

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



INFORME DE TRABAJO PROFESIONAL

**“EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA PARA LA SELECCIÓN DEL
TIPO DE EXPLOTACIÓN DEL TAJO TJ626E DE MINERA BATEAS”**

PRESENTADA POR EL BACHILLER:

LUIS GUSTAVO ESPINOZA QUILCA

PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO DE MINAS

PUNO - PERU

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

INFORME DE TRABAJO PROFESIONAL

**“EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA PARA LA SELECCIÓN
DEL TIPO DE EXPLOTACIÓN DEL TAJO TJ626E DE MINERA
BATEAS”**

PRESENTADA POR EL BACHILLER:

LUIS GUSTAVO ESPINOZA QUILCA

A la Coordinación de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas de la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO, como requisito para optar el Título de Ingeniero de Minas.

Presidente de Jurado

:

.....
MSc. Mario Serafín Cuentas Alvarado



Primer Miembro de Jurado

:

.....
Ing. Arturo Rafael Chayña Rodríguez



Segundo Miembro de Jurado

:

.....
Ing. Juan Carlos Chayña Contreras



PUNO - PERU

2018

DEDICATORIA

A mis padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

A mi esposa Lizbeth e hijo Ricardo, siendo el mayor tesoro de mi vida, me permiten realizar todas las labores que sean necesarias para el cumplimiento de mis objetivos.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento especial a la EMPRESA MINERA BATEAS, por haberme dado la oportunidad de realizar este informe profesional y así haber contribuido con mi formación profesional. A la vez quisiera agradecer a todos los ingenieros que durante mi permanencia supieron apoyarme, de los cuales me llevo el mejor de los recuerdos.

También expreso mi agradecimiento especial al Ing. José Torres Usca, por haber sido mi mentor teniendo la gentileza de asesorarme en la elaboración del presente trabajo, por sus invaluables consejos y acertadas sugerencias.

A mi familia por su apoyo y cariño, en especial a mis padres por su educación y afecto, y por darme siempre la libertad de elegir.

PRESENTACIÓN

Estimados señores miembros del jurado:

El suscrito Bachiller de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional del Altiplano, ha laborado en diferentes empresas mineras de nuestro país; por lo que me permito presentar a vuestra consideración el presente informe de trabajo profesional, titulado: “EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA PARA LA SELECCIÓN DEL TIPO DE EXPLOTACIÓN DEL TAJO TJ626E DE MINERA BATEAS”, realizado en la empresa indicada, con la finalidad de optar el título profesional de Ingeniero de Minas, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Altiplano.

El motivo fundamental que me animó a realizar el presente trabajo, es que tuve participación en el área de planeamiento, y muchas veces tenemos que realizar evaluaciones técnico económicas para poder determinar el método de explotación más adecuado, que abarque los aspectos más importantes como la seguridad, productividad y rentabilidad.

Puno, Noviembre del 2018.

Bachiller: Luis Gustavo Espinoza Quilca.

ÍNDICE GENERAL

1.1	Reporte de actividad profesional	12
2.1.2	Problema Objeto de Estudio o de Solución	13
2.1.3	Objetivos.....	13
2.2	ASPECTOS GENERALES	14
2.2.1	Descripción de la empresa.....	14
2.2.2	Ubicación Geográfica y Accesibilidad.....	15
2.2.3	Historia de la Empresa	16
2.2.4	Geología.....	17
A.	Geología Regional	17
B.	Geomorfología.....	19
C.	Geología local de Caylloma	20
D.	Geología Económica.....	23
E.	Geología Estratigráfica	23
F.	Descripción Geológica	24
G.	Geología actual del yacimiento Caylloma	25
a)	Sistemas de vetas	26
2.2.5	Aspectos Socioeconómicos	27
A.	Fuerza Laboral	27
B.	Fuentes de Abastecimiento	27
C.	Recursos naturales	27
D.	Recursos de agua	28
E.	Fuerza motriz	29
2.3.1	Perforación.....	29
A.	Horizontal o breasting	29
B.	Semivertical o realce	30

2.3.2 Voladura	31
2.3.3 Limpieza	31
2.3.5 Desatado y sostenimiento	32
2.3.6 Relleno.....	32
2.4 EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA PARA LA SELECCIÓN DEL TIPO DE EXPLOTACIÓN DEL TAJO TJ626E DE MINERA BATEAS	32
2.4.1 Método de Explotación.....	32
2.4.2 Tipo de Explotación.....	33
A. Mecanizado.....	33
B. Semimecanizado.....	33
C. Convencional.....	34
A. Tipos de dilución:	35
a) Dilución Geométrica.....	35
b) Dilución por voladura.....	35
c) Dilución por limpieza	36
2.5 COSTOS	36
2.5.1 Costo en mecanizado	37
2.5.2 Costo en semimecanizado.....	38
2.5.3 Costo en convencional	39
2.6 ESTIMACIÓN DE RESERVAS	39
2.6.1 Procedimiento de evaluación	40
A. Zonificación geomecánica.....	40
B. Tipo de explotación	42
C. Cálculo de la dilución	43
D. Valor del becoff.....	44
E. Cálculo de los valores punto.....	44
F. Preparación y análisis de recursos	45

G. Modelo de bloques de reservas.....	45
H. Identificación de zona de interés	46
2.7 RESULTADOS	47
CONCLUSIONES	52
RECOMENDACIONES.....	52
BIBLIOGRAFIA	53

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Localización de la mina.	15
Figura 2: Imagen satelital que representa los lineamientos regionales principales.....	20
Figura 3: Mapa geológico simplificado del distrito de Caylloma.....	22
Figura 4: Columna estratigráfica simplificada del distrito de Caylloma,	24
Figura 5: A. Flujo de andesita con alteración cuarzo-adularia.....	25
Figura 6: A. Pirita y esfalerita rodeadas por calcopirita y pequeños granos de sulfosales de plata. B. Galena y esfalerita con exsoluciones de pirita rodeadas por pirita. (.....	25
Figura 7: Sección transversal de exploraciones Brownfield.	26
Figura 8: Ubicación del Sistema de Vetas.	27
Figura 9: Perforación en breasting	30
Figura 10: Perforación subvertical con jumbo	30
Figura 11: Perforación semivertical con Jack leg.....	31
Figura 12: Esquema explotación semimecanizada.....	34
Figura 13. Esquema de tipos de dilución	36
Figura 14: Diagrama de la estimación de reservas.....	40
Figura 15: Modelo de bloques identificado según tipo de roca.....	41
Figura 16. Modelo de bloques identificado según tipo de roca.....	41
Figura 17. Ciclo de minado semimecanizado	42
Figura 18. Ciclo de minado mecanizado	43
Figura 19. Cálculo de los valores punto	44
Figura 20: Modelo de bloques de reservas	45
Figura 21: Zona de interés con respecto al modelo de recursos por categoría.....	46
Figura 22: Reservas filtrando isovalores del Valor Punto.....	46
Figura 23: Reservas con VP mayor a 90 US\$/t.....	47
Figura 24: Plano de muestre Zona TJ626E.....	47
Figura 25. Zonificación por cortes de la zona de interés (Fuente gráfico: Propia)	48
Figura 26: Zonificación por cortes de la zona de interés	48

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Método de explotación y perforación que se realiza.....	33
Tabla 2: Tipo de explotación y equipos que se usan	33
Tabla 3: Resumen tipo de explotación	34
Tabla 4: Descripción de Costos	37
Tabla 5: Valor del becoff en mecanizado.....	38
Tabla 6: Valor del becoff en semimecanizado	38
Tabla 7: Valor del becoff en convencional.....	39
Tabla 8: Resumen del valor del becoff por tipo de explotación.....	39
Tabla 9: Tipos de explotación y sus variantes	42
Tabla 10: Tipos de dilución según Pakalnis	43
Tabla 13: Reporte de modelo de recursos por corte	48
Tabla 14: Evaluación por cada tipo de explotación aplicando realce	49
Tabla 15: Costos por tipo de explotación aplicando realce	50
Tabla 16: Resultado Final.....	51

RESUMEN

El proyecto de investigación denominado “SELECCIÓN DEL TIPO DE EXPLOTACIÓN ÓPTIMO PARA EL MINADO DEL TAJO TJ626E DE MINERA BATEAS” tiene como objetivo general de seleccionar un tipo de explotación óptimo para minado del tajo TJ626E de Minera Bateas S.A.C., con la finalidad de generar mayor beneficio económico, productividad y seguridad para nuestros colaboradores en la Minera Bateas S. A. C., justificado por la importancia de poder dinamizar la operación a menores costo operativos.

El presente proyecto de investigación se lleva a cabo bajo la línea metodológica de tipo de investigación descriptiva y aplicada, con un diseño experimental subdividido como experimento puro, con un enfoque cuantitativo, cuya población es la totalidad de operaciones que Minera Bateas tiene en diversos campos, como desarrollo y explotación y de ello se rescata un muestreo no probabilístico por conveniencia de solo tomar la zona denominada Tajo TJ626E.

Los resultados obtenidos en el presente proyecto de investigación será clave para comenzar las operaciones en dicho lugar e incrementar la productividad de la minera Bateas llevando un gran beneficio a todo el personal que trabaja en dicha empresa.

1. PRIMERA PARTE

1.1 Reporte de actividad profesional

CENTRO DE TRABAJO : U.E.A. San Cristóbal – Arequipa.
EMPLEADOR : Minera Bateas S.A.C.
CARGO DESEMPEÑADO : Ingeniero de Planeamiento de Largo Plazo
PERIODO : Del 1 de Julio 2015 a la actualidad.

CENTRO DE TRABAJO : Compañía Minera Condestable – Lima.
EMPLEADOR : Opermin S.A.C.
CARGO DESEMPEÑADO : Supervisor de Perforación y Voladura
PERIODO : Del 01 de Diciembre del 2013 al 30 de Junio 2015.

CENTRO DE TRABAJO : U.E.A. San Rafael – Puno.
EMPLEADOR : Minsur S.A.
CARGO DESEMPEÑADO : Practicante Profesional.
PERIODO : Del 01 de Junio del 2013 al 30 Agosto del 2013.

2. SEGUNDA PARTE

2.1 EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA PARA LA SELECCIÓN DEL TIPO DE EXPLOTACIÓN DEL TAJO TJ 626E DE MINERA BATEAS

2.1.1 Exposición analítica del problema en estudio

El objetivo de toda empresa minera es básicamente convertir sus recursos minerales en un beneficio económico para sus accionistas.

Bajo este concepto el área de planeamiento busca siempre plantear alternativas de minado atractivamente económicas para la compañía. Cabe mencionar que muchas empresas no realizan este tipo de evaluaciones técnico económico a detalle. Si bien es cierto puede ser rentable su explotación pero podrían estar también perdiendo oportunidades más económicamente rentables.

Por ello, que es necesario que el área de planeamiento tenga toda la información necesaria para la elaboración de los planes, a corto, mediano y largo plazo.

2.1.2 Problema Objeto de Estudio o de Solución

Se identifica la zona del Tajo TJ626E con interesantes valores en sus leyes pero con una potencia de veta ligeramente angosta, la cual requiere una evaluación técnico económico para determinar el tipo de explotación que haría más viable su explotación.

2.1.3 Objetivos

a) Objetivo general del informe

Realizar una evaluación técnico económica para seleccionar el tipo de explotación más adecuado para el tajo TJ 626E de Minera Bateas.

b) Objetivos específicos del informe

Evaluar y seleccionar un tipo de explotación ideal para la explotación del Tajo TJ626E de Minera Bateas considerando en todo momento los aspectos de seguridad, productividad y rentabilidad.

Seleccionar un tipo de explotación óptimo utilizando los recursos que actualmente se tienen en la mina.

2.2 ASPECTOS GENERALES

2.2.1 Descripción de la empresa

Minera Bateas está ubicada en el departamento de Arequipa, distrito de Caylloma al sur del Perú. La propiedad consiste de 20 concesiones mineras que constituyen la Unidad Económica Administrativa (UEA) San Cristóbal.

La mineralización de la mina es del tipo epitermal y consiste principalmente de sulfosales y sulfuros de plata, la mineralización del depósito se encuentran en vetas con ganga de cuarzo, rodonita y calcita. Minerales de plata, oro, plomo, zinc y cobre se presentan como base de la mineralización en los tres sistemas de vetas que se están explotando actualmente.

La explotación de minerales de Plata, Oro, Plomo y Zinc es el propósito del yacimiento de la unidad minera Bateas, el que se realizará según a lo especificado en este informe, aplicando el método de minado “Corte y Relleno Ascendente” en las vetas de Animas y Nancy.

En cumplimiento al Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional establecidas en el DS N° 024-2016-EM, modificado por DS N° 023-2017-EM, se ha preparado el “Plan de Minado Bateas – 1,500 TMSD”, sustentado en las reservas cubicadas a Agosto del 2018, que reporta 2’804,000 toneladas, con leyes de 77 Ag(g/t), 0.18 Au(g/t), 2.14 Pb(%) y 3.70 Zn(%).

Para el año 2019, se programaron un total de 8,321 m como actividades en avances lineales, 3,850 m en desarrollo de mina de los cuales 665 m se ejecutarán en Raise Borer para asegurar una eficiente ventilación y un óptimo balance del aire en mina; y 4,471 m en preparación laboreo que garantizará el cumplimiento de la explotación de mineral económicamente sustentable. Con las reservas cubicadas a Agosto del 2018 y con los nuevos recursos (indicados y medidos) provenientes de la exploración se procedió a la elaboración del plan de minado para el año 2019.

Los principales proyectos de inversión minera tienen como objetivo la accesibilidad a nuevos recursos minerales, con la finalidad de confirmarlos y convertirlos en reservas minerales, de tal modo que la operación cuente con un equilibrio entre la explotación y la reposición, que garanticen el futuro de la mina.

Actualmente se viene realizando una intensa campaña de perforaciones diamantinas y avances lineales en galerías para incorporar reservas de esta manera seguir reconociendo nuevas vetas y ramales que en este año se han descubierto.

2.2.2 Ubicación Geográfica y Accesibilidad

La UEA San Cristóbal se encuentra ubicado en el paraje de Huayllacho, distrito de Caylloma provincia de Caylloma y departamento de Arequipa con coordenadas UTM:

- NORTE : 8' 317 650
- ESTE : 192 584
- COTA : 4 500 – 5 000 m. s. n. m.

Las vías de acceso al Proyecto desde la ciudad de Lima, vía terrestre, son a través de la carretera Panamericana Sur:

- Lima – Arequipa : 1,005 Km. Carretera Asfaltada
- Arequipa – Caylloma : Un tramo Asfaltado y Afirmado de 225 Km.
- Caylloma – Mina : 14.5 Km.

La localización de la mina se observa.



Figura 1: Localización de la mina.

2.2.3 Historia de la Empresa

Caylloma es una de las minas de plata más antigua del Perú. Es conocida desde el incanato y trabajada casi en forma continua desde la época colonial (1541), hasta la fecha. Las referencias indican, que durante la época colonial, entre los años 1541-1821 se extrajeron grandes cantidades de mineral de alta ley de plata que llegarían alrededor de 48 millones de onzas de plata. Durante este tiempo algunas vetas de este yacimiento fueron trabajados por los incas y en épocas de la colonia por mineros informales en los afloramientos de superficie, que abandonaron probablemente por la lejanía del lugar, a falta de agua y carretera de acceso.

En aquella época la explotación lo hacía en pequeña escala; mediante medias barretas, zanjas e inclinados, solamente en la parte de óxidos, que afloraban en diversos sectores de la zona.

Posteriormente en épocas de la republica a parte de los trabajos en superficie de los afloramientos se dedicaron a la extracción subterránea, mediante la construcción de galerías espaciadas regularmente entre sí, aprovechando la estructura o veta.

El periodo más activo de minería se inicia en 1880 cuando un grupo sueco inglés, constituyo Cía. Caylloma Mining Company. Esta explotó una gran parte de los clavos mineralizados de alta ley de las vetas. El Toro, San Pedro y Bateas. Luego se trasladó a la veta San Cristóbal, que permitió las operaciones mineras el año 1890, luego de unos años de paralización estos trabajos permitieron el concentrado y amalgamado del mineral mediante kimbaletes o arrastreras. Esta compañía opero hasta 1906. Después de este año, un grupo chileno se hizo cargo de la mina e instalo una concentradora de 20 TM/día de capacidad y construyo la primera planta hidroeléctrica. Más tarde se intentó tratar el mineral por cianuración con resultados negativos. Posteriormente, tres compañías continuaron operando la mina a lo largo de 20 años, siendo la ultima la dirigida por L.J. Rosenshine que instalo una planta de flotación con una capacidad de 30 TM/día en San Ignacio, construyo campamentos y realizo extensivos trabajos de desarrollo. Paralelamente en el año 1925, se completó la carretera entre Sumbay y Bateas que tienen una longitud de 160 Km.

En el año 1926, los socios Eliden y Bersiford tomaron a su cargo las operaciones mineras hasta 1936, año en que cerraron la mina. Entre 1932 y 1933, un grupo constituido por M. Bustamante de la Fuente, Schnapka, C. Gunther, F.C. Willfort,

L. Ruiloba y otros organizaron la Cía. Minera de Caylloma S.A. Limited, en base a la consolidación de varias propiedades mineras dispersas en el distrito de Caylloma. En el año 1987, H. Candiotti elaboro el informe Evaluación Geológica Económica del Yacimiento Caylloma, en base a trabajos geológicos de campo adicionales, con la finalidad de evaluar las posibilidades remanentes del distrito Caylloma, ajustar los parámetros de cálculo de Reservas y recomendar Programas de Exploración y Desarrollo.

La explotación de la mina hasta el año 2003 se realizó primordialmente en las vetas San Pedro, Trinidad, Bateas y San Cristóbal con métodos de Open stopping, sostenimiento con pilares y puntales, Shrinkage y Cut and Fill, la mina operaba a una capacidad de 700 TM/día como una unidad perteneciente al grupo Hoschild, y labores de exploración por minerales de plata en las vetas Ánimas y Plata.

El método de explotación utilizado fue convencional, es decir, con máquinas perforadoras neumáticas tipo Jack-leg y para la voladura se empleó dinamita y como accesorio de voladura, Carmex y mecha rápida. Para la limpieza utilizaban winches eléctricos de arrastre de 02 tamboras en Corte y Relleno.

La ventilación en los niveles superiores fue de forma natural y en algunos casos se utilizaron ventiladores eléctricos, El drenaje de aguas subterráneas de mina se realizó por los niveles inferiores de la mina, En situaciones como la construcción de inclinados se emplearon bombas eléctricas. Para el transporte subterráneo de mineral y desmonte se han empleado locomotoras a baterías y las de líneas trolley. Desde el 08 de Junio de 2005 la mina Caylloma viene siendo dirigida por la empresa Minera Bateas SAC, en merito a la adquisición de los derechos mineros que conforman la UEA San Cristóbal.

2.2.4 Geología

A. Geología Regional

Las rocas predominantes en la columna estratigráfica corresponden a las sedimentarias del cretáceo, sobre ellas se tiene a los volcánicos terciarios, e intruyendo a las anteriores se observan dos tipos de intrusivos. Coronando la secuencia figuran depósitos aluviales y morrenicos.

a) Sedimentarios

Grupo Goyllarisquizga.

Aflora entre la laguna Patón y Chacua, al NW y SE de este centro minero y ocupando algo más del 50 % del área observada; en él se ha diferenciado cinco unidades asignadas al cretáceo inferior.

- Formación Oyón. (Ki-o).

Conformado por una intercalación de lutitas gris oscuras, areniscas y capas carbonosas antracíticas muy disturbadas. Se reconoce una potencia de 400 m aflorando al NW Oyón. Se le asigna al valanginiano.

- Formación Chimú. (Ki-Chim)
- Constituido por cuarcitas blancas con una porción superior de calizas con capas arcillosas y lechos carbonosos. Tiene una potencia de 400 á 600 m, se le observa a lo largo del eje del anticlinal de Patón. Se le ubica en el valanginiano.

Grupo Machay.

- Formación Jumasha. (Ki-j)

Potente secuencia de calizas gris claro en superficie intemperizada y gris oscuro en fractura fresca. Constituye la mayor unidad calcárea del Perú Central; se le subdivide en tres miembros limitados por bancos finos de calizas margosas beige.

- Jumasha Inferior. (J-i)

Alternancia de calizas nodulosas con silex y calizas margosas que alcanzan los 570 m de potencia. Se le ubica en el albiano superior-turoniano.

- Jumasha Medio. (J-m)

Calizas grises alternadas con calizas nodulosas y algunos horizontes margosos. Se le estima 485 m de grosor y se le asigna al turoniano.

- Jumasha Superior. (J-m)

Calizas de grano fino con una base de esquistos carbonosos, coronados por calizas margosas beige. Se le estima una potencia de 405 m y se le ubica en el turoniano superior. Es el techo del Jumasha.

Los afloramientos del Jumasha son los más extendidos en el área, y ha sido posible diferenciarlos dada la ubicación de muchos horizontes fosilíferos guías.

Volcánicos

- Volcánicos Calipuy. (Ti-Vca)

Se encuentran discordantemente sobre la Formación Casapalca y es un conjunto de derrames andesíticos y piroclásticos de edad terciaria. Su espesor es estimado en 500 m y aflora al Norte de la zona de Uchucchacua.

b) Intrusivos.

Pórfidos de dacita forman pequeños stocks de hasta 30 metros de diámetro, también se tiene diques y apófisis de dacita distribuidos irregularmente en el flanco occidental del valle, afectando a las calizas Jumasha-Celendin principalmente en las áreas de Carmen, Socorro, Casualidad y Plomopampa; los intrusivos forman aureolas irregulares de metamorfismo de contacto en las calizas. A. Bussell hace mención de diques riolíticos al Norte de Chacua intruyendo a los volcánicos Calipuy.

c) Cuaternario

• Depósitos Morrénicos. (Q-mo)

A cotas mayores de 3,800 m.s.n.m. el área sufrió los efectos de la glaciación pleistocénica, formando valles en “U” en cuyo fondo y laderas se depositaron morrenas que en varios casos represaron el hielo fundido, tal como la laguna Patón. Por otro lado, en Cachipampa las morrenas muy extendidas cubren a las capas rojas; estos depósitos están conformados por un conjunto pobremente clasificado de cantos grandes en matriz de grano grueso a fino generalmente anguloso y estriado.

• Depósitos Aluviales. (Q-al)

Se encuentran ampliamente extendidos y son de varios tipos como: escombros de ladera, flujos de barro, aluviales de río. La naturaleza de estos elementos es la misma de las unidades de roca circundante.

B. Geomorfología

a) Relieve y Altitudes

La geomorfología del área del proyecto muestra en general un relieve topográfico muy accidentada típico de un Valle Glaciar, conformada por cerros que presentan aristas agudas con pendientes suaves en la base y pendientes fuertes en la parte alta, los alineamientos de los cerros tienen una orientación con rumbo NE-SW.

b) Clima y Vegetación

La zona se caracteriza por presentar un clima per-húmedo y frígido, es decir, con precipitaciones relativamente estacionales. Asimismo, forma parte de la Cordillera de los Andes, presenta un clima frío y seco durante todo el año y con fuertes

vientos entre los meses de agosto y setiembre, y con precipitaciones durante los meses de diciembre a marzo, además de granizadas que cubren toda el área de nieve.

c) Peligros Naturales

Se realizaron evaluaciones de los peligros naturales a los cuales el Proyecto está expuesto como son las avalanchas, derrumbes y sismicidad regional, confirmando que los límites actuales de las nieves perpetuas y la elevación del sitio no revisten mayor riesgo para las instalaciones mineras.

Los derrumbes y flujos de desmontes se producen en pequeña escala o no afectan las instalaciones mineras previstas y se volverán a evaluar cada cierto tiempo. Las nevadas y las temperaturas de congelamiento no alcanzan niveles que generan avalanchas.

Los altos niveles de sismicidad se atribuyen a la actividad de las placas tectónicas, que se concentran paralelamente a la Costa.



Figura 2: Imagen satelital que representa los lineamientos regionales principales.

(Fuente gráfico: Geología - MIBSAC)

C. Geología local de Caylloma

Las rocas más antiguas aflorando en el área son sedimentos de edad jurásica, formadas por intercalaciones de lutitas negras y areniscas grauváquicas, en estratos

tabulares de alrededor de 40 a 60 centímetros de espesor. En superficie estas rocas se encuentran fuertemente plegadas, desarrollando pliegues tipo kink, con flancos rectos y charnelas agudas, en general se encuentran volcados y con planos axiales subhorizontales. En subsuelo se hallan deformadas de manera mucho más suave constituyendo pliegues amplios y abiertos como se observa en el nivel 9 de Apóstoles 2.

En discordancia sobre los sedimentos se apoya una potente secuencia volcánica terciaria de lavas, principalmente andesítica y volcanoclásticas de composición dacítica.

La secuencia volcánica está integrada por paquetes de 20 hasta 100 metros de lavas intercaladas con rocas volcanoclásticas. Andesitas porfíricas y andesitas finas, con fracturas paralelas. Las rocas volcanoclásticas están formadas por brechas que constan de litoclastos angulosos, principalmente de rocas volcánicas porfíricas. Las rocas pómez son pequeños, verdosos debido a alteración propilítica y débilmente estirados. La brecha volcánica podría clasificarse como depósito piroclástico primario formado por flujo (ignimbrita). Las ignimbritas se encuentran intercaladas con delgados bancos de rocas volcanoclásticas más finas, estratificadas en bancos de pocos centímetros de potencia, formadas por areniscas y pelitas volcánicas de posible origen secundario producto de depósitos en ambiente fluvial y/o lacustre.

Al norte de la veta San Cristóbal la roca de caja (aflorante) de la mineralización es andesita de textura porfírica y presenta alteración hidrotermal de tipo propilitización y piritización por la presencia de cubos de pirita pequeños de forma diseminada.

Las rocas volcánicas suelen presentar en la extensión del distrito una alteración hidrotermal suave caracterizada por una leve propilitización y una piritización dada por la presencia de cubos de pirita pequeños de forma diseminada.

La secuencia volcánica se encuentra intruida por cuerpos dómicos y sus flujos lávicos asociados de composición ácida (riolitas). Estos cuerpos dómicos como el domo San Antonio y Trinidad no se encuentran alterados hidrotermalmente, y su emplazamiento está relacionado a fallas de carácter regional.

Completan la secuencia derrames lávicos más modernos, posteriores a la mineralización, posiblemente de edad plio-pleistocena que forman delgadas coladas de composición intermedia a básica.

A continuación se visualiza un mapa geológico simplificado del Distrito de Caylloma.

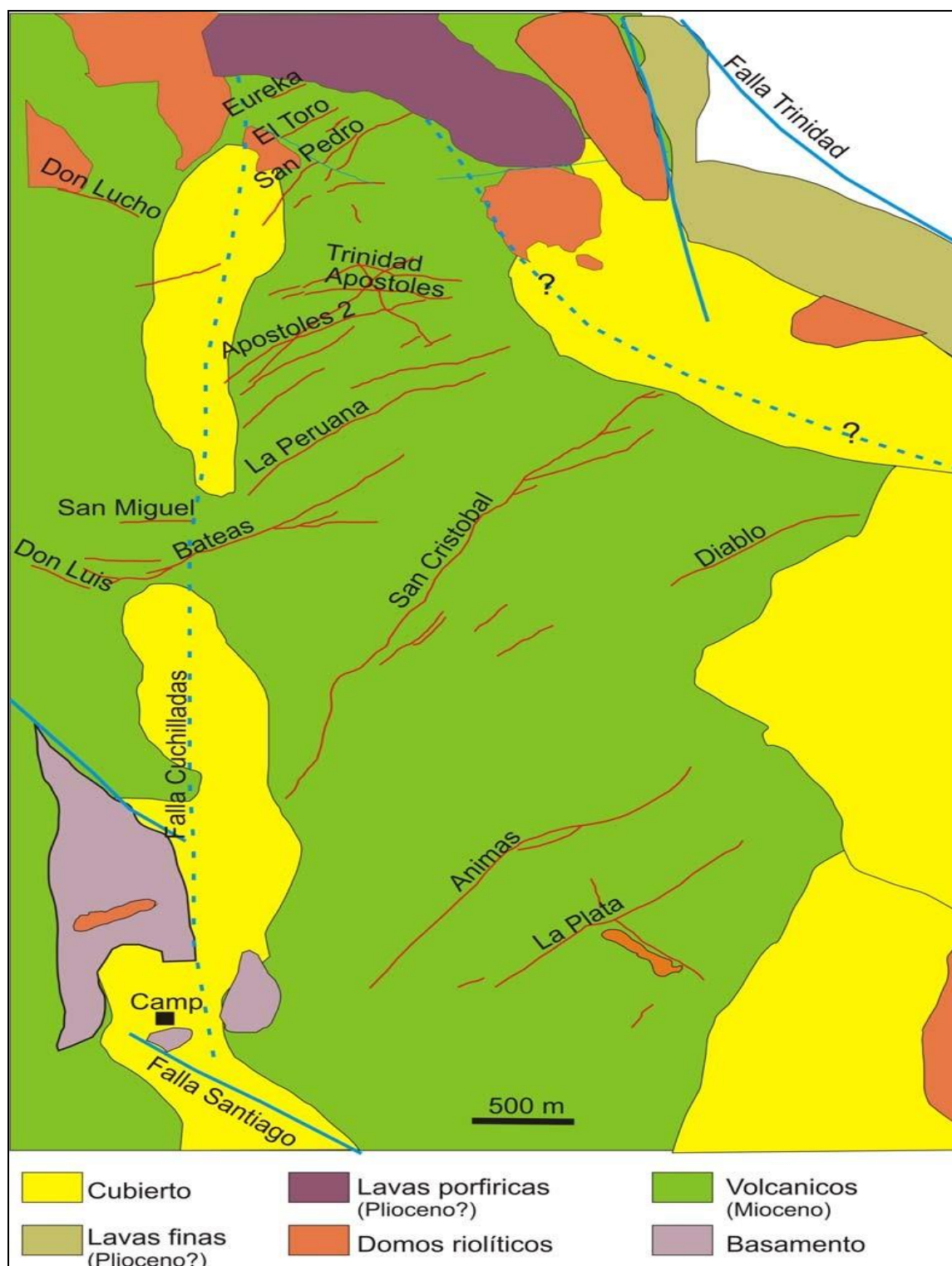


Figura 3: Mapa geológico simplificado del distrito de Caylloma

(Fuente gráfico: Geología - MIBSAC)

D. Geología Económica

La mineralización económica en el Yacimiento de Caylloma es de tipo Epitermal de baja sulfuración, principalmente compuesta por sulfuros y sulfosales de Ag y Au en la zona Norte (Vetas como Eureka, El Toro, San Pedro, Paralela, Apóstoles 1-2, Elisa, San Carlos 1-2, La Peruana, Bateas (Techo y Piso), San Cristobal, La Plata) y en la Veta Animas tiene un comportamiento polimetálico de Ag - Au- Pb – Zn – Cu, gradando en vertical.

Veta Animas-Animas NE, Nancy, Ramal Techo y Cimoide presentan un zoneamiento vertical, que incrementa el Pb - Zn - Cu en profundidad.

En todo el sistema de vetas la mineralización económica está asociada a un mineral ganga de rodonita, rodocrosita, carbonatos, cuarzo, pirita, que varía de acuerdo a la influencia del comportamiento estructural y litológico de las vetas.

La mineralización de Zinc está presente en la esfalerita, el Pb está en galena, el Cu en la calcopirita, la Ag y Au asociando a la galena y como sulfosales y cobres grises asociado a fina venillas de cuarzo.

E. Geología Estratigráfica

La secuencia estratigráfica predominante en el distrito minero de Caylloma es de flujos andesíticos recientes desde el Mioceno Inferior al Pleistoceno que sobreyacen a una secuencia sedimentaria del jurásico (Grupo Yura) que son las rocas más antiguas aflorando en el área y forman parte del basamento.

- Jurásico; Grupo Yura, secuencia de intercalación de paquetes de arenisca, calizas y pelitas de plataforma marinas.
- Mioceno Inferior; Flujos de andesitas y rocas volcánicas.
- Mioceno Medio; Ignimbritas soldadas riolíticas con superposición de domos dacíticos post-colapso.
- Plioceno; Secuencia de ignimbritas con superposición de flujos de andesita resurgente.
- Plioceno; Flujos volcánicos andesíticos.
- Depósitos Clásticos Recientes; materiales aluviales, coluviales, morrénicos, fluvio-glaciares, etc. de edad Cuaternaria.

		Secuencia	Litología	Edad
Ma	Λ Λ Λ Λ Λ Λ Λ Λ Λ Λ	Grupo Barroso	Flujos de andesitas	Pleistoceno
	Λ Λ Λ Λ Λ Λ Λ Λ Λ Λ			
2.4±0.07	V V V V V V V V V V	Caldera Caylloma	Flujo de andesita resurgente	Plioceno
	V V V V V V V V V V		Ignimbrita	
4.4±0.1	π π π π π π π π π π	Caldera Chonta	Domos dacíticos post-colapso	Mioceno medio
11.6±0.4-11.3±0.3	π π π π π π π π π π		Ignimbrita soldada riolítica	
11.7-10.5	V V V V V V V V V V	Distrito Caylloma	Flujos de andesitas y rocas volcanoclásticas	Mioceno inferior
11.4±0.4	V V V V V V V V V V			
18.86±0.1		Grupo Yura	Areniscas, calizas y pelitas de plataforma marina	Jurásico
20.3±0.11				

Figura 4: Columna estratigráfica simplificada del distrito de Caylloma, donde se reconocen al menos 4 ciclos volcánicos del Mioceno al Cuaternario superpuestos discordantemente.

(Fuente gráfico: Geología - MIBSAC)

F. Descripción Geológica

Petrografía; los flujos de lavas y rocas volcanoclásticas presentan distinto grado de alteración hidrotermal. La alteración está distribuida dentro de los flujos de lava, y solo muestra halos de alteración débiles dentro de las rocas volcanoclásticas. Los minerales más comúnmente presentes en los halos de alteración son cuarzo, pirita adularia e illita que, de acuerdo a su abundancia y distribución forman 3 tipos diferentes de alteración hidrotermal: cuarzo- adularia (+pirita ±illita), cuarzo-illita (+pirita) y propilítica (clorita +calcita ±illita).

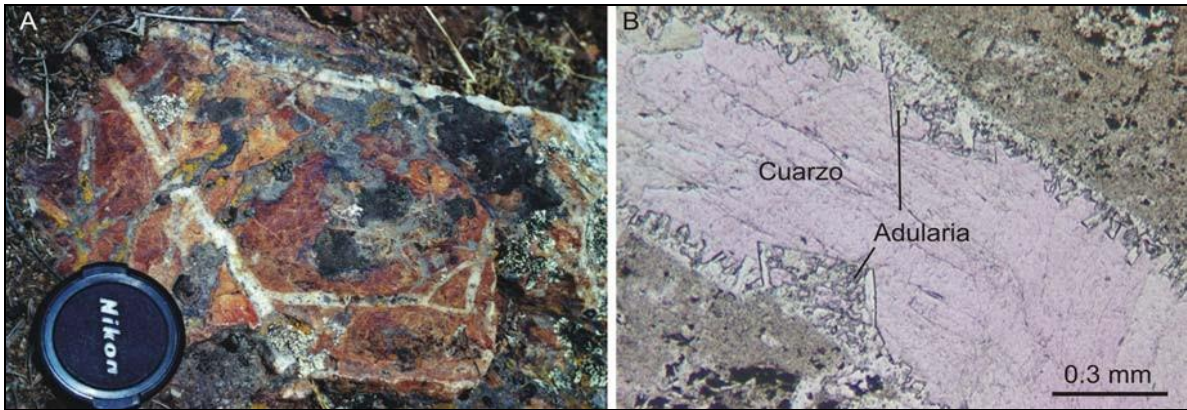


Figura 5: A. Flujo de andesita con alteración cuarzo-adularia.

(Fuente gráfico: Geología - MIBSAC)

Se observan numerosas venillas de cuarzo. B. Venilla de cuarzo y adularia, la adularia se observa en los márgenes de la venilla evidenciando su deposición anterior a la del cuarzo.

Mineralogía; La mineralización en Caylloma es epitermal. Minerales mena: pirita, esfalerita, galena, calcopirita y tetraedrita (freibergita), polibasita, stefanita, argentita, plata nativa, pirargirita, calcosina, oro nativo, boulangerita, estibina, alabandita. Minerales secundarios: Psilomelano, pirolusita, goethita, hematita.

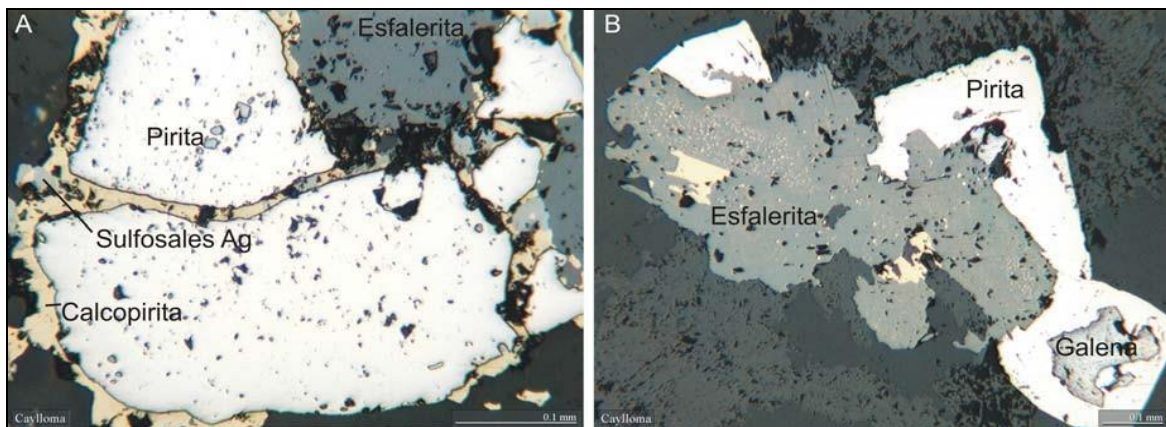


Figura 6: A. Pirita y esfalerita rodeadas por calcopirita y pequeños granos de sulfosales de plata. B. Galena y esfalerita con exsoluciones de pirita rodeadas por pirita.

(Fuente gráfico: Geología - MIBSAC)

G. Geología actual del yacimiento Caylloma

Tal como se muestra en la siguiente figura el yacimiento Caylloma donde se detalla mediante secciones como vista en planta y transversal para el uso de la presente investigación.

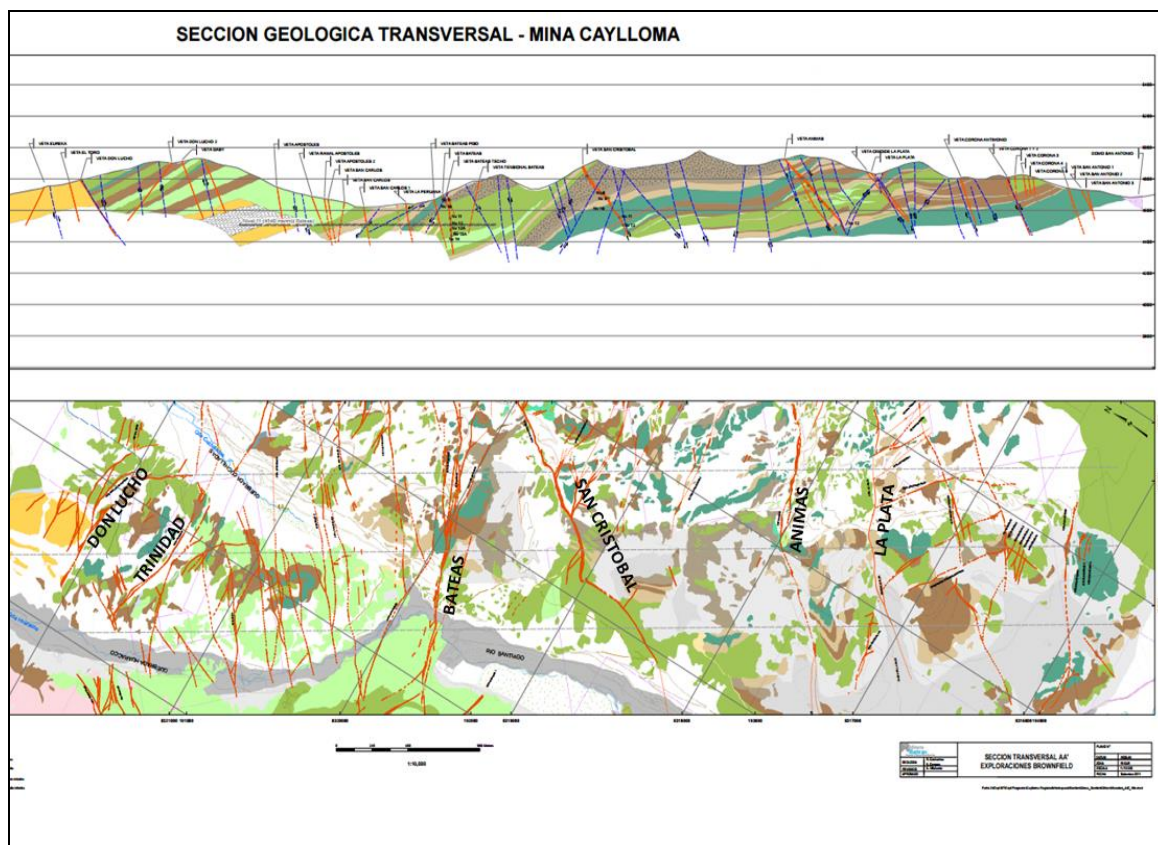


Figura 7: Sección transversal de exploraciones Brownfield.

(Fuente gráfico: Brown - MIBSAC)

a) Sistemas de vetas

El sistema de Vetas del Yacimiento de Caylloma es predominantemente NE –SW, con un sistema secundario de E-W, con buzamiento a SE.

- Veta Ánimas –Animas NE

La Veta Animas –Animas NE tiene un rumbo N 57° E con buzamiento de 46° al SE, encajonado en rocas ande síticas del grupo Tacaza, hacia el extremo NE se encuentra rocas del Grupo Yura (Sedimentario).

- Veta Cimoide ASNE

La Veta Cimoide ASNE tiene un rumbo N 53° E con Buzamiento de 70° al SE, encajonado en Andesitas del Grupo Tacaza con intercalaciones de tufos e ignimbritas.

- Veta Ramal Techo ASNE

La Veta Ramal Techo AS NE se desprende de La Veta Cimoide ASNE, con un rumbo de N 78° E con un Buzamiento de 65° al SE, ecajonada en andesitas del Grupo Tacaza.

- Veta Nancy

La Veta Nancy tiene un comportamiento transversal a las Vetas Animas NE, Cimoide ASNE y Ramal Techo ASNE con un Rumbo de N 21° con Buzamiento 45° al S, encajonada en Andesitas del grupo Tacaza y en profundidad (Nv 13) en sedimentario del Grupo Yura.

En la siguiente figura, se visualiza la ubicación del Sistema de Vetas.

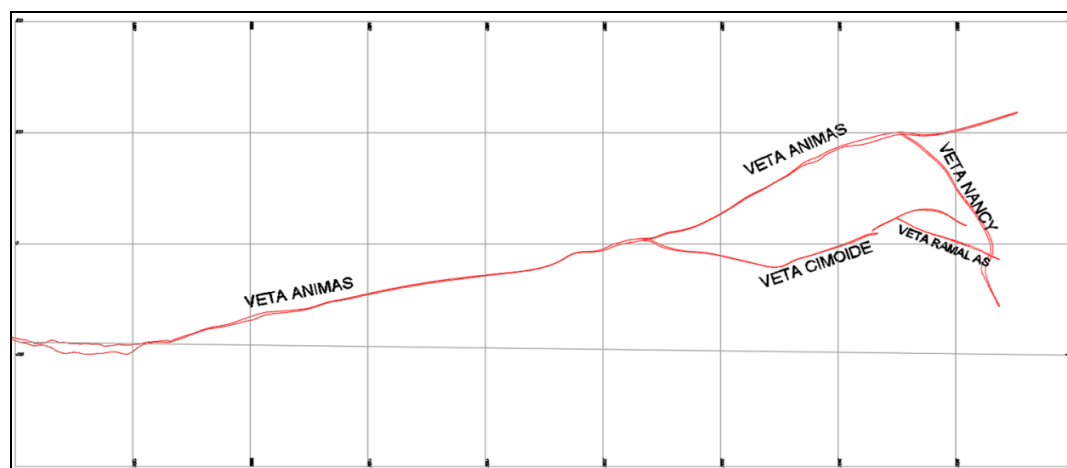


Figura 8: Ubicación del Sistema de Vetas.

(Fuente gráfico: Geología - MIBSAC)

2.2.5 Aspectos Socioeconómicos

A. Fuerza Laboral

En la zona sur del país existe suficiente mano de obra especializada para el desarrollo normal de las actividades mineras.

B. Fuentes de Abastecimiento

Los materiales más esenciales, como insumos químicos, explosivos y otros son adquiridos en las ciudades de Lima y Arequipa.

C. Recursos naturales

En la zona de influencia indirecta de la mina se tiene el suministro de productos agrícolas, así como también carne y productos lácteos provenientes de Pusa Pusa y Chivay.

D. Recursos de agua

El agua para uso minero y poblacional se obtiene directamente de la vertiente del río Santiago.

El abastecimiento de agua se resuelve mediante:

- Una presa de captación ubicada en la parte alta de la zona de Bateas, cuenta con un dique de concreto que capta el agua del Río Santiago para uso minero y poblacional.
- Una presa de captación ubicada en el margen derecho del río Santiago a la altura de la zona de Agua Dulce, que se deriva mediante un canal de concreto y es controlado mediante una compuerta, esta captación es para uso minero e industrial.

a) Para uso poblacional

- Se capta en la presa de Bateas de donde se deriva a una poza con material filtro para luego derivar en tubería de 2" de HDPE hacia la Planta de tratamiento de agua potable, de donde por gravedad se distribuye a los campamentos de Bateas, Agua Dulce, Huayllacho, Santa Rosa, Zona reservada, comedores y oficinas. El tratamiento seleccionado para la potabilización del agua del Río Santiago pasa por los siguientes procesos: Filtración y Desinfección.

b) Para uso minero:

- Compuerta 1: Ubicada en la margen derecha del dique, tipo mariposa, que permite la captación de agua para el consumo de relleno hidráulico y planta concentradora, el cual es conducido por un canal de mampostería y natural.
- Compuerta 2: Ubicada en la sección central del dique, tipo cilindro, la cual permite el rebose del río Santiago hacia su cauce natural.
- El agua captada es distribuida a través de la casa de bomba, ubicada a la altura de la balanza, donde se localizan dos pozas de concreto:
- La primera poza tiene la función de reservorio inicial del agua de captación, esta poza cuenta con dos compuertas de acero para controlar el flujo de entrada durante la época de lluvias y el rebose de agua hacia el río Santiago, cuenta con una tubería de 12" de hierro reforzado, que conduce el agua hacia la segunda poza.
- La segunda poza sirve como almacenamiento y está conectada a cuatro (04) bombas Hidrostaal, para uso minero e industrial.

Las efluentes de mina son tratados en pozas de sedimentación en interior mina para luego ser bombeados a superficie para su tratamiento antes de su vertimiento al Río Santiago y las aguas residuales de los campamentos se derivan como pretratamiento a los pozos sépticos para luego ser bombeados hacia la Planta de tratamiento de agua residual doméstica.

E. Fuerza motriz

La compañía contrata el suministro de energía eléctrica del Sistema interconectado para una potencia de 3,500 KW. Se cuenta con Grupos Electrógenos como contingencia con los cuales se brinda el suficiente suministro eléctrico para la operación de la mina.

El abastecimiento de energía es proporcionado mediante una línea de transmisión de 66 KV, que viene desde la SE Callallia, la SE Caylloma, lugar donde se reduce el voltaje y con una línea primaria de 15 KV se realiza el suministro hasta la Unidad.

Para una normal operación del sistema se tiene el soporte de con mano de obra especializada, debido a que en todas las operaciones cuenta con equipo y maquinaria.

2.3 PROCESOS UNITARIOS EN LA MINERA BATEAS

2.3.1 Perforación

La perforación se realiza de mecanizada (95%) y manera manual (5%). La perforación mecanizada se realiza con jumbos electro hidráulico de uno y dos brazos con barras de perforación de 12 y 14 pies con brocas de 45 a 51 mm.

La perforación manual se realizará con equipos Jack-leg con barrenos hexagonales cónicos de perforación de 4, 6 y 8 pies de longitud, con brocas de 36 y 38 mm de diámetro.

Para tajos anchos y con cajas inestables, la perforación es horizontal (Breasting) para controlar la estabilidad de la labor, y solo en terrenos competentes la perforación Inclinada positiva (Realce).

A. Horizontal o breasting

En este caso la perforación se realiza horizontal en el frente del tajo de acuerdo al contorno de la veta.

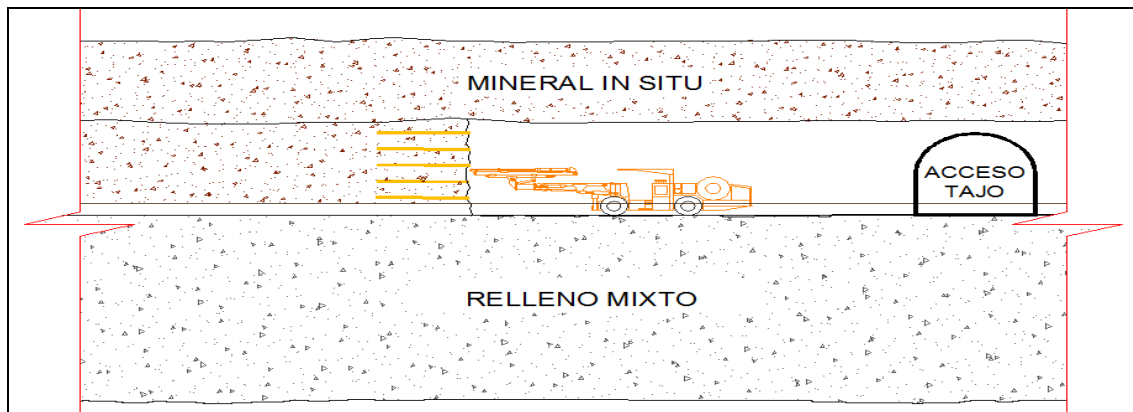


Figura 9: Perforación en breasting

(Fuente gráfico: Planeamiento-MIBSAC)

Es aquella perforación que se realiza de forma horizontal para la posible extracción del mineral del tajo, va a contar con una cara libre que se va encontrar ubicada debajo del mineral, del mismo modo va a contar con un espacio libre entre el relleno y el mineral. El uso de la perforación en breasting se debe a la menor calidad de roca que tiene con respecto al realce.

B. Semivertical o realce

En este caso la perforación se realiza subvertical en función al buzamiento de la veta.
(Ver las siguientes figuras)

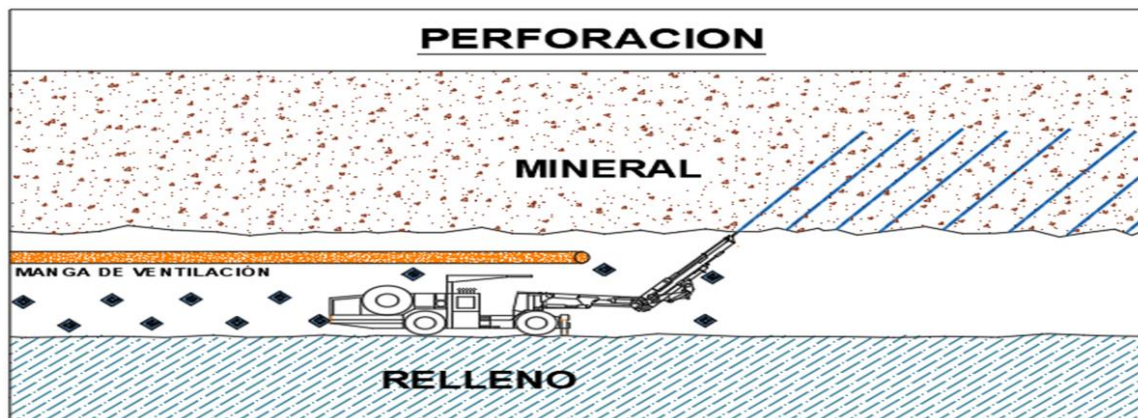


Figura 10: Perforación subvertical con jumbo

(Fuente gráfico: Planeamiento - MIBSAC)



Figura 11: Perforación semivertical con Jack leg

(Fuente gráfico: Planeamiento - MIBSAC)

Para la explotación en realce mecanizada o semimecanizada sólo se debe de aplicar si el tipo de roca es I, II o III esto por cuestión de estabilidad. En cuanto al tipo de explotación convencional se usa para cualquier tipo de roca.

2.3.2 Voladura

Es la acción de fracturar o fragmentar la roca, mediante el empleo de explosivos. Las mismas se realizan para lograr un objetivo predeterminado, pueden ser controladas, o no, puede ser a cielo abierto, en galerías, túneles o debajo del agua.

Para la voladura en Minera Bateas se utiliza Emulsión de 1000 a 5000. También se usa ANFO, utilizando para ello un equipo Jet-Anol. Como accesorios de voladura se emplean guías ensambladas, guías de micro retardos, mechas rápidas y cordón detonante. La voladura es controlada con el objeto de disminuir los efectos de las vibraciones que originan debilitamiento de las coronas de los tajos. Todas las voladuras en la mina se realizarán dentro de los horarios de disparo establecidos (5:45 a.m. y 5:45 p.m.).

2.3.3 Limpieza

Se denomina al traslado corto de material roto en la mina, es decir que este transporte tiene limitaciones, o tiene un determinado radio de acción, y estarán ubicados en los frentes de operación.

Se realiza principalmente utilizando scoops diesel, cuyas capacidades varían desde 4.2 a 6.0 yd³. Su uso depende de las características de la estructura mineralizada.

2.3.4 Transporte

Transporte de material es cuando se producen distancias mayores sin limitaciones de ningún tipo, es realizado con volquetes de 15m³ 30 toneladas.

2.3.5 Desatado y sostenimiento

Las rocas sueltas detectadas en el techo, frente y paredes de la excavación o labor minera, son desprendidas (desatados) mediante el uso de barretillas de 4, 6, 8, 10 y 12 pies. En tajos ó excavaciones de mayor altura se usa equipos mecanizados de desatado como es el Scaler. El sostenimiento busca proporcionar estabilidad a las diferentes labores mineras como: galerías, cruceros, subniveles, chimeneas, tajos de explotación, rampas, etc. Se podrá realizar de dos formas. La primera, de forma manual utilizando equipos de perforación jack-leg para la colocación split set y/o pernos helicoidales. La segunda forma, utilizando equipos de perforación mecanizada como es el jumbo empernador (Bolter) el que tiene las siguientes ventajas:

- Capacidad de instalar pernos hidrabolt, pernos helicoidales, split sets y mallas con ratios de hasta 120 elementos en 10 horas.
- Trabaja a distancia del terreno crítico.
- Proporciona mayor seguridad al trabajador.
- Dispone de un carrusel con capacidad de almacenaje de los elementos de anclaje.

2.3.6 Relleno

En el método de corte y relleno ascendente el relleno para los tajos excavados proviene generalmente de:

Material estéril de labores de desarrollo. Aproximadamente un 36%; y Relleno Hidráulico (relave) 64%.

La distribución del relleno detrítico es mecánica utilizando el Scooptram y el relleno hidráulico es con tuberías de 4" HDPE, que permite el confinamiento del relleno, así mismo que el piso quede más uniforme y así evitar la contaminación del mineral por dilución.

2.4 EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA PARA LA SELECCIÓN DEL TIPO DE EXPLOTACIÓN DEL TAJO TJ626E DE MINERA BATEAS

2.4.1 Método de Explotación

En Minera Bateas se viene aplicando el método de explotación corte y relleno ascendente, teniendo zonas de explotación mecanizada, semimecanizada y convencional, la perforación que se realiza es de taladros horizontales y subverticales (ver tabla 1)

Tabla 1: Método de explotación y perforación que se realiza

Método de explotación	Perforación	Tipo
Corte y relleno ascendente	Horizontal o "Breasting"	Mecanizado
	Semivertical o "Realce"	Mecanizado, Semimecanizado y convencional

Tabla 2: Tipo de explotación y equipos que se usan

Tipo	Equipos	
	Perforación	Limpieza
Mecanizado	Jumbo	Scooptrams
Semimecanizado	Jack-Leg	Scooptrams
Convencional	Jack-Leg	Winche

2.4.2 Tipo de Explotación

A. Mecanizado

La explotación mecanizada se aplica tanto para tajos en breasting y realce, los equipos usados son jumbos y scooptrams para la perforación y limpieza respectivamente.

El valor del becoff es menor en este tipo de explotación, pero la aplicación de este es limitada por la potencia de veta que se tenga y el tipo de roca. Los equipos usados por operación requieren como mínimo 3.50 m de ancho de labor, por lo cual para vetas angostas, si se aplica este tipo de explotación se incurriría en altas diluciones, por tanto el mineral en la mayoría de casos ya no sería económico.

B. Semimecanizado

La explotación semimecanizada generalmente se aplica para tajos en realce, los equipos a usar son Jack-leg y Scooptrams para la perforación y limpieza respectivamente, donde la potencia es menor a 2.5 m.

Al usar como equipo de limpieza el scoop 4.2 yd³ se requiere de un ancho mínimo de 3.0m por operación, por ello se debe de realizar trabajos adicionales de voladura y sostenimiento para poder darle el ancho que requiere el equipo, debido a estos trabajos adicionales es que el valor del becoff en este tipo de explotación es mayor al del mecanizado.

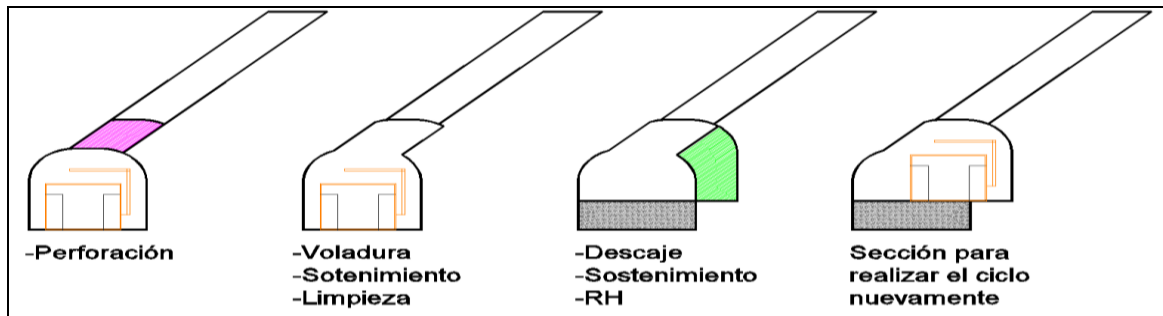


Figura 12: Esquema explotación semimecanizada

(Fuente gráfico: Planeamiento - MIBSAC)

Después de la voladura del mineral se debe de realizar un sostenimiento para luego proceder con la limpieza, luego se debe de realizar un descaje para el siguiente corte y un nuevo sostenimiento.

C. Convencional

Este tipo de explotación se aplica generalmente en realce, se usan los equipos Jack-leg y Winche para la perforación y limpieza respectivamente. Este método se aplican en vetas angostas con potencias menores a 1.50 m.

Esta explotación requiere de una mayor cantidad de mano de obra comparada con los demás tipos de explotación y por su reducida potencia el sostenimiento requiere de madera, por todo esto el valor del becoff es mayor que los anteriores tipos de explotación.

Como resumen tenemos el siguiente cuadro:

Tabla 3: Resumen tipo de explotación

Tipo	Perforación	Tipo de roca
Mecanizado	Breasting	I,II,III,IV o V
	Realce	I,II o III
Semimecanizado	Realce	I,II o III
Convencional	Realce	I,II,III,IV o V

Si la potencia de la veta es menor a 2.13 m y el tipo de roca es I, II o III, es recomendable usar la explotación semimecanizada para tener un menor valor de la dilución. Si la potencia es menor a 2.13 m y el tipo de roca es IV o V, necesariamente, debemos de usar la explotación mecanizada en breasting pese a la alta dilución.

2.4.3 Dilución

Lo que entendemos por dilución “Es la reducción en ley por la cantidad de material por debajo de la ley mínima de corte, o estéril que se mezcla con el mineral

económico”. Esta es una de las muchas definiciones que caracterizan la operación de agregar estéril al mineral económico bajando su ley.

La dilución es uno de los parámetros más importantes en minería, ya que, reduciendo sus efectos obtenemos mayores ganancias y una reducción de costos, es por ello que nos debe de preocupar su valor y control.

La dilución no solo significa bajar la ley, este material estéril que se alimenta a planta también tiene costos asociados, entre estos tenemos los costos de limpieza, tratamiento y disposición del relave en las presas. Por ello, en todas las minas se han desarrollado estudios enfocados a encontrar las posibles causas de la dilución, y en consecuencia proponer procedimientos más eficientes con los cuales reducir el “empobrecimiento” del mineral.

A. Tipos de dilución:

En Minera Bateas se ha definido 03 diluciones, geométrica, por voladura y limpieza, la suma de estas tres nos da la dilución total.

a) Dilución Geométrica

Esta dilución se refiere a la geometría propia de la veta (potencia y buzamiento) y al tipo de equipo que se utiliza para la perforación y la limpieza de mineral, factores que determinan el ancho mínimo de minado. Esta dilución se aplica para zonas donde la potencia de veta es menor al ancho mínimo de explotación medido en la dirección del buzamiento.

$$DG = \frac{AME' - Pot.}{AME'}$$

Donde:

AME': Ancho mínimo de minado de explotación medido en la dirección del buzamiento en metros.

Pot.: Potencia de veta en metros.

b) Dilución por voladura

La dilución por voladura se refiere a la sobrerotura que se tiene cuando se realizan malas prácticas de la voladura en el tajo y sobre pasan el porcentaje permisible, esto dependerá de la variante del método de explotación, la potencia y buzamiento.

$$DV = \frac{SV'}{SV' + Pot.}$$

Donde:

SV': Sobrerotura por voladura medida en la dirección del buzamiento

Pot.: Potencia de veta en metros.

c) Dilución por limpieza

La dilución por limpieza se refiere al material estéril (desmote y/o relave) que se extrae en conjunto con el mineral. Se asume el valor de 2%, para todos los casos, de pruebas que se realizaron en años pasados.

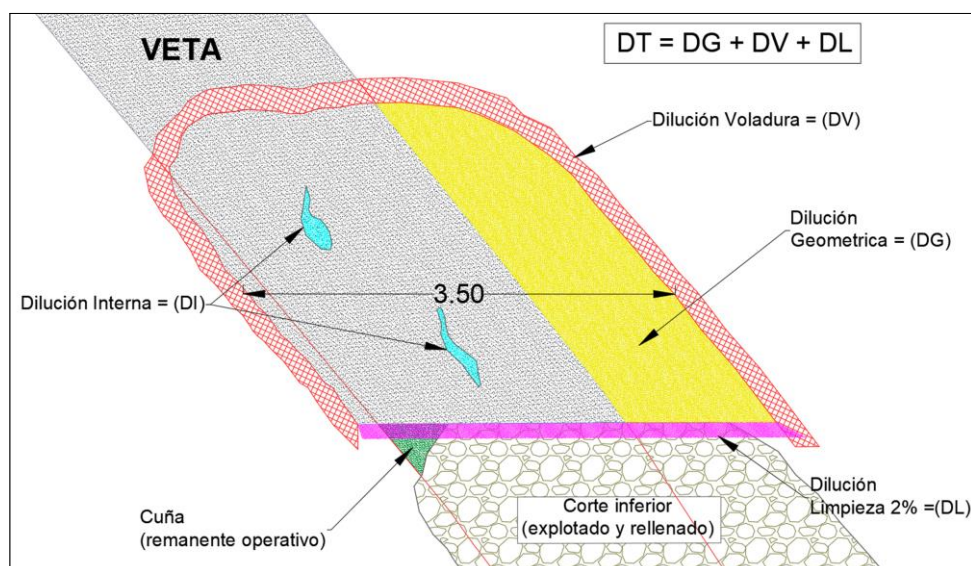


Figura 13. Esquema de tipos de dilución

(Fuente gráfico: Planeamiento - MIBSAC)

2.5 COSTOS

Los costos son uno de los parámetros más importantes en la viabilidad de la explotación de un tajo. Una empresa minera se vuelve más rentable si mantiene sus costos controlados y trata de minimizarlos. Definimos el término de "becoff" que es el costo total de mina, es decir, incluye costos variables y fijos.

La distribución de costos es la siguiente:

Tabla 4. Descripción de Costos

DESCRIPCIÓN	DETALLE
Mina	Supervisión mina Preparación Desquinche Explotación Acarreo y carguío Sostenimiento Relleno Transportes Servicios auxiliares Energía
Planta	Supervisión planta Trituración Molienda Flotación Espesamiento Filtrado Servicios auxiliares Energía
Servicios generales	Gerencia de operaciones Energía eléctrica y mantenimiento Geología Planeamiento Seguridad minera Medio ambiente Laboratorio químico
Servicios administrativos mina	Administración Desarrollo humano y organizacional mina Logística mina Relaciones comunitarias Energía
Distribución	Supervisión de concentrados Transporte concentrado de plomo Transporte concentrado de zinc
Relaciones comunitarias	Proyectos de inversión comunidades
Management fee	Administración FSM

2.5.1 Costo en mecanizado

El costo total o becoff viene dado por:

Tabla 5: Valor del becoff en mecanizado

Descripción	Mecanizado	
	Breasting (US\$/t)	Realce (US\$/t)
Mina	43.2	30.4
Planta	13.9	14.1
Servicios generales	10.1	10.2
Servicios administrativos	6.9	6.9
Distribución	6.7	6.7
Relaciones comunitarias	1.4	1.4
Management Fee	0.6	0.6
Becoff (US\$/t)	82.9	70.3

El valor del becoff para la explotación mecanizada es de 82.9 US\$/t, este valor incluye todos los costos. Para la estimación de reservas se toma el valor del becoff acumulado de 12 meses, en este caso de Julio 2017 a Junio 2018.

2.5.2 Costo en semimecanizado

En este caso los costos de rotura, explotación, soporte y relleno serán variables, ya que dependerán de la potencia de la veta. Todos los demás costos son iguales al mecanizado. El costo semimecanizado será mayor al mecanizado debido a que se realizará 2, sostenimientos y voladuras, el primer sostenimiento después de la voladura del mineral y el segundo después de la voladura para el descaje del desmonte.

Realizando una corrida variando la potencia desde 1.00 a 2.13 m, tenemos el siguiente cuadro de variación del becoff:

Tabla 6: Valor del becoff en semimecanizado

Descripción	Semimecanizado
	(US\$/t)
Mina	55.1
Planta	13.1
servicios generales	9.8
Servicios administrativos	6.6
Distribución	6.7
Relaciones comunitarias	0.9
Management Fee	0.1
Becoff (US\$/t)	93.1

2.5.3 Costo en convencional

Los costos para la explotación convencional viene dado por:

Tabla 7: Valor del becoff en convencional

Descripción	Convencional
	(US\$/t)
Mina	115.9
Planta	15
servicios generales	9
Servicios administrativos	26.1
Distribución	7.8
Relaciones comunitarias	-
Management Fee	-
Becoff (US\$/t)	173.7

El valor del becoff en el periodo de Julio 2017 a Junio 2018 es de 173.7 US\$/t.

Para el cálculo de los costos en dólares por tonelada, se tiene en cuenta que el costo de mina es dividido por el tonelaje de extracción de cada veta, los costos de servicios generales y administración son divididos por el tonelaje tratado de cada veta, los costos de planta, transporte, relaciones comunitarias y management fee son divididos por el tonelaje tratado total.

Tabla 8: Resumen del valor del becoff por tipo de explotación

Descripción	Mecanizado		Semimecanizado (US\$/t)	Convencional (US\$/t)
	Breasting (US\$/t)	Realce (US\$/t)		
Mina	43.2	30.4	55.1	115.9
Planta	13.9	14.1	13.1	15
Serviciones generales	10.1	10.2	9.8	9
Servicios administrativos	6.9	6.9	6.6	26.1
Deistribución	6.7	6.7	6.7	7.8
Relaciones comunitarias	1.4	1.4	0.9	-
Management Fee	0.6	0.6	0.1	-
Becoff (US\$/t)	82.9	70.3	93.1	173.7

2.6 ESTIMACIÓN DE RESERVAS

El departamento de geología realiza la estimación de recursos, ellos nos entregan un modelo de bloques de cada veta, lo que hacemos en Planeamiento es evaluar técnica y económicamente cada bloque del modelo de recursos para su conversión a reservas minerales, los bloques de reservas son identificados en el modelo de bloques inicial obteniendo de esta manera el modelo de bloques de reservas.

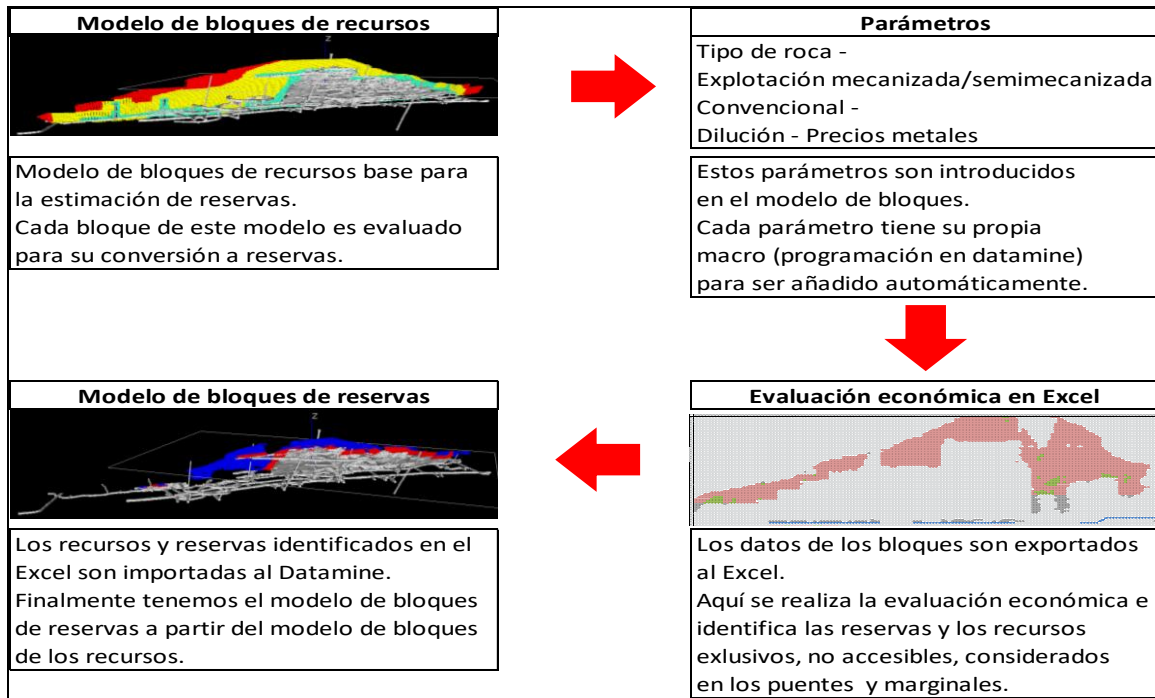


Figura 14: Diagrama de la estimación de reservas

(Fuente gráfico: Planeamiento-MIBSAC)

El modelo de bloques de los recursos será la base para la estimación de reservas. A este modelo se le agregan más campos, entre estos tenemos la zonificación geomecánica, variante del método de explotación y otros, estos nos servirán de base para la evaluación económica de cada bloque del modelo de recursos. La evaluación económica se realiza en una planilla de Excel la cual contiene información del modelo de bloques con los nuevos campos, aquí se define los bloques que serán reservas, recursos exclusivos, puentes, no accesibles y marginales. Una vez teniendo los bloques identificados, estos son insertados en el modelo de bloques. Finalmente se obtiene el modelo de bloques de reservas.

2.6.1 Procedimiento de evaluación

Para esta evaluación técnica económica del tajo TJ626E, someteremos esta zona de interés a los siguientes parámetros.

A. Zonificación geomecánica

Identificar el tipo de roca de nuestra zona de interés es importante ya que nos permitirá determinar la geomecánica y por ende determinar el tipo de explotación.

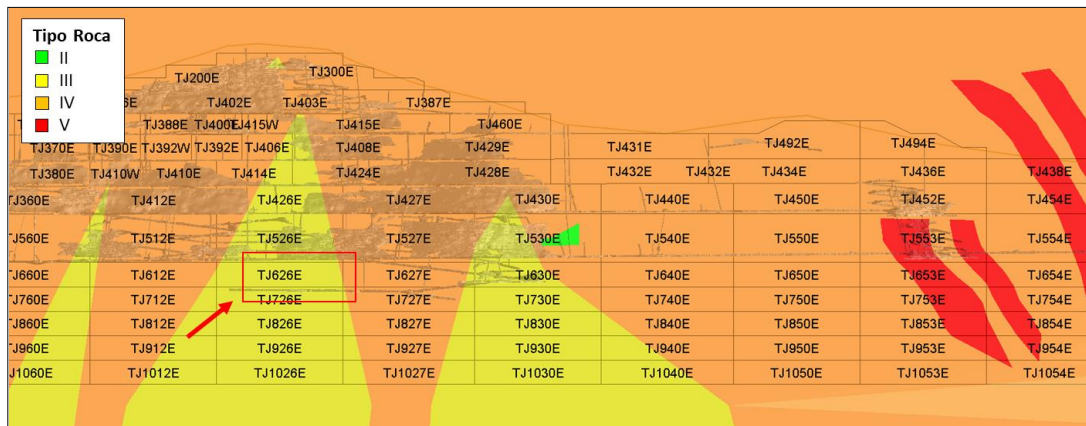


Figura 15: Modelo de bloques identificado según tipo de roca (Fuente gráfico: Planeamiento-MIBSAC)

En función a las condiciones geomecánicas podemos clasificar que en el tajo predomina el Tipo de Roca III-A y por ser una labor temporal utilizaremos un tipo de sostenimiento sistemático de 1.80m x 1.80m con Split Set e Hydrabolt.

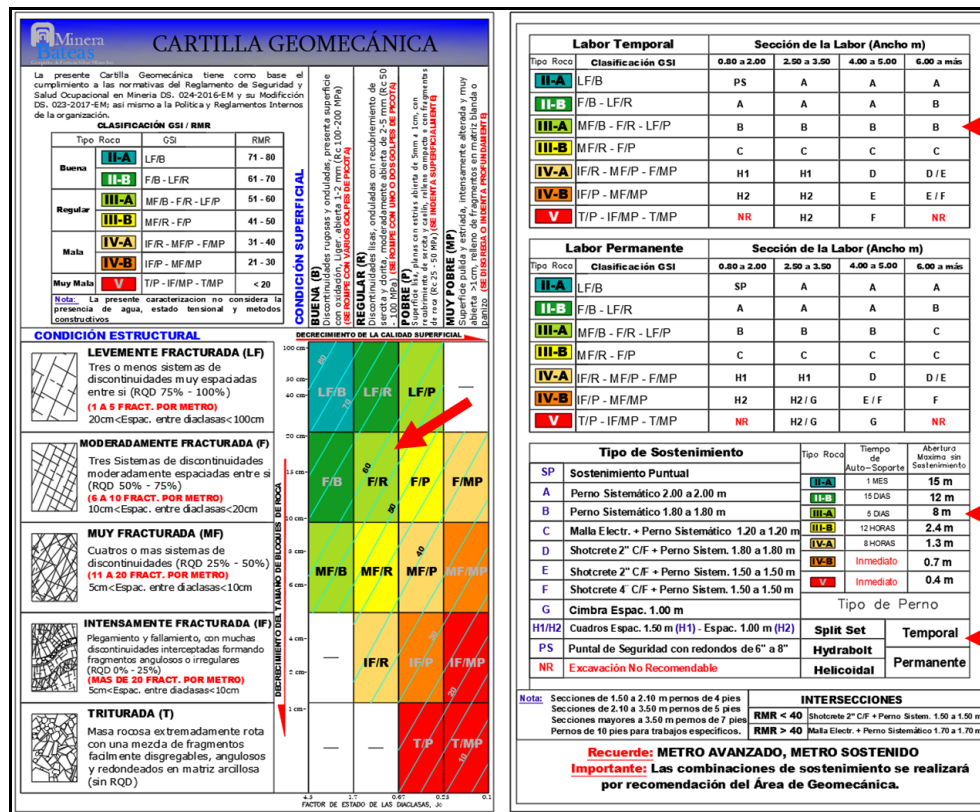


Figura 16. Modelo de bloques identificado según tipo de roca (Fuente gráfico: Planeamiento-MIBSAC)

B. Tipo de explotación

Elegir explotar un tajo en forma mecanizada o semimecanizada, viene relacionado con la dilución y el costo. Se analizó los costos aplicando realce Semimecanizado se explicó hasta qué punto nos convenía aplicar esta explotación para tener una mejor calidad de mineral. Por ello la importancia de identificar en el modelo de bloques las zonas de explotación mecanizada y semimecanizada en base a la información geomecánica y las potencias de las vetas.

Se identifica que la zona de interés al tener un tipo de roca III se presta para poder realizar la explotación mecanizada y semimecanizado en realce.

Tabla 9. Tipos de explotación y sus variantes

Tipo	Perforación	Tipo de roca	Potencia	Exposición persona	Becoff	Productividad
Mecanizado	Breasting	I,II,III,IV o V	0 < Pot < 12	Regular	82.9	Minado lento
	Realce	I,II o III	0 < Pot < 10	Poca	70.3	Muy dinamico
Semimecanizado	Realce	I,II o III	0 < Pot < 4	Regular	93.1	Dinamico
Convencional	Realce	I,II,III,IV o V	0 < Pot < 1	Regular	173.7	Minado lento

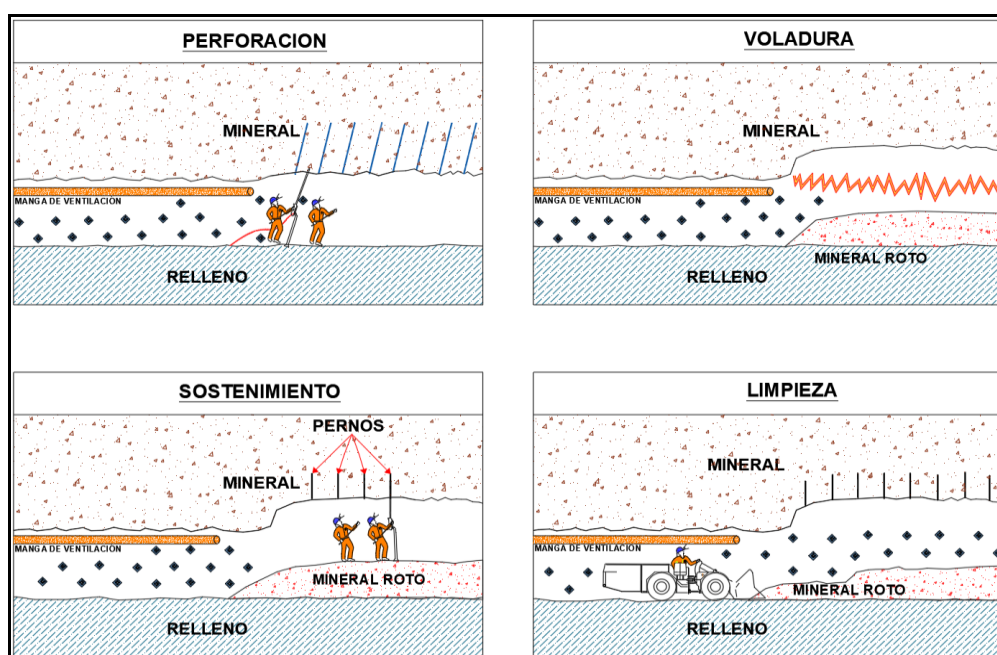


Figura 17. Ciclo de minado semimecanizado

(Fuente gráfico: Planeamiento-MIBSAC)

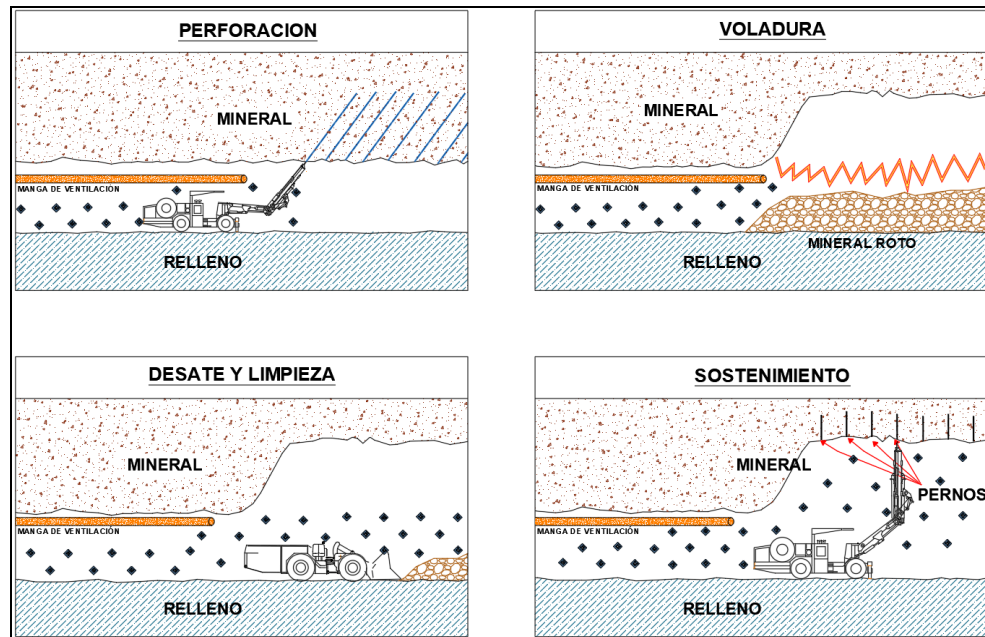


Figura 18. Ciclo de minado mecanizado

(Fuente gráfico: Planeamiento-MIBSAC)

C. Cálculo de la dilución

Aplicamos realce semimecanizado sólo para rocas de tipo I, II o III y para potencias menores a 2.13 m. Lo primero es por recomendación de geomecánica y lo segundo es por el cuadro 3.4. Que se presentó en el capítulo III. Aplicar breasting o realce mecanizados para potencias mayores a 2.13 es indiferente ya que se tendrán diluciones y costos iguales. Lo que hace atractivo aplicar el realce es que el minado es masivo, se puede disparar en realce un tramo de 100 m del tajo lo cual nos da un mayor volumen que minar en breasting disparo a disparo.

Tabla 10. Tipos de dilución según Pakalnis

Definition of dilutions (Pakalnis, 1986)
EQ 1 Dilution = (Tonnes waste mined)/(Tonnes ore mined)
EQ 2 Dilution = (Tonnes waste mined)/(Tonnes ore mined + Tonnes waste mined)
EQ 3 Dilution = (Undiluted in-situ grade as derived from drill holes)/(Sample assas grade at drawpoint)
EQ 4 Dilution = (Undiluted in-situ grade reserves)/(Mill head grades obtained for same tonnage)
EQ 5 Dilution = (Tonnage mucked - Tonnage blasted)/(Tonngge blasted)
EQ 6 Dilution = Difference between backfill tonnage actually placed and theoreticallt required to fill void
EQ 7 Dilution = Dilution visually observed and assessed
EQ 8 Dilution = ("X" amount of metres of footwall slough + "Y" amount of hanging wall slough)/(ore width)
EQ 9 Dilution = (Tonns draw from stopes)/(Calculated reserve tonnage) Over last ten years

Las diluciones son calculadas en base a las fórmulas del capítulo II, de acuerdo al tipo de explotación, el buzamiento y potencia de la veta.

D. Valor del becoff

Una vez identificado las zonas de explotación en mecanizado y semimecanizado se define el valor del becoff en el modelo de bloques.

A cada bloque del modelo se le asigna un valor de becoff según el tipo de explotación mecanizada o semimecanizado.

E. Cálculo de los valores punto

En el siguiente proceso definimos los valores punto de acuerdo a los precios de los metales, recuperaciones metalúrgicas y términos de comercialización.

Los precios de los metales son proporcionados por el área de finanzas de Fortuna Silver Mines.

Las recuperaciones metalúrgicas y las leyes en el concentrado son los promedios del 2017 y 2018.

El siguiente cuadro muestra el cálculo del valor punto de cada metal.

MINERA BATEAS SAC - UNIDAD CAYLLOMA CALCULO DE VALORES PUNTO LARGO PLAZO - SULFUROS 2018							
ZINC, PLOMO Y COBRE				PLATA Y ORO			
		Zinc	Plomo		Plata	Oro	
Concentrado							
Precio de mercado	US\$/t	2,750	2,270	Precio de mercado	US\$/oz	18.25	1,320
Ley en el concentrado	%	50.00	62.00	Pagable	%	95.00	95.00
Pagable	%	85.00	95.00	Cargo por refinación	US\$/oz	0.60	8.00
Deducción mínima	%	8.00	3.00	Escalador 1	US\$/oz	0.13	
Ley pagable	%	42.00	58.90				
Pago por tonelada	US\$/t	1,155	1,337				
					Plata	Oro	
Maquila	US\$/t	-55.00	-7.00		US\$/oz	US\$/oz	
Escalador1	US\$/t	0.00	0.00	Valor por onza	US\$/oz	18.25	1,320
Escalador2	US\$/t	0.00	0.00	Recuperación metalúrgica	US\$/oz	15.33	224.40
Escalador3	US\$/t	0	0	Metal pagable	US\$/oz	14.56	213.18
Penalizaciones	US\$/t	0	0	Cargo por refinación	US\$/oz	13.98	211.89
Cargos totales	US\$/t	-55	-7				
Valor del concentrado	US\$/t	1,100	1,330				
Recuperación metalúrgica	%	90.00	91.00	Recuperación metalúrgica	%	84.0	17.0
Valor punto	US\$/%	19.80	19.52	Valor por oz	US\$/oz	13.98	211.89
				Valor por g	US\$/g	0.45	6.81

Nota:
 (*) Basado en Recuperación metalúrgica promedio del año Junio2017/Mayo2018 (Au,Pb,Zn)
 (*) Recuperación metalúrgica Ag basado a mejoras en tiempo de flotacion
 (*) Basado en ley en el concentrado promedio del año Junio2017/Mayo2018
 (*) Términos comerciales 2018

Figura 19. Cálculo de los valores punto

F. Preparación y análisis de recursos

Aquí se realizará el análisis técnico y económico de cada bloque, para esto se exportó del Datamine a un archivo Excel el modelo de bloques compositado en 2 dimensiones Este y Cota.

Cada celda del archivo Excel representa un bloque del modelo, este tiene identificado el tipo de explotación, los tonelajes in situ, diluido, leyes y valor del becoff.

El análisis de preparación se muestra en el anexo A.

Un bloque se incluye en las reservas minerales si su valor diluido está por encima del becoff.

Se utiliza la siguiente codificación:

- 0: Recursos exclusivos de las reservas, son recursos diluidos cuyo valor de mineral está por debajo del becoff.
- 1: Reserva mineral.
- 2: Reserva considerado como puente que se deja entre nivel y nivel.
- 3: Recursos inaccesibles

Todos los bloques se encuentran codificados según los números de arriba.

G. Modelo de bloques de reservas

Los bloques identificados como reservas en la planilla de Excel son exportados al Datamine obteniendo de esta manera el modelo de bloques de reservas del cual podemos obtener cualquier reporte que se requiera.

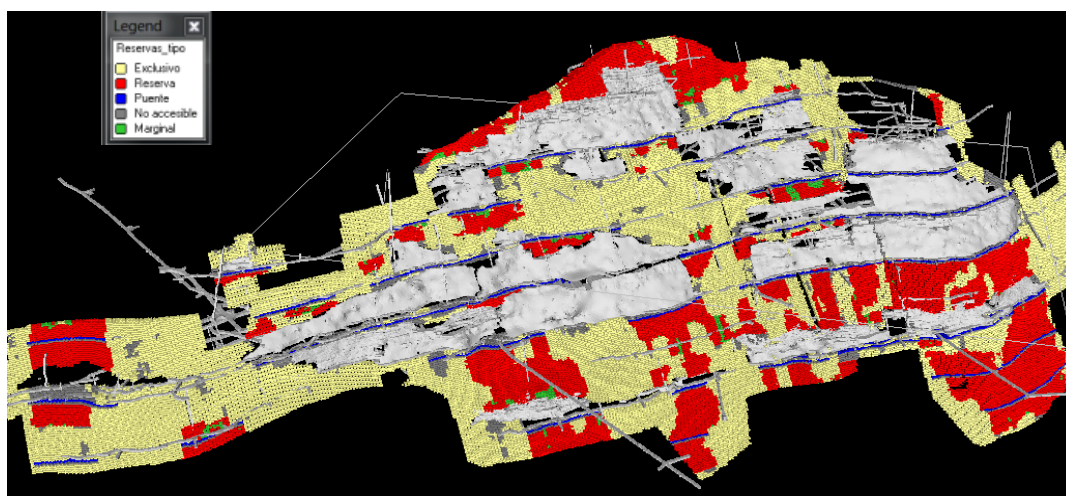


Figura 20: Modelo de bloques de reservas

(Fuente gráfico: Planeamiento-MIBSAC)

H. Identificación de zona de interés

Finalizada la estimación de reservas procederemos a ubicar nuestra zona de interés. En este caso ubicamos una zona donde predominen los recursos de categoría indicados para tener una mayor confiabilidad de su mineralización.

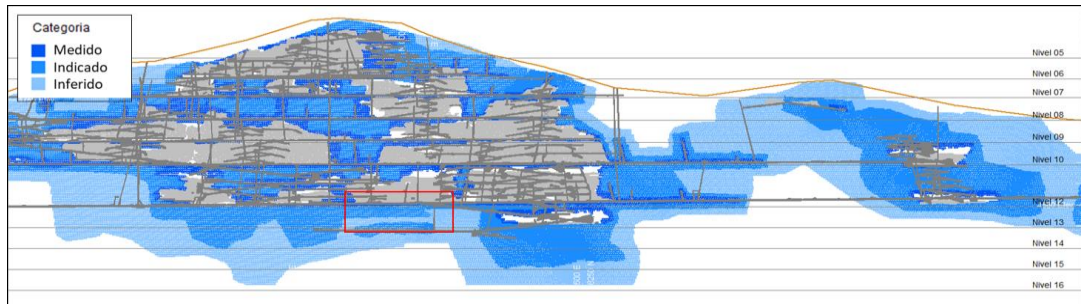


Figura 21: Zona de interés con respecto al modelo de recursos por categoría

(Fuente gráfico: Propia)

Para poder identificar mejor nuestra zona de interes filtramos el modelo de recursos en función a recursos que sean mayores a 90 US\$/t y agregando una leyenda de isovalores de valor punto podemos ver cuáles son nuestras zonas atractivas.

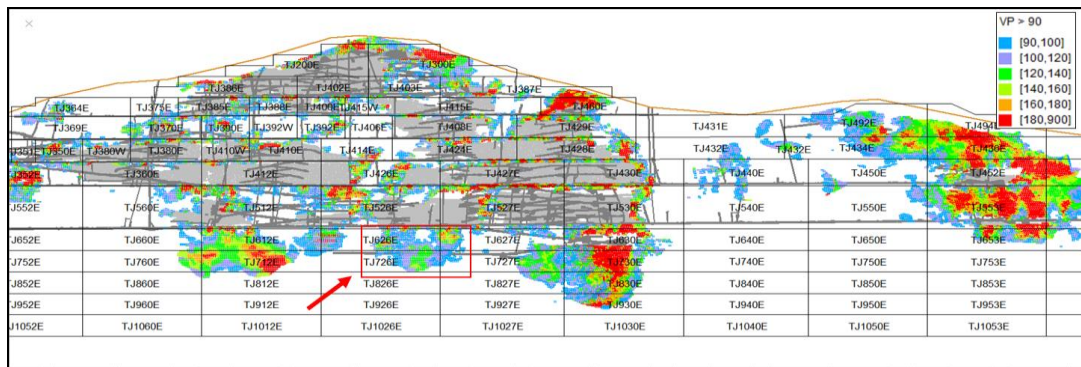


Figura 22: Reservas filtrando isovalores del Valor Punto

(Fuente gráfico: Propia)

En esta vista podemos apreciar que la zona de interés es atractiva debido a que predominan los valores entre 90 a 160 US\$/t

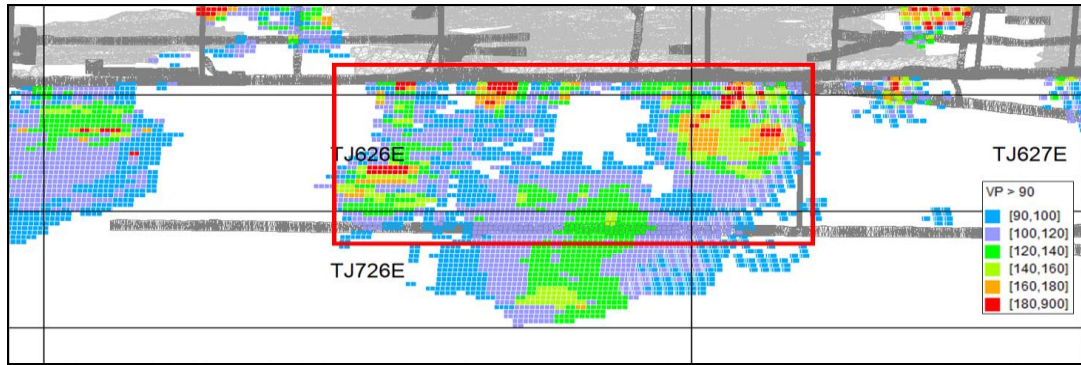


Figura 23: Reservas con VP mayor a 90 US\$/t
(Fuente gráfico: Propia)

En este plano podemos visualizar el detalle de las perforaciones DDH de la zona del Tajo TJ626E, corroborando la información de valores punto que hacen que esta zona pueda considerarse económica.

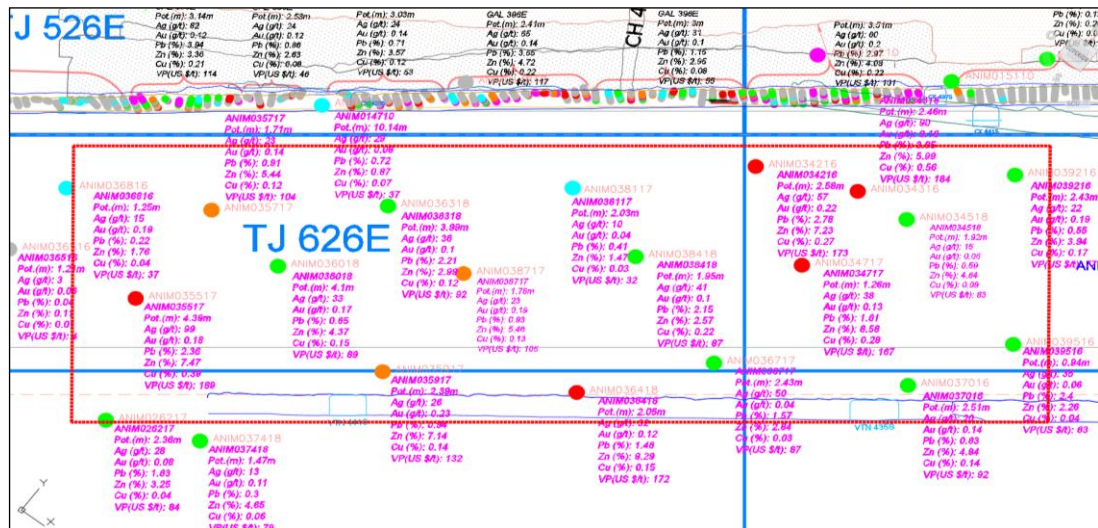


Figura 24: Plano de muestra Zona TJ626E
(Fuente Área de Geología - MIBSAC)

2.7 RESULTADOS

Finalmente luego de evaluar la zona de interés el software obtenemos los siguientes resultados:

Primero se procede a realizar cortes en la zona de interés para poder tener un detalle de cada stopes, esto ayuda a ver el comportamiento de la estructura en cada cota.

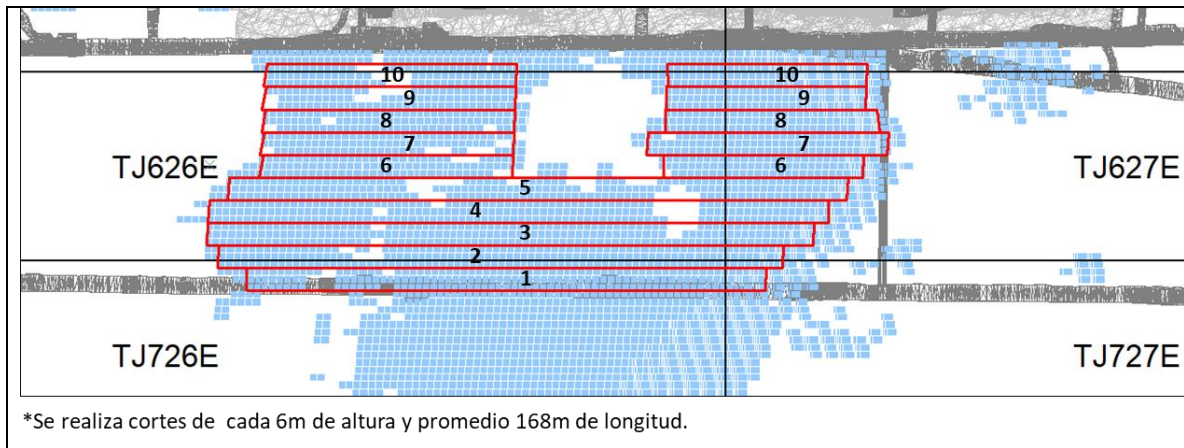


Figura 25. Zonificación por cortes de la zona de interés (Fuente gráfico: Propia)

Luego de realizar los cortes lo interceptamos con el modelo de recursos y obtenemos el siguiente reporte.

Tabla 11: Reporte de modelo de recursos por corte

CORTE	tms	Ag(g/t)	Au(g/t)	Pb(%)	Zn(%)	NSR(US\$/t)	Width(m)
1	5,160	31	0.13	1.16	4.67	130	1.10
2	6,014	40	0.14	1.24	4.41	131	1.50
3	6,132	42	0.15	1.19	4.45	131	1.70
4	5,761	55	0.16	1.38	4.58	143	1.80
5	5,349	46	0.15	1.45	4.25	134	1.70
6	5,211	40	0.15	1.43	4.63	139	2.40
7	6,163	42	0.14	1.85	3.95	134	3.40
8	7,988	44	0.14	2.13	3.69	136	3.40
9	12,086	51	0.14	2.23	3.45	136	3.30
10	14,713	62	0.14	2.44	2.83	133	4.50
Total	74,578	48	0.15	1.81	3.87	134	2.80

Luego de la estimación de recursos procedemos a realizar los diseños que serán necesarios para la futura explotación del tajo. Estos diseños deben garantizar la explotación más rentable, productiva y sobre todo segura.

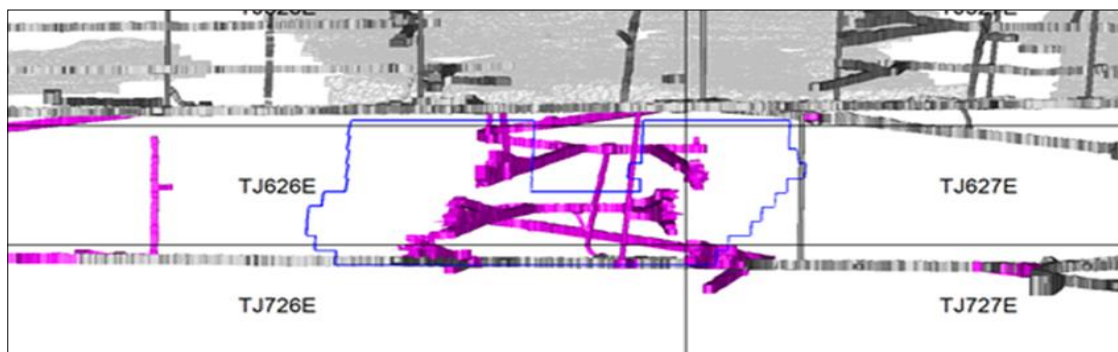


Figura 26: Zonificación por cortes de la zona de interés

Definida nuestra zona de interés procederemos a realizar la estimación de reservas de cada uno de nuestros cortes de stopes, para esto se evalúan los 2 posibles escenarios para determinar cuál es el que nos genera una mayor rentabilidad.

Tabla 12: Evaluación por cada tipo de explotación aplicando realce

Realce Semimecanizado

Corte	tms	Ag (g/t)	Au (g/t)	Pb (%)	Zn (%)	Width (m)	AME (m)	Dil. (%)	NSR (US\$/t)	Becoff (US\$/t)	Margen (US\$/t)	Venta (US\$)
1	7,179	22	0.10	0.83	3.36	1.1	1.5	28%	93	93	0	1,610
2	7,993	30	0.11	0.93	3.32	1.5	1.9	25%	98	93	5	41,744
3	7,997	32	0.12	0.91	3.41	1.7	2.1	23%	101	93	7	59,637
4	7,445	42	0.12	1.07	3.55	1.8	2.2	23%	111	93	18	132,949
5	6,953	36	0.12	1.12	3.27	1.7	2.2	23%	103	93	10	71,855
6	6,489	32	0.12	1.15	3.72	2.4	2.8	20%	111	93	18	118,954
7	7,083	37	0.12	1.61	3.44	3.4	3.8	13%	117	93	24	168,025
8	9,158	39	0.12	1.86	3.22	3.4	3.8	13%	118	93	25	230,458
9	13,896	44	0.13	1.94	3.00	3.3	3.7	13%	118	93	25	344,742
10	16,497	55	0.13	2.18	2.52	4.5	4.9	11%	118	93	25	414,890
Total	90,689	39	0.12	1.49	3.18	2.8	3.3	18%	111	93	17	1,584,866

Realce Mecanizado

Corte	tms	Ag (g/t)	Au (g/t)	Pb (%)	Zn (%)	Width (m)	AME (m)	Dil. (%)	NSR (US\$/t)	Becoff (US\$/t)	Margen (US\$/t)	Venta (US\$)
1	9,486	17	0.07	0.63	2.54	1.1	2.0	46%	71	79	-9	-82,298
2	10,013	24	0.09	0.75	2.65	1.5	2.4	40%	78	79	-1	-8,178
3	9,753	26	0.10	0.75	2.80	1.7	2.6	37%	82	79	3	30,747
4	9,013	35	0.10	0.89	2.93	1.8	2.7	36%	92	79	12	111,408
5	8,433	29	0.10	0.92	2.70	1.7	2.6	37%	85	79	6	50,434
6	7,572	28	0.10	0.98	3.19	2.4	3.3	31%	95	77	18	137,740
7	7,740	33	0.11	1.47	3.15	3.4	4.3	20%	107	77	30	229,122
8	9,950	36	0.11	0.71	2.96	3.4	4.3	20%	109	77	32	313,863
9	15,147	40	0.11	1.78	2.75	3.3	4.2	20%	108	77	31	467,579
10	17,645	52	0.12	2.04	2.36	4.5	5.4	17%	111	77	33	586,816
Total	104,753	34	0.10	1.29	2.75	2.8	3.7	29%	96	77	18	1,837,233

* Los costos de preparación están incluidos al OPEX del Tajo TJ626E (5 US\$/t)

Tabla 13: Costos por tipo de explotación aplicando realce

Corte	Mecanizado (US\$)	Semimecanizado (US\$)
1	-82,298	1,611
2	-8,178	41,744
3	30,747	59,637
4	111,408	132,949
5	50,434	71,855
6	137,740	118,954
7	229,122	168,025
8	313,863	230,458
9	467,579	344,742
10	586,816	414,890
Total	1,837,233	1,584,866

Bajo este resultado podemos concluir que es recomendable iniciar los 5 primeros cortes (ver anexo B) con un tipo de explotación semimecanizado y posterior a ello aplicar la explotación mecanizada.

Con esto determinamos que el escenario más adecuado sería un minado mixto, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 14: Resultado Final

Tipo explotación	Corte	tms	Ag (g/t)	Au (g/t)	Pb (%)	Zn (%)	Width (m)	AME (m)	Dil. (%)	NSR (US\$/t)	Beccoff (US\$/t)	Margen (US\$/t)	Venta (US\$/t)
Semimecanizado	1	7,179	22	0.10	0.83	3.36	1.1	1.5	28%	93	93	0	1,611
	2	7,993	30	0.11	0.93	3.32	1.5	1.9	25%	98	93	5	41,744
	3	7,997	32	0.12	0.91	3.41	1.7	2.1	23%	101	93	7	59,637
	4	7,445	42	0.12	1.07	3.55	1.8	2.2	23%	111	93	18	132,949
	5	6,953	36	0.12	1.12	3.27	1.7	2.2	23%	103	93	10	71,855
Mecanizado	6	7,572	28	0.10	0.98	3.19	2.4	3.3	31%	95	77	18	137,740
	7	7,740	33	0.11	1.47	3.15	3.4	4.3	20%	107	77	30	229,122
	8	9,951	36	0.11	1.71	2.96	3.4	4.3	20%	109	77	32	313,863
	9	15,147	40	0.11	1.78	2.75	3.3	4.2	20%	108	77	31	467,579
	10	17,645	52	0.12	2.04	2.36	4.5	5.4	17%	111	77	33	586,816
Total		95,622	37	0.11	1.41	3.02	2.8	3.5	22%	105	84	21	2,042,917

CONCLUSIONES

- ✓ Esta Se determinó que la mejor alternativa para la selección del tipo de explotación de TJ 626E sería un minado mixto, de esta forma logrando satisfacer las necesidades técnico económicas para la compañía.
 - En su primera etapa se iniciaría tipo de explotación Semimecanizado.
 - En su segunda etapa se continuaría con el tipo de explotación mecanizada hasta finalizar el minado del TJ 626E
- ✓ El hecho de solo enfocarnos al tipo de explotación con menor becoff no siempre es la mejor opción y puede llevarnos a tener cuantiosas pérdidas económicas.
- ✓ La selección del tipo de explotación siempre debe ir siempre de la mano de la seguridad, productividad, rentabilidad y calidad.

RECOMENDACIONES

- ✓ Es necesario realizar este tipo de evaluaciones en el planeamiento de corto plazo, de esta forma evitar tener pérdidas para la compañía.
- ✓ No siempre debemos limitarnos a creer que los tipo de explotación con menor becoff son los mejores, este informe muestra que en algunos escenarios no siempre se cumple eso.

BIBLIOGRAFIA

- Artezano, L. (2014). *Implementación del método de explotación V.C.R. para mejorar la producción en mina Julia. U. E. A. Orcopampa, Cía., de minas Buenaventura S. A. A. Huancayo: Universidad Nacional del centro del Perú.*
- Cabello, N. (2008). *Selección del método de explotación para la veta piedad de la mina catalina huanca, Ayacucho. Ayacucho: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.*
- García, U. (2015). *Elección del Método de explotación para la veta Dalina en la Compañía minera Catalina Huanca S. A. C. Huancayo: Universidad Nacional del centro del Perú.*
- Hernandez Fernandez y Baptista. (2014). *Metodologia de Investigacion. MexicoMc GRAW- HILL.*
- Huayta, H. (2015). *Selección y análisis del método de explotación para el minado del manto Intermedio de la U.M. Pachapaqui – Cía. Minera ICM Pachapachi S.A.C.”. Ayacucho: Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.*
- Laura, E. (2014). *Selección del método de explotación para la optimización del minado en el Tajeo 493 en la cia minera caudalosa. U.E.A huachocolpa uno. Universidad Nacional del Centro del Peru.*
- Niño, M. (2011). *Metodologia de Investigacion, diseño y ejecución. Bogota, Colombia: Ediciones U. doi:ISBN 978-958-8675-94-7*
- Ñaupas et. al, .. (2014). *Metodologia de la Investigacion cuantitativa - cualitativa y Redaccion de Tesis (4º ed.). Ediciones U. doi:ISBN 978-958-762-188-4*
- Quinto, K. (2017). *Análisis geomecánico para la selección optima del método de explotación de la veta almiranta – zona profundización de la mina Quiruvilca – Sociedad minera Quiruvilca Inversiones S. A. – La Libertad. La Libertad: Universidad Nacional de Huancavelica.*
- Rivera, F. (2015). *Método de Minado sublevel stoping en la corporación minera Castrovirreyna S. A. Lima: Universidad Nacional de Ingenieria.*

ANEXOS

Anexo B. Zonificación por tipo de explotación

