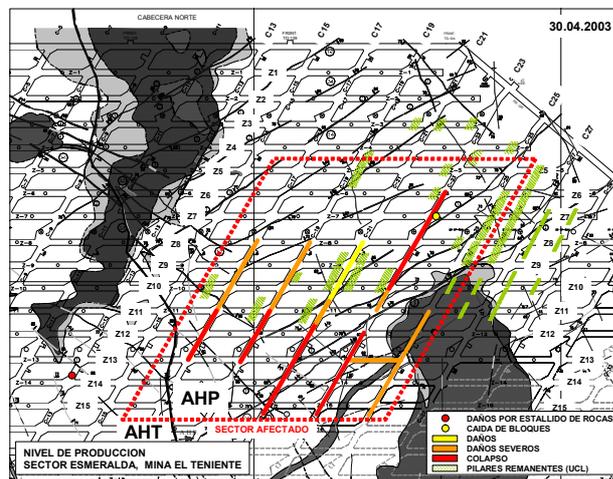


Figura 8: Daños observados en el Nivel de Producción del Sector Esmeralda, al 30.04.2003.

AKL¹ en su estudio realiza un análisis de las deformaciones de los marcos metálicos dispuestos como fortificación en los puntos de extracción del nivel de producción, con el fin de estimar la orientación de las cargas causantes de dicha deformación, mediante un análisis estructural en el plano del marco por el método de las rigideces.

Un resumen de los resultados de este análisis se describe en la tabla siguiente y la interpretación de la dirección de las cargas en los marcos se muestra en la Figura 9.

¹ Evaluación geomecánica colapso calles 17, 19, 21 y 23 Nivel de Producción Sector Esmeralda. Julio de 2003

Tabla 1: Posibles solicitaciones sobre los marcos metálicos deformados

Punto de Extracción	Deformación del Marco Metálico Exterior	Carga(s)	Inclinación	Dirección
Z12/C23 Fw	El marco esta deformado lateralmente hacia el N-NE, siendo máxima la deformación en su acodamiento.	P	Hacia abajo	N-NE
Z12/C23 Hw	El marco esta deformado hacia adentro y hacia arriba, y su parte superior se ha aguzado.	P	Hacia abajo	N-NE
		P		S-SW
Z13/C23 Fw	El marco esta deformado lateralmente hacia el N-NE, siendo máxima la deformación en su acodamiento. La pata S-SW está levantada respecto a la pata N-NE.	P	Hacia abajo	N-NE
Z13/C23 Hw	El marco esta deformado lateralmente hacia fuera y hacia abajo, con un descenso de su parte superior.	P	Vertical	Hacia abajo
Z14/C23 Fw	La pata N-NE del marco esta desplazada hacia adentro, y girada.	P	Horizontal	S-SW
Z14/C23 Hw	El marco esta desplazado hacia el N-NE, y su parte superior se ha levantado y aguzado.	P1 > P2	Hacia abajo	N-NE
		P2 < P1	Hacia abajo	S-SW
Z13/C25 Hw	El marco esta deformado lateralmente hacia el S-SW, siendo máxima la deformación en su acodamiento.	P	Hacia abajo	S-SW

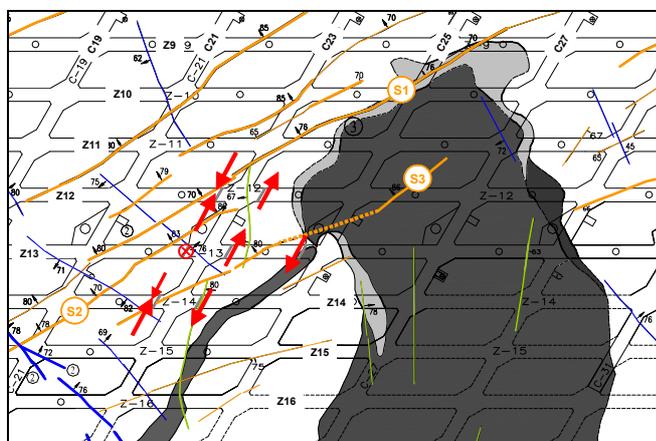


Figura 9: Planta que muestra la dirección de las cargas actuantes sobre los marcos metálicos analizados y las estructuras mayores presentes en el sector.

De estos resultados del análisis estructural permiten señalar lo siguiente:

- No hay una única dirección de carga.
- Los marcos metálicos que son interceptados por una estructura geológica mayor de rumbo NE (en color naranja en Figura 9) son solicitados en ambas direcciones, N-NE y S-SW, siendo las solicitaciones en la dirección N-NE de

igual o mayor magnitud que las en dirección S-SW. En esta condición se encuentran los marcos metálicos exteriores de los puntos de extracción Z12/C23 Hw y Z14/C23 Hw.

- Los marcos metálicos que son interceptados por una estructura geológica mayor de rumbo NW (en color azul en Figura 9) son solicitados verticalmente. En esta condición se encuentra el marco metálico exterior del punto de extracción Z13/C23 Hw.
- Los marcos metálicos que no son interceptados por estructuras geológicas mayores, y se ubican al Sur de la estructura S1 (ver Figura 9) son solicitados en dirección S-SW. En esta condición se encuentran los marcos metálicos exteriores de los puntos de extracción Z13/C25 Hw y Z14/C23 Fw.
- Los marcos metálicos que no son interceptados por estructuras geológicas mayores, y se ubican al Norte de la estructura S1 son solicitados en dirección N-NE. En esta condición se encuentran los marcos metálicos exteriores de los puntos de extracción Z12/C23 Fw y Z13/C23 Fw.

Por lo tanto, se observa que no hay una única dirección de carga y que las estructuras mayores influyen en la sollicitación sobre los marcos.

Por otro lado, antes de este estudio realizado por AKL se señalaba que el colapso del sector Esmeralda se debía a la presencia de macro bloques definidos por estructuras geológicas mayores, cuyo desplazamiento habría provocado la falla de los pilares del Nivel de Producción y el colapso de las calles C17, C19, C21 y C23 (Molina&Cataldo 2002).

De acuerdo a esta hipótesis, habría un mega bloque definido por tres estructuras geológicas mayores y una cuarta, la Falla B, lo subdividiría en dos macro bloques, denominados Bloque A y Boque B. El mega-bloque estaría "empotrado" en su extremo NE (Fw), pero los macro bloques A y B se habrían desplazado. Así, el colapso de las calles C17 y C19 estaría asociado al macro bloque A, y el colapso de la calle C23 estaría asociado al macro-bloque B. Las características de estos macro-bloques se resumen en Tabla 2 y su disposición en el Nivel de Producción se muestra en la Figura 10.

Tabla 2: Características de los macro-bloques

Bloque	Área Basal (m ²)	Volumen (m ³)	Peso		Peso / Área Basal (MPa)
			(tons)	(MN)	
Macro-bloque A	7.567	780.600	2.107.620	20.669	2,7
Macro-bloque B	6.023	370.000	999.000	9.797	1,6
Mega-Bloque (A + B)	13.590	1.150.600	3.106.620	30.466	2,2

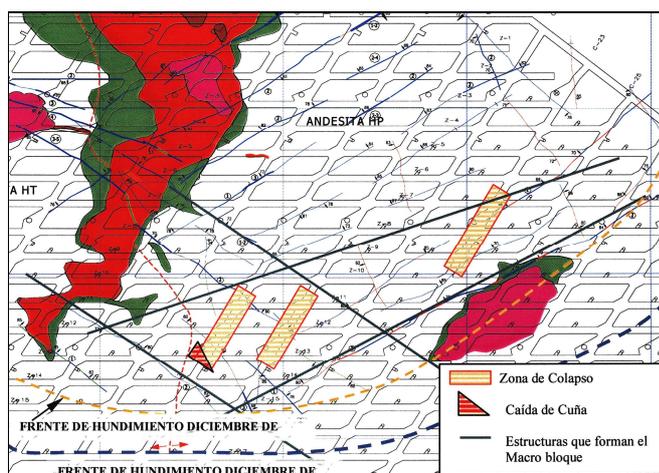


Figura 10: Vista en planta del sector afectado, que muestra las estructuras que definen las caras de los macro-bloques A y B (tomada de Molina & Cataldo, 2002).

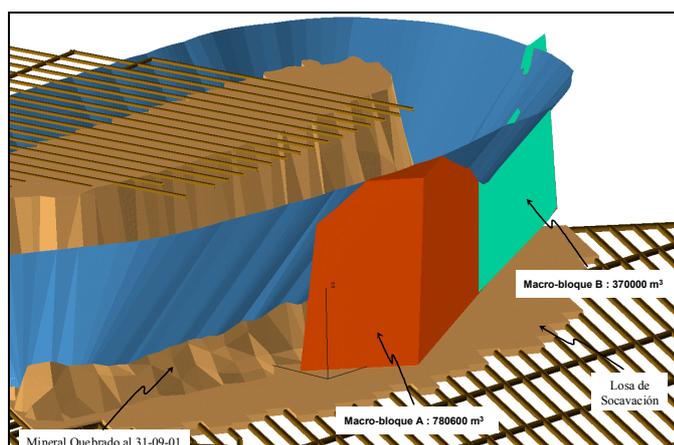


Figura 11: Vista tridimensional de los macro-bloques que afectarían al Nivel de Producción del Sector Esmeralda (Sr. Rigoberto Molina).

La opinión de AKL respecto a esta hipótesis es que estos macro bloques son estables, debido a las siguientes razones:

- (a) Las estructuras que definen los macro bloques son empinadas o de manto mayor que 80° , lo que se traduce en bloques muy esbeltos, con vértices bastante agudos. La teoría y la experiencia indican que este tipo de bloques rara vez es inestable. Si bien puede argumentarse que el plano de fracturamiento por subsidencia disminuye la esbeltez de los bloques, la existencia de este plano no está demostrada.
- (b) La base del mega bloque (A + B) no aflora completamente en la cara libre definida por el área socavada, por lo que en rigor este bloque no es removible (a menos que se generara una fractura que lo subdividiera, haciéndolo removible).
- (c) La base del macro bloque B no aflora completamente en la cara libre definida por el área socavada, por lo que en rigor este bloque no es removible (a menos que se generara una fractura que lo subdividiera, haciéndolo removible).
- (d) Las caras opuestas del macro bloque A son cuasi paralelas entre sí, por lo que cualquier dilatancia de las estructuras tenderá a estabilizar el bloque. De hecho, si se considera la traza de las estructuras mayores que se muestra en los planos geológicos, se observa que estas estructuras probablemente tendrán una dilatancia de unos 3° a 5° , con la posible excepción de la falla B.
- (e) El macro bloque A difícilmente puede deslizarse sobre la Estructura 1 debido a que el manto de ésta (80°) es menor que el de la Estructura 2 (85°), por lo que esta última "trabaría" cualquier potencial desplazamiento del bloque en dirección NE.

Sin perjuicio de lo anterior, AKL desarrolló un análisis de teoría de bloques donde concluye ***que no hay macro-bloques inestables, cuyos desplazamientos hubieran sido la causa del colapso en el sector Esmeralda.***

3.1.3 Posibles causas del colapso

- (1) Aún cuando la andesita AHP, donde ocurrió el colapso, presenta vetillas con rellenos de menor resistencia que la andesita AHT, ésta no sería la causa del colapso.
- (2) Las estructuras geológicas mayores presentes en el sector serían una de las causas del colapso; pero estas estructuras no definen macro bloques inestables.
- (3) Siendo el estado tensional del sector de carácter moderado, la presencia de pilares remanentes ha concentrado esfuerzos importantes para dañar los pilares del Nivel de Producción en el sector colapsado.
- (4) Los estallidos de roca que han provocado daños principalmente en el Nivel de Socavación no serían una de las causas del colapso. Sin embargo, los daños

ocasionados en estos estallidos de roca han contribuido a degradar la condición geotécnica del macizo rocoso.

- (5) La distancia excesiva en las frentes de extracción y de socavación (sobre 80 metros) en el método Panel Caving con socavación previa aplicado en el sector, sería una de las causas que facilitarían la ocurrencia de inestabilidad de bloques como los que afectaron las labores y la compactación del mineral quebrado que rellena el Nivel de Hundimiento por delante del frente de extracción.
- (6) Según AKL la orientación paralela o subparalela (menor a 25°) del frente de hundimiento (posteriormente del frente de extracción) a las estructuras mayores sería probablemente la principal causa del colapso. Esta condición activa las estructuras mayores presentes en el sector induciendo una discontinuidad en pilares del Nivel de Producción en sectores donde dichas estructuras se ubican a poca distancia de las cajas (5 a 8 metros). Esta condición genera fuerte concentración de esfuerzos en la parte exterior del mismo pilar provocando daños importantes. Esta situación también se dio en el sector colapsado de Teniente 4 Sur.
- (7) La presencia de pilares remanentes en el Nivel de Hundimiento, al transmitir cargas locales a los pilares del Nivel de Producción, sería una de las causas del colapso del sector Esmeralda (ver Figura 12).
- (8) La experiencia ha demostrado que llevar una extracción regular que permita mantener un ángulo de quiebre de 60° a 70° , disminuye sustancialmente el riesgo de gatillar un colapso. Esta condición no se cumplió en el sector Esmeralda, generando ángulos de quiebre de 20° a 45° en la dirección de las calles, lo que sería una causa importante del colapso del sector.
- (9) Según AKL una mayor fortificación no puede detener un colapso como el producido en Esmeralda; sólo habría disminuido la inestabilidad de bloques locales.

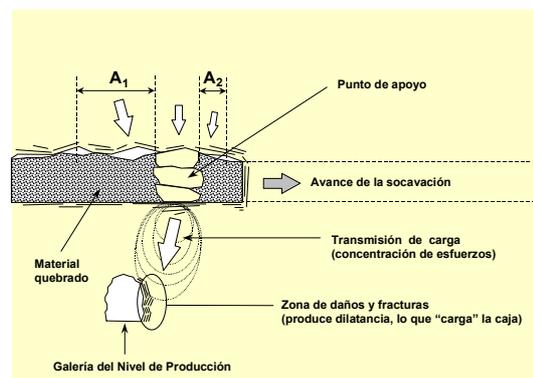


Figura 12: Esquema que ilustra la forma en que un "punto de apoyo" o pilar remanente transmite cargas locales, de magnitud importante, a los pilares del Nivel de Producción.

3.1.4 Posible mecánica del colapso

Conforme con todo lo antes expuesto, la opinión de AKL es que una posible mecánica del colapso del sector Esmeralda sería la siguiente:

- (1) El avance del lado Fw de Frente de Socavación (y posteriormente del Frente de Extracción), con una orientación subparalela o incluso paralela a las estructuras mayores del Sistema NE, activó estas estructuras en la zona que se muestra en Figura 13, y las mismas comenzaron a inducir cargas sobre los pilares del Nivel de Producción.

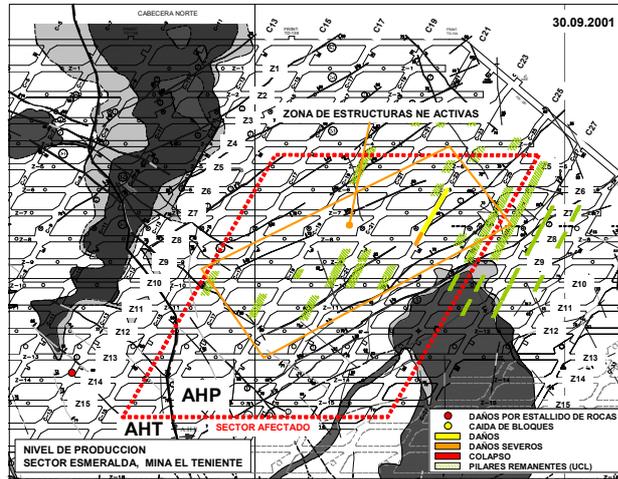


Figura 13: Planta que muestra la zona donde se habrían activado las estructuras mayores del Sistema NE que comenzaron a inducir cargas sobre los pilares del Nivel de Producción del Sector Esmeralda.

- (2) La presencia de pilares remanentes contribuyó a agravar la situación, agregando cargas locales de magnitud importante a los pilares del Nivel de Producción.
- (3) La distancia excesiva entre los Frentes de Socavación y de Extracción contribuyó a aumentar las cargas inducidas por los pilares remanentes, aumentando el daño y activando estructuras asociadas a la Falla B, probablemente en donde éstas se intersectan con una estructura del Sistema NE en la vecindad de un pilar remanente, como se muestra en Figura 14. Esto explicaría el aumento del daño en las calles C17 y C19.
- (4) Al mismo tiempo, la extracción irregular facilitó el "apriete" del mineral quebrado, iniciándose la formación de "arcos estables" (favorecida por la presencia de pilares remanentes), que aumentaban las cargas sobre los pilares del Nivel de Producción.

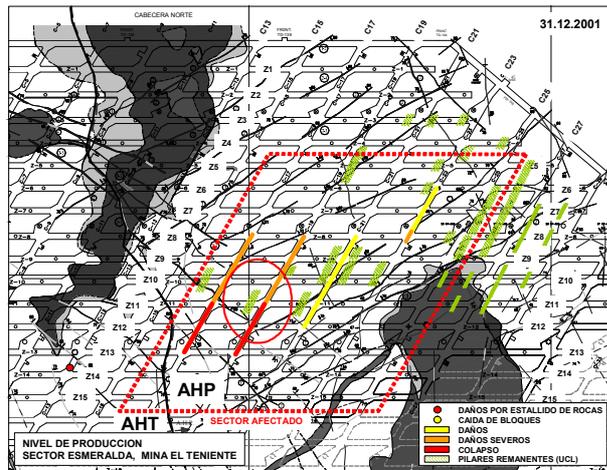


Figura 14: Zona donde se habrían activado las estructuras asociadas a la Falla B, probablemente en donde éstas se intersectan con una estructura del Sistema NE en la vecindad de un pilar remanente, dentro del gran círculo rojo. Esto explicaría el aumento del daño en las calles C17 y C19.

- (5) El avance del lado Fw de los Frentes de Socavación y de Extracción, siempre en forma subparalela a las estructuras mayores del Sistema NE activó más de estas estructuras, posibilitando el crecimiento del colapso en dirección Sur, como se muestra en Figura 15. Esto explicaría el aumento del daño y posterior colapso de la calle C21.
- (6) El avance del lado Fw del Frente de Extracción, en forma subparalela a las estructuras mayores del Sistema NE en el periodo Febrero-Marzo de 2003, activó más de estas estructuras, posibilitando el crecimiento del colapso en dirección Sur y Fw, como se muestra en Figura 16. Esto explicaría el aumento del daño en las calles C23 y C25, al Sur de la zanja Z12.

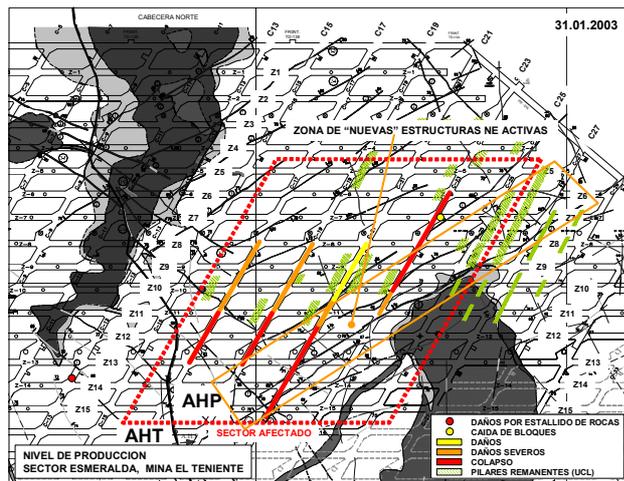


Figura 15: Zona donde se habrían activado más estructuras mayores del Sistema NE, debido al avance de los Frentes de Socavación y de Extracción con una orientación subparalela a la de estas estructuras. Esto explicaría el aumento del daño y posterior colapso de la calle C21.

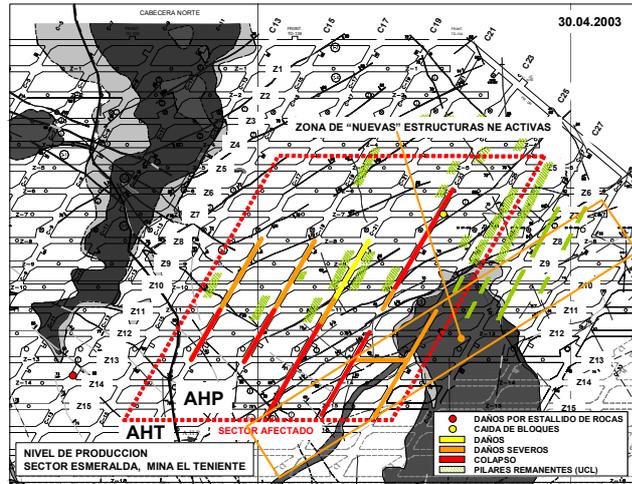


Figura 16: Zona donde se habrían activado más estructuras mayores del Sistema NE, debido al avance del frente de Extracción con una orientación subparalela a la de estas estructuras. Esto explicaría el aumento del daño en las calles C23 y C25, al Sur de la zanja Z12.

Conforme con todo esto, la importancia relativa de los distintos factores que causaron el colapso que aquí se comenta sería la siguiente (en orden de mayor a menor importancia):

- 1º.- El avance de los Frentes de Socavación y de Extracción con una orientación subparalela a la de las estructuras mayores del Sistema NE y, por supuesto, la presencia de estas estructuras.
- 2º.- La presencia de pilares remanentes.
- 3º.- El tiraje irregular, generando ángulos de quiebre de 20º a 45º en la dirección de las calles.
- 4º.- La distancia excesiva entre los Frentes de Socavación y de Extracción, lo que sin dudas facilitó el "apriete" del mineral quebrado.

A partir de mediados del año 2006 División El Teniente inicia un proceso de recuperación de la zona colapsada considerando dos metodologías complementarias, a saber:

Recuperación de las calles colapsadas en el Nivel de Producción mediante la construcción de muros y colocación sistemática de marcos y/o la construcción de zanjas altas mediante la reperfusión de los pilares remanentes que quedaron en el UCL desde el propio nivel de producción. Lo anterior permite la recuperación de parte de las reservas colapsadas. A mediados del año 2007 reaparece la inestabilidad en el sector recuperado debiendo detenerse la operación del sector. En

el Anexo A se entregando antecedentes de este proceso de recuperación y el inicio de la actividad sísmica.

A partir del año 2008 se realizan diversos estudios para recuperar el sector mediante el desarrollo de un nuevo nivel de producción bajo el nivel colapsado, lo cual no ha sido implementado por la División El Teniente hasta la fecha.

3.2 Colapsos Calles 57, 61 y 65 Área 4 y 5 Nivel de Producción III Panel Mina Río Blanco

En marzo de 1999 las Áreas 4 y 5 del Nivel 16 Producción LHD del III Panel de la Mina Río Blanco comenzaron a mostrar signos de inestabilidad y, en el periodo de junio a octubre del 2000, se desarrolló un colapso que afectó las Calles de Producción CP 57, CP 61 y CP 65. Este colapso abarcó un área de unos 5.400 m², concluyéndose que las principales causas del mismo eran de tipo operacional.

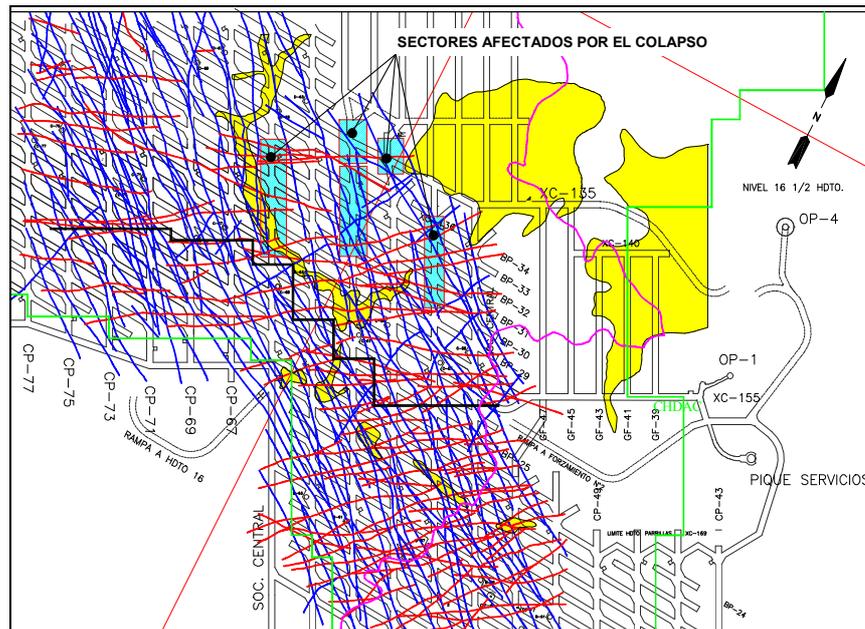


Figura 17. Sectores afectados Áreas 4 y 5 Nivel de Producción III Panel.

Las principales características geológicas, geotécnicas y estructurales del Área 4 y 5 son las siguientes:

3.2.1 Geología geotécnica y estructural

i. Litología

En el Nivel 16 Producción del III Panel de la Mina Río Blanco aparece tanto roca secundaria como primaria, correspondiendo los principales tipos litológicos a granodiorita Río Blanco (GDRB), brechas magmáticas de granodiorita (BXMGD) y, en menor proporción, pórfidos cuarzo-monzoníticos (PQM) y brechas de turmalina (BXT). Estos tipos litológicos se describen brevemente a continuación:

Granodiorita Río Blanco (GDRB): Es el tipo de roca más abundante en el III Panel de la Mina Río Blanco, constituyendo aproximadamente el 50% del volumen de los bloques de este panel. Es una roca magmática de color gris claro, presenta textura fanerítica de grano grueso. Es competente y dura, con resistencias

típicas en compresión uniaxial del orden de 150 MPa, en el caso de roca primaria, y de unos 125 MPa, en el caso de roca secundaria.

Brecha Magmática de Granodiorita (BXMGD): Es una roca de color gris claro a gris oscuro, de textura brechosa, en que la fracción clástica esta conformada por GDRB. La matriz de esta brecha esta compuesta por material ígneo, el cual puede presentar biotitización intensa en algunos sectores. Es una roca competente y dura, con resistencias típicas en compresión uniaxial del orden de 140 MPa, en el caso de roca primaria, y de unos 120 MPa, en el caso de roca secundaria.

Pórfido Cuarzo-Monzonítico (PQM): Es una roca de color gris claro a blanco y de textura porfídica, caracterizada por la presencia de cristales de cuarzo de 1 a 2 mm de diámetro. Se presenta como filones que intruyen al resto de las rocas presentes en el sector. Presenta bajas concentraciones de cobre y molibdeno, y constituye menos del 10% del volumen de los bloques del III Panel. Es una roca competente y dura a muy dura, con resistencias típicas en compresión uniaxial del orden de 160 MPa, en el caso de roca primaria, y de unos 130 MPa, en el caso de roca secundaria.

Brecha de Turmalina (BXT): Es una brecha caracterizada por presentar desde un fino vetilleo de turmalina hasta una textura en que los clastos aparecen inmersos en turmalina. Los clastos de esta brecha corresponden principalmente a GDRB, y su matriz esta constituida por turmalina, hematita especular, cuarzo y sulfuros. El porcentaje de turmalina es variable, pero usualmente es del orden del 5% al 10%, en volumen. Constituye menos del 10% del volumen de los bloques del III Panel y es una roca competente y dura, con resistencias típicas en compresión uniaxial del orden de 100 a 120 MPa.

Estos tipos litológicos principales no muestran la misma distribución porcentual en los Niveles de Producción (16 y 16½) y de Transporte (17). En el caso particular del Nivel 16 Producción LHD se tiene que:

- La granodiorita Río Blanco (GDRB), corresponde aproximadamente al 67% del área, con un 57% de roca primaria y un 10% de roca secundaria.
- La brecha magmática de granodiorita (BXMGD), corresponde aproximadamente al 12% del área, y es prácticamente sólo roca primaria.
- El pórfido cuarzo-monzonítico (PQM), corresponde aproximadamente al 8% del área, y es prácticamente sólo roca primaria.
- En el 11% restante del área aparecen otros tipos litológicos menos conspicuos, todos los cuales presentan una extensión real menor al 2%.

En el caso particular de las labores del sector que aquí interesa, se tiene que:

- La granodiorita Río Blanco (GDRB), afecta aproximadamente al 55% de las labores, con un 47% de roca primaria y un 8% de roca secundaria.
- La brecha magmática de granodiorita (BXMGD), afecta aproximadamente al 9% de las labores, correspondiendo únicamente a roca primaria.
- El pórfido cuarzo-monzonítico (PQM), afecta aproximadamente al 5% de las labores, correspondiendo únicamente a roca primaria.
- Todos los otros tipos litológicos afectan a menos del 5% de las labores.

ii. Alteración

Las rocas del III Panel de la Mina Río Blanco han sido afectadas por las fases de alteración tardimagmática e hidrotermal. Por otra parte, debe tenerse presente que una característica importante de las rocas mineralizadas del Yacimiento Río Blanco corresponde al grado de alteración cuarzo-sericítica; ya que éste puede, si es suficientemente intenso, afectar la competencia de la roca.

iii. Grado de fracturamiento

En División Andina el grado de fracturamiento del macizo rocoso se define en términos de la frecuencia de fracturas por metro lineal, FF; sin embargo, debe tenerse presente que este parámetro se determina en forma diferente si se trata de roca primaria o secundaria.

En el caso de roca secundaria la determinación de FF considera solamente las fracturas abiertas o que forman bloques; mientras que en el caso de roca primaria considera también las fracturas selladas con materiales menos resistentes que la roca de caja.

En el sector del interés de este trabajo el macizo rocoso presenta grados de fracturamiento cuyo rango varía desde 0 a 3 fract./m (en roca primaria) a 8 a 14 fract./m (en roca secundaria). Además, debe señalarse la presencia de una zona bastante amplia en la cual aparecen vetas de yeso, con frecuencias típicas en el rango de 2 a 5 vetas/m.

En el sector que interesa la frecuencia de estructuras mayores es bastante alta para tratarse de roca primaria, como se puede observar en el plano de Figura 18 en página siguiente, lo que probablemente habría facilitado la degradación del macizo rocoso por efecto del avance del frente de socavación y, también, el “desarme” del crown-pillar en los sectores afectados por el colapso.

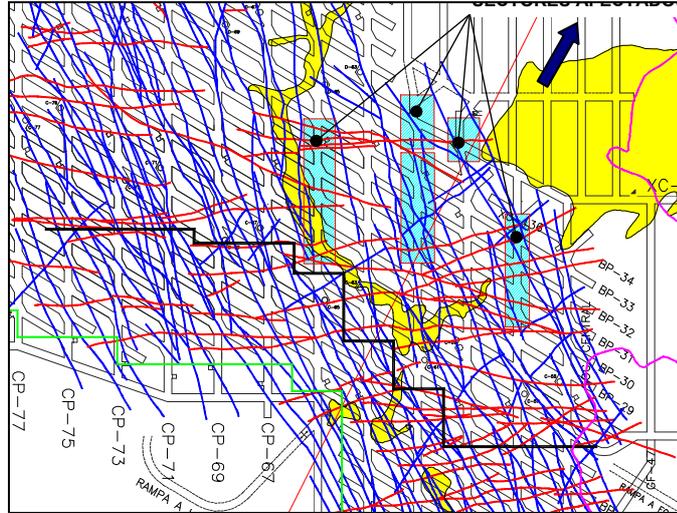


Figura 18: Estructuras mayores presentes en el sector en estudio y, en celeste, los tramos de las calles de producción CP-57, CP-61 y CP-65 que han sido afectados por el colapso que aquí se analiza y evalúa.

iv. Contacto primario - secundario

A escala mina (global) el contacto primario-secundario en la zona que aquí interesa puede considerarse como un plano de pendiente hacia el Este. Sin embargo a escala local, este contacto es bastante irregular y presenta cambios de elevación importantes en tramos relativamente cortos.

Estos cambios en la altura de roca primaria se resumen, para las labores del sector que aquí interesa, en Tabla 3 de página siguiente.

Tabla 3: Contacto primario-secundario en el sector en estudio

Calle de Producción	Altura Columna de Roca Primaria (m)			Porcentaje de Roca Primaria en la Columna de Roca Mineralizada
	Máxima	Media	Mínima	
CP-55	15	9	0	4%
CP-57	41	32	26	13%
CP-59	65	60	50	24%
CP-61	82	78	77	31%
CP-63	124	100	57	40%
CP-65	132	98	50	39%
CP-67	142	116	58	46%
CP-69	145	115	71	46%
CP-71	156	130	90	52%
CP-73	163	141	98	56%
CP-75	172	152	111	61%

v. Dominios estructurales

Sin perjuicio de los dominios estructurales que pueden definirse a escala del Yacimiento Río Blanco, en el sector que aquí interesa puede considerarse que aparecen dos dominios estructurales. Los sistemas de estructuras que aparecen en estos dominios y sus orientaciones predominantes de resumen en Tabla 4.

Tabla 4: Características de los dominios estructurales presentes en el sector en estudio

Sistema Estructural	Dominio Estructural 1		Dominio Estructural 2	
	Orientación Característica			
	Rumbo	Manteo	Rumbo	Manteo
SP-1	N 53° ± 8° W	87° ± 3° SE	N 50° ± 10° W	86° ± 4° SE
		85° ± 5° NW		86° ± 4° NW
SP-2	N 60° ± 7° E	86° ± 4° SE		
		86° ± 4° NW		
SP-3	N 48° ± 8° W	70° ± 5° NE		

vi. Estructuras mayores

En el sector del interés específico de este trabajo aparecen dos sistemas o familias de estructuras mayores.

El sistema S1 es el más conspicuo en el sector, tiene rumbos en el rango N 40°- 70° W y manteos subverticales, tanto hacia el NE hacia el SW.

El sistema S2 tiene rumbos en el rango N 45°- 65° E y manteos subverticales, tanto hacia el NW como hacia el SE.

En general, las estructuras del Sistema S2 cortan a las del Sistema S1.

Visto lo anterior, la calidad geotécnica in situ del macizo rocoso en el sector que interesa puede calificarse de buena, por lo que ésta no constituye una condición que haga difícil una minería por panel caving. Conforme con esto, la calidad geotécnica del macizo rocoso no sería causante de la inestabilidad que preocupa; sin perjuicio del hecho que la apertura de bateas y el avance del frente de socavación provocan una degradación de la calidad geotécnica del macizo rocoso.

3.2.2 Estado tensional in situ

Para los fines de este trabajo puede considerarse lo siguiente respecto al estado tensional in situ en el sector que interesa:

- En términos de los esfuerzos principales, el estado tensional queda definido por:
 - Un esfuerzo principal mayor, S1, con una magnitud en el rango de 20 a 30 MPa, que actúa en dirección N 10° a 30° E y con una inclinación de 10° a 30°.

- Un esfuerzo principal intermedio, S_2 , con una magnitud en el rango de 15 a 25 MPa, que actúa en dirección N 50° a 80° W y con una inclinación de 40° a 70°.
- Un esfuerzo principal menor, S_3 , con una magnitud en el rango de 10 a 20 MPa, que actúa en dirección N 10° a 30° W y con una inclinación de 30° a 40°.
- En términos de los esfuerzos en las direcciones vertical y horizontal, el estado tensional queda definido por:
 - Un esfuerzo vertical con una magnitud en el rango de 18 a 20 MPa.
 - Un esfuerzo horizontal en dirección EW con una magnitud en el rango de 20 a 25 MPa, lo que corresponde a una razón de esfuerzos del orden de 1.20.
 - Un esfuerzo horizontal en dirección NS con una magnitud en el rango de 15 a 22 MPa, lo que corresponde a una razón de esfuerzos del orden de 1.00.
- Se trata de un estado tensional de magnitud moderada, donde es totalmente factible el realizar una minería por panel caving.

Conforme a lo anterior el estado tensional no sería causante de la inestabilidad del sector.

3.2.3 Mecánica del colapso

Conforme con los antecedentes antes expuestos AKL concluye que las características de las inestabilidades que afectaron al sector que interesa permiten señalar lo siguiente respecto a su mecánica y causas probables:

- (1) Se trata de una inestabilidad del tipo colapso, de características similares a los que han afectado al Sector Ten 4 Sur de Mina El Teniente.
- (2) Probablemente esta inestabilidad se produjo en la forma siguiente:
 - (a) Debido a una extracción poco regular y discontinua, en el sector afectado se compactó parte del material quebrado que se ubica por encima del crown-pillar existente entre el Nivel de Producción y el Nivel de Socavación.

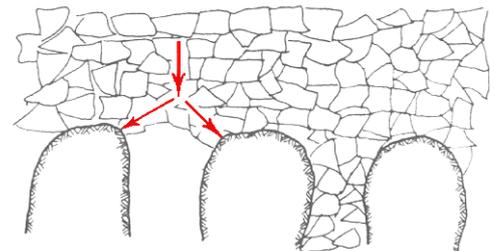
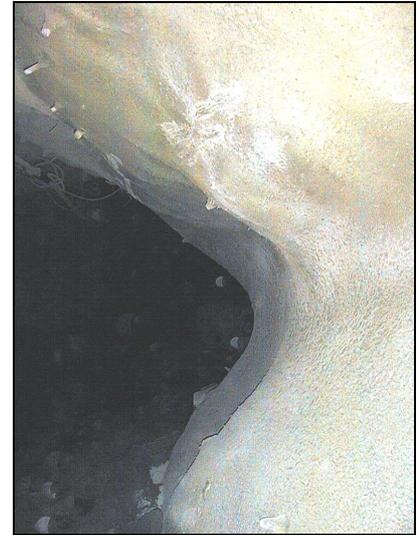


Figura 19: Esquema que ilustra la transmisión de cargas importantes a los pilares del Nivel de Producción, debido a un tiraje irregular.

(b) Esto provocó la formación de arcos o domos de material compactado, los cuales concentraron localmente cargas importantes sobre los pilares del Nivel de Producción.

(c) Debido a que la sección transversal de estos pilares es relativamente pequeña (se trata de una malla de 13 m x 13 m), estas cargas locales provocaron agrietamientos y sobre-excavaciones de los pilares, como las que se ilustran en Fotografía 5.

(d) Al dañarse y sobre-excavarse los pilares del Nivel de Producción se produjo una deformación del crown-pillar, el cual comenzó a dañarse, así como también un aumento de las luces libres, especialmente en el caso de las intersecciones de galerías.



Fotografía 5: Sobre-excavación en uno de los pilares de la Calle CP-57 del Nivel 16, Producción LHD, del III Panel.

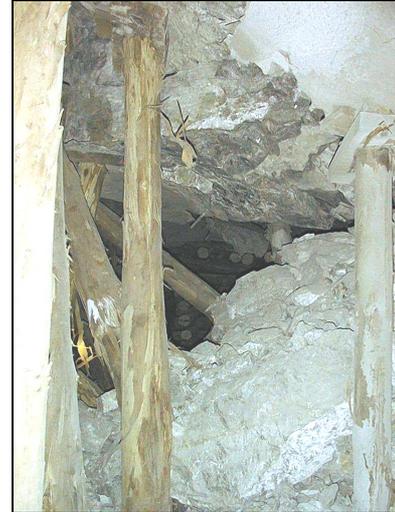
(e) La presencia de estructuras de baja resistencia facilitó el "desarme" del crown-pillar, produciéndose sobre excavación notoria en el techo de las calles afectadas (facilitadas por la ausencia de cables de fortificación en el techo).

(f) Todo lo anterior provocó el desconfinamiento de bloques de gran tamaño, los cuales comenzaron a descender y agravaron el problema, como se ilustra en Fotografías 6 y 7 siguiente.

(3) La causa básica de las inestabilidades del sector corresponde al tiraje muy irregular y discontinuo. De hecho en algunos sectores prácticamente no se extrajo mineral durante uno a dos meses, lo que posibilitó la compactación del material quebrado y la formación de arcos o domos compactados, que transmitieron cargas locales importantes a los pilares del Nivel de Producción. Los otros factores reseñados (presencia de estructuras, pilares relativamente pequeños, falta de fortificación en el techo, etc.) sólo facilitaron la ocurrencia de problemas y, también, los agravaron una vez que éstos se gatillaron.



Fotografía 6: "Monos" en el sector de la Calle CP-57 afectado por descenso del techo.



Fotografía 7: "Monos" en el sector de la Calle CP-61 afectado por descenso del techo.

(4) En principio puede considerarse que los distintos factores, que de una u otra forma influyeron en las inestabilidades que preocupan, tendrían la siguiente importancia relativa:

- 1°. Extracción irregular o poco uniforme y discontinua del mineral quebrado.
- 2°. Pilares de pequeño tamaño en el Nivel de Producción.
- 3°. Fragmentación gruesa a muy gruesa.
- 4°. Presencia de estructuras de baja a muy baja resistencia.
- 5°. "Descostramiento" de material en las cajas de los pilares dañados.

(5) Falta de fortificación en el techo de las calles (especialmente en las intersecciones).

(6) En el caso de la Calle CP-65 se observa la presencia de bloques de gran tamaño, como el que se muestra en Fotografía 8; los que han causado una sobre excavación importante, que localmente podría alcanzar 5 a 6 m por encima del techo original de la calle. Por lo tanto, el crown-pillar remanente es bastante pequeño y debe considerarse la probabilidad de que se produzca una conexión al piso del UCL.



Fotografía 8: Ejemplo de uno de los bloques de gran tamaño que afecta al techo de la Calle CP-65.

3.2.4 Resultados

Como resultado del análisis desarrollado para este sector colapsado se puede señalar que:

- (1) La causa principal del colapso que afectó las Calles CP-57, CP-61 y CP-65 del Nivel 16 Producción LHD del III Panel de la Mina Río Blanco fue la actividad minera desarrollada en el sector, conforme con lo siguiente:
 - (a) Se tenía un exceso de área disponible, posiblemente debido al hecho que se ha extraído más del 100% de la altura de columna mineralizada considerada en el plan minero, lo que ha alargado la vida de los puntos de extracción. Sin embargo, esto no puede justificar lo ocurrido, debido a que se cuenta con suficiente información como para evaluar la vida "esperada" de los puntos de extracción y, conforme con esto, desarrollar un plan minero adecuado y que evite incorporar área en exceso, ya que esto no solo puede provocar problemas de estabilidad como el que aquí se estudia sino que también desmejora el negocio minero.
 - (b) En relación con esto debe señalarse también que la tasa de socavación en el Sector LHD ha sido muy irregular, lo que no resulta aceptable en minería en roca primaria. De hecho, en varias oportunidades la tasa de socavación ha excedido los 2.000 m²/mes, lo que podría explicar la mayor actividad sísmica, traducida en quiebres del macizo rocoso en altura que han sido escuchados por personal de operaciones.
 - (c) Debido, al menos en parte, a este exceso de área disponible la extracción fue francamente mal manejada en el sector, lo que se tradujo en la formación de "cerros" de alta extracción adyacentes a "valles" de muy baja extracción, además de sectores con nula extracción. Lo anterior posibilitó la compactación del material quebrado y la formación de arcos estables, los cuales transmitieron cargas locales importantes a los pilares del Nivel de Producción.
 - (d) También debe indicarse que la secuencia de incorporación de bateas no fue la más adecuada y, sin lugar a dudas, contribuyó a la ocurrencia del colapso del sector. Se llegó a incorporar 10 bateas en un mes, lo que es excesivo, y por otra parte hubo meses en que no se incorporaron bateas, lo que no es bueno porque atenta contra el principio fundamental del panel caving convencional en roca primaria, el cual es aumentar el área en extracción en forma regular y más o menos continua.
 - (e) Por otra parte, la evolución de la geometría y orientación del frente de socavación en el sector en estudio no fue totalmente favorable para la estabilidad de las labores del Nivel de Producción por lo siguiente:

- Entre abril y julio de 1999 se generaron geometrías desfavorables y escalones muy pronunciados en el frente de socavación o hundimiento. Esto resulta especialmente notorio en la zona de empalme al Sector Parrillas (GH 58), donde ocurrieron las primeras inestabilidades que afectaron al sector (marzo-abril de 1999).
 - Entre agosto y diciembre de 1999 el frente fue rotado (entre las GH 63 a 42) prácticamente a rumbo EW, avanzando hacia el Sur, con lo que se terminó el hundimiento en el Sector Parrillas (marzo del 2000); y en el Sector LHD el frente se detuvo entre las GH 63 y 59 (junio del 2000). Durante esta maniobra, el avance del frente fue lento y su "punto de pivoteo" se ubicó justo sobre la zona afectada por el colapso en las GP 61 y 65.
 - En varias oportunidades el frente se orientó en forma subparalela al rumbo predominante de alguna de las familias de estructuras presentes en el sector que interesa. De hecho, en mayo del 2000 el frente se orientó subparalelo a las estructuras del sistema SP-1, que es el más conspicuo en el sector, entre las GH-59 y 65, y en junio se orientó en forma aún más paralela a estas estructuras, entre las GH 61 y 65 (cabe señalar que en esta fecha se habría iniciado el colapso que aquí preocupa).
 - El frente de socavación o hundimiento se puso paralelo a la dirección del esfuerzo principal mayor en el plano horizontal en varias oportunidades: diciembre de 1998 y enero de 1999 (entre las GH-75 y 71), en febrero y marzo de 1999 (entre las GH-71 y 63), en julio de 1999 (entre las GH-61 y 53).
 - En el periodo enero a junio del 2000 el frente avanzó en forma cuasi paralela al eje de los BP, entre las GH-44 y 61, lo que no es óptimo.
- (2) Lo anteriormente expuesto respecto al efecto de la actividad minera se vio agravado por algunos aspectos del diseño minero del sector que preocupa:
- (a) El diseño de la batea colectora en el sector que preocupa favorece la acumulación de material quebrado en la zona del ápex máximo (sección a lo largo de la zanja), lo que puede facilitar la generación de cargas locales importantes que se transmiten a los pilares del Nivel de Producción.
 - (b) En lo referente a la estabilidad de los pilares del Nivel de Producción, la malla de extracción de 13m x 13m en el sector que interesa se encuentra al límite de lo permisible; y cualquier solicitud "adicional", tal como el caso de una concentración de cargas producto de la formación de un arco de material compactado, puede llevar estos pilares a una condición límite, causando descostramientos y sobre-excavaciones en los mismos (como efectivamente ocurrió en el sector).

- (c) Llama la atención la poca cantidad de soporte utilizado en el sector que preocupa; sobre todo si se considera que la mayor parte de los sectores productivos explotados en mena primaria (principalmente en Mina El Teniente), utiliza pernos lechados para fortificar los cruzados de zanja y las calles de hundimiento. Esto podría explicar los severos daños que se han observado en pilares, techos y viseras, producto de la "quemada" de zanja (Morales (1999)). Es posible que con una mayor fortificación se hubiera reducido sustancialmente la sobre excavación de pilares y del techo de las intersecciones de galerías.
- (3) En lo que dice relación con el posible efecto de factores geológico-geotécnicos en el colapso del Área 4 y 5 del III Panel, puede indicarse lo siguiente:
- (a) El estado tensional en el sector es de magnitud moderada y no constituye una condición que haga difícil una minería por Panel Caving, por lo que no sería causante de la inestabilidad.
 - (b) La calidad geotécnica in situ o preminería del macizo rocoso en el sector puede calificarse de buena, por lo que ésta no constituye una condición que haga difícil una minería por Panel Caving y no sería causante de la inestabilidad que preocupa (sin perjuicio del hecho que la apertura de bateas y el avance del frente de socavación provocan una degradación de la calidad geotécnica del macizo rocoso).
 - (c) La orientación del frente paralela a estructuras del sistema SP-1 indudablemente tuvo algún efecto en la generación de este colapso. Por otra parte, en este sector la frecuencia de estructuras mayores es bastante alta para tratarse de roca primaria, lo que probablemente habría facilitado la degradación del macizo rocoso por efecto del avance del frente de socavación y, también, el "desarme" del crown-pillar en los sectores afectados por el colapso.
- (4) AKL² recomienda mejorar el diseño minero especialmente en lo referente a la geometría de la batea colectora, el tamaño de la malla de extracción y la fortificación de los Niveles de Socavación (UCL) y de Producción. De hecho, la opinión AKL es que se deberá aumentar el tamaño de los pilares del Nivel de Producción o se tendrán problemas de estabilidad más graves cuando se exploten columnas de roca primaria de mayor altura.
- (5) Se recomendó mejorar la definición de la secuencia y geometría de socavación, tasa de incorporación de área hundida, tasa de incorporación de bateas y manejo de la extracción.

Cabe hacer notar que División Andina no generó un plan de recuperación de este sector colapsado, básicamente por que las reservas remanentes no tenían gran

² Evaluación y análisis colapso en Nivel 16 Producción LHD, III Panel Mina Río Blanco.

interés dado que se había extraído varios puntos más allá del 100% de la columna mineralizada.

3.3 Análisis crítico de los informes precedentes

En los informes antes descritos se realiza un análisis pormenorizado de ambos colapsos,; sin embargo, en opinión del autor de esta memoria, no recogen toda la problemática, a saber:

- (1) En el caso de la Mina Río Blanco, no profundiza en los efectos sobre el diseño del Área 4 y 5 del III Panel en un zona donde el contacto entre roca primaria (competente) y roca secundaria (menos competente) recorre longitudinalmente todas ese sector.
- (2) Este contacto, que tiene rumbo NS y manteo medio de 50° al Este, forma un plano de discontinuidad entre la roca secundaria muy permeable y roca primaria de características impermeables, por donde generalmente escurre un importante caudal de agua de infiltración.
- (3) En los informes descritos no se hace mención a las condiciones de los niveles bajo las áreas colapsadas, los cuales podrían dar indicios claros de los efectos del "abutment stress" existente en el sector, como es el caso del colapso en Teniente 4 Sur donde existen evidencias claras de que el daño se propagó hasta el nivel de martillos.
- (4) Tanto en el nivel de transporte del sector Esmeralda ubicado unos 30 metros bajo el Nivel de Producción como, sobretudo, en el nivel de ventilación ubicado unos 15 metros bajo el Nivel de Producción del III Panel, no se observan manifestación de inestabilidad mayor.
- (5) Lo anterior, podría dar indicios que bajo los niveles de producción en dichos sectores colapsados no se han transmitido las presiones que provocaron los colapsos.
- (6) Los informes no profundizan respecto a si la fortificación (cantidad, calidad, oportunidad) es o no importante para evitar colapso, aún cuando dan indicios que no es un factor determinante.
- (7) Las recomendaciones que si han sido recogidas en todos los proyectos de hundimiento por panel (no así en el que nos ocupa más adelante) corresponden fundamentalmente a las siguientes:
 - a. Evitar el diseño de las calles de producción y zanjas (o bateas) con orientaciones paralelas a las estructuras principales del sector.
 - b. Asegurar el frente o avance del hundimiento no sea paralelo a las estructuras principales.
 - c. Planificar adecuadamente la incorporación de zanjas a la producción, respetar las tasa de extracción (tpd por m²).

- d. Adecuar el diseño de las zanjas a las condiciones de roca donde está emplazado el Nivel de Producción respectivo y al tipo de roca a extraer (primario o secundario).

Con los antecedentes antes expuestos a continuación se analiza el colapso motivo de esta memoria que corresponde al ocurrido a mediados del año 2003 en el Área 9 del III Panel de la mina Río Blanco.

CAPITULO 4. Colapsos Calles 53, 55, 57 y 61 Área 9 Nivel de Producción III Panel Mina Río Blanco

Como ya se ha analizado anteriormente, en marzo de 1999 las Áreas 4 y 5 del III Panel comenzaron a mostrar signos de inestabilidad y, en el período de junio a octubre de 2000, se desarrolló un colapso en las Calles de Producción CP57, CP61 y CP65, afectando un área de uno 5.400 m², concluyéndose que las principales causas fueron del tipo operacional. El año 2002 otro colapso afectó el sector CP 51-53 / BP 23-24, en el Área 8 del Nivel 16 Producción LHD del III Panel de la mina Río Blanco. Este colapso comprometió un área de unos 1.000 m².

Luego, en mayo de 2003 ocurrió un colapso en el sector CP-53 / BP 18-19 y, entre junio y agosto de 2003 se desarrolló un colapso en el sector CP-55 y 57 / BP 15-17. Finalmente, en agosto de 2003 se produjo otro colapso en el sector CP 61 / BP 19-21 del Área 9 del Nivel 16 Producción LHD del III Panel de la mina Río Blanco. En la Figura 20 siguiente se identifican estos eventos.

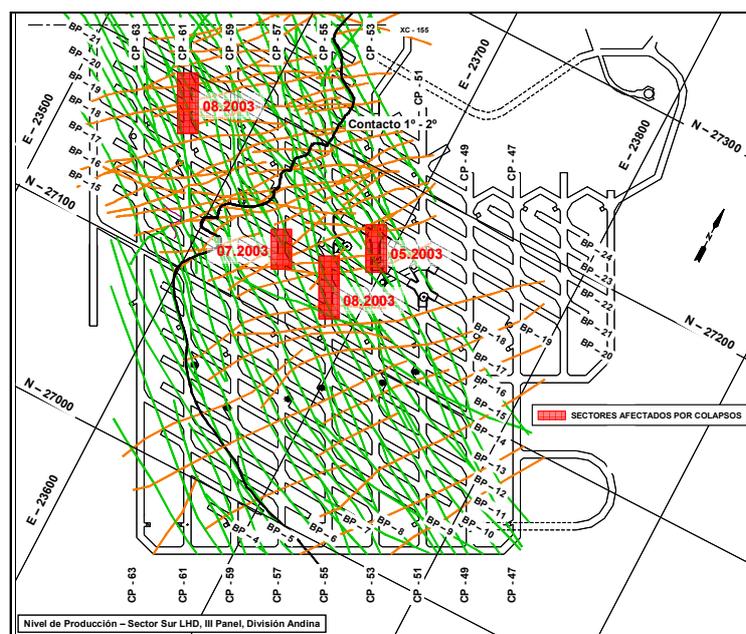


Figura 20. Colapso en el Área 9 III Panel

Precisamente, es el análisis de este sector el que da origen al presente estudio, que tiene como objetivo desarrollar una metodología para recuperar las reservas afectadas por este último colapso producido en el Nivel de Producción del Área 9.

Para el desarrollo de esta ingeniería se consultaron los documentos "Evaluación geomecánica y diseño soporte proyecto recuperación de sectores colapsados (CP-55 y CP-57) Tercer Panel", elaborado por la SGEOT de la GRMD y el

documento "Evaluación Geotécnica colapsos Área 9 Nivel 16 producción LHD III Panel, Mina Río Blanco" elaborado por la empresa A. Karzulovic & Asoc. Ltda.

A continuación se incluye un resumen de los principales antecedentes aportados por AKL en el estudio señalado:

4.1 Geología, Geotécnica y Estructuras

La litología del sector ya fue descrita en el capítulo anterior referido al colapso en las Áreas 4 y 5, con la salvedad que en el caos particular del Área 9 las labores del sector están emplazadas en roca mayormente secundaria y predomina la Granodiorita Río Blanco, aunque aparecen también Brechas de Granodiorita.

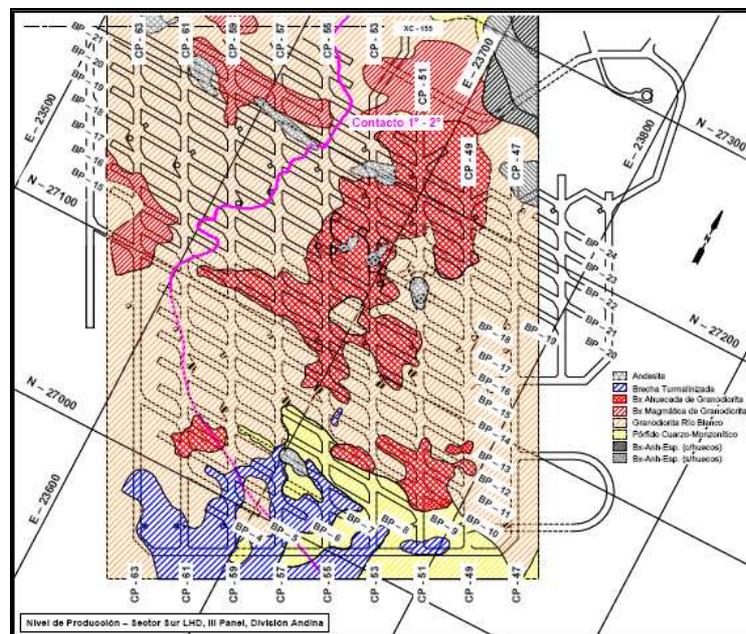


Figura 21. Litologías presentes en el Área 9

Respecto a la alteración predominante, ésta corresponde a de cuarzo-sericita, la cual si es suficientemente intensa puede afectar la competencia de la roca.

En el sector el macizo rocoso presenta grados de fracturamiento cuyo rango varía desde 8 a 14 ff/m, que es el rango predominante o más frecuente, hasta 15 a 22 ff/m, que es poco predominante o de ocurrencia sólo local.

Aparecen dos sistemas de estructuras mayores como se ilustra en la Figura 22. El sistema S1 (verde) tiene rumbos en el rango N50°-70°W y manteos subverticales, tanto hacia el NE como al SE.

El sistema S2 tiene rumbos N35° a 60°E (naranja) y manteos también subverticales. En general estas estructuras cortan a las primeras.

También aparecen, aunque con menor frecuencia, estructuras subhorizontales o con manteos menores a 30°.

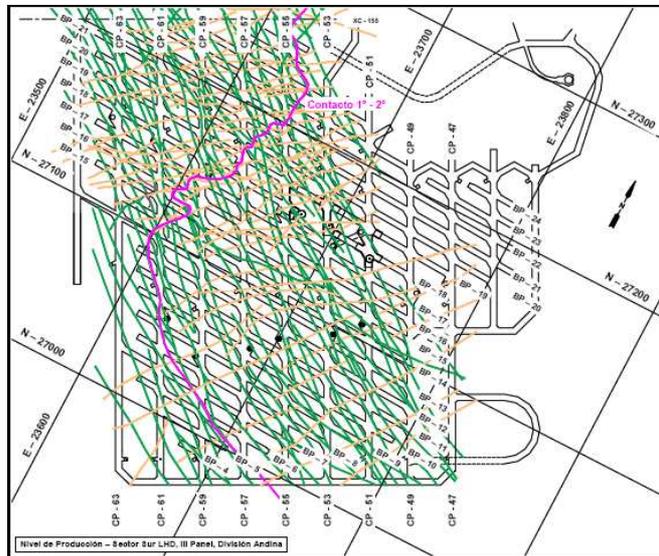


Figura 22. Estructuras geológicas principales Área 9 III Panel

Los estados tensionales del este sector son, según AKL³, completamente equivalentes a los estudiados para el sector del Área 4 y 5 del III Panel.

4.2 Mecánica del Colapso

Según AKL las características de las inestabilidades que afectaron al Área 9 del III Panel son las siguientes:

- (1) Se trata de inestabilidades de tipo colapso, similares a las que han afectaron al sector Ten 4 Sur, Esmeralda y a los sectores 4 y 5 del Nivel de Producción del III Panel.
- (2) En principio, estas inestabilidades habrían ocurrido conforme a la siguiente secuencia
 - (a) El avance de los frentes de socavación y de extracción en el período diciembre de 2002 a marzo de 2003 se hizo en forma subparalela al rumbo de las estructuras geológicas mayores S2.
 - (b) Esto provocó la activación de estas estructuras, lo que probablemente se reflejó en deformaciones importantes en los pilares del Nivel de Hundimiento.

³ Evaluación geotécnica colapsos Área 9 Nivel 16 Producción LHD, III Panel Mina Río Blanco.

- (c) Esto provocó la formación de pilares remanentes, lo que generó la concentración de cargas locales excesivas sobre los pilares del Nivel de Producción.
- (d) La incorporación irregular de zanjas aumentó el tiempo de exposición de algunas de ellas a los efectos de la zona de "abutment stress", lo que también debilitó los pilares del Nivel de Producción.
- (e) La extracción irregular del área facilitó la ocurrencia de "arcos" estables y la transmisión de cargas locales aún más importantes a los pilares del Nivel de Producción.
- (f) El diseño de las zanjas del sector favorece la acumulación de material quebrado en la zona del "apex" máximo, facilitando la formación de puntos de apoyo para estos "arcos".
- (g) La malla utilizada en el sector (13x13m) define pilares de sección transversal relativamente pequeña, por lo que el efecto de estas cargas locales se hizo más notorio y los pilares del Nivel de Producción comenzaron a sufrir descostramientos y sobre excavaciones importantes.
- (h) Lo anterior produjo un aumento de la luz libre, especialmente en las intersecciones, y una deformación del "crown-pillar", probablemente facilitada por la ausencia de cables en la fortificación del techo.
- (i) Esto permitió el desconfinamiento de bloques de gran tamaño, los que comenzaron a descender y agravaron el problema.



Fotografía 9: Rollizo de madera colocados como soporte en caja Este en CP-55/BP-15 y BP-16.



Fotografía 10: Daños en el techo de la intersección CP-61/BP-19.

Se concluye que las principales causas de la ocurrencia del colapso en este sector fueron las siguientes:

- (1) Mala orientación del frente de socavación (paralelo o subparalelo a las estructuras mayores del sistema S2).
- (2) Formación de pilares remanentes y/o "puntos de apoyo" en el Nivel de Socavación (lo que produjo la transmisión de cargas locales importantes hacia los pilares del Nivel de Producción).

- (3) Una irregular incorporación de zanjas (aumenta exposición a la zona de "abutment stress" y, al mismo tiempo, dificulta el manejo de la socavación y de la extracción).
- (4) Un deficiente manejo de la extracción (facilitó la recompactación del material quebrado y la formación de "puntos de apoyo" y "arcos" estables).

Para evitar que este tipo de problemas vuelva a suceder se recomienda en dicho informe las siguientes acciones:

- (1) Debe entenderse claramente que la única forma de lograr una mejora efectiva que permita una minería segura y sin problemas, es que exista una real interacción entre los Grupos de Geología, Geomecánica, Planificación y Operaciones de la mina, ya que la minería por Panel Caving obliga a tener presente una serie de consideraciones geológico-geomecánicas si se desea definir un plan minero eficiente y lograr una operación adecuada.
- (2) El manejo de la socavación debe ser tal que:
 - La secuencia de socavación considere los efectos del avance del frente sobre las estructuras geológicas mayores, discontinuidades en el layout minero, etc.
 - Se evite el paralelismo con las estructuras geológicas mayores y con la dirección de los esfuerzos principales mayores.
 - Se tenga un avance regular y con tasas mensuales de socavación adecuadas a una minería por Panel Caving.
 - Se minimice el riesgo de dejar pilares remanentes y/o puntos de apoyo en la socavación.
- (3) La tasa de incorporación de zanjas a la producción también debe ser regular y aceptable para una minería por Panel Caving convencional (4 a 6 zanjas por mes). Con esto se disminuirá notablemente la exposición de las zanjas a los efectos del "abutment stress" y los daños sobre los pilares del Nivel de Producción.
- (4) El manejo de la extracción debe ser tal que:
 - Se deben utilizar tasas adecuadas de extracción, las que podrán variar dependiendo de las características del "caving", el porcentaje de extracción, y las características del macizo rocoso. Estas tasas deberán definirse en forma conjunta por los Grupos de Geomecánica y de Planificación.
 - La extracción debe ser regular.
 - La extracción debe ser tal que el ángulo de quiebre del macizo rocoso detrás del frente de extracción sea de 45° a 70°.

- (5) El avance de los frentes de socavación, construcción y extracción deben respetar la filosofía del Panel Caving convencional; es decir, en lo posible estos frentes deben mantener una condición de paralelismo y ser equidistantes, evitando en lo posible la formación de irregularidades geométricas tales como "esquinas" y/o "escalones".
- (6) Se recomienda mantener una zona con fortificación definitiva paralela y adelantada respecto al frente de socavación. El ancho de esta zona típicamente varía de 60 a 90 m, de acuerdo a las condiciones particulares del terreno.

Para el desarrollo del estudio que se presenta en esta memoria se tuvo la oportunidad de participar en diversas reuniones con los especialistas de la División y realizar varias visitas a terreno en el sector colapsado. De estas actividades se pudo extraer nuevos antecedentes que permiten complementar los análisis anteriores desarrolladas por DAND.

Estos nuevos antecedentes se pueden resumir en:

- (1) Colindante con el sector existen tres piques antiguos (OP-5, OP-6 y OP-7) que probablemente se encontraban fuertemente sobre excavados (se estiman en unos 5 a 8 metros de diámetro), lo cual podría haber actuado como cara libre en el proceso de hundimiento, induciendo a una especie de extracción acelerada, aumentando los riesgos de colapso en el sector.
- (2) Todo el sector se encuentra atravesado por el contacto primario secundario, situación que al menos ha sido un factor de permanente inestabilidad local en el III Panel. Es más, el área basal donde se encuentra la infraestructura colapsada del Área 9 del III Panel se emplaza totalmente en roca secundaria.
- (3) El área a recuperar está bajo zona hundida, fuera de la influencia de la zona de "abutment stress". Esto se verificó en terreno tanto en el Subnivel de Ventilación ubicado 15 metros bajo en Nivel de Producción LHD como en el Nivel 17 Transporte ubicado 50 metros bajo este último nivel.
- (4) El mayor potencial de inestabilidades en el sector podría estar asociado a cargas puntuales debido a pilares remanentes o irregularidades en la extracción en el nuevo nivel de producción.
- (5) Por otro lado, prácticamente todos los puntos de extracción tuvieron algún grado de tiraje; es decir, el área se puede considerar completamente hundida.
- (6) En terreno se verificó que todas las chimeneas colindantes se encontraban con material de una granulometría fina.
- (7) De acuerdo a la carta de tiraje del sector, previo a su colapso, se alcanzó a extraer menos del 10% de las columnas originales del sector, lo que

establece la necesidad de reevaluar las reservas remanentes del sector colapsado.

4.3 Reservas

De acuerdo a los antecedentes entregados por DAND en el sector colapsado se alcanzó a extraer sólo 103.393 toneladas, por lo que existen reservas remanentes hundidas, constituidas por las calles CP-53, CP-55 y CP-57, del orden de las 6,9 millones de toneladas con 1,24% de cobre.

En el **Anexo B** se incluye el listado de las reservas remanentes del sector, indicado su ley in situ y el grado de extracción a la fecha del colapso por cada calle y brazo de producción del sector, junto al tonelaje extraído a la fecha.

En la Tabla 5 se muestra el resumen de las reservas remanentes del sector en estudio.

Tabla 5: Reservas remanente del área 9 colapsada

Calles Área 9 LHD BP con mineral remanente	CP 53	CP 55	CP 57	Total
	16W-22W 17E-22W	15W-34W 16E-35E	16W-28W 15E-29E	
Ton Remanente	1.645.405	3.032.627	2.248.304	6.926.336
%Cu Remanente	1,201	1,201	1,210	1,204
Cu Fino Remanente	19.767	36.426	27.209	83.403
Ton Extraído	10.407	53.788	36.284	39.198

A estas reservas se les deben aplicar los parámetros de dilución propios del sector para determinar las reservas extraíbles. Los parámetros de dilución aplicados son:

- Ley Diluyente : 0,6 % Cut
- Ley Riolita : 0,05 % Cut
- Total Riolita extraída : 6%
- Total Dilución Extraída : 8%

En el desarrollo de este estudio se descartó la calle CP-53 por encontrarse en el radio de influencia directa de los OP-5, OP-6 y OP-7 que corresponden a excavaciones de diversas dimensiones de un gran potencial de inestabilidad para el sector. Además, al encontrarse muy cercano al sector secundario del III Panel, el cual se encontraba totalmente explotado para esa fecha, era esperable que el material sobre esta calle CP-53 se diluyera con mayor facilidad que las otras calles involucradas en el colapso.

Para las calles CP-55 y CP-57 se realizó un análisis técnico para determinar los puntos de extracción (BP) posibles de recuperar concluyéndose que para ambas calles de producción son factibles de recuperar los puntos incluidos en la Tabla 6 siguiente.

Tabla 6: Reservas Remanentes Explotables del área 9 LHD colapsada

Reservas Explotables CP55 y CP57	CP-55	CP-57	Totales
	16W-24W 16E-24E	15W-23W 15E-23E	
Ton Remanente	1.825.355	1.952.693	3.697.969
% Cu Remanente	1,28%	1,2%	1,27
Cobre fino remanente	25.440	24.346	47.786
% Cu diluido	1,16	1,12	1,139

Dado las condiciones propias del proyecto, como son su ubicación respecto a áreas activas colindantes, presencia del contacto de roca primaria con secundaria, entre otras, se estimó que la recuperación mineral del sector no superaría el 70% de las reservas remanentes; por lo tanto, las reservas extraíbles finales serán de 2,65 millones de tonelada con un 1,14% de cobre.

Tabla 7: Reservas extraíbles del área 9 LHD colapsada

Reservas Extraíbles	CP-55	CP-57	Totales
Ton extraíble	1.372.820	1.215.758	2.649.320
% Cu recuperable	1,16%	1,12%	1,14%
Cobre fino recuperable	15.929	13.590	29.519

4.4 Método de Explotación

Inicialmente la División intentó levantar el cerro en el propio Nivel de Producción colapsado con el objetivo de recuperar los puntos de extracción, mediante el uso de "monos" de madera y muros de hormigón para reponer pilares, como se muestra en la fotografías 11 y 12, respectivamente.



Fotografía 11. Reparación de viseras mediante "monos"



Fotografía 12. Reparación de muros guía

El objetivo principal de considerar esta técnica era poder reiniciar lo antes posible la recuperación del sector, estimándose que su costo sería razonable. Sin embargo, las condiciones reales del colapso de ambas calles, las cuales se encontraban prácticamente en su totalidad con diversos grados de daño, hicieron desistir de esos trabajos, para la cual se encomendó un estudio para establecer la factibilidad técnica y económica de recuperar este sector.

La técnica propuesta fue la generación de un módulo de extracción equivalente a un "espejo" del existente en el Nivel 16 Producción LHD colapsado, haciendo coincidir los puntos de extracción de ambos niveles. Este módulo debería disponerse en una cota inferior tal que permitiera la conexión con las zanjas existentes, considerando que la extracción del mineral contenido en el área en

estudio está enmarcada en el método de explotación tipo Panel Caving o Hundimiento por Paneles. Éste se caracteriza por la construcción de cruzados de producción con cruzados zanjas y la habilitación de embudos recolectores del material en proceso de quiebre.

Para asegurar una buena conexión entre los puntos de extracción de ambos niveles, manteniendo un pilar mayor a 2,5 veces la altura de las calles de producción, la elevación del nuevo nivel de producción se proyectó en la cota 3.222 msnm, condición que mantiene un pilar con la infraestructura colapsada de 9,5m. La habilitación de este nuevo sector se caracteriza además por no poseer un nivel de hundimiento considerando que el mineral ya se encuentra quebrado y sólo necesita para su operación la construcción de la infraestructura base para lograr su extracción mediante carguío, transporte y vaciado por medio de LHD de 7 yd³.

La denominación del sector se postula indicarla como Nuevo Subnivel de Producción 16 conservando su nomenclatura de CP-55 y CP-57.

El estudio considera un diseño para soportar un ritmo de producción de 2.600 tpd con la operación continua de dos LHD, dos vaciaderos de mineral, el servicio de un martillo picador estable en la primera etapa y el traspaso por el pique C-56 al buzón habilitado para el carguío a camiones al cruzado de transporte XC-133 del nivel 17. La disposición final del producto hacia las plantas de chancado es tal como ocurre con los otros sectores de acuerdo a la lógica de manejo de materiales global del Tercer Panel.

En la Figura 23 siguiente se muestra la disposición del Nuevo Subnivel de Producción y su ubicación relativa del Nivel 16 Producción LHD colapsado.

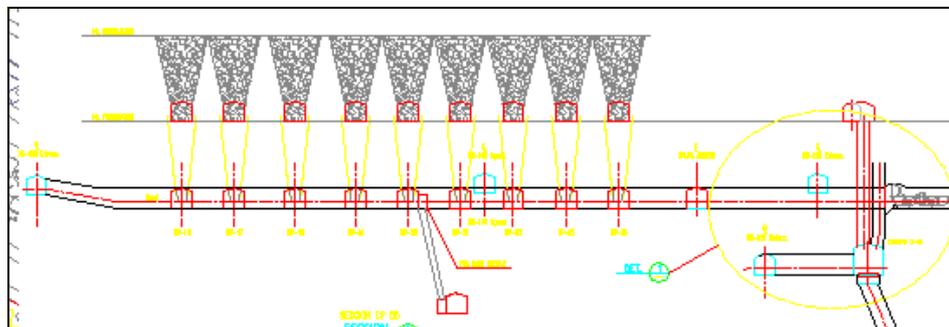


Figura 23. Secciones típicas nuevo Subnivel Producción CP-55 y CP-57

4.4.1 Diseño del Método de Explotación

El método de explotación seleccionado para el sector corresponde a una variante del hundimiento previo, mediante la construcción de un nivel similar al Nivel 16 Producción LHD, en una malla de 13x13 metros, abarcando un área de 6.800 m². Las calles de producción están diseñadas aproximadamente a 14 metros bajo el piso del Nivel Producción 16 LHD a una cota media de 3.222,5 msnm, inmediatamente bajo el SNV 16 existente.

Ambas calles son paralelas a las CP-55 y CP-57 existentes. Los BP que se recuperarán están dispuestos también en paralelo bajo los existentes en el nivel superior. Las calles del nuevo nivel de producción tienen sección de 4,0 x 3,6 metros y los BP de 3.6 x 3.5 metros. Las calles y estocada llevan pavimento H-30 de espesor 0,20 metros.

El acceso al punto de extracción está diseñado con curva de alta, de tal forma que los LHD puedan acceder en forma rápida, con mínimo de maniobras y cargar en posición alineada del equipo.

Los puntos de vaciado están dispuestos en cada una de las calles en los piques C-55 y C-57 existentes. Estos piques forman parte del sistema de traspaso original del sector colapsado, el cual contaba con una cámara de picado emplazada en la cota 2310 (Nivel 16 Reducción) y un buzón electrohidráulico para el carguío de los camiones en el Nivel 17 Transporte del III Panel. Este sistema de traspaso es identificado como C-56. De acuerdo a las características del mineral se requerirá el uso de un martillo fijo o móvil en la cámara de picado C-56. Dado la potencial aparición de bolones se recomendó mantener la parrilla de dicha cámara con el fin de realizar allí la reducción secundaria.

La distancia media entre los puntos de extracción y los puntos de vaciados es de 80 metros, que es relativamente mayor a la diseñada para el resto del sector LHD del III Panel.

El transporte en el nivel 17 será el actualmente utilizado en la mina. Será necesario tener plenamente operativo el buzón C-56 existente.

En la figura siguiente se muestra una disposición general del Nuevo Subnivel de Producción a construir para la recuperación del sector colapsado.

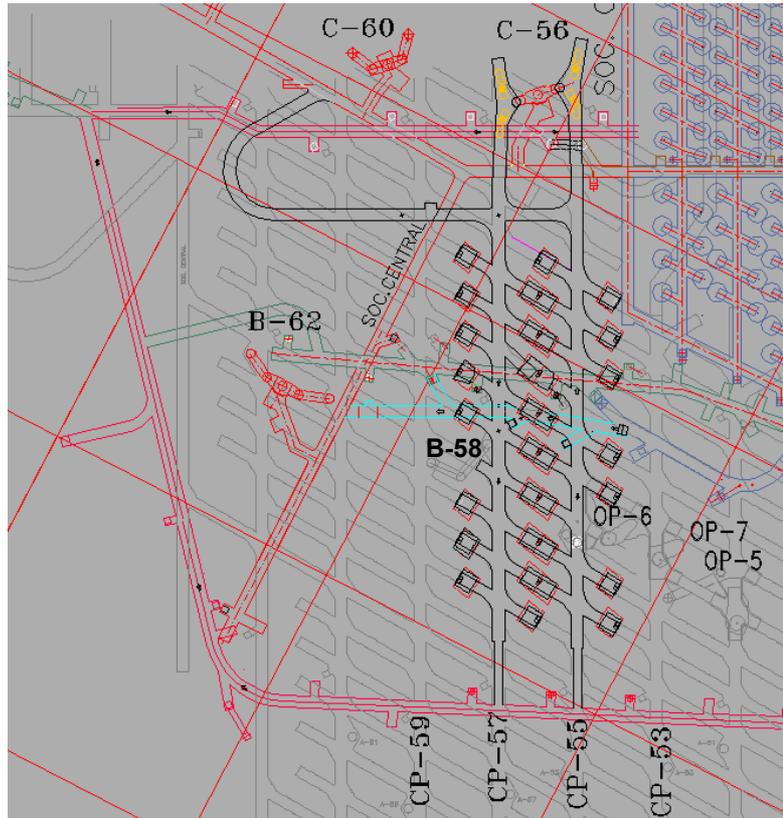


Figura 24. Disposición Nuevo Subnivel Producción LHD CP-55 y CP-57

4.4.2 Proceso de Socavación

Encontrándose el sector hundido, el proceso de socavación estará asociado estrictamente a la construcción de las zanjas de recepción del mineral. Para asegurar el flujo de mineral desde el nivel superior y de las zanjas preexistentes del Nivel 16 Producción, las nuevas zanjas se diseñaron manteniendo un área similar a las existentes; disminuyendo los riesgos de trancas producto de un posible estrangulamiento en el nuevo diseño.

Sin embargo, se recomienda que el proceso de incorporación de zanjas se realice paulatinamente en dirección Norte siempre manteniendo la zanja más al Norte vacía a modo de dejar facilidades para la barrenadura de tiros largos si se llegase a presentar un pilar estable en altura de los puntos de extracción en proceso de hundimiento.

En la etapa de ingeniería de detalle se deberán diseñar las zanjas que tienen perforación especial, como son las que se encuentran bajo los cruzados de ventilación.

La construcción (tronadura de las zanjas) no debería incidir en la estabilidad del sector, sin embargo se sugiere que la secuencia de extracción sea de Sur a

Norte y de Oeste a Este para disminuir los riesgos de dilución producto del contacto con puntos de extracción que se encuentran actualmente en operación.

Es recomendable desarrollar algunos sondajes de reconocimiento del estado del hundimiento para determinar la presencia de posibles pilares remanentes.

Las zanjas se construyen mediante chimenea (VCR Invertido) ubicadas al centro para permitir la conexión con en el nivel 16 Producción superior.

En la Figura 25 se muestra una disposición típica para la ubicación de la chimenea piloto del Nuevo Subnivel de Producción y la perforación de las nuevas zanjas.

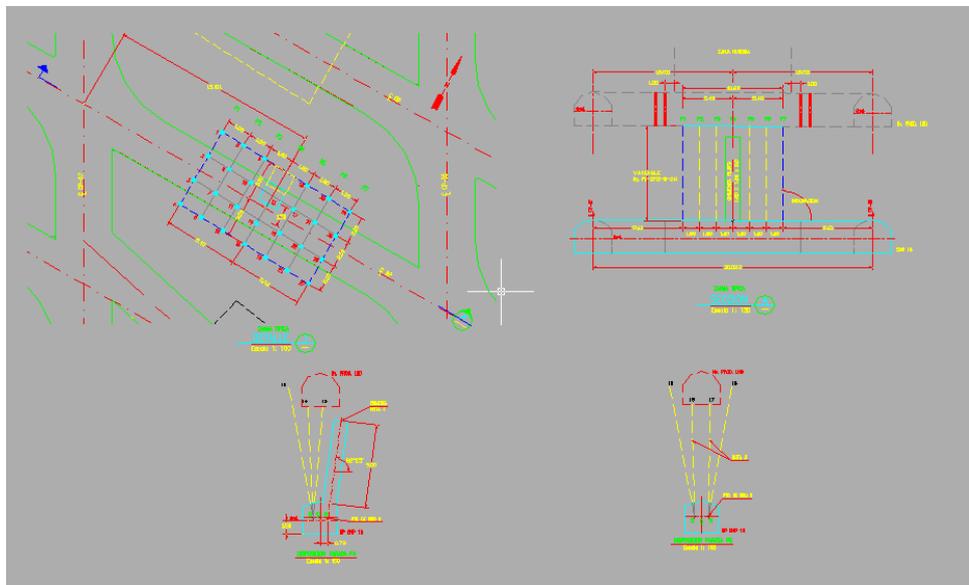


Figura 25. Perforación de zanjas del NSP LHD CP-55 y CP-57

En las medias zanjas dispuestas al Oeste de la calle CP-57 y al Este de la CP-55 las chimeneas pilotos deberán disponerse al fondo de cada una de las zanjas.

Para efectos del diseño se consideró una chimenea de sección cuadrada de 1,5x1,5 metros, inclinada en 78° y de una longitud de 8,5 metros.

Se deberán perforar las 34 chimeneas piloto zanja. Para la perforación de las zanjas se considera un diagrama con 42 tiros de 9,5 metros de largo por tiro.

4.4.3 Manejo de Materiales

El sistema de manejo del mineral que será utilizado en el nuevo subnivel de producción se basa en la utilización de LHD de 7 yd³ de capacidad, actualmente en operaciones en el III Panel. Por tratarse de un sector de reposición no se considera en esta etapa la adquisición de nuevos equipos.

Dado la ubicación de los puntos de vaciado para el sector, los LHD deberán recorrer una distancia media de 80 metros, mayor a la distancia media que recorren los LHD que operan normalmente en el III Panel. Para enfrentar esta situación, se sugiere definir en la etapa de construcción del sector la posibilidad de habilitar como puntos de vaciado el pique B-57, el cual forma parte del sistema de traspaso correspondiente al Buzón B-58 del Nivel 17 Transporte. Para ello, se deberá analizar su relación con el pique B-59, el cual se encuentra activo y también alimenta al buzón B-59. Además deberá estudiarse en detalle la estabilidad del este punto dado que se encuentra en medio de la zona a recuperar.

La configuración de los puntos de vaciado de los LHD para el sector en estudio se muestra en la Figura 26 y corresponde a los piques de traspaso del sistema C-56 existente. Bajo estos piques se encuentra la cámara de picado respectiva, en la cual, en una primera etapa se recomendó reinstalar un martillo fijo. Un vez que se asegura un escurrimiento normal de mineral secundario que forma parte preponderante del material remanente a recuperar se podrá retirar el martillo y utilizar ambos piques como piques directos hacia el buzón dispuesto en el Nivel 17 Transporte.

El control del tiraje debe estar en permanente revisión y planificación asignando a la operación encargada de la producción, el tonelaje y/o número de baldadas a extraer desde cada punto de extracción por turno y por día, registrando el manejo y reporte del tonelaje producido, controlando periódicamente las leyes y el tipo de material extraído. Lo anterior permitirá tomar decisiones oportunas en caso de que se produzca una entrada no esperada o anticipada de material diluyente.

Dado que los piques entre el nuevo subnivel de producción y el nivel de reducción existente son de poca capacidad, será necesario mantener una estricta coordinación para asegurar el ritmo programado de 2.600 tpd. Esta situación será más crítica en la etapa inicial de extracción donde se espera una mayor cantidad de colpas.

4.5 Infraestructura del sector

Para el nuevo diseño del sector se debió definir los siguientes aspectos principales respecto a la infraestructura requerida:

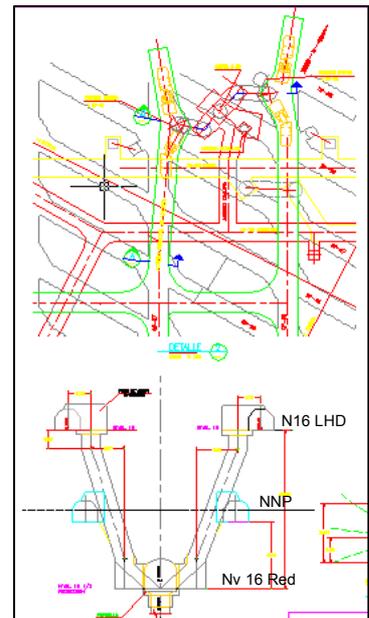


Figura 26. Disposición puntos de Vaciado LHD

4.5.1 Accesos

El acceso al nuevo nivel de producción de los CP-55 y CP-57 es por una rampa de 120 metros de longitud y 10% de inclinación que nace en el XC-132, frente a la cámara de picado C-60, ubicada en el nivel 16 ½ Reducción.

Este acceso permitirá el tránsito de todos los equipos necesarios tanto para la construcción como para la operación del sector.

Desde este acceso se desarrollarán las calles y brazos de producción, la conexión con el XC-186 de extracción y las conexiones a los piques de traspaso del sistema C-56.

El acceso al nuevo subnivel de ventilación requerido para el sector se realizará desde el mismo Nivel 16 ½ Reducción frente a la cámara de picado D-62.

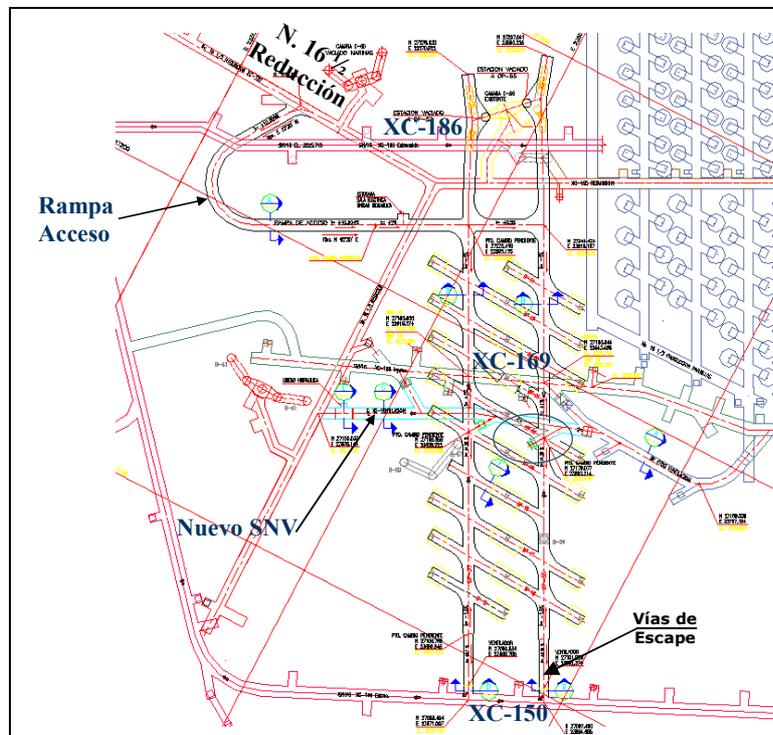


Figura 27. Ubicación Accesos a NSP CP-55 y CP-57

Además el proyecto contempla vías de escape de emergencia peatonal a través de puertas a instalar en el extremo sur de las calles CP-55 y CP-57 que conectan con el XC-150 de extracción del SNV 16.

4.5.2 Construcciones Especiales

Para la correcta ejecución del proyecto, se requieren realizar una serie de obras civiles propias de un nivel de producción, como son, entre otras: pavimentos de calles (CP) y brazos (BP) de producción, reguladores de flujo estándares en las chimeneas de inyección, tapado de piques y topes para el LHD en los puntos de

vaciado C-55 y C-57. Además, dada la ubicación particular del nuevo nivel como su relación con labores existentes, se deben considerar obras y construcciones complementarias, como son: tapados y montajes de ventiladores extractores en las calles de producción, techos falsos en las intersección de los XC-186 y en el XC-169 del SNV, sello del techo y piso de pique del B-55, el cual atraviesa completamente la calle C-55.

Además se considera la instalación de puertas automáticas dobles en la rampa de acceso para impedir la recirculación de aire del sector.

En la Figura 28 siguiente, se indican las construcciones y obras especiales que se consideran en el presente proyecto.

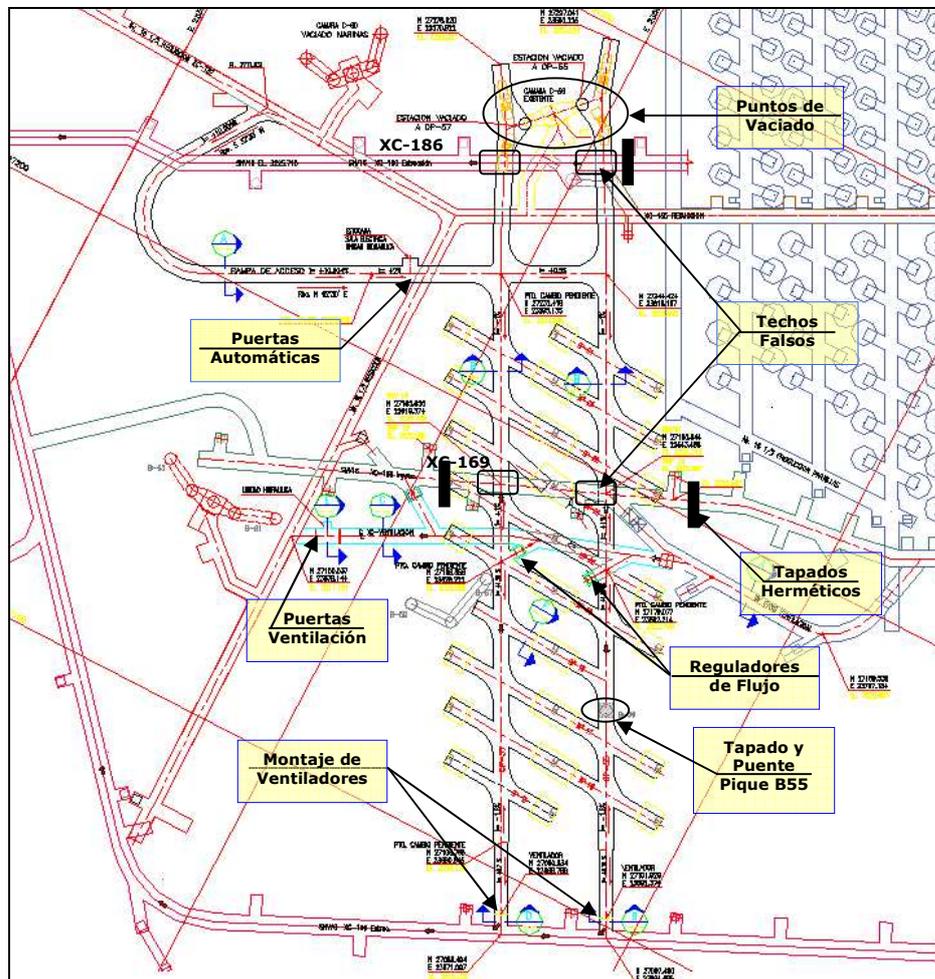


Figura 28. Construcciones y obras especiales CP-55 y CP-57

4.5.3 Fortificación del NSP

La fortificación de calles de producción (CP) será mediante pernos lechados de 2,4 metros de longitud en una disposición de 1,0x1,0 metros, malla de acero galvanizada tipo 10006 en techo y paredes y hormigón proyectado de 10 centímetros mínimo de espesor.

Las intersecciones de los CP con los BP serán cableados tipo "Minicage" de 16 mm de diámetro y largo 8 metros. El punto de extracción propiamente tal se refuerza con cables tipo "Minicage" de 5/8" y 8 metros de largo, como se muestra en la Figura 29.

En el caso de existir cargas puntuales, se recomienda instalar en los puntos de extracción marcos de aceros reticulado (o Austriacos) revestidos con hormigón con fibra. La visera se fortificará con cables de acero tipo "Minicage".

En el sector existen diversas singularidades geomecánicas como son, piques de producción cercanos (B-55 y B-57), "Crown Pillar" con galerías del nivel 16 ½ Reducción y con el nuevo by pass de ventilación, conexión con piques traspaso a usar como vaciaderos de mineral, roturas con cruzados de ventilación, entre otros, que deberán llevar una fortificación especial consistente en cables "Minicage" y marcos hormigonados cuando corresponda, la cual se deberá definir en la etapa de ingeniería de detalle y/o en la construcción del sector.

Dadas las condiciones particulares del sector, la fortificación definida en los planos del proyecto debe ir colocándose dentro del ciclo de desarrollo.

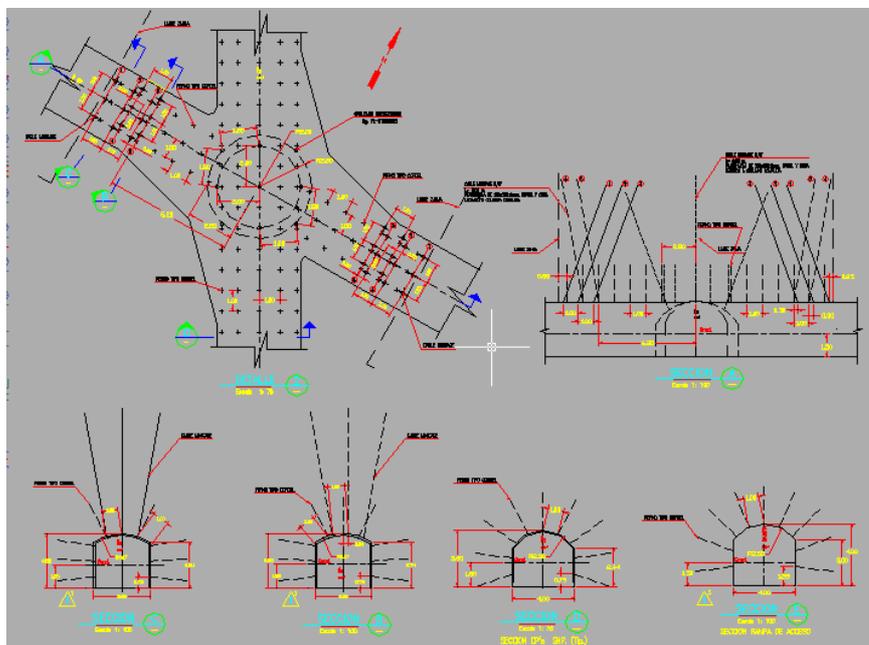


Figura 29. Fortificación típica de calles y puntos de extracción NSP CP-55 y CP-57

Por otro lado, es de suma relevancia exigir que la fortificación de calles y brazos de producción esté incorporada al ciclo de desarrollo y que esté completamente colocada antes de la primera tronadura de las zanjas

4.6 Servicios

El nuevo sector no requiere de servicios propios para su operación y su ubicación cercana a las instalaciones vigentes asegura que el sector estará bien atendido para sus requerimientos básicos.

4.6.1 Ventilación

Para ventilar la operación del sector en estudio se requiere un caudal de aire de 120.000 cfm. Para ello este sector se debe integrar al sistema de ventilación general de la mina subterránea de acuerdo al siguiente diseño:

➤ Inyección de aire

Actualmente, para la inyección de aire se cuenta con el XC-169. El proyecto considera que la inyección de aire es mediante la excavación de una galería bajo el Nuevo Subnivel de Producción que se comunica con el XC-169. Se deben construir tres nuevas chimeneas de ventilación; una para la calle CP-55, otra para la calle CP-57 y la tercera para dar continuidad a la conducción de aire desde el mismo XC-169 hacia el resto del III Panel.

Las chimeneas de inyección se emplazarán en el punto medio de las nuevas calles de producción.

➤ Extracción de aire

El circuito con inyección por el centro genera dos tramos de extracción de aire para la operación de los LHD.

El primer tramo corresponde a la extracción de aire hacia el sur por el XC-186 existente. En la intersección de las ambas calles de producción consideradas para el sector, con este cruzado de extracción se requiere la instalación de ventiladores auxiliares para asegurar la presión de empuje necesaria para disponer de 30.000 cfm por calle.

Esta instalación de ventilación deberá estar habilitada con puertas peatonales a modo de crear la salida de escape del sector en sentido contrario al acceso principal.

El segundo circuito es hacia el XC-150, ubicado al extremo norte del proyecto. En este lugar no se consideran ventiladores auxiliares, por lo que se recomendó que la especialidad de ventilación de DAND generase algún tipo de regulación macro para asegure una buena succión del aire contaminado por este cruzado.

Es necesario insistir en la importancia de la construcción de las dos puertas de acceso de la rampa principal ya que éstas al estar normalmente cerradas aseguran que el circuito de ventilación realmente se genere. La Figura 30 adjunta representa el circuito de ventilación descrito.

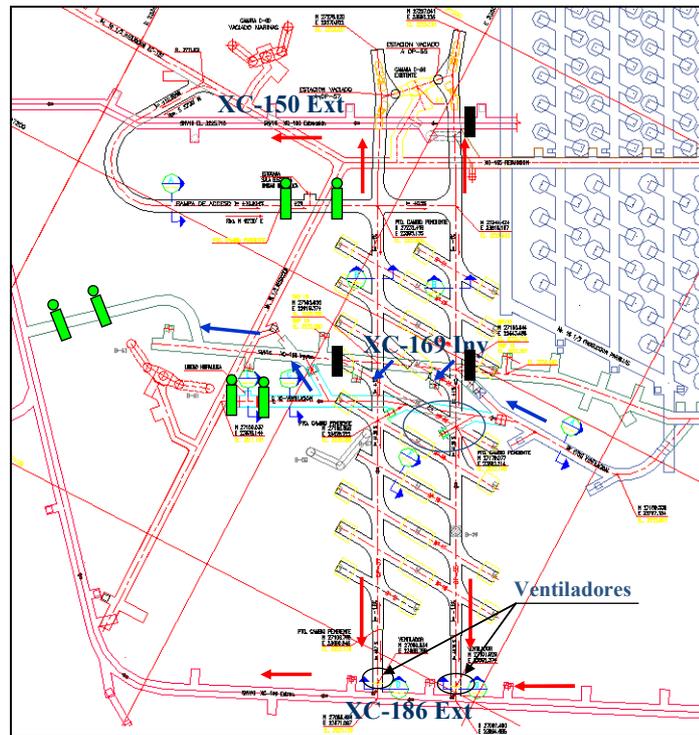


Figura 30. Circuito de ventilación CP-55 y CP-57

4.6.2 Drenaje

Todas las aguas de drenaje del sector provenientes desde el NSP tendrán descarga en las chimeneas de inyección del nuevo SNV y de allí, mediante tiros de 8 a 13" con rejillas de protección, serán canalizadas hasta el Nivel 17 de Transporte existente.

En la Figura 31 siguiente se muestra un perfil del manejo de las aguas de drenaje.

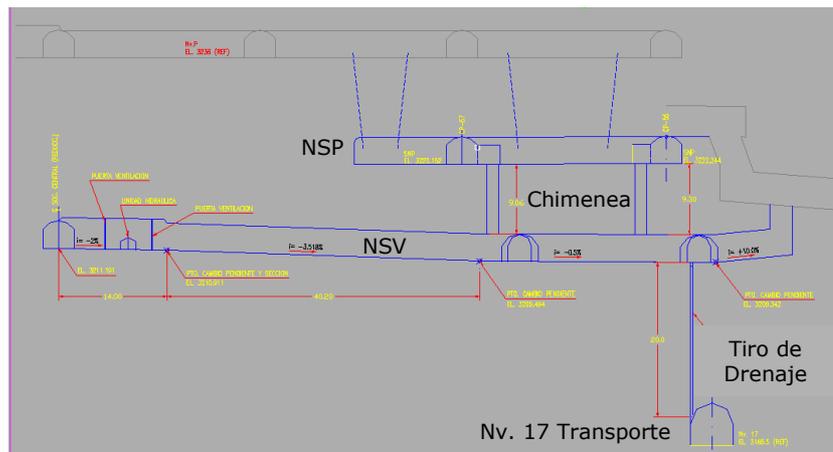


Figura 31. Perfil del manejo de las aguas de drenaje del sector

4.6.3 Sistema Eléctrico

El sistema contempla la instalación de dos (2) ventiladores de 45 Hp de potencia en las galerías CP-55 y CP-57 justo antes de la intersección con el XC-186 extracción del SNV 16. Estos ventiladores deberán ser operados en forma local y remota desde el sistema central de manejo de ventiladores.

En el extremo opuesto de cada galería mencionada, se ubica dos estaciones de vaciado LHD, en las cuales se instalan focos halógenos para iluminación del área y un sistema de supresión de polvo automatizado.

La rampa de acceso que se construirá desde el Nivel 16 ½ Reducción hacia el área colapsada poseerá dos portones automáticos, los cuales se ubicarán en cada extremo de la rampa. Estos portones serán accionados mediante un sistema hidráulico y su control deberá ser tal que sólo permita que se abra uno a la vez para impedir la recirculación de aire.

La alimentación para los ventiladores, unidad hidráulica e iluminación mencionada anteriormente se realizará desde la subestación de 1000 kVA ubicada en el Nivel 16 ½ Producción Parrillas frente al XC-104.

4.6.4 Control y Comunicaciones

El control del sistema estará a cargo de un PLC. Este accionará la apertura de las puertas ubicadas en la rampa de acceso al nivel. Cada puerta dispondrá de dos sensores de movimientos, uno para cada sentido de acceso, los que enviarán una señal al PLC indicando la presencia de movimiento y éste abrirá la puerta de acceso. Existirá, además, un panel de control local, que permitirá abrir las puertas localmente en caso de ser necesario.

Por otra parte, los sistemas de supresión de polvo en las estaciones de vaciado se activarán mediante un sensor de movimiento en cada estación, el que

detectará la llegada de un LHD y activarán los dispersores de agua en el lugar. Por otra parte, existirá un mecanismo de activación local del sistema de supresión de polvo, mediante un panel de control de fácil operación.

Se dispondrá un sistema de comunicación por radio, mediante tendido de cable radiante, el cual se conectará al cable existente en el XC-155 del Nivel de Reducción.

4.6.5 Agua Industrial y Aire Comprimido

La red de agua industrial del proyecto se compone de cañerías de 2 pulgadas de diámetro con sus respectivos accesorios y arranques cada 30 metros, en ambas calles de producción. La matriz corresponde a la cañería existente en el Nivel 16 ½ Reducción.

El consumo estimado de agua industrial para el sector, incluyendo desarrollo, construcción y producción, es 30 m³/día, considerando que los desarrollos se realizan con un Jumbo de avance y la perforación radial con otro equipo.

El aire comprimido es canalizado vía cañerías de las mismas características del agua industrial en 4" de diámetro, a lo largo de ambos CP. Ambas redes se instalarán por la corona de las galerías en un mismo sistema de soporte.

4.6.6 Mantenimiento de Equipos

Las mantenciones de los equipos LHD de 7 yd³ deben ser efectuadas en los talleres principales de la mina ubicados en el Nivel 16 Producción.

El martillo picador reductor y el jumbo cachorrero serán mantenidos y reparados por personal de la mina, mediante el mismo sistema que actualmente opera en el III Panel.

4.7 Cubicaciones

Las cubicaciones principales de este proyecto corresponden a las obras de excavación y construcción necesarias para su implementación.

En la tabla siguiente se identifican y cuantifican las principales obras y elementos a considerar en la etapa de preparación y desarrollo del sector, incluyendo la fortificación requerida en las galerías.

Tabla 8. Desarrollos y Preparaciones

LABOR	DIMENSIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
Rampa de Acceso	4,0x4,0 m	m	121
Desarrollos CP	4,0x3,6 m	m	424
Desarrollos BP	3,6x3,5 m	m	439
Desarrollos HZ	3,0x3,0 m	m	63
Desarrollos By Pass Ventilación	4,0x4,0 m	m	85
Chimenea Piloto Zanja	d=0,8m	m	323
Perforación Zanjas	2 1/2"	m	7.106
Chimenea Ventilación	2,0x2,0	m	23
Hormigón proyectado		m ³	846
Pernos acero, planchuela y tuerca	L=2,4 d=22mm	u	10.583
Malla acero galvanizada	10006	m ²	6.954
Cables tipo "Minicage "	d=5/8"	m	1.619

En la tabla 9 se identifican y cuantifican las principales construcciones que se requieren para habilitar el sector CP-55 y CP-57.

Tabla 9. Obras de construcción proyecto CP-55 y CP-57

OBRA	DIMENSIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
Puntos extracción con cables		un	24
Puntos extracción con marcos		un	10
Pavimentos H35	e=0,2 m	m ³	624
Pavimentos H50	e=0,2 m	m ³	36
Puntos de Vaciado C55 y C57		un	2
Puertas Automáticas	4,0x4,0 m	un	2
Techos falso XC-166	3,6x3,6 m	m	25
Tapados regulador XC-150	3,6x3,6 m	m	33,2
Losa LHD en pique C-56		m ³	12,5
Techo Reforzado Pique C-55		un	1
Tapado para Ventiladores	3,0x3,0 m	un	2

4.8 Cantidad de Equipos y Dotación de Personal

4.8.1 Criterios Específicos

Los criterios específicos para la selección del equipamiento principal para el proyecto son los siguientes:

- Los desarrollos y preparaciones del sector se realizan con terceros.
- La perforación de las chimeneas piloto zanja la realizan con terceros con tecnología mecanizada.

- La perforación de zanjas la realiza la División con recursos propios.
- Los servicios de abastecimiento de petróleo, explosivo y materiales serán suministrados por terceros.
- La infraestructura del transporte del Nivel 17 será la existente, no se contemplan obras en ese nivel, salvo las necesarias para habilitar completamente el buzón C-56.
- Los equipos necesarios para la extracción serán los que actualmente posee la División.

4.8.2 Equipos

El parque de equipos se ha determinado a partir de los requerimientos productivos del sector, tendiendo la más alta mecanización posible.

Considerando el ritmo de producción de 2.600 tpd y las distancias medias de acarreo de 80 metros se requiere un parque operativo de 1,4 LHD de 7 yd³ de capacidad, es decir un 30% mayor que la diseñada para la misma producción de un sector estándar del nivel sector LHD del III Panel.

A partir de la evaluación económica del sector es posible recomendar adquirir un nuevo LHD que permita asegurar los requerimientos productivos del Plan Minero de Andina.

Además, debe considerarse un jumbo cachorro móvil, la reposición del martillo en la cámara de picado y la habilitación del buzón C-56.

Para asegurar el circuito de ventilación se requerirán dos ventiladores de 30.000 cfm de caudal que actúen como extractores.

4.8.3 Dotación de Personal

Dado que el área 9 del III Panel calles CP-55 y CP-57 es un proyecto de reemplazo de área de menores leyes, el personal requerido para su normal operación deberá provenir de la dotación existente de la mina subterránea. Sin embargo, dada la menor productividad del sector, se requiere al menos 1,5 operadores más de LHD para el sector.

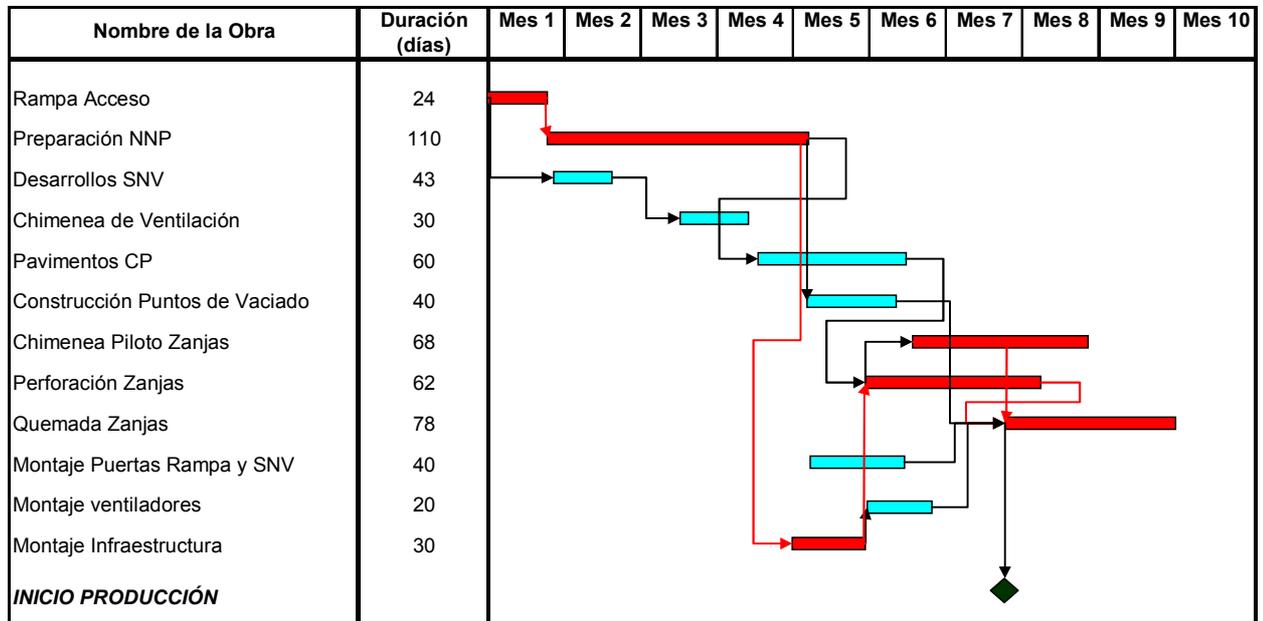
4.9 Programa de Construcción

El programa de desarrollo y construcción de los nuevos CP-55 y CP-57, incorporando la ingeniería de detalles del sector y un proceso acelerado de licitación, indica que la producción comenzaría en marzo del 2006.

El programa considera que las quemadas de zanjas se inician una vez concluidas todas las preparaciones del proyecto, lo cual puede ser revisado en el

proceso de habilitación de acuerdo al comportamiento granulométrico y de estabilidad geomecánica del sector.

Figura 32: Carta Gantt desarrollo y construcción nuevos CP-55 y CP-57



Desde el punto de vista de la constructibilidad del sector, se recomienda las siguientes acciones:

- Iniciar lo antes posible el desarrollo del sector para minimizar la dilución producto del eventual cierre de los puntos de extracción ubicados inmediatamente al oeste del sector en estudio, correspondiente a la calle CP-59 del Nivel 16 Producción LHD.
- Para ello se sugiere establecer el desarrollo del acceso, la habilitación de cámara de picado C-56 como un vaciadero de marinas, desarrollo del nuevo cruzado ventilación y fortificaciones de techos del Nivel 16 ½ Reducción como obras tempranas.
- Se recomienda evaluar en forma particular la adquisición de un LHD exclusivo para el sector, con el fin de no interferir el normal funcionamiento de la producción del resto de las áreas activas del III Panel.
- En la etapa de desarrollo y construcción se recomienda evaluar, desde el punto de vista geomecánico y operacional, la alternativa de habilitar el pique B-57 existente en la calle CP-57 como punto de vaciado de LHD para disminuir la distancia media de acarreo en dicha calle.

4.10 Inversiones y Costos de operación

El proyecto se pretende desarrollar vía gastos diferidos, por lo tanto se incluyen en las inversiones todas las obras de desarrollo, construcción y preparaciones necesarias para la recuperación de las reservas remanentes existentes en las calles CP-55 y CP-57. Se determinó además el aumento del costo operacional por el hecho de que el sector a recuperar será de menor productividad respecto a sectores de explotación mediante LHD típico del III Panel.

4.10.1 Inversiones

Las inversiones se realizan principalmente en el primer año de construcción, quedando un 30% de remanente para el segundo año, que corresponde a las preparaciones para las quemadas de las zanjas. No se consideran adquisiciones de equipos propios para el sector, aun cuando se recomienda analizar la compra de un LHD de 7 yd³ con asignación exclusiva para el sector. Por otro lado, se considera que tanto la reposición del martillo picador en la Cámara C-56, como las reparaciones al buzón respectivo son costos propios de la mina. El sistema de extracción de polvo de la cámara C-56 se encuentra aprobado en otro proyecto que actualmente se encuentra en etapa de licitación.

Se ha considerado un 15% de las inversiones para la ejecución de otras obras menores, el desarrollo de la ingeniería de detalle y otros estudios de interés para este proyecto en particular.

El total de las inversiones en obras definidas en esta ingeniería alcanza los 3,3 millones de dólares; considerando el 15% en otras inversiones el costo total del proyecto ascienda a los US\$ 3,8 millones.

En la tabla siguiente se muestra el desglose de la inversión determinada para este proyecto.

Tabla 10. Inversiones Recuperación Sector Colapsado CP55 y CP57

LABOR	DIMENSIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PU US\$/un	COSTO KUS\$
Rampa de Acceso	4,0x4,0 m	m	121	985	119
Desarrollo CP	4,0x3,6 m	m	424	885	375
Desarrollo BP	3,6x3,5 m	m	439	762	335
Desarrollo HZ	3,0x3,0 m	m	63	600	38
Desarrollo Bey Pass Ventilación	4,0x4,0 m	m	85	985	84
Chimenea Zanja Piloto	d=1,8	m	323	1.500	485
Perforación Zanjas	d= 2 1/2"	m	7.106	11	78
Chimenea ventilación	2,0x2,0 m	m	23	350	8
Quemada Zanjas		un	34	1.750	60
Puntos de extracción con cables		un	24	968	23
Puntos de extracción con marcos		un	20	6.000	60
Pavimentos H35	e= 20 cm	m ³	624	305	190
Pavimentos H50	e= 20 cm	m ³	36	400	14
Puntos de Vaciado		un	2	10.000	20
Puertas Automáticas	4,0x4,0 m	un	2	5.000	10
Techos falso XC-166	3,6x3,6 m	m ³	25	350	9
Tapados reguladores XC-150	3,6x3,6 m	m ³	33,2	350	12
Losa LHD en pique B-56		m ³	12,5	500	6
Techo Reforzado Pique C-55		un	1	19.500	20
Tapado Ventilador	3,0x3,0 m	un	2	2.000	4
Drenajes	d= 4 1/2"	m	80	50	4
Shotcrete		m ³	846	1.154	977
Pernos L=2,4m		un	9.921	23	221
Malla acero		m ²	6.322	6	38
Cables Minacage 5/8"		m	1.619	11	18
Supresores de polvo LHD		set	2	10.000	20
Instalación Eléctrica		gl	1	8.000	8
Ventilador extractor	30.000 cfm	un	2	15.000	30
TOTAL INVERSIONES					3.264

4.10.2 Costos de operación

Dado que el sector a recuperar se definió como un proyecto de reposición de otras áreas de bajas leyes, es necesario determinar el diferencial de costo de operación de los LHD producto de la mayor distancia media que deben recorrer los equipos desde los puntos de extracción a los vaciaderos diseñados.

Considerando disponibilidad de 85%, utilización de 68% y distancia media de 80 metros para el proyecto Recuperación CP55 y CP57, el aumento del costo de extracción con LHD en este caso es de 0,18 US\$ por tonelada extraída, como se muestra en el **Anexo C**.

4.11 Evaluación Económica

Para esta evaluación económica se ha considerado un criterio de costo de oportunidad, es decir, el mineral aportado por el sector recuperado debe reemplazar minerales de leyes menores actualmente en explotación en el resto el III Panel y que forman parte del plan minero de largo plazo de la División.

Específicamente, las leyes a reemplazar en los años de operación del sector recuperado son las siguientes:

2005 (0,75 %); 2006 (0,80%); 2007 (0,80%) y 2008 (0,85%).

4.11.1 Criterios Específicos

Para el desarrollo de la evaluación económica del sector en estudio se consideró los "Antecedentes Económicos y Comerciales para Planificación" de la Gerencia Corporativa de Estudios y Diseño Estratégico de Codelco:

Recuperación del sector	:	70% de la reservas remanentes
Precio del cobre (2005 al 2008)	:	1,2 / 1,1 / 1,0 / 0,97 (US\$/lb Cu)
Recuperación metalúrgica	:	86%
Tasa de Actualización	:	8,5%

4.11.2 Evaluación Económica

De acuerdo al desarrollo de la evaluación económica con los parámetros anteriores, el diferencial en el costo de operación, las inversiones requeridas, y los descuentos por venta de Cu, los principales resultados obtenidos se muestran en la tabla 11 siguiente.

De acuerdo a los resultados obtenidos el proyecto de Recuperación de los CP55 y CP57 colapsados del área 9 LHD es rentable, alcanzando el VAN a MUS\$ 6,34 con un IVAN de 1,69.⁴

⁴ La división había realizado un estudio preliminar que consideraba la recuperación de un área que comprendía solo 19 puntos de extracción, con la cual se alcanzaba un VAN de KUS\$ 600 con una inversión de 1,2 millones de dólares. "Recuperación sectores colapsados (CP 57 y 55) Explotación Block Caving 2005".

Tabla 11. Evaluación Económica

ITEM	UNIDADES	AÑOS						TOTAL
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	
PRODUCCION & LEYES								
Producción	[kt]		702	942	942	63		2.649,3
Ley de Cobre	[% Cu]		1,139	1,139	1,139	1,139		1,139
Ley de Cobre Plan Minero	[% Mo]		0,80	0,80	0,85	0,85		
Recuperación Metalúrgica Cu	%		86,0%	86,0%	86,0%	86,0%		
Recuperación Metalúrgica Mo	%		86,0%	86,0%	86,0%	86,0%		
Cu fino en concentrado	[t]		6.874	9.224	9.224	620		25.943
Cu fino en concentrado Plan Minero	[t]		4.830	6.481	6.886	463		18.660
Aporte Cu fino del sector	[t]		2.044	2.742	2.338	157		7.283
INGRESOS								
Precio del Cobre	[eUS\$/lb Cu]		1,10	1,00	0,97	0,97		
Ingreso Adicional Bruto Cu	[kUS\$]		4.958	6.084	5.000	336		16.342
Costo Diferencial Venta Cu	[eUS\$/lb Cu]		23,95	26,16	26,16	26,16		
Descuento Diferencial Venta Cu	[kUS\$]		1.079	1.582	1.349	94		4.104
TOTAL INGRESOS	[kUS\$]		3878	4.466	3.652	242		12.238
COSTOS								
Costo unitario producción	US\$/t		0,18	0,18	0,18	0,18		
Costo Producción Mina	kUS\$		124,0	167,0	167,0	11,0		470
TOTAL COSTOS	[kUS\$]		124	167	167	11		470
INVERSIONES								
INVERSIONES								
Inversiones Mina	kUS\$	2.346	918					3.264
Otras Inversiones	kUS\$	352,0	138,0					490
TOTAL INVERSION	[kUS\$]	2.698	1.056					3.754
FLUJO DE CAJA	[kUS\$]	-2.698	2.698	4.299	3.485	231		8.014
VAN	[KUS\$]	6.335						
Inversión Actualizada	[KUS\$]	3.754						
IVAN		1,69						
Recuperación de reservas								70%
Tasa Actualización								8,5%

4.11.3 Sensibilidad de Variables

En el presente estudio se han analizado tres aspectos que se consideran relevantes desde un punto de vista de la sensibilidad del proyecto. El primero aspecto corresponde a las reservas extraíbles, el segundo es considerando diferentes leyes a reemplazar y un tercer aspecto es suponiendo un diseño para extraer sólo los 19 puntos considerados en la estimación preliminar realizada por la División.

A) Reservas extraíbles

El factor de mayor relevancia en este proyecto lo representa la recuperación final del mineral remanente existente en los CP-55 y CP-57; por lo tanto, es necesario aplicar una variación del nivel de reservas extraíbles para verificar el riesgo del proyecto.

El caso base para el presente estudio es considerar que se extraen el 70% de las reservas remanentes del sector como se muestra en el tabla 12.

Tabla 12. Sensibilidad respecto a las reservas extraíbles

Porcentaje Reservas extraíbles	Reservas extraíbles Kt	VAN KUS\$	IVAN
100%	3.759	9.218	2,46
80%	3.019	7.315	1,95
Caso Base 70%	2.649	6.335	1,69
50%	1.909	4.193	1,12
25%	985	846	0,23

La conclusión más importante es que con una recuperación mayor al 20% de las reservas el proyecto pasa a ser marginalmente rentable y con una recuperación sobre el 50% el proyecto pasa a ser atractivo económicamente.

B) Leyes a reemplazar

El proyecto recuperación colapso CP-55 y CP-57 considera el reemplazo de sectores de baja ley actualmente incorporados al plan minero de Andina. En esta sensibilización se considera el reemplazo de sectores con leyes medias de 0,85%, 0,90% y 0,95% de Cobre, asumiendo que se recuperan los 2.649 Kton con ley media de 1,14 % Cu.

El Caso Base considera reemplazar leyes diferenciadas anualmente de acuerdo al plan minero vigente:

Año 2005 (0,75 % Cu); 2006 (0,80% Cu); 2007 (0,80% Cu) y año 2008 (0,85% Cu)

Tabla 13. Sensibilidad respecto a las reservas a reemplazar

Mineral a reemplazar % Cu	VAN KUS\$	IVAN
Caso Base 1,14%	6.335	1,69
0,85%	5.247	1,40
0,90%	3.634	0,97
0,95%	2.020	0,54

C) Recuperación de 19 puntos del sector colapsado

Esta sensibilización considera que el diseño se realiza para recuperar sólo los 19 puntos considerados en el estudio preliminar desarrollado por la División, teniendo como objetivo demostrar que no existe una subvención de sectores norte.

Manteniendo el criterio de recuperación de un 70% de las reservas remanentes con el mismo diseño propuesto en este estudio, considerando una inversión de KUS\$ 3.089 producto de la disminución de los puntos de extracción a preparar se tiene que:

Tabla 14. Diseño para 19 puntos de extracción

Mineral a recuperar Kt	Ley de cobre %	VAN KUS\$	IVAN
1.737	1,18	5.285	1,71

Lo cual demuestra que con una inversión marginal se logra aumentar considerablemente el mineral recuperado y, por ende, los índices económicos del proyecto.

4.11.4 Conclusiones

Del análisis económico y de sensibilidad anterior se puede concluir lo siguiente:

- La evaluación económica permite concluir que recuperando sobre el 20% de las 3,7 Mton de reservas remanentes de Cobre, se obtienen ingresos positivos.
- De acuerdo a los resultados obtenidos el proyecto de recuperación de los CP-55 y CP-57 colapsados del área 9 LHD es rentable, alcanzando un VAN de MUS\$ 6,3 con un IVAN de 1,69.
- Esta ingeniería aumenta de 19 a 34 los puntos de extracción del área colapsada, con lo cual las reservas a recuperar alcanzan los 2,65 Mton, incrementando en un 50% las reservas explotadas, manteniendo la ley media extraíble de 1,14% de CuT.
- En esta ingeniería se modifica completamente el método constructivo del área, se mejora la accesibilidad al sector, mediante el diseño de una rampa propia, se incorporan puntos de vaciado para los LHD independientes para ambas calles y se diseña un sistema de ventilación que no afecte la operación de las áreas colindantes.
- Se estima un plazo de construcción de la totalidad de las obras en unos 8 meses, incluyendo un proceso de licitación por vía rápida.

4.12 Pos-evaluación

El proyecto estudiado finalmente se implementó entre los años 2006, inicio de la construcción, y finales del 2009, cuando se cierra el sector. Aún cuando la División no ha realizado una completa pos-evaluación de este proyecto, se pueden extraer algunas conclusiones relevantes:

- La producción del sector se inició finalmente a principios del año 2007, debido a los procesos de aprobación y asignación a tercero para el desarrollo de galerías y construcción.
- El desarrollo y construcción se ejecutó en los plazos estimados en la ingeniería, salvo en que la entrada en producción (quemada de las primeras zanjas) se realizó en un período más prolongado para asegurar la conectividad con el Nivel 16 Producción LHD colapsado.
- Todas las zanjas del nuevo nivel de producción se conectaron con el nivel de producción colapsado.
- Al no considerar el proyecto un visera robusta, algunos puntos de extracción se sobre excavaron derramándose el material, en algunos casos, hasta la calle de producción. Este evento significó que en estos puntos no se lograra el 100% de extracción programado.
- Sistemáticamente, en los brazos de producción del Este de la calle CP-55 se logró extracciones sobre el 100%, debido a la incorporación de material de la calle CP-53 también colapsada (ver Figura 33).
- El punto de mayor extracción fue CP55/BP20E que alcanzó finalmente un 142% de extracción respecto a las reservas remanentes.
- Los BP del Oeste de la calle CP-57 fueron los menos productivos debido a la interrelación con la calle CP-59 la cual se encontraba agotada en el momento de reiniciada la producción del sector.
- Por razones de estabilidad finalmente no se habilitó el brazo B-57 del sistema de traspaso B-58.
- Dado el comportamiento granulométrico del material quebrado no fue necesario instalar el martillo fijo en la cámara de picado C-57.
- El punto de menor extracción fue el correspondiente al CP57/BP15W que alcanzó solo el 65% del programado.



Figura 33. Disposición punto de extracción calles CP-55- y 57

- Como muestra la tabla 15 siguiente, se logró extraer un poco sobre el 100% de las reservas consideradas en el plan con un 98,4% de la ley programada.

Tabla 15. Análisis III Panel LHD Área 9 Colapso
FECHA : SEPTIEMBRE 2009

Calles	Ton. Extraíbles	Ley Extraíble	Ton. Mes	Ley Mes	Extracción a Fecha	Ley a Fecha	% Extracción	% Ley
CP - 55	1.195.000	1,156	5.685	0,927	1.310.102	1,137	109,63	98,38
CP - 57	1.371.000	1,123	7.211	0,977	1.290.521	1,102	94,13	98,16
TOTAL	2.566.000	1,138	12.896	0,955	2.600.623	1,120	101.35	98,38

En el **Anexo D** se incluye un análisis de la extracción mensual del sector colapsado y un resumen de la extracción por cada punto.

CAPITULO 5. Conclusiones y Recomendaciones

Las principales conclusiones y recomendaciones que se pueden extraer del presente estudio son las siguientes:

1. Se concluye que el diseño de zanjas o bateas simétricas es un método perfectamente aplicable para la recuperación de áreas colapsadas producto de la explotación con métodos de hundimiento por paneles.
2. Esta técnica de recuperación mediante zanjas bajo el nivel de producción debe estar sujeta a estudios específicos de las condiciones de "abutment strees" del sector.
3. Para ello se recomienda la revisión de las condiciones de los niveles bajo las áreas colapsados, los cuales podrían dar indicios de transmisión de presiones y grado de propagación de la inestabilidad.
4. Para aplicar las técnicas de recuperación mediante el levante del cerro se recomienda realizar análisis de detalle referente a la existencia de pilares remanentes en el nivel de hundimiento y su efecto en la estabilidad del nivel de producción.
5. En los diseños de métodos de hundimiento por paneles se debe evitar que las calles de producción y zanjas (o bateas) estén orientaciones paralelas a las estructuras principales del sector.
6. Más relevante aún, se deberá asegurar siempre que el frente o avance del hundimiento no sea paralelo a las estructuras principales. En lo posible el frente de hundimiento deberá ser lo más perpendicular a las estructuras principales.
7. Adecuar el diseño de las zanjas a las condiciones de roca donde está emplazado el Nivel de Producción respectivo y al tipo de roca a extraer (primario o secundario).
8. Considerar los efectos de presencia de contacto entre roca primaria (competente) y roca secundaria (menos competente), dado que constituye una discontinuidad que puede tener efectos en la estabilidad local.
9. Planificar adecuadamente la incorporación de zanjas a la producción, respetando las tasas de extracción (t/m^2-d), especialmente en la fase inicial de propagación del hundimiento.
6. Revisar con mayor detención las condiciones de fortificación (actualmente se postula que la fortificación no evita el colapso, pero si disminuye el descostramiento de cajas y techos).

Bibliografía

- Evaluación y análisis colapso en Nivel 16 Producción LHD, III Panel, Mina Río Blanco. *A. Karzulovic & Asoc. Ltda*, Diciembre del 2000
- Evaluación geomecánica colapso calles 17, 19, 21 y 23 Nivel de Producción Sector Esmeralda. Informe de Opinión. *A. Karzulovic & Asoc. Ltda*, Julio de 2003.
- Evaluación geotécnica colapsos Área 9 Nivel 16 Producción LHD, III Panel, Mina Río Blanco. *A. Karzulovic & Asoc. Ltda*, Marzo de 2004.
- "Recuperación sectores colapsados (CP 57 y 55) Explotación Block Caving 2005". GRMD, División Andina 2004.
- Recuperación Reservas colapsadas Panel 1 Mina Esmeralda. Subterra Ingenieros Limitada. Enero 2008.
- Geomecánica Mina Esmeralda Período: 05 Marzo a 31 Marzo 2007. Superintendencia Geomecánica Gerencia Recursos Mineros & Desarrollo. Marzo 2007.

ANEXO A. Antecedentes recuperación colapso Mina Esmeralda.

En este anexo se incluyen antecedentes de la metodología utilizada para recuperar parte del área colapsada del Panel I de la mina Esmeralda de División El Teniente.⁵

Entre los años 2001 y 2003 un sector de la mina Esmeralda, comprendido entre las calles C15 a C25 y Zanja Z4 a Z16, sufrió diversos eventos que culminaron con el colapso del nivel de producción.

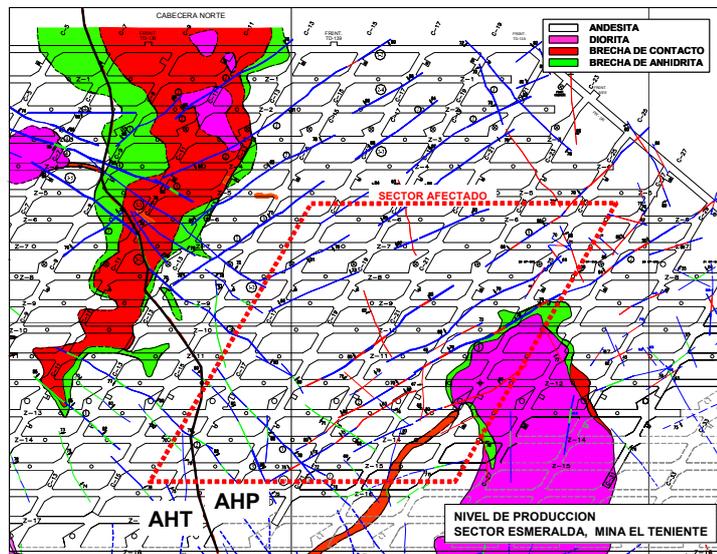


Figura A1: Sector afectada Mina Esmeralda

Luego de diversos estudios DET decidió que la recuperación del sector colapsado debía realizarse con la técnica de levantar el cerro, mediante la reconstrucción del mismo nivel de producción. Junto con lo anterior, se ejecutaron algunas perforaciones desde el nivel de producción hacia pilares remanentes del nivel de hundimiento, para su eliminación. Para la recuperación del sector se consideraron construcciones con encastillado de madera e instalación de marcos de acero hormigonado (bóvedas) a lo largo de las calles de producción.

En la Figura A2 se muestra al área finalmente recuperada con la metodología antes señalada.

⁵ Estos antecedentes fueron obtenidos principalmente de trabajo "Geomecánica Mina Esmeralda Período: 05 Marzo a 31 Marzo 2007." Superintendencia Geomecánica Gerencia Recursos Mineros & Desarrollo. Marzo 2007.

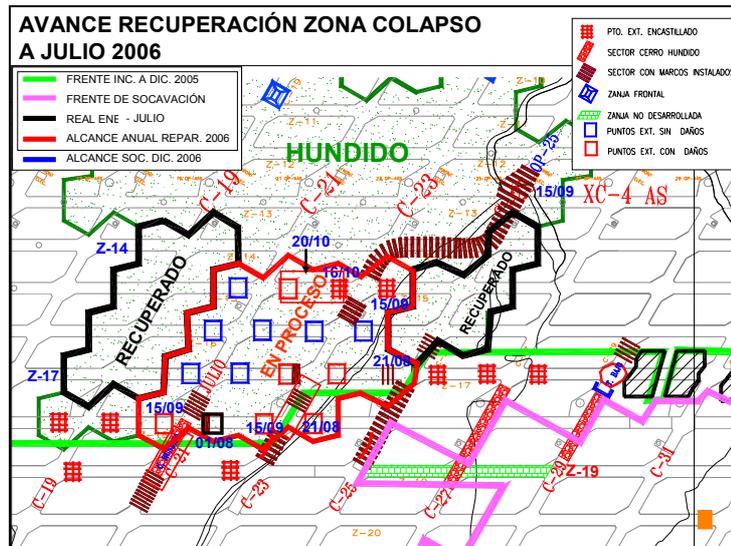


Figura A2: Sector recuperado de Mina Esmeralda

En las fotografías A1 se muestra el sistema de construcción con marcos y bóvedas utilizados para recuperar las calles y, en la fotografía A2, se observa al construcción para asegurar la zona donde se emplazan los puntos de vaciado de los LHD en el Nivel de Producción de Esmeralda.



Fotografía A1: Bóveda de hormigón en calles recuperadas



Fotografía A2: Bóveda de hormigón en punto de vaciado.

A fines del año 2006, se da inicio a la explotación de este sector recuperado. Entre noviembre del 2006 y marzo del 2007 se recupera parte del mineral remanente extrayendo mineral prácticamente de todos los puntos (ver la Figura A3).

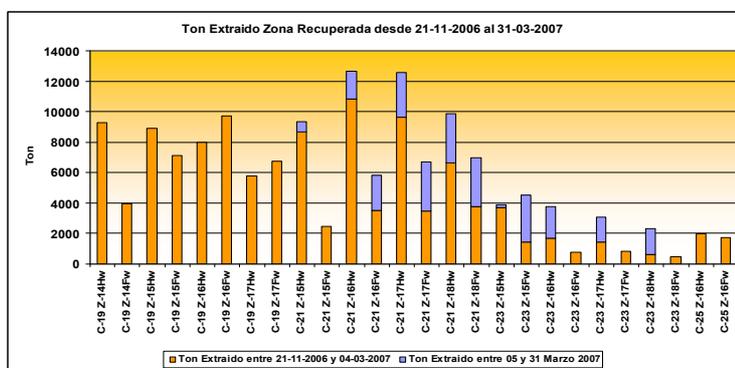


Figura A3: Tonelaje extraído por punto de extracción

La irregularidad en la recuperación está asociada a la irregularidad inicial con que se realizó el tiraje en este sector como lo indica la Figura A4, donde se muestra que existieron puntos sin extracción hasta puntos donde se extrajeron alturas sobre los 50 metros.

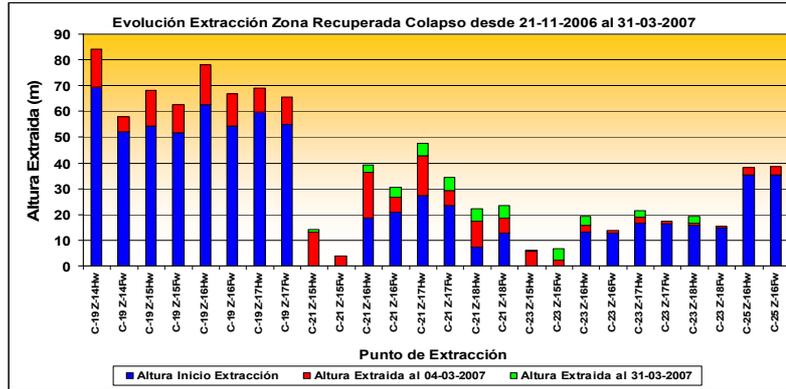


Figura A4: Tonelaje extraído por punto de extracción

De acuerdo a las observaciones en terreno, mediciones sísmicas, determinación de deformaciones y monitores de esfuerzos, realizadas por la propia División en el sector recuperado, se determinó que junto con el inicio de la explotación aparecieron signos de daño. Estos daños fueron clasificados en leve, moderados y fuertes según lo que se muestra en la Figura A5.

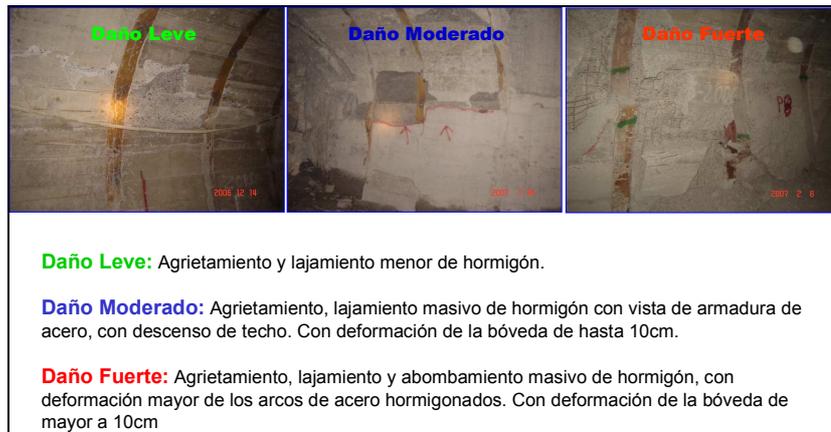


Figura A5: Clasificación de daños

Así, un mes después de reiniciarse la explotación del sector aparecen los primeros signos de daño leve en el área recuperada, siendo de mayor intensidad en el contorno de dicha área (ver Figura A6). Estos daños corresponden a agrietamiento de las cajas de los túneles, incluso en aquellas que se encontraban con hormigón.

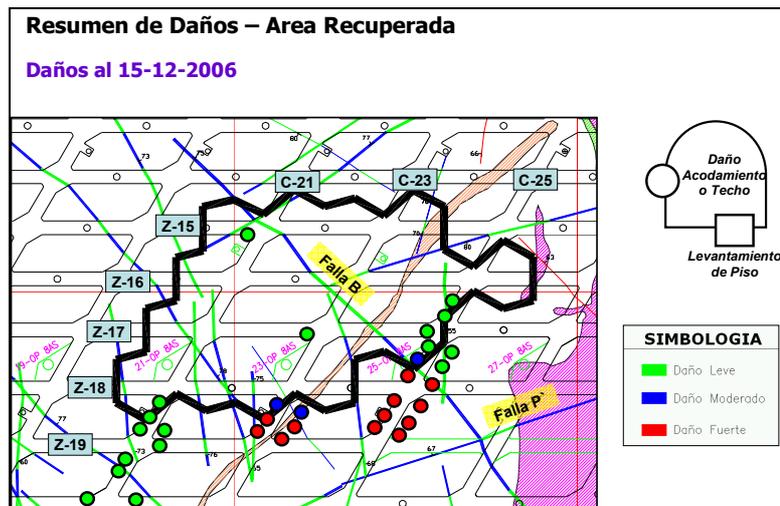


Figura A6: Daños en el área recuperada

Estos daños fueron creciendo en intensidad a medida que aumentaban los puntos recuperados y el nivel de extracción del sector. En la Figura A7 se observa que prácticamente todos los sectores con daños leves evolucionaron a daños fuertes y que, en algunos casos, incluso se provocaron levantamiento de pisos.

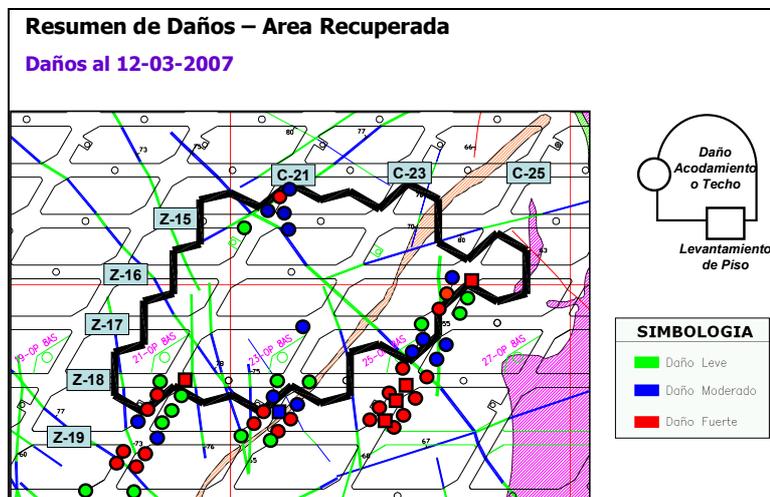


Figura A7: Daños mayores en área recuperada

Por otro lado, la actividad sísmica en el sector fue creciendo en forma sistemática con la explotación de éste. Las Figuras A8 y A9 siguientes muestran la actividad sísmica antes de iniciarse la explotación y la situación a marzo de 2007.⁶

⁶ Actividad Sísmica en Volumen Crown Pilar (entre Cotas: 2223 – 2188) Superintendencia Geomecánica. Gerencia Recursos Mineros & Desarrollo

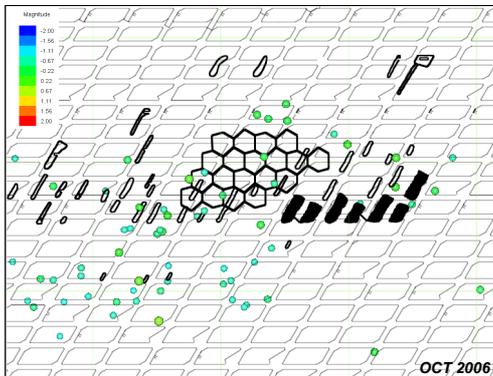


Figura A8: Actividad sísmica previo al reinicio de la explotación del sector

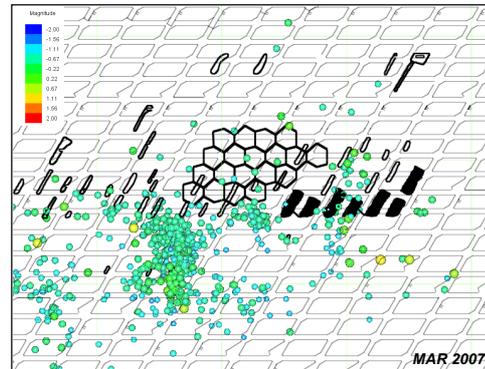


Figura A9: Actividad sísmica pasado cinco meses del inicio de la explotación

Es probable que la explicación de estos fenómenos, que impidieron seguir con la recuperación del sector levantado, tenga que ver con la existencia de pilares remanentes en el nivel de hundimiento (UCL), cuyos efectos sobre la estabilidad del nivel de producción ya han sido analizados en este estudio.

En el caso específico del área recuperada, correspondiente a las calles C-21 a C-25 entre las zanjas Z-15 y Z-18, se pudieron identificar las siguientes condiciones respecto a pilares remanentes (ver figura A10):

- Pilares remanente en el nivel de socavación observados en terreno (P).
- Probables pilares remanentes inferidos de acuerdo con el daño observado en el nivel de producción (Pi).
- Pilares remanentes que se habrían eliminado con barrenadura y tronadura desde el nivel de producción (Q).

Los análisis de DET estiman que estos pilares se generaron en distinto períodos, incluso existiendo algunos pilares que no alcanzaron a ser tronados (ver Figura A10).

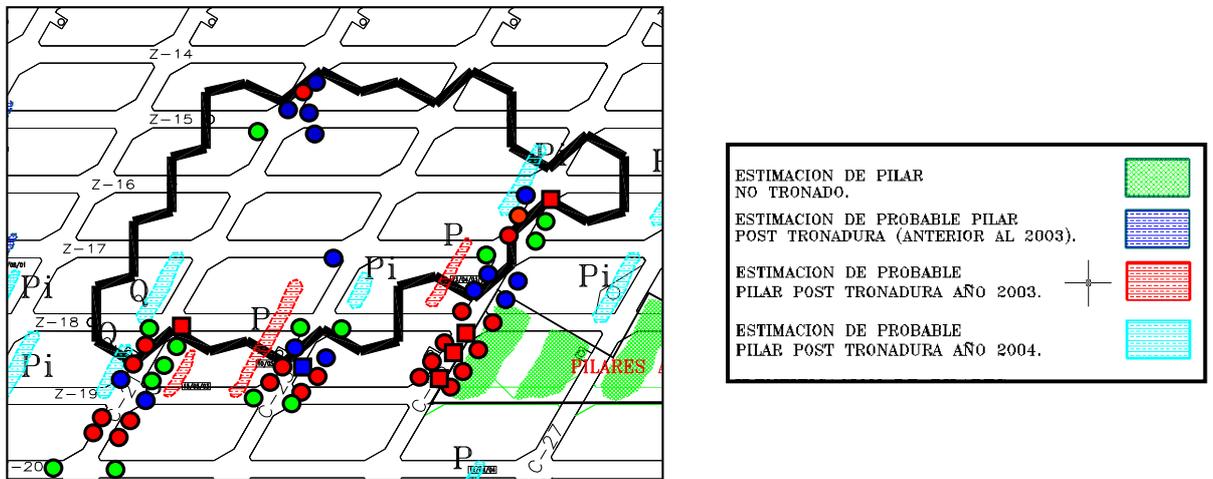


Figura A10: Pilares remanentes del área recuperada

Las principales conclusiones que se puede obtener de este breve recuento de antecedentes del sector recuperado de la mina Esmeralda son:

- Desde el punto de vista constructivo fue posible levantar unos 4.000 m² mediante bóvedas de hormigón.
- Desde el inicio de la extracción se activan eventos que provocan inestabilidad en el sector.
- Estos eventos estaría controlados por la presencia de pilares remanentes en el nivel de hundimiento del sector.
- Los sectores donde además se procedió a barrenar y tronar los pilares remanente desde el nivel de producción (Q de Figura 10), presentaron menor inestabilidad. Incluso en algunos casos esta fue nula.
- Es posible estimar que esta operación de eliminación de pilares remanentes en el UCL sea condición necesaria para el existo de la técnica de levante del cerro.

ANEXO B. Reservas remanentes Área 9 III Panel, Mina Río Blanco.

Calle	DrawPt	Datos	Total
53	16W53	Ton Remanente	113.726
		%Cu Remanente	1,236
		Cu Fino Remanente	1.406
		Ton Extraído	26.550
	17E53	Ton Remanente	135.672
		%Cu Remanente	1,109
		Cu Fino Remanente	1.505
		Ton Extraído	14.016
	17W53	Ton Remanente	132.562
		%Cu Remanente	1,272
		Cu Fino Remanente	1.686
		Ton Extraído	28.242
	18E53	Ton Remanente	179.568
%Cu Remanente		1,156	
Cu Fino Remanente		2.075	
Ton Extraído		2.586	
19E53	Ton Remanente	179.438	
	%Cu Remanente	1,121	
	Cu Fino Remanente	2.012	
	Ton Extraído	5.178	
19W53	Ton Remanente	117.086	
	%Cu Remanente	1,232	
	Cu Fino Remanente	1.443	
	Ton Extraído	7.823	
20E53	Ton Remanente	133.984	
	%Cu Remanente	1,055	
	Cu Fino Remanente	1.413	
	Ton Extraído	4.243	
20W53	Ton Remanente	122.300	
	%Cu Remanente	1,240	
	Cu Fino Remanente	1.517	
	Ton Extraído	8.048	
21E53	Ton Remanente	131.447	
	%Cu Remanente	1,162	
	Cu Fino Remanente	1.528	
	Ton Extraído	4.425	
21W53	Ton Remanente	122.246	
	%Cu Remanente	1,290	
	Cu Fino Remanente	1.577	
	Ton Extraído	12.787	
22E53	Ton Remanente	140.686	
	%Cu Remanente	1,293	
	Cu Fino Remanente	1.819	
	Ton Extraído	2.240	
22W53	Ton Remanente	136.689	
	%Cu Remanente	1,307	
	Cu Fino Remanente	1.787	
	Ton Extraído	4.913	
Ton Remanente 53			1.645.405
%Cu Remanente 53			1,201
Cu Fino Remanente 53			19.767
Ton Extraído 53			10.407

Calle	DrawPt	Datos	Total
55	15W55	Ton Remanente	135.817
		%Cu Remanente	1,367
		Cu Fino Remanente	1.857
		Ton Extraído	2.006
	16E55	Ton Remanente	134.139
		%Cu Remanente	1,343
		Cu Fino Remanente	1.801
		Ton Extraído	4.821
	16W55	Ton Remanente	128.354
		%Cu Remanente	1,408
		Cu Fino Remanente	1.808
		Ton Extraído	8.663
	17E55	Ton Remanente	150.208
		%Cu Remanente	1,377
		Cu Fino Remanente	2.069
		Ton Extraído	12.246
	17W55	Ton Remanente	117.170
		%Cu Remanente	1,403
		Cu Fino Remanente	1.644
		Ton Extraído	25.876
18E55	Ton Remanente	132.255	
	%Cu Remanente	1,381	
	Cu Fino Remanente	1.827	
	Ton Extraído	30.294	
18W55	Ton Remanente	127.497	
	%Cu Remanente	1,332	
	Cu Fino Remanente	1.698	
	Ton Extraído	26.950	
19E55	Ton Remanente	108.795	
	%Cu Remanente	1,399	
	Cu Fino Remanente	1.522	
	Ton Extraído	30.089	
19W55	Ton Remanente	117.651	
	%Cu Remanente	1,221	
	Cu Fino Remanente	1.437	
	Ton Extraído	30.930	
20E55	Ton Remanente	113.156	
	%Cu Remanente	1,255	
	Cu Fino Remanente	1.420	
	Ton Extraído	25.659	
20W55	Ton Remanente	113.065	
	%Cu Remanente	1,181	
	Cu Fino Remanente	1.336	
	Ton Extraído	29.358	
21E55	Ton Remanente	117.291	
	%Cu Remanente	1,266	
	Cu Fino Remanente	1.485	
	Ton Extraído	21.078	
21W55	Ton Remanente	83.935	
	%Cu Remanente	1,138	
	Cu Fino Remanente	955	
	Ton Extraído	56.721	

	22E55	Ton Remanente	87.774
		%Cu Remanente	1,243
		Cu Fino Remanente	1.091
		Ton Extraído	54.836
	22W55	Ton Remanente	88.897
		%Cu Remanente	1,207
		Cu Fino Remanente	1.073
		Ton Extraído	51.778
	23E55	Ton Remanente	80.504
		%Cu Remanente	1,223
		Cu Fino Remanente	985
		Ton Extraído	58.050
	23W55	Ton Remanente	89.402
		%Cu Remanente	1,264
		Cu Fino Remanente	1.130
		Ton Extraído	48.960
	24E55	Ton Remanente	87.437
		%Cu Remanente	1,191
		Cu Fino Remanente	1.042
		Ton Extraído	67.251
24W55	Ton Remanente	80.080	
	%Cu Remanente	1,180	
	Cu Fino Remanente	945	
	Ton Extraído	60.744	
25E55	Ton Remanente	117.915	
	%Cu Remanente	1,143	
	Cu Fino Remanente	1.348	
	Ton Extraído	65.003	
25W55	Ton Remanente	82.007	
	%Cu Remanente	1,066	
	Cu Fino Remanente	874	
	Ton Extraído	58.117	
26E55	Ton Remanente	139.120	
	%Cu Remanente	1,016	
	Cu Fino Remanente	1.413	
	Ton Extraído	53.747	
26W55	Ton Remanente	69.986	
	%Cu Remanente	0,986	
	Cu Fino Remanente	690	
	Ton Extraído	70.043	
27E55	Ton Remanente	47.813	
	%Cu Remanente	0,899	
	Cu Fino Remanente	430	
	Ton Extraído	155.650	
27W55	Ton Remanente	5.293	
	%Cu Remanente	0,797	
	Cu Fino Remanente	42	
	Ton Extraído	150.115	
28E55	Ton Remanente	62.337	
	%Cu Remanente	0,924	
	Cu Fino Remanente	576	
	Ton Extraído	154.941	
28W55	Ton Remanente	2.235	
	%Cu Remanente	0,781	
	Cu Fino Remanente	17	
	Ton Extraído	148.729	

	29E55	Ton Remanente	54.700
		%Cu Remanente	0,942
		Cu Fino Remanente	515
		Ton Extraído	151.605
	29W55	Ton Remanente	20.978
		%Cu Remanente	0,820
		Cu Fino Remanente	172
		Ton Extraído	132.063
	30E55	Ton Remanente	35.588
		%Cu Remanente	0,955
		Cu Fino Remanente	340
		Ton Extraído	158.063
31E55	Ton Remanente	26.290	
	%Cu Remanente	0,929	
	Cu Fino Remanente	244	
	Ton Extraído	165.249	
31W55	Ton Remanente	1.410	
	%Cu Remanente	0,826	
	Cu Fino Remanente	12	
	Ton Extraído	143.488	
32E55	Ton Remanente	44.966	
	%Cu Remanente	0,941	
	Cu Fino Remanente	423	
	Ton Extraído	145.028	
33E55	Ton Remanente	64.393	
	%Cu Remanente	0,975	
	Cu Fino Remanente	628	
	Ton Extraído	133.573	
34E55	Ton Remanente	45.492	
	%Cu Remanente	0,938	
	Cu Fino Remanente	427	
	Ton Extraído	156.383	
34W55	Ton Remanente	30.418	
	%Cu Remanente	0,800	
	Cu Fino Remanente	243	
	Ton Extraído	143.098	
35E55	Ton Remanente	88.259	
	%Cu Remanente	1,028	
	Cu Fino Remanente	907	
	Ton Extraído	129.891	
Ton Remanente 55			3.032.627
%Cu Remanente 55			1,201
Cu Fino Remanente 55			36.426
Ton Extraído 55			53.788

Calle	DrawPt	Datos	Total
57	15E57	Ton Remanente	138.349
		%Cu Remanente	1,367
		Cu Fino Remanente	1.891
		Ton Extraído	411
	16E57	Ton Remanente	132.878
		%Cu Remanente	1,449
		Cu Fino Remanente	1.926
		Ton Extraído	2.863
	16W57	Ton Remanente	141.030
		%Cu Remanente	1,322
		Cu Fino Remanente	1.864
		Ton Extraído	4.886
	17E57	Ton Remanente	139.718
		%Cu Remanente	1,365
		Cu Fino Remanente	1.907
		Ton Extraído	4.036
	17W57	Ton Remanente	147.352
		%Cu Remanente	1,241
		Cu Fino Remanente	1.828
		Ton Extraído	2.291
	18E57	Ton Remanente	150.831
%Cu Remanente		1,251	
Cu Fino Remanente		1.886	
Ton Extraído		7.041	
18W57	Ton Remanente	132.352	
	%Cu Remanente	1,224	
	Cu Fino Remanente	1.620	
	Ton Extraído	14.133	
19E57	Ton Remanente	127.230	
	%Cu Remanente	1,206	
	Cu Fino Remanente	1.535	
	Ton Extraído	21.435	
19W57	Ton Remanente	131.059	
	%Cu Remanente	1,185	
	Cu Fino Remanente	1.553	
	Ton Extraído	17.015	
20E57	Ton Remanente	122.806	
	%Cu Remanente	1,167	
	Cu Fino Remanente	1.433	
	Ton Extraído	19.676	
20W57	Ton Remanente	97.716	
	%Cu Remanente	1,155	
	Cu Fino Remanente	1.129	
	Ton Extraído	31.630	
21E57	Ton Remanente	89.889	
	%Cu Remanente	1,132	
	Cu Fino Remanente	1.018	
	Ton Extraído	51.294	
21W57	Ton Remanente	62.709	
	%Cu Remanente	1,088	
	Cu Fino Remanente	682	
	Ton Extraído	68.107	

	22E57	Ton Remanente	94.108
		%Cu Remanente	1,153
		Cu Fino Remanente	1.085
		Ton Extraído	48.281
	22W57	Ton Remanente	73.466
		%Cu Remanente	1,098
		Cu Fino Remanente	807
		Ton Extraído	63.915
	23E57	Ton Remanente	87.656
		%Cu Remanente	1,142
		Cu Fino Remanente	1.001
		Ton Extraído	52.997
	23W57	Ton Remanente	88.174
		%Cu Remanente	1,107
		Cu Fino Remanente	976
		Ton Extraído	50.536
	24E57	Ton Remanente	80.942
		%Cu Remanente	1,112
		Cu Fino Remanente	900
		Ton Extraído	60.515
24W57	Ton Remanente	79.396	
	%Cu Remanente	1,108	
	Cu Fino Remanente	880	
	Ton Extraído	58.541	
25E57	Ton Remanente	76.491	
	%Cu Remanente	1,096	
	Cu Fino Remanente	839	
	Ton Extraído	64.298	
25W57	Ton Remanente	143	
	%Cu Remanente	0,711	
	Cu Fino Remanente	1	
	Ton Extraído	151.579	
26E57	Ton Remanente	4.954	
	%Cu Remanente	0,801	
	Cu Fino Remanente	40	
	Ton Extraído	140.063	
26W57	Ton Remanente	1.008	
	%Cu Remanente	0,851	
	Cu Fino Remanente	9	
	Ton Extraído	145.954	
27E57	Ton Remanente	12.138	
	%Cu Remanente	0,792	
	Cu Fino Remanente	96	
	Ton Extraído	146.201	
27W57	Ton Remanente	22.103	
	%Cu Remanente	0,873	
	Cu Fino Remanente	193	
	Ton Extraído	142.151	
28E57	Ton Remanente	507	
	%Cu Remanente	0,778	
	Cu Fino Remanente	4	
	Ton Extraído	150.038	
28W57	Ton Remanente	3.529	
	%Cu Remanente	0,831	
	Cu Fino Remanente	29	
	Ton Extraído	140.609	

	29E57	Ton Remanente	9.770
		%Cu Remanente	0,802
		Cu Fino Remanente	78
		Ton Extraído	134.145
Ton Remanente 57			2.248.304
%Cu Remanente 57			1,210
Cu Fino Remanente 57			27.209
Ton Extraído 57			36.284
Total Ton Remanente			6.926.336
Total %Cu Remanente			1,204
Total Cu Fino Remanente			83.403
Total Ton Extraído			39.198

ANEXO C. Costo diferencial operación LHD en área colapsada

FLOTA LHD 7 yd3

		CASO PLAN	COLAPSO
Distancia Media	mts	30,0	80,0
Vel. Media	km/hr	5,0	5,0
t° tte	min	0,72	1,92
t° carguio	min	0,8	0,8
t° descarga	min	1,2	1,2
ciclo	min	2,7	3,9
paladas por hora	un	22,1	15,3
Capacidad	ton	7,3	7,3
ton x hora efectiva	ton	161,0	111,7
Disponibilidad		85%	85%
Utilización		68%	68%
Rendimiento Medio	ton/hr	93,1	64,6
Ritmo Producción	ton/dia	2600	2600
Parque Teórico		1,2	1,7
Parque Real		1	2
N° Equipos Operativos		1,0	1,4

Costo Extracción

Descripción	Unidad		
Dotación (fr=1,28)	c/u	3,8	5,5
Costo por Operador	(US\$/mes)	2500	2500
Producción Mensual	(ton/mes)	78000	78000
Costo MO	(US\$/ton)	0,12	0,18
Rendimiento operativos	(ton/Hr op)	136,9	95,0
Costo Horario LHD	(US\$/hr)	26,06	26,06
Costo Unitario LHD	(US\$/ton)	0,28	0,40
Total Costo extracción	(US\$/ton)	0,40	0,58
Diferencia Colpaso-PM	(US\$/ton)		0,18

ANEXO D. Análisis Extracción III Panel L.H.D. AREA 9 COLAPSO

ANÁLISIS III PANEL L.H.D. AREA X COLAPSO (T. M. S.)										
FECHA : FEBRERO 2007										
GPS	Tons. Extraíbles	Ley Extraíble	Tons. Mes	Ley Mes		Extracc. a Fecha	Ley a Fecha	% Extracc.	% Ley	
CP - 55	1195000	1.156	118	1.143		118	1.143	0.01	96.88	
CP - 57	1371000	1.123	1879	0.934		1879	0.934	0.14	83.17	
TOTAL	2,566,000	1.138	1997	0.946		1,997	0.946	0.08	83.13	
ANÁLISIS III PANEL L.H.D. AREA X COLAPSO (T. M. S.)										
FECHA : MARZO 2007										
GPS	Tons. Extraíbles	Ley Extraíble	Tons. Mes	Ley Mes		Extracc. a Fecha	Ley a Fecha	% Extracc.	% Ley	
CP - 55	1195000	1.156	22077	1.202		22195	1.202	1.86	103.95	
CP - 57	1371000	1.123	37284	1.060		39163	1.054	2.86	93.85	
TOTAL	2,566,000	1.138	59361	1.113		61,358	1.107	2.39	97.28	
ANÁLISIS III PANEL L.H.D. AREA X COLAPSO (T. M. S.)										
FECHA : ABRIL 2007										
GPS	Tons. Extraíbles	Ley Extraíble	Tons. Mes	Ley Mes		Extracc. a Fecha	Ley a Fecha	% Extracc.	% Ley	
CP - 55	1195000	1.156	31444	1.186		53639	1.192	4.49	103.16	
CP - 57	1371000	1.123	32116	1.085		71279	1.068	5.20	95.10	
TOTAL	2566000	1.138	63560	1.135		124918	1.121	4.87	98.51	
ANÁLISIS III PANEL L.H.D. AREA X COLAPSO (T. M. S.)										
FECHA : MAYO 2007										
GPS	Tons. Extraíbles	Ley Extraíble	Tons. Mes	Ley Mes		Extracc. a Fecha	Ley a Fecha	% Extracc.	% Ley	
CP - 55	1195000	1.156	57965	1.228		111604	1.211	9.34	104.75	
CP - 57	1371000	1.123	64267	1.204		135546	1.132	9.89	100.84	
TOTAL	2566000	1.138	122232	1.215		247150	1.168	9.63	102.59	
ANÁLISIS III PANEL L.H.D. AREA X COLAPSO (T. M. S.)										
FECHA : JUNIO 2007										
GPS	Tons. Extraíbles	Ley Extraíble	Tons. Mes	Ley Mes		Extracc. a Fecha	Ley a Fecha	% Extracc.	% Ley	
CP - 55	1195000	1.156	74949	1.269		186553	1.234	15.61	106.77	
CP - 57	1371000	1.123	76163	1.204		211709	1.158	15.44	103.13	
TOTAL	2,566,000	1.138	151112	1.236		398,262	1.194	15.52	104.87	
ANÁLISIS III PANEL L.H.D. AREA X COLAPSO (T. M. S.)										
FECHA : JULIO 2007										
GPS	Tons. Extraíbles	Ley Extraíble	Tons. Mes	Ley Mes		Extracc. a Fecha	Ley a Fecha	% Extracc.	% Ley	
CP - 55	1195000	1.156	79560	1.270		266113	1.245	22.27	107.69	
CP - 57	1371000	1.123	96261	1.185		307970	1.167	22.46	103.88	
TOTAL	2,566,000	1.138	175821	1.223		574,083	1.203	22.37	105.67	
ANÁLISIS III PANEL L.H.D. AREA X COLAPSO (T. M. S.)										
FECHA : AGOSTO 2007										
GPS	Tons. Extraíbles	Ley Extraíble	Tons. Mes	Ley Mes		Extracc. a Fecha	Ley a Fecha	% Extracc.	% Ley	
CP - 55	1195000	1.156	68248	1.243		334361	1.245	27.98	107.66	
CP - 57	1371000	1.123	68206	1.133		376176	1.160	27.44	103.34	
TOTAL	2,566,000	1.138	136454	1.188		710,537	1.200	27.69	105.42	
ANÁLISIS III PANEL L.H.D. AREA X COLAPSO (T. M. S.)										
FECHA : SEPTIEMBRE 2007										
GPS	Tons. Extraíbles	Ley Extraíble	Tons. Mes	Ley Mes		Extracc. a Fecha	Ley a Fecha	% Extracc.	% Ley	
CP - 55	1195000	1.156	70635	1.232		404996	1.242	33.89	107.47	
CP - 57	1371000	1.123	85219	1.166		461395	1.162	33.65	103.43	
TOTAL	2,566,000	1.138	155854	1.196		866,391	1.199	33.76	105.35	
ANÁLISIS III PANEL L.H.D. AREA X COLAPSO (T. M. S.)										
FECHA : OCTUBRE 2007										
GPS	Tons. Extraíbles	Ley Extraíble	Tons. Mes	Ley Mes		Extracc. a Fecha	Ley a Fecha	% Extracc.	% Ley	
CP - 55	1195000	1.156	40321	1.276		445317	1.245	37.27	107.73	
CP - 57	1371000	1.123	58308	1.158		519703	1.161	37.91	103.39	
TOTAL	2,566,000	1.138	98629	1.206		965,020	1.200	37.61	105.41	
ANÁLISIS III PANEL L.H.D. AREA X COLAPSO (T. M. S.)										
FECHA : NOVIEMBRE 2007										
GPS	Tons. Extraíbles	Ley Extraíble	Tons. Mes	Ley Mes		Extracc. a Fecha	Ley a Fecha	% Extracc.	% Ley	
CP - 55	1195000	1.156	87140	1.251		532457	1.246	44.56	107.81	
CP - 57	1371000	1.123	18446	1.188		538149	1.162	39.25	103.48	
TOTAL	2,566,000	1.138	105586	1.240		1,070,606	1.204	41.72	105.76	
ANÁLISIS III PANEL L.H.D. AREA X COLAPSO (T. M. S.)										
FECHA : DICIEMBRE 2007										
GPS	Tons. Extraíbles	Ley Extraíble	Tons. Mes	Ley Mes		Extracc. a Fecha	Ley a Fecha	% Extracc.	% Ley	
CP - 55	1195000	1.156	35240	1.142		567697	1.240	47.51	107.25	
CP - 57	1371000	1.123	46976	1.158		585125	1.162	42.68	103.45	
TOTAL	2,566,000	1.138	82216	1.151		1,152,822	1.200	44.93	105.43	

ANALISIS III PANEL L.H.D. AREA X COLAPSO (T. M. S.)									
FECHA : ENERO 2008									
GPS	Tons. Extraible	Ley Extraible	Tons. Mes	Ley Mes	Extracc. a Fecha	Ley a Fecha	% Extracc.	% Ley	
CP - 55	1195000	1.156	42632	1.175	610329	1.235	51.07	106.86	
CP - 57	1371000	1.123	29677	1.198	614802	1.163	44.84	103.80	
TOTAL	2,566,000	1.138	72309	1.184	1,225,131	1.199	47.74	105.35	

ANALISIS III PANEL L.H.D. AREA X COLAPSO (T. M. S.)									
FECHA : FEBRERO 2008									
GPS	Tons. Extraible	Ley Extraible	Tons. Mes	Ley Mes	Extracc. a Fecha	Ley a Fecha	% Extracc.	% Ley	
CP - 55	1195000	1.156	67461	1.098	677790	1.222	56.72	105.68	
CP - 57	1371000	1.123	57359	1.076	672161	1.156	49.03	102.94	
TOTAL	2,566,000	1.138	124820	1.088	1,349,951	1.189	52.61	104.44	

ANALISIS III PANEL L.H.D. AREA X COLAPSO (T. M. S.)									
FECHA : MARZO 2008									
GPS	Tons. Extraible	Ley Extraible	Tons. Mes	Ley Mes	Extracc. a Fecha	Ley a Fecha	% Extracc.	% Ley	
CP - 55	1195000	1.156	68513	1.082	746303	1.209	62.45	104.57	
CP - 57	1371000	1.123	31639	1.011	703800	1.149	51.33	102.36	
TOTAL	2,566,000	1.138	100152	1.060	1,450,103	1.180	56.51	103.66	

ANALISIS III PANEL L.H.D. AREA X COLAPSO (T. M. S.)									
FECHA : ABRIL 2008									
GPS	Tons. Extraible	Ley Extraible	Tons. Mes	Ley Mes	Extracc. a Fecha	Ley a Fecha	% Extracc.	% Ley	
CP - 55	1195000	1.156	12177	1.107	758480	1.207	63.47	104.43	
CP - 57	1371000	1.123	31140	1.107	734940	1.148	53.61	102.20	
TOTAL	2,566,000	1.138	43317	1.107	1,493,420	1.178	58.20	103.47	

ANALISIS III PANEL L.H.D. AREA X COLAPSO (T. M. S.)									
FECHA : MAYO 2008									
GPS	Tons. Extraible	Ley Extraible	Tons. Mes	Ley Mes	Extracc. a Fecha	Ley a Fecha	% Extracc.	% Ley	
CP - 55	1195000	1.156	46741	1.098	805221	1.201	67.38	103.88	
CP - 57	1371000	1.123	52127	1.070	787067	1.143	57.41	101.74	
TOTAL	2,566,000	1.138	98868	1.083	1,592,288	1.172	62.05	102.96	

ANALISIS III PANEL L.H.D. AREA X COLAPSO (T. M. S.)									
FECHA : JUNIO 2008									
GPS	Tons. Extraible	Ley Extraible	Tons. Mes	Ley Mes	Extracc. a Fecha	Ley a Fecha	% Extracc.	% Ley	
CP - 55	1195000	1.156	64520	1.100	869741	1.193	72.78	103.23	
CP - 57	1371000	1.123	67198	1.072	854265	1.137	62.31	101.25	
TOTAL	2,566,000	1.138	131718	1.086	1,724,006	1.165	67.19	102.38	

ANALISIS III PANEL L.H.D. AREA X COLAPSO (T. M. S.)									
FECHA : JULIO 2008									
GPS	Tons. Extraible	Ley Extraible	Tons. Mes	Ley Mes	Extracc. a Fecha	Ley a Fecha	% Extracc.	% Ley	
CP - 55	1195000	1.156	40159	1.065	909900	1.188	76.14	102.74	
CP - 57	1371000	1.123	45344	1.097	899609	1.135	65.62	101.07	
TOTAL	2,566,000	1.138	85503	1.082	1,809,509	1.161	70.52	102.03	

ANALISIS III PANEL L.H.D. AREA X COLAPSO (T. M. S.)									
FECHA : AGOSTO 2008									
GPS	Tons. Extraible	Ley Extraible	Tons. Mes	Ley Mes	Extracc. a Fecha	Ley a Fecha	% Extracc.	% Ley	
CP - 55	1195000	1.156	44521	1.105	954421	1.184	79.87	102.41	
CP - 57	1371000	1.123	39804	1.051	939413	1.131	68.52	100.75	
TOTAL	2,566,000	1.138	84325	1.080	1,893,834	1.158	73.80	101.71	

ANALISIS III PANEL L.H.D. AREA X COLAPSO (T. M. S.)									
FECHA : SEPTIEMBRE 2008									
GPS	Tons. Extraible	Ley Extraible	Tons. Mes	Ley Mes	Extracc. a Fecha	Ley a Fecha	% Extracc.	% Ley	
CP - 55	1195000	1.156	31562	1.052	985983	1.180	82.51	102.04	
CP - 57	1371000	1.123	47306	1.025	986719	1.126	71.97	100.29	
TOTAL	2,566,000	1.138	78868	1.036	1,972,702	1.153	76.88	101.28	

ANALISIS III PANEL L.H.D. AREA X COLAPSO (T. M. S.)									
FECHA : OCTUBRE 2008									
GPS	Tons. Extraible	Ley Extraible	Tons. Mes	Ley Mes	Extracc. a Fecha	Ley a Fecha	% Extracc.	% Ley	
CP - 55	1195000	1.156	42354	0.964	1028337	1.171	86.05	101.28	
CP - 57	1371000	1.123	40149	0.980	1026868	1.121	74.90	99.79	
TOTAL	2,566,000	1.138	82503	0.972	2,055,205	1.146	80.09	100.64	

ANALISIS III PANEL L.H.D. AREA X COLAPSO (T. M. S.)									
FECHA : NOVIEMBRE 2008									
GPS	Tons. Extraible	Ley Extraible	Tons. Mes	Ley Mes	Extracc. a Fecha	Ley a Fecha	% Extracc.	% Ley	
CP - 55	1195000	1.156	40259	1.086	1068596	1.168	89.42	101.00	
CP - 57	1371000	1.123	33425	1.052	1060293	1.118	77.34	99.59	
TOTAL	2,566,000	1.138	73684	1.071	2,128,889	1.143	82.97	100.41	

ANALISIS III PANEL L.H.D. AREA X COLAPSO (T. M. S.)									
FECHA : DICIEMBRE 2008									
GPS	Tons. Extraible	Ley Extraible	Tons. Mes	Ley Mes	Extracc. a Fecha	Ley a Fecha	% Extracc.	% Ley	
CP - 55	1195000	1.156	25837	1.133	1094433	1.167	91.58	100.93	
CP - 57	1371000	1.123	19654	1.087	1079947	1.118	78.77	99.54	
TOTAL	2,566,000	1.138	45491	1.113	2,174,380	1.142	84.74	100.36	

ANALISIS III PANEL L.H.D. AREA X COLAPSO (T. M. S.)									
FECHA : ENERO 2009									
GP'S	Tons. Extraible	Ley Extraible	Tons. Mes	Ley Mes		Extracc. a Fecha	Ley a Fecha	% Extracc.	% Ley
CP - 55	1195000	1.156	909	0.995		1095342	1.167	91.66	100.92
CP - 57	1371000	1.123	200	1.077		1080147	1.118	78.79	99.54
TOTAL	2566000	1.138	1109	1.010		2175489	1.142	84.78	100.35

ANALISIS III PANEL L.H.D. AREA X COLAPSO (T. M. S.)									
FECHA : FEBRERO 2009									
GP'S	Tons. Extraible	Ley Extraible	Tons. Mes	Ley Mes		Extracc. a Fecha	Ley a Fecha	% Extracc.	% Ley
CP - 55	1195000	1.156	29908	1.046		1125250	1.163	94.16	100.64
CP - 57	1371000	1.123	41721	1.095		1121868	1.117	81.83	99.47
TOTAL	2566000	1.138	71629	1.075		2247118	1.140	87.57	100.16

ANALISIS III PANEL L.H.D. AREA X COLAPSO (T. M. S.)									
FECHA : MARZO 2009									
GP'S	Tons. Extraible	Ley Extraible	Tons. Mes	Ley Mes		Extracc. a Fecha	Ley a Fecha	% Extracc.	% Ley
CP - 55	1195000	1.156	35035	1.018		1160285	1.159	97.09	100.26
CP - 57	1371000	1.123	28847	0.987		1150715	1.114	83.93	99.18
TOTAL	2,566,000	1.138	63882	1.004		2,311,000	1.136	90.06	99.83

ANALISIS III PANEL L.H.D. AREA X COLAPSO (T. M. S.)									
FECHA : ABRIL 2009									
GP'S	Tons. Extraible	Ley Extraible	Tons. Mes	Ley Mes		Extracc. a Fecha	Ley a Fecha	% Extracc.	% Ley
CP - 55	1195000	1.156	30572	0.963		1190857	1.154	99.65	99.82
CP - 57	1371000	1.123	33768	0.947		1184483	1.109	86.40	98.75
TOTAL	2566000	1.138	64340	0.955		2375340	1.132	92.57	99.40

ANALISIS III PANEL L.H.D. AREA X COLAPSO (T. M. S.)									
FECHA : MAYO 2009									
GP'S	Tons. Extraible	Ley Extraible	Tons. Mes	Ley Mes		Extracc. a Fecha	Ley a Fecha	% Extracc.	% Ley
CP - 55	1195000	1.156	33422	1.028		1224279	1.151	102.45	99.53
CP - 57	1371000	1.123	43397	1.033		1227880	1.106	89.56	98.51
TOTAL	2,566,000	1.138	76819	1.031		2,452,159	1.128	95.56	99.12

ANALISIS III PANEL L.H.D. AREA X COLAPSO (T. M. S.)									
FECHA : JUNIO 2009									
GP'S	Tons. Extraible	Ley Extraible	Tons. Mes	Ley Mes		Extracc. a Fecha	Ley a Fecha	% Extracc.	% Ley
CP - 55	1195000	1.156	37461	0.978		1261740	1.145	105.58	99.08
CP - 57	1371000	1.123	8521	1.028		1236401	1.106	90.18	98.46
TOTAL	2566000	1.138	45982	0.987		2498141	1.126	97.36	98.89

ANALISIS III PANEL L.H.D. AREA X COLAPSO (T. M. S.)									
FECHA : JULIO 2009									
GP'S	Tons. Extraible	Ley Extraible	Tons. Mes	Ley Mes		Extracc. a Fecha	Ley a Fecha	% Extracc.	% Ley
CP - 55	1195000	1.156	22048	0.915		1283788	1.141	107.43	98.74
CP - 57	1371000	1.123	28904	1.056		1265305	1.105	92.29	98.36
TOTAL	2,566,000	1.138	50952	0.995		2,549,093	1.123	99.34	98.67

ANALISIS III PANEL L.H.D. AREA X COLAPSO (T. M. S.)									
FECHA : AGOSTO 2009									
GP'S	Tons. Extraible	Ley Extraible	Tons. Mes	Ley Mes		Extracc. a Fecha	Ley a Fecha	% Extracc.	% Ley
CP - 55	1195000	1.156	20629	0.932		1304417	1.138	109.16	98.45
CP - 57	1371000	1.123	18005	0.993		1283310	1.103	93.60	98.22
TOTAL	2,566,000	1.138	38634	0.960		2,587,727	1.121	100.85	98.45

ANALISIS III PANEL L.H.D. AREA 9 COLAPSO (T. M. S.)									
FECHA : SEPTIEMBRE 2009									
GP'S	Tons. Extraible	Ley Extraible	Tons. Mes	Ley Mes		Extracc. a Fecha	Ley a Fecha	% Extracc.	% Ley
CP - 55	1195000	1.156	5685	0.927		1310102	1.137	109.63	98.38
CP - 57	1371000	1.123	7211	0.977		1290521	1.102	94.13	98.16
TOTAL	2,566,000	1.138	12896	0.955		2,600,623	1.120	101.35	98.38

PUNTOS	feb-07	mar-07	abr-07	may-07	jun-07	jul-07	ago-07	sep-07	oct-07	nov-07	dic-07	ene-08	feb-08	mar-08	abr-08	may-08	jun-08	jul-08	ago-08	sep-08	oct-08	nov-08	dic-08	ene-09	feb-09	mar-09	abr-09	may-09	jun-09	jul-09	ago-09	sep-09	TOTAL	% EXTRACC
56X16E	3.459	4.134	4.875	3.083	3.407	3.292	4.305	2.743	3.310	1.372	2.256	3.594	3.352	624	2.611	3.973	2.059	2.392	2.029	2.671	2.360	1.158	54	2.494	2.600	1.833	1.129	523	0	21	0	71881	98,26	
56X16W	4.899	4.945	5.345	3.083	2.859	3.184	3.761	1.888	3.698	771	2.241	3.650	3.328	585	2.485	3.880	1.893	2.118	948	1.419	1.746	834	0	1.945	1.054	1.625	981	668	1.720	473	68999	98,36		
56X17E	5.127	4.151	5.478	3.388	3.439	4.151	5.424	2.852	4.741	1.757	3.035	4.022	4.428	807	2.948	4.280	2.698	2.859	2.345	3.377	3.394	1.752	15	1.739	1.412	1.741	1.653	1.550	15	14	0	84865	113,36	
56X17W	4.489	3.650	5.303	3.995	3.565	3.342	3.682	1.954	3.714	778	2.078	3.784	2.921	599	2.392	3.871	1.876	2.004	1.937	1.325	1.731	885	0	2.700	2.428	1.687	3.211	1.638	1.268	1.412	430	74088	99,19	
56X18W	4.103	5.182	4.296	5.116	4.001	3.644	3.954	1.355	4.201	1.919	2.554	3.454	3.780	422	2.873	3.571	2.234	2.280	1.742	2.237	982	798	0	2.628	2.349	1.702	1.930	1.584	983	1.348	179	77146	103,28	
56X19E	4.659	5.463	4.021	4.097	4.481	3.658	2.658	5.723	2.427	2.765	1.362	4.812	892	3.403	4.995	2.930	3.219	2.396	2.996	2.967	1.879	64	1.800	3.325	2.245	597	2.400	2.018	870	380	88646	118,69		
56X19W	1.699	2.316	5.458	4.419	3.683	4.045	2.128	4.469	1.811	2.296	3.879	4.005	585	2.642	3.300	1.925	2.486	1.419	2.271	1.628	1.292	23	2.227	2.286	2.003	2.905	2.938	1.238	1.398	398	73289	98,12		
56X20E	4.024	1.896	5.093	5.664	4.207	6.331	3.184	8.788	3.013	4.002	4.750	4.514	937	3.626	4.929	3.035	3.159	2.837	3.531	3.020	2.296	108	2.501	3.325	2.326	2.650	3.222	2.206	2.967	837	106684	142,83		
56X20W	2.777	4.312	3.741	4.173	4.549	2.346	5.175	2.165	2.820	4.497	3.613	607	3.699	4.105	2.046	2.630	1.154	2.853	1.954	1.364	1.353	15	1.868	2.167	1.009	4.362	2.508	1.635	442	50	74044	99,62		
56X21W	1.133	4.088	3.327	3.943	3.916	1.691	4.696	2.089	3.338	4.220	3.621	687	2.587	3.754	2.424	2.784	919	3.813	1.948	1.958	77	1.940	2.458	1.309	2.905	2.338	1.020	2.325	215	73640	98,59			
56X22E	1.594	5.227	6.823	5.421	5.243	1.254	6.339	3.998	3.662	4.964	4.950	1922	3.834	3.656	2.949	3.959	970	277	1.191	2.458	123	1.174	1.689	2.203	1.085	2.623	2.191	749	251	79192	104,01			
56X22W	1.779	5.652	5.737	4.273	3.926	2.767	6.514	2.427	2.040	3.571	6.250	697	4.981	4.295	2.838	2.951	2.345	3.602	2.405	2.199	46	1.403	2.286	2.149	2.738	3.161	1.418	2.353	501	89285	114,19			
56X23E	3.155	5.603	3.961	6.761	6.979	3.652	7.361	3.466	2.380	3.299	1.088	997	3.658	4.759	3.070	3.359	3.198	2.620	4.825	1.696	62	1.342	2.040	2.295	2.262	3.161	1.835	1.776	156	97291	130,28			
56X23W	1.771	4.525	6.991	4.581	6.935	2.907	6.438	2.699	2.194	4.212	4.231	637	2.423	3.915	2.775	3.197	2.455	3.628	3.797	1.761	85	1.350	1.913	2.157	1.830	3.146	1.898	927	623	84741	113,46			
56X24E	3.608	6.108	8.833	5.995	4.912	3.982	7.473	3.090	3.369	5.059	5.281	944	4.709	4.002	3.344	3.785	3.374	2.533	4.503	1.972	85	1.891	2.406	2.542	2.010	3.562	2.153	2.175	866	99252	133,25			
56X24W	1.395	5.432	8.838	4.514	3.035	2.595	6.651	2.897	1.700	4.125	4.251	757	2.164	4.038	2.954	2.654	2.124	2.911	2.233	1.777	162	1.106	1.300	1.741	575	1.977	1.463	1.094	566	72237	99,39			
57X16E	882	6.982	3.411	5.546	3.165	2.572	3.059	3.842	2.790	601	1.796	1.066	1.908	500	1.012	2.172	2.927	1.672	1.349	2.271	1.536	974	258	0	1.182	1.853	1.448	1.027	199	823	863	193	89708	74,04
57X16W	1.055	3.867	6.134	3.345	3.927	3.500	2.188	2.112	297	1.849	850	1.728	1.107	1.281	2.117	3.344	1.844	1.572	1.580	1.106	1.094	125	0	2.639	1.931	1.171	881	0	375	235	115	52847	84,54	
57X16E	626	7.987	3.878	5.471	4.602	6.721	3.550	3.840	2.915	947	2.350	1.105	2.787	830	1.084	2.599	3.669	2.210	1.706	2.448	2.271	1.073	239	0	3.072	2.137	2.057	2.078	201	846	428	79	76995	93,97
57X16W	2.785	3.417	5.991	4.598	5.004	3.317	3.335	2.003	350	1.310	611	2.086	1.122	1.057	3.003	3.351	3.386	1.862	2.168	1.917	982	211	1.777	1.997	1.046	422	82	413	257	190	84500	91,12		
57X17E	381	8.042	4.213	5.832	3.589	7.408	3.974	6.252	3.408	997	2.782	1.507	2.779	1.330	1.042	2.788	3.754	2.417	1.960	2.529	1.883	1.559	665	0	1.754	1.083	2.111	2.432	623	1.920	849	193	82891	101,79
57X17W	2.619	3.238	5.688	3.952	3.855	3.802	3.745	2.182	533	1.549	904	2.264	3.291	1.549	2.485	3.154	4.208	1.617	2.117	1.150	992	368	0	1.701	1.121	1.279	799	4	38	0	54262	68,60		
57X18E	7.914	5.768	6.604	3.927	5.839	4.440	5.953	3.452	928	2.897	2.078	3.660	1.645	1.649	2.869	3.995	3.021	2.340	3.080	2.809	1.169	1.245	0	3.935	1.778	2.580	3.524	1.131	2.738	1.227	236	84256	116,87	
57X19E	1.648	2.835	4.329	6.777	4.855	6.134	3.897	1.377	3.213	2.132	3.895	2.188	2.121	2.984	4.376	3.400	2.978	3.153	2.969	2.218	1.629	39	4.583	1.494	2.550	4.427	1.123	3.113	1.661	569	88014	109,14		
57X19W	293	4.919	3.992	3.621	6.190	4.809	3.969	1.689	2.989	1.306	2.797	1.763	2.051	3.222	4.376	2.788	2.477	1.645	1.296	751	0	1.307	1.979	1.741	1.027	209	643	298	201	60781	75,37			
57X20E	1.754	4.662	6.238	4.398	6.504	4.045	1.423	3.406	2.287	1.610	2.429	2.368	3.340	4.500	3.562	2.861	3.197	3.391	2.930	1.278	59	4.804	2.443	2.557	3.837	1.177	3.323	1.804	816	89382	110,83			
57X20W	2.417	2.492	3.738	6.220	4.307	5.982	3.141	1.119	2.969	1.819	3.531	1.946	4.126	4.427	2.944	2.735	2.867	2.962	1.941	1.941	3.323	0	1.548	1.430	1.933	1.201	1.388	713	1.249	737	9123	91,23		
57X21E	1.771	4.076	4.707	4.647	3.969	3.788	1.286	3.745	3.237	4.441	2.798	2.750	3.459	4.493	3.450	3.465	3.513	1.970	3.537	2.223	39	2.298	3.392	2.916	2.221	1.901	3.811	2.375	1.129	1.129	90106	111,73		
57X21W	1.578	5.313	6.443	3.508	6.158	3.634	1.362	2.959	1.816	3.531	2.329	1.659	2.579	3.739	2.333	2.414	2.734	2.998	1.274	767	0	1.243	1.330	1.633	1.726	362	968	906	415	68137	84,49			
57X22E	2.262	5.880	7.334	4.814	6.307	4.325	1.583	3.992	2.418	4.798	2.875	3.132	3.763	4.522	3.877	3.003	3.654	3.854	4.578	3.452	39	1.250	2.047	2.365	1.624	399	2.731	2.453	1.325	69999	122,38			
57X22W	2.056	5.193	6.443	3.307	3.532	4.201	1.499	3.144	2.001	4.160	2.182	1.011	3.011	3.995	3.225	2.474	2.515	2.409	1.235	861	0	2.598	1.225	972	2.388	308	818	414	172	79416	97,37			
57X23E	2.812	5.800	7.353	5.487	7.182	4.888	1.431	3.853	2.480	5.114	3.082	2.688	3.685	4.302	3.625	3.674	3.903	3.269	3.949	3.233	46	4.607	1.860	2.349	4.638	1.108	4.148	2.710	1.031	104935	128,43			
57X23W	2.996	5.141	6.700	3.251	6.110	3.704	1.324	3.144	2.071	4.244	2.181	1.678	3.428	4.280	2.964	2.377	2.830	2.820	2.225	2.225	0	1.236	1.796	2.267	2.835	238	870	827	372	72462	99,89			
TOTAL	1.997	59.361	63.560	122.232	151.111																													