

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



T E S I S

Plan de desarrollo minero para determinar el mineral económicamente explotable con el software MSO (minable shape optimizer), Mina Ticlio – Volcán Compañía Minera S.A.A. - 2021

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. Ruben Edson RICRA MARCELO

Asesor:

Mg. Nieves Oswaldo GORA TUFINO

Cerro de Pasco – Perú – 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



T E S I S

Plan de desarrollo minero para determinar el mineral económicamente explotable con el software MSO (minable shape optimizer), Mina Ticlio –

Volcán Compañía Minera S.A.A. - 2021

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Vicente César DÁVILA CÓRDOVA

PRESIDENTE

Mg. Nelson MONTALVO CARHUARICRA

MIEMBRO

Mg. Toribio GARCÍA CONTRERAS

MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
Facultad de Ingeniería de Minas
Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas



Firmado digitalmente por COMDOR
SUROCCUNACLU Santa Silvia FAU
2019.06.02 09:58:48
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 21.12.2024 09:38:48 -05:00



INFORME DE ORIGINALIDAD N° 077-2024

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el Software Turnitin Originality, que a continuación se detalla:

Presentado por:

Bach. Rubén Edson RICRA MARCELO

Escuela de Formación Profesional
Ingeniería de Minas

Tipo de trabajo:
Tesis

Título del trabajo
Plan de desarrollo minero para determinar el mineral económicamente explotable con el software MSO (minable shape optimizer), Mina Ticlio – Volcán Compañía Minera S.A.A.-2021

Asesor:

Mg. Nieves Oswaldo GORA TUFINO

Índice de Similitud: **15 %**

Calificativo
APROBADO

Se adjunta al presente el informe y el reporte de evaluación del software similitud.

Cerro de Pasco, 20 de diciembre de 2024.

Sello y Firma del responsable
de la Unidad de Investigación

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado con mucho cariño a mis padres por su gran apoyo en mi formación personal y profesional, sin ellos no tendría la oportunidad de lograr mis objetivos trazados en mi vida.

AGRADECIMIENTO

Un reconocimiento especial a mi familia quienes, con su apoyo, moral y económico, me han dado las facilidades para concretizar mi cumplimiento de mis objetivos en mi formación profesional y así poder lograr todo lo trazado.

A mi alma mater la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, por ende a la Facultad de Ingeniería de Minas, a los profesionales que conforman esta facultad, quienes me han acogido en sus aulas de pregrado, inculcándome enseñanzas, que me servirán para mi futuro como profesional en la carrera de Ingeniería de Minas.

RESUMEN

La mina Volcan Ticlio se encuentra situada en la región central del Perú, dentro de los distritos de Chicla y Morococha de las provincias de Lima y Junín, correspondientemente. Geográficamente se hallan estratégicamente ubicado a 130 kilómetros de la zona minera de Morococha. Lima está a 40 kilómetros. Desde la ciudad de La Oroya se encuentran interconectados por vías pavimentadas y vías férreas.

En esta zona se puede observar el Domo de Yauli, cuya orientación se basa en los pliegues y fallas de los Andes, en la zona central de esta ventana tectónica aparece la “base Paleozoica”, mientras que los lados están cubiertos por sedimentos mesozoicos y cenozoicos. rocas, por ejemplo, Plutones de la diorita Anticona ingresaron a las calizas del Grupo Pucará, las areniscas de la Formación Goyllarisquizga, las calizas de Chulec, la Formación Pariatambo (Grupo Machay), la Formación Jumasha y los lechos rojos del Grupo Casapalca. También se encontraron cuarzos monzonita tipo "Ticlio".

Las reservas minerales se determinan de acuerdo con las especificaciones JORC (Specifications Joint Ore Reserves Committee) y los estándares internacionales NI43-101 (National Instruments). Los métodos de minería utilizados bajo condiciones estructurales y geomecánicas que nos permiten realizar una minería segura se toman en cuenta al determinar las reservas minerales. Tiene alta productividad.

Utilizando el modelo de bloque de recursos valiosos, introdúzcalo en el software de optimización del tajo minero MSO (Minable Shape Optimizer), que será responsable de aplicar todos los parámetros de modificación necesarios para estimar el desarrollo mineral económico dilutivo obtenido como resultado de la minería.

Palabras claves: Desarrollo Minero, Mineral Económicamente Explotable, Software MSO (Minable Shape Optimizer).

ABSTRACT

Volcano The Ticlio mine is located in the central region of Peru in the districts of Chicla and Morococha, departments of Lima and Junín respectively. Geographically it is strategically located in the mining district of Morococha, 130 km away. from the city of Lima and 40 km. from the city of La Oroya, interconnected by a paved road and a railway.

In the area, the Yauli Dome can be seen, oriented according to folds and fractures of the Andean domain. In the central zone of this tectonic window appears the "Paleozoic socket" while the flanks are covered by Mesozoic and Cenozoic sedimentary rocks such as the limestone of the Pucará Group. , sandstones of the Goyllarisquizga Formation, limestones of the Chulec Formation, Pariatambo (Machay Group), Jumasha Formation and Red Layers of the Casapalca Group that are finally intruded by plutons of the Diorite Anticona, Quartz-monzonite "Ticlio" type.

The mineral reserves have been determined under the JORC code (Joint Ore Reserves Committee Code) and international standards NI43 - 101 (National Instrument) that considers the mining methods used under the structural and geomechanical conditions that allow us to carry out safe exploitation. Low cost with high productivity.

Using the valued resource block model, it is entered into a mining pit optimization software MSO (Minable Shape Optimizer), which will be in charge of applying all the necessary modifying parameters to estimate the diluted economic mineral that will be obtained as a result of the mining exploitation

Keywords: Mining Development, Economically Exploitable Mineral, MSO Software (Minable Shape Optimizer).

INTRODUCCION

Volcán Compañía Minera solicitó una evaluación tecnoeconómica de la mina Ticlio con el propósito de validar, revisar y dimensionar la infraestructura minera para planificar el buen aprovechamiento de los recursos minerales de acuerdo con los estándares de calidad requeridos y en cumplimiento de las políticas comerciales. para asegurar la sostenibilidad de la operación Sostenibilidad, utilizar el software MSO (Minable Shape Optimizer) para determinar minerales económicamente explotables.

En el planeamiento se continuo con la siguiente metodología: Compilando información geológica, geotécnica, topográfica, recursos minerales, indicadores de productividad, costos, balances metalúrgicos y otras áreas de apoyo para posteriormente comenzar con el diseño de la infraestructura general de la mina:

- El levantamiento topográfico y el diseño de infraestructura como rampas, By-passes, subniveles, galerías y cámaras se utilizaron en el diseño (Carguío, bombeo), Chimeneas Raise Bored para ventilación y servicios, etc.

- Modulo MSO (Minable Shape Optimazer), se utilizó para diseñar tajos económicamente explotables, utilizando la Ley de corte como variables de acceso y el método de dimensionamiento de tajos, Corte y Relleno ascendente (OCF), OCF con pilares y AVOCA (Combinación del C&RA con el SLS), procedimiento de diseño, rumbo y buzamiento de la estructura.

Finalmente, en la evaluación económica se determinó el aporte de la mina Ticlio. Si los ingresos se calculan a los precios utilizados en las estimaciones de reservas, los gastos de ventas los proporciona el área de marketing. El VPN se calcula utilizando una tasa de descuento del 10%.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCION

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del Problema.....	1
1.2.	Delimitación de la Investigación	2
1.2.1.	Ubicación.....	2
1.2.2.	Accesibilidad	3
1.2.3.	Geología regional - distrital.....	3
1.2.4.	Geología local.....	11
1.3.	Formulación del Problema	14
1.3.1.	Problema General	14
1.3.2.	Problemas Específicos.....	14
1.4.	Formulación de Objetivos	14
1.4.1.	Objetivo General	14
1.4.2.	Objetivos Específicos	15
1.5.	Justificación de la investigación.....	15
1.6.	Limitaciones de la Investigación	15

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1.	Antecedentes de Estudio.....	16
2.2.	Bases Teóricas - Científicas	19
2.2.1.	Software MSO (Mineable Stope Optimizer).....	19
2.2.2.	Geología – Geomecánica (Investigaciones básicas).....	23
2.2.3.	Clasificación de la masa rocosa.....	26
2.2.4.	Métodos de minado	26
2.3.	Definición de Términos básicos	29
2.4.	Formulación de Hipótesis.....	31
2.4.1.	Hipótesis General	31
2.4.2.	Hipótesis Específicos.....	31
2.5.	Identificación de las Variables	32
2.5.1.	Variable Independiente:.....	32
2.5.2.	Variable Dependiente:	32
2.6.	Definición Operacional de Variables e Indicadores.....	32

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1.	Tipo de Investigación	34
3.2.	Nivel de investigación	34
3.3.	Métodos de la Investigación.....	35
3.4.	Diseño de la Investigación.....	35
3.5.	Población y Muestra	35
3.5.1.	Población	35
3.5.2.	Muestra.....	35

3.6.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	36
3.6.1.	Descripción de las técnicas empleadas.....	36
3.6.2.	Instrumentos.....	36
3.7.	Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos.....	37
3.8.	Tratamiento Estadístico de Datos.....	37
3.9.	Orientación ética filosófica y epistémica.....	37

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1.	Descripción del trabajo de Campo.....	38
4.1.1.	Metodología de Estimación de Recursos.....	38
4.1.2.	Inventario de Recursos.....	40
4.1.3.	Inventario de Recursos por tipo de estructuras.....	40
4.2.	Presentación, Análisis e Interpretación de Resultados.....	45
4.2.1.	Metodología de Estimación de Reservas.....	45
4.2.2.	Parámetros Modificadores.....	46
4.2.3.	Inventario de reservas.....	47
4.2.4.	Inventario de reservas por tipo de estructuras.....	48
4.3.	Prueba de Hipótesis.....	50
4.4.	Discusión de Resultados.....	50
4.4.1.	Metodología de estimación.....	50
4.4.2.	Parámetros modificadores.....	51
4.4.3.	Proceso de estimación.....	52
4.4.4.	Inventario del mineral económico explotable.....	55
4.4.5.	Inventario del mineral económico explotable por tipo de estructura.....	56
4.4.6.	Comparativo – Reservas vs Mineral económico explotable.....	58

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Criterio para la Clasificación de la Masa Rocosa.....	26
Tabla 2 Operacionalización de Variables Independientes.....	32
Tabla 3 Operacionalización de la variable dependiente	33
Tabla 4 Inventario de Recursos Minerales	40
Tabla 5 Inventario por Tipo de Estructuras de Recursos Minerales.....	41
Tabla 6 Inventario de Recursos Minerales Vetas Medido - Indicado	41
Tabla 7 Inventario de Recursos Minerales Cuerpos Medido - Indicado	42
Tabla 8 Inventario de Recursos Minerales Mantos Medido - Indicado	42
Tabla 9 Inventario De Recursos Minerales Inferidos	42
Tabla 10 Inventario de Recursos Minerales Inferidos en Vetas	43
Tabla 11 Inventario de Recursos Minerales Inferidos en Cuerpos.....	43
Tabla 12 Inventario de Recursos Minerales Inferidos en Mantos	44
Tabla 13 Factores Aplicados en Mina Ticlio.....	47
Tabla 14 Inventario de Reservas Probado + Probable.....	48
Tabla 15 Inventario de Recursos que no son Reservas	48
Tabla 16 Inventario de Reservas por Tipo de Estructuras.....	48
Tabla 17 Inventario de Reservas Probado - Probable en Vetas.....	49
Tabla 18 Inventario de Reservas Probado + Probable en Cuerpos.....	49
Tabla 19 Ingreso de Información y Factores Modificadores.....	53
Tabla 20 Mineral Económico Explotable	55
Tabla 21 Mineral Económico por Tipo de Estructura	56
Tabla 22 Mineral Economico Medido - Indicado en Vetas.....	56
Tabla 23 Mineral Económico Inferidos en Vetas	57
Tabla 24 Mineral Economico Medidos + Indicados en Cuerpos	57

Tabla 25 Mineral Economico Inferidos en Cuerpos.....	58
-------------------------------------------------------------	----

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Ubicación de Mina Ticlio	2
Ilustración 2 Vista Panorámica de Mina Ticlio	3
Ilustración 3 Geología Distrital.....	4
Ilustración 4 Columna Estratigráfica.	8
Ilustración 5 Estandar Internacional Codigo Jorc.....	46
Ilustración 6 Estándar Mineral Económico Explotable	52
Ilustración 7 Solido Resultante del MSO (Mineable Shape Optimizer) – Veta Ramal Techo	54
Ilustración 8 Solido Resultante del MSO (Mineable Shape Optimizer) – Veta Principal	54
Ilustración 9 Solido Resultante del MSO (Mineable Shape Optimizer) – Veta Liliana	55
Ilustración 10 Variación Reservas Probados vs. Mineral Medido Economico Explotable	59
Ilustración 11 Variación Reservas Probable vs. Mineral Indicado Económico Explotable	60
Ilustración 12 Variación Reservas Probado + Probable vs. Mineral Medido + Indicado Económico Explotable.....	60

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del Problema

Las reservas minerales se determinan de acuerdo con las especificaciones JORC (Specifications Joint Ore Reserves Committee) y los estándares internacionales NI43-101 (National Instruments). Los métodos de minería utilizados bajo condiciones estructurales y geomecánicas que nos permiten realizar una minería segura se toman en cuenta al determinar las reservas minerales. Tiene alta productividad.

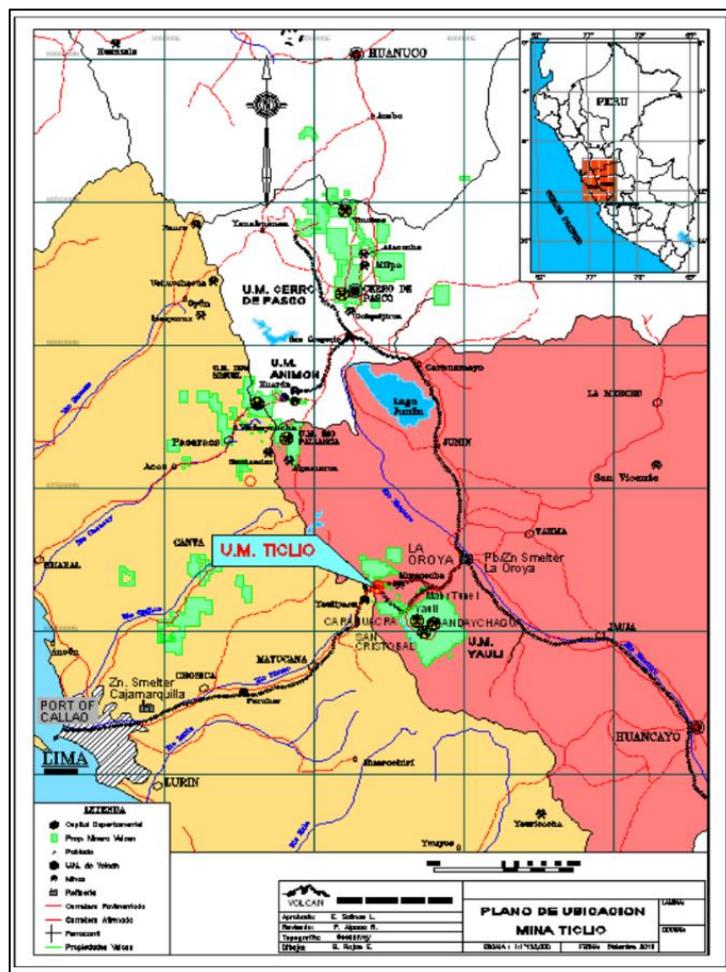
Ingrese el modelo de bloques de recursos valiosos en el software de optimización de mina MSO (Minable Shape Optimizer), el cual será responsable de aplicar todos los parámetros de modificación necesarios para estimar los minerales económicos diluidos obtenidos como resultado de la minería. El proceso de optimización proporciona mineros sólidos que generan el mayor beneficio económico posible y pueden contener los recursos medidos, indicados e inferidos en el diseño.

1.2. Delimitación de la Investigación

1.2.1. Ubicación

Yacimiento Ticlio propiedad de Cía. Volcán Minera S.A.A. Se encuentra situado entre las cuencas del Rímac y Mantaro, con las coordenadas UTM N8716000 – 8717500 y E-370500 – 372500. Está ubicado políticamente en medio de los distritos de Chicla (provincia de Huarochirí, departamento de Lima) y Morococha (provincia de Yauli, región Junín) de forma respectiva, a una altitud aproximado de 4800 msnm. Se sitúa con altitudes que oscilan entre los 4,600 a 5,000 msnm.

Ilustración 1 *Ubicación de Mina Ticlio*



1.2.2. Accesibilidad

Cuenta con infraestructura vial y ferroviaria y se ubica a una altitud de 4.600 a 5.000 metros, dista 130 kilómetros de la ciudad de Lima y 40 kilómetros de la ciudad de La Oroya, conectados por vías pavimentadas y vías férreas.

Ilustración 2 *Vista Panorámica de Mina Ticlio*



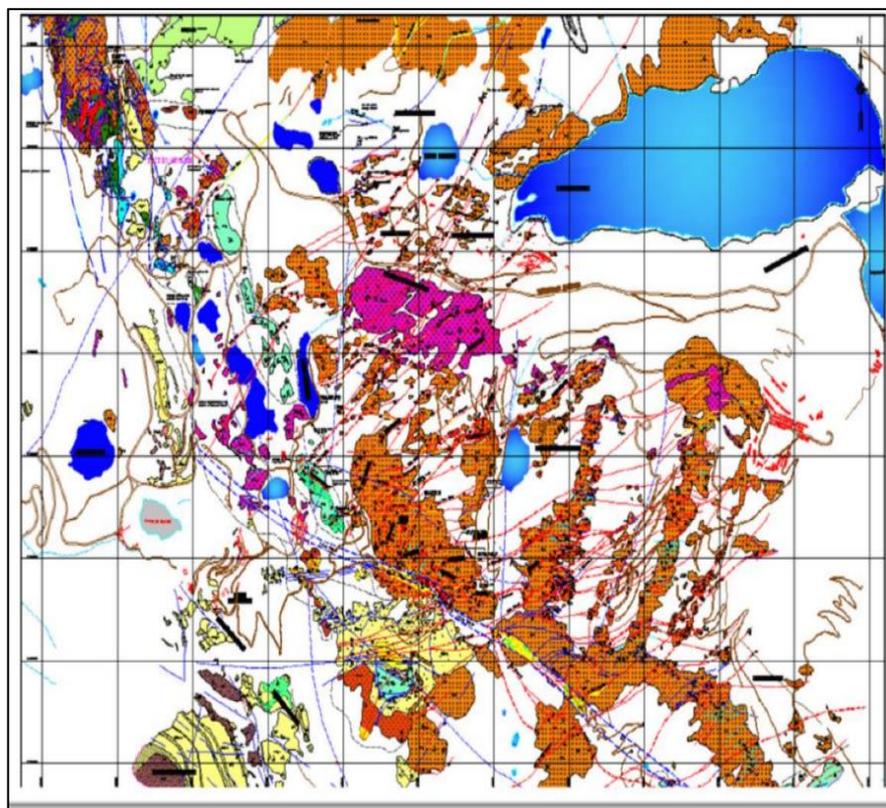
1.2.3. Geología regional - distrital

La principal estructura regional es el Domo Yauli (DY), que se extiende 35 km longitudinalmente y 10 a 15 km lateralmente desde SuitucanCHA al norte de Ticlio; la estructura tiene un rumbo promedio de N40°W, es asimétrica y se inclina 30° a 40° en el lado este, con el lado oeste inclinándose de 45° a 70°. Lateral al Domo Yuri hay un gran anticlinal, que consta de tres anticlinales, el anticlinal Pomacocha al oeste, el anticlinal San Cristóbal Morococha en el medio y el anticlinal Ultimátum al este.

La morfología del Domo Eury es alargada, con pliegues y fracturas similares a las del dominio andino. En el centro de esta ventana estructural se encuentra la "base Paleozoica", mientras que en los laterales se encuentran rocas

sedimentarias Mesozoicas y Cenozoicas, como las calizas del Grupo Pucará, las areniscas de la Formación Goyllarisquizga, las calizas de Las Formaciones Chulec, Pariatambo y Jumasha, y las capas Rojas del Grupo Casapalca. Finalmente, la diorita tipo Anticona, la monzonita cuarzo Toromocho, la monzonita cuarzo "Ticlio", etc.

Ilustración 3 *Geología Distrital*



El sistema de fractura NE-SW cruza DY lateralmente. Una línea geomórfica importante a 120°E se encuentra al suroeste del DY y lo corta diagonalmente, influyendo en las rocas del basamento y modulando la morfología del área. Esta curva de nivel se puede observar vía imágenes satelital y traza sus trazos desde el poblado de Pachacayo en el extremo sureste hasta Casa Palca en el noroeste, pasando por Andéchagua y Caravaquela; la posición de la línea es consistente con la región las ubicaciones de las mayores los depósitos coinciden.

El anticlinal de Morococha y el área de Ticlio forman parte del Domo Yauli, una "ventana tectónica" en los Andes centrales peruanos en que se ubica mineralización polimetálica de Pb-Zn-Ag(Cu) en estructuras de vetas, mantos y zonas de reemplazo. El volumen, el metasomatismo y la propagación del tipo pórfido del cobre (Mo-Au) están asociados con diferentes eventos de mineralización asociados con tipos básicos de fuerte actividad intrusiva del Terciario Medio al Superior (Mioceno – R. Moritz et al., 2002). Ácido, exhibiendo cierta zonificación regional que controla las ventajas de la mineralización.

En la zona se encuentran dos orogénias. El primero ocurrió en el pre-Mesozoico y provocó un intenso plegamiento de la filita Excélsior.

El segundo corresponde al plegamiento de rocas sedimentarias del Mesozoico, que se inició a finales del Cretácico y continuó hasta el Terciario temprano y medio. G. Steinmann En los Andes, se reconocieron tres etapas de plegamiento: el plegamiento "peruano" ocurrió a finales del Cretácico, antes de la deposición de la capa roja; el plegamiento "Inca" ocurrió a principios del Terciario (Eoceno tardío) y fue más intenso, mientras que los pliegues posteriores fueron intensos. El Terciario Superior (Mioceno) fue el período de actividad ígnea y el plegamiento "quechua". El anticlinal de Morococha se formó durante este tiempo.

Estratigrafía

La columna estratigráfica de la zona se compone por:

- **Grupo Goyllarisquizga (Cretáceo):** Simbolizado por una serie de areniscas y lutitas que conforman el conglomerado rojo expuesto en la parte oriental del sitio. El intercalamiento de horizontes amigdalinos y basálticos dibásicos

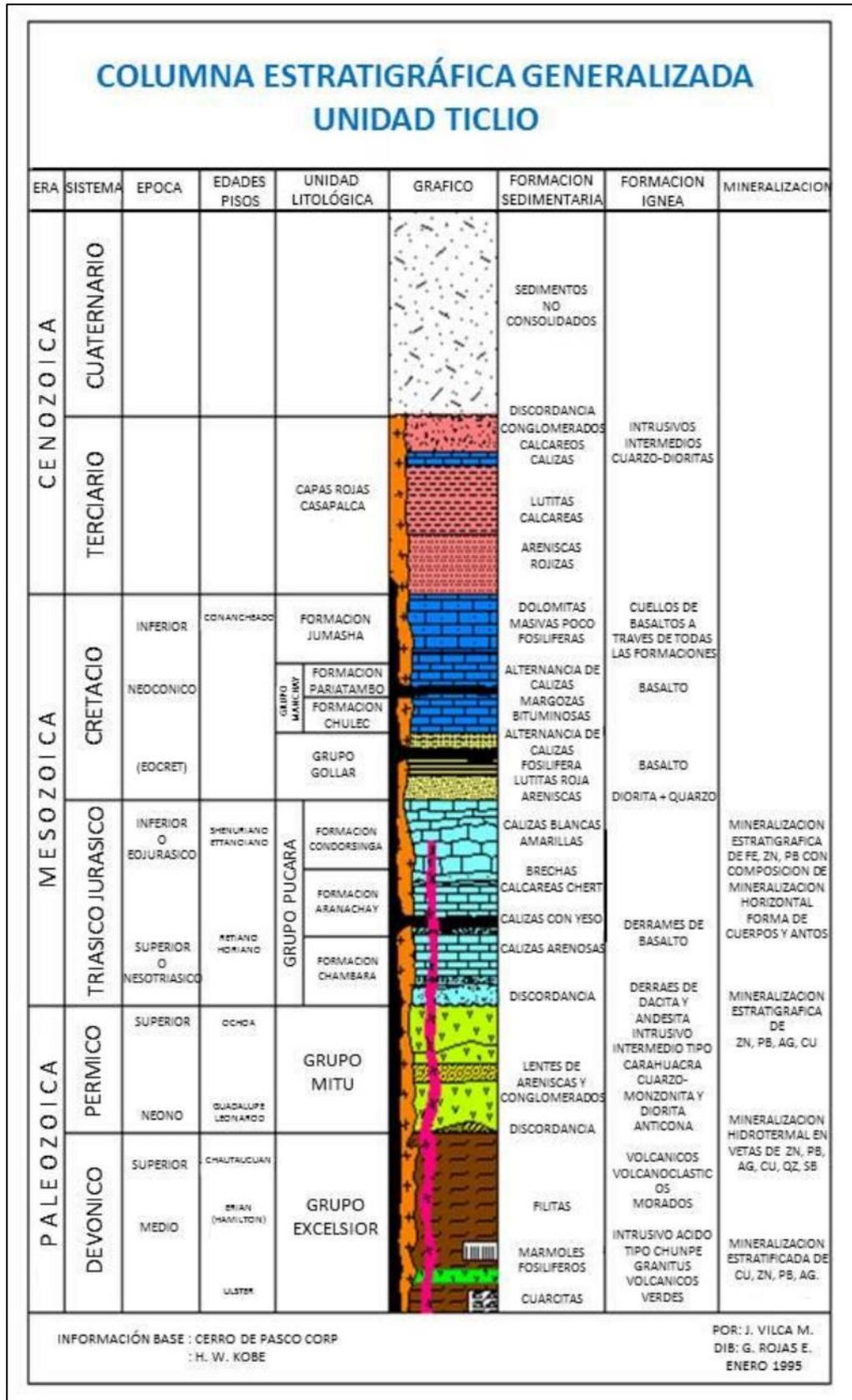
se encuentra en secuencias de lechos de arenisca y lutita roja, cuarcita y caliza gris. La secuencia cambia hacia la cima desde la enorme piedra caliza gris azulada a la piedra caliza de fosfato gris oscuro, que es la base del Grupo Machay.

- **Grupo Machay (Cretáceo):** Consiste en un afloramiento de piedra caliza al norte del paso de Anticona (Ticlio), de color gris oscuro con restos fósiles en la base, rematado por piedra caliza más clara y algunas capas de xantina y fosfato que se extienden hasta el techo.
- **Formación Jumasha:** Se superpone uniformemente a la Formación Pariatambo y consta de capas medianas a gruesas de piedra caliza, caliza dolomítica, dolomita de color gris claro a blanco y gris amarillento; al contacto con la diorita en el área, se forman pequeños skarns de hierro; algunos niveles muestran un vetado débil y wollastonita está presente. La formación ha sido cortada por estructuras tensionales con tendencia E de 50° a 65° N y buzamiento de 60° a 80° S; estructuralmente influyen en la diorita Anticona y permiten la mineralización en la veta Ticlio, parte del sistema. Estas estructuras fueron observadas cerca del Campamento Ticlio y forman restos de mármol que se extienden de noroeste a sureste, entre los cuales pequeños afloramientos de piedra caliza pueden pertenecer a la Formación Jumasa; también están moderadamente marmolizados y cubiertos por dacita y anfibolita. de contacto y bordeada por masas volcánicas (Formación Carlos Francisco), la edad de esta formación es Cretácico Inferior (Cenoniano – H. Salazar, 1983).
- **Formación Casapalca (terciario):** Representados por capas rojas y conglomeradz Carmen, se encuentran en el borde occidental del sitio. La capa

roja se caracteriza por intercalaciones de limolitas y limolitas, limolitas y limolitas calcáreas y calizas rojizas (alteración ferruginosa, F. Mégard, 1979; H. Salazar, 1983), el ambiente calcáreo ha sido dacítico y rocas intrusivas dioríticas sufren silicificación con débil a intensidad moderada, lo que da como resultado hornfels que contienen silicato de calcio y epidota. Además, presenta una secuencia de volcanes que incluye terrones, tobas y brechas volcánicas. Su edad se ha asignado entre el Cretácico Superior (Santonia) y el Eoceno Medio debido a sus relaciones estratigráficas y estructurales

- **Formación Carlos Francisco:** Representado por una serie de poderosas rocas volcánicas, divididas en 3 partes: Rocas volcánicas de Tablachaca que se superponen al conglomerado del Carmen, conformado por una serie de rocas volcánicas compuestas por toba, brecha, conglomerado, aglomerado y pórfido, Afloramientos al oeste del Conglomerado del Carmen. sitio web. Existen afloramientos del volcán Carlos Francisco y Yauria Kutufos, cuyas características no se reconocen en la unidad Ticlio.
- **Formación Río Blanco:** En la parte más alta y ocupando la mayor extensión del reclamo (parte norte del sitio), existe una fuerte secuencia de rocas volcánicas andesíticas bien estratificadas, correspondientes al volcán Pacococha, y con diorita andena evidente en el área superior.

Ilustración 4 Columna Estratigráfica.



Rocas Intrusivas

- **Diorita Anticona:** Forma un "stock" que se desarrolla entre Morococha y Anticona, con una orientación general hacia el noreste. Hacia el este, el pórfido monzonita de Morococha y Ticlio invade en varios lugares. Estas rocas constituyen las intrusiones del Mioceno más antiguas que existen en el Domo de Petróleo y no se han asociado con ningún tipo de mineralización polimetálica aparte de la formación de hornfels y pequeños parches de magnetita en la piedra caliza huésped. La falta de mineralización en el skarn y su asociación con minerales hidratados de origen natural sugiere que no había fluidos presentes durante el emplazamiento de la intrusión de diorita. Hace 14,11 +/- 0,04 Ma (Mioceno -S. Beuchat, R. Moritz, et al. 2002).
La diorita Anticona es de color verde oscuro, porfirítica, de estructura media, la matriz está compuesta por plagioclasa, cuarzo y óxidos, los fenocristales están compuestos por plagioclasa, biotita y hornblenda, los minerales accesorios incluyen apatita y circonio. En algunas zonas, la plagioclasa se transforma parcialmente en cristales de capas de ilita, con cierta caolinización y epidoteización esporádica. La diorita Anticona contiene numerosos xenolitos negros en forma de hojas que varían desde unos pocos centímetros hasta un metro de diámetro y generalmente están compuestos de plagioclasa, epidota, corindón, cuarzo, turmalina, arcilla y pirita. (R. Moritz et al; 2002)
- **Cuarzo Monzonita Ticlio (Pórfido de Ticlio):** Ocurre al norte, noreste y este del campamento. Es un levantamiento alargado que se dirige de noroeste a sureste e invade la diorita de Anticona. Se introduce en los carbonatos de Formación Jumasha al norte del campamento. Su color blanco, color blanco a rosado, estructura porfirítica de grano grueso, tipo fenocristal, fenocristales

de hasta 3 cm de diámetro, feldespato potásico euhédrico (10-15%) con fenocristales (10-15%), con estructura de feldespato. Consiste en plagioclasa euhédrica a subédrica (10%), ojos de cuarzo (5-10%), anfíbol subédrico y biotita; como subproductos de la alteración se observa clorita, sericita y mica arcillosa. Los feldespatos son moderadamente argilíticos y tienen sericitización esporádica. La datación radiométrica U-Pb de circones del granito feldespato de Toromocho reporta 9,11 +/- 0,10 m.a. (Mioceno - R. Moritz, 2.002), litológicamente similar al pórfido "Ticlio", por lo que podemos suponer que son de edad similar.

- **Pórfido Dacítico:** Es una pequeña población que aflora al sur y sureste del Campamento Ticlio y tiene forma irregular y alargada en dirección noroeste-sureste. El afloramiento tiene poco más de 1 km de longitud e intruye en la diorita Anticoná, masas volcánicas de la constitución Carlos Francisco y calizas de la creación Jumasha. El color del pórfido es de gris a gris claro, de grano medio, negro pálido, de estructura porfídica y semiheteromorfa; además de ojos de cuarzo inversos, también se presentan fenocristales de plagioclasa y feldespato de potasio subfacetado; la roca se encuentra alterada, acompañada de débiles a Moderada mudlitificación; los minerales accesorios presentes son hornblenda y biotita, destacando una débil alteración de clorita.
- **Diorita Porfirítica Meiggs:** Estas rocas afloran en la porción suroeste del área del mapa (Monte Meiggs), invadiendo cacofónicamente los conglomerados, limolitas calcáreas y limolitas de la Formación Casa Palca, produciendo halos de alteración (litificación seca). metros en su recorrido. , la orientación del afloramiento es similar a la orientación noroeste-sureste de la Formación Casa Palca y desciende de 40° a 50° hacia el suroeste. Se le

puede asignar una edad Terciario Superior (Mioceno) porque probablemente perteneció a un pulso magmático que accedió la colocación del pórfido de Ticlio.

1.2.4. Geología local

Ticlio es un depósito hidrotermal con peculiaridades de tipo veta, próspero en mineralización sucesional veta; en rocas calcáreas (contacto intrusivo diorita - caliza Jumasha); brecha calcárea silicificada (Wakla extremo suroeste del nivel 5 del Túnel de Cocha), mantos en la piedra caliza Jumasha y pequeños parches de pirita en la parte sur del depósito se originan del relleno de fracturas preexistentes en diorita, andesita y piedra caliza Jumasha. Además de la influencia de las estructuras de mineralización tabulares en la piedra caliza Jumasha (exploración de superficie), se descubrió un pequeño afloramiento de mineralización masiva en la parte norte de Ticlio y el objetivo era establecer su continuidad.

Entre las vetas más importantes podemos mencionar la vena cardinal, Ramal Techo, Julisa, Escondida, Giuliana y algunas estructuras menores como las vetas del Rosario y Milagro. Mediante trabajo de campo se han identificado las vetas Iris, Silvia, Pelusa y Blanca, y finalmente se ha identificado la veta Andrea a partir de afloramientos superficiales.

La dirección general principal de las vetas es de noreste a suroeste y la intensidad oscila entre 0,10 ma 2,00 m. Extensiones variables de hasta 1200 m de longitud son vetas principales. En este tipo de vena se observa una gran cantidad de bucles tipo enzima incompletamente utilizados y zonas de corte con buena potencia.

Exhiben una combinación mineralógica de esfalerita-galena-ankerita, piromerita, ferrisita, cobre gris, plata-galena-rodocrosita-pirita-cuarzo, con una moderada distribución de calcopirita en un nivel inferior. Nivel 8 al nivel 10.

La zona de brechas calcáreas silicificadas en el extremo suroeste de Lv. 5. El Túnel de Huacracocha presenta relleno y disipación de esfalerita, galena, pirita, estibina, tetraédrico. El cuerpo de Ariana es una estructura compuesta por una serie de formaciones mineralizadas que tienen forma de manto, lente o huso en dirección horizontal entre la piedra caliza Jumasha (cuadro inferior) y la intrusión de diorita Anticonona (cuadro superior) de contacto.

La mineralización se compone principalmente de esfalerita dorada, esfalerita de hierro, galena, pirita, calcopirita, rodocrosita y ankerita, la mineralización se presenta en capas de calizas de color gris claro, medianamente silicificadas y mármol blanco, las capas de calizas se intercalan e intercalan, apareciendo grietas en la sección transversal. Abrir y geodear, permitiendo que el agua drene a través de ellos. La mineralización también ocurre en rocas intrusivas, pero principalmente en la piedra caliza Jumasha, donde el contacto está lleno de paquetes calcáreos.

- **El cuerpo Ariana:** Su orientación es de 40° - 60° de latitud N, con una inclinación de 10° - 35° NE, SO. Tiene forma ligeramente ovalada, con extremos planos, de unos 40,00 m de ancho y 150,0 m de largo. de largo, su potencia o espesor promedio es de 30,00m. Actualmente se están realizando exploraciones con perforación diamantina a profundidades inferiores a 10 capas al sur y al oeste. El trabajo a través de las capas 01, 02, 03 y 04 ha demostrado que la mineralización resulta del desplazamiento de un buen contenido mineral, con un ángulo de buzamiento menor en la sección central.

El yacimiento está formado a partir de minerales de la veta principal, Ramal Techo y posiblemente vetas ocultas y otras vetas estrechas presentes en el sur, las cuales son transversales a la piedra caliza y en contacto con estructuras intrusivas de diorita que actúan como alimentadores; exhibe fallas moderadas y fracturas transversales al contacto, y asimismo se observan algunas geodas con pequeñas aberturas. Esta sección exhibe mineralización de esfalerita dorada y galena plateada como rellenos de fractura, con pirita dispersa y presencia de cuarzo, calcita y ankerita. Desde el punto de vista geomecánica, las rocas se pueden dividir en Tipos II a III desde la sección central hacia el E, siendo el cuadro superior hacia el W caliza Jumasha de color gris claro, débil a moderadamente fracturada, marmolizada y silicificada. El piso del cajón principal está compuesto por una capa de caliza brechada, una capa de caliza de color gris claro a oscuro, una capa moderadamente silicificada y una capa de caliza mármorea de color blanco a gris claro intercaladas, se encuentra parcialmente quebrado, con asfalto presente en algunas capas y mostrando descarbonización esporádica Formaciones calizas.

- **La Veta Principal:** Es una estructura de corte a modo de vena que, además de su comportamiento de cuentas en términos de resistencia, forma conexiones trocoidales y uniones con las vetas del Ramal Techo tanto en tramos horizontales como verticales; su altura oscila entre 0,05 y 0,10 metros y entre 1,20 metros a 3,50 metros. Es la estructura principal donde Ticlio se desarrolló y desarrolló principalmente. Su extensión reconocida y de trabajo es de aproximadamente 1.250 m en horizontal y más de 530 m en vertical, con una altura de cultivo de hasta 4.537 m (Nv. 08). Su orientación general

es NE - SW y su ángulo de inclinación es entre 70° - 65° SE. La asociación mineral está formada por esfalerita-galena con menores cantidades de ankerita, calcita, rodocrosita-cuarzo-pirita, con estructura bandeada o brechada. La roca madre es una roca intrusiva diorítica con textura de pórfido y color gris verdoso, presenta cloritización débil a moderada y cerca de la estructura es de color gris claro debido a alteración arcillosa y porciones silicificadas.

1.3. Formulación del Problema

1.3.1. Problema General

¿Es posible ejecutar el Plan de Desarrollo Minero para determinar el Mineral Económicamente Explotable con el Software MSO (Minable Shape Optimizer) en la Mina Ticlio de Volcán Compañía Minera S.A.A.?

1.3.2. Problemas Específicos

- a) ¿Cómo determinar con el Software MSO el Mineral Económicamente Explotable en la Mina Ticlio?
- b) ¿Cómo se determinan los parámetros modificados necesarios para estimar los minerales económicos dilutivos obtenidos de la minería de Ticlio?

1.4. Formulación de Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Aplicar el Plan de Desarrollo Minero para determinar el Mineral Económicamente Explotable con el Software MSO (Minable Shape Optimizer) en la Mina Ticlio de Volcán Compañía Minera S.A.A

1.4.2. Objetivos Específicos

- a) Determinar con el Software MSO el Mineral Económicamente Explotable en la Mina Ticlio.
- b) Determinar los parámetros modificadores necesarios para estimar el mineral económico diluido que será obtenido producto de la explotación minera en la Mina Ticlio.

1.5. Justificación de la investigación

El anticlinal de Morococha y el área de Ticlio forman parte del Domo Yauli, una "ventana tectónica" en los Andes centrales peruanos en que se ubica mineralización polimetálica de Pb-Zn-Ag(Cu) en estructuras de vetas, mantos y zonas de reemplazo. El volumen, el metasomatismo y la propagación del tipo pórfido del cobre (Mo-Au) están asociados con diferentes eventos de mineralización asociados con tipos básicos de fuerte actividad intrusiva del Terciario Medio al Superior (Mioceno – R. Moritz et al., 2002). Ácido, exhibiendo cierta zonificación regional que controla las ventajas de la mineralización.

1.6. Limitaciones de la Investigación

La principal estructura regional es el Domo Yauli, que se extiende por unos 36 kilómetros longitudinalmente y 13 kilómetros lateralmente desde Suitucancho al norte de Ticlio; la estructura tiene un ángulo de azimut de N39°W y un ángulo de inclinación entre 34° en el lado este y 60° en el lado oeste. El Domo Yauli es un gran anticlinal formado por el anticlinal Pomacocha al oeste, el anticlinal San Cristóbal en el medio y el anticlinal Morococha al este, lo cual es una limitación ya que su tamaño se está determinando con base en perforaciones. mineralización.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de Estudio

a) Antecedentes nacionales

- **PALACIOS, H. (2021)**, Tesis de la Universidad Nacional Central del Perú respalda el trabajo "Optimización de tajos minables utilizando un optimizador de forma de rebajes para estabilizar el manto de cobre Unidad Minera Cobriza". El principal objetivo de este trabajo es estimar las reservas minerales finales de la división DRP Cobriza de la compañía en 2020, para lo cual es necesario aplicar software de minería de alta precisión para optimizar los tajos explotables, como el Stope Shape Optimizer (SSO) desarrollado por Alford Desde la minería de datos hasta la minería de datos, en este estudio, presento la técnica de optimización utilizada, aclaro los parámetros requeridos y proporciono orientación para el procesamiento eficiente del software, lo que rara vez se explica en trabajos similares debido a la alta complejidad del método. Luego, con base en el descubrimiento de nuevas reservas, simulé un escenario

de compra de activos mineros por 10 billones de dólares, inversión de 3 billones de dólares en equipos y 1 billón de dólares en mantenimiento de concentradoras, y calculé: Estado de resultados económicos y financieros, servicios teniendo en cuenta la deuda, Economía y flujos de caja financieros, inmediatamente comuniqué al proyecto los parámetros de entrada, siendo los criterios más sensibles una ley de cobre de 1,08% Cu y un costo de producción de \$48,00. En este punto finalmente determiné la rentabilidad del proyecto a través del análisis continuo de los indicadores financieros VAN y TIR, y obtuve 32MUS\$ y 79% respectivamente. Demostrar la viabilidad económica de comprar la mina Cobriza y operarla de manera rentable durante seis años ha sido un objetivo de Carrizales, administrador de la mina durante los últimos 10 años, encargado de vender los activos de la mina. El trabajo fue asesorado por los consultores mineros senior de Datamine Perú y el programa se implementó bajo la supervisión de ingenieros de SRK Perú.

- **CRUZ, J. (2016)**, de la Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, apoyando la ponencia “Implementación de herramientas informáticas para la planificación minera de corto plazo en Cia. Minera Catalina Huanca S.A.C.”; desarrollo de cómo implementar software para un mejor control de la planificación minera, especialmente de corto plazo u operativa planificación, que involucra estándares de operación del sitio destinados a explotar zonas mineralizadas (como pozos de vetas, etc.), y trabajos preliminares como el desarrollo o preparación de la mina. El objetivo de este estudio es ofrecer una solución al problema de no tener la confiabilidad necesaria para desarrollar proyectos operativos en

minas, así como para desarrollar operaciones de corto plazo con mayor control. El software a implementar principalmente es Datamine Studio 3®, un software de modelado 3D, y AutoCAD 2013, y se basa en el análisis de herramientas informáticas como software. Aquellos que nos ayudarán a mantener nuestras operaciones en línea. A continuación, se describe cómo implementar estos softwares utilizando los datos obtenidos durante las operaciones mineras; estos datos se interpretarán y desarrollarán en el software correspondiente, y luego realizaremos el análisis correspondiente. En resumen, para mejorar el desarrollo operativo, estos softwares se utilizarán para obtener mapas topográficos, modelamientos de levantamientos topográficos, perfiles mineros, cubos de levantamiento topográficos y el desarrollo de proyectos mineros de corto plazo, como la comunicación de rampas y obras verticales. Planificación y optimización de procesos de control y seguimiento mineros a corto plazo.

b) Antecedentes internacionales

- **Sepúlveda, G. (2020)**, Tesis doctoral de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, sustentando la tesis "Aplicación del software DOPPLER a un hipotético proyecto minero en yacimientos polimetálicos". El propósito de este trabajo es obtener una evaluación económica y programación de un hipotético proyecto de minería de oro a tajo abierto utilizando DOPPLER como herramienta informática, ya que el uso de software especializado ha ganado crecimiento e importancia. Negocio minero. En el desarrollo de este trabajo se definen una serie de parámetros a considerar como destino, capacidad de destino,

ángulo de pendiente, precios de los metales, etc., a partir de los cuales se ejecutan una serie de cronogramas utilizando los diferentes métodos proporcionados por DOPPLER.

- **Maldonado, L. (2012)**, de la Universidad Nacional Autónoma de México, sustenta la tesis “Diseño de una estrategia para la Implantación de un Software aplicado a la Industria Minera”. Las empresas buscan una tecnología que permita la gestión completa de todas las actividades y procesos de una empresa minera a través de un sistema informático adaptado a sus necesidades particulares. El objetivo al incluir software en la industria minera es tener una planificación adecuada en un tiempo mínimo, así como una mayor optimización en los procesos de extracción de minerales a un costo menor. Hay una gran cantidad de programas y sistemas comerciales disponibles para casi todos los cálculos y actividades que un ingeniero necesita para desarrollar sus actividades, y otros más que sirven para crear un sistema que permita realizar tareas específicas. Las empresas no se escatimaron en los costos para obtener estos productos porque son mínimos en comparación con los resultados que pueden obtenerse de ellos, gracias a la amplia gama de soluciones que el software minero ofrece a la industria.

2.2. Bases Teóricas - Científicas

2.2.1. Software MSO (Mineable Stope Optimizer)

La minería reconoce que “las minas subterráneas son cada vez más profundas y las leyes de materias primas disponibles se reducen”. Si bien es una declaración genérica, los nuevos depósitos de alta ley son menos comunes y se acepta fácilmente que las minas subterráneas enfrentan mayores desafíos. Las

crecientes demandas de salud y seguridad y los requisitos ambientales aumentan correctamente el rigor del proceso de planificación y estudio de la mina. Los planes desarrollados son necesarios para permitir que los operadores mineros entreguen los rendimientos financieros esperados a los inversionistas dentro de los resultados ambientales, sociales y de gobernanza (ESG) que cumplen con las expectativas de las partes interesadas.

Es por eso por lo que los ingenieros de minas buscan optimizar los planes de producción de sumina utilizando las herramientas de planificación disponibles y su experiencia para enfocarse en los posibles escenarios y resultados. La digitalización de los procesos de planificación minera y la mayor asequibilidad de la capacidad de procesamiento informático han hecho que las herramientas informáticas de planificación sean más accesibles y utilizables, lo que permite la evaluación de más escenarios e insumos en apoyo de las opciones de diseño seleccionadas por el ingeniero.

Mineable Stope Optimiser (MSO) es una herramienta de software común en la industria para crear formas de optimización de rebajas. SRK ha sido uno de los primeros en adoptar MSO y utiliza con éxito el software en una variedad de proyectos en muchos productos básicos y métodos de minería alternativos, para todas las etapas de desarrollo de proyectos mineros. Datamine, Deswik y Maptek son los proveedores de software de minería que actualmente distribuyen el software. Sin embargo, Alford Mining Systems (AMS), que lanzó el software por primera vez en 2011, descubrió su origen en el algoritmo Stope Shape Optimiser. "Una herramienta de planificación estratégica de minas que automatiza el diseño de formas de caserones para una gama de métodos de rebaje para minas subterráneas", afirma AMS sobre MSO. MSO proporciona el diseño de forma de

rebaje ideal para maximizar el valor de un yacimiento utilizando restricciones que detallan el método de extracción y los parámetros de diseño. Al brindar oportunidades para aumentar el valor del proyecto, permitir la rentabilidad con proyectos marginales e identificar futuras áreas mineras para explorar y desarrollar, MSO ha tenido un impacto significativo en el proceso de planificación de la mina subterránea. Los modelos de bloques de recursos minerales son la principal fuente de datos para el software MSO; Sin embargo, requieren una serie de otros parámetros técnicos y económicos y, por lo general, requieren un trabajo preliminar para garantizar que sean lo suficientemente confiables para usar en el proceso de optimización. La geometría de la cámara se deriva de la caracterización y evaluación geotécnica, la dilución planificada y leyes o valores de corte, como el retorno neto de fundición (NSR). La preparación y evaluación de estos parámetros requerirá tiempo y requerirá una estrecha colaboración con otras disciplinas técnicas, como geólogos estructurales y de recursos, ingenieros geotécnicos y equipos financieros y corporativos. Esto se hará para integrar la información de costos e ingresos y los objetivos estratégicos de la mina en el proceso de optimización. Argumentaríamos que, Los resultados de MSO (estructuras alámbricas de rebajes, cadenas de secciones e informes) pueden proporcionar información valiosa al ingeniero de minas para ayudarlo a comprender las formas de rebajes óptimas y económicas para depósitos individuales en menos tiempo y con más precisión en comparación con los enfoques manuales, si es que son comparables. La calidad de los datos de entrada, así como la selección inadecuada de parámetros de restricción y el diseño, son las principales causas de las limitaciones de los resultados de MSO. Los parámetros del modelo de bloques de recursos minerales, como el tamaño de la celda y la

subcelda, la rotación del eje (si corresponde) y los métodos de estimación, deben ser considerados con especial atención. Para proporcionar una resolución adecuada de una forma de rebaje explotable en la práctica, las dimensiones de la celda y la subcelda del modelo de bloque deben tener en cuenta el espesor variable del yacimiento, el ancho mínimo de extracción y la orientación. Esto se equilibra con la precisión y la facilidad de uso del proceso de optimización: Los archivos de modelos de bloques son muy grandes porque las celdas y subceldas tienen tamaños más pequeños. El aumento de los detalles en modelos de bloques más grandes no siempre significa una mayor precisión, y esto puede afectar el nivel de confianza que el estudio pretende lograr. Los wireframes 3D creados representan los sólidos de rebaje explotables que cumplen con todos los criterios de entrada y, en última instancia, están por encima de un valor o ley de corte específico. Por defecto, puede identificar áreas de parada en diferentes leyes de corte y su facilidad económica evaluando escenarios alternativos. Todas las fases de la planificación de la mina, desde el nivel de estudio (conceptual hasta la viabilidad) hasta las operaciones, como el diseño detallado de la mina y la programación para la planificación estratégica (a largo plazo), se basan en estas formas de rebajes. El establecimiento de modelos de control de ley, el apoyo a la diligencia debida y la verificación del inventario minero, la demostración de una perspectiva económica razonable para la extracción como criterio para las estimaciones de recursos minerales y la evaluación de los efectos de la dilución en estudios de minería a cielo abierto son otros usos comunes del análisis con el software MSO. En todos los casos, se requiere un "ojo experimentado" para revisar los resultados de MSO para garantizar que se proporcionen interpretaciones útiles y significativas que agreguen valor y precisión a los

procesos de planificación y evaluación. Se ha demostrado que MSO es una herramienta de planificación útil que puede ayudar a los ingenieros de minas a crear planos de minas optimizados y contribuir al progreso eficiente de los estudios de minería al definir rápidamente las formas de los rebajes explotables. MSO también se puede utilizar para evaluar rápidamente los efectos potenciales en la producción si los supuestos cambian en cualquier escenario de planificación de la mina y probar la sensibilidad y solidez de una operación o un proyecto.

2.2.2. Geología – Geomecánica (Investigaciones básicas)

El registro de información geomecánica se realiza a través del mapeo geomecánico de macizos rocosos expuestos durante las excavaciones de obras mineras subterráneas situadas en diferentes pisos de la mina. Para ello se utilizó toda la investigación de interés desarrollada por el departamento geológico de la mina Ticlio.

Aspectos Litológicos: La caracterización litológica simplificada del plutón Mina Ticlio indica la presencia de rocas volcánicas y filita. El extremo occidental de la veta 658, que cubre un tercio de ella, se encuentra en las rocas volcánicas Mitú, y el resto de la veta, junto con Veta Split 758 y la Veta 722, se ubica dentro de la filita Excelsior. En varias partes de la zona de filita presenta alteración silicificante. + En el extremo occidental de la veta 658 se puede observar el contacto entre el volcán Mitú y la caliza Pucará, en la intrusión San Cristóbal en el lado sur de la veta 658.

Distribución de Discontinuidades: Como parte de la investigación básica, se llevó a cabo la caracterización, clasificación y zonificación del macizo rocoso, así como pruebas de resistencia de la roca, análisis del estado del agua subterránea y cálculos de tensiones in situ.

El mapeo geomecánico realizado identificó importantes sistemas de discontinuidades estructurales en las áreas del Cuerpo Ariana, Veta Ramal Techo E, W y Cuerpo 570.

Existen tres sistemas de discontinuidades principales bien definidos:

- El Sistema 1 tiene una tendencia NW con una inclinación moderada hacia el NE. Este sistema es transversal al cuerpo de Ariana.
- El Sistema 2 tiene una tendencia NE con una caída alta hacia el SE. Este sistema está asociado al impacto de la veta Ramal Techo.
- El sistema 3 tiene la misma orientación que el sistema 2, pero su inclinación es opuesta, con una inclinación alta hacia el SE, representando el cuerpo 570.

Aspectos Estructurales: Las principales características estructurales de las discontinuidades se presentan tanto mayores como menores:

- a. Fallas:** El espacio entre fallas es generalmente de 1 a 10 m, con una duración de decenas de metros, con aberturas de 1 a 5 mm. La superficie de la falla es lisa, parecida a un espejo y ondulada. Las estructuras están rellenas con materiales Panizzi, brechas, materiales oxidados y arcillas, cuyo espesor varía entre 5 y 20 cm. La falla es donde ocurre la fuga.

La zona afectada tiene hasta 1 m de espesor y estas fallas representan el cuerpo de Ariana. El espaciamiento de las fallas es de 0,5 a 1,0 m, con una extensión de decenas de metros, con aberturas de 1 a 5 mm, la capa superficial es lisa, con superficies de espejo de falla, mostrando características de reactivación. Las estructuras se rellenan con material panizo, brecha, material oxidado y arcilla, cuyo espesor varía entre 50 cm. y 1m. La falla afecta una zona de hasta 1,5 m de espesor, todos ellos característicos de Veta Ramal Techo E. El espaciamiento de las fallas

también es de 1 a 2,5 m, la duración es de decenas de metros, la apertura es de 1 a 5 mm, la superficie facial es lisa, con espejos fallidos, mostrando un estado reactivado.

Las estructuras se rellenan con material panizo, brecha, material oxidado y arcilla, cuyo espesor varía entre 50 cm. y 1m. Las fallas son donde ocurre la penetración de agua. La falla afecta una zona de hasta 1,5 m de espesor, todos ellos característicos de Veta Ramal Techo W.

- b. Estratos:** Las características estructurales de las discontinuidades observadas indican: el espaciamiento suele variar entre 6 y 20 cm, la duración suele ser de 3 a 10 m y en algunos casos mayor de 10 a 20 m, las aberturas son menores a 1 mm, la rugosidad de la pared El cuerpo es liviano, el relleno es blando y el espesor es inferior a 5 mm. La superficie de la formación ha sido moderadamente modificada y las condiciones del agua subterránea varían desde humedad hasta goteo local esporádico, todos los cuales son característicos de Ariane.

El espacio es de 6 a 20 cm, la duración es de 3 a 10 m o incluso más de 10 m, la abertura es inferior a 5 mm, la rugosidad de la pared es pequeña, el relleno es suave y el espesor es inferior a 5 mm. La superficie de la formación está moderadamente modificada y las condiciones del agua subterránea son húmedas a goteo local, todo lo cual es característico de Veta Ramal Techo W.

- c. Diaclasas:** Contienen las características siguientes estructurales: espaciamiento generalmente varía entre 6 y 20 cm, localmente <6 cm y también >20 cm, persistencia menor de 3 m, aberturas menores de 1 mm, ligera rugosidad de la pared, relleno blando, espesor menor de 5 milímetros.

, discontinuidades con variaciones superficiales de leves a moderadas, condiciones del agua subterránea que van de húmedas a goteantes localmente y humedad presente solo en ciertas áreas, estas fallas representan cuerpos Ariane. Características estructurales: el espaciamiento es generalmente entre 6 y 10 cm, parcialmente <6 cm y también >10 cm, la durabilidad es inferior a 3 m, la abertura es inferior a 1 mm, la pared es rugosa, el relleno es liso, el espesor es inferior a 5 mm, la superficie de la superficie discontinua tiene daños leves a moderados, las condiciones del agua subterránea cambian de húmedas a parcialmente húmedas.

2.2.3. Clasificación de la masa rocosa

El macizo rocoso fue clasificado geomecánicamente utilizando los criterios de Bieniawski de 1989 (RMR – Rock Mass Rating).

Para clasificar los macizos rocosos se modificaron los criterios de Bieniawski (1989) para esta evaluación como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1 Criterio para la Clasificación de la Masa Rocosa

TIPO DE ROCA	RANGO RMR	RANGO Q	CALIDAD SEGÚN RMR
II	> 60	> 5.92	Buena
III A	51 - 60	2.18 - 5.92	Regular A
III B	41 - 50	0.72 - 1.95	Regular B
IV A	31 - 40	0.24 - 0.64	Mala A
IV B	21 - 30	0.08 - 0.21	Mala B
V	< 21	< 0.08	Muy Mala

La calidad de la junta rocosa en Mina Ticlio varía de Mala B a IV B y Buena II.

2.2.4. Métodos de minado

En la Mina Ticlio se aplican los métodos de minado Over Cut and Fill (Breasting) y el Sub Level Stopping (AVOCA).

- **Over Cut and Fill (Breasting)**

Método es adecuado para vetas con una inclinación inferior a 50°; también se puede aplicar a vetas con una inclinación mayor sólo si la calidad de la roca en la caja no permite extraer brocas largas.

La preparación comienza con una rampa de 4.5m x 4.5m (-12%), pasando por una intersección de 4.5m x 4.5m hasta un bypass de 4.5m x 4.5m, donde se cruzará con la veta, donde comenzará la galería y capas mineras con un 3.8 Tramo de mx 4.0m que se extenderá a lo largo de toda la veta. El número de pasajes puede variar según la longitud de la vena.

La distancia entre canales es de 150m y la distancia de colocación de minas por cada ala es de 75m.

Los residuos se descargarán desde la cámara de carga situada en By - Pass mediante un camión volquete de 27 toneladas.

Cada tajeo consta de 05 cortes de 4m de alto y 75m de largo. La visita inicial tiene una pendiente del 15% (-). Para los próximos cortes se agitará el acceso hasta completar 05 cortes.

El ciclo minero incluye perforación, voladura, excavación, limpieza y almacenamiento. Finalizado el minado de 75 m de longitud de cada a la (150 metros en total).

Cada corte se rellenará con escombros que provendrán de los espacios libres generados por la progresión lineal de los trabajos de infraestructura, desarrollo y preparación dentro de la mina. El corte se rellenará hasta dejar una superficie libre de 0,5m que será minada para el siguiente corte.

- Para potencias menores a 3.5m, la sección de minado será de 3.8 x 4.0 m.
- Para potencias mayores a 3.5m, el minado se hace al ancho de veta.

En promedio, cada disparo produce 140 toneladas de mineral. El mineral se transporta a las cámaras de apilamiento en By-Pass, desde donde se transporta en volquetes de 29 toneladas a la Planta Mahr Túnel.

- **Bench and Fill (AVOCA)**

El relleno escalonado (AVOCA) es una variación del relleno por cizallamiento que aumenta la productividad y reduce los costos de producción.

Se aplica una variación de este método cuando la inclinación de la veta es de 60° y la calidad del macizo rocoso del cajón varía de Regular A a Pobre A con RMR >30 (especialmente el cajón superior) para minimizar la debilidad del cajón del techo debido a la voladura. La dilución se encuentra en el rango esperado. El factor de dilución promedio oscila entre el 10 % y el 20 %.

La secuencia de extracción de mineral es hacia atrás y se avanza el relleno de escombros.

La preparación inicia desde la rampa (-12%), navegando hacia el bypass, desde donde se generan canales con una longitud de 25 – 35 m en base a evaluación geomecánica, estos canales tienen unas dimensiones de 3.8 m x 4.0 m, esta veta dará lugar a una galería o desarrollo El comienzo de la capa secundaria. La distancia entre entrada y salida es de 150m.

La longitud vertical de la plataforma minera es de 10 metros. Para la limpieza y extracción de los minerales se utiliza en el punto de carga una pala diesel con capacidad de 6.0 yd³ controlada remotamente y un camión volquete de 15 m³ para transportar los minerales a la planta. Una vez que se complete la fase de limpieza mineral, el relleno de escombros, principalmente del trabajo de desarrollo y preparación, se utilizará para continuar el ciclo minero.

2.3. Definición de Términos básicos

AUP(Agile Unified Process – Proceso Ágil Unificado). Es una versión reducida de RUP. utiliza métodos ágiles como el desarrollo basado en pruebas (TDD),

Bocamina. Entrada de una mina.

Buzamiento. Es el ángulo que forma una vena, formación o manto con respecto a un plano horizontal y se mide en un plano vertical.

Burden. Es la distancia que se encuentra perpendicular a la cara libre.

Caballo. Es una gran zona estéril que se encuentra dentro de una veta y suele estar compuesta del mismo material que la roca encajonante.

Caja Piso. Es la roca que se encuentra por debajo de la veta.

Caja Techo. Es la roca sobre una veta inclinada.

Cliente-Servidor. En un modelo de aplicación, las tareas se distribuyen entre un cliente y un proveedor de recursos o servicios (servidores).

Cuerpo (Ore Body). Son depósitos irregulares, grandes y sin forma ni tamaño definido.

Desmante. Todas las cosas son inútiles y no tienen valor económico.

Diseminaciones. Son depósitos mineralizados en los que las partículas minerales se encuentran dispersas en un macizo rocoso.

Discontinuidad. En geología, se utiliza para referirse a las fronteras entre capas de rocas de diversas densidades, particularmente en el interior de la Tierra.

Diaclasa. Es una fractura en la roca que no está acompañada de un deslizamiento de bloques, excepto por una pequeña separación transversal. Se distinguen de las fallas, que son grietas en las que los bloques se deslizan.

Espaciamiento. Es el distanciamiento de taladro hacia a otro taladro.

Explotación. Es un procedimiento minero que utiliza varios métodos de minería para extraer minerales económicos.

Ganga. La zona sin valor de un mineral asociada con la porción de mejor ley.

Geomecánica. Estudia cómo el suelo y las rocas se deforman, llegando a veces a fallar, en respuesta a cambios en la tensión, la presión, la temperatura y otros parámetros ambientales.

Hilos. Venas de mineral muy finas que se atraviesan entre sí.

Hito. Mástil de piedra u otra señal clavada en el suelo que se utiliza para marcar el límite de un territorio o de una propiedad, o indicar las distancias o la dirección en un determinado camino.

Lentes. Es un depósito lenticular cuyo poder disminuye hacia su contorno.

Lenguajes de desarrollo. Es el lenguaje formal diseñado para realizar procesos llevados a cabo por ordenadores.

Mantos. El cuerpo mineralizado tiene forma de placa, generalmente en posición horizontal o ligeramente inclinado menos de 30°, y es relativamente potente.

Mena. La parte más valiosa de un mineral de la que se pueden obtener económicamente uno o más metales.

Mineral. Sustancias inorgánicas naturales que forman la corteza terrestre, tienen valor económico y están compuestas por dos elementos: mineral y ganga. También es una sustancia inorgánica.

Minería. Aquella parte de la industria involucrada en la búsqueda, extracción, utilización y venta de minerales y rocas económicamente rentables.

Multiplataforma. Es una característica que se atribuye a programas informáticos, métodos y conceptos de cómputo que funcionan o interactúan con múltiples plataformas informáticas.

Pilar. El pozo de entrada a la mina, las paredes o el techo de la mina están estructuralmente sostenidos por un bloque sólido de mena o roca.

Potencia. El grosor o ancho del sedimento mineralizado medido perpendicularmente a la caja.

Rumbo. Es la orientación de una vena, formación o manto inclinado con respecto al norte magnético, que se mide en el plano horizontal.

Veta o Filón. Son pequeños surcos llenos de minerales en la corteza terrestre, generalmente inclinados más de 30°, y se desarrollan regularmente en longitud, ancho y profundidad.

Yacimiento de Mineral. Compuesto por uno o más minerales que contienen sustancias metálicas utilizables, independientemente de su tamaño o forma general.

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

La aplicación del Plan de Desarrollo Minero determinara el Mineral Económicamente Explotable mediante el Software MSO (Minable Shape Optimizer) en la Mina Ticlio de Volcán Compañía Minera S.A.A.

2.4.2. Hipótesis Específicos

- a) Aplicando el software MSO identificaremos los minerales económicamente explotables de la mina Ticlio.

b) Luego de determinar los parámetros de modificación necesarios, estimaremos los minerales económicos dilutivos obtenidos de la minería de Ticlio.

2.5. Identificación de las Variables

2.5.1. Variable Independiente:

X: Aplicación del Plan de Desarrollo Minero determinara el Mineral Económicamente Explotable.

2.5.2. Variable Dependiente:

Y: Software MSO (Minable Shape Optimizer).

2.6. Definición Operacional de Variables e Indicadores

Tabla 2 Operacionalización de Variables Independientes

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE	X: Aplicación del Plan de Desarrollo Minero determinara el Mineral Económicamente Explotable.	Este proceso sigue los pasos de la Gerencia de Planeamiento a Largo Plazo y requiere el uso de todos los recursos minerales, es decir, los medidos, indicados e inferidos. En cuanto a los recursos minerales que se pueden utilizar para declarar reservas, sale del marco del código JORC. Por lo tanto, el material obtenido como resultado del proceso utilizado en esta estimación se conoce como "mineral económico explotable".	Método de explotación	Gestión Minera
				Planeamiento Minero
			Parámetros	Geomecánica
				Geotecnia
				Sostenimiento
			Economía	Estimación de la Producción
				Valorización

Tabla 3 Operacionalización de la variable dependiente

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE DEPENDIENTE	Y: Software MSO (Minable Shape Optimizer).	El software de optimización de tajos de minado MSO (Minable Shape Optimizer) recibe el modelo de bloques de recursos valorizados y se encarga de aplicar todos los parámetros modificadores necesarios para estimar el mineral económico diluido que será obtenido como resultado de la explotación minera. El proceso de optimización proporciona mineros sólidos que pueden contener los recursos medidos, indicados e inferidos en el diseño y generan el mayor beneficio económico posible.	Herramientas Informáticas	Software MSO
				Modelo de bloques
				Recursos valorizados
			Optimización	Mineral económico diluido
				Parámetros modificadores
				Aplicación de los procedimientos
			Operación	Estimación del mineral
				Cumplimiento de estándares
				Cumplimiento del ciclo de minado

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de Investigación

Determinación de los tipos de investigación cuantitativa:

1. Investigación descriptiva: Es la más sencilla pero también la más esencial, ya que se refiere a observación previa y sobre la cual ya ha establecido las primeras hipótesis para tratar de explicar lo registrado.
2. Investigación analítica: De acuerdo con los trabajos anteriores y las opiniones del trabajo actual.
3. Investigación experimental: Causa y efecto de los procesos en estudio.
4. Investigación cuasi experimental: Tomando como ejemplo labores en determinadas zonas con buen estándar de producción.

3.2. Nivel de investigación

El nivel a llevar a cabo es de un nivel DESCRIPTIVO, EXPLICATIVO; porque vamos a determinar el mineral económicamente explotable con el Software MSO (minable shape optimizer), Mina Ticlio – Volcán Compañía Minera S.A.A.

3.3. Métodos de la Investigación

Casi siempre los métodos aplicados son:

- Experimento.
- Observación.
- Información bibliográfica e internet.
- Entrevistas a personas y grupos de personas.

Resultados obtenidos en el proceso de desarrollo de la investigación, trabajo de campo y de gabinete

3.4. Diseño de la Investigación

El estudio fue diseñado con base en una investigación cuantitativa teniendo en cuenta los siguientes factores.

1. Representación del problema
2. Realización del proyecto de investigación.
3. Técnicas anteriores del estudio a realizar.
4. Periodo de labores en campo.
5. Procesos del trabajo de gabinete, programación y resultados.

3.5. Población y Muestra

3.5.1. Población

El tamaño de la población está determinado por el método de minería utilizado en la estructura mineralizada y se utiliza en el proceso de estimación de minerales económicamente explotables, tomando en cuenta el área de producción de la mina Ticlio.

3.5.2. Muestra

Las muestras son modelos de bloques de recursos valiosos que se introducen en el software de optimización del tajo, que será responsable de aplicar

todos los parámetros de modificación necesarios para estimar los minerales económicos diluidos obtenidos como producto de la extracción minera. El proceso de optimización proporciona mineros sólidos que pueden contener los recursos medidos, indicados e inferidos en el diseño y generan el mayor beneficio económico posible.

3.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.6.1. Descripción de las técnicas empleadas

- La observación directa, simplemente es la inspección y estudio descriptivo realizados, empleando sus propios sentidos de los hechos significativos tal como se dieron en el momento de la explotación de la mina, permitiendo mejoras como lo permite la investigación.
- El análisis documental, se trata de extraer aquellas técnicas que mejores resultados dieron, de manera que podamos conocer la técnica con la cual se obtuvo los mejores resultados sobre la determinación de las reservas mineral. Permite tener un conocimiento profundo de los trabajos realizados.
- El análisis de contenido, son las opiniones de los Ingenieros, supervisores, trabajadores, con respecto al proceso de producción y a la estimación de los recursos minerales, lo que nos permitirá realizar comparaciones entre los procesos actuales y anteriores, que nos permitirá destacar sus aspectos fundamentales.

3.6.2. Instrumentos

- Entrevista.
- Encuestas e informes
- Grupos involucrados.

- Observación.
- Neuromarketing.
- Software
- MSO (Mineable Stope Optimizer)
- Microsoft Office

3.7. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

- Recopilación de datos

En todas las labores subterráneas de la mina.

- Observación directa del proceso

Observaciones directas en todas las labores subterráneas de la mina y toma de datos de campo.

- Búsqueda de información bibliográfica.

Información proporcionada por la gerencia de la Mina Carahuacra.

3.8. Tratamiento Estadístico de Datos

MSO (Mineable Stope Optimizer), permite realizar un adecuado tratamiento estadístico de los datos.

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica

Aunque las circunstancias permitan tomar cualquier acción que pueda generar un beneficio propio o que pueda afectar negativamente a los demás, se debe permanecer transparente.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Descripción del trabajo de Campo

4.1.1. Metodología de Estimación de Recursos

Las muestras son modelos de bloques de recursos valiosos que se introducen en el software de optimización del tajo, que será responsable de aplicar todos los parámetros de modificación necesarios para estimar los minerales económicos dilutivos obtenidos como resultado de la extracción minera. El proceso de optimización puede incluir recursos medidos, indicados e inferidos en el diseño y proporciona mineros sólidos que generan el mayor beneficio económico posible.

Las estimaciones de recursos comienzan con la recopilación de datos del muestreo de perforación de exploración diamantina y/o muestreo del canal de acceso minero. Con esta información se puede comenzar la interpretación geológica con secciones y planos. Durante este proceso se consideran factores importantes como alteración, litología y controles estructurales, los cuales nos ayudarán a identificar áreas importantes para realizar estimaciones adecuadas. El

resultado final de la interpretación geológica es estimar los sólidos de la estructura mineralizada y los sólidos de las unidades litológicas presentes en el depósito. Después de edificar los sólidos de la estructura mineralizada, se realizó un análisis exploratorio de los datos.

Los análisis de datos exploratorio primero realizan un análisis estadístico de los datos de muestreo mediante diagramas de caja, histogramas, curvas de probabilidad, dispersión, contacto, etc. El análisis se realiza utilizando información muestreada sin procesar, información limitada e información compuesta. Este método nos permite caracterizar estadísticamente datos, lo que nos ayudará a registrar y comprender las relaciones entre variables, revelar y caracterizar su continuidad espacial, identificar y definir el dominio de estimación y finalmente identificar y caracterizar muestras con valores extremos. Después de completar el análisis estadístico, realice un análisis geoestadístico. El análisis geoestadístico se apoya en variogramas, que indican qué tan bien se relacionan las muestras entre sí, permitiéndonos encontrar las direcciones preferenciales de mineralización. El análisis se realiza para cada combinación entre las variables a estimar y el dominio de estimación establecido. Después de completar el análisis exploratorio de los datos, desarrolle un plan de estimación.

El plan de evaluación establece la estrategia seguida para la interpolación de variables en el modelo de bloques. Identifica limitaciones en el método de estimación, el alcance de la búsqueda y la cantidad de materiales compuestos utilizados. La elección del método de estimación dependerá del apoyo y de la cantidad de información disponible, medida por métricas como el efecto pepita* y el coeficiente de variación.

Con el esquema de estimación, la ley del bloque se estima en función de la información sobre el material compuesto. Estas estimaciones se verifican visualmente y se revisan para detectar desviaciones locales y globales mediante histogramas, diagramas de dispersión y diagramas de franjas*, que indicarán si son necesarios ajustes al alcance de la búsqueda y al número de compuestos utilizados.

Una vez que se completa la estimación, la clasificación de los recursos se realiza utilizando criterios de cuadrícula de pozo.

4.1.2. Inventario de Recursos

Los recursos minerales estimados en la Mina Ticlio ascienden a 2 754,403 t de mineral medido con leyes de 5.10% de Zn, 1.49% de Pb, 0.21% de Cu y 1.71 oz/t de Ag, 3 170,284 t de mineral indicado con leyes de 5.73% de Zn, 1.54% de Pb, 0.18% de Cu y 1.73 oz/t de Ag y 7 503,051 t de mineral inferido con leyes de 4.04% de Zn, 1.10% de Pb, 0.25% de Cu y 1.62 oz/t de Ag. Dichos valores son resumidos en la Tabla 4.

Tabla 4 *Inventario de Recursos Minerales*

CATEGORIA	TMD	Zn(%)	Pb(%)	Cu(%)	Ag(oz/t)
MEDIDO	2,754,403	5.10	1.49	0.21	1.71
INDICADO	3,170,284	5.73	1.54	0.18	1.73
INFERIDO	7,503,051	4.04	1.10	0.25	1.62
Total Cuerpos	13,427,738	4.66	1.28	0.23	1.66

4.1.3. Inventario de Recursos por tipo de estructuras

Para la mina Ticlio, las estimaciones de recursos minerales medidos e indicados se derivan de tres tipos de estructuras: vetas, mantos y yacimientos. De este tipo de estructuras, las vetas representan el 95% con 5,621,985 toneladas, el manto el 4% con 252,488 toneladas y el manto el 1% con 50,214 toneladas, como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5 *Inventario por Tipo de Estructuras de Recursos Minerales*

TIPO DE ESTRUCTURA	TONELAJE (t)	DISTRIBUCIÓN (%)
VETA	5,621,985	95%
CUERPO	252,488	4%
MANTO	50,214	1%
TOTAL	5,924,687	100%

Los detalles de los recursos medidos e indicados (vetas, yacimientos o manto) se muestran en las Tablas 6, 7 y 8 respectivamente.

Tabla 6 *Inventario de Recursos Minerales Vetas Medido - Indicado*

ESTRUCTURA	Recursos Minerales Medido				
	TM Recursos	%Zn	%Pb	%Cu	oz Ag
Veta Ramal Techo	1,317,859	5.70	1.56	0.24	1.84
Veta Principal	807,071	4.04	1.23	0.12	1.76
Veta Julissa	134,250	4.01	0.30	0.66	1.68
Veta Escondida	43,562	3.81	0.40	0.51	0.97
Veta Rosario	44,573	3.46	0.57	0.11	1.21
Veta Techo	18,725	9.08	3.64	0.27	3.37
Veta Giuliana	17,979	4.68	3.33	0.02	3.05
Veta Kelly	50,461	3.54	0.56	0.20	1.06
Falla Ticlio	-	-	-	-	-
V. Carla II	87,035	2.32	0.61	0.08	0.67
Liliana	24,022	9.60	3.52	0.17	2.72
TOTAL	2,545,538	4.91	1.35	0.22	1.75

ESTRUCTURA	Recursos Minerales Indicado				
	TM Recursos	%Zn	%Pb	%Cu	oz Ag
Veta Ramal Techo	1,819,309	7.19	1.89	0.21	1.97
Veta Principal	696,799	3.40	0.96	0.11	1.40
Veta Julissa	112,245	3.93	0.33	0.50	1.49
Veta Escondida	38,045	4.41	0.59	0.27	0.76
Veta Rosario	54,223	3.24	0.52	0.10	1.06
Veta Techo	23,459	7.80	3.35	0.23	3.18
Veta Giuliana	59,366	3.21	1.55	0.36	2.08
Veta Kelly	62,600	3.61	0.58	0.19	1.08
Falla Ticlio	59,741	1.24	0.52	0.02	1.72
V. Carla II	114,186	2.82	0.70	0.09	0.69
Liliana	36,475	9.25	3.30	0.16	2.87
TOTAL	3,076,447	5.71	1.51	0.19	1.75

Tabla 7 *Inventario de Recursos Minerales Cuerpos Medido - Indicado*

Recursos Minerales Medido					
ESTRUCTURA	TM Recursos	%Zn	%Pb	%Cu	oz Ag
Cuerpo Ariana	169,109	8.09	3.51	0.12	1.07
Cuerpo Marisol	12,382	6.25	2.12	0.13	1.42
Cuerpo 570	5,907	12.27	5.06	0.30	1.84
Total	187,398	8.10	3.47	0.13	1.12

Recursos Minerales Indicado					
ESTRUCTURA	TM Recursos	%Zn	%Pb	%Cu	oz Ag
Cuerpo Ariana	52,204	8.09	3.53	0.10	1.14
Cuerpo Marisol	4,659	6.79	2.72	0.12	1.68
Cuerpo 570	8,227	12.38	5.56	0.29	1.82
Total	65,090	8.54	3.73	0.12	1.26

Tabla 8 *Inventario de Recursos Minerales Mantos Medido - Indicado*

Recursos Minerales Medido					
ESTRUCTURA	TM Recursos	%Zn	%Pb	%Cu	oz Ag
Manto Adrián	21,467	2.11	0.92	0.06	2.19
Total	21,467	2.11	0.92	0.06	2.19

Recursos Minerales Indicado					
ESTRUCTURA	TM Recursos	%Zn	%Pb	%Cu	oz Ag
Manto Adrián	28,747	1.72	0.71	0.04	1.42
Total	28,747	1.72	0.71	0.04	1.42

Asimismo, los recursos minerales inferidos en vetas representan un 97.08% con 7 283,962 t, en cuerpos un 0.36% con 26,963 t y en mantos un 2.56% con 192,125 t.

Tabla 9 *Inventario De Recursos Minerales Inferidos*

TIPO DE ESTRUCTURA	TONELAJE (t)	DISTRIBUCIÓN (%)
VETA	7,283,962	97.08%
CUERPO	26,963	0.36%
MANTO	192,125	2.56%
TOTAL	7,503,051	100%

La determinación de los recursos inferidos que son vetas, cuerpos o mantos, es mostrado en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.10**, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.11** y **Tabla 12** Inventario de Recursos Minerales Inferidos en Mantos 12, respectivamente.

Tabla 10 *Inventario de Recursos Minerales Inferidos en Vetas*

ESTRUCTURA	Recursos Minerales Inferido				
	TM Recursos	%Zn	%Pb	%Cu	oz Ag
Veta Ramal Techo	2,786,237	5.18	1.33	0.29	1.76
Veta Principal	1,814,045	3.79	0.98	0.15	1.43
Veta Julissa	492,865	2.97	0.38	0.47	1.66
Veta Escondida	296,935	4.67	0.79	0.16	0.65
Veta Rosario	154,931	2.58	0.40	0.10	0.87
Veta Techo	235,773	7.84	3.35	0.22	2.39
Veta Giuliana	606,181	3.17	1.06	0.65	2.35
Veta Kelly	134,989	2.95	0.61	0.15	1.32
Falla Ticio	580,295	0.92	0.54	0.01	1.62
V. Carla II	160,097	2.77	0.83	0.09	0.64
Liliana	21,615	9.33	3.28	0.15	2.77
TOTAL	7,283,962	4.11	1.10	0.26	1.64

Tabla 11 *Inventario de Recursos Minerales Inferidos en Cuerpos*

ESTRUCTURA	Recursos Minerales Inferido				
	TM Recursos	%Zn	%Pb	%Cu	oz Ag
Cuerpo Ariana	17,256	8.51	3.84	0.16	1.38
Cuerpo Marisol	3,850	8.30	3.79	0.09	1.65
Cuerpo 570	5,857	12.29	5.50	0.26	1.74
Total	26,963	9.30	4.19	0.17	1.50

Tabla 12 *Inventario de Recursos Minerales Inferidos en Mantos*

ESTRUCTURA	Recursos Minerales Inferido				
	TM Recursos	%Zn	%Pb	%Cu	oz Ag
Manto Adrián	192,125	1.00	0.53	0.03	0.88
Total	192,125	1.00	0.53	0.03	0.88

4.2. Presentación, Análisis e Interpretación de Resultados

4.2.1. Metodología de Estimación de Reservas

El objetivo principal de estimar las Reservas Minerales es determinar qué porción de los Recursos Medidos e Indicados se convertirán en Reservas Medidas y Probables como parte del proceso de declaración de Reservas Minerales. Para ello, se debe utilizar un enfoque detallado, teniendo en cuenta todos los factores y parámetros obligatorios para que sea un proceso auditable y certificable.

El proceso de estimación de las reservas minerales comienza determinando los métodos de minería a aplicar en las estructuras mineralizadas en función de las condiciones estructurales y geomecánicas. Esto nos permite realizar una minería segura, económica y que cumpla con los requisitos de producción. Este proceso proporcionará una grilla de tajo en la que se definirán detalladamente los tipos de trabajo presentes en el método seleccionado para poder asignar diferentes diluciones y así representar con mayor precisión los procesos de contaminación que ocurren durante la minería. Minerales y residuos adyacentes. Los precios de los metales se estiman a largo plazo y se utilizan junto con los términos comerciales para las ventas de concentrados y las recuperaciones metalúrgicas históricas de metales en las plantas de procesamiento para calcular el NSR (Net Smelter Return).

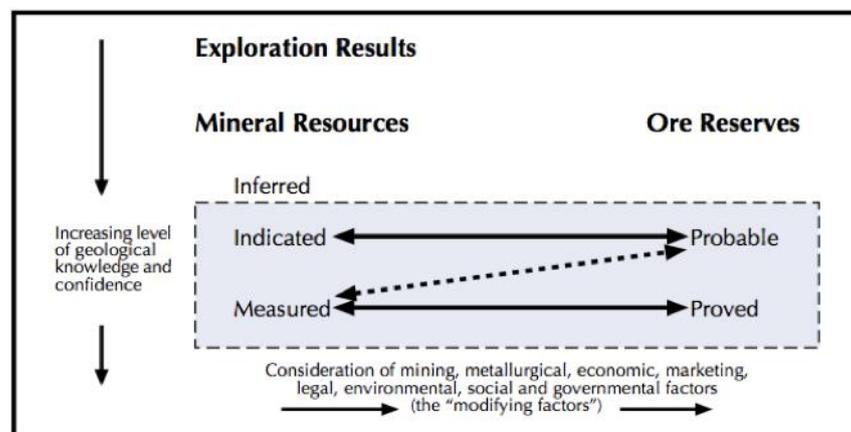
Estos factores de NSR multiplicados por el grado diluido nos darán el valor de ingresos de NSR por celda. Posteriormente se realiza un análisis económico considerando el tajo de operación previamente diseñado. Los tajos se analizan como una unidad y el material se considera Reserva Mineral Probada o Probable en función de si la diferencia entre los ingresos ponderados del NSR del tajo y el valor de corte del NSR genera una ganancia económica positiva,

dependiendo del Grado de certeza de la Reserva Mineral: información que se tiene para estimar un recurso mineral.

4.2.2. Parámetros Modificadores

Los factores modificadores nos ayudan a convertir recursos en reservas. Estos factores son consistentes con los estándares internacionales para declaraciones de reservas (como las especificaciones JORC o NI-43101) y se muestran en la Figura 5.

Ilustración 5 Estandar Internacional Codigo Jorc.



Los siguientes son los parámetros de corrección técnica utilizados en el proceso de estimación de reservas:

- Métodos de minado (Mining).
- Factores de dilución (Mining).
- Factores de recuperación (Mining).
- Precios de los metales (Economic).
- Términos comerciales (Marketing).
- Recuperación metalúrgica (Metallurgical).
- Factores NSR (Economic).
- NSR Revenue (Economic).
- NSR Cut off (Economic).

- Inaccesibilidad (Mining).

Los factores aplicados en la mina Ticlio son resumidos en la siguiente **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.3.**

Tabla 13 Factores Aplicados en Mina Ticlio

Factores modificadores	Valor	Detalle
Método de minado	OCF, SLS, OCFP	OCF = Corte y relleno ascendente - Breasting SLS = Tajeo por subniveles - AVOCA OCFP = Corte y relleno ascendente con pilares
Dilución	23.00%	Promedio - ELOS + Dilución geométrica.
Recuperación	97.00%	Promedio - No considera los puentes, pilares e inaccesibles.
Precios	Zn: 2200 US\$/t, Pb: 2000 US\$/t, Cu: 6500 US\$/t, Ag: 18 US\$/oz	Precios de largo plazo.
Términos comerciales	Variables de acuerdo al tipo de concentrado	Pagables, maquilas y deducciones por la venta de concentrados.
Recuperación metalúrgica	Con Zn: 94.79% Zn, 11.90% Ag - Con Pb: 90.80% Pb, 42.43% Ag - Con Cu: 71.19% Cu, 34.49% Ag.	Recuperación obtenida de cada elemento metálico en cada tipo de concentrado.
Factores NSR	Zn: 14.08 US\$/t/1%, Pb: 12.36 US\$/t/1%, Cu: 8.64 US\$/t/1%, Ag: 7.36 US\$/t/1oz	Valores de beneficio por unidad de ley de cada metal producido.
NSR Revenue	Variables de acuerdo a las leyes diluidas	Valor de beneficio por una tonelada de mineral.
NSR Cut off	OCF 77.03 US\$/t, SLS 64.89 US\$/t y OCFP=71.05 US\$/t	Costos totales de la operación.

4.2.3. Inventario de reservas

Estimaciones de las reservas minerales de la mina San Ticlio al 31 de diciembre de 2015 ascienden a 1 262,447 t de mineral probado con leyes de 5.20% de Zn, 1.64% de Pb, 0.24% de Cu y 1.72 oz/t de Ag, 1 850,678 t de mineral probable con leyes de 6.24% de Zn, 1.72% de Pb, 0.20% de Cu y 1.83oz/t de Ag. Esto hace un total de 3 113,125 t de reservas con leyes de 5.82% de Zn, 1.69% de Pb, 0.22% de Cu y 1.79oz/t de Ag. Dichos valores son resumidos en la Tabla 1414.

Tabla 14 *Inventario de Reservas Probado + Probable*

CATEGORÍA	TMD (t)	A.V (m)	A.M (m)	ZN (%)	PB (%)	CU (%)	AG (oz/t)	V.P.T (US\$/t)	DIL (%)
PROBADO	1,262,447	5.39	5.65	5.20	1.64	0.24	1.72	121.11	23%
PROBABLE	1,850,678	9.45	9.60	6.24	1.72	0.20	1.83	138.75	17%
TOTAL	3,113,125	7.81	8.00	5.82	1.69	0.22	1.79	131.60	20%

Además, los recursos minerales que no cumplieron con las condiciones para ser considerados reservas se describen en la siguiente sección Tabla 15

Tabla 15 *Inventario de Recursos que no son Reservas*

CATEGORÍA	TMD (t)	A.V (m)	ZN (%)	PB (%)	CU (%)	AG (oz/t)
MEDIDO	977,230	2.94	3.28	0.68	0.15	1.1
INDICADO	906,257	2.75	3.04	0.69	0.13	1.1
INFERIDO	6,796,429	4.40	4.25	1.13	0.26	1.67
TOTAL	8,679,916	4.06	4.01	1.03	0.23	1.55

* Los recursos que no pasaron a reservas

* No está incluido material mineralizado menor a 15 US\$/t

4.2.4. Inventario de reservas por tipo de estructuras

Las reservas minerales estimadas de la Mina Ticlio se derivan de dos tipos de estructuras: vetas y yacimientos. Dentro de este tipo de estructuras, las vetas representan el 95,66%, con un volumen de 2.978.006 toneladas, y los cuerpos, el 4,34%, con un volumen de 135.118 toneladas, como se detalla en el Cuadro 16.

Tabla 16 *Inventario de Reservas por Tipo de Estructuras*

TIPO DE ESTRUCTURA	TONELAJE (t)	DISTRIBUCIÓN (%)
VETA	2,978,006	95.66%
CUERPO	135,118	4.34%
TOTAL	3,113,124	100%

El detalle de las estructuras que son vetas y cuerpos es mostrado en la Tabla 1717, Tabla 1818, respectivamente.

Tabla 17 *Inventario de Reservas Probado - Probable en Vetas*

RESERVA DE MINERAL PROBADO - VETAS									
ESTRUCTURA	TMD (t)	A.V(m)	A.M(m)	ZN (%)	PB (%)	CU (%)	AG (oz/t)	V.P.T (US\$/t)	DIL (%)
Veta Carla II	5,077	3.69	3.77	3.61	0.55	0.04	0.54	69.53	10%
Veta Escondida	12,308	1.83	2.61	3.15	0.38	0.63	0.92	84.30	37%
Veta Giuliana	9,518	1.92	1.92	3.34	2.29	0.02	2.15	90.92	24%
Veta Julissa	44,699	2.53	3.15	3.41	0.23	0.43	1.21	79.40	36%
Veta Kelly	2,950	1.72	2.24	3.83	1.05	0.26	1.04	77.49	36%
Veta Liliana	28,898	3.46	3.62	7.43	2.73	0.13	2.03	153.62	22%
Veta Principal	386,478	3.91	4.35	3.92	1.41	0.14	1.97	100.66	30%
Veta Ramal Techo	666,263	4.81	4.97	5.75	1.61	0.31	1.70	129.58	20%
Veta Techo	11,595	2.84	3.77	4.75	2.27	0.12	1.73	148.30	41%
Total	1,167,786	4.30	4.59	5.03	1.51	0.25	1.77	117.68	24%

RESERVA DE MINERAL PROBABLE - VETAS									
ESTRUCTURA	TMD (t)	A.V(m)	A.M(m)	ZN (%)	PB (%)	CU (%)	AG (oz/t)	V.P.T (US\$/t)	DIL (%)
Veta Carla II	14,163	3.63	3.78	3.96	0.69	0.05	0.53	69.53	14%
Veta Escondida	10,471	1.77	2.34	4.45	0.62	0.29	0.75	89.17	33%
Veta Giuliana	31,504	3.80	3.80	3.17	1.42	0.40	2.05	106.06	16%
Veta Julissa	51,183	1.82	2.60	3.60	0.24	0.32	1.04	77.61	41%
Veta Kelly	6,611	1.55	2.34	3.11	0.86	0.20	0.87	77.49	49%
Veta Liliana	38,691	3.08	3.48	6.49	2.29	0.10	2.09	158.80	32%
Veta Principal	202,255	3.72	4.10	3.70	1.30	0.15	2.05	97.08	26%
Veta Ramal Techo	1,432,927	10.70	10.80	6.75	1.78	0.20	1.86	146.97	15%
Veta Techo	22,415	3.39	3.83	5.91	2.59	0.18	2.07	133.57	30%
Total	1,810,220	9.16	9.32	6.19	1.68	0.20	1.85	137.62	18%

Tabla 18 *Inventario de Reservas Probado + Probable en Cuerpos*

RESERVA DE MINERAL PROBADO - CUERPOS									
ESTRUCTURA	TMD (t)	A.V(m)	A.M(m)	ZN (%)	PB (%)	CU (%)	AG (oz/t)	V.P.T (US\$/t)	DIL (%)
Cuerpo 570	6,375	8.13	8.13	11.03	4.55	0.27	1.65	248.14	10%
Cuerpo Ariana	75,281	18.45	18.63	7.25	3.30	0.13	1.01	161.96	7%
Cuerpo Marisol	13,004	12.51	12.51	5.82	1.97	0.12	1.31	130.06	7%
Total	94,660	16.94	17.08	7.31	3.20	0.14	1.09	163.38	7%

RESERVA DE MINERAL PROBABLE - CUERPOS									
ESTRUCTURA	TMD (t)	A.V(m)	A.M(m)	ZN (%)	PB (%)	CU (%)	AG (oz/t)	V.P.T (US\$/t)	DIL (%)
Cuerpo 570	8,937	8.42	8.44	11.05	4.96	0.26	1.62	248.14	11%
Cuerpo Ariana	26,575	17.68	17.75	7.86	3.78	0.09	1.20	180.35	3%
Cuerpo Marisol	4,946	10.10	10.11	6.20	2.48	0.11	1.54	132.77	9%
Total	40,458	14.71	14.76	8.36	3.88	0.13	1.33	189.51	6%

4.3. Prueba de Hipótesis

En todo trabajo se propone las variables independiente y dependiente, que determina la hipótesis, como la prueba respectiva del trabajo de investigación, por lo tanto, proponemos el Plan de Desarrollo Minero para Determinar el Mineral Económicamente Explotable con el Software MSO (Minable Shape Optimizer), Mina Ticlio – Volcán Compañía Minera S.A.A.

- H0: Aplicación del Plan de Desarrollo Minero determinara el Mineral Económicamente Explotable en la Mina Ticlio.
- H1: Software MSO (Minable Shape Optimizer) en la Mina Ticlio.

4.4. Discusión de Resultados

4.4.1. Metodología de estimación

El objetivo principal de la estimación de minerales económicamente explotables es determinar qué porción de los recursos medidos, indicados e inferidos se utilizarán para la planificación a largo plazo como parte del proceso de construcción de la estructura que sustenta todos los planes a corto plazo. Para lograrlo, se debe utilizar un enfoque dinámico que tenga en cuenta todos los factores y parámetros de diseño de manera general, ya que esto permite evaluar varias opciones hasta encontrar la que mejor se adapta a los objetivos de la empresa.

El proceso de estimación de minerales económicamente explotables comienza con la determinación de los métodos de minado a utilizar en las estructuras mineralizadas en función de las condiciones estructurales y geomecánicas. Esto nos permite realizar una minería segura, económica y que cumpla con los requisitos de producción establecidos.

Los precios de los metales se estiman a largo plazo y se utilizan junto con los términos comerciales para las ventas de concentrados y las recuperaciones metalúrgicas históricas de metales en las plantas de procesamiento para calcular los factores NSR. Multiplicar estos factores de NSR por la ley in situ nos dará el valor de ingresos de NSR in situ para cada unidad (4m x 4m bloque x ancho de veta).

Posteriormente, el modelo de bloque de recursos valiosos se introduce en el software de optimización del tajo, que será responsable de aplicar todos los parámetros de modificación necesarios para estimar los minerales económicos diluidos obtenidos como resultado de la extracción minera. El proceso de optimización crea un sólido de minado que puede incluir tanto recursos medidos como indicados como inferidos dentro del diseño y generar el máximo margen económico posible.

4.4.2. Parámetros modificadores

Los factores modificadores (factores modificadores) nos ayudan a determinar qué minerales son económicamente explotables. Este proceso sigue los pasos de la Gerencia de Planeamiento a Largo Plazo y requiere el uso de todos los recursos minerales, es decir, los recursos medidos, indicados e inferidos. En cuanto a los recursos minerales que se pueden utilizar para declarar reservas, sale del marco del código JORC. Por lo tanto, el material obtenido como resultado del proceso utilizado en esta estimación se conoce como "mineral económico explotable".

como la dilución, el corte y el diseño del método de extracción se ingresan, modelan y calculan en la aplicación MSO a través del proceso de maximización.

Los factores modificadores se muestran a continuación de acuerdo con la forma en que se ingresan los datos al proceso de estimación. Ver Tabla 1919.

Tabla 19 *Ingreso de Información y Factores Modificadores*

MACRO	MSO
- Precio de los metales.	- NSR Cut Off.
- Factor de recuperación minera.	- Altura de tajo.
- Términos comerciales.	- Longitud de tajo.
- Factor de recuperación metalúrgica.	- Ancho mínimo de minado.
	- Ángulos mínimos de buzamiento.
	- Ángulos máximos de buzamiento.
	- Ángulos máximos de azimuth.
	- Factores de dilución (diseño + rotura).

El proceso de estimación en la aplicación MSO genera un sólido de minado que maximiza las unidades del campo a optimizar, en este caso el NSR (expresado en US\$). Como ejemplo se muestran los sólidos resultantes de las Vetas principales en la Figura 7, Figura 8 y Figura 9, respectivamente.

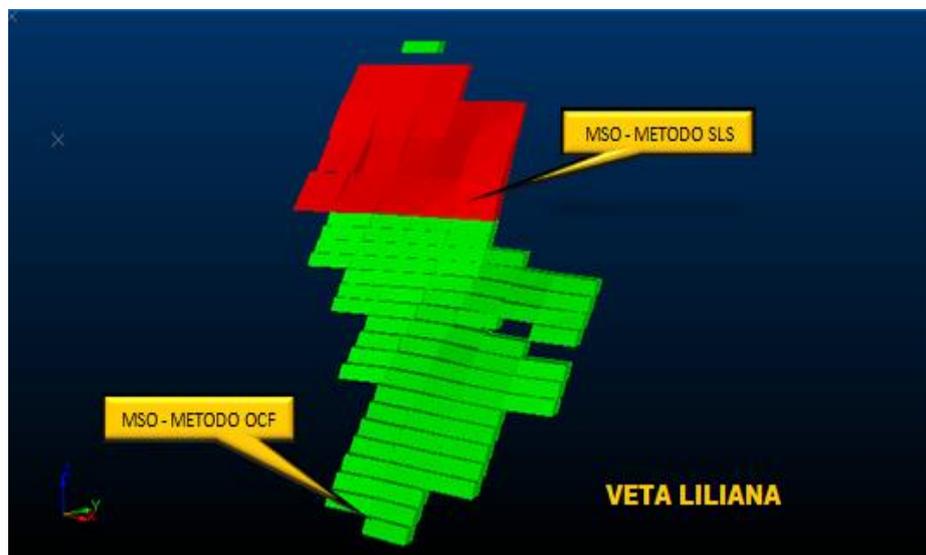
Ilustración 7 *Solido Resultante del MSO (Mineable Shape Optimizer) – Veta Ramal Techo*



Ilustración 8 *Solido Resultante del MSO (Mineable Shape Optimizer) – Veta Principal*



Ilustración 9 *Solido Resultante del MSO (Mineable Shape Optimizer) – Veta Liliana*



4.4.4. Inventario del mineral económico explotable

El mineral económico explotable en la Mina Ticlio al 31 de diciembre de 2015 asciende a 1 039,442 t de mineral medido con leyes de 5.61% de Zn, 1.84% de Pb, 0.22% de Cu y 1.97oz/t de Ag, 1 638,818 t de mineral indicado con leyes de 6.78% de Zn, 1.88% de Pb, 0.17% de Cu y 1.83 oz/t de Ag, y 2 034,536 t de mineral inferido con leyes de 5.14% de Zn, 1.42% de Pb, 0.30% de Cu y 1.68oz/t de Ag. Esto hace un total de 4 757,795 t de mineral económico explotable con leyes de 5.82% de Zn, 1.68% de Pb, 0.24% de Cu y 1.79oz/t de Ag. Dichos valores son resumidos en el cuadro 20.

Tabla 20 *Mineral Económico Explotable*

CATEGORIA	TMD	A.V(m)	A.M(m)	Zn(%)	Pb(%)	Cu(%)	Ag(oz/t)	Dil(%)
MEE Medido	1,039,442	5.30	5.70	5.61	1.84	0.22	1.97	27%
MEE Indicado	1,683,818	9.67	9,85	6.78	1.88	0.17	1.83	25%
Total Medido + Indicado	2,723,260	8.00	8.45	6.33	1.87	0.19	1.88	26%
MEE Inferido	2,034,536	7.25	7.50	5.14	1.42	0.30	1.68	25%
Total general	4,757,795	7.68	8.04	5.82	1.68	0.24	1.79	26%

4.4.5. Inventario del mineral económico explotable por tipo de estructura

Los minerales económicos que se estima son explotables en la Mina Ticlio provienen de dos tipos de estructuras: vetas y yacimientos. De este tipo de estructuras, las vetas representan el 96,59% con un total de 4.595.566 toneladas, el manto el 3,41% con un total de 162.229 toneladas y el manto el 1,60% con un total de 418.205 toneladas, como se detalla en la Tabla 21.

Tabla 21 Mineral Económico por Tipo de Estructura

TIPO DE ESTRUCTURA	TMD (t)	DISTRIBUCION(%)
Vetas	4,595,566	96.59%
Cuerpo	162,229	3.41%
TOTAL GENERAL	4,757,795	100%

El detalle de las estructuras que son vetas y cuerpos es mostrado en la, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.22**, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.23**, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.24**, respectivamente.

Tabla 22 Mineral Economico Medido - Indicado en Vetas

VETAS MEDIDO (M.E.E)								
ESTRUCTURA	TMD	A.V(m)	A.M(m)	Zn(%)	Pb(%)	Cu(%)	Ag(oz/t)	Dil(%)
V. Carla II	2,381	3.95	4.43	3.31	0.83	0.11	0.58	32%
V. Escondida	7,817	2.07	2.44	3.89	0.54	0.75	1.28	18%
V. Giuliana	10,878	2.51	3.51	3.53	3.01	0.02	2.75	40%
V. Kelly	2,994	1.70	2.37	4.30	1.01	0.29	0.98	40%
V. Liliana	28,335	3.11	4.30	6.69	2.48	0.12	1.99	38%
V. Techo	15,462	2.37	3.71	5.31	2.41	0.19	1.61	56%
V. Julissa	45,336	2.18	3.04	3.02	0.17	0.54	1.17	39%
V. Principal	281,395	3.64	4.58	4.07	1.45	0.14	2.41	26%
V. Ramal Techo	550,184	4.96	6.36	6.35	1.91	0.24	1.97	28%
Total Vetas	944,781	4.27	5.48	5.44	1.71	0.23	2.05	29%

VETAS INDICADOS (M.E.E)

ESTRUCTURA	TMD	A.V(m)	A.M(m)	Zn(%)	Pb(%)	Cu(%)	Ag(oz/t)	Dil(%)
V. Carla II	15,936	3.94	4.44	3.79	0.71	0.08	0.55	33%
V. Escondida	10,739	1.91	2.23	4.55	0.92	0.29	0.80	17%
V. Giuliana	25,851	4.81	6.09	3.37	1.79	0.50	2.64	27%
V. Kelly	6,433	1.58	2.01	4.72	0.90	0.19	1.00	27%
V. Lilibiana	38,451	2.79	3.79	7.14	2.58	0.12	2.21	36%
V. Techo	16,736	3.37	4.54	6.63	3.17	0.23	2.42	35%
V. Julissa	49,886	1.83	2.56	4.03	0.25	0.40	1.04	40%
V. Principal	142,728	3.15	3.92	4.30	1.51	0.14	2.11	24%
V. Ramal Techo	1,336,600	11.06	13.81	7.22	1.92	0.17	1.83	25%
Total Vetas	1,643,359	9.55	11.94	6.74	1.83	0.18	1.84	26%

Tabla 23 Mineral Económico Inferidos en Vetas**VETAS INFERIDOS (M.E.E)**

ESTRUCTURA	TMD	A.V(m)	A.M(m)	Zn(%)	Pb(%)	Cu(%)	Ag(oz/t)	Dil(%)
V. Carla II	26,847	3.68	4.19	3.88	0.72	0.07	0.41	34%
V. Escondida	83,184	2.02	2.66	5.30	0.83	0.11	0.49	31%
V. Giuliana	350,232	10.10	11.77	3.27	1.10	0.77	2.58	17%
V. Kelly	5,581	1.46	1.95	4.09	1.00	0.21	1.16	34%
V. Lilibiana	18,223	2.63	3.63	7.09	2.44	0.08	2.22	38%
V. Techo	111,821	3.37	4.31	7.91	3.79	0.26	1.63	28%
V. Julissa	49,886	1.83	2.56	4.03	0.25	0.40	1.04	40%
V. Principal	107,284	2.93	3.95	3.83	1.03	0.15	1.73	35%
V. Ramal Techo	1,254,367	7.86	9.89	5.49	1.37	0.20	1.55	26%
Total Vetas	2,007,425	7.22	8.95	5.09	1.39	0.30	1.68	26%

Tabla 24 Mineral Económico Medidos + Indicados en Cuerpos**CUERPOS MEDIDO (M.E.E)**

ESTRUCTURA	TMD	A.V(m)	A.M(m)	Zn(%)	Pb(%)	Cu(%)	Ag(oz/t)	Dil(%)
Cuerpo 570	6,375	7.92	7.94	11.03	4.55	0.27	1.65	10%
Cuerpo Marisol	13,004	12.29	12.30	5.82	1.97	0.12	1.31	7%
Cuerpo Ariana	75,281	16.75	17.19	7.25	3.30	0.13	1.01	15%
Total Cuerpos	94,661	15.54	15.89	7.31	3.20	0.14	1.09	13%

CUERPOS INDICADOS (M.E.E)

ESTRUCTURA	TMD	A.V(m)	A.M(m)	Zn(%)	Pb(%)	Cu(%)	Ag(oz/t)	Dil(%)
Cuerpo 570	8,937	8.17	8.22	11.05	4.96	0.26	1.62	11%
Cuerpo Marisol	4,946	9.90	9.91	6.20	2.48	0.11	1.54	9%
Cuerpo Ariana	26,575	17.01	17.17	7.86	3.78	0.09	1.20	9%
Total Cuerpos	40,458	13.87	13.98	8.39	3.88	0.13	1.35	9%

Tabla 25 Mineral Económico Inferidos en Cuerpos

CUERPOS INFERIDOS (M.E.E)								
ESTRUCTURA	TMD	A.V(m)	A.M(m)	Zn(%)	Pb(%)	Cu(%)	Ag(oz/t)	Dil(%)
Cuerpo 570	6,496	6.23	6.26	10.69	4.79	0.22	1.52	13%
Cuerpo Marisol	3,899	9.47	9.48	7.87	3.59	0.08	1.52	8%
Cuerpo Ariana	16,715	11.12	11.21	8.27	3.74	0.15	1.34	7%
Total Cuerpos	27,110	9.71	9.77	8.79	3.97	0.16	1.41	9%

4.4.6. Comparativo – Reservas vs Mineral económico explotable

Se llevó a cabo una comparación entre las estimaciones de reservas y el material económico explotable para determinar las diferencias entre ambas metodologías y alinear ambos procesos. Se hallaron los siguientes resultados:

- Hay una variación del 21.45 % entre las reservas probadas (1 262,447 t) y el mineral medido económico explotable (1 039,442 t).
- También existe una variación del 9.91 % entre las reservas probables (8 740,126 t) y el mineral indicado económico explotable (1 683,818 t).
- Existe una variación total del 14.32 % entre las reservas (3 113,125 t) y el mineral económico explotable (2 723,260 t), esta última cifra se incluyen los clásicos de reservas probados y probables.

Las variaciones se muestran en la Figura 10, Figura 11 y Figura 12, respectivamente.

Ilustración 10 *Variación Reservas Probados vs. Mineral Medido Economico Explotable*

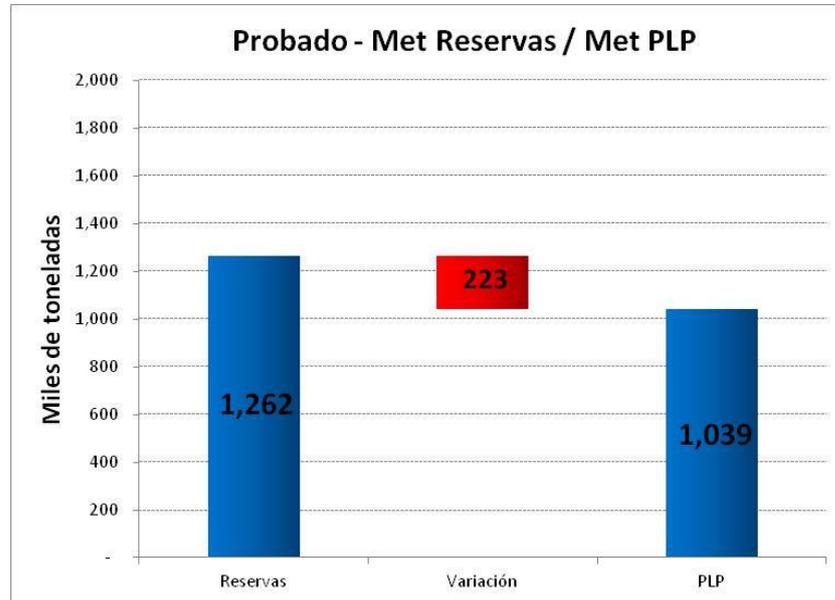


Ilustración 11 *Variación Reservas Probable vs. Mineral Indicado Económico Explotable*

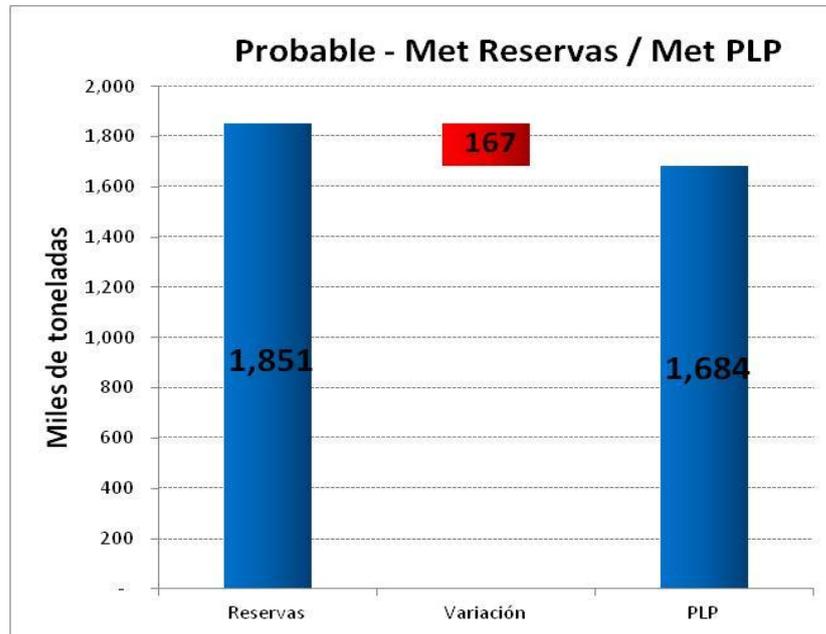
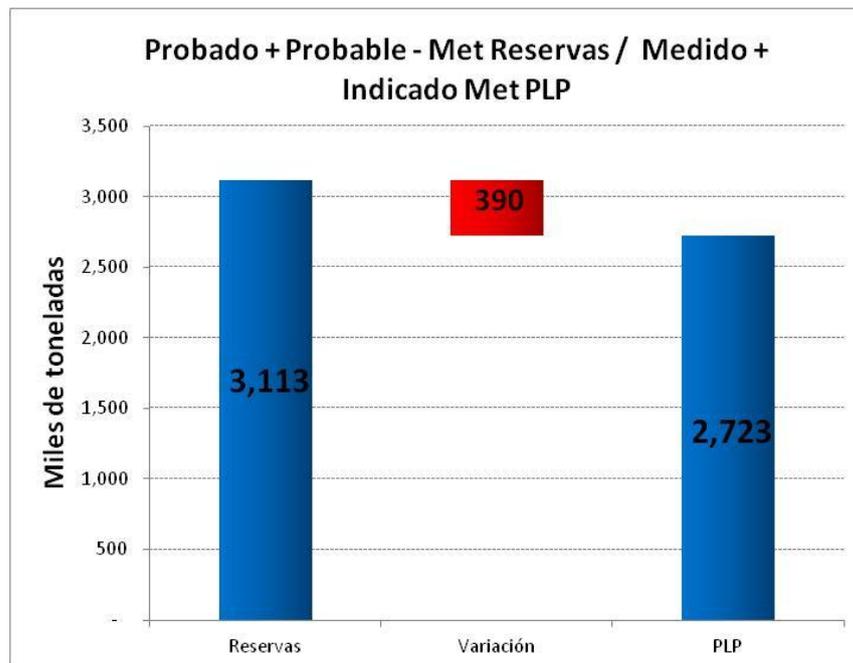


Ilustración 12 *Variación Reservas Probado + Probable vs. Mineral Medido + Indicado Económico Explotable*



CONCLUSIONES

- Los recursos geológicos estimados en la Mina Ticlio, ascienden a 13 427,738 con una ley de Zn de 4.66%, 1.28% de Pb, 0.23% de Cu y 1.66Oz/t de Ag. El recurso mineral medido asciende a 2 754,403 t con leyes de 5.10% de Zn, 1.49% de Pb, 0.21% de Cu y 1.71oz/t de Ag, el mineral indicado asciende a 3 170,284 t de con leyes de 5.73% de Zn, 1.54% de Pb, 0.18% de Cu y 1.73oz/t de Ag y el mineral inferido asciende a 7 503,051 t con leyes de 4.04% de Zn, 1.10% de Pb, 0.25% de Cu y 1.62oz/t de Ag.
- En la Mina Ticlio, los recursos minerales calculados e indicados y estimados provienen de tres tipos de estructuras: vetas, mantos y cuerpos. El 95% de dichos tipos de estructuras se compone de vetas con 5 621,985 t, el 4% de cuerpos con 252,448 t y el 1% de mantos con 50,214 t
- Asimismo, los recursos minerales inferidos en vetas representan un 97% con 7 283,962 t, en cuerpos un 1% con 26,963 t y en mantos un 2% con 192,125 t.
- Las estimaciones de las reservas minerales de la Mina Ticlioal 31 de diciembre de 2015 ascienden a 1 262,447 t de mineral probado con leyes de 5.20% de Zn, 1.64% de Pb, 0.24% de Cu y 1.72oz/t de Ag, 1 850,678 t de mineral probable con leyes de 6.24% de Zn, 1.72% de Pb, 0.20% de Cu y 1.83oz/t de Ag. Esto hace un total de 3 113,125 t de reservas con leyes de 5.82% de Zn, 1.69% de Pb, 0.22% de Cu y 1.79oz/t de Ag.
- Se cree que las reservas minerales de la Mina Ticlio provienen de dos tipos de estructuras: vetas y yacimientos. El 96% de este tipo de estructuras son vetas, con 2.978.006 toneladas, y el 4% son cuerpos, con 135.118 toneladas.

- De los recursos minerales que se transformaron en reservas minerales, 2 579,532 t, 993,923 t son reservas probadas y 1 585,610 t son reservas potenciales. Esto representa el 32% y el 50% respectivamente del recurso medido e indicado.
- El volumen de mineral económicamente explotable de la Mina Ticlio es de 1.039.442 toneladas de mineral, con leyes medidas de 5,61% Zn, 1,84% Pb, 0,22% Cu y 1,97oz/t Ag; 1.683.818 toneladas de mineral indicado, con leyes de 6,78% Zn, 1,88% Pb, 0,17% Cu y 1.83oz/t Ag; 2 034,536 toneladas de mineral inferido con leyes de 5,14% Zn, 1,42% Pb, 0,30% Cu y 1,68 oz/t Ag. Esto resultó en un total de 4.757.795 toneladas de mineral económicamente explotable con una ley de 5,82% de zinc, 1,68% de plomo, 0,24% de cobre y 1,79 oz/t de plata. Este mineral económicamente explotable sirve como base para la planificación a largo plazo en la mina San Ticlio.
- En la Mina Ticlio, se cree que el mineral económico que se puede explotar proviene de dos tipos de estructuras: Vetas y cuerpos. Las vetas, con una masa de 4 595,566 t, y los cuerpos, con una masa de 162,229 t, representan el 97 % de dichos tipos de estructuras.

RECOMENDACIONES

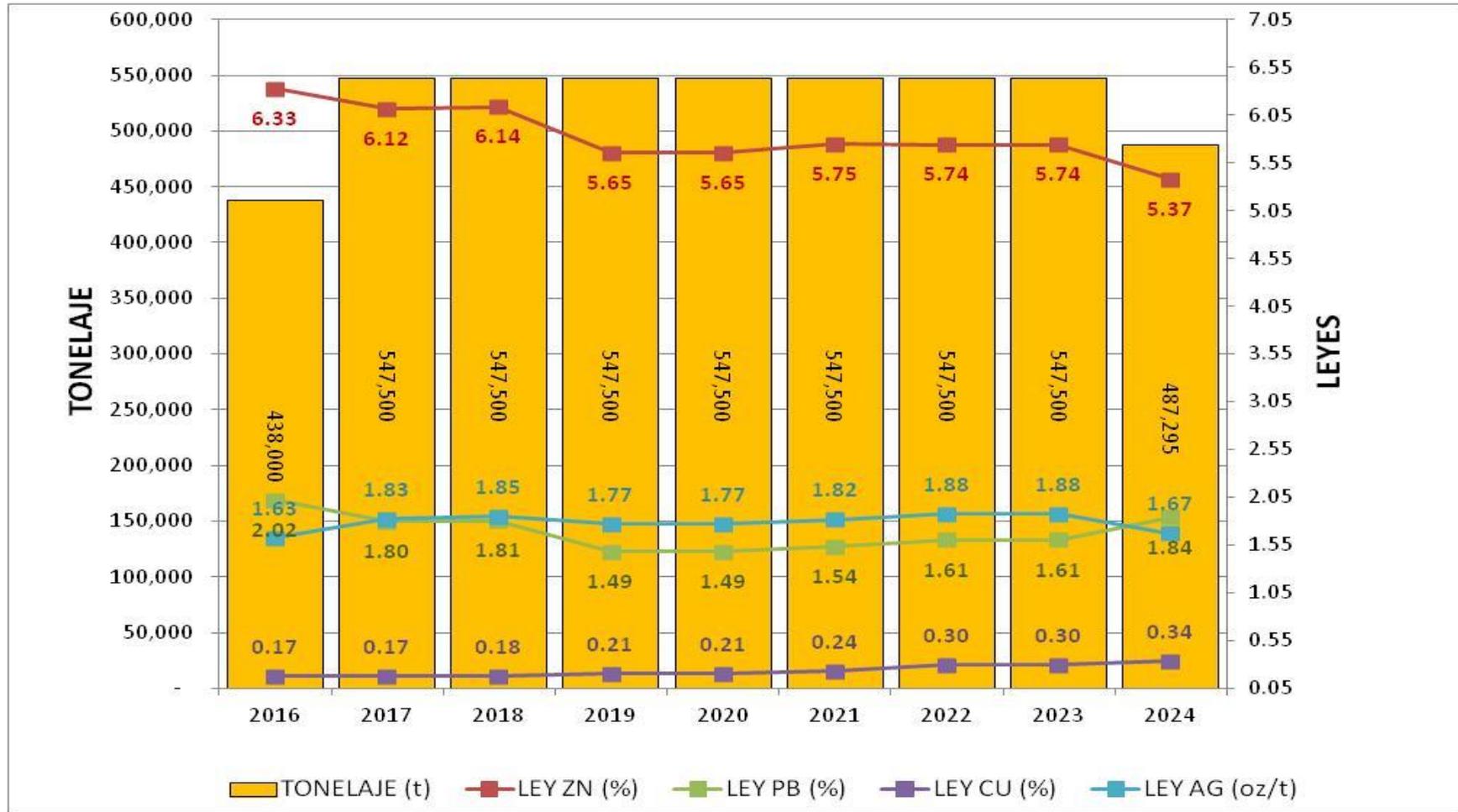
- Se recomiendan campañas de perforación para aumentar la certeza de los recursos inferidos. La cantidad de recursos inferidos utilizados para la planificación a largo plazo como resultado de exceder todos los factores modificadores representa el 21% del total de recursos inferidos disponibles. Esto demuestra el gran potencial del recurso indicado, el cual podría transformarse de un "mineral económico explotable" a un "reserva mineral" con la mayor seguridad geológica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

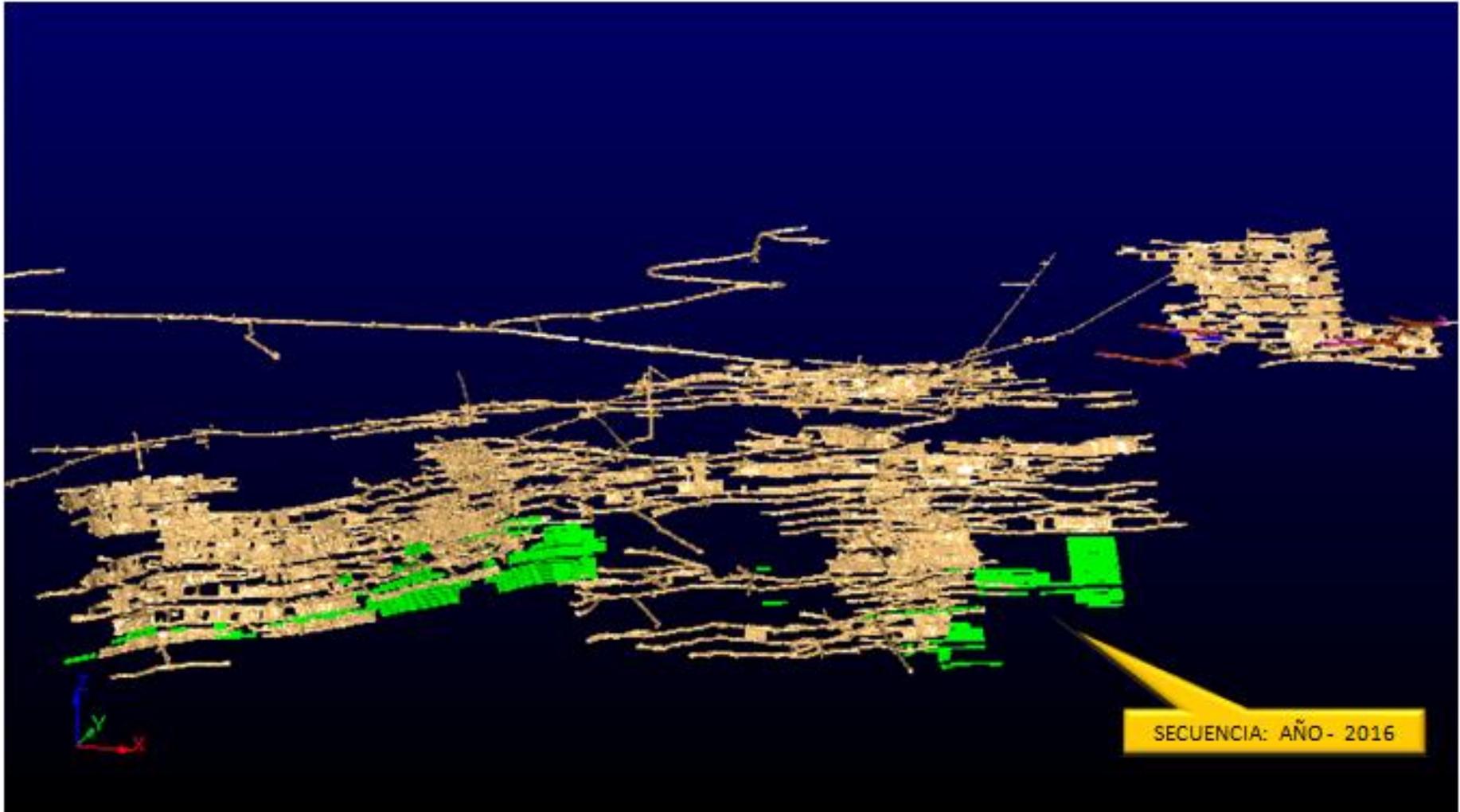
- Bustillo revuelta, c. López jimeno - Manual de Evaluación y Diseño de Explotaciones Mineras.
- Bustillo revuelta, j. Ruiz sanchez porro, c. López jimeno, P GARCIA BERMUDEZ - Manual de Aplicaciones informáticas en Minería.
- Metodos de Estadistica y Geoestadistica - Jean Michel Rendu y Graham Mathieson.
- Marco Alfaro - “Estimación Geoestadística de Reservas”
- Tulcanaza E.-“Técnicas Geoestadísticas y Criterios Técnico-Económicos para la Estimación y Evaluación de Yacimientos de Minerales”
- MINTEC, INC. -(MARZO 2000) MINESIGHT-Manual de Introducción a las aplicaciones de ingeniería de minas.
- MINTEC, INC. - (2006) MINESIGHT - Surface Workbook.
- Augusto Millan- Evaluación y Factibilidad de Proyectos Mineros.
- De La Cruz Carrasco, Estanislao – Planeamiento y Control de Producción en Operaciones Mineras.
- Vallejo, m., baquero j. Y franco g. 2010. Análisis de los algoritmos de optimización minera: cono flotante y Lerchs-Grossmann utilizando Gemcom Surpac y UPL. Boletín de Ciencias de la Tierra. Número 28. Medellín.
- Delgado J.-“Apuntes del Curso de Planificación de Minas”, Maestría Internacional, Universidad de Antofagasta.
- Lulea University of Technology. “Mining with backfill” Proceedings of the International Symposium on Mining with Backfill. Lulea – Sweden. June 1983
- Rocscience Inc. “Manuales del Software utilizado” 2002 -2007.
- Weiss F. y Córdova D. “Influencia de las condiciones naturales en la selección del método de explotación en minería subterránea”, Informe INGEMMET – 1991.

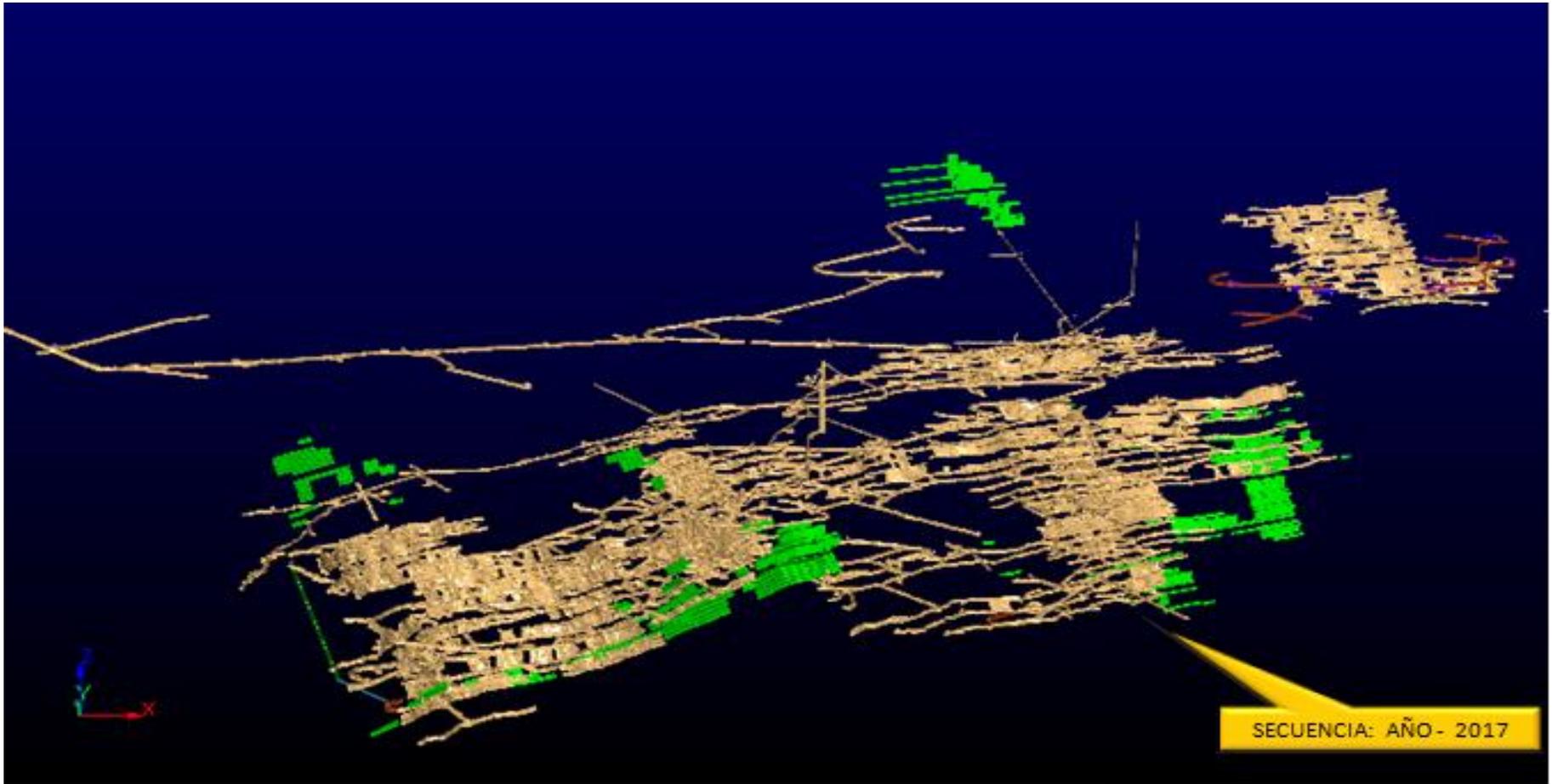
ANEXOS

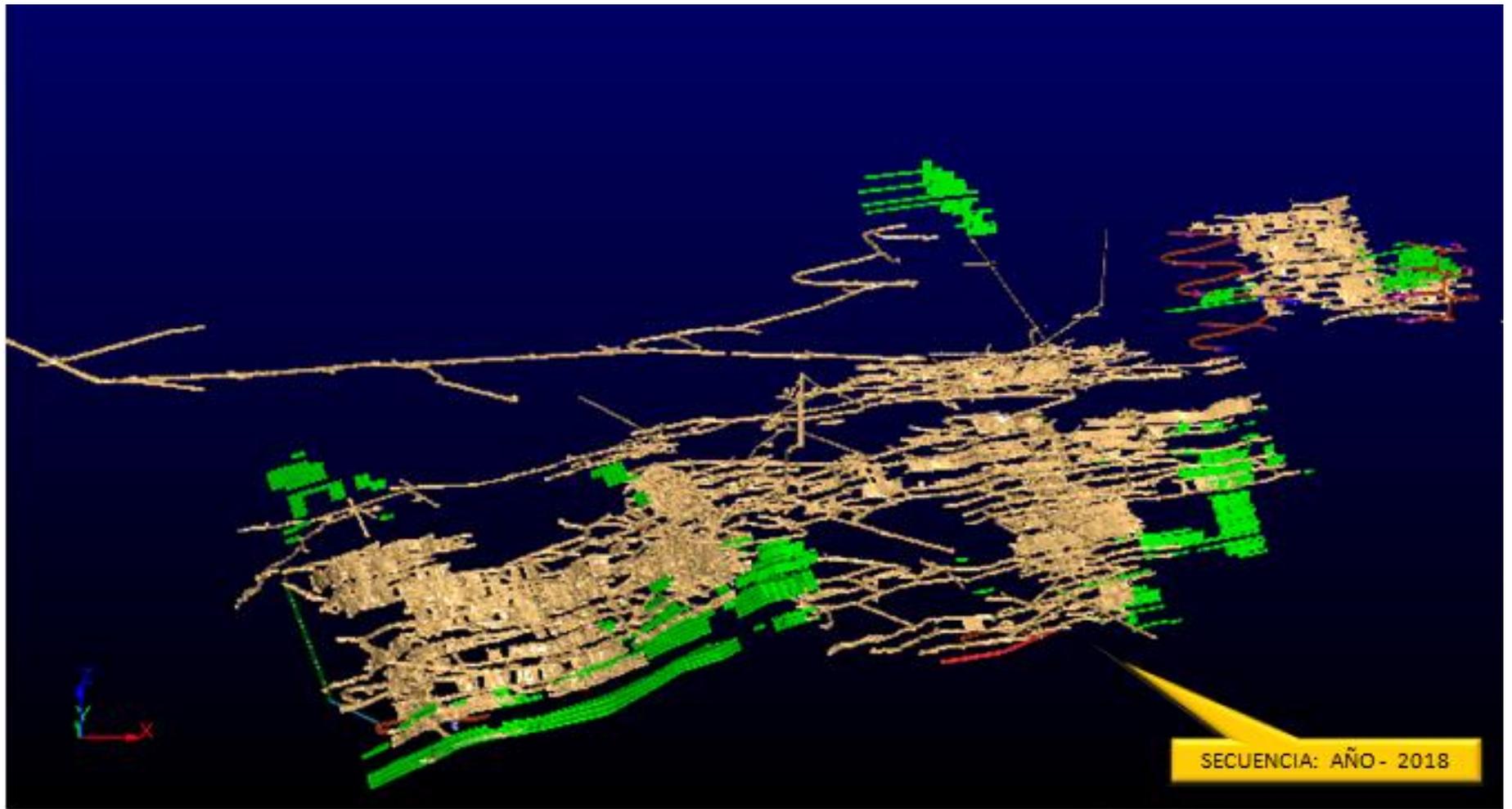
INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATSO



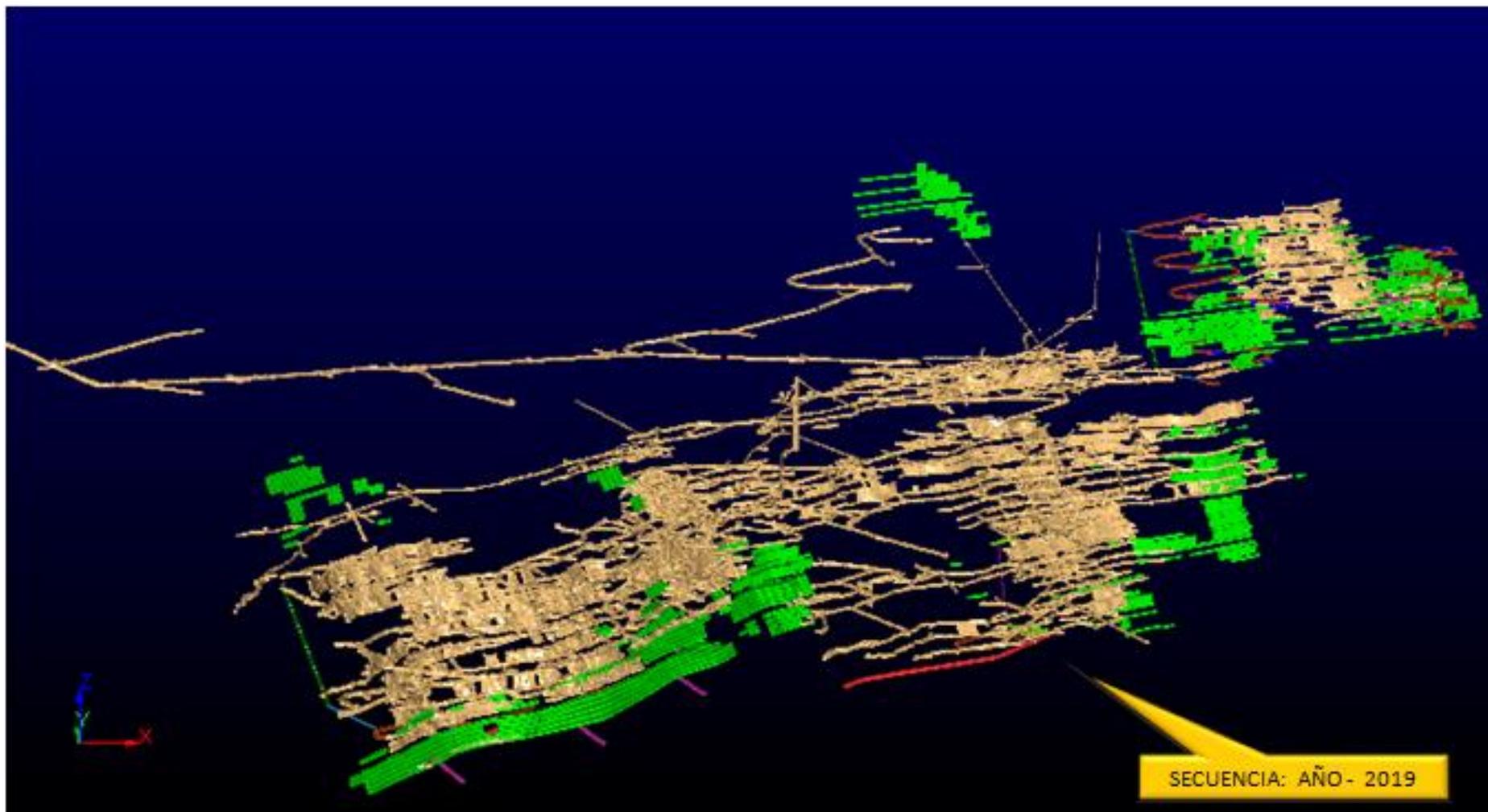
Secuencia Grafica de Explotación

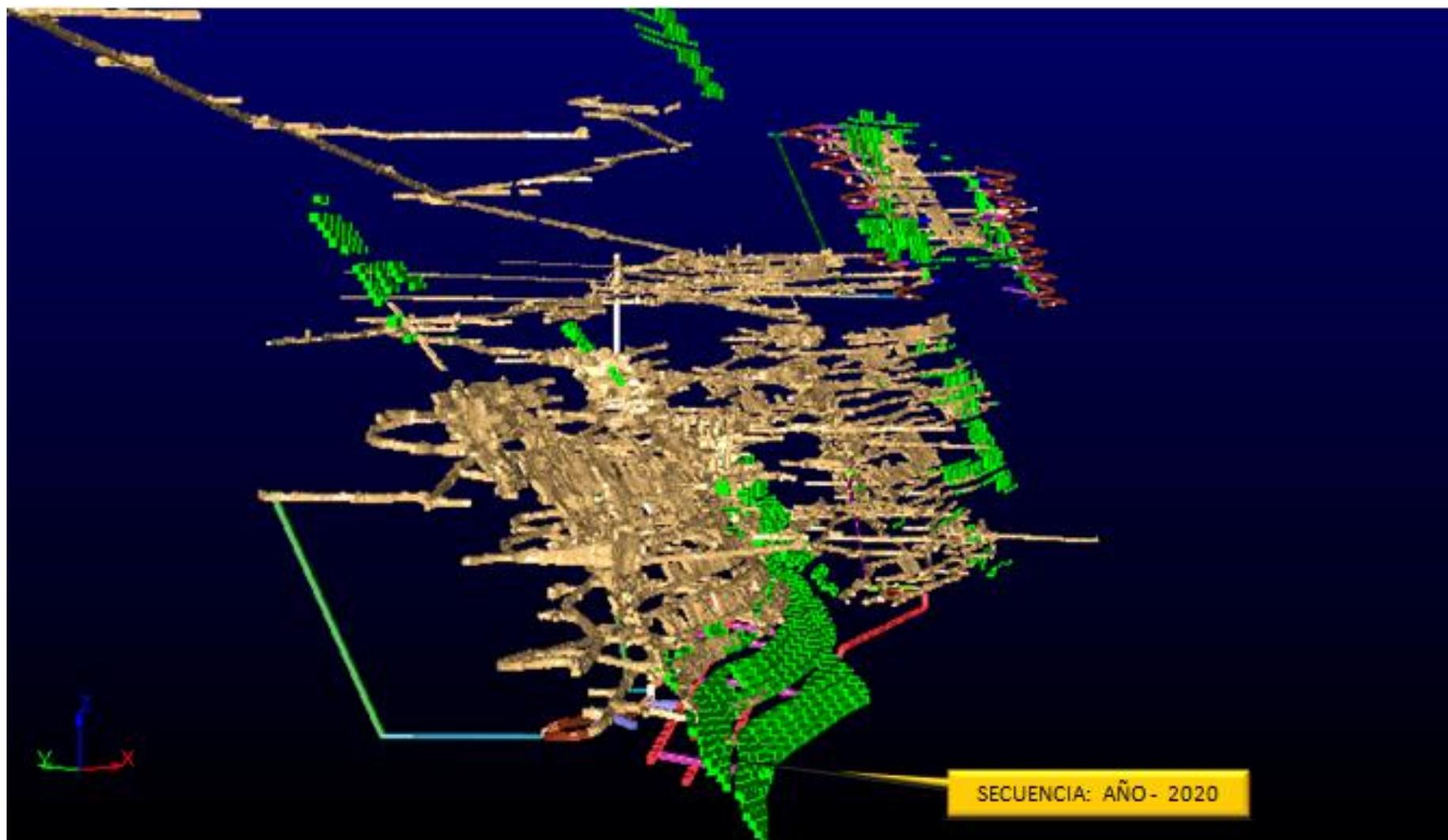


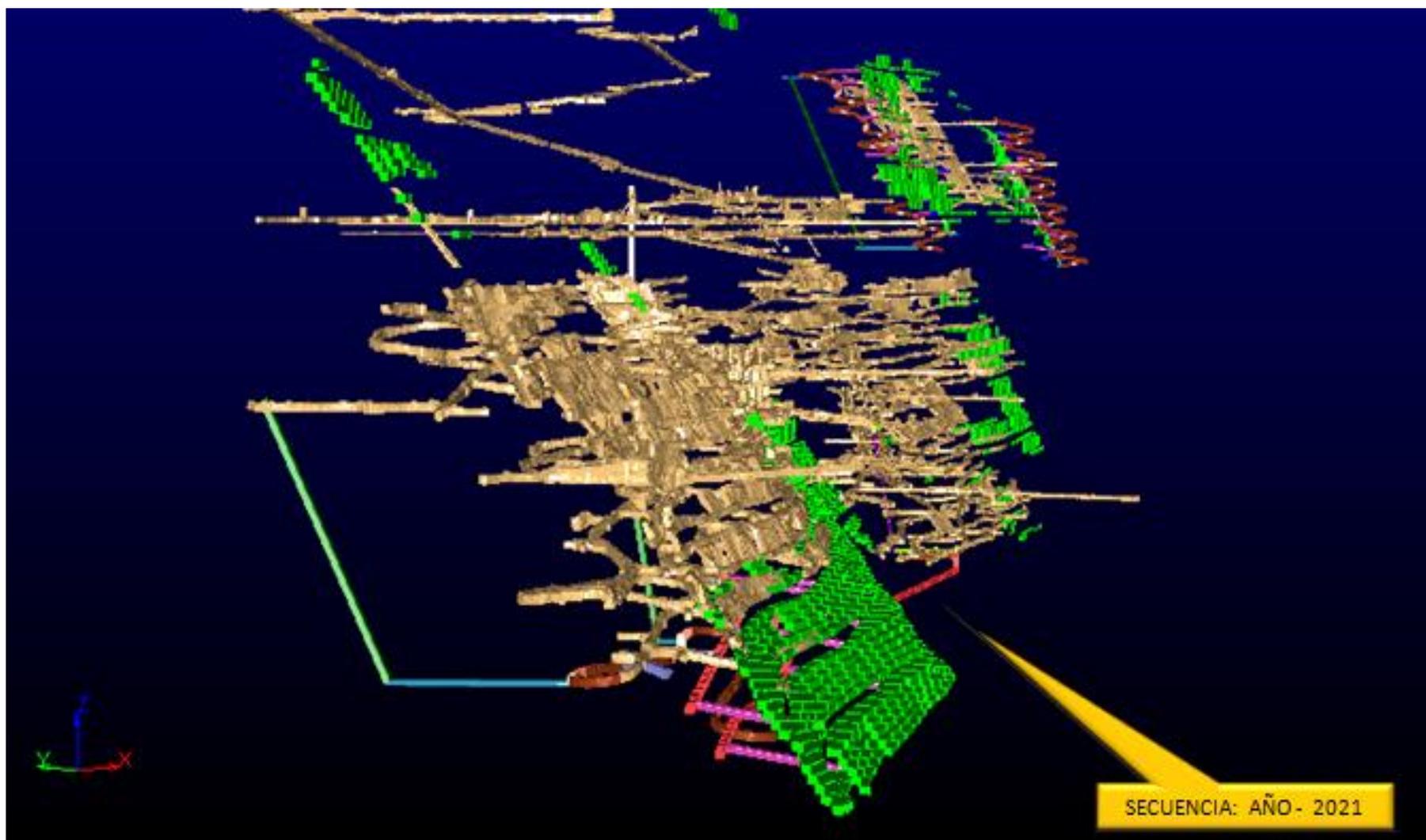


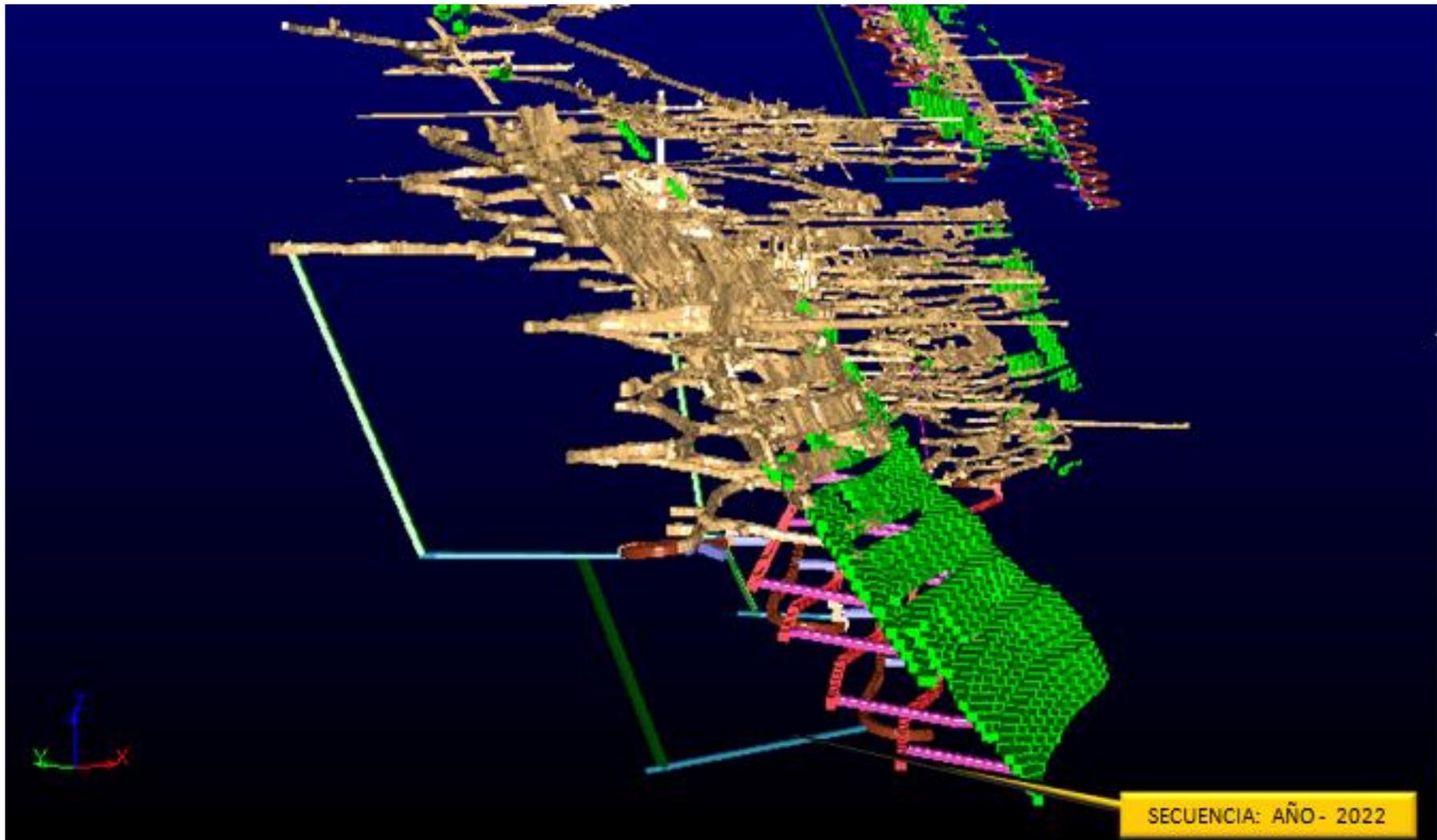


SECUENCIA: AÑO - 2018

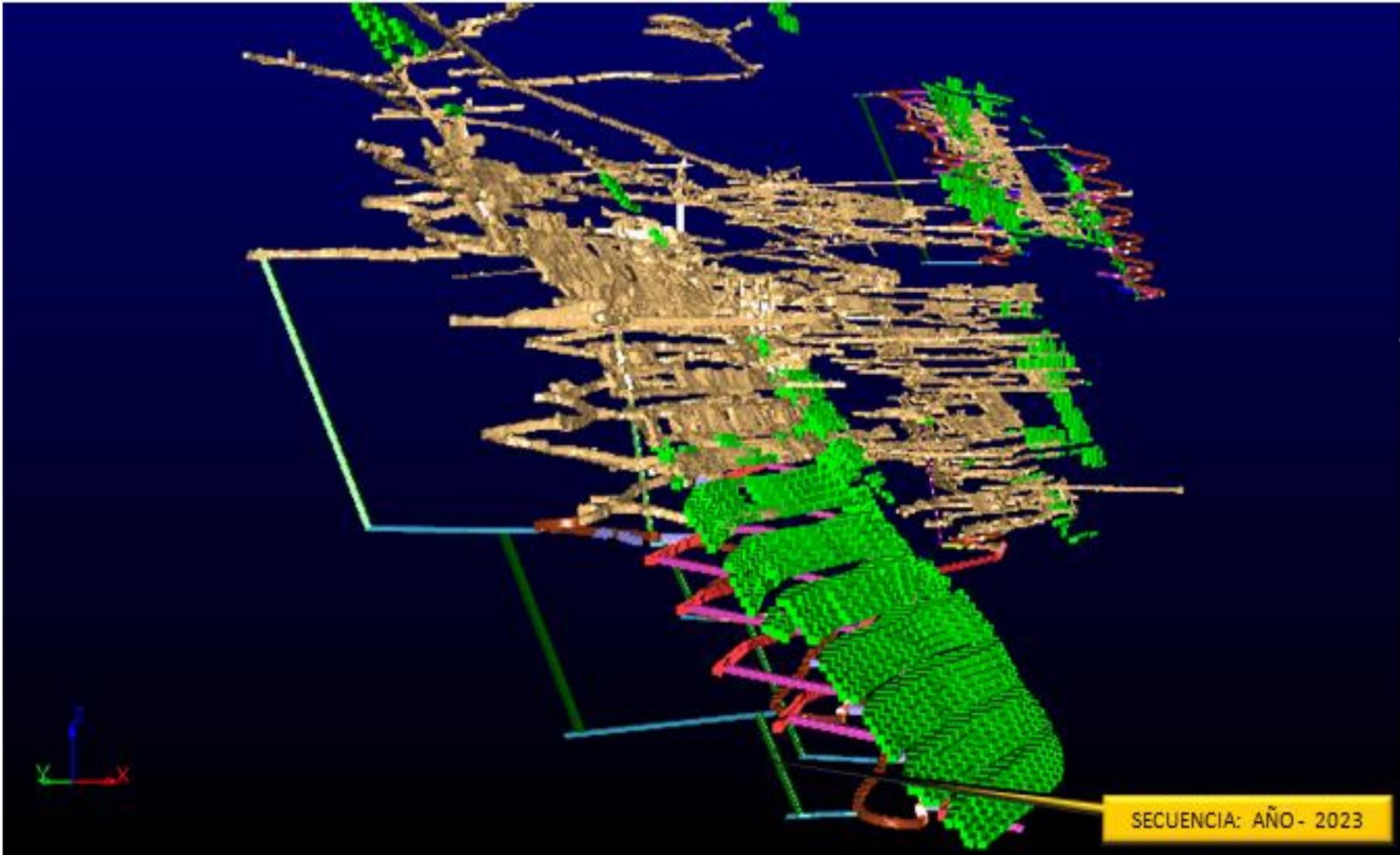


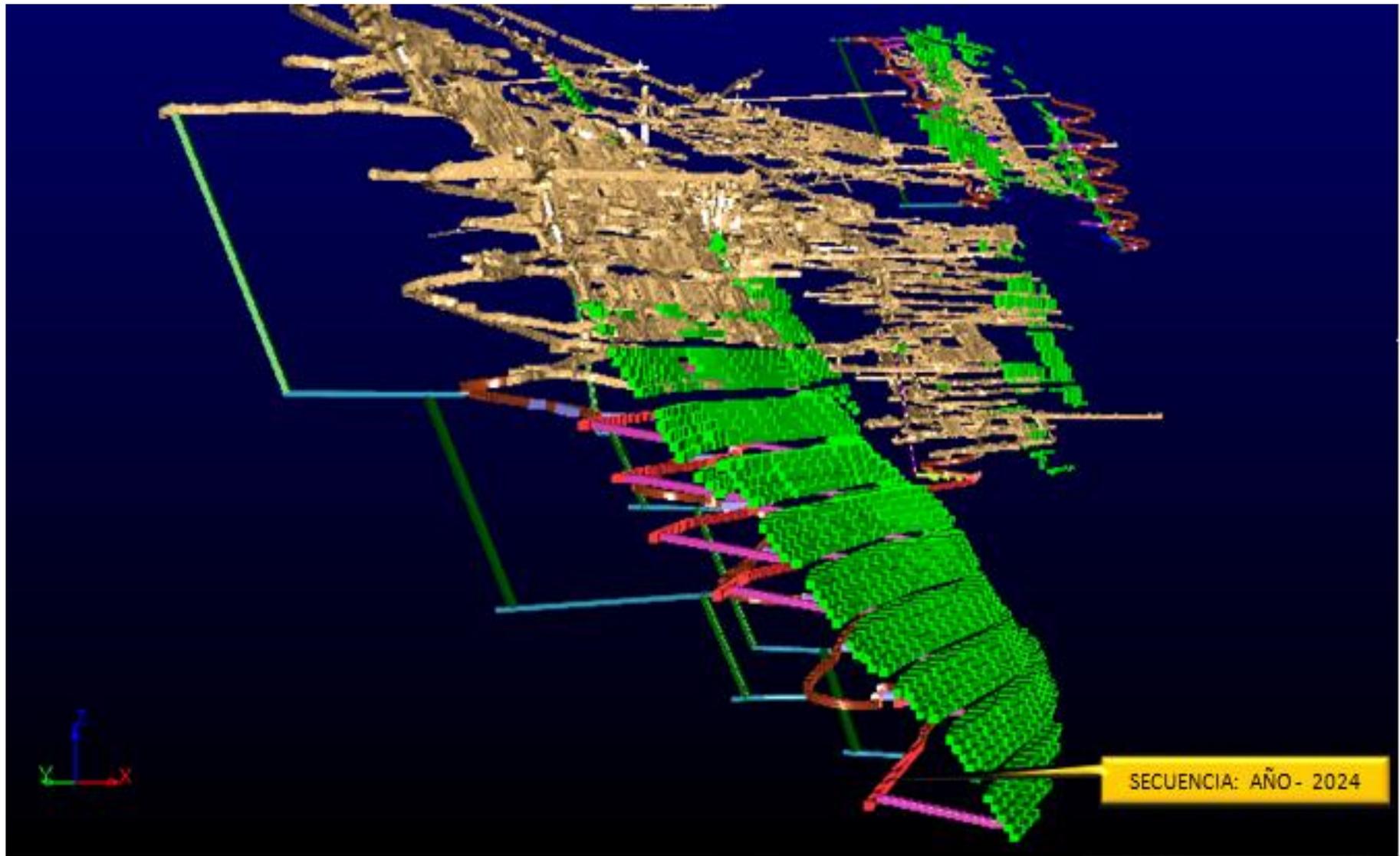






SECUENCIA: AÑO - 2022





SECUENCIA: AÑO - 2024

Matriz de Consistencia

TÍTULO: Plan de Desarrollo Minero para determinar el Mineral Económicamente Explotable con el Software MSO (Minable Shape Optimizer), Mina Ticlio – Volcán Compañía Minera S.A.A. Tesista: Ruben Edson RICRA MARCELO						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	TIPO Y NIVEL DE INVEST.
<p>GENERAL:</p> <p>¿Es posible ejecutar el Plan de Desarrollo Minero para determinar el Mineral Económicamente Explotable con el Software MSO (Minable Shape Optimizer) en la Mina Ticlio de Volcán Compañía Minera S.A.A.?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>A. ¿Cómo determinar con el Software MSO el Mineral Económicamente Explotable en la Mina Ticlio?</p> <p>B. ¿Cómo determinar los parámetros modificadores necesarios para estimar el mineral económico diluido que será obtenido producto de la explotación minera en la Mina Ticlio?</p>	<p>GENERAL:</p> <p>Aplicar el Plan de Desarrollo Minero para determinar el Mineral Económicamente Explotable con el Software MSO (Minable Shape Optimizer) en la Mina Ticlio de Volcán Compañía Minera S.A.A.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>A. Determinar con el Software MSO el Mineral Económicamente Explotable en la Mina Ticlio.</p> <p>B. Determinar los parámetros modificadores necesarios para estimar el mineral económico diluido que será obtenido producto de la explotación minera en la Mina Ticlio.</p>	<p>GENERAL</p> <p>La aplicación del Plan de Desarrollo Minero determinara el Mineral Económicamente Explotable mediante el Software MSO (Minable Shape Optimizer) en la Mina Ticlio de Volcán Compañía Minera S.A.A.</p> <p>Hipótesis específicas</p> <p>A. Con la aplicación del Software MSO determinaremos el Mineral Económicamente Explotable en la Mina Ticlio.</p> <p>B. Con la determinación de los parámetros modificadores necesarios estimaremos el mineral económico diluido que será obtenido producto de la explotación minera en la Mina Ticlio.</p>	<p>INDEPENDIENTE:</p> <p>X: Aplicación del Plan de Desarrollo Minero determinara el Mineral Económicamente Explotable de la Mina Ticlio.</p> <p>Variable Dependiente</p> <p>Y: Software MSO (Minable Shape Optimizer), de la Mina Ticlio.</p>	<p>- Método de explotación</p> <p>- Parámetros</p> <p>- Herramientas Informáticas</p> <p>- Optimización</p> <p>- Operación</p> <p>- Economía</p>	<p>Gestión Minera</p> <p>Planeamiento Minero.</p> <p>Proceso de producción</p> <p>Geomecanica y Geotecnia</p> <p>Sostenimiento</p> <p>Geología</p> <p>Software MSO (Minable Shape Optimizer)</p> <p>Software MSO (Minable Shape Optimizer)</p> <p>Valorizacion</p>	<p>TIPO:</p> <p>Cuantitativo..</p> <p>NIVEL:</p> <p>Evaluativa.</p>