

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



T E S I S

**Optimización del método de explotación con taladros largos en el
Tajo 658 NS, nivel 300 de la Compañía Minera Raura S.A.**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor: Bach. Carlos Abrahan PICOY BUSTILLOS

Asesor: Ing. Rosas FLORES MEJORADA

Cerro de Pasco – Perú - 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



T E S I S

**Optimización del método de explotación con taladros largos en el
Tajo 658 NS, nivel 300 de la Compañía Minera Raura S.A.**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Ricardo CABEZAS LIZANO
PRESIDENTE

Mg.Luis Alfonso UGARTE GUILLERMO
MIEMBRO

Ing. Julio César SANTIAGO RIVERA
MIEMBRO

DEDICATORIA

Ha Dios y a mi Madre que con gran esfuerzo me sacó adelante.

RECONOCIMIENTO

A Dios por cada una de sus bendiciones.

A mis padres por sus enseñanzas.

A los docentes que me acompañaron e instruyeron en mi vida universitaria y a mi alma mater UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION – PASCO.

La más alta del mundo...

RESUMEN

La Compañía Minera Raura S.A., proviene desde la Colonia Peruana, iniciaron su explotación con vetas de plata, a fines del siglo XIX. Actualmente, la extracción promedio de mineral de la mina viene principalmente de dos sectores. El primer sector comprendido por: Santa Rosa, Karol y Katy, Farallón y el segundo sector comprendido por: Hadas, Vanessa y Margot. El yacimiento es del tipo metasomatismo de contacto (Skarn), compuesta por cuerpos y vetas con mineralización polimetálica de Cu, Ag, Zn y Pb.

Su producción es de 2,850 tms/día, proveniente de tajeos minados mediante corte y relleno ascendente (Cut and Fill) y el método por taladros largos, y la variante de minado bench and fill. La ley de cabeza promedio calculada para el año 2019 es de 2.45 Oz Ag, El presente estudio permitió la evaluación técnico económico del Tajo 658 NS, Nivel 300 del cuerpo Santa Rosa y su aplicación del método de minado por taladros largos, para lo cual se realizó la evaluación geomecánica-geotécnica. La implementación del método de explotación por taladros largos de acuerdo a los parámetros geomecánicos permiten y sugieren dimensiones recomendadas de 8m de ancho, 45m de largo y 19m de altura de tajeo.

Las cajas (techo y piso) muestran inestabilidad intermedia con la probabilidad de descaje de < 0.5 m (ELOS). Esta probabilidad puede incrementar por el tiempo de exposición al no rellenarse oportunamente. Bajo esas dimensiones el TJ 658 del cuerpo Santa Rosa se encuentra estable con la probabilidad de descajes de 0.25m en las cajas por efecto del relajamiento a causa de las áreas abiertas.

El cálculo de Cut Off para el método de minado Taladros Largos (dilución 12 a 18% y recuperación 82 a 85%) a un ritmo de producción de 3,000 toneladas por día, generó un costo de operación de 25 a 41 US\$/t y con 7.1 a 8.1% de Zn.

Palabras clave: Optimización de explotación minera, métodos con taladros largos, Compañía Minera Raura, Tajo 658 NS - nivel 300.

ABSTRAC

The mining exploitation in the concession of the Mining Company Raura S.A., has been carried out from the time of the Colony, they began their exploitation with silver veins, at the end of the XIX century. Currently, mineral extraction from the mine comes mainly from two sectors. The first sector comprised of: Santa Rosa, Karol and Katy, Farallón and the second sector comprised by Hadas, Vanessa and Margot.

The deposit is of the contact metasomatism type (Skarn), composed by bodies and veins with polymetallic mineralization of Cu, Ag, Zn and Pb.

Its production is 2 850 tms/day, mineral coming from pits mined by Cut and Fill and the long hole method, and the bench and fill mining variant. The calculated average head grade for 2 019 is 2,45 Oz Ag,

The present study allowed the technical-economical evaluation of Backslash 658 NS, Level 300 of the Santa Rosa body and its application of the long hole mining method, for which the geomechanical-geotechnical evaluation was carried out. The implementation of the long hole mining method according to the geomechanical parameters allows and suggests recommended dimensions of 8 m wide, 45 m long and 19 m high of the pit.

The boxes (roof and floor) show intermediate instability with the probability of descent of < 0.5 m (ELOS). This probability can increase due to the time of exposure when the boxes are not filled in time. Below these dimensions, Backslash 658 of the Santa Rosa body is stable with a probability of 0.25 m in the boxes due to the effect of relaxation caused by the open areas.

The cut off calculation for the Long Drill mining method (dilution 12 to 18 % and recovery 82 to 85 %) at a production rate of 3,000 tons per day, generated an operating cost of 25 to 41 US\$/t and with 7.1 to 8.1 % of Zn.

Keywords: Mining optimization, long hole methods, Compañía Minera Raura, Pit 658 NS - level 300.

INTRODUCCION

Compañía Minera Raura, es una empresa minera peruana de mediana minería polimetálica con 60 años de trayectoria. Actualmente, se encuentra en un proceso de crecimiento y transformación, buscando consolidarse como una moderna empresa de operación de clase mundial. Adoptando un enfoque sostenible en la gestión de sus operaciones. Por lo que viene incrementando su producción con eficiencia y alta tecnología minera y aplicando los más altos estándares en seguridad, gestión medioambiental y desarrollo de talento.

Actualmente continúa desarrollando labores subterráneas en los sectores de Hadas, Santa Rosa, Karol, Vanessa, Brenda y Farallón; adicionalmente opera una Planta Concentradora con una capacidad instalada de 2,500 TMSD, la cual produce concentrados de cobre, plomo, plata y zinc, la extracción promedio de mineral de la mina es de 2,850 tms/día, proveniente de Tajeos minados mediante Corte y relleno ascendente (Breasting) y mediante taladros largos. La ley de cabeza promedio programada para el año 2019 es de 2.45 Oz Ag, 0.17% Cu, 1.78% Pb y 4.33% Zn.

El costo de Mina, es el más relevante en la estructura de costos de Raura, representa el 51% del total. Presentándose una gran oportunidad para optimizar los costos, poniendo en marcha estrategias e iniciativas claves en la Unidad. Reducción de costo de Mina, el impacto en las reservas sería de gran importancia para facilitar la aplicación de métodos masivos como son los taladros largos de bajo costo de explotación.

Los métodos de explotación siguen siendo los tradicionales, en la minería subterránea del Perú, pero se tiene hoy en día una clara tendencia enfocada en la seguridad, cuidado del medio ambiente y eficiencia en la productividad.

El presente proyecto enfocado en la reducción de costos de operación y un incremento de producción, con métodos de minado masivo. En este proceso de mejoras nos orientamos en la aplicación del método explotación por taladros largos por sub niveles, mejorando la recuperación y reduciendo la dilución con parámetros geomecánicos de detalle en cada estructura mineralizada.

El presente estudio nos permite tener una metodología sistemática, en la cual se analiza y se compara variables técnicas y económicas entre el método tradicional Cut and Fill y el método de Taladros Largos. Permitiendo la explotación de los tajeos con un diseño adecuado en función a los parámetros geomecánicos, adecuando la recuperación y reduciendo la dilución, lo cual permitirá mejorar la producción en el Tajo 658 NS, Nivel 300 de la Compañía Minera Raura S.A.

INDICE

Pág.

DEDICATORIA

RECONOCIMIENTO

RESUMEN

ABSTRAC

INTRODUCCION

INDICE

INDICE DE ILUSTRACIONES

INDICE DE TABLAS

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación.....	2
1.3. Formulación del problema	2
1.3.1. Problema principal	2
1.3.2. Problemas específicos	3
1.4. Formulación de objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo general	3
1.4.2. Objetivos específicos	3
1.5. Justificación de la investigación	3
1.6. Limitaciones de la investigación.....	4

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio.....	5
2.2. Bases teóricas - científicas.	7
2.3. Definición de términos básicos	18
2.4. Formulación de hipótesis	22
2.4.1. Hipótesis general	22
2.4.2. Hipótesis específicas	22
2.5. Identificación de variables	22
2.6. Definición operacional de variables e indicadores	23

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación	24
3.2. Métodos de investigación.....	24
3.3. Diseño de investigación	25
3.4. Población y muestra	25
3.5. Métodos de la investigación.....	26
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	26
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.	27
3.7. Tratamiento estadístico de datos.	27
3.8. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación	28
3.9. Orientación ética	28

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo	29
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados	36
4.3. Prueba de Hipótesis.....	61
4.4. Discusión de resultados.....	61

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ubicación y accesos a Mina Raura.....	8
Ilustración 2. Unidades Litoestratigráficas	13
Ilustración 3, Zonificación Geomecánica Tajo 658 NS – Nv. 300.	37
Ilustración 4. Análisis de estabilidad por el Método Gráfico de Estabilidad.	38
Ilustración 5. Estimación sobre la rotura y el cuadro de dimensionamiento.....	39
Ilustración 6. Vista longitudinal del Tajo 658 NS	40
Ilustración 8. Preparación de subniveles	40
Ilustración 7. Relleno del 1er panel	41
Ilustración 9. Sección transversal del TAJO 658 NS.	41
Ilustración 10. Distribución de Recursos.....	42
Ilustración 11. Curva de Leyes Extraída.	43
Ilustración 12.. Costo de mina.....	57
Ilustración 13. Sección transversal del Tajo 658 NS.....	59
Ilustración 14. Condición actual del Tajo 658, con factores de seguridad mayores a 1.5 en los accesos, indicando estabilidad.	59

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de los parámetros geomecánicos de diseño	38
Tabla 2. Reporte de Recursos Totales Raura.....	42
Tabla 3. Reporte de Recursos Medidos e Indicados.....	43
Tabla 4. Variables Geomecánicas de Mina Raura (S1 – S2).	44
Tabla 5. Variables Geomecánicas de Cuerpo Santa Rosa.....	44
Tabla 6. Métodos de Minado Recomendado de S1 – S2.....	45
Tabla 7. Métodos de Minado Recomendado.....	45
Tabla 8. Parámetros de Dilución y Recuperación por Método.	46
Tabla 9. Parámetros de Costos de Minado.	46
Tabla 10. Parámetros de Minado.....	47
Tabla 11. Costo por Método.....	47
Tabla 12. Resumen de Cut Off por Método de Minado.....	48
Tabla 13. Cut Off por Método de Minado.....	48
Tabla 14. PSP 2017	50
Tabla 15. PSP 2018.	50
Tabla 16. Reservas a Minar.....	51
Tabla 17. Dimensionamiento.....	52
Tabla 18. Distribución de Costo por Área.....	53
Tabla 19. Cut Off - NSR.....	54
Tabla 20. Costo de rotura de mineral.	55
Tabla 21. Costo de rotura de mineral.	56

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

La Compañía Minera Raura S.A., actualmente tiene problemas con las leyes de cabeza de Plomo y Zinc, acrecentándose estos por la caída de precios de los metales. Al incrementar el aporte de mineral en los diferentes Niveles de la mina, así mismo si se incrementan las leyes y los valores por tonelada de mineral, se podrá mantener una adecuada producción en la mina. Motivo por el cual necesita mejorar su producción, realizar el crecimiento de sus reservas y prolongar la vida de la mina.

Los costos unitarios del ciclo de minado en una operación minera son los más relevantes, es por esta razón que se buscan mecanismos para reducir costos. Por lo que, implementar métodos de explotación de mayor tonelaje permitirá el cumplimiento de los planes de producción.

La constante elección del método de minado en una operación minera de acuerdo a sus propiedades geológicas, geomecánicas y económicas en las diferentes

estructuras mineralizadas, permiten tener diferentes variables operacionales para generar programas de optimización y reducción de costos.

El implementar métodos de minado más eficientes en la recuperación y control de dilución como el de Taladros largos, permitirá incrementar el tonelaje de mineral a extraer y por ende la disminución de los costos operacionales.

Para determinar cuál es la influencia de las variables operativas en la productividad del método de minado implementado, es importante cuantificar variables de recuperación y dilución y así ir midiendo los diferentes niveles de rentabilidad económica.

1.2. Delimitación de la investigación

La presente investigación pretende generar variables operacionales de recuperación y dilución de mineral mediante el método de minado con taladros largos y así optimizar el ciclo de minado incrementando el tonelaje, lo cual en términos económicos genera mayor rentabilidad, controlando y disminuyendo el costo, mejorando la productividad en el área de operación mina.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema principal

¿Será posible optimizar el método de explotación con taladros largos en función al estudio geomecánico del macizo rocoso, para reducir la dilución e incrementar la producción en el Tajo 658 NS, Nivel 300 de la Compañía Minera Raura S.A.?

1.3.2. Problemas específicos

- a. ¿Cuáles son las propiedades geomecánicas del macizo rocoso para la aplicación de taladros largos en el Tajo 658 NS, Nivel 300 de la Compañía Minera Raura S.A.?
- b. ¿Qué parámetros geotécnicos se debe tener en cuenta para optimizar el método de explotación con taladros largos en el Tajo 658 NS, Nivel 300 de la Compañía Minera Raura S.A.?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Optimizar el método de explotación con taladros largos en función al estudio geomecánico del macizo rocoso, para reducir la dilución e incrementar la producción en el Tajo 658 NS, Nivel 300 de la Compañía Minera Raura S.A.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Determinar las propiedades geomecánicas del macizo de rocosa para la aplicación de taladros largos en el Tajo 658 NS, Nivel 300 de la Compañía Minera Raura S.A.
- b. Establecer los parámetros geotécnicos para optimizar el método de explotación con taladros largos en el Tajo 658 NS, Nivel 300 de la Compañía Minera Raura S.A.

1.5. Justificación de la investigación

El presente trabajo de Investigación se origina por la necesidad de optimizar un método de explotación en el Nivel 300, para reducir el alto porcentaje de dilución y por la necesidad de mejorar la producción con un adecuado método de minado.

En la actualidad la generación de programas de optimización y reducción de costos está relacionada directamente con la selección adecuada de los métodos de minado y garantiza la estabilidad económica de una empresa y permite que logre sus objetivos de lineamiento corporativo en base a condiciones de mejora continua.

La investigación proporcionará la medición de variables operacionales como la recuperación y dilución de los métodos de minado aplicados en la Unidad Minera Raura, el cual permitirá generar beneficios de como sustentar la inversión en proyectos tipo brownfield o greendfield.

Así mismo, la mejora de la productividad mediante la implementación del método de minado permitió cumplir con normas del sistema integrado de gestión de calidad, ambiental y seguridad, cumpliendo con las normas ISO 9001, ISO 14001 Y OHSAS 18001.

1.5.1. Importancia y alcances de la investigación

La presente investigación pretende generar variables operacionales de recuperación y dilución de mineral mediante el método de minado con taladros largos y así optimizar el ciclo de minado incrementando el tonelaje, lo cual en términos económicos genera mayor rentabilidad, controlando y disminuyendo el costo, mejorando la productividad en el área de operación mina.

1.6. Limitaciones de la investigación

En cuanto a limitaciones no se tuvo ya que la empresa minera nos proporcionó todas las facilidades para la elaboración del presente trabajo de investigación.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio

Como antecedentes se tienen los siguientes estudios realizados:

- **Rivera, E. y Carlos, I. (2016) tesis de pregrado que lleva como título “Ventajas Económicas de la Implementación del Método de Explotación Sublevel Stopping en Vetas Angostas frente al Método de Explotación Convencional de Corte y Relleno Ascendente en la Zona Codiciada de la Mina Morococcha”.**

El objetivo es conocer las ventajas económicas del método de explotación de Sublevel Stopping frente al método de explotación de corte y relleno ascendente convencional aplicado a vetas angostas en la mina Morococha.

Los resultados obtenidos fueron:

El costo de producción del método sublevel stopping en comparación al método de corte y relleno ascendente convencional se refleja una disminución del 30 %, o sea de 75.15 US\$/Ton a 57.61 US\$/Ton.

Al realizar el estudio de rentabilidad de ambos métodos, se observa que el método de sublevel stoping tiene un índice de 0.80, mientras que el método corte y relleno ascendente convencional tiene un índice de 0.38, por lo tanto hablamos que existe una diferencia de 0.47, haciendo que el método sublevel stoping sea más rentable. Evaluando los resultados anteriores se llega a la conclusión que el método sublevel stoping ofrece un mayor índice de rentabilidad y un bajo costo de operación en comparación al método corte y relleno ascendente convencional. Así mismo se logra identificar las operaciones unitarias con mayor porcentaje dentro del estudio del método en las cuales se puede analizar para así lograr reducir el costo de operación del método sublevel stoping, y de esta manera sea aún más rentable para la explotación.

- Villalta R. (2018) tesis de pregrado que lleva como título “Aplicación del método de explotación por taladros largos en veta Virginia de la Unidad San Cristobal de la Compañía Minera Volcan SAA”.

El objetivo El investigador tiene como objetivo determinar las características geomecánicas del macizo rocoso y la geometría del depósito mineral para la aplicación del método de explotación por taladros largos. Los resultados obtenidos son favorables para aplicar el método de explotación por taladros largos en veta Virginia de la compañía minera Volcan S.A.A., con RMR de la roca encajonante 47, y RMR de la mena 41, tipo de roca III de calidad media o regular evaluados en siete subniveles; con geometría del depósito mineral irregular con potencia promedio de la veta de 3,017 m con variaciones significativas, que tiende a incrementar la potencia a medida que se va profundizando.

2.2. Bases teóricas - científicas.

Durante el desarrollo de la presente Tesis haremos uso de una serie de información tanto bibliográficos, de campo, que darán evidencia sobre la presente investigación. Dentro de la información que haremos uso tenemos:

- Ubicación
- Accesibilidad
- Reseña Histórica
- Geología General
- Geología Regional
- Geología Estructural
- Mineralización
- Método de Explotación
- Voladura
- Estabilidad
- Geomecánica

2.2.1. UBICACIÓN

El yacimiento minero de Raura, se ubica en la cima de la Cordillera Occidental, políticamente entre los Departamentos de Huánuco (Provincia de Lauricocha) y Lima (Provincia de Oyón) a una altitud de 4 500 a 4 800 m. s. n. m. Coordenadas U.T.M. son:

- 8 845 500 Norte.
- 309 700 Este.



Ilustración 1. Ubicación y accesos a Mina Raura.

2.2.2. ACCESIBILIDAD

Raura, es accesible desde la ciudad de Lima por una carretera asfaltada y afirmada, cubriéndose una ruta de:

Lima-Huacho = 157 Km Asfaltado

Huacho – Sayán = 40 Km Asfaltada en buenas condiciones

Sayán – Churín = 60 Km Carretera afirmada

Churín – Oyón = 40 Km Afirmada

Oyón - Raura = 55 Km Carretera afirmada

El tiempo de viaje desde la ciudad de Lima es aproximadamente 10 horas.

2.2.3. RESEÑA HISTORICA

El yacimiento minero Raura tiene una larga trayectoria minera desde la Colonia, iniciaron su explotación con vetas de plata, a fines del siglo XIX. Actualmente, la extracción promedio de mineral de la mina viene principalmente de dos sectores. El primer sector compuesto por: Farallón, Santa Rosa, Karol y Katy, y el segundo sector compuesto por: Hadas, Vanessa y Margot. El yacimiento es del tipo metasomatismo de contacto (Skarn), compuesta por cuerpos y vetas con mineralización polimetálica de Cu, Ag, Zn y Pb.

La Unidad Minera Raura inició sus operaciones en 1960 mediante labores subterráneas para la producción de minerales (zinc, cobre, plomo y plata) a cargo de Cerro de Pasco Copper Corporation. Desde fines de los años 80 el 95% de acciones es de propiedad del Grupo Breca (Corporación BRECA, división MINERÍA). La Unidad Minera Raura entre los años 1990 operó dos tajos a cielo abierto Niño Perdido y Primavera, respectivamente.

Actualmente continúa desarrollando labores subterráneas en los sectores de Hadas, Santa Rosa, Karol, Vanessa, Brenda y Farallón; adicionalmente opera una Planta Concentradora con una capacidad instalada de 2,500 TMSD, la cual produce concentrados de cobre, plomo, plata y zinc. En 1970 la CERRO DE PASCO CORPORATION Vende su parte al grupo MARMON. Desde 1987 Pertenece a los actuales dueños.

2.2.4. GEOLOGIA GENERAL

Litología:

- Estratigrafía

Las rocas sedimentarias que afloran en los alrededores de la Mina Raura pertenecen a las secuencias estratigráficas del Cretáceo. Las más antiguas se exponen al Sur Oeste y Oeste, pertenecen al Grupo Goyllarizquizga, representadas por las formaciones Chimú y Carhuáz. En contacto por sobre escurrimiento se presentan la franja calcárea de las formaciones Pariahuanca, Chulec, Pariatambo, Jumasha y Celendín inferior con potencia total de 1,200 mts. La formación Jumasha ocupa la mayor área aflorante y tiene un espesor de 800 mts. Es la más importante por que alberga los yacimientos minerales.

- **Formación Chimú**

De edad Neocomiano a Valanginiano inferior. Son cuarcitas blancas y grises blanquecinas de grano fino a medio, presentándose en capas delgadas intercaladas con lutitas grises o negras y lechos de carbón, regionalmente son importantes por ser parte de la Cuenca carbonífera de Oyón.

- **Formación Carhuáz**

De edad Valanginiano superior a Aptiano. Es una fase continental compuesta de areniscas, lutitas y cuarcitas que sobre yacen a la formación Chimú. Están en contacto con las calizas Jumasha por sobre escurrimiento.

- **Formación Jumasha**

Debajo de las rocas anteriormente descritas en contacto por sobre escurrimiento, que tiene el rumbo regional del plegamiento andino N 30° W, son calizas en capas medianas a gruesas de color gris que cambian a un gris claro por intemperismo, su edad es Albiano superior a Turoniano.

En el Distrito minero de Raura, estas calizas han sido instruidas por un stock de composición granodiorítica por lo cual han generado halos con diferentes grados de alteración metamórfica que se manifiestan en el contacto con una aureola de silicatos verde amarillentos de grano muy fino (hornfels), luego un halo de mármol. Las calizas de esta formación son receptivos importantes en la formación de los cuerpos de skarn con emplazamientos de plomo, zinc y cobre.

- **Rocas Ígneas**

Se considera tres fases de actividad ígnea en un lapso geológico comprendido entre 8 a 11 millones de años. (H. Candiotti 1,982). La primera fase: está representada por una fase volcánica explosiva de andesitas, dacitas y riodacitas y tobas riodacíticas del tipo explosivo. En contacto con las calizas Jumasha tiene fragmentos asimilados de esta última, en el área de Gretty-Brunilda existen reemplazamientos importantes de minerales económicos de Plomo-Zinc que han dado lugar a la formación de cuerpos mineralizados de importancia – cuerpo Gretty.

Una segunda fase: lo constituye la intrusión de granodiorita que viene a ser la roca intrusiva más antigua del área con una edad radiométrica

de 11 millones de años. En sus contactos con la caliza se ha producido un halo de alteración metamórfico (hornfels), seguido de mármol. En superficie los afloramientos presentan superficies limonitizadas con tonalidades ocre-amarillentos por efecto del intemperismo y procesos de oxidación-lixiviación.

Finalmente, la última fase lo representa la intrusión del pórfido cuarcífero-monzonítico de una edad radiométrica de 7 millones de años que originó también la formación de columnas de brecha y diques asociados al sistema de fallas Este-Oeste. Esta última fase está relacionada a la formación de cuerpos de skarn con reemplazamientos de zinc – plomo y vetas.

LEYENDA

EDAD		UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS				ROCAS INTRUSIVAS
		SECTOR OCCIDENTAL		SECTOR ORIENTAL		
CUATERNARIO		Depósitos aluviales	Q-al	Q-al	Depósitos aluviales	
		Depósitos morrénicos	Q-mo	Q-mo	Depósitos morrénicos	
TERCIARIO	Superior	DISCORDANCIA		T-vh	Volcánico huarón	
	Inferior	Volcánico callpuy	Kti-va	Kti-va	Volcánico callpuy	Hipoabisales KTI-ih
CRETÁCEO	Superior	DISCORDANCIA		Kti-ca	Capas rojas de Casapalca	Perfidicos KTI-p
		Celendín	Ks-c	Ks-c	Celendín	Tonalíticos KTI-T
	Jumasha	ks-j	Ks-j	Jumasha		
	Inferior	Pariatambo	Ki-pt	Ki-pt	Pariatambo	
		Chulec	Ki-ch	Ki-oh	Chulec	
		Pariahuanca	Ki-ph	Ki-g	Goyllarisquizga	
		Farrat	Ki-f			
		Carhuaz	Ki-ca			
		Santa	Ki-sa			
	Chimú	Ki-chim				
Dyón	Ki-o					

Ilustración 2. Unidades Litoestratigráficas

2.2.5. GEOLOGÍA REGIONAL

Las rocas sedimentarias que afloran en los alrededores de la Mina Raura pertenecen a las secuencias estratigráficas del Cretáceo. Las más antiguas se exponen al Sur Oeste y Oeste, pertenecen al Grupo Goyllarisquizga, representadas por las formaciones Chimú y Carhuáz. En contacto por sobre escurrimiento se presentan la franja calcárea de las formaciones Pariahuanca, Chulec, Pariatambo, Jumasha y Celendín inferior con potencia total de 1 200 m. La formación Jumasha ocupa la mayor área aflorante y tiene un espesor de 800 m. Es la más importante por que alberga los yacimientos minerales.

- **Formación Chimú**

De edad Neocomiano a Valanginiano inferior. Son cuarcitas blancas y grises blanquecinas de grano fino a medio, presentándose en capas delgadas intercaladas con lutitas grises o negras y lechos de carbón, regionalmente son importantes por ser parte de la Cuenca carbonífera de Oyón.

- **Formación Carhuáz**

De edad Valanginiano superior a Aptiano. Es una fase continental compuesta de areniscas, lutitas y cuarcitas que sobre yacen a la formación Chimú. Están en contacto con las calizas Jumasha por sobre escurrimiento.

- **Formación Jumasha**

Están debajo de las rocas anteriormente descritas en contacto por sobre escurrimiento, que tiene el rumbo regional del plegamiento andino N 30° W, son calizas en capas medianas a gruesas de color gris que cambian a un gris claro por intemperismo, su edad es Albiano superior a Turoniano.

En el Distrito minero de Raura, estas calizas han sido instruidas por un stock de composición granodiorítica por lo cual han generado halos con diferentes grados de alteración metamórfica que se manifiestan en el contacto con una aureola de silicatos verde amarillentos de grano muy fino (hornfels) luego un halo de mármol. Las calizas de esta formación son receptivos importantes en la formación de los cuerpos de skarn con emplazamientos de plomo, zinc y cobre.

- **Rocas ígneas**

Se considera tres fases de actividad ígnea en un lapso geológico comprendido entre 8 a 11 millones de años. (H. Candiotti 1982). La primera fase: está representada por una fase volcánica explosiva de andesitas, dacitas y riódacitas y tobas riódacíticas del tipo explosivo. En contacto con las calizas Jumasha tiene fragmentos asimilados de esta última, en el área de Gretty-Brunilda existen reemplazamientos importantes de minerales económicos de Plomo-Zinc que han dado lugar a la formación de cuerpos mineralizados de importancia - cuerpo Gretty

Una segunda fase: lo constituye la intrusión de granodiorita que viene a ser la roca intrusiva más antigua del área con una edad radiométrica de 11 millones de años. En sus contactos con la caliza se ha producido un halo de alteración metamórfico (hornfels), seguido de mármol. En superficie los afloramientos presentan superficies limonitizados con tonalidades ocre-amarillentos por efecto del intemperismo y procesos de oxidación - lixiviación.

Finalmente, la última fase lo representa la intrusión del pórfido cuarcífero-monzonítico de una edad radiométrica de 7 millones de años que originó también la formación de columnas de brecha y diques asociados al sistema de fallas Este - Oeste. Esta última fase está relacionada a la formación de cuerpos de skarn con reemplazamientos de zinc - plomo y vetas.

2.2.6. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Teniendo como patrón estructural los Andes Centrales del Perú, el anticlinal Santa Ana y el sinclinal Caballococha son los plegamientos más importantes del área con rumbo N 20°-30° W. El sobre escurrimiento al Suroeste pone en contacto areniscas y cuarcitas del grupo Goyllarisquizga con las calizas Jumasha.

Debido a fuerzas compresivas E-W se han producido varios sistemas de fracturas N 65° - 80° W (Vetas Gianina, Abundancia, Roxana, Torre de Cristal, Flor de Loto). Fallas locales en bloques es un patrón estructural importante en Catuva.

Últimas etapas de actividad tectónica por acción de estas mismas fuerzas, originan fallas regionales que atraviesan el Distrito Minero de Raura, representando una reactivación del sistema NE, desplazando a los sistemas NW y N.

2.2.7. GEOLOGIA ECONOMICA

El período de mineralización en el Distrito Minero de Raura, se produjo probablemente entre los 8 a 10 millones de años con formación de minerales de Cobre, Zinc, Plomo y Plata. La mineralización se presenta principalmente como relleno de fracturas preexistentes (vetas), reemplazamientos metasomáticos de contacto (bolsonadas en Skarn) y depósitos tipo Stock Work.

- **Mineralización en Vetas**

Dos sistemas de fracturas son los que contienen toda la mineralización en vetas en Raura. El sistema más importante tiene

rumbo N 60° W a E-W. El otro sistema tiene rumbo N 65° -80° E. Existe un zoneamiento marcado en la mineralización de Raura, al norte las vetas tienen minerales de Cobre y Plata, (freibergita) al sur se incrementa los minerales con contenido de plomo y zinc (galena y esfalerita).

- **Mineralización en Cuerpos**

En la zona de contacto metasomático (exo - skarn) de las calizas Jumasha y los intrusivos pórfidos cuarcíferos, se presentan cuerpos o bolsonadas con minerales de Zinc, Plomo y Plata.

El cuerpo de skarn con reemplazamiento de zinc - plomo más importante en el distrito minero de Raura tiene rumbo N 30° W y buzamiento de 70° W. El halo de alteración metasomático (exo-skarn) tiene una potencia de 50 - 60 m. y una longitud de 900 - 1,000 m., a lo largo de esta alteración se emplazan los cuerpos de Sur a Norte Primavera, Betsheva, Catuva y Niño Perdido, la mineralización se presenta con reemplazamiento de esfalerita, marmatita, galena, calcopirita y diseminación de pirita. Hacia la caja techo en contacto con el intrusivo se forman cuerpos de pirita sacaroidea.

La mineralización en este cuerpo presenta un zoneamiento vertical en la parte alta se observa mayor contenido de valores zinc, plomo, plata y en el centro (nivel 490) se observa mayores valores de zinc disminuyendo los valores de plomo. Y en profundidad (nivel 380) se incrementa los valores de cobre.

- **Mineralización Tipo Stock Work**

Son estructuras que encierran mineralización como relleno de fracturas menores irregulares, con diseminación y ligeros reemplazamientos masivos; como por ejemplo el cuerpo Gayco que se emplazan en rocas metamórficas (hornfels de diópsida).

2.3. Definición de términos básicos

Taladros: El propósito de la perforación es abrir en la roca huecos cilíndricos destinados a alojar el explosivo y sus accesorios. La perforación se realiza con equipos que combinan los efectos de percusión y rotación, con lo que se produce la trituración de la roca.

Desviación de taladro: Taladro ejecutado que esta fuera del punto inicial planificado, la desviación es vista desde un punto de vista tridimensional pudiendo distorsionar el burden y el espaciamiento del diseño original. Cebo: Combinación de una carga explosiva y un detonador que constituye una unidad.

Banco o cara: Es la parte de cualquier mina subterránea o a cielo abierto donde se va a efectuar trabajos de excavación.

Broca: Extremidad cortante de un taladro, generalmente hecha de un material muy duro, como diamante industrial o carburo de tungsteno.

Burden: “Distancia más corta al punto de alivio al momento que un taladro detona, considerando al alivio como la cara original del banco o bien como una cara interna creada por una hilera de taladros que han sido previamente disparados” (Konya). Es la distancia entre un taladro cargado con explosivos a la cara libre de una malla de perforación. El burden depende básicamente del

diámetro de perforación, de las propiedades de la roca y las características del explosivo a emplear.

Cancamos: Estacas de fierro, acero o madera, dentro de un taladro de 2 pies que se anclan con la finalidad de servir de punto de anclaje, apoyo o sujeción.

Chimenea: Abertura vertical o inclinada construida por el sistema convencional y/o por el mecanizado.

Dinamita: Es un explosivo sensible al fulminante que contiene un compuesto sensibilizador como medio principal para desarrollar energía. En la mayor parte de dinamitas el sensibilizador es la nitroglicerina y los nitratos son aditivos portadores de oxígeno.

Discontinuidades: Son los planos de origen mecánico o sedimentario que separan los bloques de la matriz rocosa.

Emulsión explosiva: Son del tipo inversado “agua en aceite”, componiéndose de dos fases líquidas, una continua constituida básicamente por una mezcla de hidrocarburos y otra dispersa constituida por micro gotas de una solución acuosa de sales oxidantes, con el nitrato de amonio como principal componente.

Encostillado de madera: Entablado de la parte lateral de una cimbra con la finalidad de controlar el desplome de la roca de las paredes de una labor

Espaciamiento: Es la distancia entre taladros cargados con explosivos de una misma fila o de una misma área de influencia en una malla de perforación.

Explosivos: Son compuestos químicos susceptibles de descomposición muy rápida que generan instantáneamente gran volumen de gases a altas temperaturas y presión ocasionando efectos destructivos.

Explotación: Desarrollo de las operaciones mineras en sí, de un yacimiento dado.

Fulminante común: Es una cápsula cilíndrica de aluminio cerrada en un extremo, en cuyo interior lleva una determinada cantidad de explosivo primario muy sensible a la chispa de la mecha de seguridad y otro, secundario, de alto poder explosivo.

Gases: Fluidos sin forma emitidos por los equipos diesel, explosivos y fuentes naturales, que ocupan cualquier espacio que esté disponible para ellos.

Geomecánica: Se ocupa del estudio teórico y práctico de las propiedades y comportamientos mecánicos de los materiales rocosos. Básicamente este comportamiento geomecánico depende de los siguientes factores: Resistencia de la roca, grado de fracturación del macizo rocoso y la resistencia de las discontinuidades.

Grado de ocurrencia: Es la probabilidad de que pueda ocurrir un evento en particular, basándose en la frecuencia histórica.

Labores permanentes: Son aquellas labores mineras que serán de larga duración o duración permanente durante la vida de la mina, y en las que se requieren aplicar el sostenimiento adecuado que garantice un alto factor de seguridad, pues en estas labores se tendrá un tránsito constantemente de personas y equipos y la construcción de diversas instalaciones.

Labores temporales: Son labores que requieren un sostenimiento ocasional y menor que en las labores permanentes, pues estas labores serán rellenadas luego de ser explotadas.

Macizo rocoso: Es el conjunto de los bloques de matriz rocosa y de las discontinuidades.

Marchavantes: Pueden ser tablas o rieles de 3 metros de longitud, con un extremo en punta, que sirve para controlar los derrumbes del techo de una labor en avance, se usa antes de colocar el sostenimiento.

Matriz rocosa: Es el material rocoso exento de discontinuidades o bloques de roca intacta.

Mena: Se denomina así a toda acumulación de mineral con contenido valioso recuperable por algún proceso metalúrgico.

Perfil de acero: Forma o figura del corte en sección transversal de una viga de acero. Entre las usadas en la mina Rosaura tenemos el perfil “H” y omega.

Pilar: Bloque sólido de mineral o de roca dejado en un lugar para sostener la estructura del pozo, de las paredes o del techo de la mina.

Proceso de voladura: Es un conjunto de tareas que comprende: el traslado del explosivo y accesorios de los polvorines al lugar del disparo, las disposiciones preventivas antes del carguío, el carguío de los explosivos, la conexión de los taladros cargados, la verificación de las medidas de seguridad, la autorización y el encendido del disparo.

Roca: Cualquier combinación natural de minerales, las rocas forman parte de la corteza terrestre.

Shotcrete: Es hormigón (concreto) proyectado, se utiliza principalmente para fines de soporte de rocas y suelos, y es considerada una de las tecnologías más adaptables de fortificación en construcción de túneles y minería.

Smooth blasting: Es un tipo de voladura de contorno o voladura suave, en el caso de túneles también se le conoce como voladura periférica.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Optimizar el método de explotación con taladros largos en función al estudio geomecánico del macizo rocoso, para reducir la dilución e incrementar la producción en el Tajo 658 NS, Nivel 300 de la Compañía Minera Raura S.A.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a. Determinar las propiedades geomecánicas del macizo de rocosa para la aplicación de taladros largos en el Tajo 658 NS, Nivel 300 de la Compañía Minera Raura S.A.
- b. Establecer los parámetros geotécnicos para optimizar el método de explotación con taladros largos en el Tajo 658 NS, Nivel 300 de la Compañía Minera Raura S.A.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variables para la hipótesis general

Variable Independiente:

Optimizar el método de explotación

Variable Dependiente:

Taladros largos

2.5.2. Variables para las hipótesis específicas

Para la hipótesis a.

Propiedades Geomecánicas

Para la hipótesis b.

Parámetros Geotécnicos

2.5.3. Variable interviniente

Proceso de producción.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
Optimizar el método de explotación.	Plan de minado Parámetros geotécnicos	<ul style="list-style-type: none">• Mapeos geomecánicos• Determinación de RMR
Propiedades Geomecánicas.	Parámetros geotécnicos Control de estabilidad.	<ul style="list-style-type: none">• Mapeos geomecánicos• Determinación de RMR
Proceso de producción.	Geomecánica y Geotecnia. Métodos de explotación.	<ul style="list-style-type: none">• Mapeos geomecánicos• Determinación de los parámetros geomecánicos de la mina.

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La investigación está integrada por un conjunto de actividades metódicas y técnicas que se realizan para obtener la información y datos necesarios sobre el tema a investigar y el problema a resolver.

La investigación experimental se presenta mediante la manipulación de una variable no comprobada, en condiciones controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular.

El experimento es una situación provocada para introducir determinadas variables de estudio, que han de ser manipuladas para controlar el aumento o disminución de esas variables y su efecto en las conductas observadas.

3.2. Métodos de investigación

Percepción directa del objeto de investigación con un objetivo consiente:

- Objetividad.
- Validez.

- Confiabilidad.

Para el presente trabajo de investigación, se puso en consideración los siguientes métodos de investigación:

- Método de Observación
- Método inductivo
- Método deductivo
- Método de análisis
- Método de síntesis

Lo cual nos permitió encontrar mayor información y dar solución a problemas a través de ellos.

3.3. Diseño de investigación

El diseño es Descriptivo, porque requiere e interpreta lo que es, es decir, está relacionada a condiciones o conexiones existentes, efectos que se sienten o tendencias que se relacionan.

Además, porque busca identificar probables relaciones de influencia entre variables medidas, con la finalidad de observar la dirección o grado en que se relacionan. Porque determinan la relación causa – efecto de una variable, una categoría en un momento específico.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población pertenece a la Compañía Minera Raura S.A., en la zona del Tajo 658 NS, Nivel 300, en la que se tienen labores de exploración, desarrollo, preparación y producción

3.4.2. Muestra

Para esta investigación se tomó como muestra el Tajo 658 NS, Nivel 300, perteneciente a la Compañía Minera Raura; ya que es el lugar en el cual se llevó a cabo toda la investigación.

3.5. Métodos de la investigación.

Percepción directa del objeto de investigación con un objetivo consiente:

- Objetividad.
- Validez.
- Confiabilidad.

Para el presente trabajo de investigación, se puso en consideración los siguientes métodos de investigación:

- Método de Observación
- Método inductivo
- Método deductivo
- Método de análisis
- Método de síntesis

Lo cual nos permitió encontrar mayor información y dar solución a problemas a través de ellos.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Técnicas

Las principales técnicas utilizadas en la investigación son:

- Entrevistas y Encuestas
- Análisis Documental
- Observación

3.5.2. Instrumentos

Con la finalidad de tener alcances referentes a la investigación se optó por la revisión de fuentes bibliográficas referidas al tema de investigación (libros, informes de tesis, información proporcionada por la empresa, revistas, publicaciones, boletines del IIMP, antecedentes de mina Raura, etc.). Así mismo se hicieron las observaciones necesarias por parte del responsable del proyecto, concernientes al tema de investigación y finalmente se realizarán los balances con otros resultados.

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

- Recolección de datos, manuales, copias, planos de ubicación, localización de la zona, planos topográficos, planos geológicos del yacimiento en estudio.

3.7. Tratamiento estadístico de datos.

Con respecto al tratamiento estadístico de datos, detallo a continuación, al grupo involucrado, así como también materiales utilizados y el financiamiento otorgado por la empresa.

- 01 persona encargada de la investigación.
- 01 asesor
- Participación del personal que labora en el lugar que se realiza la investigación, así como funcionarios, Superintendente de Mina, Jefe de Servicios Mina, Jefes de Guardia y demás personas que de una u otra manera laboran en el área de la investigación.

a. Materiales.

Fotocopias de documentos, papel de trabajo, mapeador, CDs, computadora, impresora.

b. Presupuesto y Financiamiento.

La presente tesis fue autofinanciada, contando con un presupuesto y el apoyo técnico de la COMPAÑÍA MINERA RAURA S.A.

3.8. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

- Observación: Que consistirá en una percepción atenta y planificada de las diferentes actitudes que presentan los trabajadores mineros.
- Fichas de registro. Se utiliza para registrar la información de observaciones efectuadas.
- Análisis Documental: Consistirá en la revisión de los registros de accidentes e índices de seguridad.
- Cuestionarios: Consistirá en buscar la opinión de los trabajadores con respecto al sistema aplicado.
- Discusión en talleres para esclarecer los problemas presentados. Capacitaciones realizadas a los trabajadores.

3.9. Orientación ética

En Raura somos conscientes de la importancia de realizar una gestión social responsable y respetuosa con las comunidades de nuestra área de influencia. Por este motivo; reconocemos su cultura, única en cada una de ellas.

Se efectuar el relacionamiento con las comunidades situadas en la zona de influencia de la mina, absolviendo sus dudas, quejas o inquietudes, se contribuye en el relacionamiento político de la empresa con las autoridades locales y regionales, se coordina y ejecuta campañas de gestión social, a nivel educativo, nutrición.

Así mismo, se coordina y se implementa proyectos de desarrollo económico - social

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Condiciones operativas de explotación

La explotación en la mina Raura se efectúa mediante los siguientes métodos:

- Corte y relleno ascendente mecanizado: 60%
- Corte y relleno ascendente convencional: 24%
- Taladros Largos: 16%

Se utiliza el relleno hidráulico y relleno así mismo se emplean los métodos de corte y relleno ascendente convencional y el mecanizado. La mina produce actualmente 2000 TM /día, en dos turnos de 10 horas cada uno.

4.1.2. Corte y relleno ascendente convencional

Descripción del método

Se emplea en yacimientos con las siguientes características:

- Forma: Tabular

- Potencia: 2.5 m
- Buzamiento: 70°
- Altura litostática: 140 m - 200 m

Se aplica en yacimientos que presentan una caja techo regular y competente. Este método permite la disposición del material estéril proveniente de la exploración y desarrollo de la mina; así mismo previene subsidencias del terreno superficial al rellenar los vacíos creados por la rotura de mineral.

El inicio de la explotación se realiza a partir del subnivel de arranque, dejando un puente de 3 m, sobre la galería principal como protección de esta última. Se realiza una cámara central que servirá como cara libre para realizar la voladura de los taladros. Se realizan cortes horizontales empleando como sostenimiento, pernos del tipo split set de forma ocasional o sistemática dependiendo de la calidad del macizo rocoso y en casos en que las cajas se presenten inestables, se procede a la instalación de puntales de seguridad de 4 pulgadas de diámetro como mínimo.

Después de la voladura de los taladros, se realiza la limpieza del mineral roto con la ayuda de un rastillo y una winche eléctrico de 20 HP. Seguidamente, se preparan patillas en ambas cajas para colocar los puntales que permitirán construir el tapón con tablas de 2 pulg x 6 pulg x 10 pies (en ambos extremos del Tajo) para que contengan el material detrítico que se introduce para cubrir el vacío creado y que posteriormente servirá como una nueva plataforma de trabajo. Se dejan pilares de 3 m x 5 m, adyacente a las chimeneas principales.

La perforación se realiza en el sentido del rumbo y en forma vertical conforme el buzamiento de la veta. Se emplean maquinas Jack Leg marca Canun 350 B, empleando un juego de barrenos de 4, 6 y 8 pies de longitud y diámetro de 39 mm.

En la voladura, se emplean como agente de voladura anfo y como iniciador dinamitas semigelatinas marca Semexa con potencia relativas de 65%.

Parámetros del método

- Productividad del Tajo: 12 t/Hombre-g/día.
- Consumo de explosivos : 0.60 kg/t
- Factor de perforación: 0.20 t/pp.
- Labores preparatorias : 8m/1000 t extraídas
- Producción de labores preparatorias : 5 %
- Dilución : 15%
- Recuperación de las reservas geológicas: 88%
- Mineral roto por disparo : 501 TM
- Duración promedio del block : 10-12 meses

4.1.3. Corte y relleno ascendente mecanizado

Descripción del método

Se emplea en yacimientos con las siguientes características:

- Forma : Tabular
- Potencia : 2.5 m
- Buzamiento : 70°
- Altura litostática : 140 m - 200 m

Este método se aplica en una caja techo que presente una competencia regular a buena y permite la disposición del material estéril proveniente de la exploración y desarrollo de la mina.

El inicio de la explotación se realiza a partir del subnivel de arranque, dejando un puente de 3 m, sobre la galería principal como protección de esta última.

Luego se corre la rampa positiva que permite seguir accediendo al Tajo conforme se va subiendo con el proceso de rotura.

Se realizan cortes horizontales empleando como sostenimiento, pernos del tipo Split set de forma ocasional o sistemática dependiendo de la calidad del macizo rocoso.

Si las cajas se presentan muy inestables, se instalan puntales de seguridad con plantillas.

Después de la voladura de los taladros, se realiza la limpieza del mineral roto con un microscopio eléctrico de 0.7 yd³. Seguidamente, se preparan patillas en ambas cajas para colocar los puntales que permitirán construir el tapón con tablas de 2 pulg x 6 pulg x 10 pies (en ambos extremos del Tajo) para que contengan el material detrítico que se introduce para cubrir el vacío creado y que posteriormente servirá como una nueva plataforma de trabajo. Se dejan pilares de 3 m x 5 m, adyacente a las chimeneas principales.

Se cuenta con una pareja (maestro y ayudante) la cual es encargada de la perforación, voladura y sostenimiento en la rampa y en el Tajo.

La perforación se realiza en el sentido del rumbo y en forma vertical conforme el buzamiento de la veta. Se emplean maquinas Jack Leg marca Canun 350 B, empleando un juego de barrenos de 4, 6 y 8 pies de longitud y diámetro de 39 mm.

En la voladura, se emplean como agente de voladura anfo y como iniciador dinamitas semigelatinas marca Semexa con potencia relativas de 65%.

Parámetros del método

- Productividad en Tajos mecanizados: 13.2 t/hombre-g/día
- Factor de potencia del explosivo: 0.35 Kg/t
- Factor de perforación: 0.25 t/pie perforado
- Labores preparatorias: 12m/1000t
- Productividad de labores preparatorias: 10%
- Dilución: 15%
- Recuperación de reservas geológicas: 90%
- Mineral roto por disparo: 120 t

4.1.4. Taladros largos

Este método se emplea en yacimientos de tipo “cuerpos”. La variante más empleada es la de hundimiento de subniveles con taladros largos. Las labores de preparación constan de dos subniveles de preparación sobre estructura con puentes que pueden variar de 10 a 12 metros de altura y una chimenea slot que sirve para la cara libre de explotación y de ventilación de los subniveles de preparación. Las perforaciones se realizan con equipos jumbos, estas perforaciones pueden ser negativas, positivas o en

abanico. La voladura se desarrolla en retirada como y la limpieza con scoops diesel a control remoto.

Los trabajos de preparación consisten en la construcción de un nivel de extracción paralelo a la estructura mineralizada (Galería), generalmente de 20 a 25 m de distancia de la estructura (dependiendo del estudio Geomecánico), a partir de este se construyen cortadas o ventanas hacia la estructura que permiten el acceso a la veta o cuerpo mineralizado espaciadas de hastial a hastial 25 m y en cada ventana se construye un refugio a 8 metros de la zona mineralizada (refugio para el operador del scoop diesel a control remoto).

Principios

Los taladros Largos es un método en el cual se excava el mineral por tajadas verticales dejando el caserón vacío, por lo general de grandes dimensiones, particularmente en el sentido vertical.

El mineral arrancado se recolecta en embudos o zanjas emplazadas en la base del caserón, desde donde se extrae según diferentes modalidades.

La expresión “sublevel” hace referencia a las galerías o subniveles a partir de los cuales se realiza la operación de arranque del mineral.

Desarrollos

Un nivel base o nivel de producción, consiste en una galería de transporte y estocadas de carguío que permiten habilitar los puntos de extracción.

Embudos o zanjas recolectoras de mineral. Cuando se trata de una zanja continua a lo largo de la base del caserón – modalidad preferida en la

actualidad – se requiere el desarrollo previo de una galería a partir de la cual se excava la zanja.

Galerías o subniveles de perforación, dispuestos en altura según diversas configuraciones conforme a la geometría del cuerpo mineralizado.

Una chimenea o una rampa de acceso a los subniveles de perforación, emplazada en el límite posterior del caserón.

Una chimenea a partir de la cual se excava el corte inicial o cámara de compensación (slot) que sirve de cara libre para las primeras tronaduras de producción.

Arranque

En la versión convencional se perforan tiros radiales (abanicos) a partir de los subniveles dispuestos para esos fines. Se trata de tiros largos (hasta unos 30 m) de 2 a 3 pulgadas de diámetro, perforados de preferencia con jumbos radiales electro-hidráulicos y barras de extensión.

En la versión LBH (long blast hole) se perforan tiros de gran diámetro (4 ½ a 6 ½ pulgadas), en lo posible paralelos y de hasta unos 80 m de longitud. Se utiliza equipo DTH.

Las operaciones de perforación y tronadura se pueden manejar en este caso en forma continua e independiente. Se puede barrenar con anticipación un gran número de abanicos, los que posteriormente se van quemando según los requerimientos del programa de producción.

Manejo del mineral

En su modalidad más antigua el mineral arrancado se cargaba directamente a carros a través de buzones dispuestos en la base del

caserón. La presencia de bolones – frecuente en este método – es un problema complicado, dado que no es posible reducir de tamaño en los buzones. Era necesario instalar estaciones de control (parrillas) antes de los buzones.

También es posible la utilización de scapers para extraer el mineral, y luego arrastrarlo y cargarlo a carros de ferrocarril. En este caso, el manejo del material grueso o de sobretamaño es mucho más simple.

Hoy en día se utilizan preferentemente equipos LHD para la extracción, carguío y transporte del mineral hacia estaciones de traspaso, donde es cargado a carros o camiones para su transporte final a superficie.

Ventilación

La utilización generalizada hoy en día de equipos cargadores diesel (LHD) para el manejo del mineral, exige disponer de una adecuada ventilación del Nivel de Producción.

Para tal propósito, se utilizan las galerías de acceso o de cabecera ubicadas en los límites del caserón: el aire es inyectado por una de estas galerías y luego de recorrer el nivel es extraído por la otra.

Los subniveles de perforación se ventilan desviando parte del flujo de aire hacia las chimeneas o rampas de acceso a dichos subniveles.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Taladros largos – tajo 658 ns, nivel 300.

Parámetros Geomecánicos:

Los índices geomecánicos en la zona de estudio varían: En la zona encajonante a la zona mineralizada presenta una roca de tipo IIIA con un

RMR de 53 a 55, según la clasificación de Barton corresponde un Q de 2.72 a 3.40 y un GSI de MF/R (muy fracturada regular). La zona

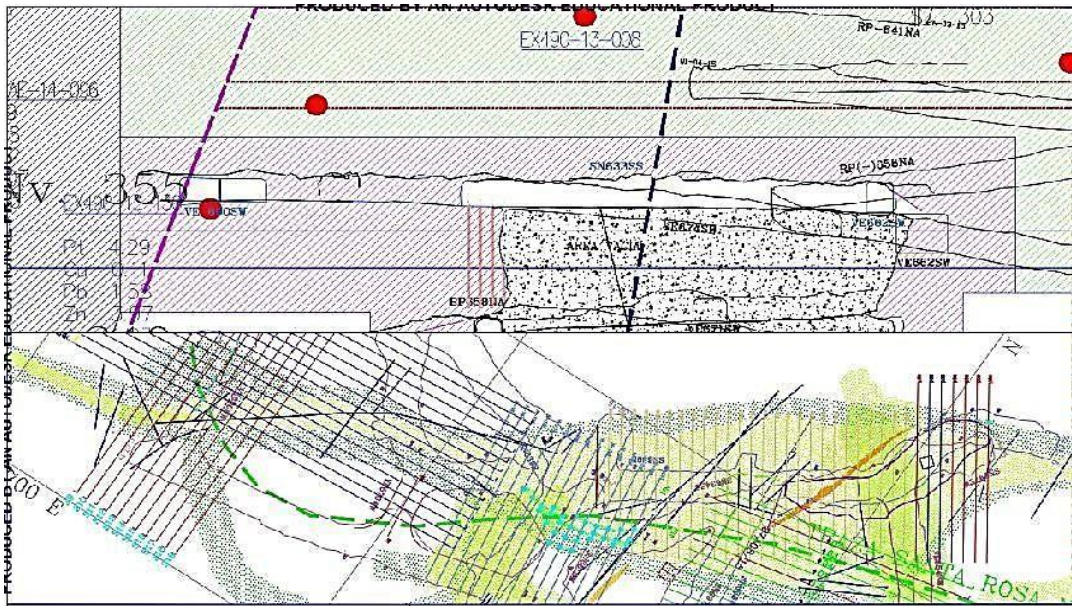


Ilustración 3, Zonificación Geomecánica Tajo 658 NS – Nv. 300.

Mineralizada presenta una calidad de roca, según Bienawski RMR 41 a 45, con un Índice Q de 0.7165 a 1.1175 y un GSI de MF/R (muy fracturado regular). En la fig. 17 muestra la zonificación geomecánica.

Análisis de estabilidad de aberturas por taladros largos: Para el análisis de la geometría de la excavación se considera la metodología de Mathews (1981) quien incorpora una relación entre la estabilidad del macizo rocoso y el tamaño/forma de la excavación expuesta.

El procedimiento para dimensionar los tajeos aplicando el método gráfico de estabilidad se fundamenta en el cálculo de los siguientes parámetros:

Número de estabilidad (N').

Radio hidráulico (RH).

Tabla 1. Resumen de los parámetros geomecánicos de diseño

		Q'	A	B	C	N	RH
TAJO 658 NS Nv. 300	CAJA TECHO/PISO	8.25	0.35	0.8	6.45	14.8	6.9
	CORONA	8.25	0.17	0.94	3.71	4.8	4.5
	PARED FRONTAL/ TRASERA	8.25	0.17	0.91	6.4	8	5.5

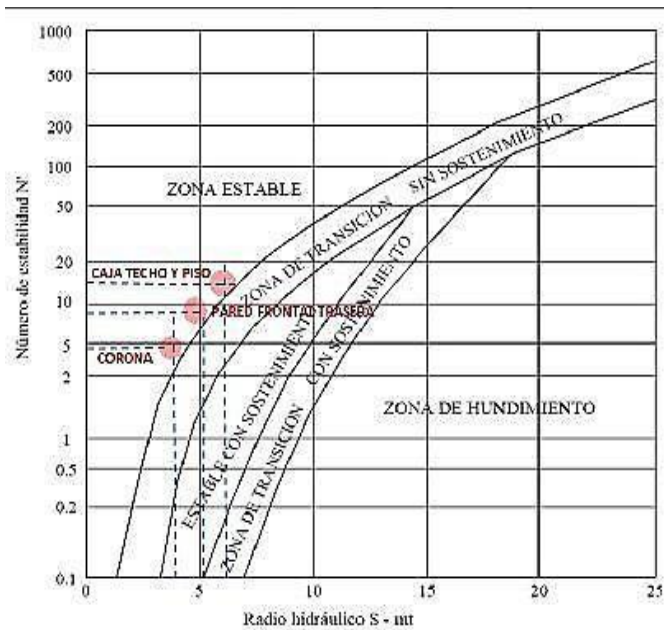
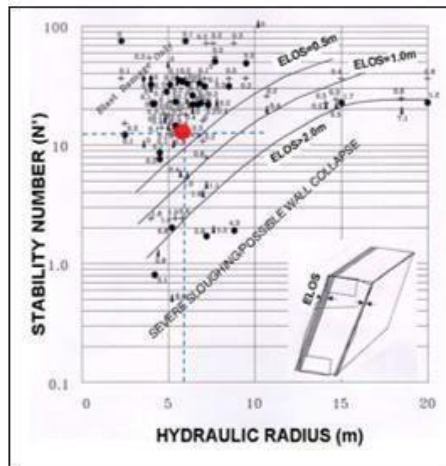


Ilustración 4. Análisis de estabilidad por el Método Gráfico de Estabilidad.

Fuente: Departamento de Planeamiento.

Las dimensiones recomendadas son: 8m de ancho, 50m de largo y 15m de altura, las cajas (techo y piso) muestran inestabilidad intermedia con la probabilidad de descaje de < 0.5 m (ELOS). Esta probabilidad puede incrementar por el tiempo de exposición al no rellenarse oportunamente.



Estructura	Met Explot.	CJ. TECHO	CJ. PISO	DIL ELOS	A.VETA	% D
Santa Rosa	SLS	0.25	0.25	0.50	6.97	7%

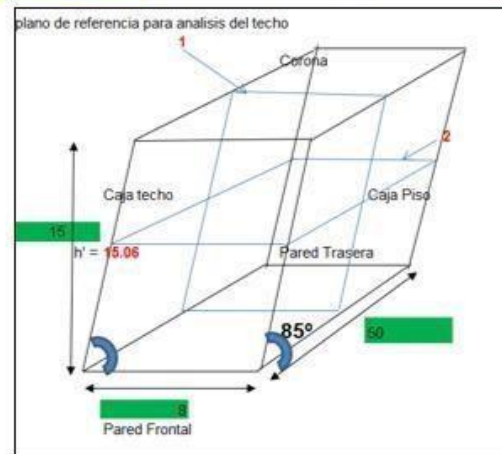


Ilustración 5. Estimación sobre la rotura y el cuadro de dimensionamiento.

Fuente: Departamento de Planeamiento

El cuadro de resumen muestra la condición actual del TJ 658 con 8m de ancho, 50m de largo y 15m de altura. Bajo esas dimensiones el TJ658 se encuentra estable con la probabilidad de descajes de 0.25m en las cajas por efecto del relajamiento a causa del espacio vacío.

4.2.2. Método de explotación del tajo 658 NS, Nivel 300. por taladros largos negativos.

Se realizará taladros largos negativos en paralelo para la voladura. La extracción del mineral se hará por las ventanas de extracción que comunican con la VE730N y VE643E. Luego se procederá a rellenar el espacio vacío con Relleno Detrítico. Ver figura del proyecto de ingeniería del Tajo 658 NS.



Ilustración 6. Vista longitudinal del Tajo 658 NS

DISEÑO DE MINADO:

Taladros negativos con secuencia de relleno

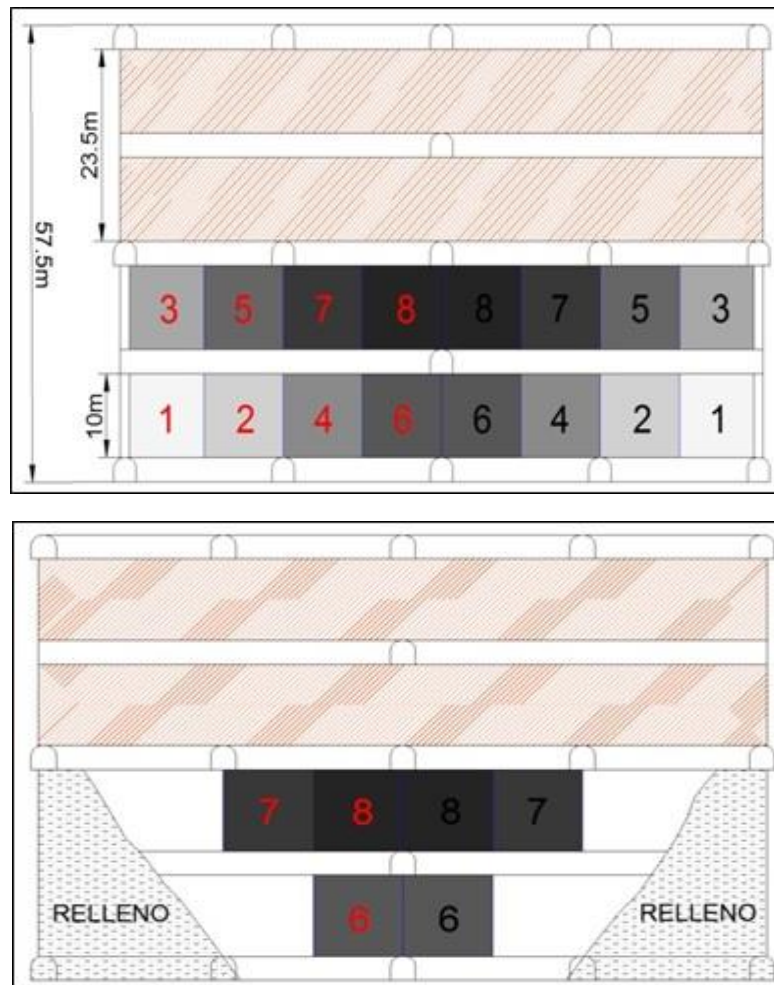


Ilustración 7. Preparación de subniveles

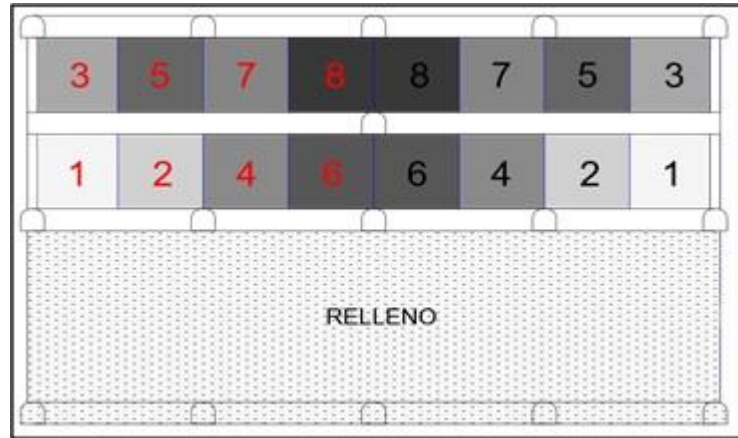


Ilustración 8. Relleno del 1er panel

Fuente: Departamento de geología.

Modelamiento numérico del Tajo 658 NS

En la figura sucesiva se muestra el modelamiento numérico del progreso del Subnivel inmediato superior al NV300 hasta cerca de la zona minada abierta como se observa en la figura, para a partir de ahí realizar taladros largos negativos y en abanico según el diseño de Ingeniería.

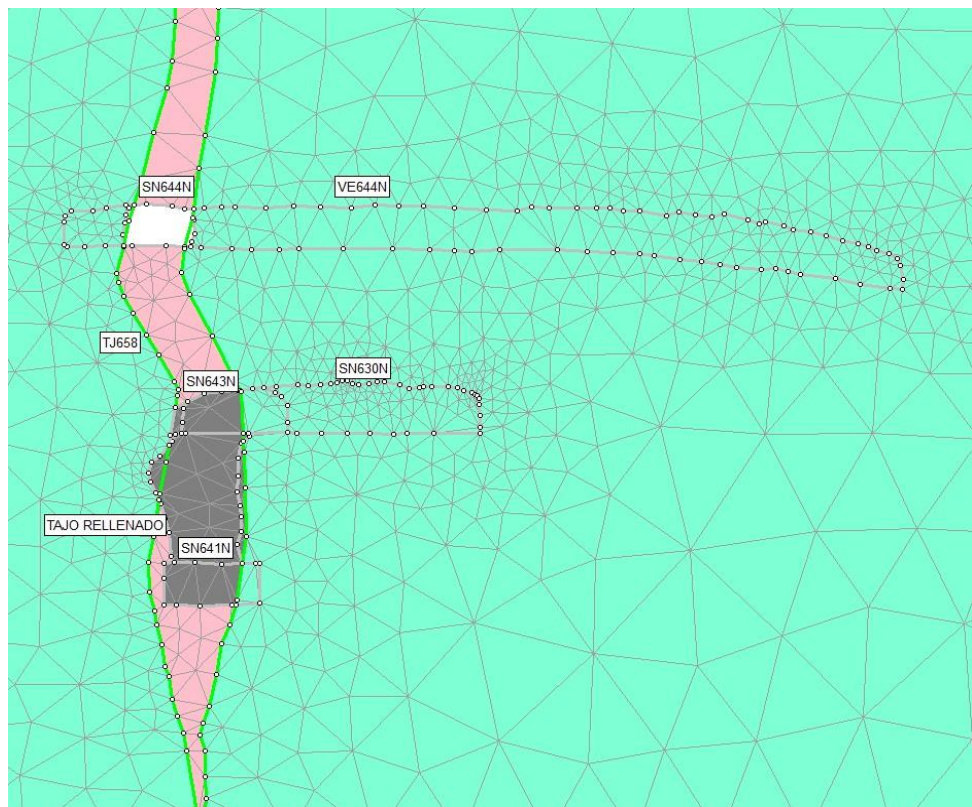


Ilustración 9. Sección transversal del TAJO 658 NS.

Reporte de recursos

Para la elaboración del presente estudio, se realizó el reporte de Inventario de los recursos donde se muestra el detalle de los reportes y cálculos. Se muestra el resultado final del inventario de recursos, obteniéndose un total de 15'650,700 millones de toneladas entre recursos medido, indicado e inferido.

Tabla 2. Reporte de Recursos Totales Raura

Categoría Geológica	Tonelaje	Cu (%)	Pb (%)	Zn(%)	Ag(Oz/t)	Cut Off	US(\$)	Zn EqTMF
Medido	5,184,800	0.28	2.33	5.20	2.67	44.30	147	521,800
Indicado	3,067,300	0.24	2.13	4.28	2.71	44.30	131	272,800
Inferido	7,398,600	0.31	2.01	6.28	2.59	44.30	156	804,600
Total	15,650,700	0.29	2.14	5.53	2.64	44.30	148.12	1,599,200

Fuente: Departamento de Planeamiento.

La Figura muestra la distribución de los recursos, donde los recursos geológicos totales (medido, indicado) obtenidos para el estudio representan el 53% de recursos total.

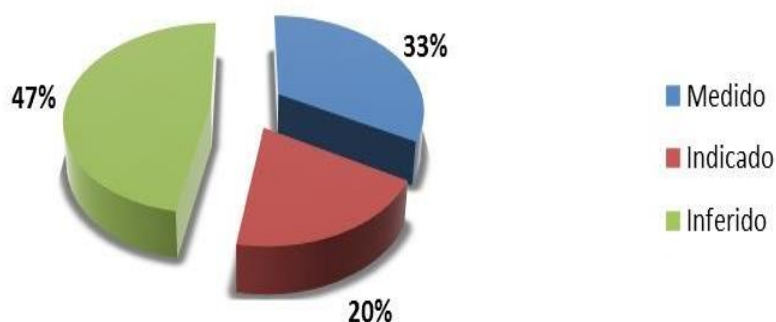


Ilustración 10. Distribución de Recursos.

Fuente: Departamento de Geología.

A continuación, se muestra el inventario de Recursos medidos e indicados realizados y la evolución de leyes extraídas en la tabla y en la figura (curva leyes extraídas).

Tabla 3. Reporte de Recursos Medidos e Indicados.

Recursos	Tonelaje	Cu (%)	Pb(%)	Zn(%)	Ag(Oz/t)	Cut Off	US(\$)	ZnEq(TMf)
Med + Ind	8,252,100	0.27	2.26	4.86	2.68	44.30	141	429,247

Fuente: Departamento de Planeamiento.

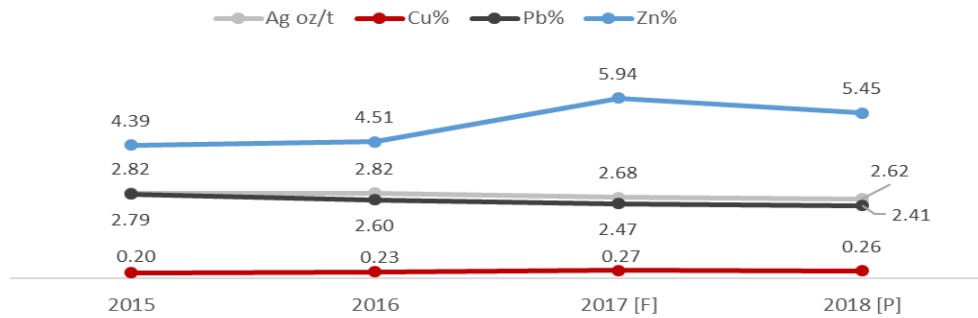


Ilustración 11. Curva de Leyes Extraída.

Para el desarrollo de las variables técnicas económicas de los métodos de minado taladros largos, se realizó el Trade Off comparativo aplicado en las distintas estructuras mineralizadas de la mina Raura y el cuerpo Santa Rosa.

Determinación del trade off – modelo conceptual

Para esta etapa del estudio se realizó evaluaciones previas con el objetivo de definir:

- Método de minado: se basó en el estudio geomecánico, el cual propuso tres métodos: Sub Level Stopping Longitudinal (Con Relleno) (SSL), Bench and Fill Stopping (Con Relleno) (BFS) y Cut and Fill Stopping (CFS).
- Nivel óptimo de producción: que nos garantice una producción sostenida para el LOM de mina.

Clasificación del método de minado

Los cálculos están basados en la información brindada por el área de planeamiento y geología. Consiste en determinar el método de minado del cuerpo Santa Rosa y realizar una analogía con los métodos obtenidos en el estudio general de Raura (S1: Farallón, Santa Rosa, Karol y Katy; S2: Hadas, Vanessa y Margot).

Tabla 4. Variables Geomecánicas de Mina Raura (S1 – S2).

Sector/ Parámetros Geomecánicos		Caja Lejana	Estructura Mineralizada	Caja Lejana
S1	RC1 (Mpa)	50 - 100; 25 - 50	25 - 50	50 - 100; 100 - 250
	RQD (%)	25 - 50; 50 - 75	25 - 50	50 - 75
	RMR2	49	48	59
	RMR 3	39	38	50
S2	RC1 (Mpa)	50 - 100	50 - 100	50 - 100
	RQD (%)	25 - 50; 50 - 75	25 - 50; 50 - 75	50 - 75; 75 - 90
	RMR2	56	50	60
	RMR3	51	45	56

Fuente: Departamento de Geología.

Tabla 5. Variables Geomecánicas de Cuerpo Santa Rosa.

ZONA	Estructura	Intrusivo	Marmol
TIPO ROCA		III A	III A
RMR	41 - 45	53 - 55	53 - 55
Q	0.72 - 1.12	2.72 - 3.40	2.72 - 3.40
GSI	MF/R	MF/R	MF/R

Fuente: Departamento de Geología.

En función a las variables geológicas y geomecánicas se definió el método de minado.

Tabla 6. Métodos de Minado Recomendado de S1 – S2.

METODO DE MINADO	PUNTUACIÓN
Cut & Fill Stopping	35
Bench and Fill Stopping (Con Relleno)	30
Sublevel Stopping Longitudinal (Con Relleno)	30

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 7. Métodos de Minado Recomendado.

METODO DE MINADO	PUNTUACIÓN
Bench and Fill Stopping (Con Relleno)	37
Taladros Largos Longitudinal (Con Relleno) Cut & Fill Stopping	37
	35

Fuente: Fuente Propia.

Calculo del Cut Off

Para determinar el cálculo Cut Off inicial en esta etapa se realizó un Benchmarking, que consiste en comparar aquellos indicadores claves como producción (TPD), costo de minado, dilución, recuperación por método, u otros.

Así mismo, estos indicadores pertenecen a operaciones de minado similar y comparable con los objetivos del estudio.

Para realizar este análisis se determinó realizar la comparación en base a una producción de 3,000 TPD con el fin de obtener los datos necesarios, uniformes a una producción determinada y se muestra el cálculo del dimensionamiento de la operación y el Benchmarking para métodos de minado masivos.

Tabla 8. Parámetros de Dilución y Recuperación por Método.

Metodo	Mina	TPD	Elemento	Cut-Off	Dilución	Recuperación
Cut & Fill Stopping Stopping CFS	Catalina Huanca	1,322	Zn, Cu, Pb	3.69%	13%	90%
	Mina Chipmo	468.33	Ag, Au	0.48 oz/t	12.24%	95%
	Castrovirreyana	491.67	Pb, Ag, Au, Zn,	1.13%	16.72%	92%
	Morococha	481	Pb, Ag, Au, Zn,	3.62%	10%	79%
	Raura	2,770	Zn, Pb, Cu, Ag	44.30 \$/t	6%	85%
Bench and Fill Stopping con relleno BFS	Pallancata	1815	Ag, Au Zn,	1.67%	18%	82%
	Raura	2,770	Pb, Cu, Ag	44.30 \$/t	10%	93%
Taladros Largos Longitudinal(con relleno) SSL	Cerro lindo	18,000	Pb, Zn, Cu	1.32%	15%	80%
	Morococha	481	Pb, Ag, Au, Zn	3.62%	8%	79%
	Raura	2,770	Zn,Pb,Cu,Ag	44.30 \$/t	13%	75%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9. Parámetros de Costos de Minado.

Metodo	Mina	TPD	Costo Mina	Costo Planta
Cut & Fill Stopping Stopping CFS	Catalina Huanca	2,150	35.0	11.0
	Mina Chipmo	468.3	33.07 35.62	-
	Minera Castrovirreyana	491.67	37.25	3.70 3.50
	Mina Morococha	481	36.50	5.40
	Mina Raura	2,770		
Bench and Fill Stopping (con relleno) BFS	Pallancata	1,815	34.70	9.97
	Raura	2,770	36.50	5.40
Taladros Largos Longitudinal(con relleno) SSL	Cerro lindo	18,000	14.40	7.00
	Morococha	18,000	19.71	3.50
	Raura	2,770	36.50	5.40

Fuente: Elaboración propia

En base a los datos del bench marking, se obtuvo las variables necesarias para definir los parámetros a utilizar en el cálculo del Cut Off, la Tabla, muestra los resultados obtenidos.

Tabla 10. Parámetros de Minado.

Método	TPD	Cut - Off	Costo Mina	Dilución	Recuperación
CF	3,000	3.00%	40.0	13%	85%
BF	3,000	1.70%	36.0	18%	82%
TL	3,000	5.20%	58.1	15%	80%

Fuente: Elaboración propia

Una vez definido los costos de minado por método se obtuvo los costos de producción por cada método.

Tabla 11. Costo por Método.

Costo mina por método		
Cut and Fill	US\$/	47
Taladros Largos Longitudinal (con relleno)	US\$/t	18
Bench and Fill Stopping	US\$/t	34
Costo Total Por Método		
Cut and Fill	US\$/t	53
Taladros Largos Longitudinal (con relleno)	US\$/t	25
Bench and Fill Stopping	US\$/t	41

Fuente: Elaboración propia

Para realizar el cálculo de Cut Off se tomó en cuenta las siguientes consideraciones:

- Cuantificar el pago por cada elemento (Cu, Pb, Zn y Ag)
- Cálculo de las deducciones, maquila y penalidades (As)
- Cálculo del valor de mineral por tonelada NSR
- Cálculo de la ley equivalente de cobre.

Tomando en consideración los costos de minado escalados a un ritmo de producción de 3,000 TPD se obtuvo los Cut-Off equivalentes en zinc por cada método de minado (en el Anexo F se profundiza el desarrollo del Cut Off), y se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 12. Resumen de Cut Off por Método de Minado.

Método	TPD	Cut - Off
BFS	3,000	3.63%
TL	3,000	5.51%
CFS	3,000	3.97%

Fuente: Elaboración propia

SELECCIÓN DEL MÉTODO DE MINADO

Para determinar el método de minado se realizó un análisis con los datos obtenidos en el cálculo del Cut Off como producción, dilución, recuperación y costos de minado obteniéndose los siguientes resultados.

Tabla 13. Cut Off por Método de Minado.

ITEM	Unit	Bench and Fill	Sub Level Stoping	Cut and Fill
Producción	tpd	3,000	3,000	3,000
Ley Corte Eq_Cu % - CutOff Marginal	%	0.664	0.664	0.664
Costo de Operación (OPEX)				
Mina	US\$/t	34	18	47
Planta	US\$/t	5.40	5.40	5.40
Administración	US\$/t	1.35	1.35	1.35
Transporte	US\$/t	0.00	0.00	0.00
TOTAL	US\$/t	41	25	54
Ley Corte Eq_Zn %	%	3.630	5.507	3.970
Tipos de Mineral				
Clase de Recursos		Medido, Indicado	Medido, Indicado	Medido, Indicado
Recursos	t	8,252,100	8,252,100	8,252,100
Zn	%	4.860	4.860	4.860
Pb	%	2.260	2.260	2.260
Ag	Oz/t	2.690	2.690	2.690
Cu	%	0.27	0.27	0.27
ZnEq %	%	9.570	9.570	9.570
NSR	US\$/t	113	113	113
Recuperación	%	82	85	85
Dilución	%	18	12	13
Reservas Minables (*)				
	t	7,984,732	7,591,932	7,926,142
Zn	%	4.119	4.226	4.301
Pb	%	1.915	1.965	2.000
Ag	Oz/t	2.280	2.339	2.381
Cu	%	0.229	0.235	0.239
ZnEq %	%	8.108	6.902	7.032
NSR	US\$/t	95	98	100
Costo Total	US\$/t	41	25	53
Margen	US\$/t	54.4	75.8	46.5
Utilidad Bruta	US\$ MM	435	595	368

*** Este Cut Off se calculó con los costos de Planta, Administración y Transporte**

****Estas reservas son preliminares, solo para la determinación del método de minado Fuente: Elaboración propia**

El costo de producción de Bench and Fill 41 US\$/t, Cut and Fill 54 US\$/t y Taladros Largos 25 US\$/t, obteniéndose un mayor margen a favor de los taladros largos, Además, se obtiene una mayor utilidad bruta a favor de Taladros Largos (debido a variables de recuperación, dilución y costos operacionales) y para más detalle del cálculo de cut off por cada método de minado (ver calculo cut off)

Para este estudio se definió utilizar el método de taladros largos para la mayoría de las estructuras mineralizadas en la mina Raura, por representar mejores ingresos.

En los planes de minado se generaron una producción de 920,700 toneladas para el 2017, con una incidencia por método de minado de: cut and fill 30.46% y de taladros largos 64.34 %. Tabla 29. La producción para el año 2018 fue de 944,570 toneladas, con una incidencia por método de minado de: cut and fill 21.64% y de taladros largos de 68.20 %. Para el año 2019 se planificó un mayor uso de los métodos de minado de taladros largos comparados con el Cut and Fill por cumplir con los planes de producción planificados en el planeamiento tipo LOM.

Producción por Método de Minado:

Tabla 14. PSP 2017

		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL	total
RESUMEN DE PRODUCCION PSP ENE-DIC 2017	TL	50,000	44,500	50,400	48,200	50,300	48,500	49,650	50,200	49,400	50,650	49,200	51,250	592,250	64.33%
	CRBR	24,300	21,700	23,900	23,400	24,000	23,100	24,650	24,100	22,200	23,650	22,400	23,050	280,450	30.46%
	AV	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	48,000	5.21%
	TOTAL	78,300	70,200	78,300	75,600	78,300	75,600	78,300	78,300	75,600	78,300	75,600	78,300	920,700	100.00%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. PSP 2018.

		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL	%INCID
RESUMEN DE PRODUCCION PSP ENE-DIC 2018	TL	59,330	50,120	53,220	53,560	54,330	49,060	54,330	50,330	53,560	57,430	52,560	56,330	644,160	68.20%
	CRBR	13,000	13,900	19,110	16,000	18,000	20,500	18,000	22,000	16,000	14,900	17,000	16,000	204,410	21.64%
	AV	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	96,000	10.16%
	TOTAL	80,330	72,020	80,330	77,560	80,330	77,560	80,330	80,330	77,560	80,330	77,560	80,330	944,570	100.00%

Fuente: Elaboración propia

La producción de mineral de los años 2017 y 2018, representan una disminución en el uso de del método de minado Cut and Fill, comparado con el de taladros largos, por la mejora de la productividad entre ambos métodos.

DIMENSIONAMIENTO DE LA OPERACIÓN

El dimensionamiento de una mina está en función de muchos Factores tales como: condiciones de mercado y precio de productos, ley y reservas del mineral, actitudes políticas del gobierno, factores medio ambientales entre otros.

En la literatura técnica existen algunas fórmulas empíricas para la estimación del tamaño de producción; calculada en función a las reservas estimadas consideradas como explotables dentro de un yacimiento.

Además, las fórmulas nos permiten aproximar la vida óptima de explotación (VOE) los cuales nos pueden dar valores de referencia, el cual

en muchos casos es tomado como punto de partida para un proyecto. Esta función es válida para minas a tajo abierto y subterráneas, metálicas y no metálicas según especifica cada autor.

Las fórmulas como se puede ver líneas abajo, depende del tonelaje de recursos de mineral existentes en el yacimiento TAYLOR (1976).

$$VO(\text{años}) = 6.5(\text{reservas} - Mt)^{0.25} (1 \pm 0.2)$$

$$(\text{años}) = 6.5(\text{reservas} - Mt)^{0.25} (1 \pm 0.2)$$

- VOE (años) : Vida Óptima de Explotación
- (Reservas Mt) : Reservas expresadas en Millones de toneladas

Para determinar el ritmo de producción en toneladas por día para el proyecto en estudio para cada método de minado, se consideró el reporte de recursos mostrados en la tabla

Se muestra los resultados de las reservas para cada método de minado.

Tabla 16. Reservas a Minar.

Método de Minado	unid	CFS	BFS	SSL
Ley de corte Zn Eq (*)	%	3.97%	3.63%	5.51%
Recursos descontados **	t	<u>8,252,100.00</u>	<u>8,252,100.00</u>	<u>8,252,100.00</u>
Dilución	%	12%	18%	13%
Recuperación	%	85%	82%	85%
Reservas	t	7,855,999	7,646,396	7,926,142

Fuente: Elaboración propia

Días de Trabajo por año = 365

*Ley de corte Zn Eq: Leyes de corte estimadas

** Reporte de recursos

La tabla muestra la vida óptima de la mina, producción en toneladas anuales y producción diaria para cada método de minado. (Formula de Taylor)

Tabla 17. Dimensionamiento

Método de Minado	Unid.	<u>CFS</u>	<u>BFS</u>	<u>SSL</u>
VOE	años	[8.7 ; 13.1]	[8.6 ; 13]	[8.7 ; 13.1]
VOE Promedio	años	10.9	10.8	10.9
TPA	kt	[900 ; 600]	[900 ; 600]	[900 ; 600]
TPA Promedio	kt	752	737	757
TPD	t	[2000 ; 2000]	[2000 ; 2000]	[2000 ; 2000]
TPD Promedio	t	2,060	2,019	2,074

Fuente: Elaboración propia

El método minado taladros largos permiten alcanzar una mayor producción respecto al otro método propuesto. La producción de 3,000 TPD sugerida por MINERA RAURA es viable, sin embargo, según los cálculos efectuados se podría alcanzar una mayor producción que varía de 3,000 y 5,000 toneladas por día. Para el presente estudio se desarrolla una producción de 3,000 TPD, con la recomendación que en estudios posteriores se analice la posibilidad de obtener una mayor producción sostenible en el tiempo, siendo el método de minado por Taladros largos el de mejor proyección.

ESTIMACIÓN DE RESERVAS

CÁLCULO DE CUT OFF Y NSR (3,000 TPD)

Para realizar el cálculo de Cut Off se tomó en cuenta las siguientes consideraciones: el método de minado Taladros Largos (dilución 12 a

18% y recuperación 82 a 85%) a un ritmo de producción de 3,000 toneladas por día, con un costo total de 25 a 41US\$/t.

Tabla 18. Distribución de Costo por Área.

ITEM	Unit	Bench and Fill	Sub Level Stopping	Cut and Fill
Producción	Tpd	3,000	3,000	3,000
Ley Corte Eq_ Cu % - CutOff Marginal	%	0.664	0.664	0.664
Costo de Operación (OPEX)				
Mina	US\$/t	34	18	47
Planta	US\$/t	5.40	5.40	5.40
Administración	US\$/t	1.35	1.35	1.35
Transporte	US\$/t	0.00	0.00	0.00
TOTAL	US\$/t	41	25	54
Ley Corte Eq_Zn %	%	3.630	5.507	3.970

Fuente: Elaboración propia

Previamente al cálculo del Cut Off se realizó el cálculo del valor punto de cada elemento, tomando en cuenta que se obtendrán tres concentrados de mineral, concentrado de plomo contenido de plata que añadirá valor al concentrado, concentrado de zinc y concentrado de cobre contenido de plata que añadirá valor al concentrado, obteniendo así los parámetros de entrada para el cálculo del NSR (net smelter return) y ley equivalente (zinc equivalente). Los resultados finales y coeficientes se muestran en las siguientes relaciones.

$$Zn Eq = (Ley Zn * 1.000) + (Ley Pb * 1.132) + (Ley Ag * 0.790) + (Ley Cu * 0.088)$$

$$NSR = (Ley Zn * 11.776) + (Ley Pb * 13.336) + (Ley Ag * 9.304) + (Ley Cu * 1.04)$$

Obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 19. Cut Off - NSR

Método de Minado	Cut - Off ZnEq %	NSR US\$/t
Bench and Fill Stopping	3.63 5.51	113
Taladros Largos Longitudinal	3.97	113
Cut & Fill Stopping		113

Fuente: Elaboración propia

RESERVAS MINERALES

Las reservas extraíbles del proyecto superan los 8 millones de toneladas en la configuración de mina para el ritmo más bajo, distribuidas en los tres niveles de explotación.

La implementación del método de explotación por Taladros Largos de acuerdo a los parámetros geomecánicos permiten y sugieren dimensiones recomendadas con: 8m de ancho, 45m de largo y 19m de altura.

Las cajas (techo y piso) muestran inestabilidad intermedia con la probabilidad de descaje de < 0.5 m (ELOS). Esta probabilidad puede incrementar por el tiempo de exposición al no rellenarse oportunamente.

El cuadro de resumen muestra la condición actual del Tajo 658 NS, con 8m de ancho, 45 m de largo y 19 m de altura. Bajo esas dimensiones el Tajo 658 se encuentra estable con la probabilidad de descajes de 0.25m en las cajas por efecto del relajamiento a causa del espacio vacío.

DESCRIPCIÓN DE COSTOS UNITARIOS EN EL MÉTODO TALADROS LARGOS

Costo unitario método Taladros Largos

Tabla 20. Costo de rotura de mineral.

COSTO DE EXPLOTACIÓN – TALADROS LARGOS			
Perforación vertical hacia abajo			
Volumen de Producción por Tajeo	30,413 ton	Perforación de Producción	286 taladros/tajeo
Longitud del tajeom	80.00	Taladros perforados - Precortetal/tajeo	
Ancho de minadom	8.00	Taladros perforados - Producción	286tal/tajeo
Altura de bancos de minadom		Inclinación de taladros	90grados
Densidadton/m3	15.00	m por taladro	15.00m/tal
Dilución			
Recuperación	3.20		
Voladura	10%	Taladros Alivio	ntal/dia
Diametro de carguio (entubado):	90% mm	Burden:m	1.40
Densidad de Anfo	g/m3	Espaciamiento:m	1.60
		Broca:	
Kg explosivo/m	2.21 kg/m	RMR	60
Total de explosivos tajeo	8,441 kg	Indice de perf.	7.09 Ton/m
Factor de carga	0.92 kg/m3		
Factor de carga	0.79 kg/ton	Equipos de Limpieza	
Rend. Carguio:	18 tal/Gdia	Tamaños de los scooptramYd3	6
Equipos de Perforación		Distancia de acarream	150
Velocidad de Percusiónton/hr	60 m/hora	Rendimiento Scooptram 6 Yd3	72
Horas Trabajadas SIMBA-			
Percusiónhr/gdia	2.5 hr/gdia	Horas Trabajadas SCOOP	7
Horas Trabajadas SIMBA-			Percusión
	150 hr/mes	Horas Trabajadas SCOOP	420 hr/mes
Rendimiento de SIMBA	10.00 tal/gdia	Rendimiento Scooptram 6 Yd3	30,240 ton/mes
Rendimiento de SIMBA	150 m/Gdia	Consumo de Petroleo	6.5 Gal/hr
Rendimiento de SIMBA	9,000 m/mes	Horas por guardia	10.28 Horas
Consumo de Petroleo	1.50 Gal/hr		

Fuente: Elaboración propia

Costo rotura de mineral método Taladros Largos.

Tabla 21. Costo de rotura de mineral.

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Cantidad (Personas)	Costo Unitario US\$/Unidad	Vida Util	Costo Parcial US\$/Tajeo	Costo Total US\$/ton
2.00 VOLADURA							19,923.80	0.66
2.01 Mano de Obra							2,423.75	0.08
	Maestro cargador de explosivos	Gdia	1.30	15.89	44.00		908.91	
	Ayudante cargador de explosivos	Gdia	2.60	15.89	36.67		1,514.85	
2.02 Explosivos y accesorios de voladura							13,020.53	0.43
	Semexa 80% 1 1/4x8	Pza.		1,114.00	0.54		618.90	
	Examon "P" (bls. X 25kg.)	kg.		8,841.10	0.92		8,092.52	
	Guías ensambladas Carmex de 7"	Pza.		14.00	1.57		22.04	
	Excel periodo largo del N°1 al N° 400	Pza.		1,114.00	3.70		4,229.37	
	Guía de seguridad	m.		0.00	3.70		0.00	
	Mecha rapida de ignition	m.		4.00	0.29		1.16	
	Cordon Detonante Pentacord 5gr	m.		250.00	0.23		56.54	
2.03 Equipos							3,801.60	0.13
	Cargador de Anfo	Ton.		30,412.80	0.13		3,801.60	
2.04 Herramientas y EPP							677.92	0.02
	Implementos de Seguridad	Gdia	3.90	15.89	6.14		380.76	
	Herramientas	Gdia	2.00	15.89	7.10		225.57	
	Lamparas mineras	Gdia	3.90	15.89	1.16		71.59	
3.00 ACARREO							62,827.51	2.23
3.01 Mano de Obra							4,602.47	0.15
	Operador de Scooptram	Gdia	1.30	60.34	58.67		4,602.47	
3.02 Insumos							153.62	0.01
	Mangas de ventilación 30"	m.		40.00	3.84		153.62	
3.03 Equipos							62,070.44	2.04
	Scooptram 6Yd3	hr.		422.40	96.88		40,921.48	
	Combustible scoop	Gal.		2,745.60	5.75		15,787.20	0.52
	Ventilador de 32,000 CFM	hr.		1,091.83	4.91		5,361.77	
3.04 Herramientas y EPP							1,000.99	0.03
	Implementos de Seguridad	Gdia	1.30	60.34	6.14		482.01	
	Herramientas	Gdia	1.00	60.34	7.10		428.34	
	Lamparas mineras	Gdia	1.30	60.34	1.16		90.63	

Fuente: Elaboración propia

Costo rotura de mineral método Taladros Largos

COSTO DE ROTURA DE MINERAL

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Cantidad	Costo Unitario	Vida Util	Costo Parcial	Costo Total
			(Personas)		US\$/Unidad		US\$/Tajeo	US\$/ton
1.00 PERFORACIÓN							52,242.65	1.72
1.01 Mano de Obra							4,382.23	0.14
	Operador de Simba	Gdia	1.30	30.64	73.34		2,921.49	
	Ayudante Operador de Simba	Gdia	1.30	30.64	36.67		1,460.74	
1.02 Aceros de Perforación							33,611.06	1.11
	Barra SP T38-RD38-T38 x 4"	p.p	10	14,071.20	305.00	4000	10,279.29	
	Broca Retractiva FP T38 x 64mm	p.p	1	14,071.20	200.00	550	5,116.80	
	Broca Retractiva FP T38 x 89mm	p.p		562.85	0.00		0.00	
	Shank COP 1838/1638 T38 x 435mm	p.p	1	14,071.20	285.00	5600	716.12	
	Broca B T38 x 5"	p.p		0.00	0.87		0.00	
	Copas de afilado	Jgo.		14,071.20	0.40		5,628.48	
	Aguzadora de copas	Pza.		14,071.20	0.00		23.45	
	Tubo de PVC	m.		1,430.00	7.02		10,031.45	
	Bolsa de Polipropileno	kg.		107.25	0.90		96.31	
	Cancamos de anclaje	Pza.		2.00	2.00		4.00	
	Reflectores de 500 Watt	Pza.		4.00	178.57		714.29	
	Conos de plástico naranja para SLS	Pza.		10.00	19.18		191.77	
	Manguera de 1" (70 m)	m.		70.00	3.53		247.10	
	Manguera de 1/2" (70 m)	m.		70.00	1.60		112.00	
1.03 Equipos							13,450.24	0.44
	Simba	hr.		76.61	176		13,450.24	
	Combustible Simba	Gal.		114.91	5.75		660.74	0.22
1.04 Herramientas y EPP							799.11	0.03
	Implementos de Seguridad	Gdia	2.60	30.64	6.14		489.54	
	Herramientas	Gdia	1.00	30.64	7.10		217.52	
	Lamparas Mineras	Gdia	2.60	30.64	1.16		92.05	

Fuente: Elaboración propia

Burden	m	1.40
Espaciamiento	m	1.60
Area	m ²	2.24
Perforación	\$/ton	1.72
Voladura	\$/ton	0.66
Acarreo	\$/ton	2.23
Costo de Rotura	\$/ton	4.60
Transporte	\$/ton	1.50
Relleno	\$/ton	4.00
Servicios Auxiliares	\$/ton	1.00
Costo de Minado	\$/ton	11.10
Costo de Minado	\$/ton	11.10
Costo de Preparación	\$/ton	5.00
Costo de Desarrollo	\$/ton	2.00
Costo de Mina	\$/ton	18.10

Fuente: Elaboración propia

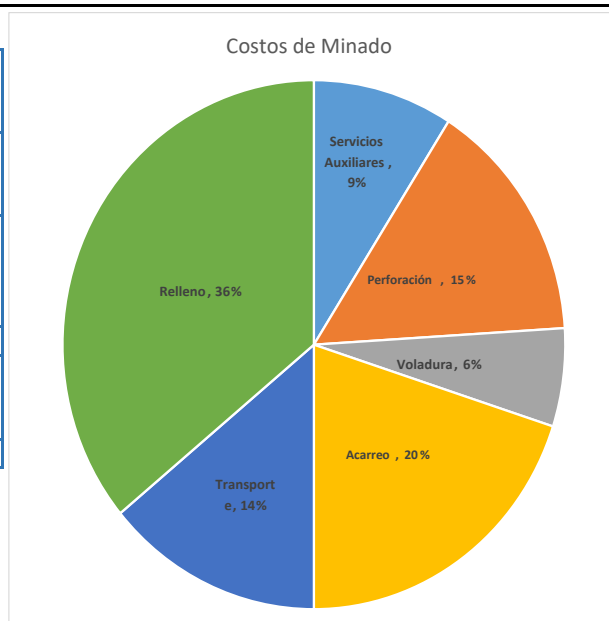
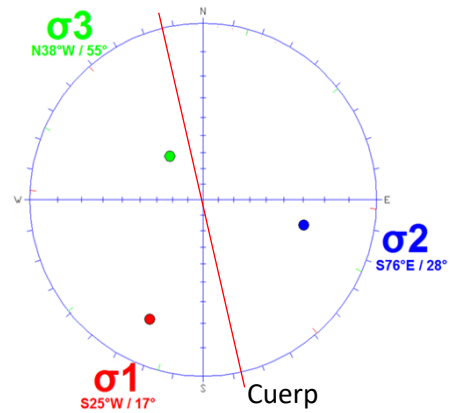


Ilustración 12.. Costo de mina

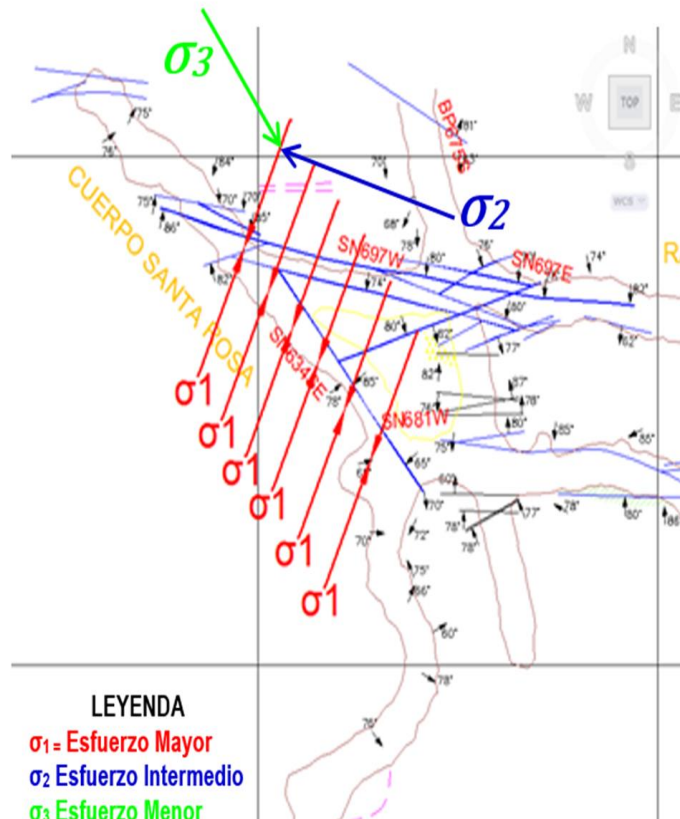
CÁLCULO DE LAS ORIENTACIONES DE ESFUERZOS ($\Sigma 1$, $\Sigma 2$ Y $\Sigma 3$) DEL TAJO 658 NS

ORIENTACIÓN DE ESFUERZOS

ESFUERZO	RUMBO	INCLINACIÓN (°)
$\sigma 1$ Mayor (deformante)	S25°W	17
$\sigma 2$ Intermedio	S76°E	28
$\sigma 3$ Menor (deformado)	N38°W	55



Orientación de los Esfuerzos Principales con respecto al Cuerpo Santa Rosa



MODELAMIENTO NUMÉRICO DEL TAJO 658 NS

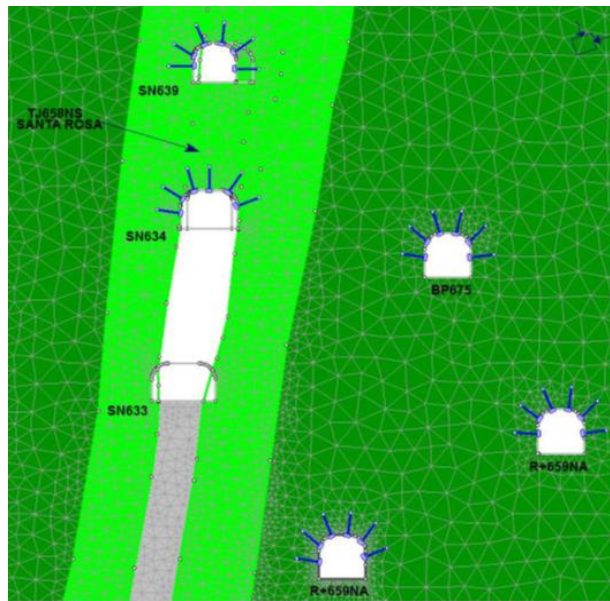


Ilustración 13. Sección transversal del Tajo 658 NS

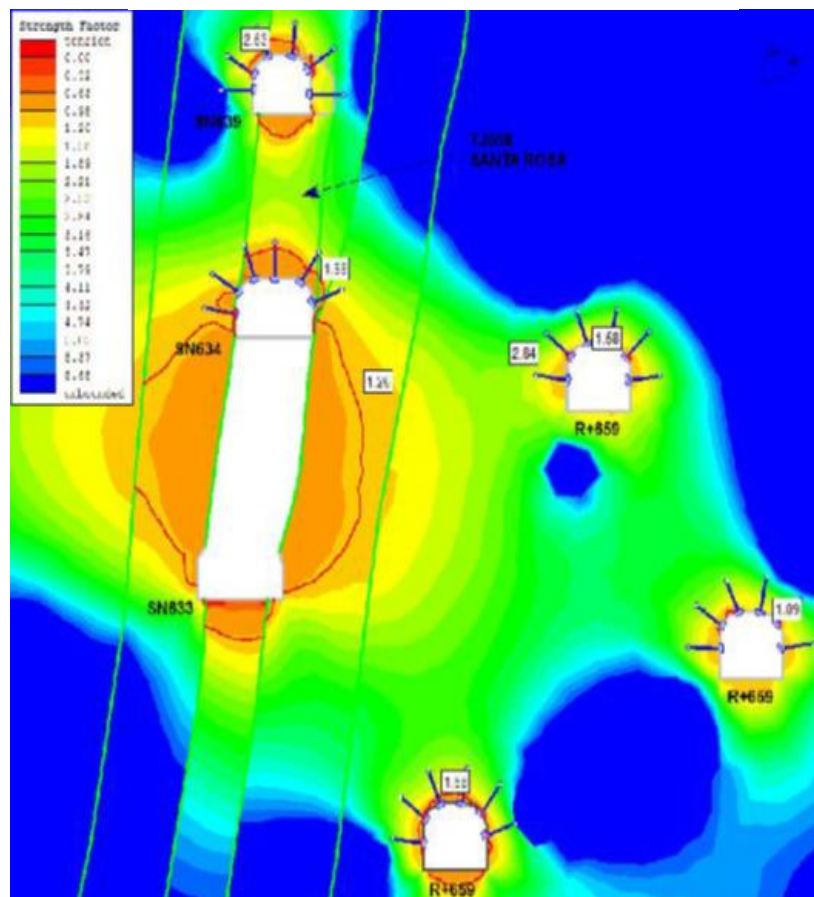
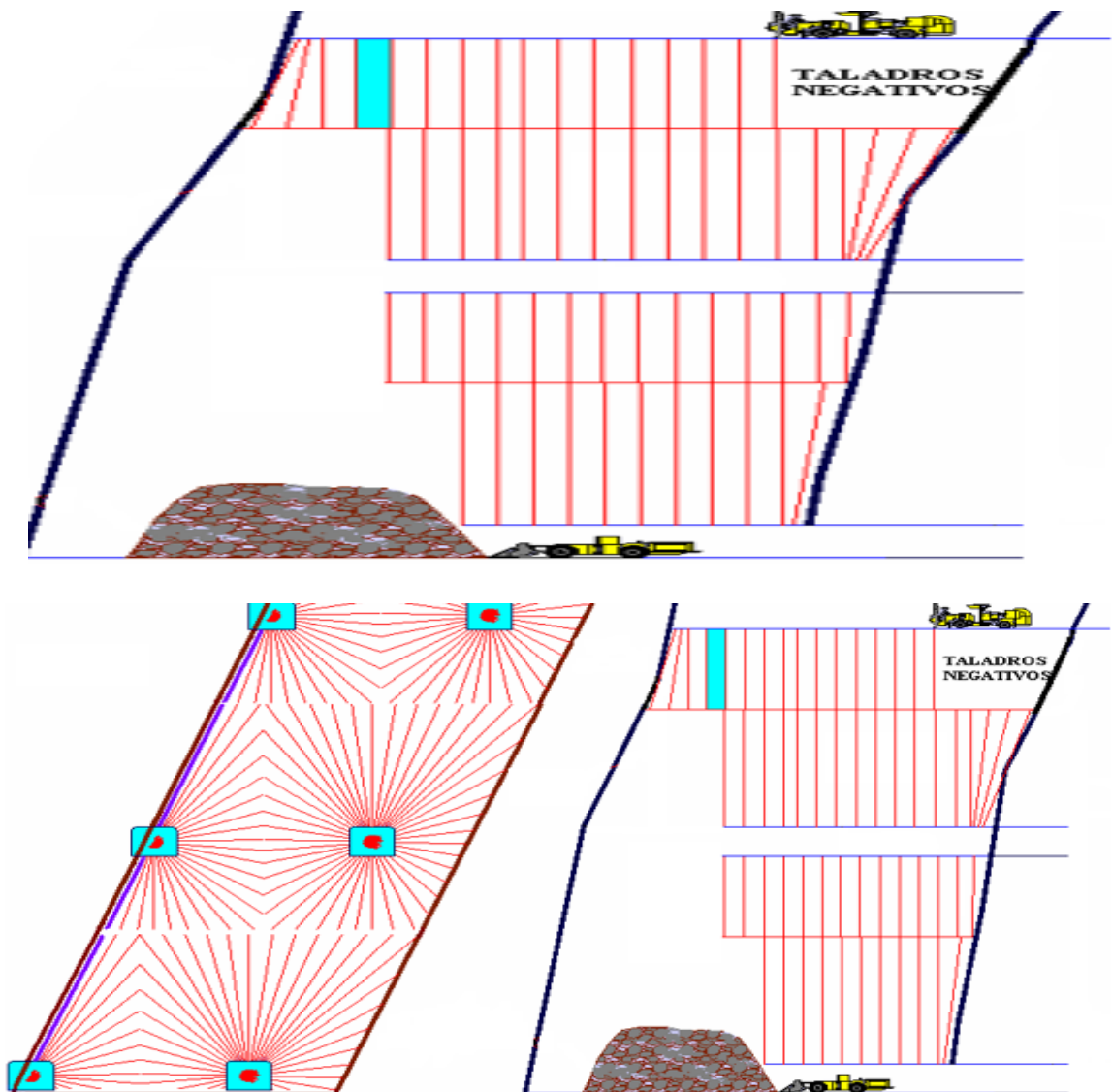


Ilustración 14. Condición actual del Tajo 658, con factores de seguridad mayores a 1.5 en los accesos, indicando estabilidad.

4.2.3. MÉTODO DE EXPLOTACIÓN DEL TAJO 658 NS POR TALADROS LARGOS

El diseño de minado consiste en: la ejecución de taladros negativos y en abanico con secuencia de relleno.

Es decir, los taladros se perforan hacia abajo y en retirada, la finalidad es que siguiendo esta misma dirección se realiza la voladura de franjas horizontales del piso del tajo, la limpieza y consecuentemente el relleno una vez culminada la limpieza.



4.3. Prueba de Hipótesis.

La prueba de hipótesis se efectúa en función a la variable independiente y dependiente, que ya fueron expuestas, con lo cual se acepta la hipótesis y se obtiene el estudio realizado.

HIPOTESIS GENERAL

Optimizar el método de explotación con taladros largos en función al estudio geomecánico del macizo rocoso, para reducir la dilución e incrementar la producción en el Tajo 658 NS, Nivel 300 de la Compañía Minera Raura S.A

A través de esta hipótesis y las diferentes variables asociadas al tajeo, indicamos que la optimización del método de explotación con taladros largos ofrece una serie de ventajas las cuales se traducen en la reducción de costos y mayor productividad.

4.4. Discusión de resultados.

A continuación, se presentan los resultados de investigación, mostrando la implementación del método de explotación “Taladros Largos” en el Tajo 658 NS, Nivel 300, cuerpo Santa Rosa de la Compañía Minera Raura.

4.4.1. Definición de las Propiedades Geomecánicas Del Tajo 658 Ns, Nivel 300, Cuerpo Santa Rosa.

En relación al estudio geomecánico realizado se definió las propiedades del macizo rocoso y permitió definir los siguientes parámetros de diseño para el método de explotación por Taladros Largos del Tajo 658 NS del Nivel 300, del cuerpo Santa Rosa con las siguientes conclusiones:

- a. De la preparación de labores para Taladros Largos, el análisis de estabilidad del SN644NN y SN643N del Subnivel inferior antes de

llegar a la zona minada por taladros largos, el F.S. del block de mineral resulta mayor e igual 1.26 indicando que es estable.

- b. El análisis de estabilidad de los accesos, tienen como F.S. = 2.53 con ligeros a moderados relajamientos por causa del espacio vacío de los taladros largos, el sostenimiento indicado para dichas labores es split-set más malla electrosoldada y shotcrete si hubiese factores influyentes (Geodas, agua).
- c. Los accesos cercanos a la zona de explotación se sostienen con split-set sistemático de 7 pies más malla electrosoldada.
- d. Para minimizar los esfuerzos inducidos generados por el propio minado se tiene que rellenar las áreas vacías.
- e. La zona encajonante (caja piso y techo) están expuestos a desprendimiento de rocas por efecto de la voladura y relajamiento a causa del vacío generado. Su control depende de la velocidad de relleno.
- f. Los accesos de extracción de mineral se mantienen estable después de la voladura de taladros largos negativos desde el SN644N, con factores de seguridad igual a 1.26.
- g. El dimensionamiento recomendado: Altura H: 19; Ancho W: 8; Longitud L: 45. Con estos parámetros se obtiene un ELOS: 0.25.
- h. La implementación del método de explotación por sub level stoping de acuerdo a los parámetros geomecánicos permiten y sugieren dimensiones recomendadas con: 8m de ancho, 45m de largo y 19m de altura.

- i. Las cajas (techo y piso) muestran inestabilidad intermedia con la probabilidad de descaje de < 0.5 m (ELOS). Esta probabilidad puede incrementar por el tiempo de exposición al no rellenarse oportunamente.
- j. La condición actual del TJ658 con 8m de ancho, 45 m de largo y 19 m de altura. Bajo esas dimensiones el TJ658 se encuentra estable con la probabilidad de descajes de 0.25m en las cajas por efecto del relajamiento a causa del espacio vacío.

4.4.2. Definición del método de explotación.

De acuerdo a las propiedades geológicas, geomecánicas y económicas se definieron los métodos de explotación: Cut and Fill, Bench and Fill y Taladros Largos. De acuerdo a la evaluación mediante el trade off de cada método de explotación se realizó las evaluaciones operacionales considerando una mejor rentabilidad económica a los métodos de explotación por Taladros Largos, exponiendo las siguientes conclusiones:

- a. La producción de mineral extraída en los años 2017 y 2018, fueron de 920,700 y 944,570 toneladas, mediante los métodos de minado Cut and Fill, Bench and Fill y Sub Level Soping, con una producción de 3,000 tpd.
- b. La incidencia de producción, por método de minado fueron de: Taladros Largos 64.33 % y de Cut and Fill 30.46 %, para el año 2017.
- c. La incidencia de producción, por método de minado fueron de: Taladros Largos 68.20 % y de Cut and Fill 21.64 %, para el año 2018. Con un incremento sustancial para el 2019.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL	total
TL	50,000	44,500	50,400	48,200	50,300	48,500	49,650	50,200	49,400	50,650	49,200	51,250	592,250	64.33%
CRBR	24,300	21,700	23,900	23,400	24,000	23,100	24,650	24,100	22,200	23,650	22,400	23,050	280,450	30.46%
AV	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	48,000	5.21%
TOTAL	78,300	70,200	78,300	75,600	78,300	75,600	78,300	78,300	75,600	78,300	75,600	78,300	920,700	100.00%

PLAN	78,306	70,206	78,306	75,606	78,306	75,606	78,306	78,306	75,606	78,306	75,606	78,306	78,306	920,771
Oz Ag	3.06	3.06	3.18	3.21	3.20	3.20	3.22	3.17	3.20	3.21	3.19	3.19	3.19	3.18
% Cu	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.25
% Pb	2.89	2.92	2.88	2.83	2.77	2.76	2.71	2.73	2.78	2.81	2.80	2.79	2.79	2.81
% Zn	5.40	5.47	5.42	5.47	5.61	5.63	5.70	5.72	5.70	5.67	5.71	5.72	5.72	5.60

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL	%INCID
TL	59,330	50,120	53,220	53,560	54,330	49,060	54,330	50,330	53,560	57,430	52,560	56,330	644,160	68.20%
CRBR	13,000	13,900	19,110	16,000	18,000	20,500	18,000	22,000	16,000	14,900	17,000	16,000	204,410	21.64%
AV	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	96,000	10.16%
TOTAL	80,330	72,020	80,330	77,560	80,330	77,560	80,330	80,330	77,560	80,330	77,560	80,330	944,570	100.00%

PLAN	80,330	72,020	80,330	77,560	80,330	77,560	80,330	80,330	77,560	80,330	77,560	80,330	80,330	944,570
Oz Ag	2.46	2.60	2.61	2.56	2.68	2.77	2.60	2.59	2.70	2.61	2.74	2.50	2.50	2.62
% Cu	0.23	0.27	0.36	0.32	0.28	0.32	0.26	0.23	0.21	0.21	0.23	0.22	0.22	0.26
% Pb	2.35	2.58	2.11	2.35	2.58	2.02	2.29	2.67	2.14	2.71	2.61	2.48	2.48	2.41
% Zn	5.62	5.65	5.46	5.12	5.18	5.59	5.36	5.58	5.41	5.38	5.47	5.60	5.60	5.45

4.4.3. DEFINICIÓN DEL PLAN DE MINADO

De acuerdo al estudio realizado mediante el trade off y selección del método de minado se definieron las siguientes conclusiones:

Las reservas extraíbles del proyecto superan los 8 millones de toneladas en la configuración de mina para el ritmo más bajo, distribuidas en los tres niveles de minado.

- a. El cálculo de Cut Off para el método de minado Taladros Largos (dilución 12 a 18% y recuperación 82 a 85%) a un ritmo de producción de 3,000 toneladas por día, generó un costo total de 25 a 41 US\$/t y de 7.10 a 8.117 % de Zn equivalente.
- b. El margen de utilidad bruta del método de explotación cut and fill, bench and fill y sublevel stoping fue de 368 US\$ MM, 435 US\$ MM y 595 US\$ MM respectivamente.

El método de explotación a aplicarse en el planeamiento tipo LOM para la Compañía Minera Raura será el de taladros largos, por las condiciones geológicas, geomecánicas, geometalúrgicas y económicas.

ITEM	Unid	Bench and Fill	Taladros Largos	Cut and Fill
Producción	tpd	3,000	3,000	3,000
Ley Corte Eq_Zn % - CutOff Marginal	%	0.664	0.664	0.664
<u>Recursos Minerales Marginales</u>	t	7,398,600	7,398,600	7,398,600
Zn	%	5.53	5.53	5.53
Pb	%	2.01	2.01	2.01
Ag	Oz/t	2.59	2.59	2.59
Cu	%	0.31	0.31	0.31
ZnEq	%	9.88	9.88	9.88
NSR	US\$/t	116	116	116
<u>Costo de Operación (OPEX)</u>				
Mina	US\$/t	34	18	47
Planta	US\$/t	5.40	5.40	5.40
Administración	US\$/t	1.35	1.35	1.35
Transporte	US\$/t	0.00	0.00	0.00
TOTAL	US\$/t	41	25	53
Ley Corte Eq_Zn %	%	3.630	5.507	3.970
<u>Tipos de Mineral</u>		Medido,	Medido,	Medido,
<u>Clase de Recursos</u>		Indicado	Indicado	Indicado
<u>Recursos</u>	t	8,252,100	8,252,100	8,252,100
Zn	%	4.86	4.86	4.86
Pb	%	2.26	2.26	2.26
Ag	Oz/t	2.69	2.69	2.69
Cu	%	0.27	0.27	0.27
ZnEq % MAHO	%	9.57	9.57	9.57
NSR	US\$/t	113	113	113
MAHO				
Recuperación	%	82	85	85
Dilu MAHO	%	18	12	13
<u>Reservas Minables (*)</u>	t	7,984,732	7,855,999	7,926,142
Zn	%	4.119	4.339	4.301
Pb	%	1.915	2.018	2.000
Ag	Oz/t	2.280	2.402	2.381
Cu	%	0.229	0.241	0.239
		8.108	7.099	7.032
NSR	US\$/t	95	101	100
Costo Total	US\$/t	41	25	53

CONCLUSIONES

- El Tajo 658 NS, Nivel 300 es del tipo metasomatismo de contacto (Skarn), compuesta con mineralización polimetálica de Cu, Ag, Zn y Pb.
- El presente estudio permitió la evaluación técnico económico del Tajo 658, Nivel 300 y su aplicación del método de minado Taladros Largos, para lo cual se realizó la evaluación geológica, geomecánica y su trade off respectivo.
- La implementación del método de explotación por Taladros Largos de acuerdo a los parámetros geomecánicos permiten y sugieren dimensiones recomendadas de 8m de ancho, 45m de largo y 19m de altura de tajeo.
- Las cajas (techo y piso) muestran inestabilidad intermedia con la probabilidad de descaje de < 0.5 m (ELOS). Esta probabilidad puede incrementar por el tiempo de exposición al no rellenarse oportunamente. Bajo esas dimensiones el TJ658 del cuerpo Santa Rosa se encuentra estable con la probabilidad de descajes de 0.25m en las cajas por efecto del relajamiento a causa del espacio vacío.
- El cálculo de Cut Off para el método de minado Taladros Largos (dilución 12 a 18% y recuperación 82 a 85%) a un ritmo de producción de 3,000 toneladas por día, generó un costo de operación de 25 a 41 US\$/t y con 7.1 a 8.1% de Zn equivalente.
- El margen de utilidad bruta del método de explotación cut and fill, bench and fill y Taladros Largos fue de 368 US\$ MM, 435 US\$ MM y 595 US\$ MM respectivamente.
- El método de explotación a aplicarse en el planeamiento tipo LOM para la Compañía Minera Raura será el de taladros largos, por las condiciones geológicas, geomecánicas, geometalúrgicas y económicas.

RECOMENDACIONES

- La Perforación y Voladura se hará en Taladros Negativos supervisado por el Área de Voladura en coordinación con Ingeniería, cumpliendo el diseño y minimizando los efectos de la voladura a las cajas.
- Las labores de preparación se deben desarrollar cerca de la caja techo del cuerpo mineralizado.
- Para el control del relajamiento en Ventanas y Subniveles, el sostenimiento será con malla más slit set sistemático hasta la altura de la gradiente.
- Para el control del relajamiento con desprendimiento de rocas de las cajas, se completará el relleno como máximo hasta el nivel superior cuando la longitud de espacio vacío supere los 45m, según los cálculos de la estabilidad de Mathews.

BIBLIOGRAFIA

- Bienawski, Z.T. 1989.** Engineering rock mass classifications. New York: Wiley.
- Hoek, E., Kaiser, P.K. and Bawden. W.F. 1995.** Support of underground excavations in hard rock. Rotterdam: Balkema.
- José Ramón Martínez Catalán 2002.** Geología Estructural y Geodinámica "Comportamiento Frágil" Universidad de Salamanca.
- Luis I. Gonzales de Vallejo. 2002** "Ingeniería Geológica". Editorial Pearson Educación, Madrid.
- Raúl Castro (Universidad de Chile), Ph.D. University of Queensland, Australia. 2010** "Programa internacional en Diseño de Minas Subterráneas". Organizado por BS GRUPO S.A.C.
- Córdova, J. (2009/1 0/02). (1)** "Minera Casapalca".
- Huarcaya, C. (2008).** 7mo. Congreso de Minería, "Explotación de Vetas por Subniveles con Taladros Largos". Huaraz, Perú.(2)
- SRK CONSULTING. 2017.** Estudio Global de la Unidad Minera Raura - Aspectos Geomecánicos. Compañía Minera Raura S. A. Lima: s.n., 2017. Informe Interno.
- Puchoc, D. (2002).** "Estudio de Aplicación de Taladros Largos en la Zona Gayco Compañía Minera Raura", Lima, Perú.(3)
- José Moran Montoya Lima – Perú (2009)(4)** "Análisis técnico económico para explotar por taladros largos el tajeo 775 en la unidad de Uchucchacua de la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A"
- Leidy Guerrero Sandoval (Piura – Perú 2015)** "aplicación de taladros largos en vetas angostas Compañía Minera Raura S.A "

Universidad politécnica de Madrid Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Minas (Madrid - noviembre 2007). “Diseño de explotaciones e infraestructura mineras subterráneas”

Alejandro Novitzky (Buenos Aires - 1975). “Métodos de explotación subterránea y planificación de minas”

Hustrulid W.A. Inc – 1982. “Underground Mining Methods Handbook”, Edit The American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineer’s

Presidencia de la república de Perú, Decreto supremo N° 055-2010-EM, Decreto supremo que aprueba el reglamento de seguridad y salud ocupacional y otras medidas complementarias en minería, Lima, Perú.

Memoria Anual de Compañía Minera Raura 2018.

Plan de minado anual 2018 de Compañía Minera Raura.

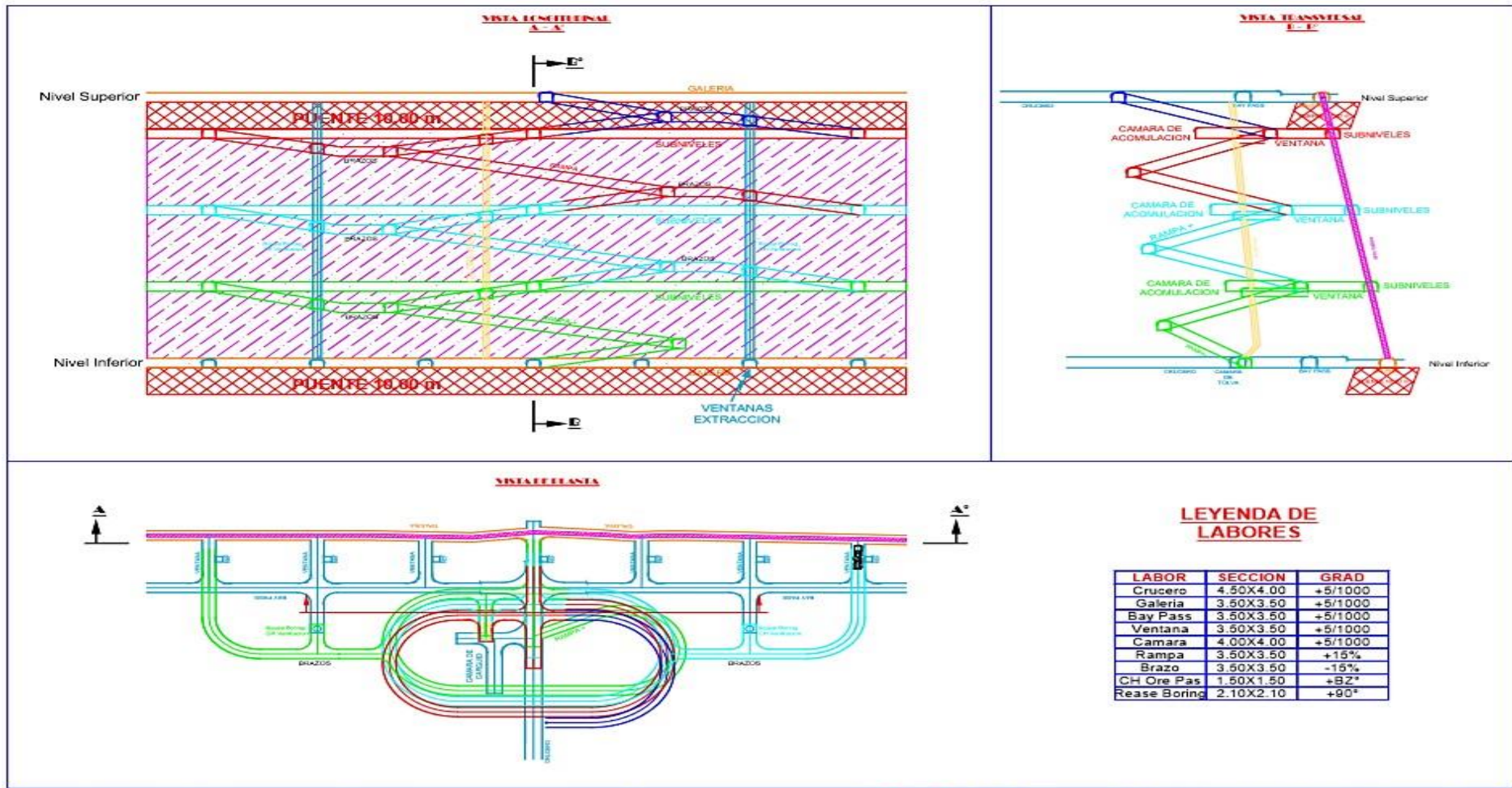
Informes Mensuales del Departamento de Seguridad de Compañía Minera Raura S.A.

Raura, Información Geológica y estructural.

ANEXOS

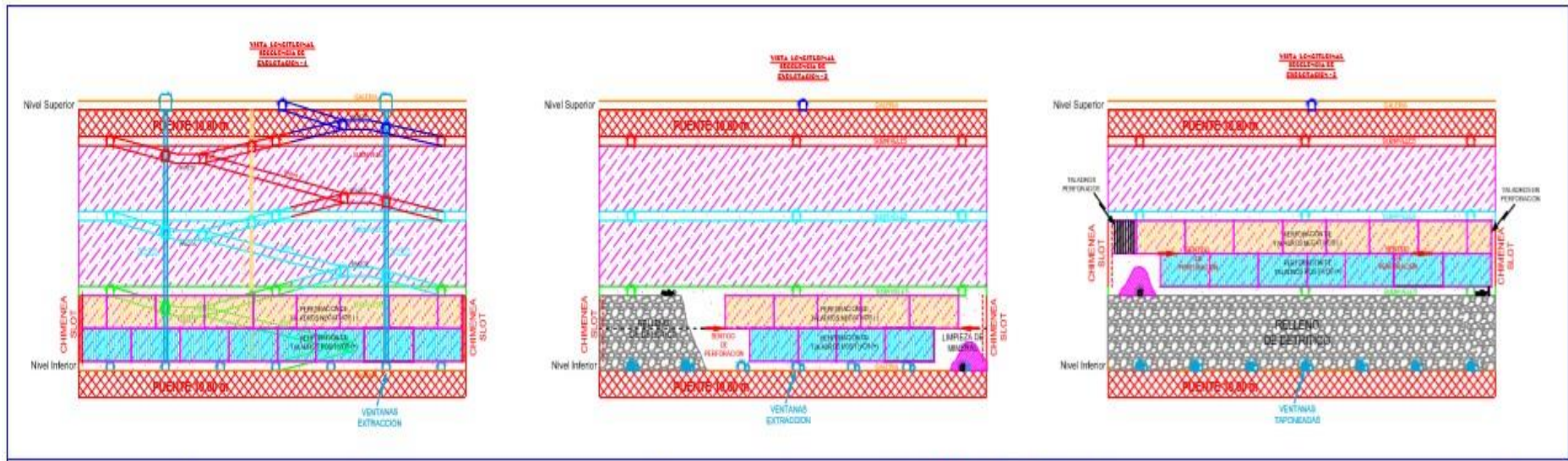
ANEXO I
PLANOS GENERALES

: Método de Explotación Sub Level Stoping - Hundimiento por subniveles



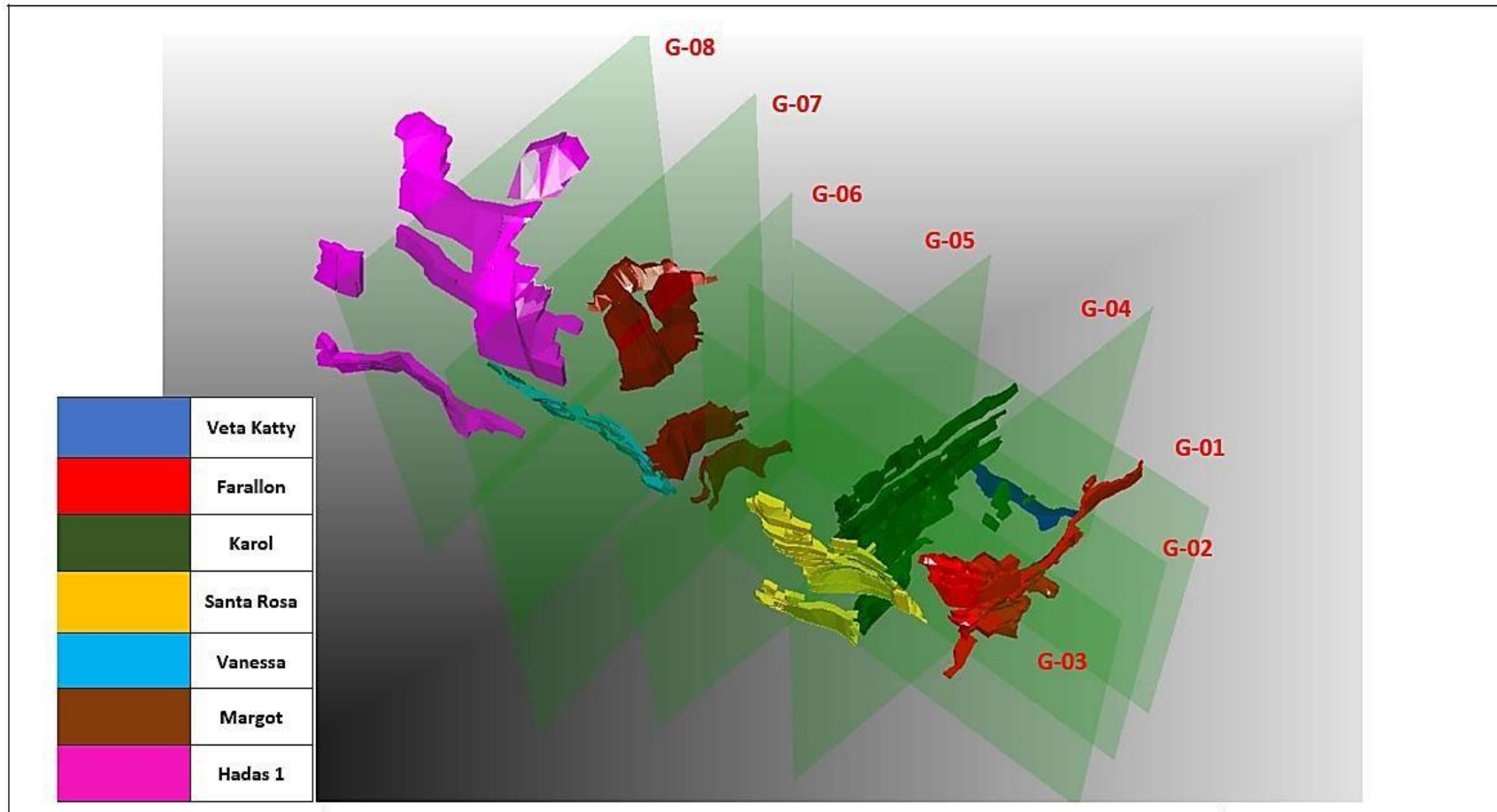
Fuente: Departamento de Geología

Secuenciamiento del Método de Explotación Sub Level Stopping – Hundim



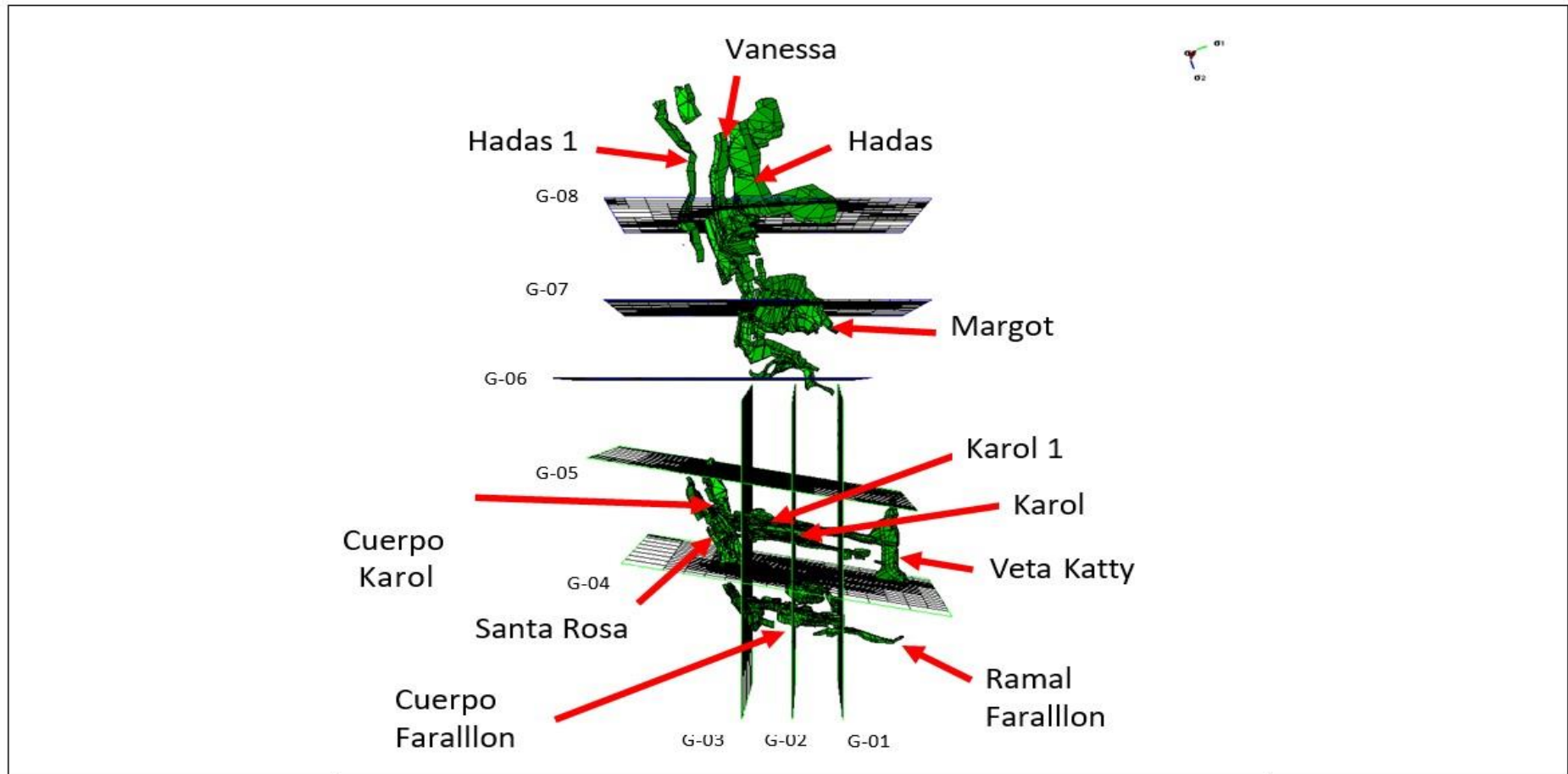
iento por subniveles

Aspectos Geomecánicos zona sur Unidad Minera Raura



Fuente: Departamento de Geología

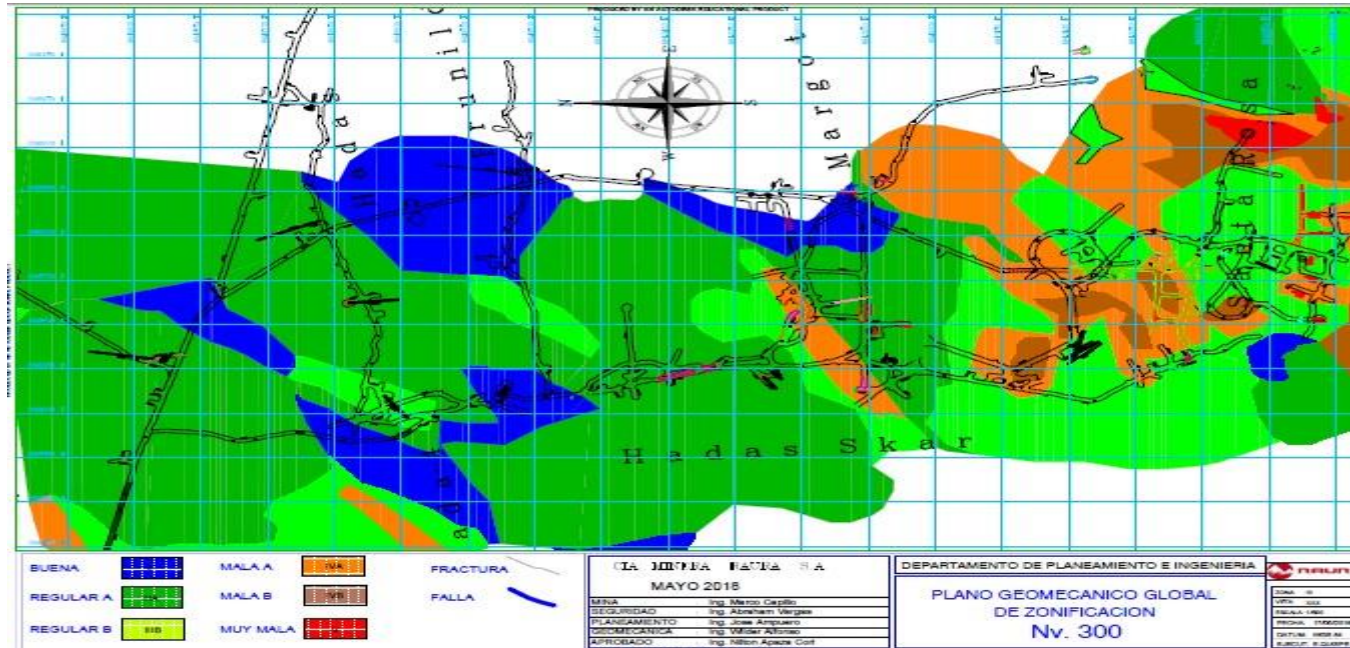
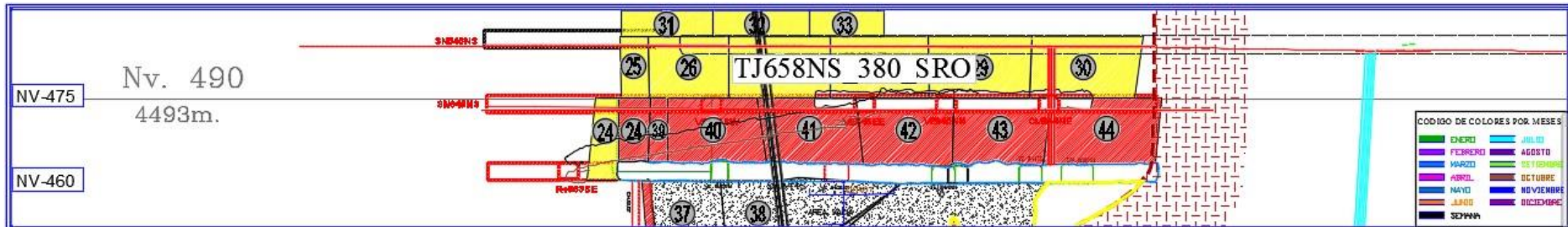
Aspectos Geomecánicos zona sur Unidad Minera Raura



Fuente: Departamento de Geología

ANEXO II
GEOMECANICA

PROPIEDADES GEOMECÁNICAS TJ 658 NV 300



Clasificación del macizo rocoso

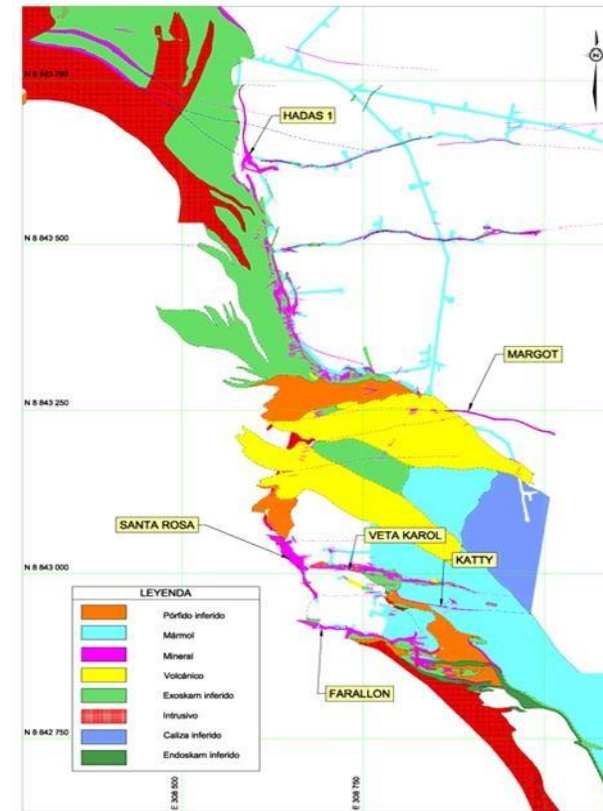
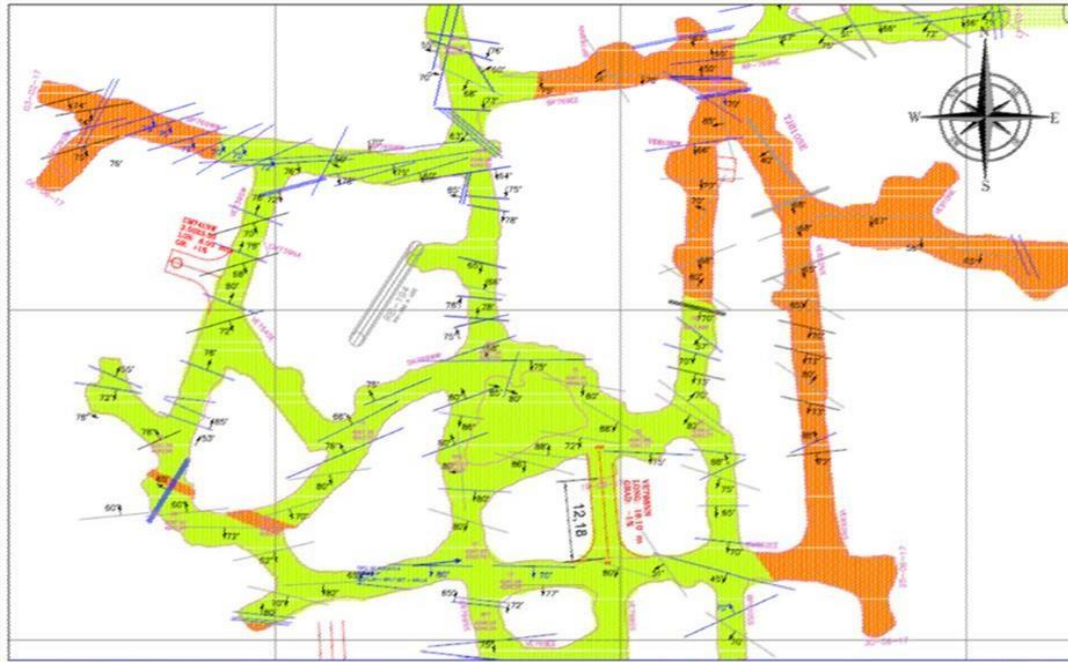
CLASIFICACION DEL MACIZO ROCOSO SEGUN SU G.S.I.			
TIPO DE MACIZO ROCOSO		LABORES PERMANENTES DE 2.2M A 3.0M	LABORES TEMPORALES (TAJEOS)
A	(LF/MB); (LF/R); (F/B); (LF/B); (F/MB); (MF/MB)	PERNO OCASIONAL	PERNO OCASIONAL O PUNTALES PARA CONTROL DE BLOQUES
B	(LF/R); (F/B); (MF/MB); (LF/P); (F/R); (MF/B)	PERNO SISTEMÁTICO DE (1.5x1.5 m) MÁS MALLA OCASIONAL	PERNO SISTEMÁTICO DE (1.5x1.5M) O PUNTALES DE SEGURIDAD ESPACIADOS A 1.5
C	(F/P); (MF/R); (IF/B)	PERNO SISTEMÁTICO (1.2x1.2 m) MÁS MALLA OBLIGATORIA	PERNO SISTEMÁTICO (1.2x1.2M) MÁS MALLA O PUNTALES GUARDACABEZA
D	(MF/P); (IF/R); (T/R); (F/MP); (MF/MP); (IF/P)	CUADROS DE MADERA ESP. DE 1.0 - 1.2M	CUADROS DE MADERA ESP. DE 1.5 M
E	(IF/P); (T/R); (MF/MP); (IF/MP); (T/P); (TMP)	CIMBRAS METALICAS VIGAS H4 O CUADROS ESPACIADOS DE 0.7 - 1.0 M	CUADROS DE MADERA ESP. DE 1.0 M

Fuente: Departamento de Geología

Sistema de clasificación

SISTEMA DE CLASIFICACION INDICE Q (TAMANO DE BLOQUE, RESISTENCIA AL CORT E ENTRE BLOQUES, TENSIONES ACTIVAS)		ESTACION E75		PARAMETROS		RQD		UNIDAD			
MING: RAU/RA TIPO: ZB SERVO: VARESA COB. EXPONIBLE: ENI COB. LABOR: ATE POP: V. BAJUN		FACTA: 15-09-18 PROYECTO: 7220 L. BLOQUE: BARRN PRESION: PZC 18-13W CONTROL DE TRUENOS: JUNTA ROT. R: 6.90		2 30 3 30 4 30 5 30 6 30 7 30 8 30 9 30 10 30		11 30 12 30 13 30 14 30 15 30 16 30 17 30 18 30		19 30 20 30 21 30 22 30 23 30 24 30 25 30 26 30 27 30		28 30 29 30 30 30 31 30 32 30 33 30 34 30 35 30	
SISTEMA RMR RANGO VALOR Resistencia a compresion uniaxial (MPa) RQD Numero de discontinuidades (n)				RANGO VALOR 1-10 11-20 21-30 31-40 41-50 51-60 61-70 71-80 81-90 91-100				RANGO VALOR 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100			
COORDINADA DE DISCONTINUIDADES P. BARRA BARRA Q. BARRA P. BARRA				P. BARRA BARRA Q. BARRA P. BARRA 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35				P. BARRA BARRA Q. BARRA P. BARRA 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35			
COORDINADA DE DISCONTINUIDADES RMR = 55 QUR DESCRIPCION				RMR = 55 QUR DESCRIPCION				RMR = 55 QUR DESCRIPCION			
SISTEMA DE CLASIFICACION Q RANGO VALOR Numero de discontinuidades Numero de rugosidad Numero de BARRA Numero de BARRA Factor de reduccion de las fuerzas (ver tabla de fuerza)				RANGO VALOR 1-5 6-10 11-15 16-20 21-25 26-30 31-35 36-40 41-45 46-50 51-55 56-60 61-65 66-70 71-75 76-80 81-85 86-90 91-95 96-100				RANGO VALOR 1-10 11-20 21-30 31-40 41-50 51-60 61-70 71-80 81-90 91-100			
$Q = (RQD/J_1) \times (J_2 / J_3) \times (J_4 / SRF)$ $Q = (RQD/J_1) \times (J_2 / J_3)$ RMR = 55 LA Q = 45 RMR = 55 LA Q = 45				$Q = 3.39$ Q = 10.30 CALCULADO Q = 3.39733				$Q = 3.39$ Q = 10.30 CALCULADO Q = 3.39733			
INDICE DE RESISTENCIA GEOLOGICA TABLA GEOMECANICA (IS)				INDICE DE RESISTENCIA GEOLOGICA TABLA GEOMECANICA (IS)				INDICE DE RESISTENCIA GEOLOGICA TABLA GEOMECANICA (IS)			
OBSERVACIONES				OBSERVACIONES				OBSERVACIONES			

Plano Geomecánico



Fuente: Elaboración Propia

ANEXO III
REPORTE DE RECURSOS

1.0 ALCANCE

Determinar los recursos totales para el Estudio del Cuerpo Santa Rosa - Minera Raura.

2.0 OBJETIVOS

El presente documento contiene como resultado reporte de recursos totales brindados por Minera Raura, el cual servirá para realizar el reporte de reservas.

3.0 BASES DE CÁLCULO

Los cálculos están basados en la información proporcionada por Minera Raura (modelo de bloques).

Archivo de base de datos: skarn_raura

4.0 PROCEDIMIENTO

Para calcular el reporte de recursos se realizaron los siguientes pasos:

1.- Ingreso de la información del modelo de bloques (formato csv) al software Datamine.

2.- Codificación del modelo y cálculo del porcentaje topográfico debajo de la superficie, esto con el objetivo de no reportar partes de bloques que están encima de la topografía.

3.- En el software Datamine, con la herramienta “Wireframe Dinamic” se reportó el total de los recursos dividido en categoría geológica (Medido, Indicado e Inferido).

5.0 CONSIDERACIONES

Para el Reporte de recursos se consideraron el porcentaje topografico por debajo de la superficie.

***Obs. 1:** Para este cálculo no se consideró los recursos potenciales.

***Obs. 2:** Dentro de los reportes se considera a la potencia del Skarn Raura (POT).

6.0 HERRAMIENTA COMPUTACIONAL

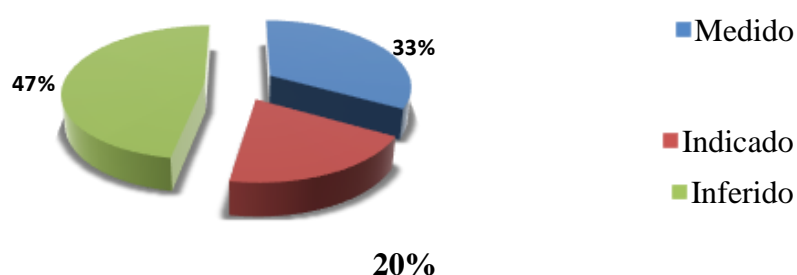
Las herramientas computacionales utilizadas son las hojas de cálculos Excel y el Software Datamine.

7.0 RESULTADOS

7.1 Reporte de Recursos Totales

Categoría Geológica	Tonelaje	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	Ag (Oz/t)	Cut Off	US (\$)	Zn Eq TMF
Medido	5,184,800	0.28	2.33	5.20	2.67	44.30	147	521,800
Indicado	3,067,300	0.24	2.13	4.28	2.71	44.30	131	272,800
Inferido	7,398,600	0.31	2.01	6.28	2.59	44.30	156	804,600
Total	15,650,700	0.29	2.14	5.53	2.64	44.30	148.12	1,599,200

7.2 Distribución de Recursos



7.3 Reporte Recursos Medido e Indicado

Recursos	Tonelaje	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	Ag (Oz/t)	Cut Off	US (\$)	ZnEq (TMF)
Med + Ind	8,252,100	0.27	2.26	4.86	2.68	44.30	141	429,247

8.0 CONCLUSIONES

- Los recursos geológicos totales (medido, indicado e inferido) obtenidos para el proyecto son: 15'650,700 tn.
- Los recursos medido e indicado representan el 53% de recursos total, (8'252,100.00 tn).
- Los recursos medido e indicado tienen leyes de: Cu 0.27%, Pb 2.26%, Zn 4.86% y Ag 2.69 oz/t. - Los resultados obtenidos servirán para compararlo con los resultados de la estimación de reservas de Minera Raura realizado (probado, probable y posible).

Fuente: Departamento de Geología

ANEXOS IV
DIMENSIONAMIENTO

1.0 ALCANCE

El presente documento determina el ritmo de producción para una operación minera.

2.0 OBJETIVOS

Determinar el ritmo de producción en toneladas por día (tpd) para el Estudio Conceptual de la memoria de Tesis.

Determinar el dimensionamiento de producción para los siguientes métodos de minado de:

CFS: Cut and Fill Stopping

BFS Bench and Fill Stopping (Con Relleno)

SSL Sublevel Stopping Longitudinal (Con Relleno)

MC-008-2018-JCB Reporte de recursos

3.0 DESCRIPCIÓN

El dimensionamiento de una mina está en función a muchos Factores tales como: condiciones de mercado y precio de productos, ley y reservas del mineral, actitudes políticas del gobierno, factores medio ambientales entre otros.

En la literatura técnica existen algunas fórmulas empíricas para la estimación del tamaño de producción; calculada en función a las reservas estimadas consideradas como explotables dentro de un yacimiento.

Además, las fórmulas nos permiten aproximar la vida óptima de explotación (VOE) los cuales nos pueden dar valores de referencia, el cual en muchos casos es tomado como punto de partida para un proyecto. Esta función es válida para minas a tajo abierto y subterráneas, metálicas y no metálicas según especifica cada autor.

Las fórmulas como se puede ver líneas abajo depende del tonelaje de recursos de mineral existentes en el yacimiento TAYLOR (1976).

$$VOE(\text{años}) = 6.5(\text{reservas} - Mt)^{0.25} (1 \pm 0.2)$$

VOE (años) : Vida Óptima de Explotación
(Reservas-Mt) : Reservas expresadas en Millones de Toneladas

Glosario

TPA : Toneladas por Año
TPD : Toneladas por Día

5.0 CONSIDERACIONES

Metodo de Minado	Unid	CFS	BFS	SSL
Ley de corte Zn Eq (*)	% t	3.97%	3.63%	5.51%
Recursos descontado **	%	8,252,100	8,252,100	8,252,100
Dilución	%	12%	18%	13%
Recuperación		85%	82%	85%
Reservas	T	7,855,999	7,984,732	7,926,142

Dias de Trabajo por año 365

* Ley de corte Zn Eq: Leyes de corte estimadas

** Reporte de Recursos

6.0 HERRAMIENTA COMPUTACIONAL

Las herramientas computacionales utilizadas son las hojas de cálculos Excel.

7.0 RESULTADOS

Método de Minado	Unid.	<u>CFS</u>	<u>BFS</u>	<u>SSL</u>
VOE	años	[8.7 ; 13.1]	[8.7 ; 13.1]	[8.7 ; 13.1]
VOE Promedio	años kt	10.9	10.9	10.9
TPA	kt t t	[900 ; 600]	[900 ; 600]	[900 ; 600]
TPA Promedio TPD		752	761	757
TPD Promedio		[2000 ; 2000]	[2000 ; 3000]	[2000 ; 2000]
		2,060	2,086	2,074

8.0 CONCLUSIONES

La producción promedio obtenida para el método de Cut and Fill Stopping es de 1,977 tpd

La producción promedio obtenida para el método de Bench and Fill Stopping (Con relleno) es de 2174 tpd

La producción promedio obtenida para el método de Sublevel Stopping Longitudinal (Con Relleno) es de 1,888 tpd

La máxima producción se podría alcanzar empleado los métodos de minado de Bench and Fill Stopping (Con Relleno)

BISA recomienda que para esta etapa del proyecto la producción sea 50,000 tpd, y en los posteriores estudios a realizarse determinar la producción promedio estimada líneas arriba.

8.0 BIBLIOGRAFÍA

C. Lopez Jimeno & M. Bustillo Revuelta: "Manual de Evaluación y Diseño de Explotación Mineras" pag, 482,483

Fuente: Departamento de Geología

ANEXO V
BENCH MARKING

1.0 ALCANCE

El presente documento compila información con los indicadores claves en operaciones similares al Cuerpo Santa Rosa - Minera Raura.

2.0 OBJETIVOS

Determinar el costo operativo de minado masivo y parámetros de diseño como dilución y recuperación para el Cuerpo Santa Rosa - Minera Raura.

3.0 BASES DE CÁLCULO

Los cálculos están basados en la información recopilada de operaciones y proyectos similares:

4.0 BENCHMARKING

Consiste en comparar aquellos indicadores claves como producción(tpd),dilución recuperación, etc. que pertenezcan a operaciones de minado similares los cuales evidencien las mejores prácticas.

CFS Cut & Fill Stoping

BFS Bench and Fill Stoping (con relleno)

SSL Sublevel Stoping Longitudinal(con relleno)

4.1 Parámetros de Diseño

Metodo	Mina	TPD	Elemento	Cut-Off	Dilución	Recuperación
Cut & Fill Stoping CFS	Catalina Huanca	1,322	Zn, Cu, Pb	3.69%	13%	90%
	Mina Chipmo	468.33	Ag, Au	0.48 oz/t	12.24%	95%
	Castrovirreyna	491.67	Pb, Ag, Au, Zn,	1.13%	16.72%	92%
	Morococha	481	Pb, Ag, Au, Zn,	3.62%	10%	79%
	Raura	2,770	Zn, Pb, Cu, Ag	44.30 \$/t	6%	85%
Bench and Fill Stoping con relleno BFS	Pallancata	1815	Ag, Au Zn, Pb,	1.67%	18%	82%
	Raura	2,770	Cu, Ag	44.30 \$/t	10%	93%
Taladros Largos Longitudinal(con relleno) SSL	Cerro lindo	18,000	Pb, Zn, Cu Pb,	1.32%	15%	80%
	Morococha	481	Ag, Au, Zn,	3.62%	8%	79%
	Raura	2,770	Zn,Pb,Cu,Ag	44.30 \$/t	13%	75%

4.2 Costos

Metodo	Mina	TPD	Costo Mina	Costo Planta
Cut & Fill Stoping Stoping CFS	Catalina Huanca	2,150	35.0	11.0
	Mina Chipmo	468.3	33.07 35.62	-
	Minera Castrovirreyna	491.67	37.25	3.70 3.50
	Mina Morococha	481	36.50	5.40
	Mina Raura	2,770		
Bench and Fill Stoping (con relleno) BFS	Pallancata	1,815	34.70	9.97
	Raura	2,770	36.50	5.40
Sub-level Stoping Longitudinal(con relleno) SSL	Cerro lindo	18,000	14.40	7.00
	Morococha	18,000	19.71	3.50
	Raura	2,770	36.50	5.40

5.0 HERRAMIENTA COMPUTACIONAL

Las herramientas computacionales utilizadas son las hojas de cálculos Excel.

6.0 RESULTADOS

Método	TPD	Cut - Off	Costo Mina	Dilución	Recuperación
CF	3,000	3.00%	40.0	13%	85%
BF	3,000	1.70%	36.0	18%	82%
SSL	3,000	5.20%	58.1	15%	80%

7.0 CONCLUSIONES

- A. El costo de minado aproximado del metodo de minado cut and fill stoping es de 40 \$/ton, sacando costo de dilución, recuperación etc.
- B. El costo de minado aproximado del método de minado bench and fill stoping es de 36 \$/ton, sacando costo de dilución, recuperación, etc.
- C. El costo de minado aproximado del método de minado sublevel stoping longitudinal es de 58.1 \$/ton, sacando costo de dilución, recuperación, etc.

8.0 RECOMENDACIONES

- A. para la siguiente etapa se debe afinar costo para cada uno con datos reales.

Fuente: Departamento de Geología

ANEXO VI
TRADE OFF

1.0 ALCANCE

Determinar el método de minado mas apropiado para el Estudio de Tesis:
"Implementación del Método de Explotación Sublevel Stopping - Cuerpo Santa Rosa -
Raura

2.0 OBJETIVOS

Determinar el método de minado con mayor utilidad bruta el cual permita una explotación de 3,000 tpd.

Métodos de Minado Pre-Seleccionados

B&F: Bench and Fill Stopping

SLS Sublevel Stopping Longitudinal (con relleno)

C&F: Cut & Fill Stopping

3.0 BASES DE CÁLCULO

Los cálculos están basados en la siguiente información:

ANEXO C	Reporte de Recursos
ANEXO D	Cálculo del Dimensionamiento de Producción
ANEXO E	Benchmarking Método de Explotación
ANEXO F	Cálculo del Cut Off
Precios de los Metales	Proporcionado por Minera Raura
Parámetros de Cálculo	Proporcionado por Minera Raura

4.0 DESCRIPCIÓN

Para determinar el método de minado que se adecue al yacimiento se realizaron los siguientes pasos:

- 1.- Determinar el cut off y reporte de recursos por método de minado.
- 2.- Calculo de costo operativo
- 3.- Calculo del NSR por método de minado
- 4.- Determinar Margen bruto por método de minado

5.0 PROCEDIMIENTO

Costo Operativo

Descripción	Unid.	C&F	SLS	B&S
Planta	US\$/t	5.4	5.4	5.4
Administración	US\$/t	1.4	1.4	1.4
Transporte	US\$/t	0.0	0.0	0.0
Costo Mina	US\$/t	47	18	34
<hr/>				
Costo Total	US\$/t	54	25	41

6.0 HERRAMIENTA COMPUTACIONAL

Las herramientas computacionales utilizadas son las hojas de cálculos Excel.

7.0 RESULTADOS

Realizando el Cálculo de los factores del NSR y la ley equivalente se tienen las siguientes fórmulas.

7.1.- RESUMEN

Método de Minado	Cut - Off	NSR
	ZnEq %	US\$/t
Bench and Fill Stopping	3.63	113
Sublevel Stopping Longitudinal	5.51	113
Cut & Fill Stopping	3.97	113

8.0 CONCLUSIONES

Tomando en consideración los costos de minado escalados a un ritmo de producción de 3000 tpd para el método Cut & Fill, 3000tpd para Sub level Stopping y 3000tpd para Bench & Fill se obtuvo los Cut-Off equivalentes en zinc por método de minado obteniendo que el menor cut-off es para el Bench and Fill Stopping (3.68% ZnEq).

9.0 ANEXOS

SELECCIÓN DE MÉTODO DE MINADO

SELECCIÓN DEL MÉTODO DE MINADO

ITEM	Unid	Bench and Fill	Sub level Stoping	Cut and Fill 3,000
Producción	tpd	3,000	3,000	3,000
Ley Corte Eq_Zn % - CutOff Marginal	%	0.664	0.664	0.664
<u>Recursos Minerales Marginales</u>	t	7,398,600	7,398,600	7,398,600
Zn	%	5.53	5.53	5.53
Pb	%	2.01	2.01	2.01
Ag	Oz/t	2.59	2.59	2.59
Cu	%	0.31	0.31	0.31
ZnEq	%	9.88	9.88	9.88
NSR	US\$/t	116	116	116
<u>Costo de Operación (OPEX)</u>				
Mina	US\$/t	34	18	47
Planta	US\$/t	5.40	5.40	5.40
Administración	US\$/t	1.35	1.35	1.35
Transporte	US\$/t	0.00	0.00	0.00
TOTAL	US\$/t	41	25	53
Ley Corte Eq_Zn %	%	3.630	5.507	3.970
Tipos de Mineral		Medido,	Medido,	Medido,
Clase de Recursos		Indicado	Indicado	Indicado
<u>Recursos</u>	t	8,252,100	8,252,100	8,252,100
Zn	%	4.86	4.86	4.86
Pb	%	2.26	2.26	2.26
Ag	Oz/t	2.69	2.69	2.69
Cu	%	0.27	0.27	0.27
ZnEq % MAHO	%	9.57	9.57	9.57
NSR	US\$/t	113	113	113
MAHO				
Recuperación	%	82	85	85
Dilu MAHO	%	18	12	13
<u>Reservas Minables (*)</u>	t	7,984,732	7,855,999	7,926,142
Zn	%	4.119	4.339	4.301
Pb	%	1.915	2.018	2.000
Ag	Oz/t	2.280	2.402	2.381
Cu	%	0.229	0.241	0.239
ZnEq %	%	8.108	7.099	7.032
NSR	US\$/t	95	101	100
Costo Total	US\$/t	41	25	53
Margen	US\$/t	54.4	75.8	46.5
Utilidad Bruta	US\$ MM	435	595	368