



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

**PROPUESTA MODELO GESTIÓN PARA PRODUCCIÓN DE MINERAL TIPO
BARRO, MINERAL EL TENIENTE**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN
GESTIÓN Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS**

RODRIGO EUSEBIO CONTRERAS ROJAS

**PROFESOR GUÍA
GERARDO DIAZ RODENAS**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN
JACQUES IVES CLERC PARADA
MARISOL ESPINOSA MEJÍA**

**SANTIAGO DE CHILE
2018**

RESUMEN

La industria minera a lo largo de su historia ha tenido dificultades técnicas y económicas. Uno de los problemas técnicos de la División el Teniente corresponde a la entrada de mineral húmedo tipo barro a la zona de explotación, generando pérdida de área productiva y reservas sin extraer. Dado que los recursos mineros no son infinitos, existe la necesidad de incorporar reservas remanentes tipo barro a los planes de negocio de manera robusta y confiable. El objetivo del presente trabajo es proponer un modelo de gestión de extracción de mineral tipo barro para la División el Teniente, junto con una valoración económica de la explotación de reservas en barro factibles de extraer.

La metodología consiste en identificar y calcular las reservas en barro disponibles, recopilar experiencias de extracción de barro tanto locales como internacionales, mostrar y analizar el modelo de gestión de extracción actual, proponer un modelo de gestión de extracción de barro y finalizar con evaluar económicamente mediante VAN y TIR de los sectores potenciales de producción de barro.

Como resultados obtenemos reservas de barro potenciales de 12.7 Mton a una Ley de 1.07%CuT. Con respecto a la extracción, existen experiencias no satisfactorias de extracción de barro en División en Teniente, en cambio a nivel internacional con muy buenos resultados (PT Freeport). El modelo actual de gestión de extracción es robusto pero sin un enfoque de extracción para mineral tipo barro, dejando administrativamente este proceso sin respaldo organizacional y dependiente de otras unidades operativas.

El modelo de gestión propuesto asigna una estructura organizacional para el barro, esta se llama “Dirección del Barro”, con dos unidades, una operativa y otra de estudios, dependiente de Gerencia Minas, Gerencia Recursos Minero y Desarrollo. Un proceso con KPIS específicos para el barro, teniendo un modelo óptimo para el cumplimiento de metas más exigentes a incorporar en los Planes de Negocio futuros. Considerando un plan de producción de barro en tres sectores potenciales, se obtiene un VAN global de KUS\$ 96.078 y una TIR de 116%, influenciado principalmente por el bajo costo de inversión inicial (sectores ya construidos y sólo gastos en implementación tecnológica en equipos y en infraestructura minera).

Los pasos a seguir es la actualización de las reservas remanentes de barro (aumenta su presencia en el tiempo) y ampliar el estudio del modelo a otras gerencias como la de planta, porque hasta el momento no se ha realizado estudios para analizar el impacto operacional y su posible solución de mineral fino (proveniente del barro) en procesos de metalurgia extractiva.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	2
1.1.1 Objetivo General.....	2
1.1.2 Objetivos Específico.....	2
1.2 METODOLOGÍA.....	2
1.3 Antecedentes Teóricos.....	3
1.3.1 Modelo basado en procesos en los modelos de gestión.....	4
1.3.2 Norma ISO 9001.....	5
2. ESTRATEGIA OPERACIONAL Y PRODUCTIVA DE LA DIVISIÓN EL TENIENTE.....	6
2.1 Ubicación y Activos.....	6
2.2 Misión y Carta de Valores.....	7
2.3 Distribución Organizacional.....	8
2.4 Plan de Negocios PND 2018.....	10
3. MINERAL TIPO BARRO.....	12
3.1 Definición y Caracterización.....	12
3.2 Extracción Mineral Tipo Barro.....	16
3.3 Aspectos Seguridad Mineral Tipo Barro.....	16
3.4 Reservas en Estado Barro.....	18
3.4.1 Reservas Norte.....	19
3.4.2 Diablo Regimiento.....	21
3.4.3 Esmeralda Sur.....	23
3.4.4 Total Reservas.....	25
4. EXTRACCIÓN AGUA BARRO: Experiencias Locales e Internacionales.....	26
4.1 Experiencias El Teniente.....	26
4.1.1 Extracción Barro Fase I año 2011.....	26
4.1.2 Extracción Barro Fase II año 2018.....	27
4.2 Experiencias Internacionales.....	29
4.3 Comparaciones y Lecciones Aprendidas.....	31

5.	MODELO ACTUAL DE GESTIÓN DE EXTRACCIÓN DIVISIÓN EL TENIENTE	32
5.1	Gestión de Procesos Extracción Actual.	32
5.1.1	Estructura Organizacional	32
5.1.2	Roles GRMD-GMIN-GSEG	36
5.1.3	Interacción GRMD-GMIN-GSEG	37
5.2	Análisis y Comentarios	38
6.	PROPUESTA DE MODELO DE GESTIÓN EXTRACCIÓN DE BARRO	39
6.1	Mapa Estratégico del Modelo	39
6.2	Estructura Organizacional Propuesta	40
6.3	Proceso Extracción de Barro	44
6.3.1	Variables de Entrada	45
6.3.2	Actividades relevantes	45
6.3.3	Variables de Salida	47
6.3.4	Clientes	47
6.4	Mejora Continua	48
6.5	Modelo de Gestión aplicado a Sectores Potenciales	50
7.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	51
7.1	Sectores a Evaluar	51
7.2	Criterios de Evaluación	52
7.3	Perfil Productivo	54
7.4	Evaluación Económica	55
7.4.1	Reservas Norte	55
7.4.2	Esmeralda	57
7.4.3	Diablo Regimiento	60
7.4.4	Resumen Evaluación Económica	62
8.	CONCLUSIÓN	63
	BIBLIOGRAFÍA	65
	ANEXOS	66
	Anexo A – Estándar de Control de Fatalidades ECF - N° 15 Agua Barro	66
	Anexo B – Modelo Actual de Gestión de Extracción División El Teniente	70

Anexo C – Evaluación Económica 72

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: RECURSOS MINERALES EXTRAÍBLES PND 2018 (FUENTE: INFORME DEL PROCESO PLANIFICACIÓN ANUAL PND PQ 2018, EL TENIENTE).....	11
TABLA 2: MATRIZ DE CRITICIDAD CODELCO.	13
TABLA 3: EVENTOS DE BOMBEO MINA EL TENIENTE 1989-2010	14
TABLA 4: PRODUCCIÓN PND 2018 BARRO	16
TABLA 5: PRODUCCIÓN PND 2018 MINA RESERVAS NORTE	19
TABLA 6: RESERVAS REMANENTES PUNTOS ESTADO BARRO RESERVAS NORTE	20
TABLA 7: PRODUCCIÓN PND 2018 MINA DIABLO REGIMIENTO	21
TABLA 8: RESERVAS REMANENTES PUNTOS BARRO MINA DIABLO REGIMIENTO.....	22
TABLA 9: RESERVAS REMANENTES POR FASES EN PUNTOS BARRO MINA DIABLO REGIMIENTO.....	22
TABLA 10: PRODUCCIÓN PND 2018 SECTOR BARRO DIABLO REGIMIENTO FASE II.....	23
TABLA 11: PRODUCCIÓN PND 2018 ESMERALDA BLOQUE 1 Y BLOQUE 2.	24
TABLA 12: RESERVAS REMANENTES PUNTOS BARRO MINA ESMERALDA.....	24
TABLA 13: RESUMEN RESERVAS REMANENTES EN ESTADO BARRO	25
TABLA 14: CLASIFICACIÓN DE PUNTO EXTRACCIÓN SEGÚN MINERAL Y TIPO DE EQUIPO A OCUPAR. PT FREEPORT INDONESIA.....	31
TABLA 15: KPIS DEFINIDOS EN PROCESO EXTRACCIÓN BARRO.	47
TABLA 16: ORIENTACIONES COMERCIALES MARZO 2018.....	53
TABLA 17: GASTO INVERSIÓN TELECOMANDO POR LHD.....	53
TABLA 18: COSTOS UNITARIOS PROCESOS MINA Y PLANTA	54
TABLA 19: PLAN MINERO BARRO SECTOR RESERVAS NORTE	56
TABLA 20: FLUJO DE CAJA SECTOR RESERVAS NORTE.....	57
TABLA 21: PLAN MINERO BARRO SECTOR ESMERALDA.....	58
TABLA 22: FLUJO DE CAJA SECTOR ESMERALDA	59
TABLA 23: PLAN MINERO BARRO SECTOR DIABLO REGIMIENTO	60
TABLA 24: FLUJO DE CAJA SECTOR DIABLO REGIMIENTO.....	61
TABLA 25: RESUMEN EVALUACIÓN ECONÓMICA	62
TABLA 26: FORMULARIOS GERENCIA MINA	70
TABLA 27: PRECIOS Y DESCUENTOS DE ORIENTACIONES COMERCIALES PARA EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	72
TABLA 28: COSTOS DE PROCESOS PARA EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: ORGANIGRAMA DIVISIÓN EL TENIENTE (FUENTE: PORTAL DIVISIONAL EL TENIENTE)	8
FIGURA 2: ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL GRMD	33
FIGURA 3: ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL REFERENCIAL GMIN	35
FIGURA 4: ESTRUCTURA DE PROCESOS GMIN.....	35
FIGURA 5: INTERACCIÓN GRMD-GMIN.....	38
FIGURA 6: MODELO GESTIÓN EXTRACCIÓN BARRO	39
FIGURA 7: MAPA ESTRATÉGICO MINA EL TENIENTE.....	40
FIGURA 8: ORGANIGRAMA GMIN PROPUESTO.	41
FIGURA 9: PROCESO EXTRACCIÓN BARRO.....	44
FIGURA 10: PROCESO EXTRACCIÓN BARRO – MEJORAMIENTO CONTINUO.	49
FIGURA 11: ORGANIGRAMA EXTRACCIÓN BARRO.	50

ÍNDICE DE IMÁGENES

IMAGEN 1: SISTEMA DE GESTIÓN COMO HERRAMIENTA PARA OBTENER LOS RESULTADOS ESPERADOS.....	4
IMAGEN 2: MODELO DE GESTIÓN BASADO PROCESOS.....	4
IMAGEN 3: ESQUEMA OPERACIÓN ACTUAL EL TENIENTE (FUENTE: INFORME DEL PROCESO PLANIFICACIÓN ANUAL PND PQ 2018, EL TENIENTE).....	6
IMAGEN 4: VISTA EN PLANTA DE SECTORES PND 2018 (FUENTE: INFORME DEL PROCESO PLANIFICACIÓN ANUAL PND PQ 2018, EL TENIENTE).....	11
IMAGEN 5: MÉTODO PANEL CAVING USADO EN ROCA DURA EN MINA EL TENIENTE (HARTMAN 1992).....	12
IMAGEN 6: MINERAL TIPO BARRO MINA EL TENIENTE.....	13
IMAGEN 7: BOMBEO DE MINERAL TIPO BARRO NIVEL DE PRODUCCIÓN MINA REGIMIENTO OCTUBRE 2007.....	14
IMAGEN 8: TONELAJE EXTRAÍBLE DE UN PUNTO DE EXTRACCIÓN.....	15
IMAGEN 9: TONELAJE REMANENTE POR CIERRE DE PUNTO POR BARRO.....	15
IMAGEN 10: PLAN PND 2018 EXTRACCIÓN AGUA BARRO FASE II DIABLO REGIMIENTO.....	16
IMAGEN 11: DISPOSICIÓN GRÁFICA DE SECTORES CON RESERVAS TIPO BARRO DIABLO REGIMIENTO, ESMERALDA B1 Y RESERVAS NORTE.....	18
IMAGEN 12: ESTADO DE PUNTOS MARZO 2018 RESERVAS NORTE.....	19
IMAGEN 13: DISTRIBUCIÓN DE TONELAJE REMANENTE POR PUNTOS BARRO MINA RESERVAS NORTE.....	20
IMAGEN 14: DISTRIBUCIÓN DE LEYES REMANENTES POR PUNTOS BARRO MINA RESERVAS NORTE.....	20
IMAGEN 15: ESTADO DEL ÁREA MARZO 2018 MINA DIABLO REGIMIENTO.....	21
IMAGEN 16: DISTRIBUCIÓN DE TONELAJE REMANENTE POR PUNTOS BARRO MINA DIABLO REGIMIENTO.....	22
IMAGEN 17: DISTRIBUCIÓN DE LEYES REMANENTES POR PUNTOS BARRO MINA DIABLO REGIMIENTO.....	23
IMAGEN 18: ESTADO DEL ÁREA MARZO 2018 MINA ESMERALDA SUR BLOQUE 1 Y BLOQUE 2.....	24
IMAGEN 19: DISTRIBUCIÓN DE TONELAJE REMANENTE POR PUNTOS BARRO MINA ESMERALDA.....	25
IMAGEN 20: DISTRIBUCIÓN DE LEYES REMANENTES POR PUNTOS BARRO MINA ESMERALDA.....	25
IMAGEN 21: PLAN PND 2018 EXTRACCIÓN AGUA BARRO FASE II DIABLO REGIMIENTO.....	27
IMAGEN 22: EXTRACCIÓN BARRO EL TENIENTE DIABLO REGIMIENTO FASE II PERIODO 2018 (FUENTE GRUPO BARRO 2018).....	28
IMAGEN 23: PUNTOS CON EXTRACCIÓN DE BARRO EN FASE II DIABLO REGIMIENTO MARZO 2018 (FUENTE GRUPO BARRO 2018).....	29

IMAGEN 24: UBICACIÓN MINA PT FREEPORT INDONESIA	29
IMAGEN 25 : DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE SECTORES MINEROS DE PT FREEPORT INDONESIA	30
IMAGEN 26: LHD ATRAPADO POR BOMBEO DE PUNTO DE EXTRACCIÓN EN PANEL 2 DOZ, 18 ABRIL 2011.	30
IMAGEN 27: TRES SECTORES A EVALUAR RESERVAS NORTE, DIABLO REGIMIENTO Y ESMERALDA SUR	51
IMAGEN 28: FORMULARIO R 101 – PROCESO EXTRACCIÓN DE UNIDAD DIABLO REGIMIENTO.....	71
IMAGEN 29: FORMULARIO R 101A – PROCESO EXTRACCIÓN DE UNIDAD 4 SUR.....	71

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: EXTRACCIÓN DIARIA BARRO FASE II PERIODO 2018 (FUENTE GRUPO BARRO 2018)	28
GRÁFICO 2: EXTRACCIÓN MENSUAL BARRO FASE II EL TENIENTE PERIODO 2018 (FUENTE GRUPO BARRO 2018)	28
GRÁFICO 3: EXTRACCIÓN TASAS PRODUCTIVAS BARRO	55

1. INTRODUCCIÓN

En la historia de la industria minera, esta ha tenido que adaptarse a distintas dificultades, baja en los precios de commodities, altos costos de insumos y servicios asociados, así como también costos elevados de los proyectos, entre otros. Estas variables hacen perder la rentabilidad de los proyectos y por ende disminuir el valor de los activos de las empresas. Codelco y en particular “División el Teniente” no están ajenos a las dificultades mencionadas anteriormente.

El Teniente es la mina subterránea más grande del mundo, donde su método de explotación es de tipo Panel Caving. Una característica de este método es que dada su naturaleza de explotación, existe intrusión de mineral fino con exceso de humedad llamado “Barro”. Este mineral tipo barro se comporta de manera fluida, generando riesgo en las personas e instalaciones que trabajan en los alrededores del sector y el ingreso del barro a zonas productivas condiciona a que se abandonen reservas aún rentables de extraer.

División el Teniente, en respuesta y como acción a lo mencionado al párrafo anterior, y con el fin de recuperar reservas que hoy en día no son extraídas y que no están comprometidas en el Plan de Producción PND 2018, ha avanzado con estudios e iniciativas para que la extracción del mineral tipo “Barro” sea viable desde el punto de vista seguridad y a tasas de extracción atractivas.

Considerando las iniciativas mencionadas en el párrafo anterior, y dado lo estratégico que puede llegar a ser en el futuro la explotación de mineral tipo Barro, existe la necesidad de plantear un modelo de gestión que lo permita extraer, definiendo claro la organización administrativa en que se regirá. Este modelo de gestión permitiría darle sustentabilidad administrativa a las iniciativas ya propuestas y llevadas a cabo en la división, generando una base para su expansión en tasas de explotación.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo General

Este trabajo de tesis tiene como objetivo proponer un modelo de Gestión de Mineral Tipo Barro que incluya a todas Gerencias de la División el teniente que está relacionadas con la producción.

1.1.2 Objetivos Específico

- Cálculo de potencial de reservas remanentes bajo la condición de mineral tipo Barro.
- Identificar debilidades y fortalezas en el modelo actual organizacional bajo punto de vista extracción mineral tipo Barro.
- Definir una estructura organizacional para la extracción de mineral tipo Barro.
- Evaluación económica de los sectores a explotar utilizando como modelo de gestión el propuesto.

1.2 METODOLOGÍA

La metodología consiste en 5 etapas a emplear y busca como objetivo final la generación del modelo de gestión del Barro con el VAN de un caso de estudio potencial de acuerdo a la oferta de reservas calculadas.

Los pasos se detallan a continuación.

- Cálculo de reservas en estado Barro.
 - La etapa busca cuantificar y ubicar espacialmente las reservas remanentes en esta Barro. Se utilizará la base de datos de reservas y estados de Puntos CPM 98 (Control Producción Mina)
- Recopilación de experiencias tanto internas como externas de operaciones mineras que explotan o han explotado mineral tipo “Barro”.

- En esta etapa busca mostrar las experiencias de Codelco y empresas extranjeras en la extracción de Barro, mostrando falencias y aspectos positivos.
- Estudio de modelo de gestión actual en división el Teniente.
 - Se mostrará el modelo de gestión de extracción actual que tiene El Teniente, mostrando los interactuantes, clientes, etc. Se busca mostrar fortalezas e identificar falencias bajo la mirada de extracción de Barro.
- Desarrollo de Modelo de Gestión de Extracción de Barro
 - Esta etapa consiste en el desarrollo de la propuesta de modelo de gestión enfocada en las interacciones de las gerencias GRMD (Gerencia Recursos Minero y Desarrollo), GMIN y Gerencia de Seguridad.
 - El modelo incluye 4 pilares, mapa estratégico, estructura organizacional, el proceso de extracción propiamente tal y un componente de mejoramiento continuo. Utilizando como principal marco conceptual la ISO 9001.
- Cálculo de VAN asociado a un proyecto de acuerdo a los potenciales técnicos actuales que tiene la división.
 - Esta etapa busca valorizar el potencial económico que tienen las reservas remanentes, utilizando como referencia el modelo de gestión propuesto.

Con los resultados anteriores se discutirán, se definirán los pasos a seguir y mejoras en el corto y largo plazo a efectuar.

1.3 Antecedentes Teóricos

Las empresas para alcanzar buenos resultados, necesitan gestionar sus recursos y actividades, lo que ha llevado a la necesidad de adoptar herramientas y metodologías que permitan a las organizaciones configurar su Sistema de Gestión. En otras palabras se requiere de un sistema de gestión que permita cumplir con los objetivos y resultados esperados. Esto lo podemos resumir en el siguiente esquema.

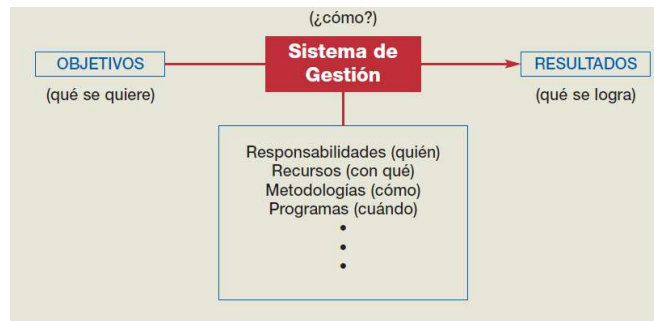


Imagen 1: Sistema de Gestión como herramienta para obtener los resultados esperados

Existen distintos modelos o normas que se apoyan los sistemas de gestión. El modelo de gestión con enfoque basado en procesos, es actualmente uno de los principios básicos y fundamentales para orientar a una organización hacia la obtención de los resultados deseados. Esta visión está reforzada por cómo los actuales modelos y normas de gestión de la calidad refrendan este principio y lo trasladan a sus propios criterios de gestión y requisitos de actuación,

1.3.1 Modelo basado en procesos en los modelos de gestión

Estos promueven la adopción de un enfoque basado en procesos en el sistema de gestión como principio básico para la obtención de manera eficiente de resultados relativos a la satisfacción del cliente y de las restantes partes interesadas.

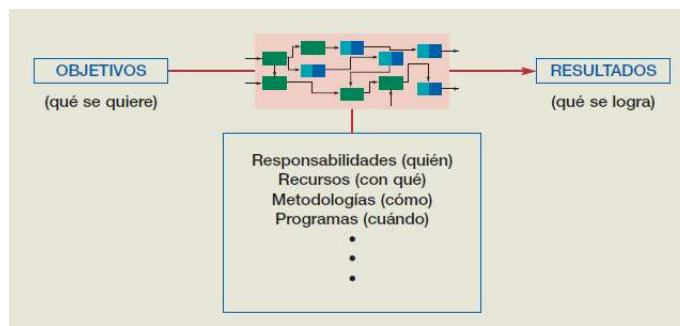


Imagen 2: Modelo de gestión basado procesos

En todos los casos, una organización puede abordar la adopción de un enfoque basado en procesos para su sistema de gestión, considerando cuatro grandes pasos.

- La identificación y secuencia de los procesos
- La descripción de cada uno de los proceso.
- El seguimiento y la medición para conocer los resultados que obtienen
- La mejora de los proceso con base en el seguimiento.

Con estos pasos una empresa puede modelar su organización con este enfoque, permitiendo la gestión de cada proceso y del conjunto de procesos para la obtención de los resultados esperados. Asimismo, permite llevar a cabo el despliegue de la política y la estrategia de la organización mediante la identificación, dentro de la estructura de proceso establecida, de aquellos procesos clave que son, por tanto, esenciales para la obtención de los objetivos globales y, como consecuencia, del cumplimiento de la política y la estrategia de la empresa.

1.3.2 Norma ISO 9001

La norma ISO 9001 es una norma internacional desarrollada por la Organización Internacional de Normalización, el cual genera un marco y/o guía al sistema de gestión de calidad de una empresa, con el objetivo de mejora de este sistema de gestión y por ende de los productos y servicios de la empresa. Para ello se enfoca en la satisfacción del cliente.

La última versión de la ISO (ISO 9001:2015) tiene 7 principios generales:

- La satisfacción del cliente
- El liderazgo de la entidad
- La participación de los empleados
- Un enfoque basado en procesos
- Un planteamiento de mejoras constante
- Toma de decisiones basada en evidencias
- Adecuada gestión de las relaciones.

Las empresas que cumplen con todos los requisitos establecidos reciben una certificación oficial de la organización ISO. Con dicha certificación una entidad logra cumplir un doble objetivo: su compromiso con la calidad y que sus clientes reconozcan su esfuerzo en la mejora constante.

2. ESTRATEGIA OPERACIONAL Y PRODUCTIVA DE LA DIVISIÓN EL TENIENTE

2.1 Ubicación y Activos

Codelco División El Teniente corresponde a una de las Divisiones de la Corporación Nacional del Cobre, está ubicada en la comuna de Machalí, provincia de Cachapoal, en la región del Libertador Bernardo O'Higgins, específicamente a unos 80 km al Sudeste de la ciudad de Santiago y 44 km al Este de la ciudad de Rancagua.

El Teniente es caracterizada por ser la mina subterránea más grande del mundo. Sus activos corresponden a las reservas de mineral, instalaciones productivas que son necesarias para extraer, concentrar y fundir sus principales productos comerciales, como ánodos, concentrados de cobre, molibdeno y ácido sulfúrico.

Las instalaciones del complejo productivo son de una mina subterránea explotada por métodos de hundimiento, una mina a Rajo Abierto, las plantas de beneficio de mineral de Sewell y Colón, la Fundición de Caletones y las instalaciones de infraestructura propias de una explotación minera a gran escala: Sistema de suministros de agua, energía eléctrica, logística de entrada y salida de productos, manejo de residuos y desechos industriales, entre otros.

En la siguiente figura se muestra el esquema general del total de las instalaciones mencionadas.

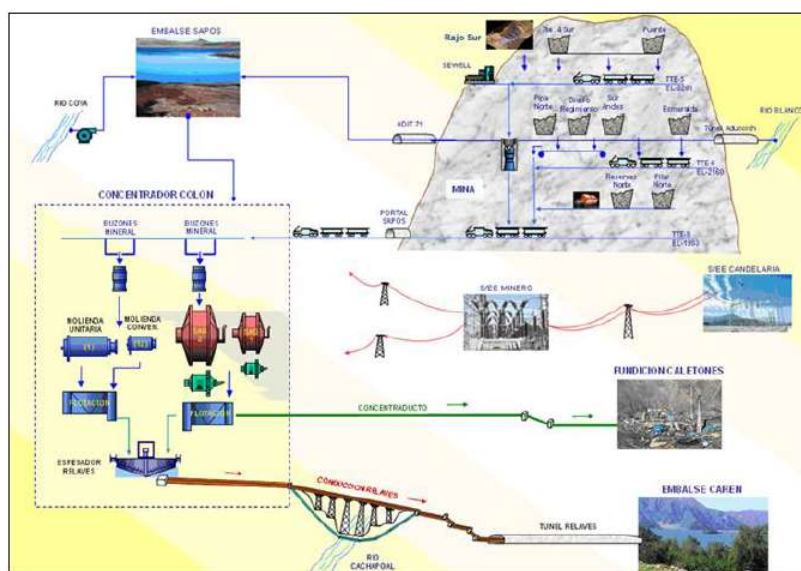


Imagen 3: Esquema Operación Actual El Teniente (Fuente: Informe del Proceso Planificación Anual PND PQ 2018, El Teniente)

2.2 Misión y Carta de Valores

La misión de Codelco es *“Desplegar en forma responsable y con excelencia, toda su capacidad de negocios mineros y relacionados en Chile y en el mundo, con el propósito de maximizar en el largo plazo su valor económico y su aporte al Estado. Codelco llevará a cabo su misión, enfatizando una organización de alto desempeño, la participación, la innovación creativa y el conocimiento de las personas en permanente desarrollo”*.

La carta de valores está compuesta por 7 items,

1. El respeto a la vida y dignidad de las personas es un valor central. Nada justifica que asumamos riesgos no controlados que atenten contra nuestra salud o seguridad.
2. Trabajar en Codelco es un orgullo, una gran responsabilidad y un enorme compromiso.
3. Valoramos y reconocemos a los trabajadores competentes, con iniciativa y liderazgo, que enfrentan los cambios con decisión y valentía.
4. Fomentamos el trabajo en equipo, la participación responsable y el aporte que proviene de la diversidad de experiencias y de las organizaciones de trabajadores.
5. Perseguimos la excelencia en todo lo que hacemos y practicamos el mejoramiento continuo, para estar entre los mejores de la industria
6. Somos una empresa creativa, que se apoya en la innovación para generar nuevos conocimientos, crear valor y acrecentar nuestro liderazgo.
7. Estamos comprometidos con el desarrollo sustentable en nuestras operaciones y proyectos.

Para llevar a cabo la misión, Teniente define una estrategia basada en cumplimientos de metas, avance en innovación/tecnología, en el desarrollo de las personas y en la gestión de los procesos productivos.

Adicionalmente El teniente a la fecha de elaboración del presente informe, está certificado base estándar ISO 9001:2008 y se encuentra en proceso de estandarización de ISO 9001:2015.

2.3 Distribución Organizacional

Organizacionalmente “El Teniente” pertenece a la Vicepresidencia de Codelco Sur y está compuesta por 13 gerencias y un área de consejería jurídica.

El organigrama se muestra a continuación.

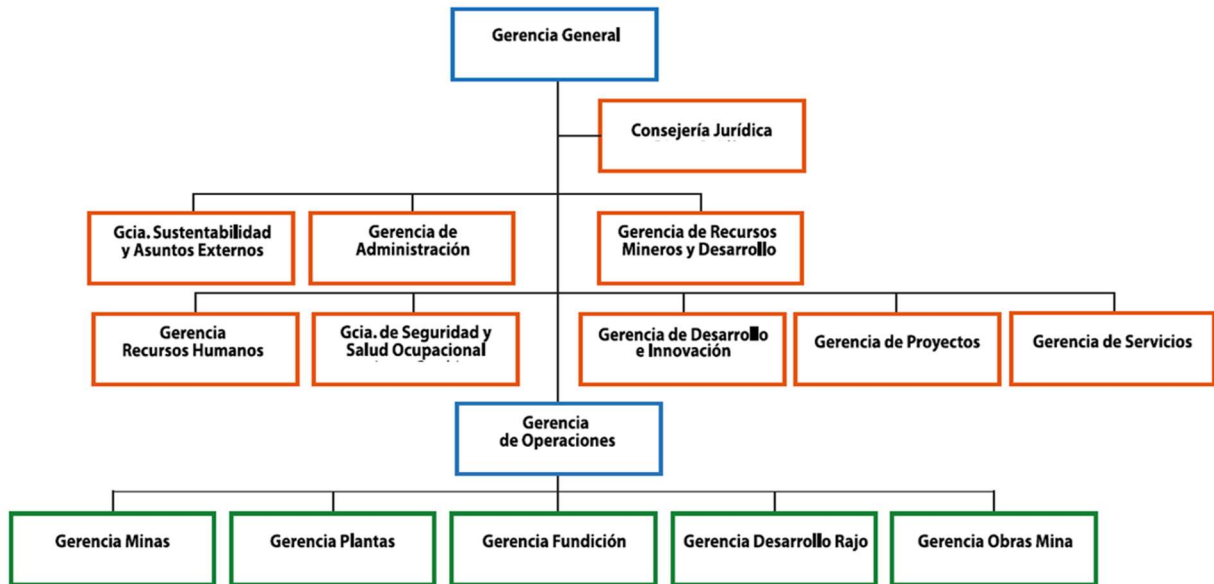


Figura 1: Organigrama División El Teniente (Fuente: Portal Divisional El teniente)

De las 13 gerencias, 5 son áreas operacionales vinculadas a la producción, lideradas por la gerencia de operaciones, las restantes son consideradas gerencias de staff o de apoyo a la operación. Las funciones son las siguientes:

Gerencias Operativas

Gerencias encargadas en la operación de la extracción y procesamiento de los principales productos de la División.

- Gerencia Mina: Responsable de realizar la explotación de la Mina Subterránea, para la extracción del mineral, hasta la salida del proceso de chancado primario Colon y entrega a mineral a Planta Convencional de la Gerencia de Planta.

- Gerencia Planta: Procesa el mineral proveniente de la Gerencia de Mina, realizando el proceso de beneficio de minerales, hasta obtener un concentrado de cobre, el cual puede ser enviado a la Fundición. Adicionalmente es encargado de la electro obtención de las aguas acidas proveniente de la mina.
- Gerencia Fundición: Funde los concentrados propios provenientes de la Gerencia de Planta, para la obtención de ánodos de cobre. Para luego completar, junto con los productos de la Gerencia de Planta, la cartera comercial.
- Gerencia de Desarrollo Rajo: Encargada de la operación y Mantenición de la mina a Cielo abierto de la División el Teniente, sus productos son entregados a la Gerencia de Planta, al Proceso Sewell.
- Gerencia Obras Mina: Gerencia encargada de la operación y desarrollo de la preparación y construcción minera subterránea.

Gerencias de Staff

Gerencias que dan el soporte técnico y de servicios para que las áreas operativas puedan trabajar con bases sólidas y de manera segura.

- Gerencia de Recursos Mineros y Desarrollo: Planifica y controla la producción de cobre y subproductos de corto, mediano y largo plazo, para cada uno de los procesos mineros y metalúrgicos que constituyen la División. Además, es la encargada del punto vista técnico de Geología y geomecánica.
- Gerencia de Desarrollo e Innovación: Gerencia encargada de generar alternativas de desarrollo minero y de procesamiento, enfocado en la innovación y búsqueda de nuevas tecnologías a implementar y probar en la División.
- Gerencia de Recursos Humanos: Encargada de realizar y normar las actividades de provisión de personal, realización de planes de desarrollo de las personas, actividades con dirigencia sindical y funciones de relaciones laborales.
- Gerencia de Servicios: A cargo de proveer servicios que mantengan y permitan la operación de las áreas operativas: Agua industrial, Agua potable, energía, entre otros.
- Gerencia de Sustentabilidad y Asuntos Externos: Es la puerta de entrada para los organismos fiscalizadores en temas de medioambiente, realiza la planificación y controles asociados al cumplimiento de la normativa ambiental y de emisiones. Además, lidera el nexo entre la División y la comunidad aledaña a las instalaciones, elaborando planes de mitigación y colaboración.

- Gerencia de Seguridad Salud Ocupacional: Lidera, planifica y controla la gestión de seguridad de las personas y la integridad de las instalaciones. Se relaciona con instituciones fiscalizadoras en el ámbito de la seguridad y la salud ocupacional.
- Gerencia de Proyectos: Lidera la obtención de ideas, elaboración, construcción, desarrollo, ejecución y puesta en marcha de la cartera de proyectos de la División, alienada con la GRMD, la Gerencia de Administración y las Gerencias que serán las dueñas de los futuros activos
- Gerencia de Administración: Lidera la gestión de la División en aspectos tales como: Inversiones y Costos, realiza el control de gestión en ámbitos de seguridad, producción, costos, inversiones y proyectos. Realiza actividades transaccionales de contraloría, abastecimiento y tecnologías de la información.
- Consejería Jurídica: Realiza todas actividades en el ámbito legal y de tribunales. Además, cautela la propiedad minera del de la División el Teniente.

2.4 Plan de Negocios PND 2018

El plan de Negocios PND 2018 considera una producción mina hasta el año 2042 con un total de recursos extraíbles de 1,127 Mt y una ley de 0.90 %CuT. Este plan se disgrega de acuerdo a los sectores actuales ya construidos y en crecimiento (ST8 y Rajo Sur), proyectos en el mediano plazo (Recursos Norte y Teniente 7) y proyectos bajo el horizonte del largo plazo (NNM/Tte9), de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 1: Recursos Minerales Extraíbles PND 2018 (Fuente: Informe del Proceso Planificación Anual PND PQ 2018, El Teniente)

Recursos Minerales Extraíbles PND 2018				
Sectores	Unidad	2018-2022	2023-2027	2028-2042
ST8	Mt	224	138.7	44.7
	ktmf	2,128	1,057	303
	%CuT	0.95	0.76	0.68
Rajo Sur	Mt	28.2	13.3	
	ktmf	152	59	
	%CuT	0.54	0.44	
Recursos Norte	Mt	3.3	38.9	94.8
	ktmf	39	332	642
	%CuT	1.2	0.85	0.68
NNM/Tte9	Mt		18.4	386.5
	ktmf		237	3,903
	%CuT		1.02	1.01
Teniente 7	Mt		26.6	210
	ktmf		272	1,926
	%CuT		1.02	0.92
Total	Mt	255.4	235.9	736
	ktmf	2,319	1,957	6,774
	%CuT	0.91	0.83	0.92

Y la distribución geográfica en planta de los sectores mencionados se muestra a continuación:

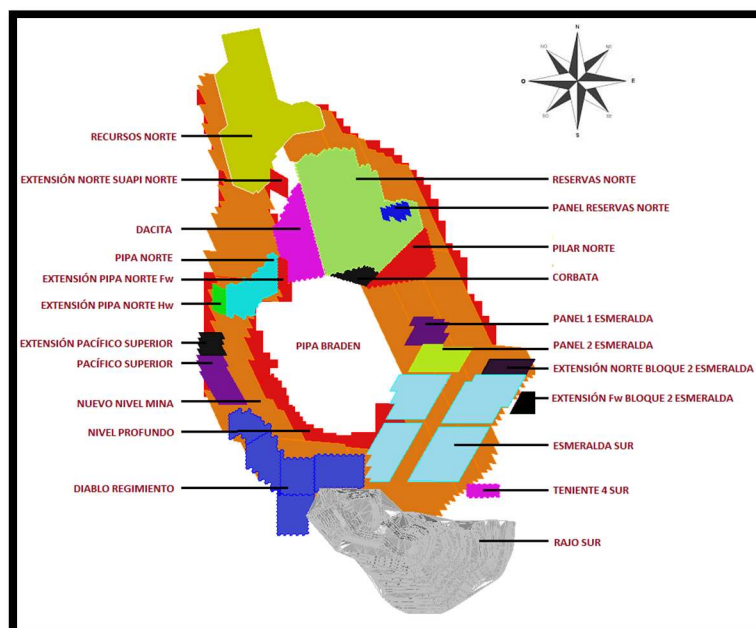


Imagen 4: Vista en Planta de Sectores PND 2018 (Fuente: Informe del Proceso Planificación Anual PND PQ 2018, El Teniente)

3. MINERAL TIPO BARRO

3.1 Definición y Caracterización

El método de explotación ocupado en el yacimiento es el Panel Caving, el cual consiste en una metodología de hundimiento gravitacional, caracterizado por la infraestructura principal de “Puntos de Extracción”, que están distribuidos de tal manera que abarcan toda el área productiva. Cada punto de extracción tiene asociado una reserva a extraer, a un ritmo y tiempo determinado en los planes de negocios. En la siguiente imagen se muestra de manera teórica del método empleado en el Teniente.

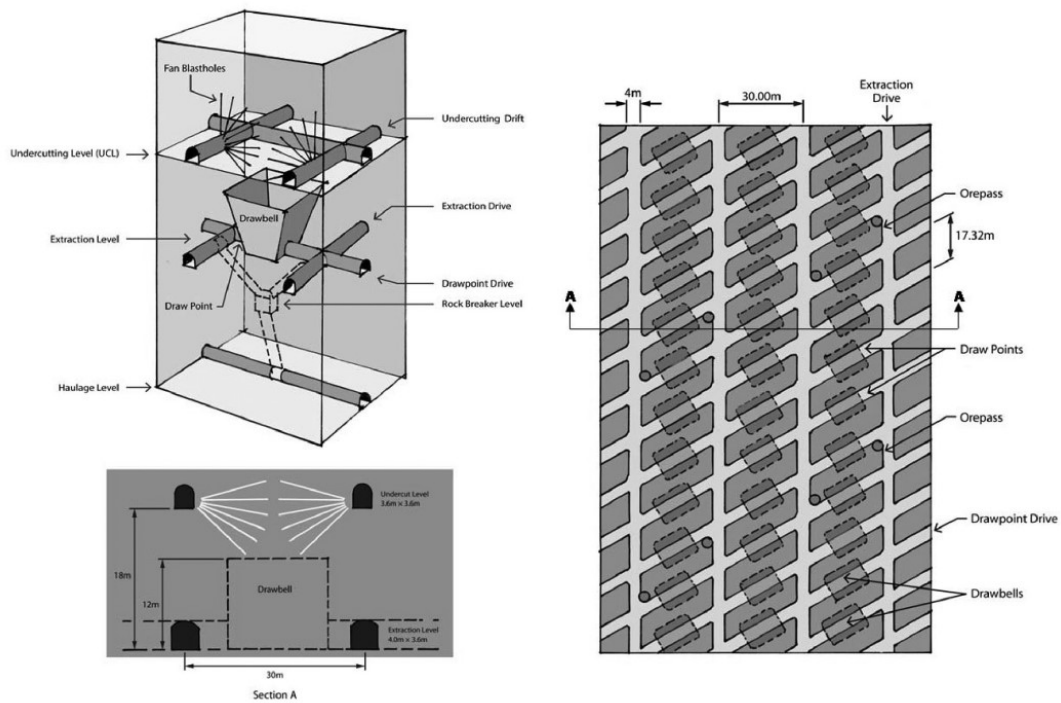


Imagen 5: Método Panel Caving usado en roca dura en Mina El Teniente (Hartman 1992)

El mineral para poder ser extraído de manera segura y viable técnicamente, debe tener ciertas características, entre ellas, tener un porcentaje de humedad adecuado (< 11%) y una granulometría no fina. Cuando estas dos características no están presentes, el mineral se le llama “Barro” y puede comportarse como un fluido, siendo riesgosa su extracción, pudiendo incluso hacer el ingreso de manera súbita (llamado bombeo) en las galerías del nivel de producción y en los piques de traspaso.

Codelco ha definido una matriz para caracterizar el mineral, esta matriz define cuando es considerado un mineral tipo barro.

Tabla 2: Matriz de criticidad Codelco.

Contenido de Humedad	Tamaño de Grano (G) ≤ 25 cm		
	G < 30% (Dominado por Granulometría Gruesa)	30% ≤ G < 70%	G ≥ 70% (Dominado por Granulometría Fina)
<4%			
4% - 7%			
7% - 10%			
≥10%			

	Condición Normal
	En Observación
	Riesgo Crítico

Los puntos que se encuentran en la zona roja son declarados como agua/barro, por lo cual pasan posteriormente a ser cerrados traduciéndose en pérdidas de área y reservas.

En las siguientes figuras se muestra un caso real de ingreso súbito a un nivel de producción y de barro en un punto de extracción.



Imagen 6: Mineral tipo Barro Mina el Teniente.



Imagen 7: Bombeo de mineral tipo Barro nivel de producción Mina Regimiento Octubre 2007.

El ingreso de barro puede ocurrir de manera paulatina o de manera súbita (bombeo). La siguiente tabla muestra los eventos de bombeo entre 1989 y 2010 en mina el Teniente.

Tabla 3: Eventos de Bombeo Mina el Teniente 1989-2010

Sector	Fecha
Teniente 4 Norte	Sep – 1989
Teniente Sub 4 Dacitas	Dic – 1995
Teniente 6 Q.T	Oct – 1999
Teniente 6 R. Norte	Mar – 2007 /calle11
Teniente 4 Regimiento	Oct – 2007
Teniente 6 Q. Andes	May – 2008
Teniente 6 P. Enlace	May – 2009

Reservas Remanentes en estado Barro

Tanto para ingreso lento o súbito de barro, la aparición de este implica un cierre temporal y/o definitivo de dicho punto de extracción. Si la producción acumulada del punto cerrado por “barro” es menor que la reserva total a extraer (comprometida en el plan), es considerada reserva remanente no extraíble.

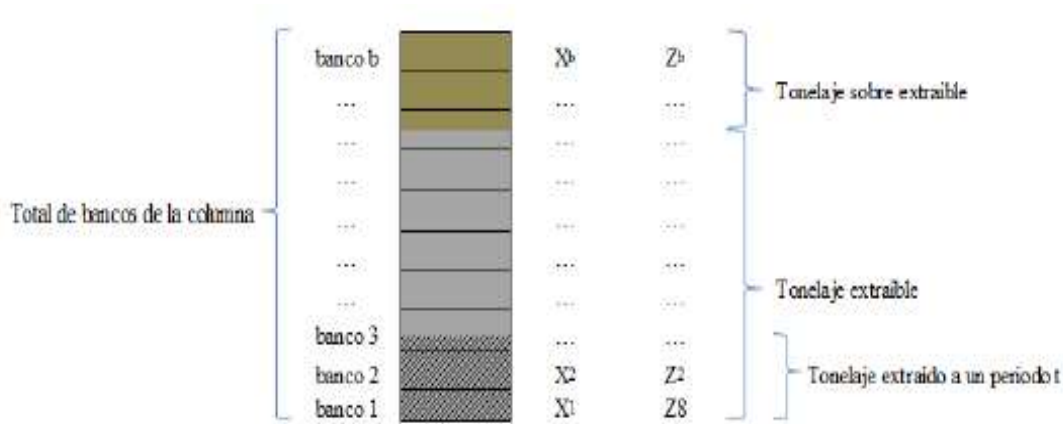


Imagen 8: TonELAJE extraíble de un punto de extracción.

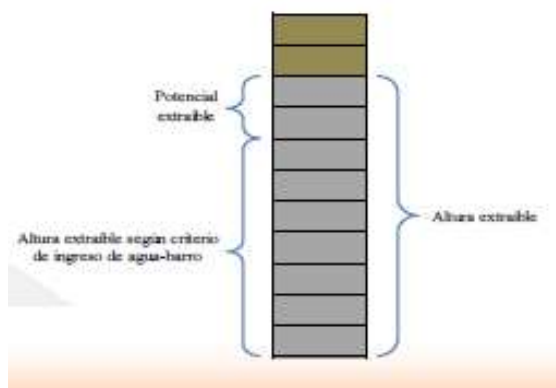


Imagen 9: TonELAJE Remanente por cierre de punto por Barro

Durante la explotación del yacimiento el Teniente, ha existido intrusión de mineral tipo Barro, generando pérdidas de reservas en los planes de la división, perdiendo valor al activo principal de “El Teniente” que es su yacimiento.

En la actualidad la división tiene incorporado en sus planes de negocio la extracción de mineral tipo “Barro”, pero con niveles de producción bajos. Este plan es sustentado bajo el API (autorización de proyectos de inversión) T16E202, “EXPLORACION MINERAL HUMEDO-MINA EL TENIENTE-PRUEBA INDUSTRIAL”. Este API inserta recursos para el estudio del comportamiento del barro, además para pruebas de equipos para la extracción de dicho mineral y da las bases para el inicio de explotación de ese tipo de mineral.

3.2 Extracción Mineral Tipo Barro

El año 2018 es el primer año en el que el barro se ingresa como compromiso productivo con tasas leves de producción. El Plan de Extracción de Barro en el PND 2018 se muestra a continuación.

Tabla 4: Producción PND 2018 Barro

Producción Barro PND 2018		2018	2019	2020	2021	2022	2023
Agua-Barro	t/d	741	576	500	760	670	0
	%CuT	0.706	0.796	0.754	0.711	0.676	0.000

El plan se caracteriza por tener ritmos bajos de producción y este sólo incluye el área asociada al sector Fase II del Diablo Regimiento, el cual se muestra en la siguiente figura.

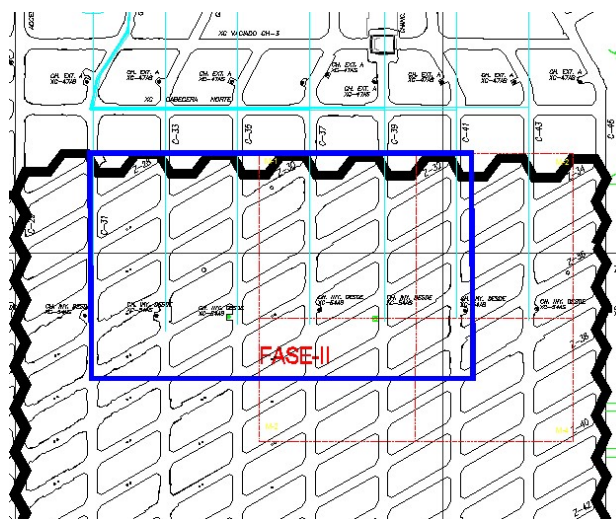


Imagen 10: Plan PND 2018 Extracción Agua Barro Fase II Diablo Regimiento

3.3 Aspectos Seguridad Mineral Tipo Barro

La gerencia de seguridad tiene implementado los estándares de control de fatalidad y tienen como objetivo eliminar o controlar los riesgos asociados a accidentes graves y fatales producto de la ocurrencia de algún evento de peligro. Estos especifican los requisitos obligatorios en las todas las Divisiones o proyectos de la Corporación, aplicable a personal directo, contratista y sub contratista que desarrollen obras. A continuación, se listan los estándares de CODELCO.

Estándares de Control de Fatalidad

- ECF 1: Aislación, Bloqueo y Permiso de Trabajo.
- ECF 2: Trabajo en Altura física.
- ECF 3: Equipos Pesados.
- ECF 4: Vehículos Livianos.
- ECF 5: Equipos y Herramientas Portátiles y Manuales.
- ECF 6: Materiales Fundidos.
- ECF 7: Cargas Suspendidas e Izaje.
- ECF 8: Guardas y Protecciones de Equipos.
- ECF 9: Manejo de Sustancias Peligrosas.
- ECF 10: Explosivos y Tronadura.
- ECF 11: Control de Terreno.
- ECF 12: Incendio.

Estándares de Control de Fatalidad Particulares

- ECF 13: Guía de Operaciones Ferroviarias.
- ECF 14: Guía de Vuelos.
- **ECF 15: Guía de Bombeo de Agua Barro.**
- ECF 16: Guía de Estallido de Rocas.
- ECF 17: Guía de Control de Oxígeno y Gases Minería Subterránea.
- ECF 18: Guía de Avalanchas.
- ECF 19: Guía de Operaciones Portuarias.

De acuerdo a lo anterior, en el ECF 15, que especifica los requisitos obligatorios para el control de eventos producidos por agua/barro, se ha establecido la utilización de LHD Telecomandado para la extracción de las reservas. A su vez expresa los requisitos a las personas para operar, los cuales deben contar con aptitudes técnicas, físicas y psicológicas adecuadas, conjunto con capacitaciones respecto a los riesgos y el control, con el fin de que estén instruidas en los procedimientos e instructivos específicos.

3.4 Reservas en Estado Barro

El Teniente tiene varios sectores productivos o minas en producción y para el cálculo de reservas remanentes en estado Barro sólo se consideran los sectores que tienen un área extensa de barro, con producción en el quinquenio (próximos 5 años) y que estén cerca de mineral en producción vigente.

Los sectores que cumplen las condiciones anteriores son los sectores mineros más grandes activos, estos son Diablo Regimiento, Reservas Norte y Esmeralda B1, los cuales se muestran en la siguiente disposición gráfica general.

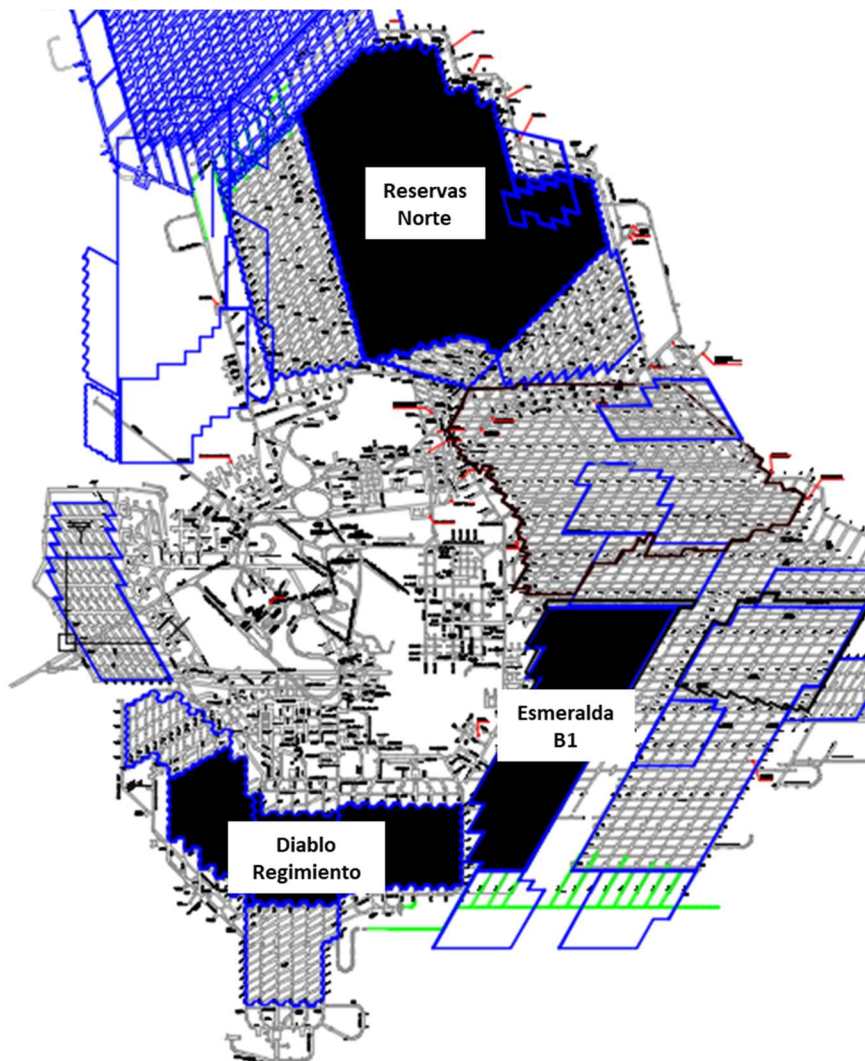


Imagen 11: Disposición gráfica de sectores con reservas tipo barro Diablo Regimiento, Esmeralda B1 y Reservas Norte

3.4.1 Reservas Norte

La mina Reservas Norte está ubicada al Norte del yacimiento a la cota 2.102 m.s.n.m (Cota Nivel de Producción), limita al sur con el sector Pilar Norte y Corbata (ya agotado), al Norte con el Proyecto Recursos Norte, al Oeste con el Sector Dacita y al Este con Panel RENO. El sector es explotado mediante método panel caving.

El inicio de producción fue en 1989, el día de hoy está en activa producción y con un Plan PND 2018 hasta el año 2026, las tasas de extracción se muestran a continuación.

Tabla 5: Producción PND 2018 Mina Reservas Norte

Año	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
t/d	31,644	28,595	24,809	21,110	19,311	8,000	8,000	8,000	6,000	0
%CuT	0.95	0.89	0.82	0.76	0.71	0.67	0.65	0.60	0.58	0.0

Los puntos de extracción a medida que aumenta la altura extraída, ingresa el barro. El estado de los puntos a marzo 2018 se representa en la siguiente imagen.

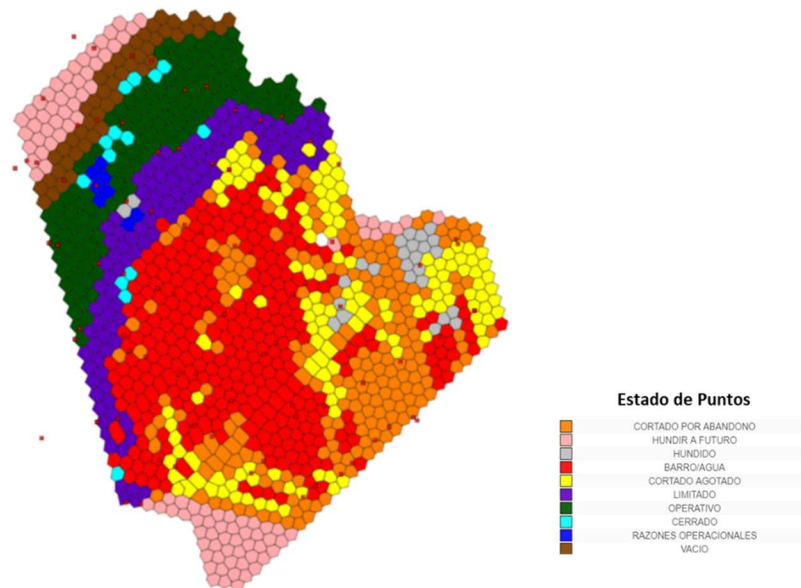


Imagen 12: Estado de Puntos marzo 2018 Reservas Norte

Los puntos en estado barro abarcan casi la mitad de los puntos totales del sector y se concentran en el centro.

Las estadísticas de reservas remanentes asociados a los puntos barro es la siguiente:

Tabla 6: Reservas Remanentes Puntos Estado Barro Reservas Norte

Puntos en Estado Barro	
N° Puntos totales	316
N° Puntos con Reservas	182
MTon	9.0
Ley %CuT	1.07
Finos tmf	95,824

La distribución del tonelaje remanente se muestra en la siguiente imagen.

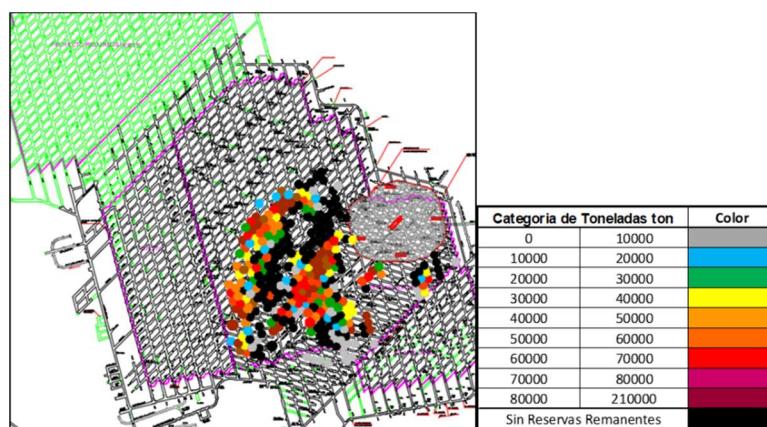


Imagen 13: Distribución de Tonelaje Remanente por Puntos Barro Mina Reservas Norte

La distribución de la ley asociado al tonelaje remanente se muestra a continuación.

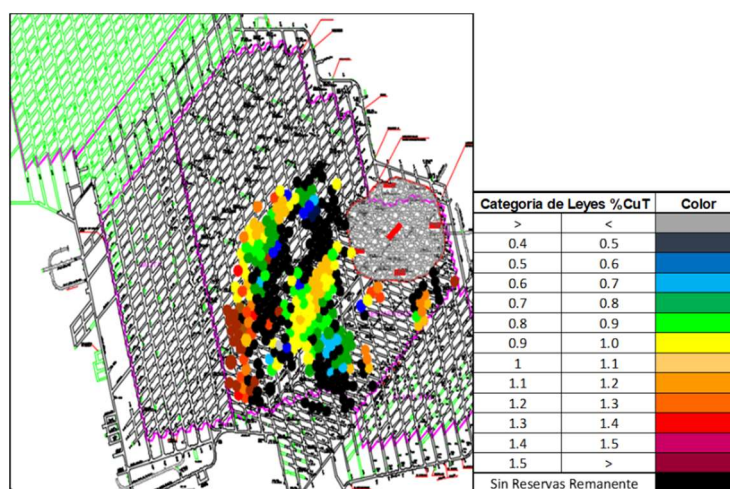


Imagen 14: Distribución de Leyes remanentes por Puntos Barro Mina Reservas Norte

De las imágenes anteriores se infiere que las reservas remanentes en barro totales para este sector corresponden a 9 Mton a una ley de 1.07 %CuT y se concentran en el lado este del área de barro, tanto para las reservas como su ley.

Se detecta un potencial de extracción de barro tanto en tonelaje, ley como en la concentración

3.4.2 Diablo Regimiento

La mina Diablo Regimiento está ubicada al Sur del yacimiento a la cota 2.190 m.s.n.m (Cota Nivel de Producción). Se compone de cinco fases, de las cuales para el plan PND-2018 se contempla producción sólo en tres de ellas (FIII, FIV, FV), dado que las faltantes están agotados y con área en barro.

Como lo dice el párrafo anterior la producción está asociada a las fases III, IV y V, hasta el año 2025. Las tasas productivas en PND 2018 se muestran a continuación:

Tabla 7: Producción PND 2018 Mina Diablo Regimiento

Año	2018	2019	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
t/d	23,174	23,239	20,499	15,308	9,000	4,000	3,000	0	0
%CuT	0.867	0.810	0.779	0.766	0.740	0.749	0.694	0	0

El estado del área de la mina Diablo Regimiento a la fecha de Marzo 2018 es la siguiente:

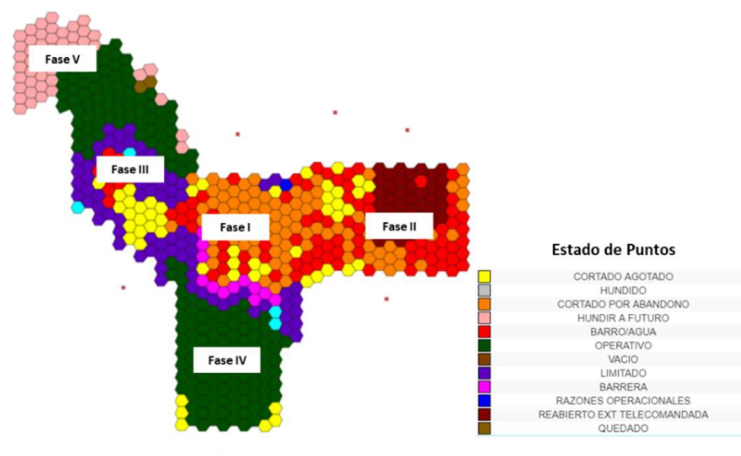


Imagen 15: Estado del área Marzo 2018 Mina Diablo Regimiento

De la imagen anterior se infiere que el área de barro está presentes en 3 fases, Fase I, Fase II y Fase III.

El cálculo de las reservas remanentes asociados a los puntos barro es la siguiente:

Tabla 8: Reservas Remanentes Puntos Barro Mina Diablo Regimiento

Resumen Reservas Remanentes Barro Diablo Regimiento	
N° Puntos totales	81
N° Puntos con Reservas	43
MTon	1.6
Ley %CuT	0.83
Finos tmf	13,020

Al diferenciarlas por fases se obtiene el siguiente resumen.

Tabla 9: Reservas Remanentes por Fases en Puntos Barro Mina Diablo Regimiento

Sector de DR	N° Ptos	Ton	Ley %CuT	Finos
Fase 1	16	577,053	0.90	5,213
Fase 2	20	708,793	0.76	5,405
Fase 3	7	281,758	0.85	2,403
Total	43	1,567,604	0.83	13,020

Se obtiene un total de 1.6 Mton de reservas remanentes en puntos en estado barro con una ley de 0.83 %CuT en donde la mayor concentración en la Fase II aunque esta es la de menor Ley.

La distribución del tonelaje remanente se muestra en la siguiente imagen.

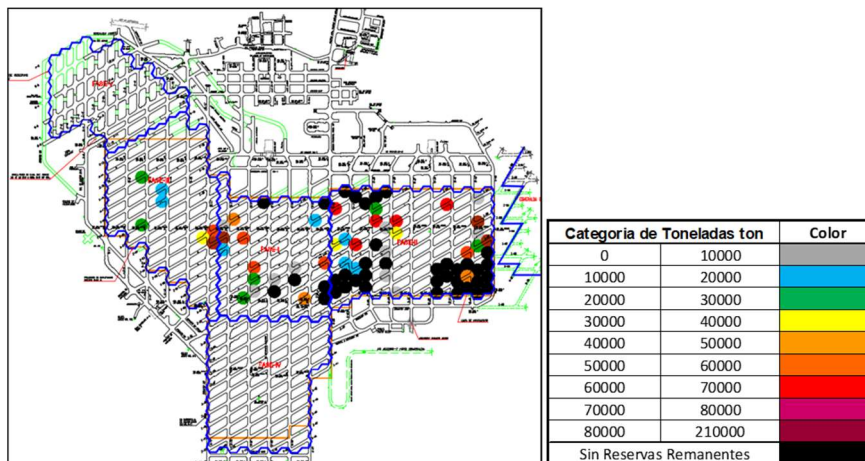


Imagen 16: Distribución de Tonelaje Remanente por Puntos Barro Mina Diablo Regimiento

La distribución de la ley asociado al tonelaje remanente se muestra a continuación.

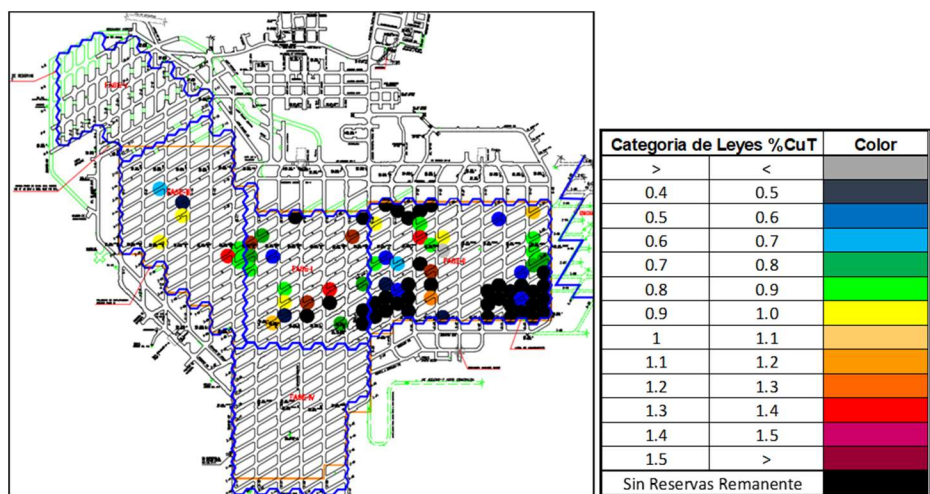


Imagen 17: Distribución de Leyes remanentes por Puntos Barro Mina Diablo Regimiento

Como se dijo en el capítulo de antecedentes, el Teniente en el PND 2018 es la primera vez que incluye en sus planes mineral tipo Barro. El sector de extracción está en la Fase II y en la imagen 16 se aprecia que el área llamada “Reabierto Extracción Telecomandada” corresponde a la zona dedicada la extracción de Barro. El plan PND 2018 de Barro en Fase II se muestra a continuación.

Tabla 10: Producción PND 2018 Sector Barro Diablo Regimiento Fase II

Año	2018	2019	2020	2021	2022	2023
t/d	741	576	500	760	670	0
%CuT	0.71	0.80	0.76	0.71	0.68	0.000

En los cálculos de reservas remanentes de la fase II no se incluye el área actual de extracción de barro.

3.4.3 Esmeralda Sur

Mina Esmeralda Sur está ubicada en el sector Este del yacimiento y su área productiva está localizada entre las coordenadas E 950 a 1800 y N 100 a -500. Para el PND 2018 considera un aporte productivo de los Bloques 1 y 2.

El Plan PND para Esmeralda que abarca los Bloques 1 y 2 se muestra a continuación.

Tabla 11: Producción PND 2018 Esmeralda Bloque 1 y Bloque 2.

Esmeralda B1	Año	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
	t/d	11,607	9,330	11,141	13,683	13,792	12,700	14,000	14,500	14,500	12,500	10,000	0
	%CuT	0.83	0.78	0.78	0.81	0.83	0.86	0.87	0.765	0.65	0.63	0.64	0

Esmeralda B2	Año	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	
	t/d	20,033	20,075	15,167	13,508	15,588	19,800	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	15,000	17,000	16,000	16,000	7,000
	%CuT	0.908	0.877	0.860	0.844	0.782	0.716	0.723	0.726	0.729	0.737	0.754	0.728	0.700	0.685	0.651	0.602	0.577	

El estado del área para marzo 2018 es la siguiente.

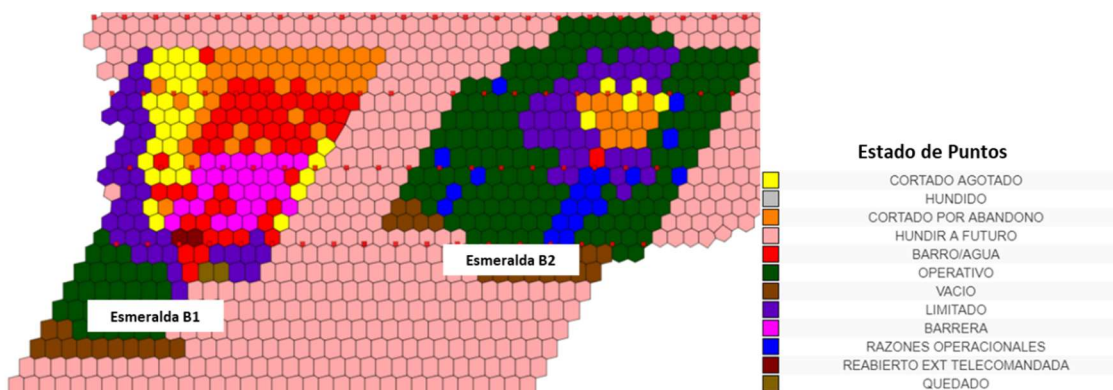


Imagen 18: Estado del área marzo 2018 Mina Esmeralda Sur Bloque 1 y Bloque 2

El área en barro para este sector está concentrado en bloque 1, principalmente en el centro del área productiva actual. Se obtiene la siguiente estadística de reservas remanentes en estado Barro.

Tabla 12: Reservas Remanentes Puntos Barro Mina Esmeralda

Resumen Reservas Remanentes Barro Esmeralda	
N° Puntos totales	51
N° Puntos con Reservas	47
MTon	2.1
Ley %CuT	1.24
Finos tmf	26,269

La distribución espacial del tonelaje remanente se muestra en la siguiente imagen.

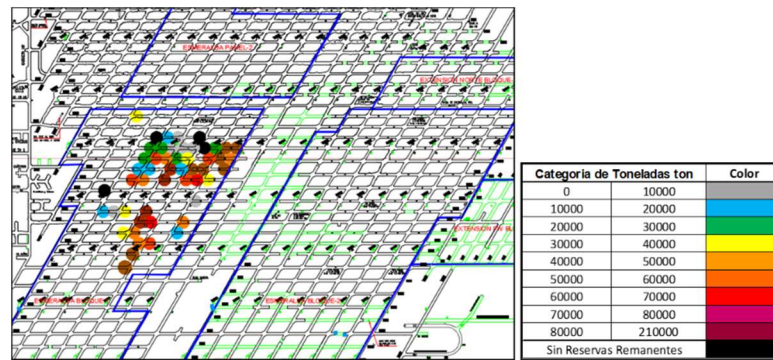


Imagen 19: Distribución de Tonelaje Remanente por Puntos Barro Mina Esmeralda

La distribución espacial de la ley asociado al tonelaje remanente se muestra a continuación.

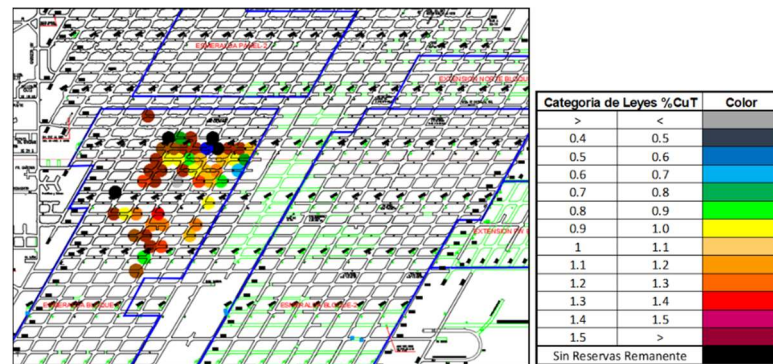


Imagen 20: Distribución de Leyes remanentes por Puntos Barro Mina Esmeralda

Se aprecia un potencial de reservas en estado barro concentrado al norte de la zona de barro, lo que facilita una posible producción con equipos telecomandado.

3.4.4 Total Reservas

Como total y resumen de reservas remanentes en barro, tenemos tres potenciales sectores. Estos sectores corresponden a Diablo Regimiento, Esmeralda Sur y Reservas Norte y con los siguientes recursos.

Tabla 13: Resumen Reservas Remanentes en Estado Barro

Sector	Mton	Ley %CuT
Reservas Norte	9.0	1.07
Esmeralda Sur	2.1	1.24
Diablo Regimiento	1.6	0.83
Total	12.7	1.07

4. EXTRACCIÓN AGUA BARRO: Experiencias Locales e Internacionales

En este capítulo veremos algunas experiencias en extracción de Barro, tanto en teniente como en compañías internacionales.

4.1 Experiencias El Teniente

En el teniente históricamente no ha sido prioridad la extracción de barro dada la oferta de mineral seco y la entrada de nuevos proyectos que alimentan con mineral fresco a la planta.

A pesar de ello existen intentos de extracción con LHD con tecnología telecomandado (operador a distancia vía control remoto) y automine (operación semi-automática) sin perdurar en el tiempo.

4.1.1 Extracción Barro Fase I año 2011

Un ejemplo de producción de mineral de barro es el caso de una iniciativa en la Fase I del sector Diablo Regimiento en el año 2011. En donde se definió una con algunos puntos en barro con reservas remanentes. La tecnología de LHD se aplicó tipo Automine, la cual consiste en un sistema de automático de traslado (inicio-fin) apoyado por descarga de LHD telecomandada. Desde el punto administrativa la gestión y administración la llevaba sólo un grupo de supervisores del área sin una organización ni modelo de gestión.

Como resultado tuvo una operación de 13 días, produciendo solo en 1 turno por día (de 3 diarios) con un total de 5.082 ton a 0,67%CuT.

Esta iniciativa no perduró por el la falta de voluntad de la administración, debido principalmente a que no existía la necesidad de más oferta de mineral y una falta de gestión.

4.1.2 Extracción Barro Fase II año 2018

En ejemplo actual es que ya hace un año se definió un grupo compuesto por varias áreas en la cual el objetivo principal es regular la extracción, definir un estándar de extracción y darle forma operacional al proyecto de inversión (API) mencionado en capítulos anteriores.

Este grupo lo componen:

- Un integrante de Gerencia Minas: Líder del grupo, encargado principalmente de gestionar la producción y la interacción con la unidad del sector minero en donde se va a llevar a cabo la extracción, así como también que se cumplan el estándar de seguridad de Barro.
- Un integrante de SGP (Gestión Producción): Encargado de llevar el control de humedad del mineral y asignar la velocidad de extracción (tasa de extracción de los puntos)
- Un integrante de Geología: Geólogo encargado de caracterizar el mineral extraído, analizando la calidad del mineral y tipo de él mismo.

El sector a extraer, como se mencionó en los capítulos anteriores es el polígono en la fase II. Lo vemos nuevamente en imagen N°8.

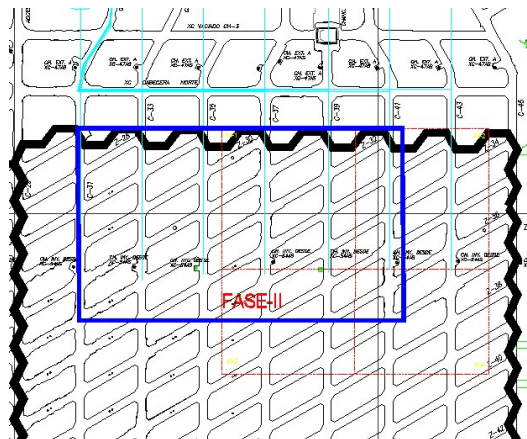


Imagen 21: Plan PND 2018 Extracción Agua Barro Fase II Diablo Regimiento

Los resultados operacionales hasta Marzo 2018 se muestran a continuación.

Enero-18	Febrero-18	Marzo-18
<p>14 puntos con extracción. 6 puntos habilitados hasta el 18-01-2018. Luego se habilitan calles 37 y 39 completas (29 pts).</p>	<p>26 puntos con extracción. 29 puntos habilitados</p>	<p>37 puntos con extracción. 41 puntos habilitados desde el 18-03-2018</p>

Imagen 22: Extracción Barro El teniente Diablo Regimiento Fase II periodo 2018 (fuente grupo barro 2018)

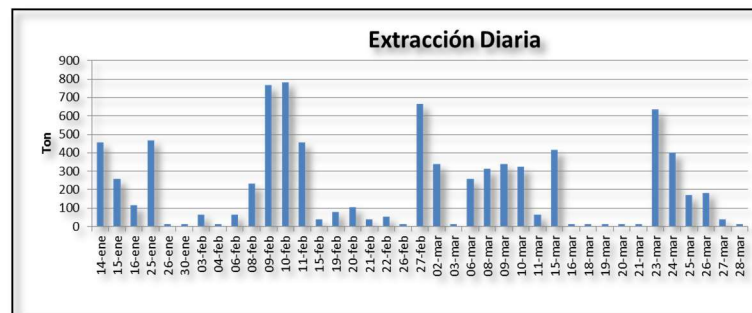


Gráfico 1: Extracción Diaria Barro Fase II periodo 2018 (fuente grupo barro 2018)

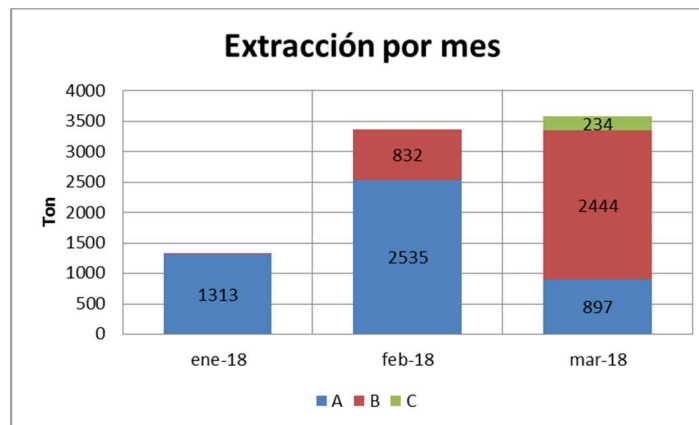


Gráfico 2: Extracción mensual Barro Fase II El Teniente periodo 2018 (fuente grupo barro 2018)

Se aprecia una extracción no constante, determinada principalmente por la baja disponibilidad de los equipos. Esta baja disponibilidad se debe principalmente a que los equipos LHD son destinados a producción de mineral seco del mismo sector y no dedicados exclusivamente al barro. Faltando un adecuado modelo de gestión y recursos para dicha extracción.

Se muestran algunas imágenes de los puntos de extracción.



Imagen 23: Puntos con extracción de barro en Fase II Diablo Regimiento Marzo 2018 (Fuente Grupo Barro 2018)

4.2 Experiencias Internacionales

Sin duda la mina referente en este tipo de extracción, es la mina PT Freeport en Indonesia. Esta mina tiene distintos sectores productivos tipo block caving, entre ellos, el IOZ (Intermediate Ore Zone) Mine, The GBT (Gunung Biji Timur or 'East Ore Mountain' in the Indonesian language) mine, The DOZ (Deep Ore Zone) block cave mine, este último aún en producción.

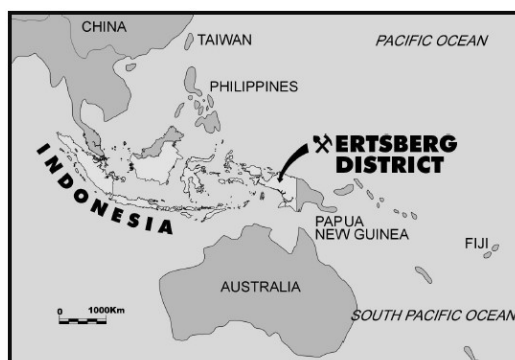


Imagen 24: Ubicación Mina PT Freeport Indonesia

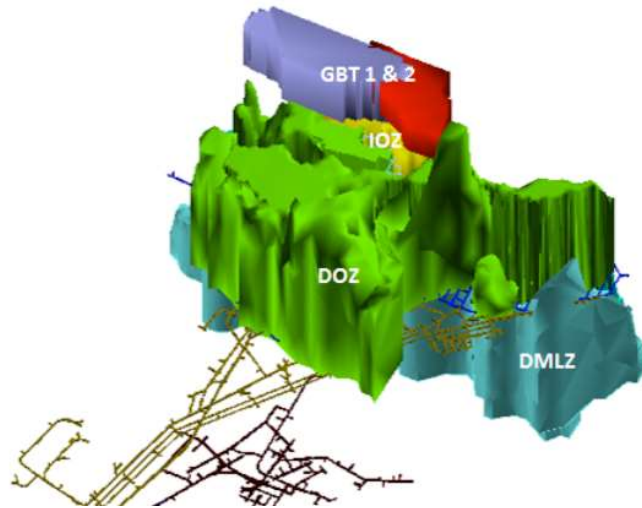


Imagen 25 : Distribución espacial de Sectores mineros de PT Freeport Indonesia

PT Freeport desde sus inicios 1980 ha tenido intrusión de mineral húmedo a sus niveles productivos principalmente a la naturaleza de un entorno lluvioso y una mina de rajo abierto inmediatamente encima de él, perdiendo zonas productivas y teniendo eventos relevantes de bombeo y escurrimiento de barro en sectores de extracción, teniendo consecuencias fatales. En la siguiente figura muestra un evento de bombeo ocurrido en dicha mina.



Imagen 26: LHD atrapado por bombeo de punto de extracción en Panel 2 DOZ, 18 Abril 2011.

Dado lo anterior, Freeport ha invertido mucho tiempo y recursos para entender el fenómeno y convivir con ello, teniendo un positivo resultado a la fecha. Ellos llegaron a la conclusión que el objetivo principal actual no es producir barro, sino contener el ingreso de este por medio de la extracción controlada del mismo, en conjunto con mineral seco cercano, teniendo equipos LHD manuales, autónomos y telecomandados.

En la actualidad tienen matrices de extracción en la cuales se decide según el tipo de mineral y su humedad, la clase de equipo a usar en el sector, tal como lo indica la siguiente tabla.

Tabla 14: Clasificación de Punto extracción según mineral y tipo de equipo a ocupar. PT Freeport Indonesia.

Class	Loader Type	Muck Type
AL	Any Type	A - Coarse Dry Size +70 % >50 mm Moisture Content <8.5 %
	No supervision	B - Fine Dry Size +30 % >50 mm Moisture Content <8.5 %
CL	Remote Loader (Closed Cab Loader 7.5 cu yd were used in the past).	C - Coarse Wet Size +70 % > 50 mm Moisture Content 8.5 - 11 %
	Supervision required	D - Coarse Very Wet Size +70 % >50 mm Moisture Content >11 %
RL	Remote Loader	E - Fine Wet Size +30 % >50 mm Moisture Content 8.5 - 11 %
	Supervision required to set up loader.	F - Fine Very Wet Size +30 % >50 mm Moisture Content >11 %

A la fecha Freeport y en particular el sector DOZ mine, tiene producción mezclada de mineral seco y barro, llegando a tasas productivas promedios de 80 ktpd, con aproximadamente un 15% de extracción en barro.

4.3 Comparaciones y Lecciones Aprendidas

Las experiencias anteriores de extracción de barro, nos muestran que es una actividad riesgosa tanto del punto de vista a las personas como de pérdida de infraestructura. A pesar de ello, PT Freeport ha avanzado entendiendo de mejor manera el comportamiento de este fenómeno en los últimos 30 años, permitiendo extraer de manera continua barro y principalmente contener el avance del mineral húmedo en sectores secos. Sin embargo, El Teniente, en su historia ha tenido “intenciones” aisladas de producción de barro, con resultados no prósperos, principalmente por la baja productividad, la oportunidad de producir a menor riesgo en zonas exentas de barro, además de la falta de voluntad administrativa de la empresa dado la oferta de mineral seco

5. MODELO ACTUAL DE GESTIÓN DE EXTRACCIÓN DIVISIÓN EL TENIENTE

Como se mencionó en el segundo capítulo, El Teniente actualmente está certificado basado en norma ISO 9001:2008 y este capítulo da a conocer la manera de gestión de extracción actual del teniente, en particular de la Gerencia de Minas y GRMD, la cual muestra algunos aspectos de esta norma.

5.1 Gestión de Procesos Extracción Actual.

La gestión de los procesos productivos y en particular el de extracción de mineral, tiene a dos gerencias que cumplen un rol activo y principal, la Gerencia de Minas (GMIN) y la Gerencia de Recursos Mineros y Desarrollo (GRMD). Otro agente, que cumple un rol de auditor, es la Gerencia de Seguridad (GSEG).

Lo común entre todas estas entidades es que el modelo de gestión de cada una de ellas está basado en procesos, teniendo variables de entradas, procesos y variables de salidas.

5.1.1 Estructura Organizacional

Cada gerencia tiene una organización, procedimientos estructurales y particulares que permiten definir los productos de cada área, así como también el control de estos.

La primera gerencia que veremos en la GRMD para luego ver la estructura de gestión de la GMIN

Gerencia de Recursos Minero y Desarrollo (GRMD)

Como se menciona en el capítulo dos, GRMD planifica y controla la producción de cobre y subproductos de corto, mediano y largo plazo, sustentando técnicamente desde el punto de vista metalúrgicos y mineros (operacionales, geológicos y geomecánicos) estos planes.

En la GRMD está compuesta por seis superintendencias y direcciones tal como lo muestra la figura. Cada uno de estas superintendencias tiene sus unidades técnicas. Se especifican sólo algunas de ellas dado el alcance de la presente tesis.

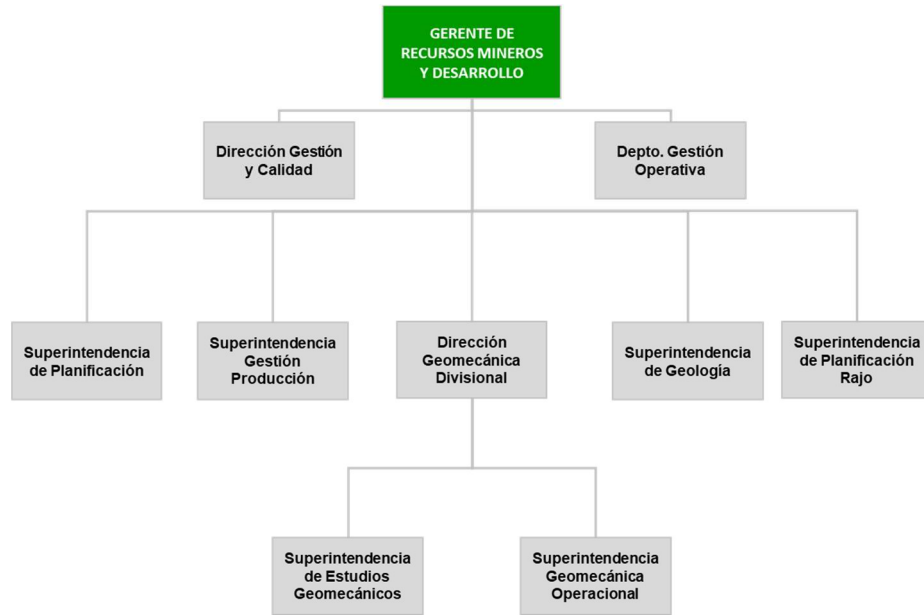


Figura 2: Estructura organizacional GRMD

Superintendencia de Geología: Su objetivo es generar bases geológicas robustas para planificación e información de terreno. Su principal función es proveer a SPL, SGP y DGE con estudios geológicos en el corto, mediano y largo plazo. Sus principales entregables son:

- Modelos de bloques de variables metalúrgicas y geometalúrgicas.
- Modelos litológicos y de fallas principales y secundarias en DET.
- Informe y plano de riesgo Agua/Barro en DET.

Dirección Geomecánica Divisional: Esta cumple el rol principal de entregar estudios y criterios geomecánicos para el corto, mediano y largo plazo, por medio de sus dos superintendencias. Sus variables de entradas son datos geológicos, de instrumentación en terreno y ensayos de esfuerzos de testigos. Con ellos se hacen modelos y se generan criterios geomecánicos. Su principal cliente es la Superintendencia de Planificación y La Superintendencia Gestión Producción. Sus principales productos son:

- Criterios geomecánicos para plan de producción P0 (Plan de producción mensual para el año de presupuesto)
- Criterios geomecánicos de Corto Plazo para plan mensual (PAM=Plan de actividades mensuales)
- Ingenierías y estudios geomecánicos de proyectos.

Superintendencia de Planificación: Área cuyo objetivo gestionar el desarrollo y explotación de los recursos mineros en forma sustentable, maximizando el valor del negocio de la corporación. Sus variables de entradas son datos operacionales, informes geológicos, criterios geomecánicos y criterios metalúrgicos. Con modelos y criterios de planificación, se obtienen los planes de producción, sus principales clientes es la Casa Matriz, Gerencia Administración, Gerencias Operativas y Superintendencia Gestión Producción. Los productos principales son:

- Plan de producción y cartera comercial para periodos P0 (Plan Anual referente) y PND (Plan de Negocios Divisional)
- Plan de Obras de Preparación Minera para periodo P0 y PND.
- PEX (Plan Exploratorio Divisional), Plan de alternativas al de Negocios.

Superintendencia Gestión Producción: Superintendencia que cumple con gestionar los recursos y planes de producción en el corto plazo. Las variables de entrada son la producción referente P0, los criterios geomecánicos del corto plazo, el estatus real de los sectores y procesos operativos. Con esa información crea plan de actividades mensuales para generar el plan de cartera comercial mensual. Su cliente principal es la Gerencia General. Sus principales productos son:

- Plan de actividades mensuales (PAM) de todos los procesos para el mes en curso.
- Informe de control de producción de los procesos.
- Cartera comercial mensual.

Gerencia de Minas

La GMIN está organizada en dos sectores, las primeras son las superintendencias operativas y las segundas corresponden a las superintendencias de servicio e ingenierías.

Las superintendencias operativas son las encargadas de operar y extraer el mineral. Para ello se dividen en unidades y estos en procesos. Cada proceso tiene sus jefes de turno y estos últimos líderes (operadores con experiencia) y operadores.

Por otro lado las superintendencias de servicios y mantención son las encargadas de darle el sustento técnico y mecánico a la operación, no teniendo un rol propiamente operacional pero si de apoyo a este.



Figura 3: Estructura organizacional referencial GMIN.

Cabe destacar que cada unidad tiene definidos los procesos, estos tienen declarados sus clientes, sus productos y variables de productividad, tal como lo explica la siguiente figura.

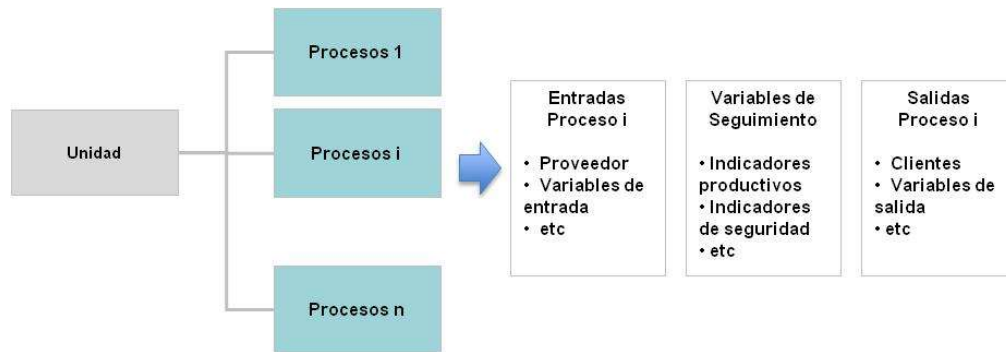
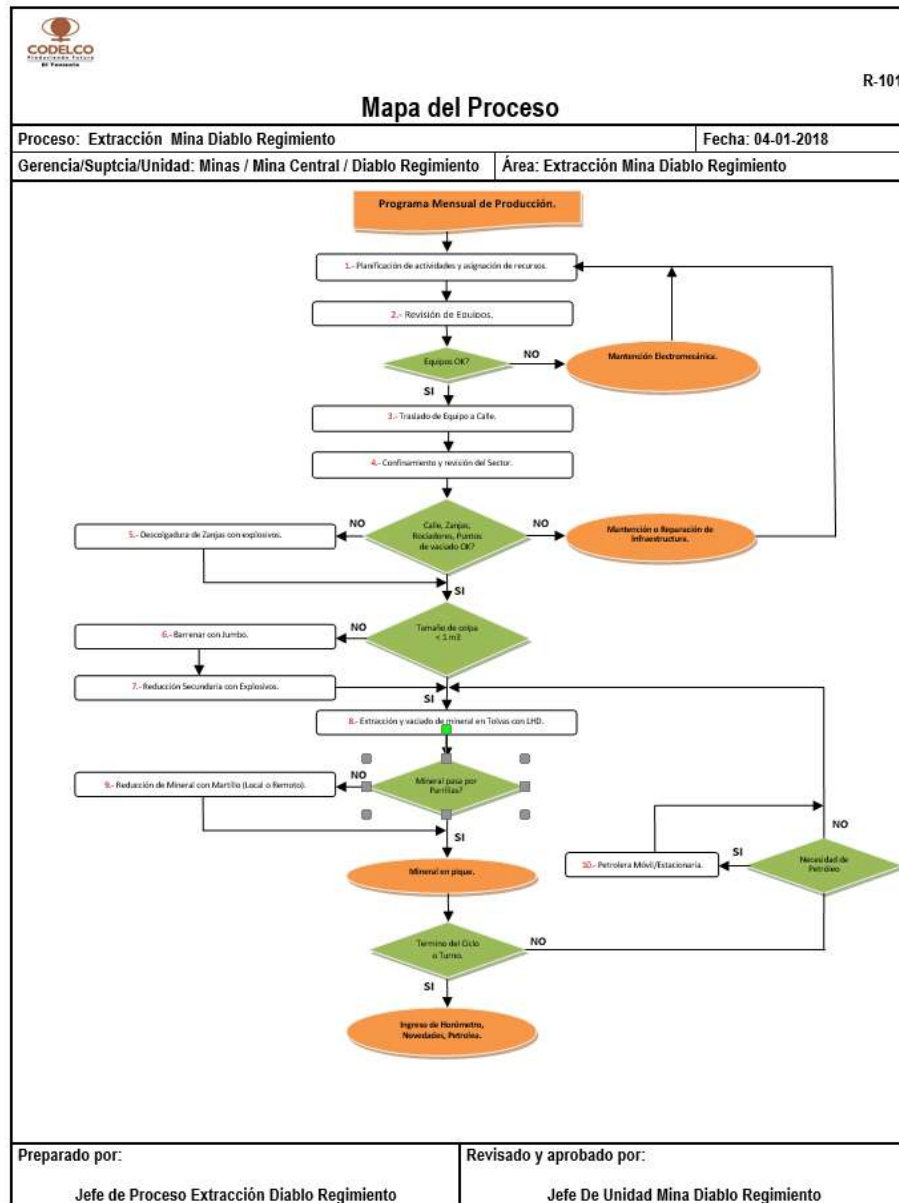


Figura 4: Estructura de Procesos GMIN.

Como parte de la gestión de calidad y de activos, la gerencia de minas tiene una serie de formularios o documentos que regulan los procesos y que adicionalmente permiten cumplir con las distintas normas ISOs asociadas al negocio, ambiente y seguridad. En el capítulo de anexos se muestra el listado de formularios y/o documentos que permiten cumplir las normas ya mencionadas.

Un ejemplo de ello es el Formulario R 101 y R101A, este documento es en donde se declara el mapa de cada proceso, con las actividades a realizar para poder cumplir con el producto requerido por el cliente. La siguiente imagen corresponde a un Formulario

R101 del proceso de extracción de la Unidad Diablo Regimiento en sección de anexos se muestra un ejemplo de Formulario R 101^a.



5.1.2 Roles GRMD-GMIN-GSEG

El rol de la GRMD es de dueño del yacimiento, visualiza la proyección futura de reservas, fija lineamientos de producción (técnicos y productivos) , así como también controla que se cumplan estos.

- **Planes Productivos:** Los lineamientos de producción los define la Superintendencia de Planificación de la GRMD, este genera los planes referentes y comprometidos al corporativo. Estos planes son anuales y están bajo horizontes 25 años, siendo los primeros cinco (quinquenio) los más relevantes. Este Plan es denominado Plan de Negocios PND y se emite cada año. Por otro lado, la Superintendencia Gestión Producción es encargada de generar el plan mes a mes (corto plazo), utilizando como referente el Plan del primer Año del PND vigente, siendo este un plan más realista y cercano a la operación.
- **Control de la extracción:** El control de la producción de cada uno de los sectores o unidades productivas, es supervisado por la Superintendencia Gestión Producción, llevando un control diario y mensual. Este control no sólo se centra en la producción, sino también con su variables técnicas propios del método de explotación, como la geología y la geomecánica. Ese control lo realiza la SGP. la superintendencia geomecánica operacional. Y Superintendencia de Geología (unidad operacional)

El rol de la GMIN es de operador, es decir es una herramienta con la cual la GRMD genera su producto parcial que entrega a su próximo cliente, la Gerencia de Plantas.

La GSEG vela para que se cumplan los estándares de seguridad, implementa una guía y herramientas para su aplicación, pero no las realiza, más bien cumplen un rol de auditor de los guía y requisitos que imparte.

5.1.3 Interacción GRMD-GMIN-GSEG

Como se dijo anteriormente la GRMD es la dueña del yacimiento y vela por sus reservas, para ello genera un plan de negocios en las cuales las superintendencias operacionales de GMIN tienen que ajustarse lo más posible. Este plan de negocios se emite cada año y luego mensualmente. El control de la extracción se lleva día–día, procurando que cada unidad operativa de la GMIN no se desvíe de acuerdo a los parámetros planificados, con el fin de asegurar las reservas a extraer en el corto y largo plazo.

La GSEG cumple un rol de auditor, velando los cumplimientos de los estándares de seguridad por medio de inspecciones y/o auditorías.

En la siguiente figura podemos ver de forma gráfica las relaciones entre las áreas.



Figura 5: Interacción GRMD-GMIN

Las variables de salidas de las Superintendencias SPL, SGP y DGD son algunas variables de entradas del proceso de Extracción, en donde las salidas de este proceso son las variables de entrada de los siguientes procesos, como procesos metalúrgicos.

5.2 Análisis y Comentarios

De la gestión del proceso de extracción se comenta y analiza lo siguiente

- Si bien la estructura de GMIN-GRMD-GSEG está bien definida, con relaciones declaradas que le dan robustez al modelo de gestión, estas gerencias en la práctica actúan por separado, estando a veces desviadas en los objetivos de la GRMD. Esto implica una posible alteración en el largo plazo de los compromisos productivos, poniendo en riesgo la optimización del negocio.
- Cada unidad de las superintendencias de la GMIN actúan por si solas, teniendo recursos asignados y administrándolo de acuerdo a su criterio. Ej: distribución flota LHD en su sector. Esto implica que si se convive un proyecto dentro de una zona productiva y utilizando los mismos recursos, se privilegiaría las zonas más productivas. Es decir, los procesos de las unidades tienden a aislarse son generar relaciones entre ellos y con las demás unidades que generar criterios.
- La GSEG actúa como observador, esto implica que no se involucra con las actividades del día a día.

6. PROPUESTA DE MODELO DE GESTIÓN EXTRACCIÓN DE BARRO

Este capítulo muestra un modelo de gestión propuesto para la extracción de barro. Modelo que permite darle robustez y confiabilidad administrativa a la extracción de este material en sectores potenciales descritos anteriormente, tomando como base, las falencias encontradas en la gestión actual, mostradas en el capítulo anterior. Se utiliza como base el actual modelo, con enfoque a cumplir norma ISO 9001:2015.

El modelo está formado por 4 ítems identificados en la figura 6.

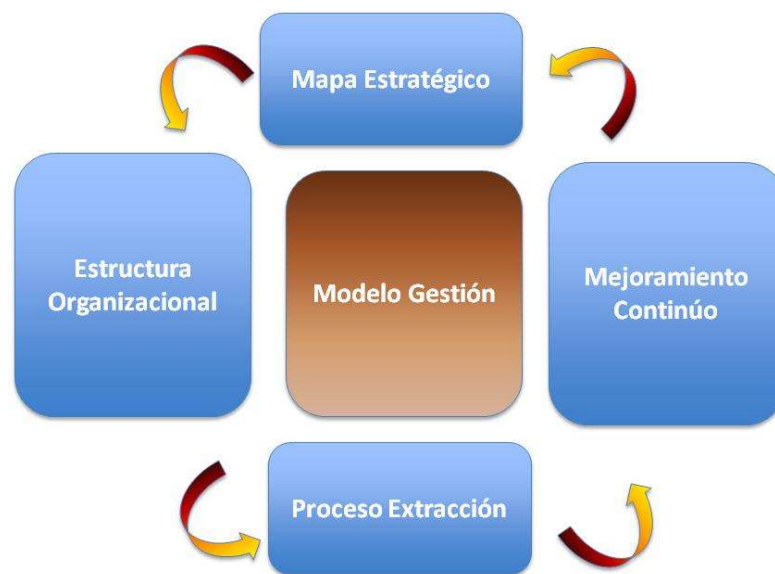


Figura 6: Modelo Gestión Extracción Barro

6.1 Mapa Estratégico del Modelo

El mapa estratégico del modelo y que sirve como estrategia base para obtener los objetivos de la empresa está en línea con la estrategia corporativa de CODELCO, el cual está basada en cumplimientos de metas, avance en innovación/tecnología, en el desarrollo de las personas y en la gestión de los procesos productivos. Así como también las relaciones con la comunidad, abriendo las nuevas oportunidades de negocio y mejorando continuamente los procesos.



Figura 7: Mapa Estratégico Mina El Teniente

El principal objetivo de la empresa es aumentar el valor y los ingresos al estado, sin dejar de lados a las comunidades y el medioambiente (sustentabilidad), por medio de cumplimiento de planes matrices, aumentando productividad y con una mejora continua de los procesos. Esto se logra principalmente apalancados con el aprendizaje y crecimiento del recurso de la empresa.

Cabe destacar que la extracción de barro es consecuencia del aprendizaje y crecimiento de años, en donde gracias a ese aprendizaje se agrega valor al negocio incorporando nuevas reservas a los planes, se deja de perder reservas año a año en cada PND y a la vez se incorpora y prueba nuevas tecnologías por medio de la innovación.

6.2 Estructura Organizacional Propuesta

Para poder proponer el modelo se sugiere un cambio en el organigrama a nivel de Gerencia. Este cambio en el organigrama es debido a que todos los intentos realizados hasta ahora en la extracción de barro no es que no prosperen por una razón técnica, sino por una razón organizacional y/o de gestión.

La extracción de barro es menos productiva y al estar incorporada dentro de una superintendencia o unidad que tiene un sector en explotación con mineral seco, las

exigencias del día-día/turno-turno, harán que los equipos tengan preferencias a sectores con mayor productividad dejando de lado el sector de barro a explotar. Además se requiere de entender de mejor manera el mineral tipo barro por medio de ingenieros especialistas en dicho tema. Por tal razón se propone crear una Dirección o Superintendencia de Barro dependiendo tanto de la Gerencia de Minas como de la GRMD.

La nueva dirección o superintendencia tendría dos unidades, una operativa y otra técnica, la primera encargada de la extracción propiamente tal y otra unidad técnica para el estudio del mismo. El diagrama propuesto se muestra a continuación.

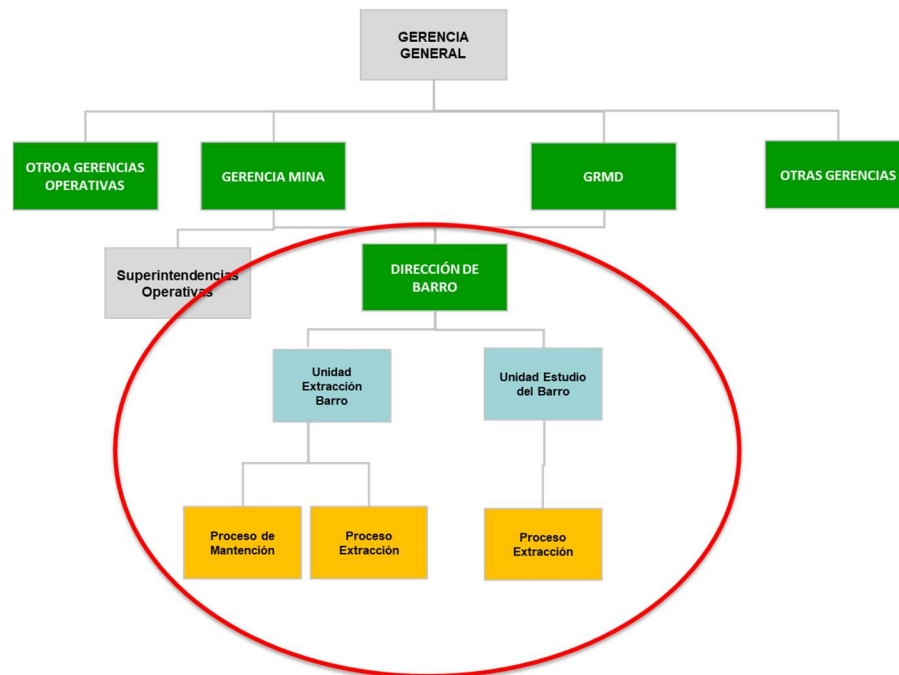


Figura 8: Organigrama GMIN Propuesto.

Las funciones de los cargos principales son:

Director de Barro

- Este es el líder y su principal función es el ser responsable de la gestión del barro, tanto en la extracción del mineral de este como en el estudio, la innovación y tecnología a desarrollar de este.
- Le responde a dos gerente, Minas y GRMD. Cuando se trate de producción le responderá al gerente de minas y cuando se trate de estudios técnicos al GRMD.

Jefe de Unidad Extracción Barro

- Este debe asegurar el cumplimiento del programa de producción, costos y seguridad para la extracción de barro para todos los sectores y/o procesos en barro, en caso de desviación generar planes de mitigación, hacer seguimientos de KPIs definidos.
- Generar procedimiento operacionales, mantenerlos al día y mantener informados a los operadores del contenido de estos.
- La unidad operativa tendría el número de proceso de acuerdo a los sectores en barro en producción, más un proceso de mantención.

Jefe de Proceso Extracción Barro

- Este debe asegurar el cumplimiento del programa de producción, costos y seguridad para la extracción de barro para un proceso de un sector en particular, en caso de desviación generar planes de mitigación, hacer seguimientos de KPIs definidos.
- Generar procedimiento operacionales, mantenerlos al día y mantener informados a los operadores del contenido de estos.
- El proceso tendría equipos, recursos (presupuesto), Jefes de Turno y operadores de jornada de turnos para poder cumplir las metas productivas.

Jefe de Unidad Estudio del Barro

- Este debe tener como objetivo principal generar bases técnicas robustas en el entendimiento del barro, mediante estudios e informes periódicos de hidrogeología, tecnologías, reservas de barro, planes de producción de barro, control producción, y dilución de mineral seco con barro.
- De esta unidad dependerían ingenieros y presupuesto para poder cumplir con los estudios ya sea por desarrollo interno como consultorías.

Jefe de Proceso Mantención

- Este debe asegurar la disponibilidad de los equipos móviles como fijos preparados para operar bajo condición semi-autónoma.
- Generar procedimiento operacionales, mantenerlos al día y mantener informados a los operadores del contenido de estos.
- El proceso tendría equipos, recursos (presupuesto), Jefes de Turno y operadores de jornada de turnos para poder cumplir las metas productivas de mantención.

Jefes de Turno GMIN

- Responsable de la producción y seguridad de cada turno. El definirá los puestos de trabajo los operadores y trabajará orientado a cumplir los KPIs definidos para su turno.
- Emitirá un informe de producción del turno, en donde refleje el cumplimiento del turno, junto con la información más relevante que pudiera servir como información en el futuro.

Operadores GMIN

- Responsable de su seguridad cumpliendo procedimientos.
- Tiene la principal función de cumplir la función determinada por el jefe de turno. Ya sea de apoyo y/o operando equipos de extracción LHD.

Ingeniero Control de Producción GRMD

- Profesional de la Unidad de Estudio del Barro, en donde la función principal es llevar a cabo el control de la extracción del barro, que este no tenga desviaciones voluntarias y siga una adherencia definida por los planes.
- Genera los KPIs definidos por la unidad y les hace seguimiento, Informando constantemente al Jefe de Unidad Operación y de Estudio del Barro con información relevante para el cumplimiento del sector y comportamiento del barro.
- Participa activamente en el proceso de extracción, siendo un pilar fundamental el cumplimiento de este.

6.3 Proceso Extracción de Barro

El proceso de Extracción del Barro será realizado por equipo semi-automático en donde el traslado de un lugar a otro es automático, el carguío y vaciado a los puntos de descarga es tele-operado a distancia desde una sala de control.

Para el modelo propuesto es necesario definir el proceso de extracción de mineral distinto a los que se tienen hasta ahora. Dado que si bien existen metas productivas no son de tratamiento igual como si fuera mineral seco.

Este proceso se configura de la siguiente manera.

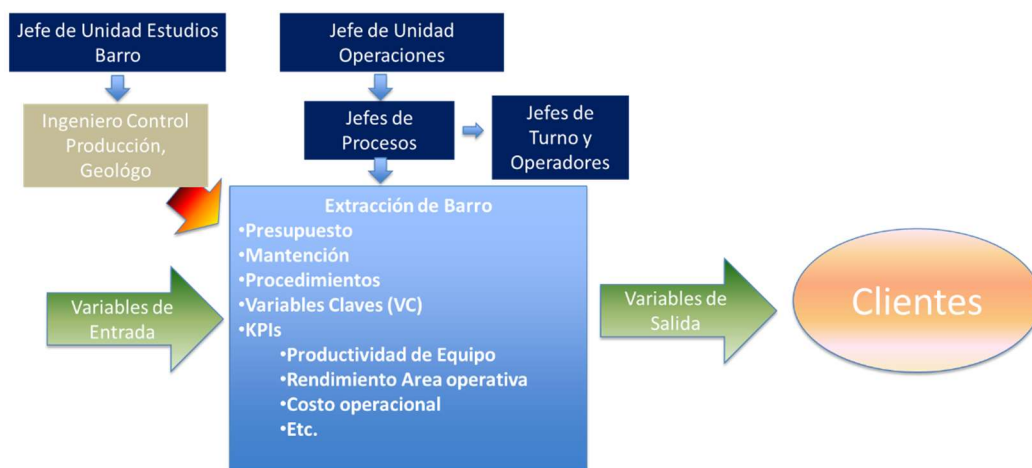


Figura 9: Proceso Extracción Barro.

Las entidades presentes en el proceso de extracción se definen a continuación.

6.3.1 Variables de Entrada

Las variables de entrada son las características técnicas del sector a extraer y del mismo mineral. Estas son:

- Área a explotar m², esto se refiere a los números de extracción disponibles para extraer mineral. Este variable es dinámica y depende de la condición de seguridad (Infraestructura), ley de CuT%, instrumentación de sistema automático disponible.
- Tipo de mineral de barro según punto de extracción, definido por el tipo de roca, % humedad y granulometría. Este punto equivale a caracterizar el mineral en el punto de extracción por medio de la matriz de criticidad. Permite tomar decisiones de corto plazo para definir si posee condiciones para extraer. Esta variable es primordial para caracterizar las variables de salida que pueden afectar a los procesos posteriores.
- Disponibilidad y confiabilidad de equipos mínimos para la operación. Variable que depende de las condiciones mecánicas del equipo LHD, así como también de las condiciones de instrumentación de sistema semiautomático de extracción, hace variar la producción resultante global del sector.
- Programa de Producción mensual y anual, definido por el área de GRMD del área de Planificación. Este es el referente mensual y anual para producir. En la cual se basan todos los presupuestos asignados.

6.3.2 Actividades relevantes

Presupuesto

- Una de las actividades relevantes es la asignación del presupuesto de extracción.
- Es en base al plan de producción definido por SPL e incluye desde presupuesto de mantención, dotación e insumos varios.
- Se hace una vez al año pero se controla mes a mes.

Mantenimiento de Equipos e Infraestructura

- Es una actividad de que determina la disponibilidad de equipos e infraestructura de tecnología semi-automática.
- Se define un plan matriz en base en base a un plan anual, el cual tiene que ser seguido como un kpi relevante e influyente en la productividad, idealmente como disponibilidad de equipos y área productiva.

Procedimientos

- Los procedimientos deben estar estipulados y aprobados por el Jefe de unidad.
- Estos abarcan desde la operación hasta el rol de la gente de apoyo en terreno. Y se debe hacer uno por cada actividad.

VARIABLES CLAVES

Estas son las variables que controlan el proceso de extracción.

- Número de puntos de extracción habilitados (Área Disponible).
- Disponibilidad de Dotación
- Número de equipos disponibles y área operativa por infraestructura.
- Número sistemas de traspaso disponibles.
- Estimación de tonelaje extraído (según Programa de Producción).
- Humedad y granulometría del mineral, definición en la matriz de criticidad.
- Tiempo Operacional de los turnos.
- Productividad por operador.
- Número de incidentes de bombes o escurrimientos de barro

Definición KPIs

Los KPIs definidos para este proceso están asociados a la productividad y son dependientes de la gestión del proceso, tienen un responsable y plazos para el seguimiento. Estos pueden variar en el tiempo en donde se puede agregar o quitar algún parámetro.

Tabla 15: KPIs definidos en Proceso Extracción Barro.

KPI	Seguimiento	Responsable
Cumplimiento del Plan Mensual y Anual y por punto	Cada 15 días y Mensual	Jefe de Proceso Operación
Tiempo Efectivo (Inicio y Fin de Turno)	Cada 7 días	Jefe de Turno
Disponibilidad de Equipos e infraestructura de tecnología semi-automática	Cada 15 días	Jefe de Proceso Mantenimiento
Costo Operacional	Mensual	Jefe de Unidad
Incidentes Operacionales (Ejemplo Bombeo o escurrimiento de Barro)	Mensual	Jefe de Unidad

Cabe destacar que existe el KPIs de incidentes operacionales, ya que se espera que existan eventos de escurrimientos de barro.

6.3.3 Variables de Salida

Las variables de salida son las características propias del proceso y del mineral extraído tanto en calidad como en cantidad, requeridas para el cliente del proceso. Estas son:

- Ritmo producción en toneladas por día (tpd)
- Ley del mineral extraído.
- % humedad de la mezcla extraída.
- Mineralogía del mineral producido

El tipo de variables de salida depende también del cliente, es decir, depende del tipo de proceso que es el cliente, dado que el teniente tiene distintas configuraciones de proceso dependiendo del sector a explotar.

6.3.4 Clientes

Los clientes son los procesos productivos siguientes tanto de la misma Gerencia de Mina como de la Gerencia de Planta.

Como se dijo anteriormente el cliente varía según el sector de explotación.

- Para el caso de producir barro en sector reservas Norte el 1er cliente es el proceso “Acarreo Teniente 7”.
- Para el caso de producir barro en sector Esmeralda el 1er cliente es el proceso “Acarreo Teniente 6”.
- Para el caso de producir barro en sector Diablo Regimiento el 1er cliente es el proceso “Chancado Primario Diablo Regimiento”.

El cliente final del barro es la Gerencia de Planta, es fundamental expresarlo a pesar de que no es el cliente directo del proceso del barro, esto porque las etapas de molienda y conminución y recuperación metalúrgicas tienen distinto comportamiento al de un mineral menos fino (fresco), pudiendo afectar a procesos de molienda y procesos de recuperación.

Por tal razón es importante incluirlo dentro de los clientes del proceso y así ellos pueden gestionar sus procesos de mejor manera para así mejorar sus KPIs.

6.4 Mejora Continua

La mejora continua es fundamental para obtener y cumplir con los objetivos estratégicos de la empresa y son parte del modelo de gestión propuesto, usando no sólo el cumplimiento de los KPIs definidos, sino también de ir entendiendo el comportamiento de la extracción de este tipo de mineral.

El mejoramiento continuo es un proceso que busca un objetivo o una política, se planifica las actividades, se implementan, se miden o verifican y luego se mejoran, para luego nuevamente planificar, implementar cambios y seguir con el ciclo del mejoramiento continuo.

Estrategia o Política

La estrategia y/o política para este modelo continuo es el comprender el fenómeno del ingreso de barro a los sectores. Ya que comprendiendo el fenómeno se puede controlar y usar para obtener beneficios.

Se Planea

La planificación para este caso corresponde a generar planes de seguimiento a las variables claves que generan la condición de barro y/o plantear medidas de estrategia de extracción operacional que permitan disminuir los incidentes operacionales (bombeo o escurrimientos), que disminuyen la productividad.

Se implementa

Se implementa en los turnos y terreno las medidas de estrategia a aplicar.

Se Verifica

Se hace un levantamiento de información de planificada, para este caso los KPIs definidos

Se Actúa

Una vez se analizan los resultados, se identifican desviaciones positivas o negativas para luego replantear o no las medidas de estrategia tomadas. Un ejemplo para este caso es si las medidas hacen que mejore los indicadores de bombeos o escurrimientos de barro. Para luego planificarlas nuevamente o mantenerlas y revisarlas en un nuevo ciclo.

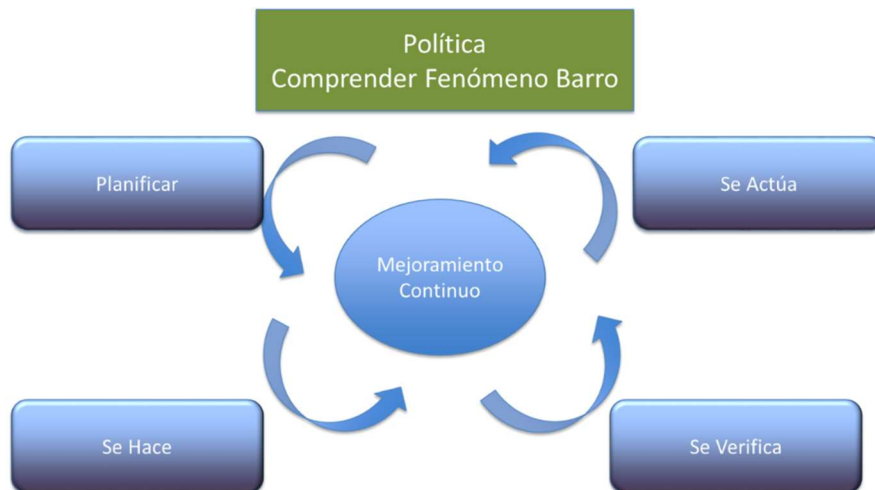


Figura 10: Proceso Extracción Barro – Mejoramiento Continuo.

El proceso de mejoramiento continuo se hace seguimiento cada mes emitiendo un informe técnico de los avances.

6.5 Modelo de Gestión aplicado a Sectores Potenciales

Considerando los tres sectores potenciales Reservas Norte, Esmeralda B1 y Diablo Regimiento, el organigrama del modelo resultante tendría la siguiente forma.

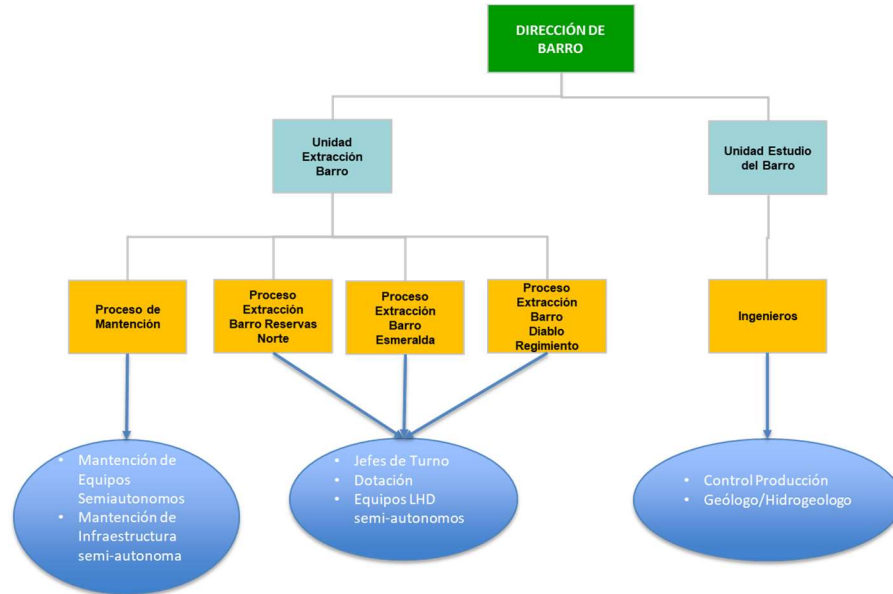


Figura 11: Organigrama Extracción Barro.

- Una Unidad de Extracción de Barro con tres procesos de extracción. Cada proceso de extracción con dotación propia, equipos LHD semi-autonomos propios.
- Un proceso de mantenimiento. Este proceso exclusivo para la mantención de infraestructura especial para mantener el estado operativo del sistema semi-automático, tanto en el sistema móvil de carguío como el estacionario puesto en el nivel o galerías.
- Cada proceso tendría los mismos KPIs pero propios de cada sector. Esto permitiría hacer seguimiento, comportamiento de la producción y del área en particular. Los KPIs, variables de entrada y variables de salida son los expuestos en secciones anteriores.

7. EVALUACIÓN ECONÓMICA

En este capítulo veremos la evaluación económica del potencial global y por sector de la extracción de barro.

7.1 Sectores a Evaluar

El potencial de la reserva actual de mineral tipo barro, como se vio en el capítulo tres y en el anterior, corresponde a tres sectores, Reservas Norte, Esmeralda B1 y Diablo Regimiento. Para efectos de valorizar el potencial del negocio, se evalúa cada sector por separado, concluyendo con un global.

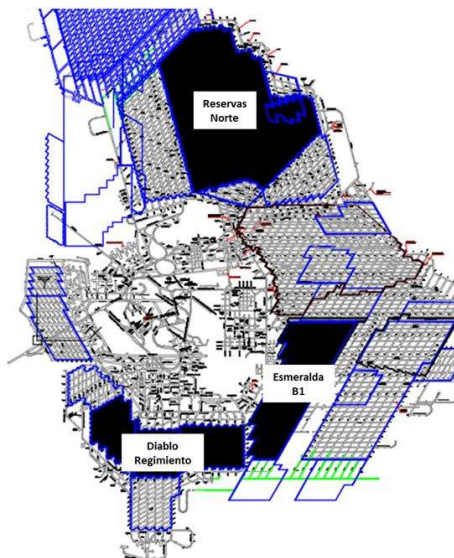


Imagen 27: Tres sectores a evaluar Reservas Norte, Diablo Regimiento y Esmeralda Sur

Las tasas productivas de cada sector se calculan de acuerdo a potenciales operacionales de cada uno y los horizontes de explotación de acuerdo a estrategia de inicio de proyecto y factibilidad técnica de poder operar en cada sector.

7.2 Criterios de Evaluación

La evaluación económica del proyecto considera los criterios descritos en el “Manual de Evaluación Económica SIC-M-004”, emitido por la GERENCIA DE EVALUACIÓN DE INVERSIONES Y CONTROL DE PROYECTOS de la Casa Matriz de CODELCO., los cuales se resumen en los siguientes puntos:

- Evaluación tipo privada, no social.
- El elemento económico central de trabajo de la evaluación es el flujo de caja.
- Para efectos de la evaluación no se considera el Impuesto al Valor Agregado, IVA.
- Se identifica, mide, valora los costos y beneficios pertinentes de un proyecto.
- Los ingresos y egresos de caja pueden ocurrir mensualmente, diariamente o en forma continua. Se medirá en años.
- Los flujos de caja corresponden al proyecto puro, es decir sin ningún tipo de financiamiento. En este caso, el financiamiento está incorporado en la determinación de la tasa de descuento.
- La tasa de descuento corresponde a 8%, en donde lo establece la Nota Interna N°GEDE – 004-/2017 “Actualización de Antecedentes económicos y comerciales para panificación 2018”. Estimada por el WACC (Costo promedio ponderado de Capital) de 8%
- Proyectos de Obras Mineras se evaluarán mediante VAN, TIR

Cada uno de los sectores tiene su vida útil en base la factibilidad técnica y reservas disponibles a explotar, variando entre sectores.

Los parámetros de ingresos ocupados corresponden a las orientaciones comerciales a marzo 2018 de Codelco, que consideran un precio del cobre en largo plazo de 284.3 US¢/lb, considerado nivel medio.

Los parámetros de las orientaciones económicas a ocupar, se muestran a continuación.

Tabla 16: Orientaciones comerciales Marzo 2018

TIPO DE CAMBIO		Largo Plazo
Tipo de Cambio (\$/US\$)		
Nivel Inferior		593
Nivel Medio		664
Nivel Superior		733
PRECIO	un	Largo Plazo
Cobre		
Nivel Superior	cUS\$/lb	336
Nivel Medio	cUS\$/lb	284.3
Nivel Inferior	cUS\$/lb	234
Molibdeno		
Precio	US\$/kg	25.6

Como inversión inicial se considera todo lo necesario para la explotación de cada sector, esto incluye reparación de infraestructura, instrumentación en cada zona potencial y sistema de automatización. Además se considera una contingencia del 30%.

- Reparación de Infraestructura: Este ítem se incluye dado que el área a extraer está en desuso y considera la reparación de puntos extracción, carpetas de rodado y fortificación adicional. Para cada sector se considera un factor de este gasto por m², equivalente a 128.5 U\$/m² (estimación según API T16E202, “EXPLORACION MINERAL HUMEDO-MINA EL TENIENTE-PRUEBA INDUSTRIAL”)
- Instrumentación: Esta inversión considera toda la instrumentación necesaria para el control en terreno y en línea de los indicadores de humedad. Este ítem se estima de acuerdo a la zona a evaluar. (estimación según API T16E202, “EXPLORACION MINERAL HUMEDO-MINA EL TENIENTE-PRUEBA INDUSTRIAL”)
- Sistema de Automatización: Este gasto toda inversión que se debe efectuar a un equipo actual para ser transformado a equipo de telecomando. Cabe destacar que para cualquier equipo el costo de automatización es el mismo. (estimación según API T16E202, “EXPLORACION MINERAL HUMEDO-MINA EL TENIENTE-PRUEBA INDUSTRIAL”)

Tabla 17: Gasto inversión Telecomando por LHD

Equipo	Inversión (US\$)
Sistema Semiautónomo LHD 7 yd ³ . 13 yd ³	280,000

No se considera la compra de equipos, se ocuparan equipos en el parque actual de la flota, por lo tanto se considera como costos hundidos.

Para el cálculo del ingreso se considera una recuperación metalúrgica del cobre y molibdeno, de 86% y 60%, respectivamente. Esto en base a parámetros de PND 2018.

El costo operacional (opex) es basado en la información del último PND 2018, el cual toma información, antecedentes históricos y reales de cada proceso. El opex se categoriza en proceso Planta y Mina.

El Opex Planta considera variables de molienda, flotación selectiva, filtros, agua y relaves, entre otros, determinando así un costo planta de 7.59 US\$/t. En cambio para el Opex mina consideramos un valor referencial de un sector minero. La mina actual Reservas Norte se usa como referente, ya que en ella se encuentra la mayor reserva en barro disponible. Adicionalmente y debido a que la extracción de barro es menos productiva, se considera como criterio un aumento de costo mina en un 50%, alcanzando a 13.19 US\$/t.

Tabla 18: Costos Unitarios Procesos Mina y Planta

Costos Unitarios		
Costo Mina	US\$/Tms	13.19
Costo Planta	US\$/Tms	7.59
Costo FFCC Tte8	US\$/Tms	1.2

7.3 Perfil Productivo

El perfil productivo definido por sector considera la factibilidad técnica de producir, la misma temporalidad de PND 2018, así como también de acuerdo al área en barro comprometida y las reservas remanente calculadas. Las tasas comprometidas a evaluación son las siguientes.

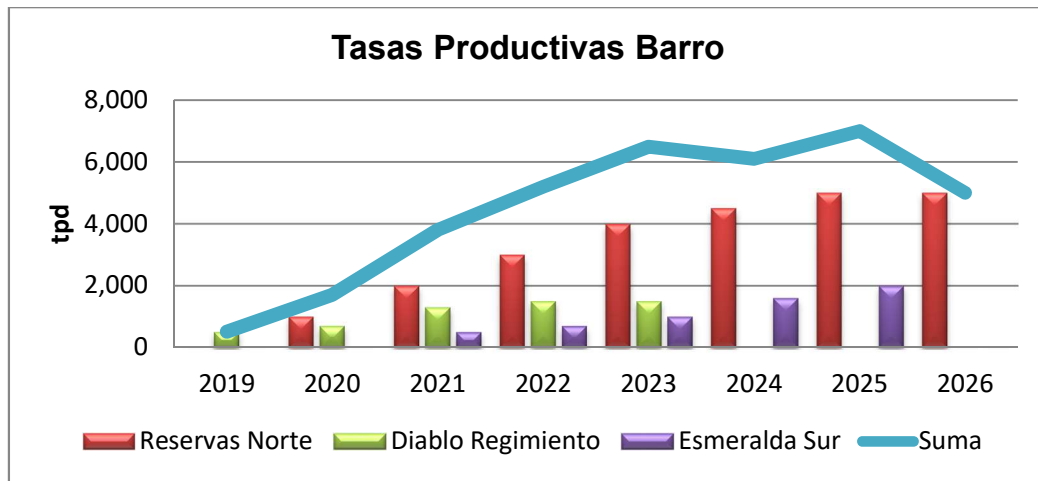


Gráfico 3: Extracción Tasas Productivas Barro

- Para Reservas Norte se considera un inicio de producción para el 2020 y con un régimen productivo de 5.000 tpd hasta agotar reservas de barro en 2026.
- En el caso de Diabolo Regimiento se considera la continuación del proyecto de barro actual, teniendo un régimen de 1.500 tpd y acabando sus reservas el 2023.
- En Esmeralda Sur (B1) se considera un inicio de producción el 2021 con un régimen de 2.000 tpd y acabando sus reservas el 2023.

7.4 Evaluación Económica

7.4.1 Reservas Norte

Este sector corresponde a un área total de 54,600m², con tres equipos totales a ocupar.

Inversiones

- El costo de la reparación de infraestructura minera, como se dijo anteriormente, es en base al área a explotar y por un factor de 128.5 U\$/m². Esta reparación se realiza en los primeros 3 años de explotación.

- La instrumentación se efectúa en 2 etapas, la primera al antes de implementar (año 2019) y la segunda en la mitad de la vida útil de este sector (el año 2022). Este se estima en 1.650 kU\$ cada etapa.
- La temporalidad de la automatización de los equipos es en base al perfil productivo del sector, necesitando implementar un equipo LHD por año.

Ingresos

Los ingresos se calculan en base al perfil productivo, leyes, recuperación metalúrgica y los precios mostrados en las orientaciones comerciales. El plan minero asociado al sector es el siguiente.

Tabla 19: Plan Minero Barro Sector Reservas Norte

Año		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Producción	t/d		1,000	2,000	3,000	4,000	4,500	5,000	5,000
Ley CuT	%CuT		0.86	0.82	0.79	0.79	0.77	0.72	0.71
Ley MoT	ppm		0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027
TMF CuT	TMF		2,663	5,067	7,306	9,761	10,726	11,146	10,991
TMF Mo	TMF		58	117	175	233	262	292	292
Rec CuT	%	86							
Rec Mo	%	60							

El perfil productivo inicia el 2020 y llega a un máximo de 5.000 tpd.

Costos

Los costos son en base a la tasa de procesamiento y según los costos unitarios mencionados anteriormente.

Flujo de Caja

La resultante del flujo de caja es el siguiente.

Tabla 20: Flujo de Caja Sector Reservas Norte

Año		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Inversiones									
Reparación	KUS\$	2,339	2,339	2,339					
Instrumentación	KUS\$	1,650			1,650				
Automatización	KUS\$	280	280	280					
Contingencias	KUS\$	1,281	786	786	495				
Total Inversiones	KUS\$	-5,549	-3,404	-3,404	-2,145				
Ingresos									
Concentrado Cu	KUS\$		14,105	26,846	38,705	51,712	56,821	59,046	58,226
Concentrado Mo	KUS\$		1,281	2,561	3,842	5,123	5,763	6,404	6,404
Total Ingresos	KUS\$		15,386	29,408	42,547	56,835	62,584	65,450	64,630
Costos									
Planta	KUS\$		2,732	5,465	8,197	10,930	12,296	13,662	13,662
Mina	KUS\$		4,748	9,497	14,245	18,994	21,368	23,742	23,742
FFCC TTE 8	KUS\$		432	864	1,296	1,728	1,944	2,160	2,160
Total	KUS\$		7,913	15,826	23,738	31,651	35,608	39,564	39,564
Flujo de Caja	KUS\$	-5,549	4,069	10,178	16,664	25,184	26,977	25,886	25,066
Total Flujo de Caja	KUS\$	128,473							
VAN	KUS\$	\$ 81,464							
TIR	%	147%							

El proyecto tiene valores de VAN y TIR de 81.464 KU\$ y 147%, respectivamente, lo que representa un proyecto muy atractivo económicamente.

7.4.2 Esmeralda

Este sector tiene un área menor que el anterior, correspondiente a un área total de 14.100m², con un equipo LHD a ocupar.

Inversiones

- El costo de la reparación de infraestructura minera, como se dijo anteriormente, es en base al área a explotar y por un factor de 128.5 U\$/m². Igual que el sector reservas Norte esta reparación se realiza en los primeros 3 años de explotación.
- La instrumentación se efectúa en 2 etapas, la primera al antes de implementar (año 2020) y la segunda en la mitad de la vida útil de este sector (el año 2022). Este se estima en 500 kUS\$ cada etapa, menor al anterior por ser un área más pequeña.

- La temporalidad de la automatización de los equipos es en base al perfil productivo del sector, necesitando implementar un equipo LHD antes de la operación proyecto.

Ingresos

Los ingresos se calculan en base al perfil productivo, leyes, recuperación metalúrgica y los precios mostrados en las orientaciones comerciales. El plan minero asociado al sector es el siguiente.

Tabla 21: Plan Minero Barro Sector Esmeralda

Año		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Producción	t/d		500	700	1,000	1,600	2,000	0
Ley CuT	%CuT		0.70	0.65	0.63	0.63	0.62	0
Ley MoT	ppm		0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0
TMF CuT	TMF		1,084	1,404	1,957	3,098	3,845	0
TMF Mo	TMF		29	41	58	93	117	0
Rec CuT	%	86						
Rec Mo	%	60						

Inicio producción 2021, llegando a un máximo de 2.000 tpd.

Costos

Los costos son en base a la tasa de procesamiento y según los costos unitarios mencionados anteriormente.

Flujo de Caja

La resultante del flujo de caja es el siguiente.

Tabla 22: Flujo de Caja Sector Esmeralda

Año		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Inversiones								
Reparación	KUS\$	604	604	604				
Instrumentación	KUS\$	500		500				
Automatización	KUS\$	280						
Contingencias	KUS\$	415	181	331				
Total Inversiones	KUS\$	-1,799	-785	-1,435				
Ingresos								
Concentrado Cu	KUS\$	0	5,741	7,440	10,366	16,412	20,371	0
Concentrado Mo	KUS\$	0	640	896	1,281	2,049	2,561	0
Total Ingresos	KUS\$	0	6,381	8,336	11,647	18,461	22,932	0
Egresos								
Planta	KUS\$	0	1,366	1,913	2,732	4,372	5,465	0
Mina	KUS\$	0	2,374	3,324	4,748	7,597	9,497	0
FFCC TTE 8	KUS\$	0	216	302	432	691	864	0
Total	KUS\$	0	3,956	5,539	7,913	12,660	15,826	0
Flujo de Caja	KUS\$	-1,799	1,639	1,362	3,734	5,801	7,107	0
Total Flujo de Caja	KUS\$	17,844						
VAN	KUS\$	\$ 11,992						
TIR	%	118%						

El proyecto tiene valores de VAN y TIR de 11,992 KU\$ y 118%, respectivamente.

7.4.3 Diablo Regimiento

Este sector tiene un área similar al anterior, correspondiente a un área total de 19.350m², con un equipo LHD a ocupar.

Inversiones

- El costo de la reparación de infraestructura minera, al igual que sectores anteriores, es en base al área a explotar y por un factor de 128.5 U\$/m². Esta reparación se realiza en los primeros 2 años de explotación.
- La instrumentación se efectúa en 2 etapas, la primera al antes de implementar (año 2019) y la segunda en la mitad de la vida útil de este sector (el año 2022). Este se estima en 500 kU\$ cada etapa, igual al estimado en el sector Esmeralda.
- La temporalidad de la automatización de los equipos es en base al perfil productivo del sector, necesitando implementar un equipo LHD antes de la operación proyecto.

Ingresos

Los ingresos se calculan en base al perfil productivo, leyes, recuperación metalúrgica y los precios mostrados en las orientaciones comerciales. El plan minero asociado al sector es el siguiente.

Tabla 23: Plan Minero Barro Sector Diablo Regimiento

Año		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Producción	t/d		500	700	1,300	1,500	1,500		
Ley CuT	%CuT		0.55	0.53	0.51	0.50	0.50		
Ley MoT	ppm		0.027	0.027	0.027	0.027	0.027		
TMF CuT	TMF		851	1,153	2,062	2,333	2,308		
TMF Mo	TMF		29	41	76	87	87		
Rec CuT	%	86							
Rec Mo	%	60							

Inicio de producción el año 2020, con un ritmo de producción que llega a 1500 tpd.

Costos

Los costos son en base a la tasa de procesamiento y según los costos unitarios mencionados anteriormente.

Flujo de Caja

La resultante del flujo de caja es el siguiente.

Tabla 24: Flujo de Caja Sector Diablo Regimiento

Año		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Inversiones									
Reparación	KUS\$	1,243	1,243						
Instrumentación	KUS\$	500		500					
Automatización	KUS\$	280							
Contingencias	KUS\$	607	373	150					
Total Inversiones	KUS\$	-2,630	-1,616	-650					
Ingresos									
Concentrado Cu	KUS\$		4,510	6,109	10,926	12,360	12,227	0	0
Concentrado Mo	KUS\$		640	896	1,665	1,921	1,921	0	0
Total Ingresos	KUS\$		5,151	7,006	12,590	14,281	14,149	0	0
Egresos									
Planta	KUS\$		1,366	1,913	3,552	4,099	4,099	0	0
Mina	KUS\$		2,374	3,324	6,173	7,123	7,123	0	0
FFCC TTE 8	KUS\$		216	302	562	648	648	0	0
Total	KUS\$		3,956	5,539	10,287	11,869	11,869	0	0
Flujo de Caja	KUS\$	-2,630	-422	817	2,304	2,412	2,279	0	0
Total Flujo de Caja	KUS\$	4,760							
VAN	KUS\$	\$ 2,623							
TIR	%	30%							

El proyecto tiene valores de VAN y TIR de 2.623 KU\$ y 30%, respectivamente.

7.4.4 Resumen Evaluación Económica

La tabla resumen de los tres sectores es la siguiente.

Tabla 25: Resumen Evaluación Económica

Resumen Evaluación Económica Tasa 8%		
Sector	VAN	TIR
Reservas Norte	\$ 81,464	147%
Esmeralda Sur	\$ 11,992	118%
Diablo Regimiento	\$ 2,623	30%
Suma	\$ 96,078	

Se obtiene un valor VAN global del proyecto de 96.078 KUS\$, en donde el que más potencial tiene es el sector Reservas Norte con una TIR de 147%, seguido por Esmeralda con 118% y Diablo Regimiento 30%.

Del resultado y cálculos anteriores se infiere que la inversión es menor comparado con el retorno que se puede obtener independiente del proyecto, debido principalmente a que no se debe hacer compra de equipos mayores dado que se considera que equipos en uso se van a usar.

8. CONCLUSIÓN

Existe tres sectores con reservas remanentes de barro (Esmeralda, Reservas Norte y Diablo Regimiento), con un potencial total de reservas de barro calculadas de 12.7 Mton con una ley de 1.07 %CuT. Estas reservas son potencialmente atractivas dado el volumen, ley y ubicación de ellas.

Teniendo en cuenta las experiencias de extracción y características técnicas, operativas y tecnológicas presentes en la actualidad, la producción de barro a mayor escala es factible, teniendo como ejemplo concreto la extracción actual exitosa en PT Freeport en Indonesia.

El modelo actual de extracción define claramente los interactuantes, sus variables de entrada, procesos y variables de salidas para sus clientes. Pero tiene la falencia que no está adecuado para extracción de barro, en donde algunas variables difieren de la extracción de mineral seco. Adicionalmente la estructura organizacional actual no permite asignar recursos y darle autonomía al proceso, dependiendo el éxito de la extracción de barro de otras unidades operativas.

El modelo de gestión propuesto asigna una nueva unidad organizacional particular para el barro, esta se le llama “Dirección del Barro“, dependiente directamente de la Gerencia General. La dirección tendrá dos unidades, una “Operativa” y la otra de “Estudios del Barro”, la primera tendrá como objetivo principal cumplir de manera segura y sustentable la producción de barro de los planes emitidos tanto por SPL como SGP y la otra unidad tendrá como objetivo principal avanzar con la comprensión del fenómeno mismo en la División el Teniente. Al tener una unidad organizacional autónoma permite organizarse de mejor manera, definiendo presupuesto específicos al barro, un proceso con KPIS claros y específicos, permitiendo darle solución a falencias actuales de la gestión extracción, teniendo un modelo óptimo para el cumplimiento de metas más exigentes a incorporar en los Planes de Negocio futuros.

Los tres sectores que tienen reservas remanentes, al ser evaluados considerando un plan de producción e inversiones, tienen un gran potencial económico. Estos resultados son directamente proporcional a las reservas remanentes reportadas e indican que cada sector por si sólo es factible de producir con rentabilidad positiva, influenciada principalmente por el valor bajo de inversión inicial. Esta inversión es baja porque los sectores en donde se encuentra las reservas ya están construidos y no se requiere desarrollos y/o construcción minera adicional, sólo implementación tecnológica en equipos y en infraestructura minera.

Como siguiente paso y recomendación es la actualización de las reservas remanentes de barro, dado que este tipo de mineral aumenta su presencia en el tiempo. Esto llevaría a tener indicadores económicos aún más optimistas. Adicionalmente se recomienda

ampliar el estudio del modelo a otras gerencias como la de planta, porque hasta el momento no se ha realizado estudios para ver el impacto operacional y su posible solución de gestión de mineral fino (proveniente del barro) en procesos de metalurgia extractiva.

BIBLIOGRAFÍA

1. GUÍA PARA UNA GESTIÓN BASADA EN PROCESOS – Instituto Andaluz de Tecnología. <http://www.idi.es/images/Documents/guiagestionprocesos.pdf>.
2. Plan de Negocios PND 2018, División el Teniente.
3. Mud rushes and methods of combating them, by R. Butcher, T.R. Stacey, and W.C. Joughin, The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy 2005.
4. Manual de Evaluación Económica SIC-M-004 2012- CODELCO.
5. Informe “EXPLORACION MINERAL HUMEDO MINA EL TENIENTE PRUEBA INDUSTRIA API T16E202 – CODELCO”

ANEXOS

Anexo A – Estándar de Control de Fatalidades ECF - N° 15 Agua Barro

A REQUISITOS DE LAS PERSONAS

A.1 Presentar aptitudes técnicas, físicas y psicológicas adecuadas.

- Todo trabajador que considere o estime que sus aptitudes técnicas, físicas y/o psicológicas estén disminuidas, deberá informar de esto a su supervisión directa, de manera inmediata y antes de realizar cualquier tipo de trabajo, a objeto de ser reasignado a otras tareas o derivado a un centro de atención médica, según corresponda.
- Ningún trabajador podrá estar bajo la influencia del alcohol o drogas ilícitas. Referencia: Estándar de Salud en el Trabajo N° 8.
- Toda persona que ejecute trabajos o tareas en zonas con riesgo de bombeo deberá estar técnicamente apto conforme al punto A.2.

A.2 Las personas que realicen actividades en zonas con riesgo bombeo agua/barro, deben contar con capacitación respecto a los riesgos y el control de los mismos.

- La capacitación deberá ser dictada por el área de operaciones y control producción mina y deberá considerar los siguientes aspectos:
 - a) Conceptos de Geología/Litología.
 - b) Conocimiento matriz de criticidad, contenido de humedad y granulometría de mineral en puntos de extracción y traspaso de mineral.
 - c) Procedimientos vigentes para el control del riesgo de bombeo en la mina.
 - d) La capacitación debe ser reforzada periódicamente mediante charlas informativas.



A.3 Conocer las zonas de su área de trabajo afectadas por humedad o peligro de bombeo.

- Todo trabajador que realice actividades en las áreas productivas de la mina, debe informarse de las zonas identificadas con el peligro de bombeo y sus medidas de control.



A.4 Todas las personas que ejecuten actividades en zonas con humedad, deben estar instruidas de los procedimientos e instructivos específicos asociados.

- Ninguna persona realizará actividades en zonas expuestas al peligro de bombeo sin haber sido formalmente instruida en los procedimientos e instructivos específicos.

A.5 Toda persona que ejecute las actividades de extracción, traspaso y carguío de mineral húmedo, deberá estar instruida y entrenada para actuar en caso de emergencia.

- Ninguna persona ingresará a zonas con alto contenido de humedad que pueda ser identificado como posible punto de bombeo.

A.6 Las personas autorizadas para realizar extracción de mineral, en zonas con riesgo de bombeo, deberán estar capacitadas y entrenadas para la operación específica de LHD telecomandados o buzones operados a distancia.

- Todo operador de equipos LHD telecomandado debe contar con una licencia de operación vigente que lo acredite como tal.

A.7 Cada trabajador previo al ingreso a un área o zonas con mineral húmedo, debe ser autorizado por escrito por encargado del área respectiva.

- Toda persona que deba ingresar a zonas con puntos de mineral húmedo, debe solicitar autorización de entrada al supervisor responsable del área y conforme al requisito A.4.



B REQUISITOS ASOCIADOS A LA ORGANIZACIÓN

B.1 Mantener una estructura para gestionar el riesgo de bombeo, con roles y funciones definidas.

- Disponer de organización interna que audite y controle el riesgo de bombeo.
- Disponer de un grupo de especialistas mineros y geomecánicos, que realicen el control de la cavidad mina (cráter).
- Disponer de un grupo de especialistas geólogos para el control de la humedad y granulometría.
- Disponer de un área que realice la programación y control de la producción, considerando lineamientos para la extracción en zonas húmedas y para el control de ingreso de agua-barro.

B.2 Contar con procedimientos operacionales y de emergencia vigentes, y sistemas de evacuación para cada área.

- Lo procedimientos e instructivos deben considerar a lo menos los siguientes temas:
 - Metodología para la identificación de puntos de extracción con peligro de bombeo.
 - Medidas de control para una operación segura (metodología operacional).
 - Preparación para la operación; equipo minero, confinamiento, disponibilidad de infraestructura, personal acreditado, sistemas de comunicación, otros propios de la operación.
 - Monitoreo, control y evaluación del proceso.
 - Vías de evacuación y control de emergencias.
 - Contar con un procedimiento específico de actuación ante personas y/o equipos atrapados por bombeo.

B.3 Incorporar la evaluación de riesgos de bombeo y sus medidas de control en las fases tempranas de la elaboración de proyectos y planes mineros.

- Todo proyecto minero debe incluir una caracterización hidrogeológica que permita determinar el riesgo potencial de bombeo a que estará expuesto, definiendo e implementando tempranamente las medidas de mitigación y control.

B.4 Disponer de estudios hidrogeológicos actualizados anualmente, por sectores productivos del yacimiento.

- El estudio debe incluir:
 - Condición de superficie: aerofotogrametría, topografía, hidrología, climatología, escorrentía superficial, cauces fluviales y otros.
 - Condición subterránea: estado de niveles sobre zona en extracción, caracterización geotécnica, avance subsidencia, aforos de drenaje, otros.
 - Recomendaciones para la operación.

B.5 Contar con estrategia de extracción diaria, semanal y/o mensual en puntos con presencia de humedad que escurre.

- Estos sectores requieren actualizar los parámetros de selección de reservas para definir altura extraíble anualmente para incorporar condiciones actuales de extracción de puntos con alta humedad.



B.11 Verificar que los puntos de extracción con

C REQUISITOS DE LOS EQUIPOS E INSTALACIONES

C.1 Verificar el cumplimiento de los programas de mantenimiento preventivo (Plan Matriz) de los equipos que cuenten con sistemas de operación remota (LHD y buzones).

- Contar con sistema de comunicación bidireccional con a lo menos 3 canales.
- Todos los equipos deben poseer un sistema de radio comunicación tipo Tracking, con canales independientes para la operación, mantención y emergencias; este último, debe predominar por sobre el resto de las comunicaciones del grupo.

C.2 Aislar o confinar los sectores de extracción de mineral húmedo con riesgo de una descarga no controlada de agua-barro.

- Debe definirse de acuerdo a condiciones de terreno y potencialidad del riesgo, cada uno de los sistemas de aislamiento a usar para confinar el sector.

D Definiciones

- Bombeo de Agua/Barro:** es la descarga violenta de agua y barro de una columna licuefactada a través de infraestructuras como puntos de extracción, piques de traspaso, buzones y compuertas.
- Matriz de Criticidad:** es la clasificación del peligro de escurrimiento de barro (bombeo) de un punto de extracción, basada en los dos parámetros definidos como relevantes:
 - Contenido de Humedad (%) según análisis de laboratorio.
 - Tamaño de grano del material (G 25 cm), obtenida de información cualitativa de observación en terreno. Ver Informe técnico SGP-I-016/2010: "Definición de matriz de criticidad para el control de agua barro". División El Teniente.


Anexo B – Modelo Actual de Gestión de Extracción División El Teniente


Formularios de Uso Directo						
Nº	Neg.	Amb.	Seg.	Código Documento	Título del Documento	
1	●	●	●	FORMULARIO R - 01	MAPA DEL PROCESO	Proceso
2	●	●	●	FORMULARIO R - 01A	FICHA DEL PROCESO, ANEXO AL R-01, PARA PROCESOS EN ISO-9001	Proceso
3	●	●	●	FORMULARIO R - 02	MATRIZ DE IDENTIFICACION DE PELIGROS, EVALUACION Y CONTROL DE RIESGOS EXTRACCION	Superintendencia
		●	●	FORMULARIO R - 05	MATRIZ DE IDENTIFICACION DE ASPECTOS AMBIENTALES	
4			●	FORMULARIO R - 08	MATRIZ DE EVALUACION DE RIESGOS CONSOLIDADO	
5	●	●	●	FORMULARIO R - 09	TABLERO DE CONTROL	
6		●	●	FORMULARIO R - 10A	PROGRAMA DE GESTION AMBIENTAL DEL PROCESO	
7			●	FORMULARIO R - 10S	PROGRAMA DE GESTION DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL	
8			●	FORMULARIO R - 11	ANÁLISIS CAUSAL	
9	●	●	●	FORMULARIO R - 12	REGISTRO DE ACTIVIDAD	
10	●	●	●	FORMULARIO R - 13	PROYECTO DE MEJORAMIENTO	
11	●	●	●	FORMULARIO R - 14	RESULTADOS PROYECTO DE MEJORAMIENTO	
12	●	●	●	FORMULARIO R - 15	OBJETIVOS, METAS Y PROGRAMAS DE LOS SGA Y SGC	Superintendencia
13	●	●	●	FORMULARIO R - 16	OBJETIVOS, METAS Y PROGRAMAS DE GESTIÓN SysO	
14	●	●	●	FORMULARIO R - 17	LISTA DE DOCUMENTOS	Unidad
15	●	●	●	FORMULARIO R - 18	MATRIZ DE CAPACITACIÓN	
16			●	FORMULARIO R - 20	PROGRAMA PERSONAL DE LIDERAZGO Y COMPROMISO	
17		●	●	FORMULARIO R - 22	EVALUACIÓN DE CUMPLIMIENTO LEGAL	
18			●	FORMULARIO R - 25	MATRIZ DE CONTROL OPERACIONAL	
19			●	FORMULARIO R - 26	VERIFICACIÓN DE CONTROL DE RIESGOS MODERADOS	
20			●	FORMULARIO R - 27	MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN, EVALUACIÓN CONTROL DE VULNERABILID...	
21			●	FORMULARIO R - 28	REGISTRO, EVALUACIÓN, CONTROL DE PÉRDIDAS INCIDENTALES	
22			●	FORMULARIO R - 29	INFORME EMPRESAS COLABORADORAS	
23			●	FORMULARIO R - 30	RESUMEN E - 200 (EE.CC.)	
24	●	●	●	FORMULARIO R - 205	MATRIZ DE CONTROL DE REGISTROS	Superintendencia
25	●	●	●	FORMULARIO R - 206	ASPECTOS IMPACTOS AMBIENTALES INVOLUCRADOS EN CONTRATO	
26	●	●	●	FORMULARIO R - 302	RESUMEN PROGRAMAS DE MONITOREO Y MEDICIÓN	Superintendencia
27	●	●	●	FORMULARIO R - 303	REPORTE DE INCIDENTE	
28	●	●	●	FORMULARIO R - 304	INFORME DE INVESTIGACIÓN DE INCIDENTE	
29		●	●	FORMULARIO R - 305	CATASTRO DE RIS DEL CENTRO GENERADOR	Unidad
30		●	●	FORMULARIO R - 308	DOCUMENTO DECLARACIÓN DE RISES	
31	●	●	●	FORMULARIO R - 309	LISTA DE VERIFICACIÓN	
32	●	●	●	FORMULARIO R - 310	REGISTRO DE HALLAZGO PARA LOS SISTEMAS DE GESTION DE CALIDAD...	
33	●	●	●	FORMULARIO R - 312	PLANILLA DE CONTROL DE GESTIÓN DE HALLAZGOS	
34		●	●	FORMULARIO R - 313	RUTAS Y EQUIPOS PARA EL MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS	
35	●	●	●	FORMULARIO R - 315	Registro de Generación Residuos Peligrosos PMP	
36	●	●	●	FORMULARIO R - 401	INVENTARIO INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	Superintendencia
37	●	●	●	FORMULARIO R - 402	MATRIZ DE DISTRIBUCIÓN DE DOCUMENTOS EN PAPEL	
38	●	●	●	FORMULARIO R - 403	FORMULARIO PARA INFORMES DE AUDITORÍAS INTERNAS	
39		●	●	FORMULARIO R - 404	ANÁLISIS DE PERTINENCIA	
40	●	●	●	FORMULARIO R - 405	LISTADO DE AUDITORES INTERNOS: AMBIENTE, CALIDAD Y SEGURIDAD	
41	●	●	●	FORMULARIO R - 407	PROGRAMA DE AUDITORIA INTERNA	
42		●	●	FORMULARIO R - 410	MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN Y CONTROL DE SITUACIONES DE EMERGEN...	Superintendencia
43		●	●	FORMULARIO R - 411	PROGRAMA DE SIMULACROS DE EMERGENCIAS	Superintendencia
44			●	FORMULARIO R - 412	OBSERVACIÓN CONDUCTA DE SEGURIDAD	
45			●	FORMULARIO R - 413	CARTILLA ANÁLISIS SEGURO DE TRABAJO (AST)	
46			●	FORMULARIO R - 414	INSPECCIÓN DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS	
47			●	FORMULARIO R - 415	REGISTRO DE ACTIVIDAD DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL	
48		●	●	FORMULARIO R - 502-A2	MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, RIESGOS INTOLERABLES Y...	
49		●	●	FORMULARIO R - 503-A3	MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, RIESGOS INTOLERABLES Y...	
50		●	●	FORMULARIO R - 504-A4	MATRIZ DE REGULACIÓN, PERMISOS, COMPROMISOS Y ÁMBITO QUE APL...	
51		●	●	FORMULARIO R - 505-A5	PROGRAMA DE MONITOREO Y CONTROL DE ACCIONES CORRECTIVAS	

Tabla 26: Formularios Gerencia Mina

Imagen 28: Formulario R 101 – Proceso Extracción de Unidad Diabolo Regimiento.

		Ficha de Proceso "Extracción y Traspaso" Unidad 4 - Sur	Código : H-101A Fecha : 02/01/2014 Versión: 1 Página : 1 de 4
NOMBRE DEL PROCESO Nombre de su proceso en la posible un verbo que identifique las actividades		Extracción y Traspaso Unidad 4 - Sur	
Nº		MATERIA	
1		PROPOSITO Finalidad fundamental o misión de su proceso. Con qué objetivo se justifica para la organización.	
2		PROPIETARIO La persona que coordina las actividades y responde directamente por la gestión del proceso.	
3		SALIDAS Productos, servicios, desechos, información que entrega el proceso. Los más importantes. Identifique el cliente interno.	
4		ENTRADAS Productos, servicios, insumos, materiales, repuestos, información que entra al proceso. Los más importantes. Identifique el proveedor interno.	
5		LIMITES Defina claramente hasta donde llega la responsabilidad por los productos y servicios del proceso.	
6		ACTIVIDADES RELEVANTES Identifique las actividades del proceso y entre ellas las que son actividades relevantes para el logro del objetivo del proceso, bajo el criterio de que cosa o situación podría afectar la calidad del producto, o poner en riesgo el cumplimiento con el cliente o el compromiso comercial, en la perspectiva del negocio global o del cliente interno.	

		Ficha de Proceso "Extracción y Traspaso" Unidad 4 - Sur	Código : H-101A Fecha : 02/01/2014 Versión: 1 Página : 2 de 4
NOMBRE DEL PROCESO Nombre de su proceso en la posible un verbo que identifique las actividades		Extracción y Traspaso Unidad 4 - Sur	
Nº		MATERIA	
4		PRODUCTOS • Proceso de Perforación y Tronadura → Área Incorporada. SERVICIOS • Unidad equipos Mina Sur (SMM) → Mantenimiento equipos. • Mantenimiento y Reparación de Instalaciones e Infraestructura (GSYS) → Mantenimiento y Reparación de Instalaciones e Infraestructuras. • Superintendencia Preparación Mina → Infraestructura reparada. • CIMM → Mantenimiento y Calibración de Monitor Q-RAE Plus (medidor de gases). • GSYS → Transporte de Personal. INSUMOS • Unidad servicio y suministros (SMM) → petróleo, energía eléctrica, explosivos, aire comprimido, agua industrial, EPP. • Ingeniería Mina → Ventilación (aire fresco). Información • GRMD → Programa de producción mensual y anual. • Superintendencia Ingeniería Mina → Asignación del parque de Equipos. • DOD → Administración de Recursos Humanos, de acuerdo a Procedimientos Estructurales GDHU.	
5		LIMITES Defina claramente hasta donde llega la responsabilidad por los productos y servicios del proceso.	
6		ACTIVIDADES RELEVANTES Identifique las actividades del proceso y entre ellas las que son actividades relevantes para el logro del objetivo del proceso, bajo el criterio de que cosa o situación podría afectar la calidad del producto, o poner en riesgo el cumplimiento con el cliente o el compromiso comercial, en la perspectiva del negocio global o del cliente interno.	

		Ficha de Proceso "Extracción y Traspaso" Unidad 4 - Sur	Código : H-101A Fecha : 02/01/2014 Versión: 1 Página : 3 de 4
NOMBRE DEL PROCESO Nombre de su proceso en la posible un verbo que identifique las actividades		Extracción y Traspaso Unidad 4 - Sur	
Nº		MATERIA	
7		ESPECIFICACIONES DE ENTRADA Y SALIDA Establezca especificaciones, técnicas (granulometría, humedad, T°, etc.) o de satisfacción (tiempo, calidad servicio indicadores)	
8		VARIABLES CLAVES Identifique las variables y ratios que permiten el control del proceso.	
9		INSTRUMENTOS DE MEDICION Indique los instrumentos y equipos que miden las variables claves	
10		INDICADORES Revise y defina los indicadores de su proceso en relación al cumplimiento del propósito, productos y controles internos.	


		Ficha de Proceso "Extracción y Traspaso" Unidad 4 - Sur	Código : H-101A Fecha : 02/01/2014 Versión: 1 Página : 4 de 4
NOMBRE DEL PROCESO Nombre de su proceso en la posible un verbo que identifique las actividades		Extracción y Traspaso Unidad 4 - Sur	
Nº		MATERIA	
7		ESPECIFICACIONES DE ENTRADA Y SALIDA Establezca especificaciones, técnicas (granulometría, humedad, T°, etc.) o de satisfacción (tiempo, calidad servicio indicadores)	
8		VARIABLES CLAVES Identifique las variables y ratios que permiten el control del proceso.	
9		INSTRUMENTOS DE MEDICION Indique los instrumentos y equipos que miden las variables claves	
10		INDICADORES Revise y defina los indicadores de su proceso en relación al cumplimiento del propósito, productos y controles internos.	

Imagen 29: Formulario R 101A – Proceso Extracción de Unidad 4 Sur.

Anexo C – Evaluación Económica

Parámetros Generales

Tabla 27: Precios y descuentos de Orientaciones comerciales para evaluación económica

Precios & Dctos		
Precio Cu nivel medio	¢US\$/lb	284.3
Descuento Cu Vendedor	¢US\$/lb	-44
Precio Mo	US\$/kg	25.6
Dcto Precio Mo	US\$/kg	-3.64

Tabla 28: Costos de procesos para evaluación económica

Costos		
Costo Mina	US\$/Tms	13.19
Costo Planta	US\$/Tms	7.59
Costo FFCC Tte8	US\$/Tms	1.2