

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Evaluación técnica - económica del método de
explotación sublevel caving para su mecanización,
tajo Esperanza nivel 1020 – Unidad Minera
Yauricocha de Sierra Metals INC**

Gregorio Rogelio Rendon Zurco

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2020

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

ASESOR

Ing. Javier Córdova Blancas

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, a mi familia por el apoyo constante para la culminación de mi carrera y a la empresa minera Sierra Metals INC, en su Unidad Minera Yauricocha, para la culminación de la presente Tesis.

DEDICATORIA

A mis padres por formar valores de disciplina, constancia y superación durante mi vida como hijo y hoy como padre, a mi esposa por ser el soporte emocional y su apoyo incondicional en mi crecimiento personal y profesional, finalmente a todas las personas que gracias a su apoyo me permitieron culminar la presente tesis.

ÍNDICE

PORTADA-----	I
ASESOR-----	II
AGRADECIMIENTO-----	III
DEDICATORIA-----	IV
ÍNDICE -----	V
LISTA DE TABLAS -----	IX
LISTA DE FIGURAS-----	XII
RESUMEN -----	XV
ABSTRACT -----	XVII
INTRODUCCIÓN-----	XIX
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO-----	21
1.1. Planteamiento y formulación del problema -----	21
1.1.1. Planteamiento del problema-----	21
1.1.2. Formulación del problema -----	22
1.2. Objetivos -----	23
1.2.1. Objetivo general -----	23
1.2.2. Objetivos específicos-----	23
1.3. Justificación e importancia-----	23
1.3.1. Justificación social - práctica -----	23
1.3.2. Justificación metodológica -----	24
1.3.3. Justificación académica -----	24
1.3.4. Justificación económica -----	24
1.4. Hipótesis de la investigación-----	24
1.4.1. Hipótesis general -----	24
1.4.2. Hipótesis específicas -----	25
1.5. Identificación de variables -----	25
1.5.1. Variable independiente -----	25
1.5.2. Variable dependiente-----	25
1.6. Matriz de operacionalización de variables -----	25
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO-----	28
2.1. Antecedentes del problema -----	28

2.2. Generalidades de la mina Yauricocha -----	31
2.2.1. Ubicación accesibilidad y generalidades -----	31
2.3. Geología-----	33
2.3.1. Geología regional -----	33
2.3.2. Geología estructural -----	35
2.3.3. Mineralización -----	38
2.4. Diseño del método de explotación en Yauricocha -----	43
2.4.1. Ciclo de minado-----	43
2.5. Bases teóricas del estudio-----	46
2.6. Geomecánica del cuerpo Esperanza -----	47
2.6.1. Ubicación del cuerpo Esperanza-----	47
2.6.2. Geología local y estructural del cuerpo Esperanza -----	47
2.6.3. Distribución de discontinuidades del cuerpo Esperanza-----	48
2.6.4. Características geomecánicas del cuerpo Esperanza -----	50
2.6.5. Clasificación geomecánica del macizo rocoso del cuerpo Esperanza -----	52
2.6.6. Condiciones de agua subterránea -----	54
2.6.7. Metodología de análisis del cuerpo Esperanza -----	54
2.7. Método de minado del cuerpo Esperanza -----	58
2.7.1. Sublevel Caving -----	58
2.7.2. Sublevel Caving como método de minado -----	59
2.7.3. Optimización del método Sublevel Caving esquema del diseño -----	59
2.7.4. Secuencia de minado del Sublevel Caving-----	60
2.8. Plan de minado del cuerpo Esperanza-----	72
2.8.1. Reservas minerales cuerpo Esperanza -----	72
2.8.2. Método de minado cuerpo Esperanza – Sublevel Caving-----	73
2.8.3. Configuración típica Sublevel Caving-----	73
2.8.4. Operación del método de minado SLC-----	73
2.8.5. Fundamentos de diseño Sublevel Caving -----	73
2.9. Plan de minado cuerpo Esperanza -----	74
2.9.1. Programa de avance en el cuerpo Esperanza -----	77
2.9.1. Costos de avance en el cuerpo Esperanza -----	80
2.9.2. Parámetros del método de minado SLC -----	84

2.9.3. Costos de desarrollo del metodo de minado SLC en el Cuerpo	
Esperanza, nivel 1020 -----	85
2.9.1. Costos de explotación del método de minado SLC en el Cuerpo	
Esperanza, nivel 1020 -----	87
2.10. Cash cost 2020 de la unidad minera Yauricocha -----	89
2.11. Capex 2020 de la unidad minera Yauricocha -----	91
2.12. Evaluación económica del método de minado Sublevel Caving en la	
unidad minera Yauricocha -----	92
3.1. Método y alcances de la investigación -----	97
3.1.1. Método general -----	97
3.1.2. Nivel de investigación -----	97
3.1.3. Alcances de la investigación -----	98
3.2. Tipo de diseño de investigación -----	98
3.2.1. Tipo de investigación -----	98
3.2.2. Diseño de investigación -----	99
3.3. Población y muestra -----	99
3.3.1. Población -----	99
3.3.2. Muestra -----	99
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos -----	99
3.4.1. Técnicas utilizadas en la recolección de datos -----	100
3.4.2. Instrumentos utilizados en la recolección de datos -----	100
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN-----	101
4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información-----	101
4.1.1. Incidencia de los métodos de minado aplicados en la unidad minera	
Yauricocha -----	101
4.1.2. Parámetros del método de minado Sublevel Caving en el cuerpo	
Esperanza-----	103
4.1.3. Costos de explotación del método de minado SLC cuerpo Esperanza-----	106
4.1.4. Análisis del cash cost 2019 - 2020 -----	108
4.1.5. Capex de la unidad minera Yauricocha -----	111
4.1.6. Plan de minado cuerpo Esperanza -----	112
4.1.7. Evaluación económica -----	115

CONCLUSIONES -----	122
RECOMENDACIONES -----	124
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS-----	125
ANEXOS-----	127

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables.....	26
Tabla 2 Matriz de consistencia	27
Tabla 3. Ruta geográfica	32
Tabla 4. Sistemas de discontinuidades.....	49
Tabla 5. Clasificación geomecánica SN.4440 NW P-16 Cuerpo Esperanza	52
Tabla 6. Clasificación geomecánica V-5 y 6 P-16 Cuerpo Esperanza	53
Tabla 7. Recomendación de sostenimiento para cada estación de mapeo geomecánico.....	58
Tabla 8. Plan de minado 2019 – 2022 del Cuerpo Esperanza – unidad minera Yauricocha	75
Tabla 9. Plan de minado 2020 del Cuerpo Esperanza – unidad minera Yauricocha	76
Tabla 10. Programa de exploraciones 2020 – Cuerpo Esperanza – unidad minera Yauricocha	78
Tabla 11. Programa de desarrollos 2020 – Cuerpo Esperanza – unidad minera Yauricocha.	78
Tabla 12. Programa de preparaciones 2020 – Cuerpo Esperanza – unidad minera Yauricocha	79
Tabla 13. Costos de programa de exploraciones 2020 – Cuerpo Esperanza – unidad minera Yauricocha	81
Tabla 14. Costos de programa de desarrollo 2020 – Cuerpo Esperanza – unidad minera Yauricocha	82
Tabla 15. Costos de programa de preparaciones 2020 – Cuerpo Esperanza – unidad minera Yauricocha	83
Tabla 16. Parámetros del método de minado Sublevel Caving mecanizado del Cuerpo Esperanza	84
Tabla 17. Costos de desarrollo del Sublevel Caving – Cuerpo Esperanza – unidad minera Yauricocha	86

Tabla 18. Costos de explotación del método de minado Sublevel Caving del Cuerpo Esperanza – unidad minera Yauricocha.....	88
Tabla 19. Costos de explotación (servicios) del método de minado Sublevel Caving del Cuerpo Esperanza – unidad minera Yauricocha.....	88
Tabla 20. Cash Cost de la unidad minera Yauricocha, periodo 2020	90
Tabla 21. Capex de la unidad minera Yauricocha durante el periodo 2020.....	91
Tabla 22. Ingresos por producción total de mineral de la unidad minera Yauricocha, periodo 2019	94
Tabla 23. Ingresos por producción total de mineral forecast de la unidad minera Yauricocha, periodo 2020	94
Tabla 24. Costos de producción total de mineral ejecutado de la unidad minera Yauricocha, periodo 2019	95
Tabla 25. Costos de producción forecast total de mineral de la unidad minera Yauricocha, periodo 2019	95
Tabla 26. Evaluación económica del programa de producción de mineral ejecutado de la unidad minera Yauricocha, periodo 2019	96
Tabla 27. Evaluación económica del programa de producción de mineral forecast de la unidad minera Yauricocha, periodo 2019	96
Tabla 28. Incidencia de la producción de mineral por método de minado de la unidad minera Yauricocha, periodo 2019.....	102
Tabla 29. Parámetros del método de minado Sublevel Caving mecanizado del Cuerpo Esperanza	104
Tabla 30. Parámetros de labores de desarrollo del método de minado Sublevel Caving del Cuerpo Esperanza, Nv 1020	104
Tabla 31. Costos de explotación, energía, agua y equipo del método de minado Sublevel Caving del Cuerpo Esperanza, Nv 1020	107
Tabla 32. Cash Cost 2020 y 2019 de la unidad minera Yauricocha	109
Tabla 33. Capex de la unidad minera Yauricocha durante el periodo 2019 - 2020.....	111
Tabla 34. Plan de minado 2019 – 2022 del Cuerpo Esperanza – unidad minera Yauricocha.....	114

Tabla 35. Ingresos y costos de producción de la unidad minera Yauricocha, periodo 2019	117
Tabla 36. Ingresos y costos de producción de la unidad minera Yauricocha, periodo 2020	118
Tabla 37. Evaluación económica operacional de la unidad minera Yauricocha, periodo 2020	119
Tabla 38. Matriz de operacionalización de variables del método de minado Sublevel Caving de la unidad minera Yauricocha.....	128
Tabla 39. Reserva por cuerpos mineralizados de la unidad minera Yauricocha ..	131
Tabla 40. Desmontera de la unidad minera Yauricocha	137
Tabla 41. Flujo de caja del plan de producción de la unidad minera Yauricocha, periodo 2019	142
Tabla 42. Flujo de caja del plan de producción de la unidad minera Yauricocha, periodo 2020	143

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la mina	32
Figura 2. Plano regional.....	36
Figura 3. Columna estratigráfica del área de Yauricocha	38
Figura 7. Ciclo de minado corte y relleno ascendente mecanizado	46
Figura 8. Plano de ubicación del TJ.6950 Piso 16 Cuerpo Esperanza Nv.1020	47
Figura 9. Geología local y estructural del TJ.6950 Piso 16 Cuerpo Esperanza Nv.1020.....	48
Figura10. Se aprecia la concentración de polos, los cuales definen los sets de discontinuidades	49
Figura 11. Se muestra los sets de las principales familias de discontinuidades	50
Figura 12. Se aprecia que la orientación de las discontinuidades principales se encuentra diagonal al avance del SN.4440 NW, la orientación de las discontinuidades secundarias se encuentra diagonal al avance de las ventanas, el cual se considera condición regular a desfavorable.	50
Figura 14. En este modelo se aprecia la malla de elementos finitos antes de iniciar la simulación de estabilidad del Cuerpo Esperanza Piso 16 N.1020	55
Figura 15. Isovalores de factores de seguridad (F.S) antes de iniciar la explotación del TJ.6950 piso 16 del Nv.1020.....	55
Figura 16. Isovalores de factores de seguridad (F.S)	56
Figura 17. Isovalores de factores de seguridad (F.S).....	56
Figura 19. Diseño de Draw Points	60
Figura 21. Frente disparado, desatado de rocas y a lado derecho la instalación de marchavantes de 45/60lbs. 6 a más	60
Figura 21. Se limpia la carga del frente y se desata	61
Figura 22. Punto de dirección y gradiente para iniciar el picado de patilla	61
Figura 23. Picado de patilla	62
Figura 24. Instalación del teclé de 1 t y al derecho traslado y posicionamiento del primer segmento para su instalación.....	62

Figura 25. Colocado del tecele al segmento para su izaje y a la derecha la nivelación de cimbra	63
Figura 26. Iniciando el entablado, cariito y topes. A la derecha el encribado de cimbra, bolsacretes, bancos y materiales.	63
Figura 27. P/V bolsillos	64
Figura 28. Entablado y encribado	64
Figura 29. Perforación taladros largos.	65
Figura 30. Ciclo de minado Sublevel Caving	66
Figura 31. Desarrollo de ventanas en el Cuerpo Esperanza	67
Figura 32. Disparo mediante taladros largos en el método de minado Sublevel Caving, Cuerpo Esperanza	68
Figura 33. Distribución del plan de explotación del Cuerpo Esperanza	69
Figura N° 34: Ventanas de disparo.	69
Figura 35. Refuerzo de cimbras, posterior al disparo	70
Figura 36. Soplo de mineral, producto de la inestabilidad del macizo rocoso.....	70
Figura 37. Plan de evacuación en caso de soplos en el sector Esperanza	71
Figura 38. Perfil de acceso y explotación del Cuerpo Esperanza – Sector Catas.....	71
Figura 39. Plan de evacuación en caso de soplos en el sector Esperanza	72
Figura 40. Espaciamiento de ventanas (8 m horizontal) y subniveles (16 m vertical)	74
Figura 41. Reservas de la unidad minera Yauricocha	130
Figura 42. Vista general de los cuerpos mineralizados de la unidad minera Yauricocha.....	132
Figura 43. NSR de los cuerpos mineralizados – Esperanza y otros, mina Central de la Unidad Minera Yauricocha.....	133
Figura 44. Programa de labores de avance en el cuerpo Esperanza y otros, mina Central de la unidad minera Yauricocha	134
Figura 45. Ventilación - mina Central.....	135
Figura 46. Relavera de la unidad minera Yauricocha	136
Figura 47. Ciclo de minado del Cuerpo Esperanza de la unidad minera Yauricocha.....	138

Figura 48. Ciclo de minado del Cuerpo Esperanza distal de la unidad minera
Yauricocha139

Figura 49. Crucero 5000, nivel 1070 en la rampa Esperanza de la unidad minera
Yauricocha140

Figura 50. Isométrico crucero 5000, nivel 1070 en la rampa Esperanza de la
unidad minera Yauricocha141

RESUMEN

La presente tesis tiene por objetivo la evaluación técnica económica en la explotación del cuerpo Esperanza, mediante el método de minado *Sublevel Caving* nivel 1020 en el sector Mina Central, de la unidad minera Yauricocha, de Sierra Metals INC.

El desarrollo de la presente tesis emplea el método analítico y es de carácter descriptivo - explicativo. La investigación es de forma preexperimental, de manera que se observó los resultados de la evaluación técnica económica del método de minado *Sublevel Caving* aplicado en el cuerpo Esperanza durante el periodo 2019. La forma para la recolección de información fue la revisión documentaria y el acopio de datos correspondientes al cuerpo Esperanza de la unidad minera Yauricocha. Para concluir con el análisis técnico económico del método de minado *Sublevel Caving* aplicado en el cuerpo Esperanza desde el nivel 870 al nivel 1070, principalmente en el nivel 1020, se analizaron los planes de producción 2019 y 2020 proyectados, analizando el *net smelt return* (retorno neto de fundición) y el *cash cost* en el programa de producción para finalmente definir el valor presente neto (NPV) en ambos periodos.

La evaluación técnica económica del método de minado *Sublevel Caving* aplicado en el cuerpo Esperanza, nivel 1020 considera el diseño de los pisos 8 y 16, el cual considera el avance de 2429 metros por piso en labores de desarrollo, y de 7287 metros en los 3 pisos del nivel 1020; asimismo, se considera el costo de explotación y finalmente los costos de energía, agua y equipos, considerando un costo unitario de mina de 29.10 \$/t.

La producción en el periodo 2019 fue de 1'127,479 toneladas con leyes media de Ag@ 1.86 Oz/t, Cu@ 1.02 %, Pb@ 1.58 % y Zn@ 3.34 % y un NSR de 147 \$/t, generando ingresos totales de US \$ 165'970,088.09 y para el periodo proyectado 2020 será de 1'213,000 toneladas, con leyes promedio de Ag@ 2.27 Oz/t, Cu@ 1.26%, Pb@ 1.25% y Zn@ 3.95 %, con un NSR de 154 \$/t, generarán ingresos

totales de \$ 186'295,075.85. Este incremento de producción será debido al mayor tonelaje producido por el método de minado *Sublevel Caving*. La producción en el cuerpo Esperanza es de 348,941 toneladas durante el periodo 2019, lo que representa el 45 % de la producción total (cuerpos masivos).

De acuerdo a la evaluación económica, se genera un VAN de \$ 13'822,546.55 y un TIR de 21% durante el periodo 2019.

Palabras clave: Sublevel caving, Capex, Opex, NPV, TIR, NSR, producción, optimización, costos de operación, cash cost.

ABSTRACT

The objective of this thesis is the economic technical evaluation in the exploitation of the Esperanza body, through the Sublevel Caving level 1020 mining method in the Central Mine sector of the Yauricocha Mining Unit of Sierra Metals INC.

The development of this thesis uses the analytical method and is descriptive - explanatory. The research is pre-experimental, so that the results of the economic technical evaluation of the sublevel caving mining method applied in the Esperanza body during the 2019 period were observed. The form for the collection of information was the documentary review and the collection of data corresponding to the Esperanza body of the Yauricocha Mining Unit.

To conclude, with the economic technical analysis of the sublevel caving mining method applied in the Esperanza body from level 870 to level 1070, mainly at level 1020, analyzing the projected 2019 and 2020 production plans, analyzing the Net Smelt Return (NSR) and cash cost in the production program to finally define the net present value (NPV) in both periods.

The economic technical evaluation of the sublevel caving mining method applied in the Esperanza body, level 1020 considers the design of floors 8 and 16 which considers the advance of 2429 meters per floor in development work, and 7287 meters in the 3 floors of the 1020 level, the exploitation cost and finally the energy, water and equipment costs are considered, considering a unit cost of mine of 29.10 \$/t.

Production in the 2019 period was 1,127,479 tons with average laws of Ag @ 1.86 Oz / t, Cu @ 1.02 %, Pb @ 1.58 % and Zn @ 3.34 % and an NSR of 147 US \$ / TMS, generating total income of US \$ 165'970,088.09 and for the projected period 2020 will be 1'213,000 tons, with average laws of Ag @ 2.27 Oz / t, Cu @ 1.26%, Pb @ 1.25% and Zn @ 3.95%, with an NSR of 154 US \$ / TMS will generate total revenues of \$186,295,075.85. This increase in production will be due to the greater tonnage

produced by the sublevel caving mining method. The production in the Esperanza body is 348,941 tons during the 2019 period, which represents 45 % of the total production (massive bodies).

According to the economic evaluation, a NPV of US \$ 13,822,546.55 and an TIR of 21% are generated during the 2019 period.

Keywords: Sublevel caving, Capex, Opex, NPV, TIR, NSR, production, optimization, operating costs, cash cost.

INTRODUCCIÓN

La unidad minera Yauricocha presenta mineralización polimetálica de Cu, Pb, Zn Ag y Au en cuerpos mineralizados de diferentes tamaños, emplazado en contacto de las calizas Machay e intrusivos granodioríticos y de calizas Machay con *France Chert* de la formación Celendín, en las zonas Cachi y la zona Central, pertenecientes a la compañía minera Sierra Metals INC.

El presente estudio está asociado a la evaluación técnica económica del cuerpo Esperanza, perteneciente a la zona central, generando una producción de 348,941 toneladas durante el periodo 2019, representando al 45 % del total de producción de la unidad minera Yauricocha con cantidades importantes de Cu, Zn, Pb y Ag y menores de oro.

La implementación del método de minado *Sublevel Caving* en el cuerpo Esperanza, permitirá el incremento de tonelaje producido durante los periodos 2019 al 2022, con un incremento de leyes de Cu, Zn, Pb y Ag, mejorando el NSR y teniendo un control y disminución del *Cash Cost*. La mejora de la producción en el cuerpo Esperanza es producto de la incidencia del aporte de mineral en dicho periodo hasta en un 45 % del total producido en la unidad minera Yauricocha. Este incremento de producción durante el periodo 2019 al 2022 mejorará la productividad en las distintas áreas unitarias del ciclo de minado del SLC aplicado en el cuerpo Esperanza y así maximizar el valor presente neto.

El presente trabajo asume una metodología sistemática, mediante el cual se analiza, compara e interpreta variables operacionales y económicas, analizando variables operacionales del método de minado *Sublevel Caving* aplicado en el cuerpo Esperanza, siendo la primera etapa de la evaluación geomecánica del cuerpo Esperanza, nivel 1020; la segunda etapa, el diseño del método de minado; la tercera etapa asociada al análisis del programa de avance en el desarrollo y preparación del método de minado en el cuerpo Esperanza, nivel 1020; en cuarto lugar, la evaluación de los costos unitarios de mina en el para definir índices de productividad en el ciclo

de minado y finalmente realizar una evaluación técnica financiera del plan de minado periodo 2019 y 2020.

El resultado de la evaluación técnica económica del método de minado *Sublevel Caving* implementado en el cuerpo Esperanza nivel 1020, generará el mayor aporte de mineral y su mayor incidencia en el plan de minado tipo LOM de la unidad minera Yauricocha; asimismo, permitirá la mejora del NSR y controlar y disminuir el *Cash Cost*.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

Existe una preocupación por parte de los representantes de la empresa Sierra Metals INC, en la unidad de producción Acumulación Yauricocha, por el incremento del tonelaje de producción y de las leyes de plata y zinc con relación al año 2019; del mismo modo, se observan altos índices de costos de acarreo de mineral por la distancia de los cuerpos mineralizados al nivel de extracción de mineral a superficie; además, la falta de stock de mineral en planta concentradora y problemas con disponibilidad mecánica de los equipos *trackles*. Sin embargo, los representantes de la organización aseguran que es viable el incremento de producción ya que el costo de capital (*capex*) y costo de operación (*opex*) está elaborado en relación a la dimensión de la mina.

Cuando decrece el stock ideal de mineral que se debe tener en stock pile, la disponibilidad mecánica de equipos, la distancia de los tajos, el metrado de avance por disparo, el movimiento del personal, al incrementar los costos ya sea en *capex* u *opex* se sale del presupuesto. Entonces se pone en zona de riesgo y ya no se es productivo. Se tiene que buscar la causa raíz del problema, de tal manera que a lo largo de los meses, se determinan cuáles fueron los argumentos que en ese momento prevalecieron; así se puede explicar el porque se sale o se está dentro del

presupuesto y se observa si hay congruencia o no con las explicaciones proporcionadas, esta medición mes a mes permitirá analizar si se hizo un buen presupuesto durante la planificación para incrementar la producción.

Uno de los grandes efectos que genera el descenso de la productividad, producto del desarrollo de labores de profundización en minas subterráneas relacionados a mayores distancias de acarreo y transporte, es que incrementa el consumo de energía y el desgaste prematuro de los distintos equipos a usar en dichas actividades. Por tal motivo, las empresas están obligadas a generar programas de optimización y reducción de costos en las distintas áreas unitarias de la operación minera. Estos programas de optimización y reducción de costos, obliga a las empresas estar en constante evaluación del plan de minado de corto y largo plazo, controlando y mejorando los distintos métodos de minado aplicados en la operación producto del tonelaje de mineral extraído. La buena selección del método de minado en operaciones profundas se caracteriza por definir variables geológicas, geomecánicas y económicas. Asimismo, su ritmo de producción asociada a métodos masivos o semi masivos para cumplir el plan de producción de acuerdo a capacidad máxima instalada de planta concentradora, mejorando la productividad en las diversas áreas unitarias del ciclo de minado, y así mantener los niveles de rentabilidad económica en las inversiones mineras.

La mejora del valor presente neto (NPV) en el plan de minado dependerá de la mejora de la productividad en el ciclo de minado, cumpliendo y mejorando los KPIs en las distintas áreas unitarias, por lo que la selección del método de minado es de vital importancia.

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿Cuáles son los resultados de la evaluación técnica-económica del método de explotación *Sublevel Caving* para su mecanización, tajo Esperanza nivel 1020 – unidad minera Yauricocha de Sierra Metals Inc.?

1.1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuáles son los resultados de la evaluación técnica del método de explotación *Sublevel Caving* para su mecanización en la Unidad Minera Yauricocha de Sierra Metals Inc.?

- b) ¿Cuáles son los resultados de la evaluación económica del método de explotación *Sublevel Caving* para su mecanización?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Realizar la evaluación técnica-económica del método de explotación *Sublevel Caving* para su mecanización, tajo Esperanza nivel 1020 – unidad minera Yauricocha de Sierra Metals Inc.

1.2.2. Objetivos específicos

- a) Efectuar la evaluación técnica del método de explotación *Sublevel Caving* para su mecanización y mejorar la productividad.

- b) Realizar la evaluación económica y determinar el programa de inversión operativa del método de explotación *Sublevel Caving* para su mecanización.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación social - práctica

Con el desarrollo de la investigación se proporcionará grandes beneficios en el sector minero, como sustentar la inversión de proyectos mineros y establecer un ambiente favorable para el incremento de utilidades bajo parámetros operacionales óptimos. Otro objetivo para desarrollar la investigación es incrementar la productividad en la explotación del cuerpo Esperanza.

En la actualidad la mejora en la productividad en áreas de extracción de mineral se ha convertido en un eje fundamental dentro de la gestión de costos, ya que

garantiza la estabilidad de una empresa y permite que logre sus objetivos de lineamiento corporativo en base a condiciones de mejora continua.

1.3.2. Justificación metodológica

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación el sustentante hará uso instrumentos y metodologías propias tanto para lo toma de datos en campo, su procesamiento y la formulación de conclusiones, las cuales podrán ser tomadas en cuenta de base para otras investigaciones similares.

1.3.3. Justificación académica

La investigación generará con su desarrollo un nuevo modelo de establecer la mejora en la rentabilidad económica de la empresa incorporando un nuevo método de explotación de mayor tonelaje, generando mejora en la productividad y por ende en la reducción de costos de la operación minera.

Las variables a trabajar serán evaluadas para determinar su comportamiento y su relación con la otra variable a estudiar (consecuencia de logros).

1.3.4. Justificación económica

La presente investigación pretende optimizar la productividad incorporando parámetros operacionales de explotación modernas, lo cual en términos económicos generara mayor rentabilidad, ya que se espera el incremento de producción de mineral a un menor costo, mejorando la productividad en el área de operación mina.

1.4. Hipótesis de la investigación

1.4.1. Hipótesis general

Los resultados de la evaluación técnica-económica del método de explotación *Sublevel Caving* influirán en la mecanización, tajo Esperanza nivel 1020 – unidad minera Yauricocha sociedad minera Corona S. A.

1.4.2. Hipótesis específicas

- a) Los resultados de la evaluación técnica del método de explotación *Sublevel Caving* determinaran el grado de su mecanización e incremento de la productividad.

- b) Los resultados de la evaluación económica del método de explotación *Sub Level Caving* harán factible la mecanización.

1.5. Identificación de variables

1.5.1. Variable independiente

Variable independiente: Método de explotación *Sublevel Caving*

1.5.2. Variable dependiente

Variable dependiente: Evaluación técnica económica para la mecanización del método de minado.

1.6. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1. Matriz de Operacionalización de variables

Definición conceptual		Definición operacional	
		Subdimensiones	Indicadores
Método de explotación <i>Sublevel Caving</i>	El desarrollo de la presente tesis aplico el método analítico, siendo la investigación de un carácter descriptivo-explicativo. La tesis fue experimental, para lo cual se observó los resultados de la evaluación técnica y económica de la mecanización del método de minado <i>Sublevel Caving</i> , tajo Esperanza nivel 1020 de la unidad minera Yauricocha, de Sierra Metals Inc.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Geología ✓ Geomecánica ✓ Parámetros de diseño operacional del método de minado. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Modelo geológico, leyes de mineral, ensamble mineralógico, etc. ✓ RMR, GSI y RQD ✓ Programa de avances, preparación y explotación.
Análisis de la mecanización	La metodología para la recolección y procesamiento de información fue la revisión documentaria y el acopio de datos correspondientes al tajo Esperanza, nivel 1020 de la unidad minera Yauricocha. Para concluir que la mecanización del método de minado <i>Sublevel Caving</i> , tajo Esperanza, nivel 1020 permitirá mejorar la productividad operacional en el ciclo de minado.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Operacional ✓ Económico 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Plan de producción, <i>opex</i> (costos operacionales) y <i>capex</i> (costos de capital). ✓ Evaluación económica

Tabla 2. *Matriz de consistencia*

Problemas	Objetivos	Hipótesis
Problema Principal	Objetivos Principal	Hipótesis Principal
¿ Cuáles son los resultados de la evaluación técnica-económica del método de explotación Sub Level Caving para su mecanización, tajo Esperanza nivel 1020 – unidad minera Yauricocha de Sierra Metals Inc .?	Realizar la evaluación técnica-económica del método de explotación Sub Level Caving para su mecanización, tajo Esperanza nivel 1020 – unidad minera Yauricocha de Sierra Metals Inc.	Los resultados de la evaluación técnica-económica del método de explotación Sub Level Caving influirán en la mecanización, tajo Esperanza nivel 1020 – unidad minera Yauricocha Sociedad Minera Corona S.A.
Problemas Secundarios	Objetivos Específicos	Hipótesis Secundarios
1. ¿ Cuáles son los resultados de la evaluación técnica del método de explotación Sub Level Caving para su mecanización en la Unidad Minera Yauricocha de Sierra Metals Inc ?	1. Efectuar la evaluación técnica del método de explotación Sub Level Caving para su mecanización y mejorar la productividad.	1. Los resultados de la evaluación técnica del método de explotación Sub Level Caving determinaran el grado de su mecanización e incremento de la productividad.
2. ¿ Cuáles son los resultados de la evaluación económica del método de explotación Sub Level Caving para su mecanización?	2. Realizar la evaluación económica y determinar el programa de inversión operativa del método de explotación Sub Level Caving para su mecanización.	2. Los resultados de la evaluación económica del método de explotación Sub Level Caving harán factible la mecanización.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

- En el año 1963, la Cerro de Pasco Cooper Corporation realiza la explotación empleando el método *Block Caving* en los niveles 360, 410, 520 y 575 de la Zona I de Mina Central.

- En el año 1966, Centromin Perú S. A. continua con la explotación con el método *Block Caving* en el nivel 720 área 9 cuerpo Antacaca, Zona II, Mina Central obteniendo resultados negativos en su recuperación como consecuencia del desprendimiento de desmontes que dio lugar a la dilución y riesgos inminentes de generar accidentes.

- En el año 2002, cuando sociedad minera Corona S. A. se hace cargo de las operaciones y continúa aplicando el método de *Sublevel Caving* convencional utilizando cuadros de madera como sostenimiento y para la extracción winches de arrastre.

- Tesis de pregrado titulada “*Método de minado Sublevel Caving (SLC) para mejorar recuperación de mineral - mina Azulcocha - Concepción Industrial S. A. C.*” La investigación tuvo como objetivo determinar cómo influye la aplicación

del método de minado *Sublevel Caving* (SLC) para mejorar la recuperación de mineral en mina Azulcocha - Concepción Industrial S. A. C. Con la prueba estadística de la hipótesis se determinó que la aplicación del método de minado *Sublevel Caving* es significativa para mejorar la recuperación de mineral en la mina Azulcocha. La producción y los costos tienen un puntaje de 5 (excelente) mientras que en el *square set* tiene un puntaje de 1 (muy malo), esto implica que la aplicación del método de minado *Sublevel Caving* (SLC) es el más indicado en la mina Azulcocha. La forma de la estructura mineralizada de la mina Azulcocha y la mala calidad de la roca y el mineral muestra una tendencia hacia los métodos masivos aplicando taladros largos, y se puede aplicar del método de minado *Sublevel Caving* (SLC). La mejor alternativa para aplicar el SLC es iniciar el minado estrictamente en retirada desde Superficie bajando por debajo del nivel - 40 y requiere un orden para el secuenciamiento de minado. (1)

- Tesis de pregrado titulada “*Prueba piloto en la ejecución del slot del método de explotación Sublevel Caving en compañía minera Volcan – unidad Carahuacra*” El trabajo muestra todos los análisis para la selección del método de explotación, las características geomecánicas y geológicas de la caja piso, cuerpo mineralizado y caja techo del cuerpo. Luego se hace un análisis de la subsidencia que se presenta en la superficie por la aplicación del método, esto con la finalidad de poder adecuar el diseño de la mina y tener las labores permanentes alejadas de la subsidencia de esta. El estudio se complementa con el detalle de las operaciones unitarias aplicadas: Perforación, voladura, acarreo, sostenimiento y transporte, luego se hace un análisis del tratamiento del mineral, para completar con la evaluación económica El trabajo muestra las diferentes variables que han intervenido en el análisis de las decisiones de inversión, así como el valor presente neto (VAN) y tasa interna de retorno (TIR), calculados a partir de la elaboración de los flujos de caja. Además, se ha realizado un análisis de escenarios (pesimista, conservador y optimista) y análisis de sensibilidad para las cotizaciones de los metales. Analizando los resultados de los diferentes parámetros obtenidos tales como: escenario pesimista: VAN (15 %) = 2`996,809; y TIR = 51 % (Cotización Zn = 1,100 \$/t) Escenario Conservador: VAN (15 %) =

12'372,133; y TIR = 134% (Cotización Zn = 1,400 \$/t) Escenario Optimista: VAN (15 %)= 31'122,781; TIR= 331 % (Cotización Zn = 2,000 \$/t) Se concluye que el proyecto se alinea con la estrategia de generación de valor de la Empresa y que tiene muy pocas probabilidades de fracaso por lo cual recomendamos su implementación. (2)

- Tesis de pregrado denominada "*Explotación de un cuerpo mineralizado por subniveles con taladros largos en la 1 Unidad de Producción Uchucchacua*" El investigador planteó como objetivo general demostrar el incremento de producción de mineral durante el mes, aplicando la explotación por subniveles con taladros largos en cuerpos. *Uchucchacua* se ve enfrentada a un problema de producción, lo ejecutado mensualmente no satisface las TCS proyectadas de producción mensual. Surge entonces la necesidad de elaborar un proyecto de aplicación de un método de minado, que permita alcanzar las producciones trazadas. Bajo esta premisa, y teniendo en cuenta las condiciones geológicas, geométricas, y geomecánicas del cuerpo Magaly y la roca encajonante, es que seleccionara el método aplicable para la explotación del cuerpo mineralizado. Posteriormente se evaluará las condiciones económicas, en base a las siguientes consideraciones (dilución, recuperación de reservas geológicas, valor del mineral y costo de producción), empleando el criterio del Valor Presente Neto, cuyo análisis finalmente permite seleccionar el método óptimo para explotar el cuerpo mineralizado Magaly- Mina Socorro. (3)
- Tesis de pregrado titulada "*Evaluación técnica y económica de los métodos de explotación corte y relleno mecanizado y Sublevel Stopping en la unidad minera Pallancata para una óptima selección de minado*". La tesis tiene como objetivo general demostrar la óptima aplicación de los métodos de explotación corte y relleno mecanizado ascendente y explotación por subniveles, al hacer una evaluación técnico económico para optimizar los costos operativos de mina. En la evaluación económica entre los dos métodos de explotación favorece al minado por subniveles con taladros largos, obteniendo una mayor productividad y reducción en el tiempo de minado, el tiempo en que empieza a recuperar la

inversión en el minado corte y relleno mecanizado es de 21 meses y 9 meses en el minado por subnivel con taladros largos. Con la evaluación se concluye utilizar el método de explotación de subniveles con taladros largos. (4)

- Tesis de pregrado titulada “*Ventajas económicas de la implementación del método de explotación Sublevel Stoping en vetas angostas frente al método de explotación convencional de corte y relleno ascendente en la zona codiciada de la mina Morococha*” La investigación tiene por objetivo fundamental el estudio de ambos métodos de explotación que se desarrollan en la mina Morococha. Por un lado, el método *Sublevel Stoping* se aplica en la zona de vetas ya sea angostas o regularmente potentes y el método de corte y relleno ascendente se aplicaba sólo en vetas angostas. El costo de producción del método *Sublevel Stoping* en comparación al método de corte y relleno ascendente convencional se refleja una disminución del 30 %; es decir, de 75.15 \$/t a 57.61 \$/t. Al realizar el estudio de rentabilidad de ambos métodos, se observa que el método de *Sublevel Stoping* tiene un índice de 0.80, mientras que el método corte y relleno ascendente convencional tiene un índice de 0.38, por lo tanto, hablamos que existe una diferencia de 0.47, haciendo que el método *Sublevel Stoping* sea más rentable. Evaluando los resultados anteriores se llega a la conclusión que el método *Sublevel Stoping* ofrece un mayor índice de rentabilidad y un bajo costo de operación en comparación al método corte y relleno ascendente convencional. Asimismo, se logra identificar las operaciones unitarias con mayor porcentaje dentro del estudio del método en las cuales se puede analizar para así lograr reducir el costo de operación del método *Sublevel Stoping*, y de esta manera sea aún más rentable para la explotación. (5)

2.2. Generalidades de la mina Yauricocha

2.2.1. Ubicación accesibilidad y generalidades

La mina Yauricocha políticamente está ubicada en el distrito de Alis, provincia de Yauyos, departamento de Lima aproximadamente a 12 km al oeste de la divisoria continental y a 60 km al sur de la estación Pachacayo del FF. CC. Localizada

geográficamente en la zona alta de la cordillera Occidental andina, muy cerca de la línea divisoria continental, en las nacientes de uno de los afluentes del río Cañete, el que desemboca al océano Pacífico. El área de la mina se encuentra a una altitud promedio de 4 600 m s. n. m.

Tabla 3. Ruta geográfica

Ruta	Kilómetros
Lima – Huancayo - Yauricocha	420
Lima – Cañete - Yauricocha	370



Figura 1. Ubicación de la mina
Tomado del Departamento de Geología

2.3. Geología

2.3.1. Geología regional

a) Formación Goyllarisquizga

Las rocas más antiguas expuestas en el área son las areniscas de la formación Goyllarisquizga del Cretáceo Inferior. Este grupo de aproximadamente 300 m de espesor está constituido por areniscas gruesas blancas a grises, localmente bandeadas con lutitas carbonáceas, así como pequeños mantos de carbón de mala calidad y arcilla. En las cercanías de Chaucha, estas areniscas presentan intercalaciones de lutitas rojas en la base, las areniscas afloran en los núcleos de los anticlinales al SW de Yauricocha y como capas dispersas a lo largo de la "zona revuelta de chacras" así como en afloramientos aislados en la zona de Éxito.

b) Formación Jumasha

Concordante sobre la formación Goyllarisquizga, se encuentra la formación Jumasha del Cretáceo Medio. Esta formación con espesor promedio de 700 m consistente de caliza masiva de color gris claro. En la base, cerca al contacto con las areniscas, incluye intercalaciones de lutitas carbonosas. Estos estratos están sucedidos por lentes discontinuos de calizas marrones y grises, ocasionalmente con horizontes lutáceos y silíceos de unos 6,00 m de espesor. También están presentes pseudo brechas de probable origen sedimentario y un sill de basalto.

c) Formación Celendín

Sobreyaciendo concordantemente a las calizas Jumasha se encuentra la formación Celendín; formada por lutitas silicificadas finamente estratificada con intercalaciones de caliza recristalizada de edad Santoniana. Su espesor promedio, en el área de Yauricocha, es de 400 metros.

A esta unidad que anteriormente se le consideraba como estratos inferiores de las capas rojas Casapalca, localmente se le ha denominado *France Chert*.

d) Capas Rojas Casapalca

Esta formación sobreyace concordantemente a la formación Celendín siendo su contacto gradacional. Se le ha asignado una edad entre el Cretáceo Superior y el Terciario Inferior, ya que la ausencia de fósiles no permite datarla con exactitud. Está constituida principalmente por lutitas rojas calcáreas, calizas puras y calizas arenosas rojizas, ocasionalmente se ha reportado la presencia de flujos de lava y capas tufáceas.

e) Intrusivos

La actividad intrusiva se desarrolló mayormente en el Mioceno. Las edades determinadas mediante el método Ar-K en biotitas de muestras tomadas en el área de Yauricocha y Éxito, dan un promedio de 6,9 millones de años. (6)

Los Intrusivos presentan contactos definidos y de gran ángulo con los sedimentos, así como una neta tendencia a seguir el rumbo regional y plano de estratificación. Los Intrusivos varían gradualmente en tamaño, desde cuerpos de unos cuantos cientos de metros cuadrados hasta grandes masas que han cubierto varios kilómetros cuadrados. Es común la ocurrencia de apófisis pequeños en los bordes de los intrusivos mayores.

Su composición varía de granodiorita a cuarzo-monzonita en los bordes, observándose macroscópicamente plagioclasa, ortosa, biotita, hornblenda y cuarzo. Las plagioclasas, fluctúan desde oligoclasa hasta andesina, presentando comúnmente textura porfirítica.

f) Metamorfismo

Todas las masas intrusivas han producido aureolas de metamorfismo en las rocas encajonantes; la extensión, tipo y grado de metamorfismo varía grandemente con los diferentes tipos de roca. Las rocas se convierten en cuarcitas, lutitas hornfésicas y calizas recristalizadas. Las aureolas metamórficas que rodean las intrusiones son de diferentes extensiones. El blanqueamiento de las lutitas se

extiende más allá de la zona de los silicatos cálcicos: mientras que las calizas Jumasha son recristalizadas y blanqueadas por distancias bien cortas.

Localmente las emanaciones que escaparon del intrusivo han producido en ciertos casos zonas angostas, de 1,00 m a 3,00 m de *skarn* y otros de 30,00 m a 50,00 m, las que realmente son parte integral de la intrusión, siendo en este caso intrusivo contaminado, en vez de caliza alterada. En estas zonas de *skarn* se han desarrollado epidota, zoisita, tremolita, wollastonita, flogopita, granate, clorita y diópsido.

2.3.2. Geología estructural

Como consecuencia de los esfuerzos tectónicos, que dieron lugar al levantamiento de la cordillera de los Andes, la estructura local de rumbo general NW-SE está conformada principalmente de:

a) Pliegues

Varios pliegues conforman las estructuras principales del área de Yauricocha: anticlinal Purísima Concepción y sinclinal *France Chert* en la mina Central, anticlinal Cachi y sinclinal Huamanripa al norte y sinclinal Quimpara inmediatamente al sur de la laguna Pumacocha, norte de la mina San Valentín.

El anticlinal Purísima Concepción, que se encuentra al SW de la mina de Yauricocha es una estructura local apretada, bien marcada y definida por un *sill* de basalto de 17 m de espesor. El *trend* de su eje es aproximadamente N 50° W con suave *plunge* de 20° al SE. En el eje de este anticlinal y hacia el flanco E del *sill* de Basalto existe ocurrencia de oro diseminado en brechas silíceas y horizontes silicificados.

El sinclinal *France Chert*, ubicado al NE de la mina, es un pliegue igualmente apretado con el *trend* de su eje que cambia de N 35° W (en el S) a N 65° W (en el N) y suave *plunge* de 40° al SE.

plunge al E los cuales controlaron el emplazamiento de mineral, el área se encuentra en el extremo norte del intrusivo mayor a 2 km. al N de mina Central.

El sinclinal Quimpara inmediatamente 1 km al sur del desagüe de la laguna Pumacocha tiene un eje con rumbo N 45° W, su flanco este descansando sobre el intrusivo con ángulo de 70° a 75° al W y el flanco oeste con aproximadamente 80° E conformada por paquetes calcáreos gris oscuro, recristalizados en la proximidad al contacto y ocurrencia de un afloramiento de granates, magnetita y óxidos de cobre en el mismo contacto.

b) Fracturas

Los esfuerzos ocurridos en varias épocas, dieron como resultado el desarrollo de diversos sistemas de fracturas. Durante el plegamiento, evento pre y/o contemporáneo al intrusivo, tuvo lugar la primera fracturación desarrollándose fallas longitudinales paralelas al rumbo regional de la estratificación. De todas estas fallas, resalta la falla Yauricocha que aparece a lo largo del contacto caliza Jumasha-Lutita Celendín la cual se extiende a gran distancia al SE de la mina Ipillo y continua al N, detrás del cerro Huamanripa, paralelo y lo largo de la laguna Silacocha.

Después que los intrusivos se emplazaron, el rumbo de los sedimentos plegados, al NW de la mina, fue girado por esfuerzos horizontales unos 30°. Como resultado de este giro, se desarrollaron cizallas y juntas de rumbo NW-SE, NE-SW y E-W, con buzamiento 50°-80° NE o SW, las primeras; 60°-85° SE o NW, las segundas y 80° N o S a casi verticales, las terceras. Este conjunto de fracturas que forman bloques fallados, a través de los dominios litológicos del área, juntamente con la falla Yauricocha representan la fracturación más importante del distrito minero de Yauricocha y ejercieron un fuerte control en la posición de vetas, cuerpos mineralizados.

c) Contactos

Los contactos, calizas Jumasha-Lutitas Celendín (France Chert), calizas Jumasha-intrusivo y Lutitas Celendín-intrusivo, tienen importancia estructural durante el plegamiento, fracturación y ascenso de las soluciones mineralizantes.

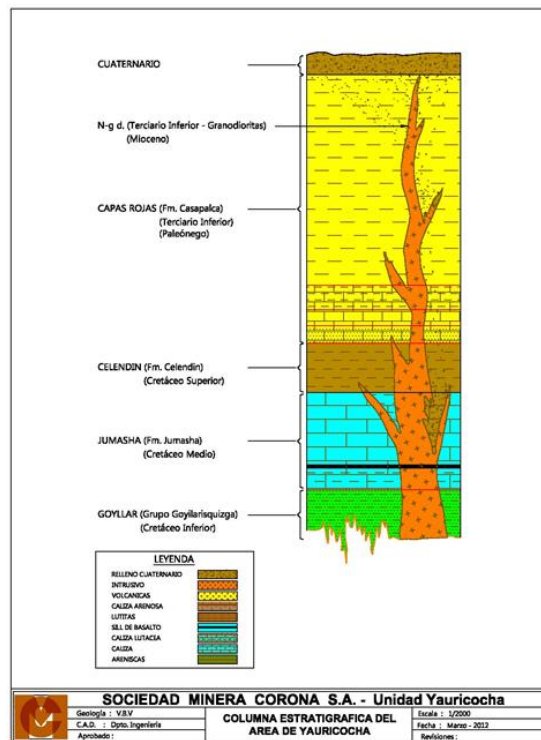
d) Brechas

Las brechas que ocurren en el área de Yauricocha siguen principalmente la alineación estructural y se presentan mayormente en las calizas asociados a los contactos e intercepciones de fracturas; sus formas son tabulares y/o tubulares.

Estas brechas que pueden ser tectónicas de explosión, de intrusión o de contacto, constituyen una de las principales estructuras receptoras de mineralización.

2.3.3. Mineralización

La mineralización presente en el depósito mineral de Yauricocha está formada principalmente por pirita, cuarzo, enargita, calcopirita, bornita, covelina en el núcleo y parte central de los cuerpos; y masas sueltas de pirita friable, galena, esfalerita junto con algo de calcopirita en una ganga de Calizas, arcilla y cuarzo en la periferie. Asimismo, la presencia de Au nativo se halla asociado a dichos sulfuros.



**Figura 3. Columna estratigráfica del área de Yauricocha
Tomado del Departamento de Geología**

2.3.3.1. Principales Sulfuros

- **Pirita:** generalmente de textura friable a porosa y masiva distinguiéndose hasta cinco tipos que representan cinco estados diferentes de formación.
- **Marcasita:** se han distinguido hasta tres tipos de marcasita y se encuentran asociadas a calcopirita, galena y esfalerita.
- **Enargita:** es el principal mineral de cobre, se encuentra en fragmentos irregulares y en masas grandes junto con cuarzo y pirita.
- **Calcopirita:** después de la enargita, la calcopirita es el mineral de cobre más abundante. Se encuentra remplazando fragmentos de caliza brechada, junto al cuarzo friable y pirita, o rellenando pequeñas cavidades, está asociada a oro nativo y *electrum*, hay un incremento de este mineral en los niveles bajos.
- **Bornita:** se encuentra invariablemente asociado con la calcopirita y en menor grado con la enargita.
- **Covelina e idaíta:** se ha observado estos dos minerales dentro de la bornita, formando solución sólida o en Inter crecimiento laminar pequeño.
- **Tetraedrita y tenantita:** cristales pequeños de estos minerales son abundantes en la periferie de los cuerpos de enargita, como en los cuerpos mineralizados aledaños al stock intrusivo Central y Sur Medio.
- **Galena:** se encuentra diseminada en pirita y en caliza eskarnizada; siempre está asociada con la calcopirita y esfalerita.
- **Esfalerita:** es el mineral más abundante, se encuentra asociada con arcilla, pirita y galena mayormente en la periferia de los cuerpos mineralizados.

- **Geocronita:** se presenta en los niveles superiores de la mina asociado a la galena, esfalerita, tetraedrita y cuarzo; rellenando fracturas y clivajes de la esfalerita.

2.3.3.2. Minerales de Ganga

- **Cuarzo:** es el mineral de mayor abundancia en los cuerpos mineralizados.
- **Especularita y siderita:** se encuentra asociado en la caliza y vetas en intrusivo en mina Éxito e Ipillo.
- **Calcita:** se encuentra en vetillas asociado con cuarzo y esfalerita.
- **Fluorita:** depositada contemporáneamente con la galena y esfalerita dentro de los cuerpos de plomo - zinc.
- **Baritina:** se le encuentra en la periferia de los cuerpos de plomo-zinc emplazadas en la zona de menor temperatura.
- **Magnetita:** se encuentra principalmente en los cuerpos Cuye, Catas y muy escasamente en Antacaca, y en los niveles profundos (Nv. 770 hasta el 1020), reconocido con perforaciones diamantinas, la magnetita se encuentra asociado con pirita y calcopirita.

2.3.3.2. Enriquecimiento supergénico y oxidación

La oxidación de los cuerpos mineralizados en Yauricocha es de parcial a completa y va desde superficie hasta por debajo del nivel 920. El enriquecimiento supergénico de sulfuros guarda estrecha relación con la distribución de los óxidos. La covelina, chalcocita y digenita de origen supergénico se encuentra donde los sulfuros están en contacto con los óxidos.

Óxidos residuales: entre los minerales presentes en los óxidos formados *in-situ*, se puede mencionar a la limonita; goethita, jarosita, hematita, cuarzo, yeso, anglesita, caolín, oro y plata. Con excepción de los óxidos residuales de los cuerpos mineralizados Mascota y Pozo Rico que se extienden desde superficie hasta por debajo del nivel 1120. En general, los óxidos van hasta una profundidad de 10 a 15 m.

Óxidos transportados: estos óxidos están completamente libres de cuarzo y entre ellos se encuentra: cuprita cobre nativo, malaquita, azurita, brocantita, jarosita, cerusita, crisocola y óxido de manganeso. Estos óxidos transportados siguen la caja piso de los cuerpos mineralizados se les puede encontrar desde superficie hasta por debajo del Nivel 1020, se encuentran relleno de cavidades cársticas.

2.3.3.3. Controles de mineralización

Control estructural: es sabido que los pliegues que pasan por el área de Yauricocha, muestran que el rumbo de sus ejes ha rotado en plano horizontal unos 30°, como resultado de esta rotación tres sistemas principales de cizalla y juntas se han desarrollado con rumbo de E-W y NW-SE y NE-SW. El primer sistema es casi vertical, mientras que el segundo tiene buzamiento de 70° al NE debido a la influencia de los estratos en la dirección del cizallamiento y 75° SE los terceros. La gran mayoría de los cuerpos mineralizados se encuentran siguiendo el cizallamiento NW-SE. Es muy probable que los cuerpos estén marcando la dirección del rumbo del cizallamiento que son más definidos en profundidad, hecho este que se constata en los niveles más profundos de la mina. Es muy posible que los cuerpos puedan tener su posición controlada en profundidad por la intersección del cizallamiento persistente NE-SW y E-W. Visto en plano la posición de los cuerpos a emplazarse paralelos a estas dos direcciones de cizallamiento y juntamiento.

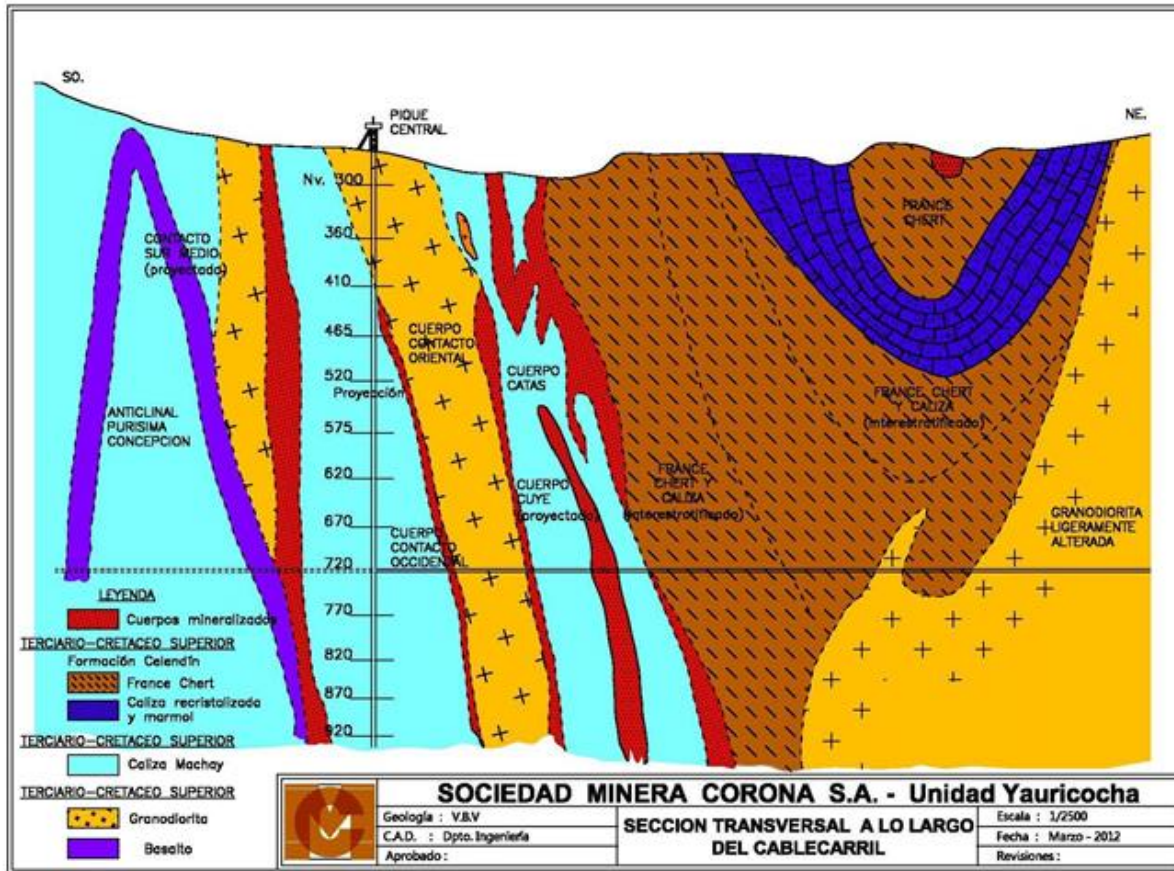
Además, dos hechos corroboraron lo dicho anteriormente; el bandeamiento de la pirita dentro de los cuerpos mineralizados y la presencia de algunas vetas con ambas direcciones encontradas dentro de los intrusivos, Caliza Jumasha y *France Chert*.

El contacto, caliza Jumasha- *France Chert* ha influenciado fuertemente en la forma y posición de los cuerpos Cuye y Catas. Este contacto tiene un rumbo de NW a SE y buza entre 85° y 70° al NE.

2.3.3.4. Control Físico-Químico:

La preferencia por la caliza mostrada por los cuerpos es bien marcada, aunque cuerpos discontinuos tipo vetas también se encuentran en la caliza y en la granodiorita. Todos los cuerpos conocidos que tienen cobre se encuentran dentro de la aureola de recristalización de la caliza bordeando a las intrusiones de granodiorita y solamente cuerpos de Pb-Zn se han encontrado en caliza recristalizada.

La susceptibilidad al reemplazamiento de la caliza es aumentada por el fracturamiento acentuado y el tamaño más grande de los cristales de calcita, consecuentemente no es sorprendente que los cuerpos grandes se encuentran dentro de la aureola de caliza recristalizada y donde los tipos de rocas difieren en competencia. Ejemplo contacto Caliza - France Chert - Intrusivo.



**Figura 4. Sección transversal a lo largo del cable carril
Tomado del Departamento de Geología**

2.4. Diseño del método de explotación en Yauricocha

Los métodos de explotación se definen como una forma geométrica usada para explotar en las diferentes estructuras mineralizadas.

2.4.1. Ciclo de minado

Para seleccionar el método de minado es importante definir claramente las condiciones naturales del yacimiento, es decir factores de selección: geológico, geomecánico, geometalúrgico y económico.

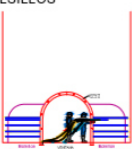
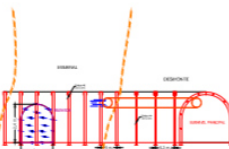
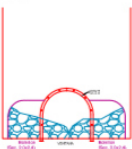
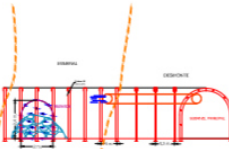
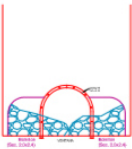
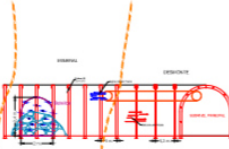
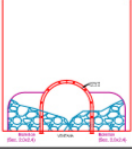
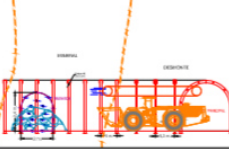
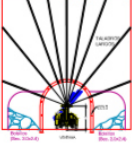
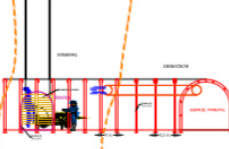
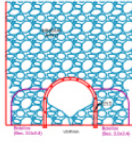
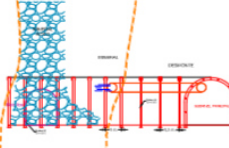
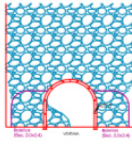
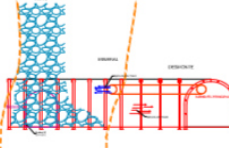
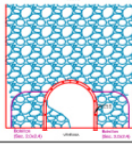
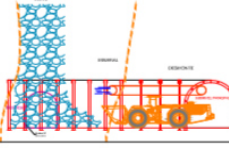
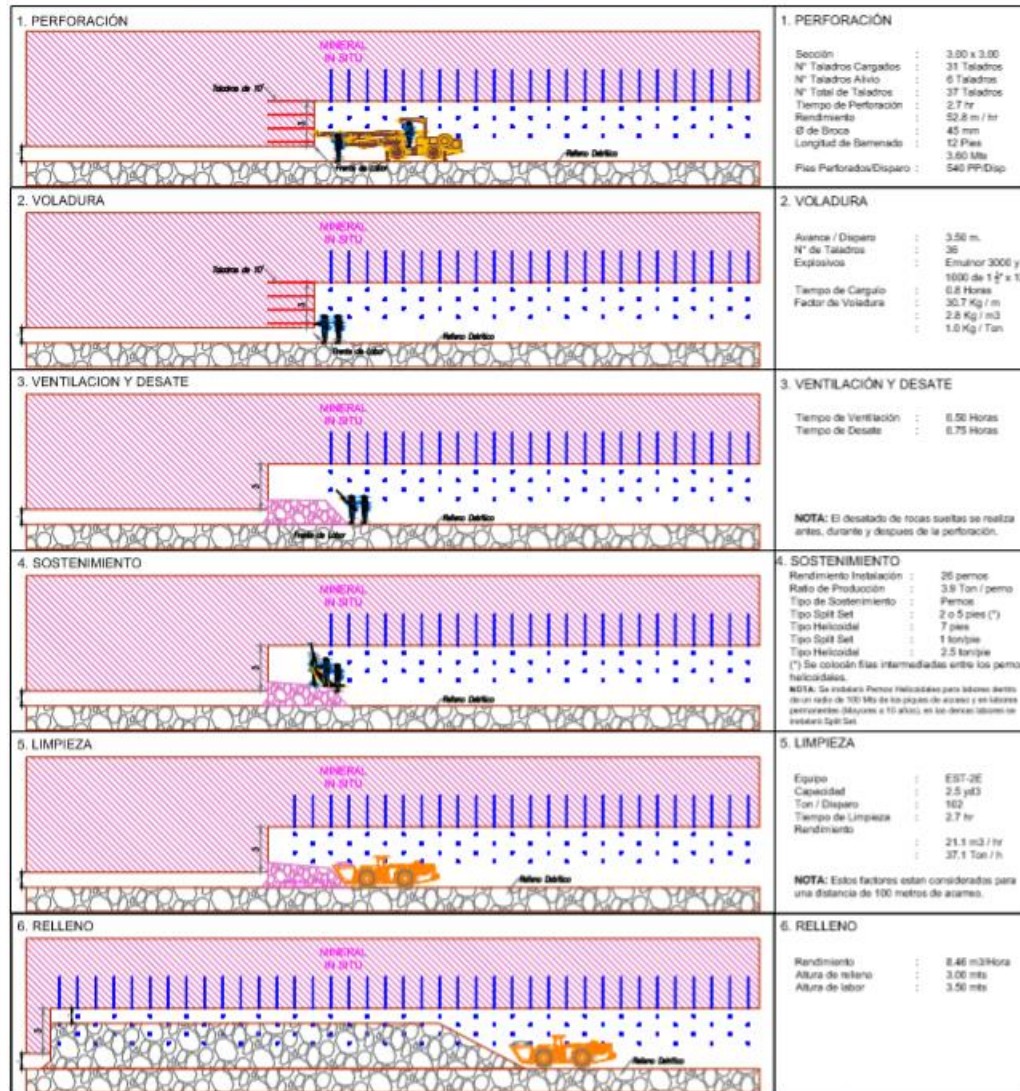
CICLO DE MINADO SUBLEVEL CAVING MECANIZADO - TAS: 2 HRS. RMR: 21 - 30 (TIPO IV-B)			
1. PERFORACIÓN DE BOLSILLOS  	1. PERFORACIÓN Sección : 2.00 x 2.40 N° de Taladros : 20 Tiempo de Perforación : 1.46 horas Rendimiento : 30 Mts/horas Ø de Broca : 41 mm Longitud de Barrenado : 6 Pies Pies Perforados/Disparo : 120 PP/Disp		
2. VOLADURA DE BOLSILLOS  	2. VOLADURA Sección : 2.00 x 2.40 Avance / Disparo : 2.08 Mts Explosivos : Emulnor 1000 de 1" x 7" Tiempo de Carguío : 0.5 Horas Factor de Carga : 1.82 Kg/m3 0.73 Kg/Ton 8.30 Kg/Mt		
3. VENTILACIÓN  	3. VENTILACIÓN Tiempo de Ventilación : 0.5 Horas NOTA: Por seguridad del personal no se expondrá a realizar el desatado de rocas después de disparar el bolsillo		
4. LIMPIEZA DE BOLSILLOS  	4. LIMPIEZA Equipo : ST-2D Capacidad Equipo : 2.2 yd3 Rendimiento : 80 Tn/Horas		
5. PERFORACIÓN DE TALADROS LARGOS  	5. PERFORACIÓN Sección : N° de Taladros : 18 Tiempo de Perforación : 3.38 horas Rendimiento : 20 Mts/horas Ø de Broca : 64 mm Pies Perforados/Disparo : 412.72 PP/Disp		
6. VOLADURA DE TALADROS LARGOS  	6. VOLADURA Avance / Disparo : N° de Taladros : 18 Explosivos : Emulnor Tiempo de Carguío : 2.40 horas Factor de Carga : 0.12 Kg/Tn		
7. VENTILACIÓN  	7. VENTILACIÓN Tiempo de Ventilación : 0.5 Horas NOTA: Por seguridad del personal no se expondrá a realizar el desatado de rocas después de la voladura.		
8. LIMPIEZA  	8. LIMPIEZA Equipo : ST-2D Capacidad Equipo : 2.2 yd3 Rendimiento (*) : 40 Tn/Horas (*) El rendimiento presentado esta calculado con una distancia de acarreo menor a 80 Mts		
NOTAS _____ _____ _____	PLANO N° : 041.07 DISEÑADO POR : Ing. R. Uteyari DATOS : W33 84 / 183 DIBUJADO POR : Dpto. Planeamiento ESCALA : 1:250 APROBADO POR : Ing. V. Acea Cc. FECHA : AGOSTO 2019		
SOCIEDAD MINERA CORONA S.A. PLANEAMIENTO Y PRODUCTIVIDAD CICLO DE MINADO SUBLEVEL CAVING MECANIZADO TAS: 2 HRS. RMR: 21 - 30 (TIPO IV-B)			

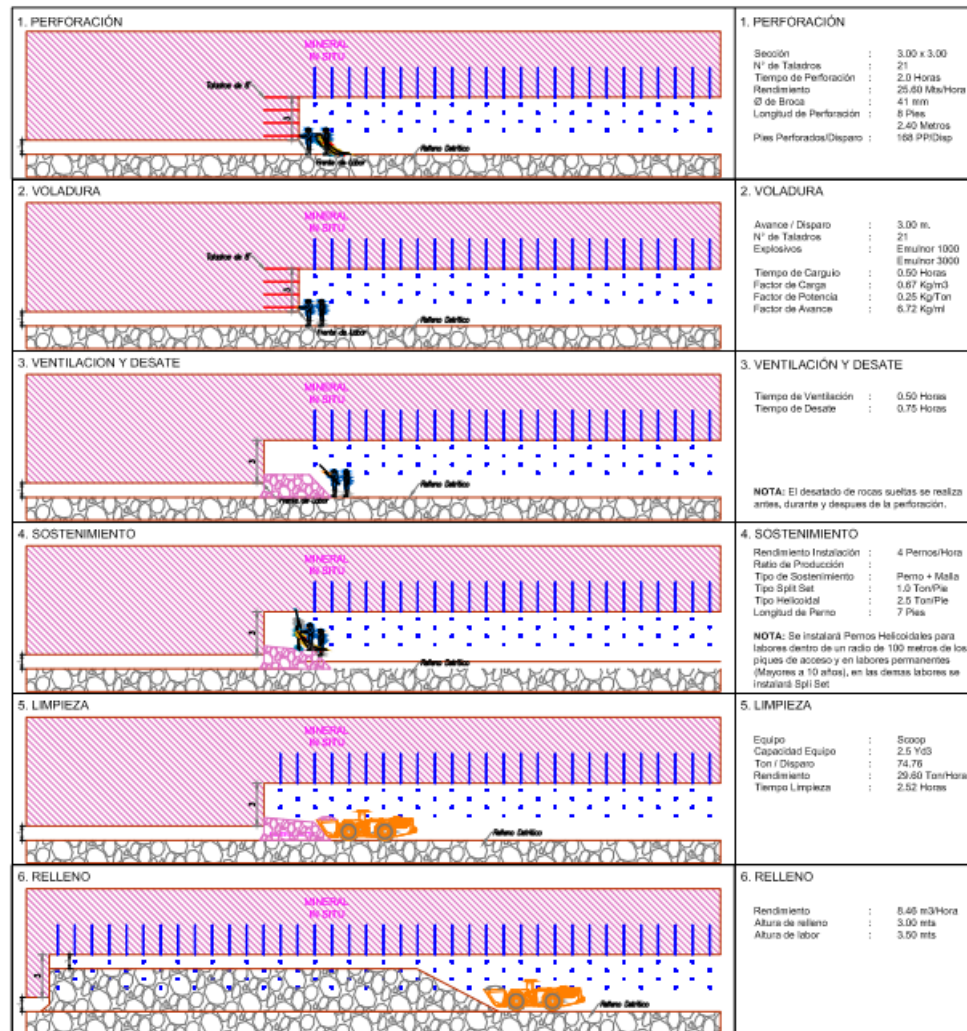
Figura 5. Ciclo de minado Sublevel Caving mecanizado
Tomado del Departamento de Geología

**CICLO DE MINADO CORTE Y RELLENO ASCENDENTE MECANIZADO - TAS: 7 DIAS
RMR: 41 - 50 (TIPO III-B)**



**Figura 6. Ciclo de minado corte y relleno ascendente mecanizado
Tomado del Departamento de Geología**

**CICLO DE MINADO CORTE Y RELLENO ASCENDENTE MECANIZADO - TAS: 7 DIAS
RMR: 41 - 50 (TIPO III-B)**



**Figura 4. Ciclo de minado corte y relleno ascendente mecanizado
Tomado del Departamento de Geología**

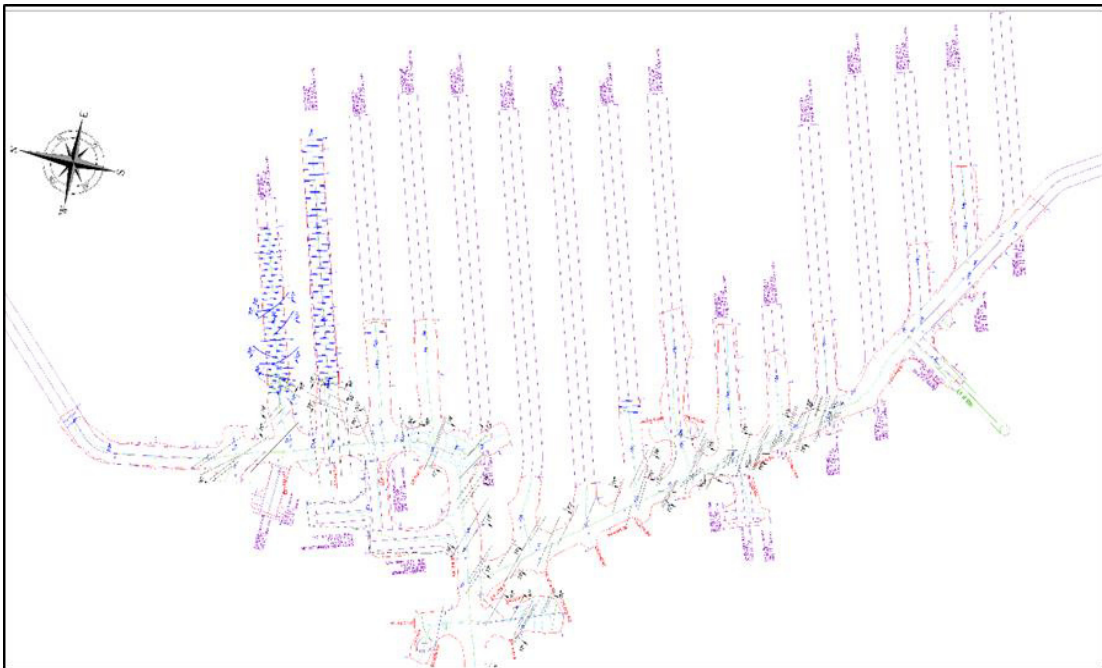
2.5. Bases teóricas del estudio

El desarrollo de la presente tesis expone la evaluación técnica económica del método de explotación *Sublevel Caving* en el tajo y cuerpo Esperanza de la unidad minera Yauricocha. La información utilizada se refiere a variables geológicas, geomecánicas, geometalúrgicas y económicas aplicadas en el método de minado utilizado. Asimismo, se describe las variables operacionales del ciclo de minado, como el plan de producción asociado al método *Sublevel Caving* y su evaluación económica.

2.6. Geomecánica del cuerpo Esperanza

2.6.1. Ubicación del cuerpo Esperanza

El cuerpo Esperanza P-16, se ubica en mina Central del Nv.1020, se ubica aproximadamente a unos 819.50 m de la superficie.



*Figura 5. Plano de ubicación del TJ.6950 Piso 16 Cuerpo Esperanza Nv.1020
Tomado del Departamento de Geología*

2.6.2. Geología local y estructural del cuerpo Esperanza

Litológicamente en las cajas corresponde a caliza con relleno de óxido en las fracturas, en la zona mineralizada mineral polimetálico, en la caja techo roca intrusivo granodiorítico alterado.

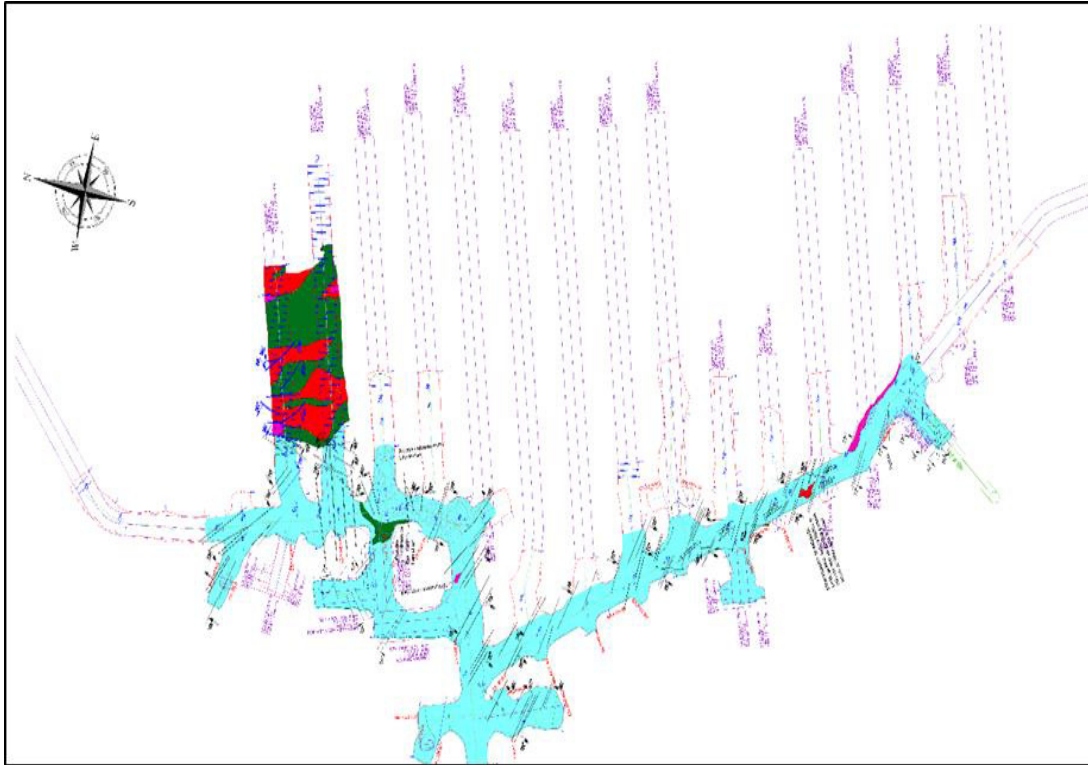


Figura 6. Geología local y estructural del TJ.6950 Piso 16 Cuerpo Esperanza Nv.1020 Tomado del Departamento de Geología

2.6.3. Distribución de discontinuidades del cuerpo Esperanza

Del análisis de los resultados obtenidos se señala lo siguiente: en el TJ.6950 Piso 16 Cuerpo Esperanza Nv.1020 se tienen claramente definidos dos sistemas estructurales principales y dos secundarios que afectan a la zona. La primera con orientación NW-SE teniendo como buzamiento y dirección de buzamiento (DIP/DIP DIRECCION) de 76/206, este es un sistema principal. La segunda con orientación NE-SW con DIP/DIP DIRECCION de 78/143, sistema principal. La tercera con orientación NE-SW con DIP/DIP DIRECCION de 78/ 282, sistema secundario. La cuarta con orientación NW-SE con DIP/DIP DIRECCION de 75/20, sistema secundario. La distribución de las discontinuidades a nivel composite revela que en toda la zona de evaluación se presentan cuatro arreglos estructurales, donde se dan cuatro sistemas típicos de discontinuidades:

Tabla 4. Sistemas de discontinuidades

SET	DIP	DIR
S1	76	206
S2	78	143
S3	78	282
S4	75	20

Tomado del Departamento de Geomecánica

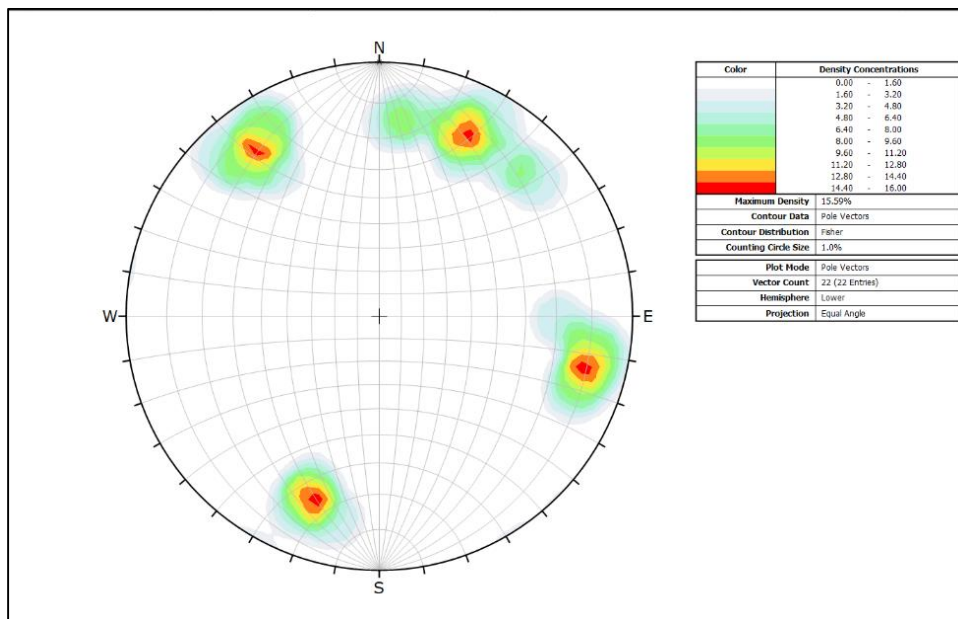


Figura7. Se aprecia la concentración de polos, los cuales definen los sets de discontinuidades

Tomado del Departamento de Geomecánica

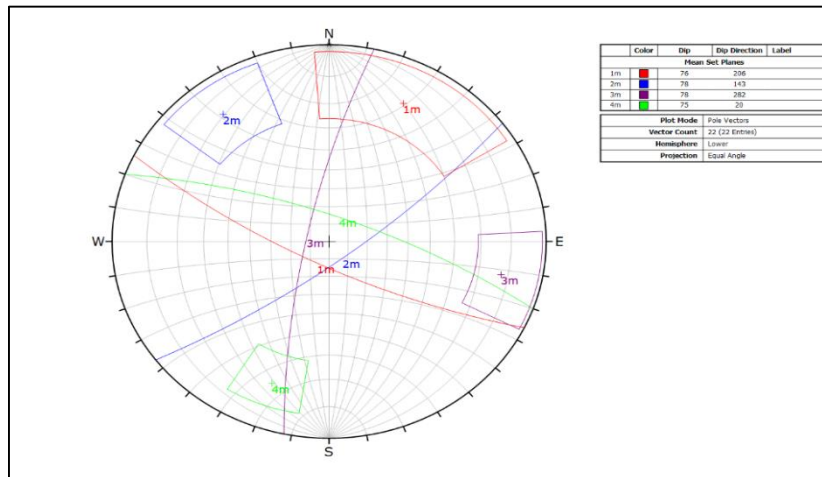


Figura 8. Se muestra los sets de las principales familias de discontinuidades Tomado del Departamento de Geomecánica

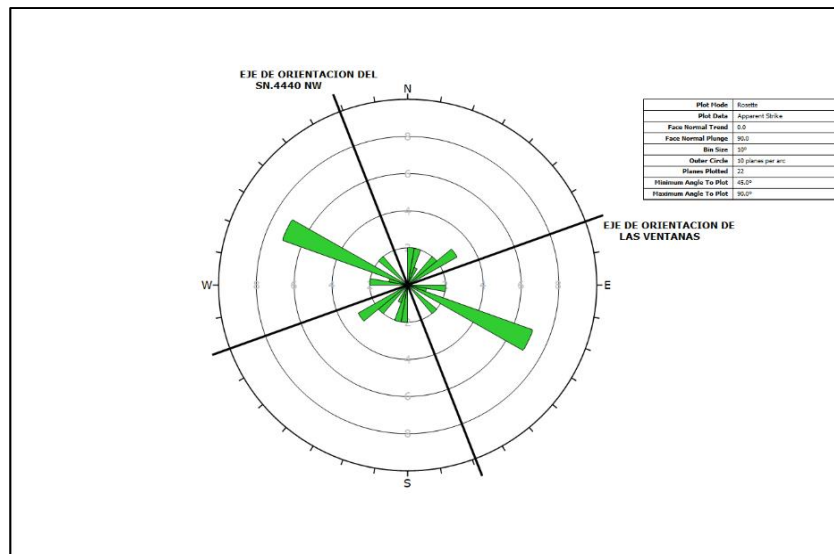


Figura 9. Se aprecia que la orientación de las discontinuidades principales se encuentra diagonal al avance del SN.4440 NW, la orientación de las discontinuidades secundarias se encuentra diagonal al avance de las ventanas, el cual se considera condición regular a desfavorable.

Tomado del Departamento de Geomecánica

2.6.4. Características geomecánicas del cuerpo Esperanza

Los índices geomecánicos en la preparación del SN.4440 NW-SE P-16 Cuerpo Esperanza Nv.1020 y las ventanas de acceso para explotación del Cuerpo Esperanza varían según la clasificación de Bienawski 89, podemos señalar que la calidad de la masa rocosa es: regular (Clase III-B, RMR 41-50), pobre (Clase IV-A - IV-B, RMR 21-30 – 31-40).

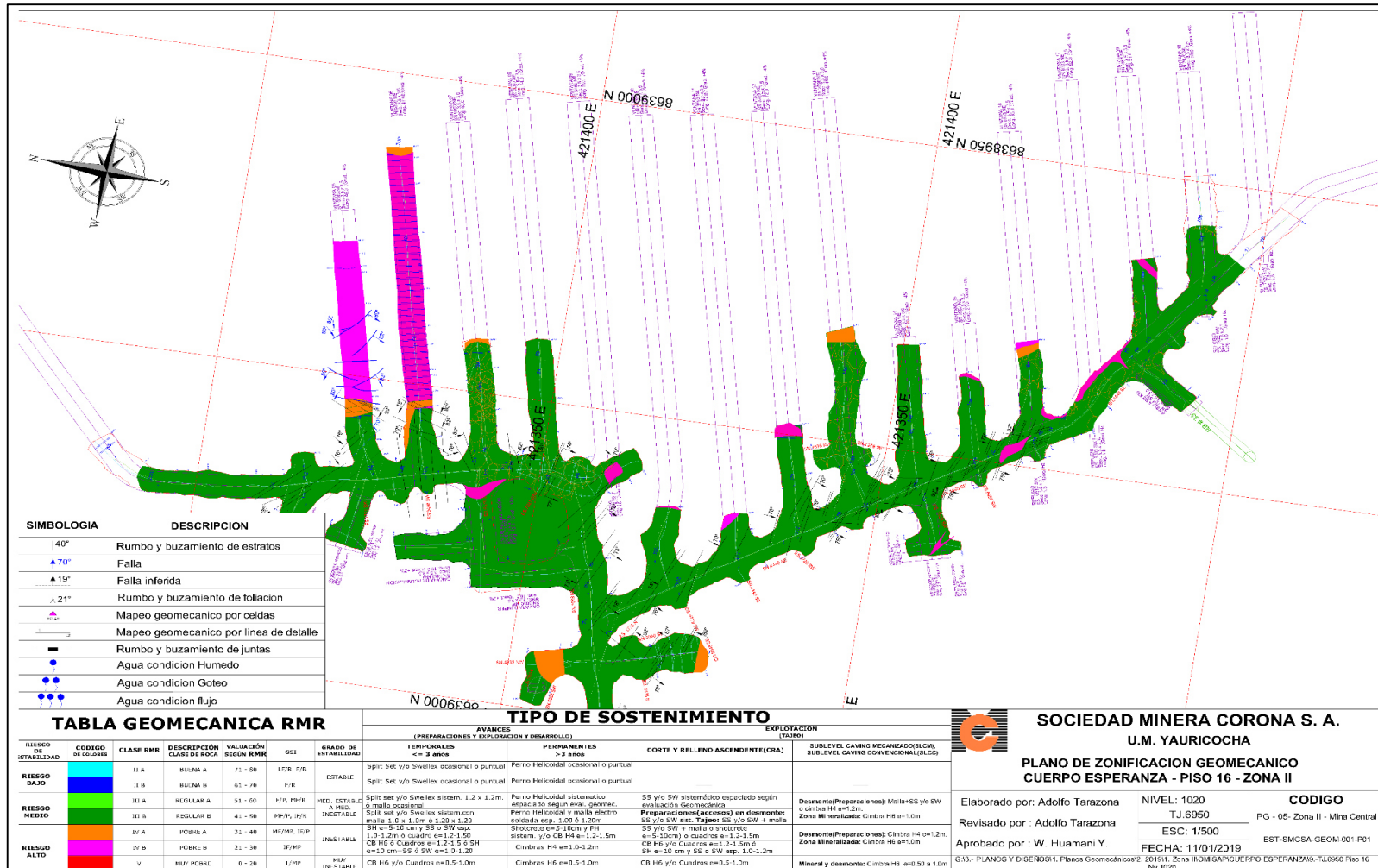


Figura 13. Vista en planta de la zonificación geomecánica del TJ.6950 P-16 Cuerpo Esperanza Nv.1020

Tomado del Departamento de Geomecánica

2.6.5. Clasificación geomecánica del macizo rocoso del cuerpo Esperanza

Para la presente evaluación geomecánica de la labor se han utilizado el sistema de clasificación de macizo rocoso RMR.

Tabla 5. Clasificación geomecánica SN.4440 NW P-16 Cuerpo Esperanza

Parámetros		E1
1	Resistencia a la compresión uniaxial de roca intacta	7
2	RQD	12
3	Espaciamiento de las discontinuidades	7
4	* Persistencia	2
	* Apertura	4
	* Rugosidad	3
	* Relleno	2
	* Intemperismo	4
5	Agua subterránea	10
6	Ajuste por orientación de estructuras	-7
		51
	Roca Tipo:	IIIA
	RMR Ajustado	44
	Roca Tipo:	IIIB
Parámetros		E2
1	Resistencia a la compresión uniaxial de roca intacta	7
2	RQD	10
3	Espaciamiento de las discontinuidades	6
4	* Persistencia	2
	* Apertura	4
	* Rugosidad	3
	* Relleno	1
	* Intemperismo	4
5	Agua subterránea	10
6	Ajuste por orientación de estructuras	-5
		47
	Roca Tipo:	IIIB
	RMR Ajustado	42
	Roca Tipo:	IIIB

Tomado del Departamento de Geomecánica

Tabla 6. Clasificación geomecánica V-5 y 6 P-16 Cuerpo Esperanza

Parámetros		E1	
1	Resistencia a la compresión uniaxial de roca intacta	3	
2	RQD	8	
3	Espaciamiento de las discontinuidades	6	
4	Condición de discontinuidades	* Persistencia	2
		* Apertura	3
		* Rugosidad	3
		* Relleno	1
		* Intemperismo	2
5	Agua subterránea	10	
6	Ajuste por orientación de estructuras	-7	
RMR	Básico	38	
	Roca Tipo:	IVA	
RMR	Ajustado	31	
	Roca Tipo:	IVA	
Parámetros		E2	
1	Resistencia a la compresión uniaxial de roca intacta	2	
2	RQD	3	
3	Espaciamiento de las discontinuidades	5	
4	Condición de discontinuidades	* Persistencia	1
		* Apertura	4
		* Rugosidad	1
		* Relleno	1
		* Intemperismo	2
5	Agua subterránea	10	
6	Ajuste por orientación de estructuras	-7	
RMR	Básico	29	
	Roca Tipo:	IVA	
RMR	Ajustado	22	
	Roca Tipo:	IVB	

Tomado del Departamento de Geomecánica

2.6.6. Condiciones de agua subterránea

La presencia del agua en la masa rocosa de las excavaciones subterráneas tiene un efecto adverso en las condiciones de estabilidad de las mismas. El principal efecto de la presencia del agua en la masa rocosa es la presión que ejerce en las discontinuidades estructurales disminuyendo la resistencia al corte y favoreciendo la inestabilidad de las labores subterráneas.

Se ha observado en los mapeos geomecánicos que la presencia del agua corresponde a condiciones "húmedas", lo cual se debe a que el área de evaluación se ubica cercana a estructuras principales.

Las características de presencia del agua en la presente evaluación geomecánica han sido consideradas en la valoración de la calidad de la masa rocosa.

2.6.7. Metodología de análisis del cuerpo Esperanza

a) Análisis de esfuerzos y deformaciones por el método de elementos finitos (fem)

Mediante el uso del software Phase2 v 8.0 de la empresa Rocscience analizamos el comportamiento de los esfuerzos y deformaciones presentes en el proyecto. Como data de entrada se ha utilizado la información mostrada en los ítems anteriores. Los resultados de dicha simulación se muestran en las figuras 7 a la 10.

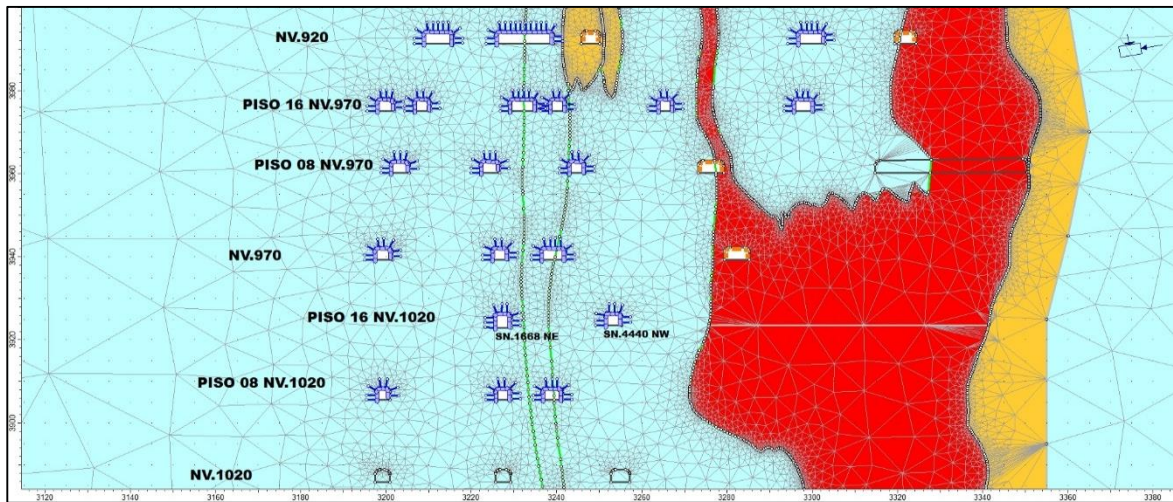


Figura 10. En este modelo se aprecia la malla de elementos finitos antes de iniciar la simulación de estabilidad del Cuerpo Esperanza Piso 16 N.1020 Tomado del Departamento de Geomecánica

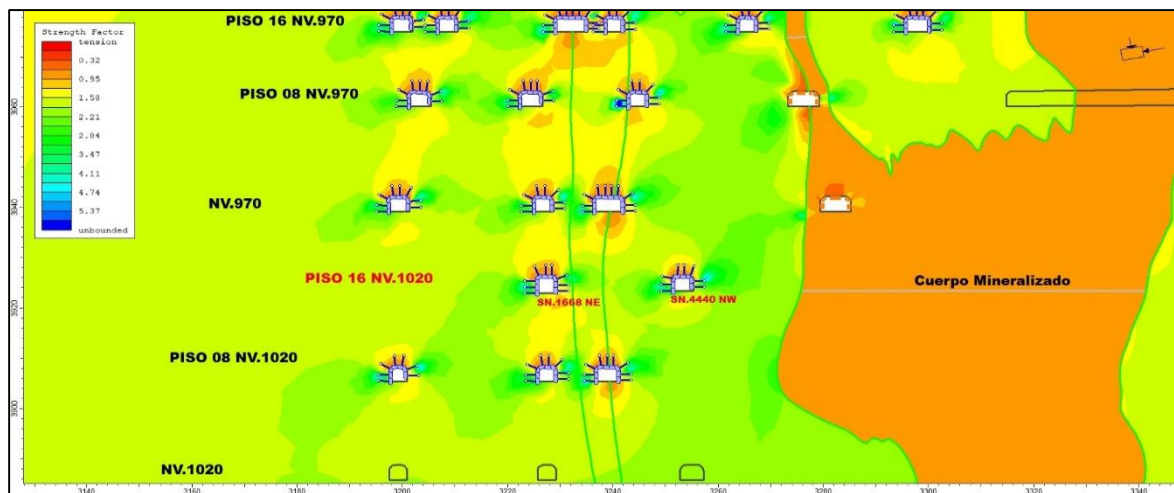
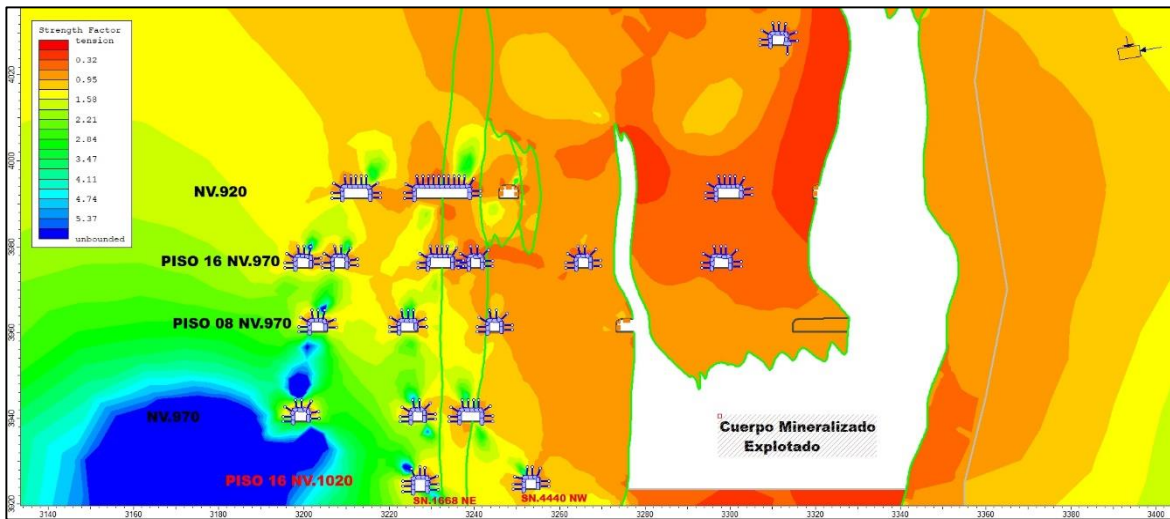


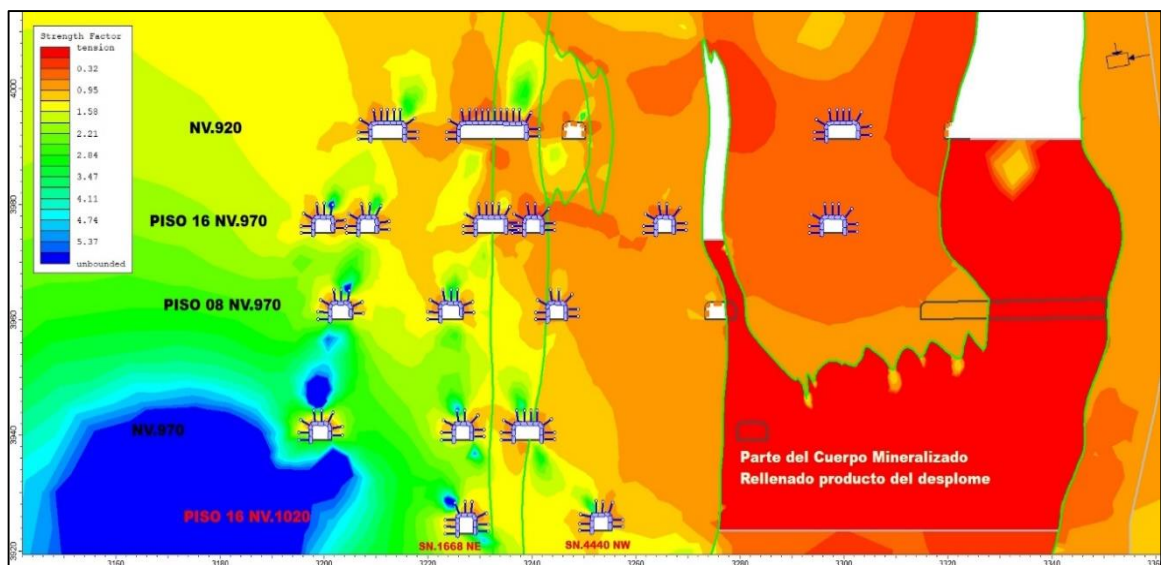
Figura 11. Isovalores de factores de seguridad (F.S) antes de iniciar la explotación del T.J.6950 piso 16 del Nv.1020 Tomado del Departamento de Geomecánica

En este modelo se está simulando solo los subniveles principales preparados, se aprecia que los F.S en el contorno de la excavación del SN.4440 NW son superiores a la unidad, estos valores se logran instalando *Split set* de 7 pies más malla electro soldada. Se mantiene la estabilidad del mismo.



**Figura 12. Isovalores de factores de seguridad (F.S)
Tomado de Departamento del Geomecánica**

En este modelo se está simulando la culminación de la explotación del TJ.6950 piso 16 del Nv.1020 y el caso hipotético de dejar abierto toda el área, caso que no lo es, ya que a medida que el minado avanza, la zona superior del tajeo estaría siendo ocupado por material estéril, producto del desplome, pero es una idea de la perturbación generada. Se aprecia que los F.S en los sub niveles principales son superiores a la unidad. Se mantiene la estabilidad del mismo.



**Figura 13. Isovalores de factores de seguridad (F.S)
Tomado del Departamento de Geomecánica**

En este modelo se está simulando la culminación de la explotación del piso 16 del Nv.1020 y el caso hipotético que quede relleno el tajo explotado, ya que a medida que el minado avanza la zona superior del tajeo estaría siendo ocupado por material estéril, producto del desplome. Se aprecia que los F.S del SN.4440 NW son superiores a la unidad. Se mejora la estabilidad del mismo producto del relleno.

b) Sostenimiento de las excavaciones del cuerpo Esperanza

Para definir los sistemas de sostenimiento se consideró la tabla geomecánica RMR modificado para sociedad minera Corona.



En el plano geomecánico elaborado para el proyecto, se determinaron los rangos de valores de RMR de manera que, en la estimación de sostenimiento, se considera como labores temporales (explotación).

De lo anteriormente analizado, el sostenimiento recomendado por la tabla geomecánica RMR modificado para sociedad minera Corona correspondería lo siguiente: (7)

- Para RMR de 42 y 44= Sostenimiento *Split Set* sistemático con malla espaciados de 1.00 a 1.20 m.
- Para RMR de 31 = Sostenimiento *Shotcrete* de 5 a 10 cm con *Split Set* espaciados de 1.00 a 1.20 m o cuadros de madera espaciados de 1.20 a 1.50 m.
- Para RMR de 22 = Sostenimiento con Cimbras H6 espaciados a 1.0 m.

Si bien los estándares nos entregan una buena referencia de sostenimiento, deben ser usadas sólo como guía, puesto que el diseño de sostenimiento siempre debe estar sujeto a las condiciones y evaluaciones locales de la excavación a medida que se desarrolla las labores.

Tabla 7. Recomendación de sostenimiento para cada estación de mapeo geomecánico

Tabla geomecánica RMR							Tipo de sostenimiento			
RIESGO DE ESTABILIDAD	CÓDIGO DE COLORES	CLASE RMR	DESCRIPCIÓN CLASE DE ROCA	VALUACIÓN SEGÚN RMR	GSI	GRADO DE ESTABILIDAD	Avances (preparaciones, exploración y desarrollo)		Explotación (tajeo)	
							TEMPORALES <= 3AÑOS	PERMANENTES >= 3AÑOS	CORTE Y RELLENO ASCENDENTE (CRA), SQUARE SET (SQ)	SUBLEVEL CAVING MECANIZADO(SLCM), SUBLEVEL CAVING CONVENCIONAL(SLCC)
RIESGO BAJO		II A	BUENA A	71-80	LF/R, F/B	ESTABLE				
		II B	BUENA B	61-70	F/R					
RIESGO MEDIO		III A	REGULAR A	51-60	F/P, MF/R	MEDIO ESTABLE A MED. INESTABLE				
		II IB	REGULAR B	41-50	MF/P, IF/R					
RIESGO ALTO		IV A	POBRE A	31-40	MF/MP, IF/R	INESTABLE				
		IV B	POBRA B	21-30	IF/MP					
		V	MUY POBRE	0-20	T/MP	MUY INESTABLE				

Tomado del Departamento de Geomecánica

2.7. Método de minado del cuerpo Esperanza

2.7.1. Sublevel Caving

Es un método basado en la utilización del flujo gravitacional del mineral derrumbado. SLC nació originalmente como un método aplicable a roca incompetente que colapsaba inmediatamente después de retirar la fortificación.

El método ha sido adaptado a roca de mayor competencia que requiere perforación y voladura.

a) Ventajas

Es un método de explotación de bajo costo 28 \$/t Esperanza, 35 \$/t Catas – Antacaca y 40 \$/tn Antacaca Sur.

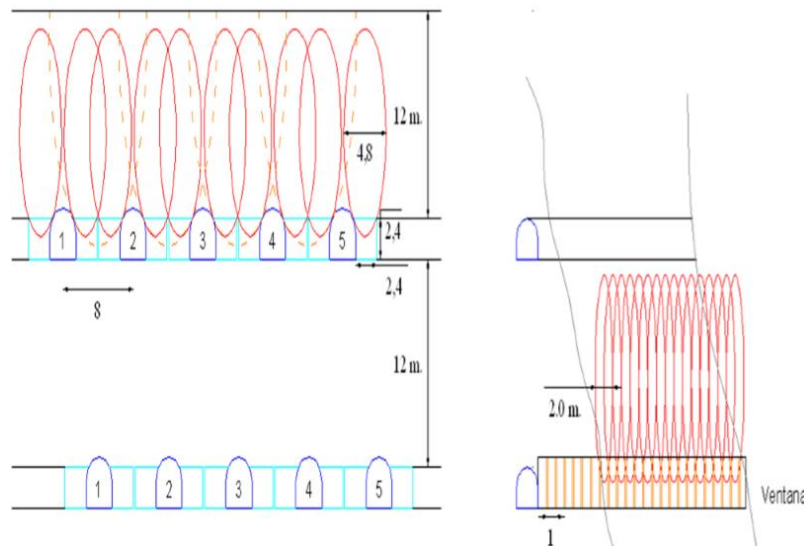
El método puede ser aplicado en roca con RMR 10 – 40 y cuerpos irregulares y angostos. Es un método seguro, se realizan siempre dentro de las ventanas fortificadas. Es altamente mecanizable, simplificándose el entrenamiento y mano de obra requerida. La estandarización y especialización, permite una alta flexibilidad en f (Leyes – tonelaje).

b) Desventajas:

Se debe admitir un cierto grado de dilución del mineral. Se debe tener un control de producción acucioso (V_n/V_n , B/B). Existen pérdidas de mineral; al llegar al punto límite de extracción, el mineral altamente diluido remanente se pierde.

El método requiere un alto grado de preparación. Al generarse el hundimiento, se produce la subsidencia, debiéndose ubicar fuera del cono de subsidencia requiriéndose mayor desarrollo.

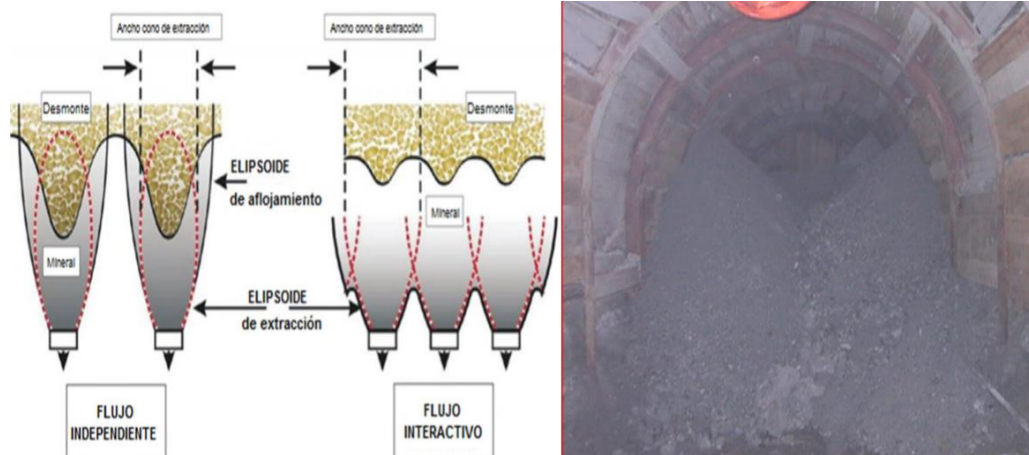
2.7.2. Sublevel Caving como método de minado



**Figura 18. Perfil del método de minado Sublevel Caving.
Tomado del Departamento de Planeamiento**

2.7.3. Optimización del método Sublevel Caving esquema del diseño

Establecer espaciamiento entre *draw points* 5 a 8 m.



**Figura 14. Diseño de Draw Points
Tomado del Departamento de Planeamiento**

2.7.4. Secuencia de minado del *Sublevel Caving*

a) Preparación:

- Instalación de marchavantes y entablado.



Figura 15. Frente disparado, desatado de rocas y a lado derecho la instalación de marchavantes de 45/60lbs. 6 a más



Figura 16. Se limpia la carga del frente y se desata

- Picado patillas y armado de cimbra.



Figura 17. Punto de dirección y gradiente para iniciar el picado de patilla



Figura 18. Picado de patilla



Figura 19. Instalación del tecele de 1 t y al derecho traslado y posicionamiento del primer segmento para su instalación.



Figura 20. Colocado del tecele al segmento para su izaje y a la derecha la nivelación de cimbra

- Entablado y encribado.



Figura 21. Iniciando el entablado, cariito y topes. A la derecha el encribado de cimbra, bolsacretes, bancos y materiales.



Figura 22. P/V bolsillos



Figura 23. Entablado y encribado

b) Explotación:

- Provocación de mineral.



Figura 25. Ciclo de minado Sublevel Caving



Figura 27. Disparo mediante taladros largos en el método de minado Sublevel Caving, Cuerpo Esperanza

c) Plan de Explotación:

T1	B1	B2	B3	B4	B5
T2	B2	B3	B4	B5	B6
T3	B3	B4	B5	B6	
T4	B4	B5	B6		
T5	B5	B6			
	V-1	V-2	V-3	V-4	V-5

Figura 28. Distribución del plan de explotación del Cuerpo Esperanza



Figura N° 29: Ventanas de disparo.

d) Refuerzo con cimbras:



Figura 30. Refuerzo de cimbras, posterior al disparo

• Soplos:



Figura 31. Soplo de mineral, producto de la inestabilidad del macizo rocoso

e) Plan de evacuación en caso de soplos:

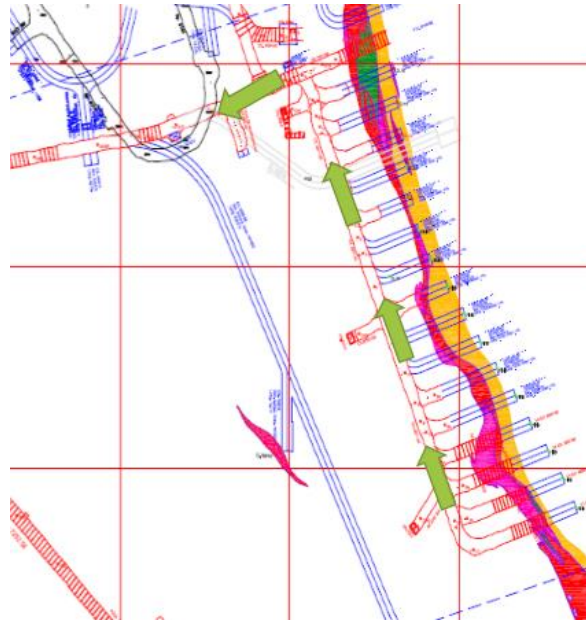


Figura 32. Plan de evacuación en caso de soplos en el sector Esperanza

f) Acceso y explotación de cuerpos mineralizados – catas

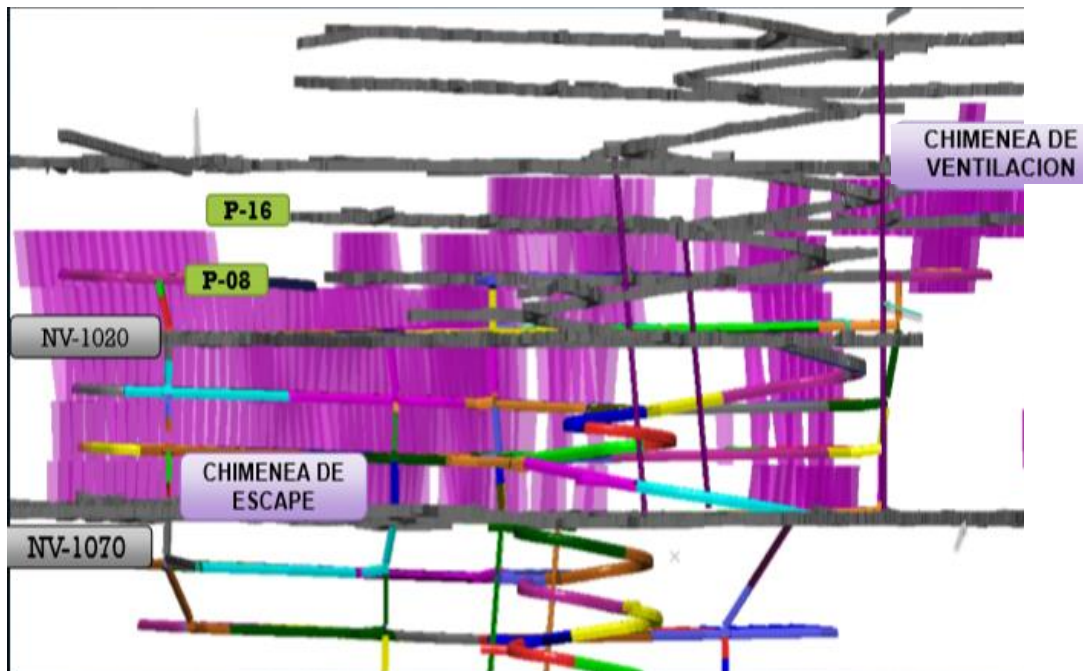


Figura 33. Perfil de acceso y explotación del Cuerpo Esperanza – Sector Catas

g) Frecuencia de soplos – Intensidad.

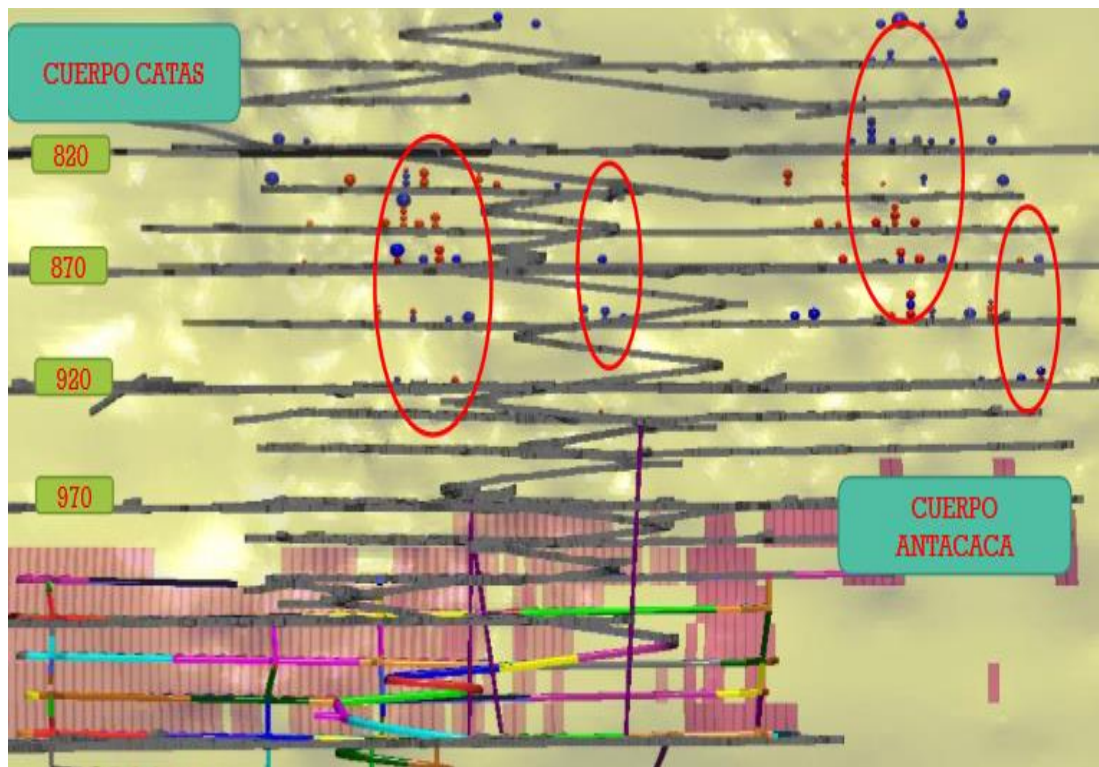


Figura 34. Plan de evacuación en caso de soplos en el sector Esperanza

2.8. Plan de minado del cuerpo Esperanza

La unidad minera Yauricocha de Sierra Metals INC de acuerdo a su planeamiento estratégico para las exploraciones, operaciones mineras y la continuidad de la misma ha logrado identificar diferentes zonas de recursos minerales importantes asociados al Cuerpo Esperanza, por lo cual se está realizando los trabajos necesarios acorde a la legislación de trámites para diversos permisos de desarrollo, preparación y explotación de la nueva zona denominada “Esperanza”.

2.8.1. Reservas minerales cuerpo Esperanza

Las reservas minerales operativas calculadas para los años 2020, 2021 y 2022 del cuerpo Esperanza son de 1'905,816, con leyes de Cu@ 2.02 %, Zn@ 2.07 %, Pb@ 0.84 %, Ag@ 53.36 ppm y Au@ 0.58 ppm.

2.8.2. Método de minado cuerpo Esperanza – *Sublevel Caving*

El *Sublevel Caving* es un método de explotación por hundimiento del mineral que por su naturaleza origina subsidencia en las áreas circundantes al cuerpo mineralizado explotado por este método.

2.8.3. Configuración típica *Sublevel Caving*

Consiste en desarrollar galerías o ventanas paralelas separadas generalmente 8 m de eje a eje en la horizontal, conocidas como galerías de producción, los sub niveles se ubican a través de cuerpos mineralizados en intervalos verticales que varían, en la mayoría de casos de 8 a 13 metros (en nuestro caso 16 m). La explotación queda diseñada según su configuración geométrica simétrica. El acceso a los sub niveles es mediante rampas.

2.8.4. Operación del método de minado SLC

La operación consiste básicamente en la provocación del hundimiento mediante perforación de tiros en abanico desde los subniveles hacia arriba atravesando el pilar superior, la posterior voladura de las perforaciones, el carguío y transporte del mineral disparado. La extracción desde un frente de galería de producción, llamado también punto de extracción continua hasta que ingrese estéril en una cantidad tal que la ley extraída ya no es económica, en ese momento se dispara la corrida de abanico contigua y se repite el proceso.

2.8.5. Fundamentos de diseño *Sublevel Caving*

Al realizar el diseño de un *Sublevel Caving* se define primeramente la geometría del flujo gravitacional, vale decir determinar el ancho y espesor del elipsoide de extracción (EE) para una cierta altura de extracción. De acuerdo al principio del flujo gravitacional la extracción del mineral roto en un punto origina sobre él un volumen en movimiento que tiene la forma de elipsoide de revolución de altura h y ancho W el cual crece en función del incremento de extracción manteniendo una relación de excentricidad prácticamente constante. La excentricidad varía (E) de acuerdo al tipo de material (granulometría, viscosidad, humedad, etc). Este elipsoide se le conoce como elipsoide de desprendimiento. (8)

El método se fundamenta básicamente en una serie análisis de las siguientes variables:

- Dimensiones del elipsoide de extracción y elipsoide de desprendimiento.
- Espaciamiento vertical de subniveles (hs).
- Espaciamiento horizontal de galerías (sd) y
- Ancho de tajada 6 burden

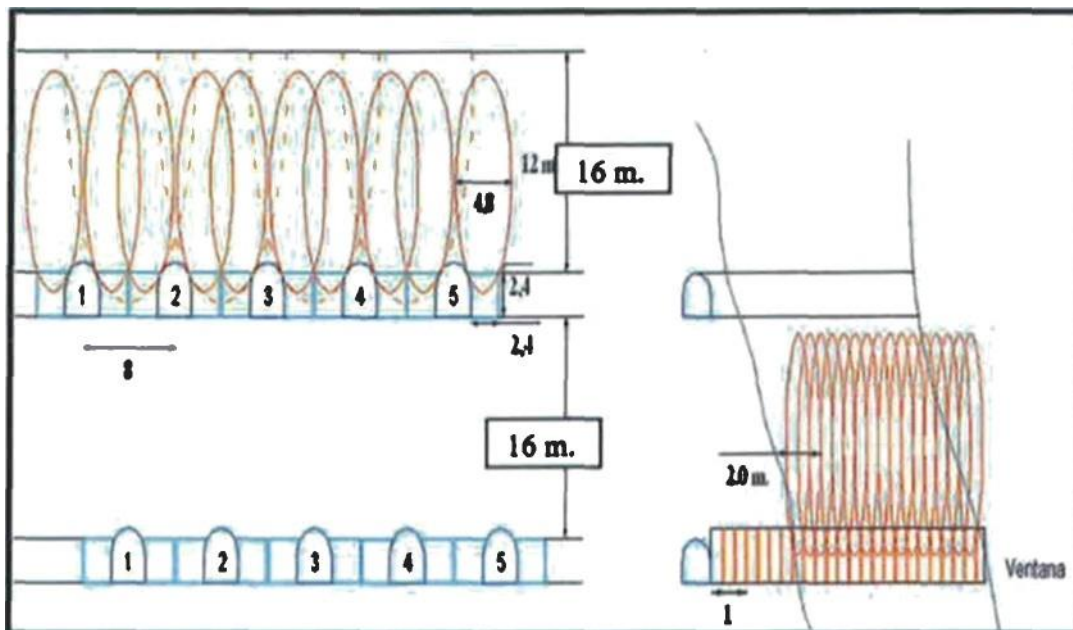


Figura 35. Espaciamiento de ventanas (8 m horizontal) y subniveles (16 m vertical)

2.9. Plan de minado cuerpo Esperanza

El plan de producción *Forecast* 2020 al 2022 para el sector Esperanza será de 1'851,297.52 toneladas, para el sector Esperanza Norte será de 16,514 toneladas y para el sector Esperanza Distal será de 38,004 toneladas, siendo un total al periodo del 2019 al 2022 de 1'905,816 toneladas, con leyes media de Cu@ 2.02 %, Zn@ 2.07 %, Pb@ 0.84 %, Ag@ 53.36 ppm y Au@ 0.58 ppm.

Tabla 8. Plan de minado 2019 – 2022 del Cuerpo Esperanza – unidad minera Yauricocha
PLAN DE MINADO PARA LOS AÑOS 2019 - 2022

CUERPO ESPERANZA

Ore Body	Level - Floor	ton_f	ag (g)	au (g)	cu (%)	pb (%)	zn (%)	Producción ABR-DIC 2019	Producción 2020	Producción 2021	Producción 2022	Producción Total
Esperanza	NIVEL 970_PISO 00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40,034.00	0.00	0.00	0.00	40,034.00
Esperanza	NIVEL 1020_PISO 16	93,539.79	55.37	0.45	2.15	0.82	1.79	132,877.54	0.00	0.00	0.00	132,877.54
Esperanza	NIVEL 1020_PISO 08	262,192.96	64.48	0.70	3.23	0.49	1.22	130,480.98	75,000.00	0.00	0.00	205,480.98
Esperanza	NIVEL 1020_PISO 00	220,413.40	54.79	0.87	2.78	0.60	1.61	16,100.00	189,500.00	14,800.00	0.00	220,400.00
Esperanza	NIVEL 1070_PISO 16	167,856.31	54.23	0.81	2.32	0.74	1.88	0.00	125,700.00	42,150.00	0.00	167,850.00
Esperanza	NIVEL 1070_PISO 08	61,639.77	50.41	0.71	2.11	0.49	1.47	0.00	0.00	61,640.00	0.00	61,640.00
Esperanza	NIVEL 1070_PISO 00	45,789.98	52.79	0.53	1.92	0.51	1.21	0.00	0.00	45,790.00	0.00	45,790.00
Esperanza	NIVEL 1120_PISO 16	148,315.36	53.81	0.54	1.62	0.96	2.11	0.00	0.00	148,315.00	0.00	148,315.00
Esperanza	NIVEL 1120_PISO 08	272,877.26	51.81	0.54	1.62	0.80	2.14	0.00	0.00	271,790.00	0.00	271,790.00
Esperanza	NIVEL 1120_PISO 00	341,271.52	52.42	0.53	1.71	0.75	2.06	0.00	0.00	0.00	199,840.00	199,840.00
Esperanza	NIVEL 1170_PISO 16	257,703.22	55.92	0.49	1.87	0.86	2.37	0.00	0.00	0.00	257,700.00	257,700.00
Esperanza	NIVEL 1170_PISO 08	75,971.35	52.53	0.43	1.77	1.21	3.30	0.00	0.00	0.00	75,970.00	75,970.00
Esperanza	NIVEL 1170_PISO 00	23,617.84	52.69	0.39	1.38	1.90	4.39	0.00	0.00	0.00	23,610.00	23,610.00
Esperanza Norte	NIVEL 0970_PISO 00	6,762	52.87	0.13	0.15	3.90	7.76	9,047.00	0.00	0.00	0.00	9,047.00
Esperanza Norte	NIVEL 1020_PISO 16	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7,467.00	0.00	0.00	0.00	7,467.00
Esperanza Distal	NIVEL 0970_PISO 00	11,535	18.53	0.13	0.07	2.18	4.81	6,434.00	0.00	0.00	0.00	6,434.00
Esperanza Distal	NIVEL 1020_PISO 16	27,615	50.63	0.18	0.18	5.18	9.08	6,500.00	13,500.00	0.00	0.00	20,000.00
Esperanza Distal	NIVEL 1020_PISO 08	6,773	59.39	0.16	0.16	6.29	9.06	0.00	6,770.00	0.00	0.00	6,770.00
Esperanza Distal	NIVEL 1020_PISO 00	4,802	40.85	0.10	0.16	5.31	7.39	0.00	4,800.00	0.00	0.00	4,800.00
TOTAL			53.36	0.58	2.02	0.84	2.07	348,941	415,270	584,485	557,120	1,905,816

Tabla 9. Plan de minado 2020 del Cuerpo Esperanza – unidad minera Yauricocha

PROGRAMA DE PRODUCCION - FORECAST 10+2 Y BUDGET 2020																						
Ore Body	Level - Floor	ag (g)	au (g)	cu (%)	pb (%)	zn (%)	as (%)	fe (%)	nsr (us\$/t)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Producción 2020
3. Esperanza	NIVEL 970_PISO 00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00													0
3. Esperanza	NIVEL 1020_PISO 16	55.37	0.45	2.15	0.82	1.79	0.26	21.38	150.01													0
3. Esperanza	NIVEL 1020_PISO 08	64.48	0.70	3.23	0.49	1.22	0.33	23.56	183.50	16,000	16,000	16,000	16,000	11,000								75,000
3. Esperanza	NIVEL 1020_PISO 00	54.79	0.87	2.78	0.60	1.61	0.23	23.29	171.38	15,880	14,900	17,470	17,600	18,000	17,000	17,000	17,000	17,000	17,000	17,000	8,250	194,100
3. Esperanza	NIVEL 1070_PISO 16	54.23	0.81	2.32	0.74	1.88	0.19	23.62	158.81					4,320	14,000	15,000	17,000	17,000	15,000	15,000	23,750	121,070
3. Esperanza	NIVEL 1070_PISO 08	50.41	0.71	2.11	0.49	1.47	0.16	22.20	137.38													0
3. Esperanza	NIVEL 1070_PISO 00	52.79	0.53	1.92	0.51	1.21	0.19	26.67	125.47													0
3. Esperanza	NIVEL 1120_PISO 16	53.81	0.54	1.62	0.96	2.11	0.17	24.56	135.97													0
3. Esperanza	NIVEL 1120_PISO 08	51.81	0.54	1.62	0.80	2.14	0.17	25.22	133.07													0
3. Esperanza	NIVEL 1120_PISO 00	52.42	0.53	1.71	0.75	2.06	0.17	25.35	134.69													0
3. Esperanza	NIVEL 1170_PISO 16	55.92	0.49	1.87	0.86	2.37	0.18	26.24	149.08													0
3. Esperanza	NIVEL 1170_PISO 08	52.53	0.43	1.77	1.21	3.30	0.16	25.65	165.07													0
3. Esperanza	NIVEL 1170_PISO 00	52.69	0.39	1.38	1.90	4.39	0.15	20.19	178.44													0
3. Esperanza	NIVEL 1220_PISO 16	55.43	0.36	2.67	0.70	1.73	0.20	24.30	168.08													0
3. Esperanza	NIVEL 1220_PISO 08	69.18	0.42	2.68	1.03	2.28	0.31	23.58	187.67													0
3. Esperanza	NIVEL 1220_PISO 00	73.02	0.44	2.02	1.57	3.37	0.35	23.01	188.68													0
3. Esperanza	NIVEL 1270_PISO 16	67.95	0.26	1.15	2.29	5.09	0.21	20.63	190.60													0
7 Esperanza Nor	NIVEL 0970_PISO 00	52.87	0.13	0.15	3.90	7.76	0.08	12.74	215.72													0
7 Esperanza Nor	NIVEL 1020_PISO 16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00													0
8 Esperanza Dist	NIVEL 0970_PISO 00	18.53	0.13	0.07	2.18	4.81	0.14	6.41	125.04													0
8 Esperanza Dist	NIVEL 1020_PISO 16	50.63	0.18	0.18	5.18	9.08	0.03	8.32	259.58	3,000	3,000	3,000	3,000	1,500								13,500
8 Esperanza Dist	NIVEL 1020_PISO 08	59.39	0.16	0.16	6.29	9.06	0.03	8.00	279.30					1,500	3,000	2,270						6,770
8 Esperanza Dist	NIVEL 1020_PISO 00	40.85	0.10	0.16	5.31	7.39	0.03	7.45	229.74						730	2,640	1,070					4,440
TOTAL		56.17	0.78	2.57	0.91	2.04	0.23	22.53	175.16	34,880	33,900	36,470	36,600	36,320	34,000	35,000	36,640	35,070	32,000	32,000	32,000	414,880

El Budget 2020 para la unidad minera Yauricocha se ha proyectado en base a un *Forecast 10 + 2*, proyectando a extraer un tonelaje de 1'213,000 toneladas, con una producción promedio diario de 3,369 toneladas en un periodo de 360 días.

Siendo la producción del sector Esperanza de 414,880 toneladas, con leyes media de Cu@ 2.57 %, Zn@ 2.04 %, Pb@ 0.91 %, Ag@ 56.17 ppm y Au@ 0.78 ppm y un NSR de 175 US \$/t, el cual representa el 34.20 % de lo proyectado en la unidad minera Yauricocha.

2.9.1. Programa de avance en el cuerpo Esperanza

Para el cumplimiento del programa de avance durante el periodo 2020, se consideran los trabajos de exploraciones, desarrollo y preparaciones en el cuerpo Esperanza.

En este programa de avance se consideran los criterios de labor, sección de labor, nivel y su categoría de costo (*opex* o *capex*) asociados al cuerpo Esperanza. Para el programa de exploraciones se consideró solo 13.10 metros, de labores de subnivel y estocada en el nivel 1070.

Para el programa de avance en labores de desarrollos se programó un total de 850 metros, considerando labores de rampa en profundización y subnivel, en una categoría desarrollo *capex*, en los niveles 920, 1120, 1170 y 1220.

En el caso del programa de avance en labores de preparación se programó un total de 4,305.54 metros, considerando labores de subnivel, crucero, chimeneas y estocada, considerando las categorías de *opex*, en los niveles 970, 1020, 1070, 1120, 1170 y 1220.

El total de proyectado en labores de avance en el cuerpo Esperanza será de 5,168.64 metros durante el periodo 2020.

Tabla 10. Programa de exploraciones 2020 – Cuerpo Esperanza – unidad minera Yauricocha
PROGRAMA DE EXPLORACIONES 2020

CUERPO ESPERANZA

TIPO LABOR	CUERPO	NIVEL	CAPEX/OPEX	FASE	LABOR	SEC	Ene-20	Feb-20	Mar-20	Abr-20	May-20	Jun-20	Jul-20	Ago-20	Set-20	Oct-20	Nov-20	Dic-20	TOTAL 2020
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	OPEX	EXPLORACIÓN	CRUCERO	2.10X3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	OPEX	EXPLORACIÓN	CRUCERO	3.00X3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	OPEX	EXPLORACIÓN	CRUCERO	3.50X3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	OPEX	EXPLORACIÓN	ESTOCADA	1.50X2.10	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.80
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	OPEX	EXPLORACIÓN	SUBNIVEL	2.10X3.00	2.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.10
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	OPEX	EXPLORACIÓN	SUBNIVEL	3.50X3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	OPEX	EXPLORACIÓN	SUBNIVEL	3.50X3.50	9.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.20
TOTAL (m)							13.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.10

Tabla 1. Programa de desarrollos 2020 – Cuerpo Esperanza – unidad minera Yauricocha.
PROGRAMA DE DESARROLLOS 2020

CUERPO ESPERANZA

TIPO LABOR	CUERPO	NIVEL	CAPEX/OPEX	FASE	LABOR	SEC	Ene-20	Feb-20	Mar-20	Abr-20	May-20	Jun-20	Jul-20	Ago-20	Set-20	Oct-20	Nov-20	Dic-20	TOTAL 2020
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	920	OPEX	DESARROLLO	CRUCERO	3.50X3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	920	OPEX	DESARROLLO	RAMPA	3.50X3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	OPEX	DESARROLLO	CRUCERO	3.50X3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	920	CAPEX	DESARROLLO CAPEX	SUBNIVEL	3.50X3.50	40.00	40.00	40.00	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	130.00
VERTICAL	ESPERANZA	1070	CAPEX	DESARROLLO CAPEX	CHIMENEA	1.20X2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	CAPEX	DESARROLLO CAPEX	ESTOCADA	1.50X2.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	CAPEX	DESARROLLO CAPEX	ESTOCADA	3.00X3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	CAPEX	DESARROLLO CAPEX	RAMPA	4.00X3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	CAPEX	DESARROLLO CAPEX	SUBNIVEL	1.50X2.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	CAPEX	DESARROLLO CAPEX	SUBNIVEL	2.10X3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	CAPEX	DESARROLLO CAPEX	SUBNIVEL	3.00X3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	CAPEX	DESARROLLO CAPEX	SUBNIVEL	3.50X3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	CAPEX	DESARROLLO CAPEX	SUBNIVEL	3.50X3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	CAPEX	DESARROLLO CAPEX	SUBNIVEL	4.00X3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1120	CAPEX	DESARROLLO CAPEX	RAMPA	4.00X3.50	60.00	60.00	5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	125.50
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1170	CAPEX	DESARROLLO CAPEX	RAMPA	4.00X3.50	0.00	0.00	54.50	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	22.05	0.00	496.55
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1220	CAPEX	DESARROLLO CAPEX	RAMPA	4.00X3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	37.95	60.00	97.95
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1270	CAPEX	DESARROLLO CAPEX	RAMPA	4.00X3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL (m)							100.00	100.00	100.00	70.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	850.00

Tabla 2. Programa de preparaciones 2020 – Cuerpo Esperanza – unidad minera Yauricocha
PROGRAMA DE PREPARACIONES 2020

CUERPO ESPERANZA

TIPO LABOR	CUERPO	NIVEL	CAPEX/OPEX	FASE	LABOR	SEC	Ene-20	Feb-20	Mar-20	Abr-20	May-20	Jun-20	Jul-20	Ago-20	Set-20	Oct-20	Nov-20	Dic-20	TOTAL 2020
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1120	OPEX	PREPARACIÓN	SUBNIVEL	3.50X3.50	70.00	78.30	44.62	47.31	40.00	48.11	12.83	2.32	79.81	165.01	180.53	164.99	933.83
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	OPEX	PREPARACIÓN	SUBNIVEL	3.50X3.50	93.84	74.98	47.90	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	103.14	115.00	115.00	115.00	914.86
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1020	OPEX	PREPARACIÓN	CRUCERO	3.50X3.50	82.56	133.57	70.00	50.00	50.00	36.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	422.52
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1020	OPEX	PREPARACIÓN	SUBNIVEL	3.50X3.50	73.28	2.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	76.13
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1120	OPEX	PREPARACIÓN	SUBNIVEL	3.50X3.00	49.28	73.53	46.45	45.00	20.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	234.81
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	OPEX	PREPARACIÓN	SUBNIVEL	3.50X3.00	25.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.60
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	OPEX	PREPARACIÓN	SUBNIVEL	3.50X3.50	13.51	10.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.86
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	OPEX	PREPARACIÓN	SUBNIVEL	3.00X3.00	14.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.20
VERTICAL	ESPERANZA	1070	OPEX	PREPARACIÓN	CHIMENEA	1.20X2.40	13.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.89
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	OPEX	PREPARACIÓN	SUBNIVEL	3.00X3.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1020	OPEX	PREPARACIÓN	ESTOCADA	1.50X2.10	5.40	0.00	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.20
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	OPEX	PREPARACIÓN	ESTOCADA	1.50X2.10	1.80	0.00	1.80	1.80	3.60	0.00	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.80
VERTICAL	ESPERANZA	1120	OPEX	PREPARACIÓN	CHIMENEA	1.20X2.40	0.00	8.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.71
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1120	OPEX	PREPARACIÓN	CRUCERO	3.50X3.50	0.00	8.10	65.53	25.26	64.78	40.00	36.32	30.00	36.66	0.00	26.77	0.00	333.42
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1120	OPEX	PREPARACIÓN	CRUCERO	3.50X3.00	0.00	0.00	0.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	30.62	0.00	0.00	180.62
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1170	OPEX	PREPARACIÓN	SUBNIVEL	3.50X3.50	0.00	0.00	0.00	13.23	30.00	24.76	50.00	50.00	50.00	94.34	70.00	80.77	463.10
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	OPEX	PREPARACIÓN	ESTOCADA	1.50X2.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.60	1.80	3.97	3.23	0.00	0.00	0.00	12.60
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	970	OPEX	PREPARACIÓN	CRUCERO	3.50X3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	970	OPEX	PREPARACIÓN	ESTOCADA	1.50X2.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
VERTICAL	ESPERANZA	1020	OPEX	PREPARACIÓN	CHIMENEA	1.20X2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1020	OPEX	PREPARACIÓN	CRUCERO	1.50X2.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1020	OPEX	PREPARACIÓN	CRUCERO	3.00X3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1170	OPEX	PREPARACIÓN	SUBNIVEL	3.50X3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.17	51.03	29.82	52.16	39.62	32.31	20.39	244.50
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1020	OPEX	PREPARACIÓN	SUBNIVEL	3.00X3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
VERTICAL	ESPERANZA	1070	OPEX	PREPARACIÓN	CHIMENEA	1.20X2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	OPEX	PREPARACIÓN	CRUCERO	3.50X3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	41.41	81.31	0.00	0.00	0.00	122.72
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1220	OPEX	PREPARACIÓN	CRUCERO	3.50X3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1220	OPEX	PREPARACIÓN	CRUCERO	3.50X3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1220	OPEX	PREPARACIÓN	SUBNIVEL	3.50X3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1270	OPEX	PREPARACIÓN	SUBNIVEL	3.50X3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1270	OPEX	PREPARACIÓN	SUBNIVEL	3.50X3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1170	OPEX	PREPARACIÓN	CRUCERO	3.50X3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.69	50.65	83.37	38.63	174.34
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1220	OPEX	PREPARACIÓN	SUBNIVEL	3.50X3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.40	27.74	33.14
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1170	OPEX	PREPARACIÓN	CRUCERO	3.50X3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	42.37	42.69
TOTAL (m)							455.36	390.39	278.10	257.60	283.93	247.03	228.78	232.52	433.00	495.24	513.70	489.89	4,305.54

2.9.1. Costos de avance en el cuerpo Esperanza

El costo total en labores de avance que involucra las áreas de exploraciones, desarrollos y preparaciones, durante el periodo 2020 en el cuerpo Esperanza es de \$ 2'211,095.41.

En el área de exploraciones solo se programaron trabajos complementarios en el sector Esperanza de solo 13.10 metros, los que consideran labores de subnivel y estocada generando un Budget de \$ 3,906.87. La productividad en labores de exploraciones para el periodo 2020 será de 298.23 \$/m.

Asimismo, se programaron 850 metros de labores de desarrollo (*capex*), considerando desarrollar rampas, crucero, estocada, subniveles y estocadas con un *budget* de \$ 551,468.18. La productividad en labores de desarrollo para el periodo 2020 será de 648.79 \$/m.

El programa de labores de preparación (*opex*) consideró 4305.54 metros para el método de minado *Sublevel Caving* se programó un *budget* de \$ 1'655,720.36. La productividad en labores de preparación para el periodo 2020 será de 384.56 \$/m.

Tabla 3. Costos de programa de exploraciones 2020 – Cuerpo Esperanza – unidad minera Yauricocha

COSTOS PROGRAMA DE EXPLORACIONES 2020

CUERPO ESPERANZA

TIPO LABOR	CUERPO	NIVEL	CAPEX/OPEX	FASE	LABOR	SEC	TOTAL EXPLOR. (m)	P.U. (US \$/m)	TOTAL (US\$)
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	OPEX	EXPLORACIÓN	CRUCERO	2.10X3.00	0.00		
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	OPEX	EXPLORACIÓN	CRUCERO	3.00X3.00	0.00		
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	OPEX	EXPLORACIÓN	CRUCERO	3.50X3.50	0.00		
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	OPEX	EXPLORACIÓN	ESTOCADA	1.50X2.10	1.80	555.56	298.51
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	OPEX	EXPLORACIÓN	SUBNIVEL	2.10X3.00	2.10	593.63	372.13
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	OPEX	EXPLORACIÓN	SUBNIVEL	3.50X3.00	0.00		
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	OPEX	EXPLORACIÓN	SUBNIVEL	3.50X3.50	9.20	1,178.41	3,236.23
TOTAL							13.10		3,906.87

Tabla 4. Costos de programa de desarrollo 2020 – Cuerpo Esperanza – unidad minera Yauricocha

COSTOS PROGRAMA DE DESARROLLO 2020

CUERPO ESPERANZA

TIPO LABOR	CUERPO	NIVEL	CAPEX/OPEX	FASE	LABOR	SEC	TOTAL DESARR. (m)	PU (US\$/m)	TOTAL US \$
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	920	OPEX	DESARROLLO	CRUCERO	3.50X3.50	0.00		
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	920	OPEX	DESARROLLO	RAMPA	3.50X3.50	0.00		
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	OPEX	DESARROLLO	CRUCERO	3.50X3.50	0.00		
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	920	CAPEX	DESARROLLO CAPEX	SUBNIVEL	3.50X3.50	130.00	1,669.70	64,794.33
VERTICAL	ESPERANZA	1070	CAPEX	DESARROLLO CAPEX	CHIMENEA	1.20X2.40	0.00		
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	CAPEX	DESARROLLO CAPEX	ESTOCADA	1.50X2.10	0.00		
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	CAPEX	DESARROLLO CAPEX	ESTOCADA	3.00X3.00	0.00		
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	CAPEX	DESARROLLO CAPEX	RAMPA	4.00X3.50	0.00		
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	CAPEX	DESARROLLO CAPEX	SUBNIVEL	1.50X2.10	0.00		
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	CAPEX	DESARROLLO CAPEX	SUBNIVEL	2.10X3.00	0.00		
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	CAPEX	DESARROLLO CAPEX	SUBNIVEL	3.00X3.00	0.00		
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	CAPEX	DESARROLLO CAPEX	SUBNIVEL	3.50X3.50	0.00		
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	CAPEX	DESARROLLO CAPEX	SUBNIVEL	3.50X3.50	0.00		
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	CAPEX	DESARROLLO CAPEX	SUBNIVEL	4.00X3.50	0.00		
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1120	CAPEX	DESARROLLO CAPEX	RAMPA	4.00X3.50	125.50	1,999.60	74,910.39
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1170	CAPEX	DESARROLLO CAPEX	RAMPA	4.00X3.50	496.55	2,383.54	353,297.55
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1220	CAPEX	DESARROLLO CAPEX	RAMPA	4.00X3.50	97.95	1,999.60	58,465.92
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1270	CAPEX	DESARROLLO CAPEX	RAMPA	4.00X3.50	0.00		
TOTAL (m)							850.00		551,468.18

Tabla 5. Costos de programa de preparaciones 2020 – Cuerpo Esperanza – unidad minera Yauricocha
COSTOS PROGRAMA DE PREPARACIONES 2020

CUERPO ESPERANZA

TIPO LABOR	CUERPO	NIVEL	CAPEX/OPEX	FASE	LABOR	SEC	TOTAL PREPAR.(m)	PU (US\$/m)	TOTAL (US \$)
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1120	OPEX	PREPARACIÓN	SUBNIVEL	3.50X3.50	933.83	1,284.43	358,041.57
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	OPEX	PREPARACIÓN	SUBNIVEL	3.50X3.50	914.86	1,284.43	350,768.25
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1020	OPEX	PREPARACIÓN	CRUCERO	3.50X3.50	422.52	1,272.72	160,522.28
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1020	OPEX	PREPARACIÓN	SUBNIVEL	3.50X3.50	76.13	1,245.92	28,314.00
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1120	OPEX	PREPARACIÓN	SUBNIVEL	3.50X3.00	234.81	1,229.92	86,208.21
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	OPEX	PREPARACIÓN	SUBNIVEL	3.50X3.00	25.60	1,224.27	9,355.62
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	OPEX	PREPARACIÓN	SUBNIVEL	3.50X3.50	23.86	1,224.27	8,719.73
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	OPEX	PREPARACIÓN	SUBNIVEL	3.00X3.00	14.20	1,199.93	5,086.27
VERTICAL	ESPERANZA	1070	OPEX	PREPARACIÓN	CHIMENEA	1.20X2.40	13.89	702.20	2,911.51
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	OPEX	PREPARACIÓN	SUBNIVEL	3.00X3.00	12.00	1,199.93	4,298.26
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1020	OPEX	PREPARACIÓN	ESTOCADA	1.50X2.10	7.20	669.41	1,438.73
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	OPEX	PREPARACIÓN	ESTOCADA	1.50X2.10	10.80	669.41	2,158.10
VERTICAL	ESPERANZA	1120	OPEX	PREPARACIÓN	CHIMENEA	1.20X2.40	8.71	702.20	1,825.72
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1120	OPEX	PREPARACIÓN	CRUCERO	3.50X3.50	333.42	1,272.72	126,671.73
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1120	OPEX	PREPARACIÓN	CRUCERO	3.50X3.00	180.62	1,232.32	66,442.28
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1170	OPEX	PREPARACIÓN	SUBNIVEL	3.50X3.50	463.10	1,272.72	175,939.29
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	OPEX	PREPARACIÓN	ESTOCADA	1.50X2.10	12.60	669.41	2,517.78
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	970	OPEX	PREPARACIÓN	CRUCERO	3.50X3.50	0.00		
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	970	OPEX	PREPARACIÓN	ESTOCADA	1.50X2.10	0.00		
VERTICAL	ESPERANZA	1020	OPEX	PREPARACIÓN	CHIMENEA	1.20X2.40	0.00		
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1020	OPEX	PREPARACIÓN	CRUCERO	1.50X2.10	0.00		
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1020	OPEX	PREPARACIÓN	CRUCERO	3.00X3.00	0.00		
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1170	OPEX	PREPARACIÓN	SUBNIVEL	3.50X3.00	244.50	1,250.84	91,292.65
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1020	OPEX	PREPARACIÓN	SUBNIVEL	3.00X3.00	0.00		
VERTICAL	ESPERANZA	1070	OPEX	PREPARACIÓN	CHIMENEA	1.20X2.40	0.00		
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1070	OPEX	PREPARACIÓN	CRUCERO	3.50X3.50	122.72	1,638.37	60,018.14
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1220	OPEX	PREPARACIÓN	CRUCERO	3.50X3.00	0.00		
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1220	OPEX	PREPARACIÓN	CRUCERO	3.50X3.50	0.00		
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1220	OPEX	PREPARACIÓN	SUBNIVEL	3.50X3.00	0.00		
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1270	OPEX	PREPARACIÓN	SUBNIVEL	3.50X3.00	0.00		
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1270	OPEX	PREPARACIÓN	SUBNIVEL	3.50X3.50	0.00		
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1170	OPEX	PREPARACIÓN	CRUCERO	3.50X3.50	174.34	1,638.37	85,263.71
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1220	OPEX	PREPARACIÓN	SUBNIVEL	3.50X3.50	33.14	1,245.92	12,325.31
SUB-HORIZONTAL	ESPERANZA	1170	OPEX	PREPARACIÓN	CRUCERO	3.50X3.00	42.69	1,224.27	15,601.22
TOTAL (m)							4,305.54		1,655,720.36

2.9.2. Parámetros del método de minado SLC

El método de minado *Sublevel Caving* aplicado en la unidad minera Yauricocha cumple un papel importante dentro del plan de minado programado tipo LOM (largo plazo), permitiendo la mejora del tonelaje producido, mejorando la recuperación y controlando la dilución.

Uno de los objetivos corporativos de la empresa es sincronizar estratégicamente las áreas de planta concentradora, mina y ventas. Los cuales soportarán técnica y económica la viabilidad de inversiones en labores profundas, para lo cual el método *Sublevel Caving* es la más indicada en estos momentos.

Los parámetros para el *Sublevel Caving* mecanizado a aplicarse en el cuerpo Esperanza considera los niveles 870 a 1070, con parámetros geomecánicos de RMR para estructura IV-A, para caja techo IV-B y caja piso III – A y III – B, con reservas promedio de 2'500,000 toneladas.

Se considera una producción de 12,000 TMS/mes, con equipos de limpieza tipo *scoop* de 2.5 yd³, con una vida de tajeo por 8 pisos de 208 meses. Con una productividad de 14.29 t/tarea, con una dilución del 20 % y una recuperación del 80 %

Tabla 6. Parámetros del método de minado *Sublevel Caving* mecanizado del Cuerpo Esperanza

PARÁMETROS PARA EL SUB LEVEL CAVING MECANIZADO (con poca presencia agua) - CUERPO ESPERANZA							T.C.= 3.400
1 RESERVA PROMEDIO DE Nv870 a Nv1070 (TMS):	2.500.000						
2 Leyes:	Ag (gr/TM)	Pb%	Cu%	Zn%	gr Au	US\$/TMS	
3 Area:		m ²					
4 MÉTODO DE EXPLOTACIÓN:	SUB LEVEL CAVING MECANIZADO						
5 PRODUCCIÓN :	12,000	TMS/Mes					
6 EQUIPOS:	SCOOP 2.5 yds						
7 PERSONAL:	14	Hombres / gdia					
8 VIDA DE TAJEO POR 8 PISOS:	208	Meses					
9 PRODUCTIVIDAD:	14.29	TMS / Tarea					
10 DILUCIÓN:	20	%					
11 RECUPERACIÓN:	80	%					
12 CALIFICACIÓN GEOMECAÁNICA RMR:							
	MINERAL :	IV-A					
	CAJA TECHO :	IV-B					
	CAJA PISO :	III-A, III-B					

2.9.3. Costos de desarrollo del metodo de minado SLC en el cuerpo Esperanza, nivel 1020

Los costos de desarrollo del método de minado *Sublevel Caving* implementado en el cuerpo Esperanza nivel 1020, se desarrollará los pisos 16, 8 y Nv, los cuales considera los siguientes desarrollos: rampas de 3.5 x 3.5 m, refugios de 2.0 x 2.10 m, cámaras de acumulación de 3.5 x 3.5 m, subnivel principal (incluye a *ore* y *waste pass*) de 3.0x3.0 m, subnivel auxiliares (cámara *scoop*, sedimentador, acumulación, vía a Ch. de escape) de 3.0x3.0 m., refugios frente a ventana de 2.0x2.10 m, chimenea de camino escape de 1.20x2.40 m, ventanas de explotación de 3.0x3.0 m, bolsillos de 2.40x2.40 m, y arriostres.

El total de metros a desarrollar en cada piso es de 2,429 metros con un costo total de cada piso de \$ 1'436,434.00 y una productividad de 591.37 US\$/m.

Los metros a desarrollar en el cuerpo Esperanza, nivel 1020 de los pisos 16, 8 y Nv serán de 7,287 metros y un costo total de \$ 4'309,303.

El costo total en labores de desarrollo desde el nivel 870 al nivel 1070, con reservas totales de 2'500,000 toneladas son de \$ 20'825,879.56, con un costo de unitario de desarrollo de 8.33 \$/t.

Tabla 7. Costos de desarrollo del Sublevel Caving – Cuerpo Esperanza – unidad minera Yauricocha

	SECCIÓN		AVANCE (m)	CANT	M3 Insitu	COSTO		SUBTOTAL (US\$)	OBSERVACIÓN
Nv. 1020 - P-16									
RAMPA	3.50	X	3.50	144	1	1,764	755 (US\$ / m)	108,709	
REFUGIOS	2.00	X	2.10	5	1	20	406 (US\$ / m)	1,948	
CAMARA DE ACUMULACION	3.50	X	3.50	37	1	453	755 (US\$ / m)	27,932	
SUBNIVEL PRINCIPAL (INCLUYE ACCESOS A ORE Y WASS PAS)	3.00	X	3.00	201	1	1,809	1,281 (US\$ / m)	257,468	
SUBNIVEL AUXILIARES (CAMARA SCOOP, SEDIMENTADOR, ACUMULACION, VIA A CH. ESCAPE)	3.00	X	3.00	30	1	270	755 (US\$ / m)	22,648	
REFUGIOS FRENTE A VENTANAS	2.00	X	2.10	25	1	106	406 (US\$ / m)	10,227	
CHIMENEA DE CAMINO ESCAPE	1.20	X	2.40	16	2	92	763 (US\$ / m)	24,414	
VENTANAS DE EXPLOTACION	3.00	X	3.00	456	1	4,104	1,355 (US\$ / m)	617,915	
BOLSILLOS	2.40	X	2.40	132	1	760	302 (US\$ / m)	39,816	
ARRIOSTRES				1368	1		7 (US\$ / und)	10,221	
CONCRETADO DE VENTANAS				15	1		6,526 (US\$ / und)	97,893	
EXTRACCION DE CARGA DESARROLLO NV.1020						9,379	4 US\$/TMS	86,659	
OTROS (10%)								130,585	
TOTAL DESARROLLOS Nv.1020 - P-16								1,436,434	
Nv. 1020 - P-8									
RAMPA	3.50	X	3.50	144	1	1,764	755 (US\$ / m)	108,709	
REFUGIOS	2.00	X	2.10	5	1	20	406 (US\$ / m)	1,948	
CAMARA DE ACUMULACION	3.50	X	3.50	37	1	453	755 (US\$ / m)	27,932	
SUBNIVEL PRINCIPAL (INCLUYE ACCESOS A ORE Y WASS PAS)	3.00	X	3.00	201	1	1,809	1,281 (US\$ / m)	257,468	
SUBNIVEL AUXILIARES (CAMARA SCOOP, SEDIMENTADOR, ACUMULACION, VIA A CH. ESCAPE)	3.00	X	3.00	30	1	270	755 (US\$ / m)	22,648	
REFUGIOS FRENTE A VENTANAS	2.00	X	2.10	25	1	106	406 (US\$ / m)	10,227	
CHIMENEA DE CAMINO ESCAPE	1.20	X	2.40	16	2	92	763 (US\$ / m)	24,414	
VENTANAS DE EXPLOTACION	3.00	X	3.00	456	1	4,104	1,355 (US\$ / m)	617,915	
BOLSILLOS	2.40	X	2.40	132	1	760	302 (US\$ / m)	39,816	
ARRIOSTRES				1368	1		7 (US\$ / und)	10,221	
CONCRETADO DE VENTANAS				15	1		6,526 (US\$ / und)	97,893	
EXTRACCION DE CARGA DESARROLLO NV.1020						9,379	4 US\$/TMS	86,659	
OTROS (10%)								130,585	
TOTAL DESARROLLOS Nv.1020 - P-8								1,436,434	
Nv. 1020 - P-Nv									
RAMPA	3.50	X	3.50	144	1	1,764	755 (US\$ / m)	108,709	
REFUGIOS	2.00	X	2.10	5	1	20	406 (US\$ / m)	1,948	
CAMARA DE ACUMULACION	3.50	X	3.50	37	1	453	755 (US\$ / m)	27,932	
SUBNIVEL PRINCIPAL (INCLUYE ACCESOS A ORE Y WASS PAS)	3.00	X	3.00	201	1	1,809	1,281 (US\$ / m)	257,468	
SUBNIVEL AUXILIARES (CAMARA SCOOP, SEDIMENTADOR, ACUMULACION, VIA A CH. ESCAPE)	3.00	X	3.00	30	1	270	755 (US\$ / m)	22,648	
REFUGIOS FRENTE A VENTANAS	2.00	X	2.10	25	1	106	406 (US\$ / m)	10,227	
CHIMENEA DE CAMINO ESCAPE	1.20	X	2.40	16	2	92	763 (US\$ / m)	24,414	
VENTANAS DE EXPLOTACION	3.00	X	3.00	456	1	4,104	1,355 (US\$ / m)	617,915	
BOLSILLOS	2.40	X	2.40	132	1	760	302 (US\$ / m)	39,816	
ARRIOSTRES				1368	1		7 (US\$ / und)	10,221	
CONCRETADO DE VENTANAS				15	1		6,526 (US\$ / und)	97,893	
EXTRACCION DE CARGA DESARROLLO NV.1020						9,379	4 US\$/TMS	86,659	
OTROS (10%)								130,585	
TOTAL DESARROLLOS Nv.1020 - P-Nv								1,436,434	

2.9.1. Costos de explotación del método de minado SLC en el cuerpo Esperanza, nivel 1020

Los costos de explotación en el método de minado *Sublevel Caving* en el cuerpo Esperanza asume los costos de minadomecanizado (con *scoop* de 2.5 yd³), desquinche y cachorreos (5 % de la producción), perforación y voladura con jumbo, extracción por pique, extracción con locomotora nivel 1070, extracción con locomotora nivel 720 y otros (10 %), asumiendo un costo unitario de explotación de 18.37 \$/t.

Asimismo, se considera los costos de energía, agua y equipos, los cuales asume aire comprimido, energía eléctrica, bomba, ventilador y tuberías, accesorios, cables, etc. (1 0%), asumiendo un costo unitario de alquiler de equipos de 2.41 \$/t.

El costo directo mina considera un total de 29.10 \$/t, el que considera el costo unitario de desarrollo en 8.33 \$/t, el costo unitario de explotación en 18.37 \$/t y el costo unitario de alquiler de equipos en 2.41 \$/t.

Tabla 8. Costos de explotación del método de minado Sublevel Caving del Cuerpo Esperanza – unidad minera Yauricocha

COSTO DE EXPLOTACIÓN:												SUBTOTAL (US\$/TMS)	
A.	SUB LEVEL CAVING MECANIZADO (Scoop de 2.5 yd3)							14.81	(US\$ / m3)				4.16
B.	DESQUINCHE Y CACHORREOS (5% DE LA PRODUCCION)							22.11	(US\$ / m3)				0.62
C.	PERFORACION Y VOLADURA CON JUMBO								(US\$ / m3)				3.58
D.	EXTRACCION POR PIQUE								(US\$ / M3)				1.79
E.	EXTRACCION CON LOCOMOTARA Nv.1070								US\$/TMS				4.50
F.	EXTRACCION CON LOCOMOTARA Nv.720								(US\$ / M3)				2.05
G.	OTROS (10%)												1.67
COSTO DE EXPLOTACIÓN (US\$ / TMS)												18.37	

Tabla 9. Costos de explotación (servicios) del método de minado Sublevel Caving del Cuerpo Esperanza – unidad minera Yauricocha

ENERGIA, AGUA Y EQUIPO:													
	AIRE COMPRIMIDO							10,000	(US\$ / mes)				0.83
	ENERGIA ELECTRICA							12,500	(US\$ / mes)				1.04
	BOMBA							1,875	(US\$ / mes)				0.16
	VENTILADOR							1,875	(US\$ / mes)				0.16
	TUBERIAS, ACCESORIOS, CABLES, ETC. (10%)												0.22
COSTO ALQUILER DE EQUIPOS (US\$ / TMS)												2.41	

2.10. Cash cost 2020 de la unidad minera Yauricocha

El *cash cost* programado para el periodo 2020 en la UM Yauricocha considera los departamentos de exploración y geología, mina, planta concentradora y apoyo, será un total de \$ 266'438,962.

El departamento de exploración y geología involucra las áreas de exploraciones regionales, geología y labores de exploración considera un monto total de \$ 9'787,000 con un costo unitario de 2.41 \$/t.

El departamento de mina involucra las áreas de jefaturas y superintendencia mina, labores de desarrollo y preparación, explotación, extracción, servicios auxiliares, mantenimiento, energía, superintendencia técnica y seguridad mina considera un monto total de \$ 174'255,000 con un costo unitario de 42.88 \$/t.

El departamento de planta concentradora involucra las áreas de jefatura y supervisión planta, operación planta concentradora, mantenimiento planta, servicios auxiliares planta, energía y seguridad planta considera un monto total de \$ 44'046,000 con un costo unitario de 10.84 \$/t.

El departamento de apoyo involucra las áreas de gerencia de unidad, medio ambiente, administración y recursos humanos, energía, seguridad, almacén general y logística, laboratorio, costos y presupuestos, gestión y sistemas, considera un monto total de US \$ 38'352,000 con un costo unitario de 9.44 US \$/t.

El *cash cost* del año 2020 es de \$ 266' 438,981.82, el cual se incrementa en un 8 %, comparado con el año 2019 que fue de \$247' 321,451.35. Este incremento fue producto del mayor programa de avances y al mayor tonelaje de mineral programado, esto producto de un incremento en el tonelaje del método de minado aplicado como el *Sublevel Caving*, en la operación minera.

Tabla 20. Cash Cost de la unidad minera Yauricocha, periodo 2020

CASH COST - 2020

	01 ENE	02 FEB	03 MAR	04 ABR	05 MAY	06 JUN	07 JUL	08 AGO	09 SET	10 OCT	11 NOV	12 DIC	Total	Total 2019		
Mineral Tratado (TMS)	96,000	95,000	98,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	108,000	108,000	108,000	1,213,000	1,104,119		
Avances (MTS)	1,665	1,623	1,409	1,630	1,504	1,620	1,589	1,694	1,888	1,810	1,880	1,811	20,123	17,583		
Tipo de Cambio - US\$	3.350	3.350	3.350	3.350	3.350	3.350	3.350	3.350	3.350	3.350	3.350	3.350	3.350	3.350		
Por areas																
Exploración & Geologia	834	805	808	810	808	810	811	816	821	821	821	821	9,787	4%	12,375	5%
Mina	14,255	13,900	15,689	14,062	13,833	14,127	14,126	14,464	14,961	14,927	15,040	14,872	174,255	65%	152,779	62%
Planta Concentradora	3,583	3,524	3,621	3,645	3,658	3,645	3,658	3,658	3,645	3,808	3,795	3,808	44,046	17%	40,169	16%
Apoyo	3,167	3,154	3,173	3,178	3,192	3,188	3,192	3,192	3,188	3,214	3,210	3,302	38,352	14%	41,999	17%
Cash Cost (000 S/.)	21,839	21,382	23,290	21,696	21,491	21,770	21,788	22,130	22,616	22,769	22,865	22,803	266,439	100%	247,321	100%
Explorac. & Geologia	2.59	2.53	2.46	2.42	2.41	2.42	2.42	2.44	2.45	2.27	2.27	2.27	2.41	4%	3.42	5%
Mina	44.32	43.68	47.79	41.98	41.29	42.17	42.17	43.18	44.66	41.26	41.57	41.10	42.88	65%	42.17	62%
Planta Concentradora	11.14	11.07	11.03	10.88	10.92	10.88	10.92	10.92	10.88	10.53	10.49	10.53	10.84	17%	11.10	16%
Apoyo	9.85	9.91	9.66	9.49	9.53	9.52	9.53	9.53	9.52	8.88	8.87	9.13	9.44	14%	11.61	17%
Cash Cost (US\$/Tm)	67.91	67.19	70.94	64.76	64.15	64.99	65.04	66.06	67.51	62.93	63.20	63.03	65.57	100%	68.29	100%

2.11. Capex 2020 de la unidad minera Yauricocha

El *capex* programado de la unidad minera Yauricocha durante el periodo 2020 es de \$ 26' 800,848.68, considerando un 10 % menos de inversión del periodo 2019.

El *capex* considera las áreas de exploración (greenfield, brownfield e interior mina), geología, mina, planta, planeamiento, proyectos, servicios, hidrogeología, medioambiente, etc.

El *capex* del periodo 2019 fue de \$ 29' 688,000.00 monto reajustado al proyectado que fue de 40' 687,997.43.

Tabla 10. Capex de la unidad minera Yauricocha durante el periodo 2020

Nro	AREA	2020		Actual	%	Version Final
		SOSTENIMIENTO	CRECIMIENTO	Total 2020		Total 2019
1	EXPLORACION - GREENFIELD	0	28	28	0%	1,500
2	EXPLORACION - BROWNFIELD	0	1,602	1,602	6%	1,903
3	EXPLORACION INT MINA	0	1,323	1,323	5%	1,538
4	GEOLOGIA	0	0	0	0%	72
5	DESARROLLOS	4,252	0	4,252	16%	6,513
6	ESTUDIOS	143	0	143	1%	373
7	MANTENIMIENTO	1,704	0	1,704	6%	2,558
8	MINA	574	0	574	2%	519
9	PROYECTOS	0	10,509	10,509	39%	15,597
10	PLANEAMIENTO	0	0	0	0%	93
11	HIDROGEOLOGIA	1,235	0	1,235	5%	1,032
12	GEOMECANICA	0	0	0	0%	39
13	VENTILACION - EQUIPOS	324	0	324	1%	4,862
14	VENTILACION - CHIMENEAS	1,981	0	1,981	7%	
15	PLANTA	760	0	760	3%	1,389
16	MEDIO AMBIENTE	146	0	146	1%	158
17	ALMACEN	216	0	216	1%	320
18	SEGURIDAD	97	0	97	0%	265
19	SISTEMAS	377	0	377	1%	423
20	ADMINISTRACION	1,529	0	1,529	6%	1,534
TOTAL CAPEX 2020		13,338	13,462	26,801	100%	40,688

2.12. Evaluación económica del método de minado *Sublevel Caving* en la unidad minera Yauricocha

Para definir la evaluación económica del método de minado *Sublevel Caving* en la unidad minera Yauricocha, se analizará los periodos 2019 y el proyectado 2020, para definir la rentabilidad económica del valor presente neto (NPV).

a) Ingresos de producción de mineral y concentrados

El programa de producción proyectado (*Forecast*) para el periodo 2019 fue de 1'126,800.00 toneladas con leyes de Cu@ 1.10 %, Pb@ 1.52 %, Zn@ 3.74 %, Ag@ 1.82 Oz/t, con un valor de mineral de 145.31 \$/t.

El programa de producción ejecutado para el mismo periodo fue de 1'127,479.23 toneladas con leyes de Cu@ 1.12%, Pb@ 1.58%, Zn@ 3.73%, Ag@ 1.86 Oz/t, con un valor de mineral de 147.20 US \$/TMS.

Los ingresos totales durante el periodo 2019 fue de US \$ 165'969,300.22.

b) Costo de Producción

Los costos de producción para el periodo 2019 fue de \$ 79'534,024 con un *cash cost* anual de 70.54 \$/t y para el periodo 2020 se proyecta el mismo costo operacional, con un *cash cost* anual de 65.57 \$/t. Esta diferencia se debe al incremento de tonelaje durante el periodo 2020 en un monto mayor al 2019 en 85,521 toneladas.

c) Valor presente neto

El valor presente neto para el periodo 2019 genera un VAN de \$13'822,54, con un TIR de 21 % y considerando una tasa de descuento del 12 %.

Asimismo, el valor presente neto para el periodo proyectado 2020 generará un VAN de \$ 24'675,047 con un TIR de 21 % y considerando una tasa de descuento de 12 %.

Esta mejor rentabilidad durante el periodo proyectado se debe principalmente a los programas de optimización y reducción de costos programados, producto de la implementación de un mayor porcentaje del método de explotación sublevel caving en los diferentes niveles operacionales de la Unidad Minera Yauricocha.

Tabla 11. Ingresos por producción total de mineral de la unidad minera Yauricocha, periodo 2019

INGRESOS - 2019

	01 ENE	02 FEB	03 MAR	04 ABR	05 MAY	06 JUN	07 JUL	08 AGO	09 SET	10 OCT	11 NOV	12 DIC	Total
Produccion Mineral (TMS)	94,823	88,936	49,523	54,409	101,028	102,970	106,611	111,258	106,908	104,045	101,151	105,817	1,127,479.23
Ag (Oz/t)	1.82	1.84	1.92	1.78	1.78	2.08	1.79	2.01	1.83	1.89	1.74	1.86	1.86
Pb (%)	1.64	1.36	1.51	1.35	1.56	1.85	1.23	1.86	1.60	1.55	1.70	1.62	1.58
Cu (%)	0.94	1.06	1.22	1.19	0.98	1.12	1.10	1.37	1.09	1.09	0.97	1.36	1.02
Zn (%)	3.78	3.70	3.35	3.09	3.37	3.66	3.13	4.01	3.86	4.08	4.15	4.08	3.34
NSR (US \$/TMS)	159.83	139.58	142.54	133.85	133.35	150.46	130.12	164.23	144.89	149.64	147.01	160.85	147
INGRESOS (US \$)	15,155,568.08	12,413,732.94	7,059,024.10	7,282,577.73	13,472,033.13	15,492,896.29	13,872,262.36	18,271,907.91	15,489,850.86	15,569,268.36	14,870,224.68	17,020,741.66	165,970,088.09

Tabla 12. Ingresos por producción total de mineral forecast de la unidad minera Yauricocha, periodo 2020

INGRESOS - 2020

	01 ENE	02 FEB	03 MAR	04 ABR	05 MAY	06 JUN	07 JUL	08 AGO	09 SET	10 OCT	11 NOV	12 DIC	Total
Produccion Mineral (TMS)	96,000	95,000	98,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	108,000	108,000	108,000	1,213,000.00
Ag (Oz/t)	2.31	2.28	2.16	2.08	2.13	2.08	2.26	2.44	2.50	2.45	2.37	2.22	2.27
Pb (%)	1.42	1.40	1.21	1.20	1.23	1.18	1.30	1.35	1.33	1.27	1.20	1.06	1.26
Cu (%)	1.30	1.34	1.39	1.42	1.35	1.18	1.25	1.22	1.21	1.12	1.13	1.11	1.25
Zn (%)	3.95	3.84	3.55	3.55	3.69	3.80	4.04	4.13	4.24	4.33	4.18	4.05	3.95
NSR (US \$/TMS)	159.00	158.28	151.63	152.36	152.89	145.83	156.59	157.72	157.95	154.88	151.65	145.32	154
INGRESOS (US \$)	15,264,227.31	15,036,491.51	14,860,173.05	15,235,604.69	15,288,823.27	14,583,098.01	15,659,262.22	15,772,221.05	15,795,291.29	16,727,325.40	16,378,122.78	15,694,432.26	186,295,072.85

Tabla 13. Costos de producción total de mineral ejecutado de la unidad minera Yauricocha, periodo 2019

CASH COST - 2019

	01 ENE	02 FEB	03 MAR	04 ABR	05 MAY	06 JUN	07 JUL	08 AGO	09 SET	10 OCT	11 NOV	12 DIC	Total
Producción Mineral (TMS)	94,823	88,936	49,523	54,409	101,028	102,970	106,611	111,258	106,908	104,045	101,151	105,817	1,127,479
Mineral Tratado (TMS)	94,823	88,936	49,523	54,409	101,028	102,970	106,611	111,258	106,908	104,045	101,151	105,817	1,127,479
Avances (MTS)	1,665	1,623	1,409	1,630	1,504	1,620	1,589	1,694	1,888	1,810	1,880	1,811	20,123
Por areas													
Mina	18,256	17,858	19,670	18,051	17,833	18,126	18,130	18,472	18,971	18,961	19,071	18,995	222,393
Planta Concentradora	3,583	3,524	3,621	3,645	3,658	3,645	3,658	3,658	3,645	3,808	3,795	3,808	44,046
Cash Cost (000 S/.)	21,839	21,382	23,290	21,696	21,491	21,770	21,788	22,130	22,616	22,769	22,865	22,803	266,439
Mina	57.47	59.94	118.56	99.04	52.69	52.55	50.76	49.56	52.97	54.40	56.28	53.58	58.88
Planta Concentradora	11.28	11.83	21.82	20.00	10.81	10.57	10.24	9.81	10.18	10.93	11.20	10.74	11.66
Cash Cost (US\$/Tm)	68.75	71.77	140.39	119.03	63.50	63.11	61.01	59.38	63.15	65.33	67.48	64.33	70.54
Costo Producción (US \$)	6,519,080	6,382,640	6,952,359	6,476,322	6,415,129	6,498,603	6,503,940	6,605,970	6,750,949	6,796,801	6,825,465	6,806,768	79,534,024

Tabla 14. Costos de producción forecast total de mineral de la unidad minera Yauricocha, periodo 2019

CASH COST - 2020

	01 ENE	02 FEB	03 MAR	04 ABR	05 MAY	06 JUN	07 JUL	08 AGO	09 SET	10 OCT	11 NOV	12 DIC	Total
Mineral Tratado (TMS)	96,000	95,000	98,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	108,000	108,000	108,000	1,213,000
Avances (MTS)	1,665	1,623	1,409	1,630	1,504	1,620	1,589	1,694	1,888	1,810	1,880	1,811	20,123
Tipo de Cambio - US\$	3.350	3.350	3.350	3.350	3.350	3.350	3.350	3.350	3.350	3.350	3.350	3.350	3.350
Por areas													
Exploración & Geología	834	805	808	810	808	810	811	816	821	821	821	821	9,787
Mina	14,255	13,900	15,689	14,062	13,833	14,127	14,126	14,464	14,961	14,927	15,040	14,872	174,255
Planta Concentradora	3,583	3,524	3,621	3,645	3,658	3,645	3,658	3,658	3,645	3,808	3,795	3,808	44,046
Apoyo	3,167	3,154	3,173	3,178	3,192	3,188	3,192	3,192	3,188	3,214	3,210	3,302	38,352
Cash Cost (000 S/.)	21,839	21,382	23,290	21,696	21,491	21,770	21,788	22,130	22,616	22,769	22,865	22,803	266,439
Explorac. & Geología	2.59	2.53	2.46	2.42	2.41	2.42	2.42	2.44	2.45	2.27	2.27	2.27	2.41
Mina	44.32	43.68	47.79	41.98	41.29	42.17	42.17	43.18	44.66	41.26	41.57	41.10	42.88
Planta Concentradora	11.14	11.07	11.03	10.88	10.92	10.88	10.92	10.92	10.88	10.53	10.49	10.53	10.84
Apoyo	9.85	9.91	9.66	9.49	9.53	9.52	9.53	9.53	9.52	8.88	8.87	9.13	9.44
Cash Cost (US\$/Tm)	67.91	67.19	70.94	64.76	64.15	64.99	65.04	66.06	67.51	62.93	63.20	63.03	65.57
Costos de Producción (US \$)	6,519,080	6,382,640	6,952,359	6,476,322	6,415,129	6,498,603	6,503,940	6,605,970	6,750,949	6,796,801	6,825,465	6,806,768	79,534,024

Tabla 15. Evaluación económica del programa de producción de mineral ejecutado de la unidad minera Yauricocha, periodo 2019

FLUJO DE CAJA PLAN DE PRODUCCIÓN													
EJECUTADO 2019													
MES	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PRODUCCIÓN (Ton)		94,823	88,936	49,523	54,409	101,028	102,970	106,611	111,258	106,908	104,045	101,151	105,817
INVERSIÓN US \$	26,800,848.68												
INGRESOS US \$		15,155,568.08	12,413,732.94	7,059,024.10	7,282,577.73	13,472,033.13	15,492,896.29	13,872,262.36	18,271,907.91	15,489,850.86	15,569,268.36	14,870,224.68	17,020,741.66
COSTOS US \$		6,519,079.65	6,382,639.55	6,952,358.73	6,476,322.50	6,415,128.57	6,498,602.60	6,503,939.61	6,605,969.93	6,750,948.93	6,796,800.62	6,825,465.42	6,806,768.31
FLUJO CAJA	-26,800,848.68	8,636,488.43	6,031,093.39	106,665.37	806,255.23	7,056,904.56	8,994,293.69	7,368,322.75	11,665,937.97	8,738,901.93	8,772,467.74	8,044,759.26	10,213,973.35

VAN	13,822,546.55
TIR	21%
Tasa Desc.	12%

Tabla 16. Evaluación económica del programa de producción de mineral forecast de la unidad minera Yauricocha, periodo 2019

FLUJO DE CAJA PLAN DE PRODUCCIÓN													
PROYECTADO 2020													
MES	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PRODUCCIÓN (Ton)		96,000.00	95,000.00	98,000.00	100,000.00	100,000.00	100,000.00	100,000.00	100,000.00	100,000.00	108,000.00	108,000.00	108,000.00
INVERSIÓN US \$	29,688,000.00												
INGRESOS US \$		15,264,227.31	15,036,491.51	14,860,173.05	15,235,604.69	15,288,823.27	14,583,098.01	15,659,262.22	15,772,221.05	15,795,291.29	16,727,325.40	16,378,122.78	15,694,432.26
COSTOS US \$		6,519,079.65	6,382,639.55	6,952,358.73	6,476,322.50	6,415,128.57	6,498,602.60	6,503,939.61	6,605,969.93	6,750,948.93	6,796,800.62	6,825,465.42	6,806,768.31
FLUJO CAJA	-29,688,000.00	8,745,147.66	8,653,851.96	7,907,814.32	8,759,282.20	8,873,694.70	8,084,495.41	9,155,322.62	9,166,251.11	9,044,342.36	9,930,524.77	9,552,657.36	8,887,663.95

VAN	24,675,047.75
TIR	28%
Tasa Desc.	12%

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Método y alcances de la investigación

3.1.1. Método general

El método general de la investigación es el científico, ya que su finalidad es orientar en forma sistemática y ordenada para interpretar hechos reales, buscar el camino y encontrar la solución al problema planteado.

El método empleado en la investigación es el método inductivo - deductivo. Este método está orientado a observar e investigar a fondo los parámetros técnicos económicos y aplicar criterios para ver los resultados que se producen en la producción. (9)

Las evaluaciones de los parámetros técnicos económicos, servirán para llegar a determinar de qué manera mejorar la productividad en la explotación del cuerpo Esperanza.

3.1.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación es explicativo, el propósito consiste en explicar las causas que generan el problema de rendimientos que se tiene en el método de explotación, determinando el control de los KPI, haciendo uso del método general.

Se realizará el análisis de los datos que se obtendrán en la observación directa de las variables. Para lo cual se realizó el análisis e interpretación de la siguiente información:

- **Recopilación de informes anteriores.** Con la finalidad de poder entender el desarrollo de las actividades en la unidad minera, se recopilará toda la data de las áreas de geología, mina, planta, planeamiento y geomecánica. Se interpretará los resultados de los informes de los meses anteriores.
- **Trabajo de campo.** Se realizará el trabajo de campo con las observaciones pertinentes de mapeo, monitoreo de convergencia/divergencia, análisis de tiempo y costeo de las labores de desarrollo y preparación en el método de explotación “taladros largos”.
- **Trabajo de gabinete.** Se realizará los estudios operacionales, modelamientos, controles de mineralización y costos.
- **Resultados.** Se realizará la evaluación de los resultados en términos de rentabilidad del proyecto de explotación del cuerpo Esperanza de la unidad minera Yauricocha.

3.1.3. Alcances de la investigación

De acuerdo a los diversos criterios de investigación, es considerada de tipo aplicada.

3.2. Tipo de diseño de investigación

3.2.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada, porque se aplicará los conocimientos de la investigación básica para solucionar el problema que se vienen presentando en tajo Esperanza de la unidad minera Yauricocha sociedad minera Corona S. A.

3.2.2. Diseño de investigación

El trabajo de investigación es cuasi experimental y de corte longitudinal, puesto que para obtener los resultados en la investigación la variable independiente será manipulada y de esta manera medir el efecto en la variable dependiente del problema; respecto al corte longitudinal la toma de datos se realizará en varias etapas.

La investigación es de diseño no experimental de corte longitudinal (evolutivo). Se realizará durante el periodo de tres meses, se hará un control y registro de las variables, durante el estudio se visualizarán cambios a través del tiempo. En la investigación no se manipularán o tratarán de alterar a las variables. Solo nos enfocamos en investigar y observar los parámetros técnicos económicos en la operación minera, luego analizamos su rentabilidad de la explotación del Tajo Esperanza. (10)

GNO: 01 (T1, T2, T3, T4)

02 (T1, T2, T3, T4)

GNO: 01 y 02

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población está conformada tajo Esperanza nivel 1020 del cuerpo Esperanza – unidad minera Yauricocha de Sierra Metals Inc. se tienen labores de exploración, desarrollo, preparación y producción.

3.3.2. Muestra

La muestra no probabilística y por consiguiente no aleatoria está conformada tajo Esperanza nivel 1020 – unidad minera Yauricocha de Sierra Metals Inc.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En la actualidad la investigación científica tiene una diversidad de técnicas de recolección de datos que está relacionado al método y tipo de investigación a realizar.

3.4.1. Técnicas utilizadas en la recolección de datos

- ✓ Observación
- ✓ Revisión bibliográfica
- ✓ Recopilación de datos en campo
- ✓ Manejo de Softwares

3.4.2. Instrumentos utilizados en la recolección de datos

- ✓ Software para cálculos Microsoft Excel 2010
- ✓ Libros
- ✓ Bibliografía de internet
- ✓ PC
- ✓ Tablas estadísticas
- ✓ Otros

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

A continuación, se presentan los resultados de investigación mostrando la evaluación técnica económica del método de minado *Sublevel Caving* en el cuerpo Esperanza de la unidad minera Yauricocha.

4.1.1. Incidencia de los métodos de minado aplicados en la unidad minera Yauricocha

De acuerdo al planeamiento estratégico de la unidad minera Yauricocha, se continúa aplicando los métodos de explotación *Sublevel Caving* y corte y relleno ascendente en sus distintas variedades, de acuerdo a las propiedades geológicas, geomecánicas e hidrogeológicas. Los métodos de minado aplicados son mecanizados y convencionales, una de las variables que influyen directamente a la aplicación del método de minado es la presencia de agua. Este parámetro servirá para definir las variables de diseño y operación en los métodos aplicados en la U.M. Yauricocha.

El método de minado aplicado en el cuerpo Esperanza, nivel 1020, es el de *Sublevel Caving* con poca presencia de agua.

Tabla 17. Incidencia de la producción de mineral por método de minado de la unidad minera Yauricocha, periodo 2019

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN	01 ENE	02 FEB	03 MAR	04 ABR	05 MAY	06 JUN	07 JUL	08 AGO	09 SET	10 OCT	11 NOV	12 DIC	Total	Incidencia (%)
SUBLEVEL CAVING	71,365	63,272	37,231	42,945	77,573	70,660	70,366	75,820	74,599	63,707	62,488	65,157	775,183	69
C.R.A.	23,458	25,664	12,292	11,464	23,455	32,310	36,245	35,438	32,309	40,338	38,663	40,660	352,296	31
Total General	94,823.00	88,936.00	49,523.00	54,409.00	101,028.00	102,970.00	106,611.00	111,258.00	106,908.00	104,045.00	101,151.00	105,817.00	1,127,479	100



a) Análisis e interpretación de resultados:

- ✓ La producción generada durante el periodo 2019 en la unidad minera Yauricocha fue de 1'127,479 toneladas con leyes de Cu@ 1.12 %, Pb@ 1.58 %, Zn@ 3.73%, Ag@ 1.86 Oz/t, con un valor de mineral de 147.20 \$/t.

- ✓ Los métodos de explotación aplicado en la operación minera son el *Sublevel Caving* y el corte y relleno ascendente.

- ✓ El porcentaje de incidencia del método *Sublevel Caving* es del 69 % con un tonelaje producido de 775,183 toneladas, mientras que el 31 % de incidencia representa al método Corte y relleno Ascendente con una producción de 352,296 toneladas durante el periodo 2019.

- ✓ La producción en el cuerpo Esperanza durante el periodo 2019 fue de 348,941 toneladas, lo que representa el 45 % de lo producido mediante el método de minado *Sublevel Caving*.

4.1.2. Parámetros del método de minado *Sublevel Caving* en el cuerpo Esperanza

El método de minado que se aplica en el cuerpo Esperanza es el *Sublevel Caving* con poca presencia de agua, considerando reservas de 2'500,000 toneladas desde el nivel 870 al nivel 1070, considerando trece pisos de explotación.

El método de minado se consideró mediante los parámetros geomecánicos de RMR para estructura IV-A, para caja techo IV-B y caja piso III – A y III – B.

La aplicación del método de minado *Sublevel Caving* considera profundidades mayores a 600 metros, y condiciones geológicas, geomecánicas y geometalúrgicas favorables para ser minado.

Una de las ventajas es el mayor tonelaje a extraer y cumplir positivamente con el plan de minado programado. El programa de avances para desarrollar el método de minado SLC en el cuerpo Esperanza considera la preparación y explotación de 3 pisos a ser minados (piso 8, piso 16 y piso Nv).

Tabla 18. Parámetros del método de minado Sublevel Caving mecanizado del Cuerpo Esperanza

PARÁMETROS PARA EL SUB LEVEL CAVING MECANIZADO (con poca presencia agua) - CUERPO ESPERANZA						
1	RESERVA PROMEDIO DE Nv870 a Nv1070 (TMS):	2,500,000				
		Ag (gr/TM)	Pb%	Cu%	Zn%	gr Au
2	Leyes:					
3	Area:		m2			
4	MÉTODO DE EXPLOTACIÓN:	SUB LEVEL CAVING MECANIZADO				
5	PRODUCCIÓN :	12,000	TMS/Mes			
6	EQUIPOS:	SCOOP 2.5 yds				
7	PERSONAL:	14	Hombres / gdia			
8	VIDA DE TAJEO POR 8 PISOS:	208	Meses			
9	PRODUCTIVIDAD:	14.29	TMS / Tarea			
10	DILUCIÓN:	20	%			
11	RECUPERACIÓN:	80	%			
12	CALIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR:					
		MINERAL :	IV-A			
		CAJA TECHO :	IV-B			
		CAJA PISO :	III-A, III-B			

Tabla 30. Parámetros de labores de desarrollo del método de minado Sublevel Caving del Cuerpo Esperanza, Nv 1020

	SECCIÓN	AVANCE
Nv. 1020 - P-16		(m)
RAMPA	3.50 X	3.50 144
REFUGIOS	2.00 X	2.10 5
CAMARA DE ACUMULACION	3.50 X	3.50 37
SUBNIVEL PRINCIPAL (INCLUYE ACCESOS A ORE Y WASS PAS)	3.00 X	3.00 201
SUBNIVEL AUXILIARES (CAMARA SCOOP, SEDIMENTADOR, ACUMULACION, VIA A CH. ESCAPE)	3.00 X	3.00 30
REFUGIOS FRENTE A VENTANAS	2.00 X	2.10 25
CHIMENEA DE CAMINO ESCAPE	1.20 X	2.40 16
VENTANAS DE EXPLOTACION	3.00 X	3.00 456
BOLSILLOS	2.40 X	2.40 132
ARRIOSTRES		1368
CONCRETADO DE VENTANAS		15
EXTRACCIÓN DE CARGA DESARROLLO Nv.1020		
OTROS (10%)		
TOTAL DESARROLLOES Nv.1020 - P-16		2429
Nv. 1020 - P-8		
RAMPA	3.50 X	3.50 144
REFUGIOS	2.00 X	2.10 5
CAMARA DE ACUMULACION	3.50 X	3.50 37
SUBNIVEL PRINCIPAL (INCLUYE ACCESOS A ORE Y WASS PAS)	3.00 X	3.00 201
SUBNIVEL AUXILIARES (CAMARA SCOOP, SEDIMENTADOR, ACUMULACION, VIA A CH. ESCAPE)	3.00 X	3.00 30
REFUGIOS FRENTE A VENTANAS	2.00 X	2.10 25
CHIMENEA DE CAMINO ESCAPE	1.20 X	2.40 16
VENTANAS DE EXPLOTACION	3.00 X	3.00 456
BOLSILLOS	2.40 X	2.40 132
ARRIOSTRES		1368
CONCRETADO DE VENTANAS		15
EXTRACCIÓN DE CARGA DESARROLLO Nv.1020		
OTROS (10%)		
TOTAL DESARROLLOES Nv.1020 - P-8		2429
Nv. 1020 - P-Nv		
RAMPA	3.50 X	3.50 144
REFUGIOS	2.00 X	2.10 5
CAMARA DE ACUMULACION	3.50 X	3.50 37
SUBNIVEL PRINCIPAL (INCLUYE ACCESOS A ORE Y WASS PAS)	3.00 X	3.00 201
SUBNIVEL AUXILIARES (CAMARA SCOOP, SEDIMENTADOR, ACUMULACION, VIA A CH. ESCAPE)	3.00 X	3.00 30
REFUGIOS FRENTE A VENTANAS	2.00 X	2.10 25
CHIMENEA DE CAMINO ESCAPE	1.20 X	2.40 16
VENTANAS DE EXPLOTACION	3.00 X	3.00 456
BOLSILLOS	2.40 X	2.40 132
ARRIOSTRES		1368
CONCRETADO DE VENTANAS		15
EXTRACCIÓN DE CARGA DESARROLLO Nv.1020		
OTROS (10%)		
TOTAL DESARROLLOES Nv.1020 - P-Nv		2429

a) Análisis e interpretación de Resultados:

- ✓ La producción programada en el método de minado *Sublevel Caving* en el cuerpo Esperanza es de 12,000 t/mes, considerando diluciones programadas del 20 % y recuperaciones del 80 %.
- ✓ La vida de tajeo por ocho pisos es de 208 meses, considerando un personal de 14 hombres / guardia.
- ✓ Se considera equipos de perforación tipo Jumbo y equipos de limpieza *Scoop* de 2.5 yardas.
- ✓ La productividad programada será de 14.29 t/tarea en el cuerpo Esperanza, nivel 1020.
- ✓ Las labores de desarrollo y preparación mediante el método de minado SLC en el cuerpo Esperanza nivel 1020, considera lo siguiente: rampas de 3.5x3.5 m, refugios de 2.0x .10 m, cámaras de acumulación de 3.5x3.5 m, subnivel principal (incluye a *ore* y *waste pass*) de 3.0x3.0 m., subnivel auxiliar (cámara *scoop*, sedimentador, acumulación, vía a Ch. de escape) de 3.0x 30 m, refugios frente a ventana de 2.0x2.10 m., chimenea de camino escape de 1.20x2.40 m, ventanas de explotación de 3.0x3.0 m., bolsillos de 2.40x2.40 m, y arriostres.
- ✓ El total de metros a desarrollar en cada piso es de 2,429 metros con un costo total de cada piso de \$ 1'436,434.00 y una productividad de 591.37 \$/m.
- ✓ Los metros a desarrollar en el cuerpo Esperanza, nivel 1020 en los pisos 16, 8 y Nv., serán de 7,287 metros, con un costo total de \$ 4'309,303.
- ✓ El costo total en labores de desarrollo desde el nivel 870 al nivel 1070, con reservas totales de 2'500,000 toneladas serán de \$ 20'825,879.56, con un costo de unitario de desarrollo de 8.33 \$/t.

4.1.3. Costos de explotación del método de minado SLC cuerpo Esperanza

Los costos asociados al método de explotación involucran los de desarrollo, de explotación y los de energía, agua y equipos.

a) Análisis e interpretación de resultados:

- ✓ Los costos de explotación en el método de minado *Sublevel Caving* en el cuerpo Esperanza asume las siguientes partidas: costos de minado *Sublevel Caving* mecanizado (con *scoop* de 2.5 yd³), desquinche y cachorreos (5 % de la producción), perforación y voladura con jumbo, extracción por pique, extracción con locomotora nivel 1070, extracción con locomotora nivel 720 y otros (10 %), asumiendo un costo unitario de explotación de 18.37 \$/t.

- ✓ Asimismo, se considera los costos de energía, agua y equipos, los cuales asume aire comprimido, energía eléctrica, bomba, ventilador y tuberías, accesorios, cables, etc. (10 %), asumiendo un costo unitario de alquiler de equipos de 2.41 \$/t.

- ✓ El costo directo mina considera un total de 29.10 \$/t, el que considera el costo unitario de desarrollo en 8.33 \$/t, el costo unitario de explotación en 18.37 \$/t y el costo unitario de alquiler de equipos en 2.41 \$/t.

4.1.4. Análisis del *cash cost* 2019 - 2020

El *cash cost* de los periodos 2019 y 2020, considera los costos unitarios de los departamentos de exploración y geología (áreas de exploraciones regionales, geología y labores de exploración), departamento de mina (jefaturas y superintendencia mina, labores de desarrollo y preparación, explotación, extracción, servicios auxiliares, mantenimiento, energía, superintendencia técnica y seguridad mina), departamento de planta concentradora (jefatura y supervisión planta, operación planta concentradora, mantenimiento planta, servicios auxiliares planta, energía y seguridad planta) y el departamento de apoyo (gerencia de unidad, medio ambiente, administración y recursos humanos, energía, seguridad, almacén general y logística, laboratorio, costos y presupuestos, gestión y sistemas).

Tabla 20. Cash Cost 2020 y 2019 de la unidad minera Yauricocha

CASH COST - 2020

	01 ENE	02 FEB	03 MAR	04 ABR	05 MAY	06 JUN	07 JUL	08 AGO	09 SET	10 OCT	11 NOV	12 DIC	Total	Total 2019		
Mineral Tratado (TMS)	96,000	95,000	98,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	108,000	108,000	108,000	1,213,000	1,104,119		
Avances (MTS)	1,665	1,623	1,409	1,630	1,504	1,620	1,589	1,694	1,888	1,810	1,880	1,811	20,123	17,583		
Tipo de Cambio - US\$	3.350	3.350	3.350	3.350	3.350	3.350	3.350	3.350	3.350	3.350	3.350	3.350	3.350	3.350		
Por areas																
Exploración & Geología	834	805	808	810	808	810	811	816	821	821	821	821	9,787	4%	12,375	5%
Mina	14,255	13,900	15,689	14,062	13,833	14,127	14,126	14,464	14,961	14,927	15,040	14,872	174,255	65%	152,779	62%
Planta Concentradora	3,583	3,524	3,621	3,645	3,658	3,645	3,658	3,658	3,645	3,808	3,795	3,808	44,046	17%	40,169	16%
Apoyo	3,167	3,154	3,173	3,178	3,192	3,188	3,192	3,192	3,188	3,214	3,210	3,302	38,352	14%	41,999	17%
Cash Cost (000 S/.)	21,839	21,382	23,290	21,696	21,491	21,770	21,788	22,130	22,616	22,769	22,865	22,803	266,439	100%	247,321	100%
Explorac. & Geología	2.59	2.53	2.46	2.42	2.41	2.42	2.42	2.44	2.45	2.27	2.27	2.27	2.41	4%	3.42	5%
Mina	44.32	43.68	47.79	41.98	41.29	42.17	42.17	43.18	44.66	41.26	41.57	41.10	42.88	65%	42.17	62%
Planta Concentradora	11.14	11.07	11.03	10.88	10.92	10.88	10.92	10.92	10.88	10.53	10.49	10.53	10.84	17%	11.10	16%
Apoyo	9.85	9.91	9.66	9.49	9.53	9.52	9.53	9.53	9.52	8.88	8.87	9.13	9.44	14%	11.61	17%
Cash Cost (US\$/Tm)	67.91	67.19	70.94	64.76	64.15	64.99	65.04	66.06	67.51	62.93	63.20	63.03	65.57	100%	68.29	100%

a) Análisis e interpretación de resultados:

- ✓ El departamento de exploración y geología considera un monto total de \$ 9'787,000 con un costo unitario de 2.41 \$/t.

- ✓ El departamento de mina considera un monto total de \$ 174'255,000 con un costo unitario de 42.88 \$/t.

- ✓ El departamento de planta considera un monto total de \$ 44'046,000 con un costo unitario de 10.84 \$/t.

- ✓ El departamento de apoyo considera un monto total de \$ 38'352,000 con un costo unitario de 9.44 \$/t.

- ✓ El cash cost del año 2020 es de \$ 266' 438,981.82, el cual se incrementa en un 8 %, comparado con el año 2019 que fue de \$247' 321,451.35.

- ✓ Este incremento fue producto del mayor programa de avances y al mayor tonelaje de mineral programado, esto es producto de un incremento en el tonelaje del método de minado aplicado como el *Sublevel Caving*, en la operación minera en 108,881 toneladas para el periodo 2020.

- ✓ El *cash cost* unitario durante el periodo 2019 fue de 68.29 \$/t y el *cash cost* programado para el periodo 2020 será de 65.57 \$/t.

- ✓ El total de metros programados en labores de avance durante el periodo 2020 será de 20,123 metros, mientras que durante el periodo 2019 se ejecutaron 17,583 metros.

- ✓ Existe un incremento en inversiones en el área de mina de un 3 % más comparado el periodo 2019 y 2020, lo que refleja un mayor aporte en el desarrollo y preparación del método de minado semi masivo como el *Sublevel Caving* en los distintos sectores de la unidad minera.

4.1.5. Capex de la unidad minera Yauricocha

El capex para los periodos 2019 y 2020 considera las áreas de exploración (*greenfield*, *brownfield* e interior mina), geología, mina, planta, planeamiento, proyectos, servicios, hidrogeología, medioambiente, almacén, seguridad, sistemas y administración.

Tabla 21. Capex de la unidad minera Yauricocha durante el periodo 2019 - 2020

Nro	AREA	2020		Actual	%	Version Final
		SOSTENIMIENTO	CRECIMIENTO	Total 2020		Total 2019
1	EXPLORACION - GREENFIELD	0	28	28	0%	1,500
2	EXPLORACION - BROWNFIELD	0	1,602	1,602	6%	1,903
3	EXPLORACION INT MINA	0	1,323	1,323	5%	1,538
4	GEOLOGIA	0	0	0	0%	72
5	DESARROLLOS	4,252	0	4,252	16%	6,513
6	ESTUDIOS	143	0	143	1%	373
7	MANTENIMIENTO	1,704	0	1,704	6%	2,558
8	MINA	574	0	574	2%	519
9	PROYECTOS	0	10,509	10,509	39%	15,597
10	PLANEAMIENTO	0	0	0	0%	93
11	HIDROGEOLOGIA	1,235	0	1,235	5%	1,032
12	GEOMECANICA	0	0	0	0%	39
13	VENTILACION - EQUIPOS	324	0	324	1%	4,862
14	VENTILACION - CHIMENEAS	1,981	0	1,981	7%	
15	PLANTA	760	0	760	3%	1,389
16	MEDIO AMBIENTE	146	0	146	1%	158
17	ALMACEN	216	0	216	1%	320
18	SEGURIDAD	97	0	97	0%	265
19	SISTEMAS	377	0	377	1%	423
20	ADMINISTRACION	1,529	0	1,529	6%	1,534
TOTAL CAPEX 2020		13,338	13,462	26,801	100%	40,688

a) Análisis e interpretación de resultados:

- ✓ El *capex* programado de la unidad minera Yauricocha durante el periodo 2020 es de \$ 26' 800,848.68, considerando un 10 % menos de inversión durante el periodo 2019.
- ✓ El *capex* del periodo 2019 fue de \$ 29' 688,000.00 monto reajustado al proyectado que fue de 40' 687,997.43.
- ✓ Este menor descenso es debido a los programas de optimización y reducción de costos implementados por los diferentes departamentos de la unidad minera.

4.1.6. Plan de minado cuerpo Esperanza

El plan de minado tipo largo plazo (LOM) de la unidad minera Yauricocha permite generar estrategias de planificación sincronizando las áreas de mina, planta y comercial, para cumplir con la producción programada de acuerdo a la capacidad de planta instalada.

La producción *forecast* de la unidad minera Yauricocha durante los periodos 2019 al 2022 programó un total de 4'656,183 toneladas.

La capacidad de planta instalada programará el tratamiento de mineral en el rango de 3200 a 3500 t/d, siendo la producción programada en el año 2019 de 885,183 toneladas, en el año 2020 de 1'179,000 toneladas, en el año 2021 de 1'296,000 toneladas y en el año 2022 de 1'296,000 toneladas.

Las leyes promedio para el periodo 2019 al 2022 se programaron con contenidos de Ag@ 42.68ppm, Au@ 0.49, Cu@ 1.18 %, Pb@ 0.67 % y Zn@ 2.66 %.

La distribución de la producción durante el periodo 2019 al 2022 está referido a cuerpos mineralizados chicos y cuerpos mineralizados masivos, con un total de producción de 4'656,183 toneladas.

El porcentaje de ocurrencia de estructuras minables en la unidad minera Yauricocha, representa el 14 % a cuerpos mineralizados chicos y el 86 % a los cuerpos masivos.

Los porcentajes de aporte de producción en los periodos 2019 son de 31 % cuerpos mineralizados chicos y 69 % cuerpos mineralizados masivos, en el periodo 2020 son el 30 % de cuerpos mineralizados chicos y el 70 % de cuerpos mineralizados masivos, en el periodo 2021 son el 15 % de cuerpos mineralizados chicos y el 75 % de cuerpos mineralizados masivos y finalmente en el periodo 2020 será del 7 % de cuerpos mineralizados chicos y 93 % de cuerpos mineralizados masivos.

El promedio de aporte de producción de mineral durante el periodo 2019 al 2020 será de 20 % en cuerpos mineralizados chicos y el 20 % en cuerpos mineralizados masivos.

Tabla 22. Plan de minado 2019 – 2022 del Cuerpo Esperanza – unidad minera Yauricocha

PLAN DE MINADO PARA LOS AÑOS 2019 - 2022

CUERPO ESPERANZA

Ore Body	Level - Floor	ton_f	ag (g)	au (g)	cu (%)	pb (%)	zn (%)	Producción ABR-DIC 2019	Producción 2020	Producción 2021	Producción 2022	Producción Total
Esperanza	NIVEL 970_PISO 00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40,034.00	0.00	0.00	0.00	40,034.00
Esperanza	NIVEL 1020_PISO 16	93,539.79	55.37	0.45	2.15	0.82	1.79	132,877.54	0.00	0.00	0.00	132,877.54
Esperanza	NIVEL 1020_PISO 08	262,192.96	64.48	0.70	3.23	0.49	1.22	130,480.98	75,000.00	0.00	0.00	205,480.98
Esperanza	NIVEL 1020_PISO 00	220,413.40	54.79	0.87	2.78	0.60	1.61	16,100.00	189,500.00	14,800.00	0.00	220,400.00
Esperanza	NIVEL 1070_PISO 16	167,856.31	54.23	0.81	2.32	0.74	1.88	0.00	125,700.00	42,150.00	0.00	167,850.00
Esperanza	NIVEL 1070_PISO 08	61,639.77	50.41	0.71	2.11	0.49	1.47	0.00	0.00	61,640.00	0.00	61,640.00
Esperanza	NIVEL 1070_PISO 00	45,789.98	52.79	0.53	1.92	0.51	1.21	0.00	0.00	45,790.00	0.00	45,790.00
Esperanza	NIVEL 1120_PISO 16	148,315.36	53.81	0.54	1.62	0.96	2.11	0.00	0.00	148,315.00	0.00	148,315.00
Esperanza	NIVEL 1120_PISO 08	272,877.26	51.81	0.54	1.62	0.80	2.14	0.00	0.00	271,790.00	0.00	271,790.00
Esperanza	NIVEL 1120_PISO 00	341,271.52	52.42	0.53	1.71	0.75	2.06	0.00	0.00	0.00	199,840.00	199,840.00
Esperanza	NIVEL 1170_PISO 16	257,703.22	55.92	0.49	1.87	0.86	2.37	0.00	0.00	0.00	257,700.00	257,700.00
Esperanza	NIVEL 1170_PISO 08	75,971.35	52.53	0.43	1.77	1.21	3.30	0.00	0.00	0.00	75,970.00	75,970.00
Esperanza	NIVEL 1170_PISO 00	23,617.84	52.69	0.39	1.38	1.90	4.39	0.00	0.00	0.00	23,610.00	23,610.00
Esperanza Norte	NIVEL 0970_PISO 00	6,762	52.87	0.13	0.15	3.90	7.76	9,047.00	0.00	0.00	0.00	9,047.00
Esperanza Norte	NIVEL 1020_PISO 16	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7,467.00	0.00	0.00	0.00	7,467.00
Esperanza Distal	NIVEL 0970_PISO 00	11,535	18.53	0.13	0.07	2.18	4.81	6,434.00	0.00	0.00	0.00	6,434.00
Esperanza Distal	NIVEL 1020_PISO 16	27,615	50.63	0.18	0.18	5.18	9.08	6,500.00	13,500.00	0.00	0.00	20,000.00
Esperanza Distal	NIVEL 1020_PISO 08	6,773	59.39	0.16	0.16	6.29	9.06	0.00	6,770.00	0.00	0.00	6,770.00
Esperanza Distal	NIVEL 1020_PISO 00	4,802	40.85	0.10	0.16	5.31	7.39	0.00	4,800.00	0.00	0.00	4,800.00
TOTAL			53.36	0.58	2.02	0.84	2.07	348,941	415,270	584,485	557,120	1,905,816

a) Análisis e interpretación de resultados:

- ✓ La producción total programada para el periodo 2019 al 2022 en el cuerpo Esperanza será de 1'905,816 toneladas, siendo el tonelaje para el 2019 de 348,941 toneladas, para el 2020 de 415,270 toneladas, para el 2021 de 584,485 toneladas y para el periodo 2022 de 557,120 toneladas.
- ✓ Las leyes promedio para el periodo 2019 al 2022 se programaron con contenidos de Ag@ 53.36ppm, Au@ 0.58, Cu@ 2.02, Pb@ 0.84% y Zn@ 2.07 %.
- ✓ La distribución de producción de los cuerpos mineralizados chicos y los cuerpos masivos durante los periodos programados fueron de: producción periodo 2019 cuerpos chicos 276,522 toneladas y cuerpos masivos 608,661 toneladas, producción periodo 2020 cuerpos chicos 354,980 toneladas y cuerpos masivos 824,020 toneladas, producción periodo 2021 cuerpos chicos 188,150 toneladas y cuerpos masivos 1'107,850 toneladas, producción periodo 2022 cuerpos chicos 93,360 toneladas y cuerpos masivos 1'202640 toneladas.
- ✓ El total de mineral producido durante el periodo 2019 al 2022 será de 913,012 toneladas en cuerpos chicos y de 3'743,171 toneladas en cuerpos masivos.
- ✓ El cuerpo Esperanza aportará durante el 2019 un total de 348,941 toneladas que representa el 57% de lo producido en la unidad minera, durante el periodo 2020 aportará 415,270 toneladas representando el 50 %, durante el periodo 2021 aportará 584,485 toneladas representando el 53 % y durante el periodo 2022 aportará 557,120 toneladas representando el 46 %.
- ✓ El aporte de mineral total durante el periodo 2019 al 2022 será de 1'905,816 toneladas lo que representa el 51 % de incidencia en lo producido en la unidad minera Yauricocha.

4.1.7. Evaluación económica

La evaluación económica del plan de producción 2019 y 2020 aplicado a los

cuerpos masivos mediante el método de minado *Sublevel Caving* define la rentabilidad de las inversiones mediante los indicadores del VAN y TIR, considerando una tasa de descuento del 12 %, mediante el flujo de caja asociado a los ingresos y costos de ambos periodos.

Tabla 23. Ingresos y costos de producción de la unidad minera Yauricocha, periodo 2019

INGRESOS - 2019

	01 ENE	02 FEB	03 MAR	04 ABR	05 MAY	06 JUN	07 JUL	08 AGO	09 SET	10 OCT	11 NOV	12 DIC	Total
Produccion Mineral (TMS)	94,823	88,936	49,523	54,409	101,028	102,970	106,611	111,258	106,908	104,045	101,151	105,817	1,127,479.23
Ag (Oz/t)	1.82	1.84	1.92	1.78	1.78	2.08	1.79	2.01	1.83	1.89	1.74	1.86	1.86
Pb (%)	1.64	1.36	1.51	1.35	1.56	1.85	1.23	1.86	1.60	1.55	1.70	1.62	1.58
Cu (%)	0.94	1.06	1.22	1.19	0.98	1.12	1.10	1.37	1.09	1.09	0.97	1.36	1.02
Zn (%)	3.78	3.70	3.35	3.09	3.37	3.66	3.13	4.01	3.86	4.08	4.15	4.08	3.34
NSR (US \$/TMS)	159.83	139.58	142.54	133.85	133.35	150.46	130.12	164.23	144.89	149.64	147.01	160.85	147
INGRESOS (US \$)	15,155,568.08	12,413,732.94	7,059,024.10	7,282,577.73	13,472,033.13	15,492,896.29	13,872,262.36	18,271,907.91	15,489,850.86	15,569,268.36	14,870,224.68	17,020,741.66	165,970,088.09

COSTOS DE PRODUCCIÓN- 2019

	01 ENE	02 FEB	03 MAR	04 ABR	05 MAY	06 JUN	07 JUL	08 AGO	09 SET	10 OCT	11 NOV	12 DIC	Total
Produccion Mineral (TMS)	94,823	88,936	49,523	54,409	101,028	102,970	106,611	111,258	106,908	104,045	101,151	105,817	1,127,479
Mineral Tratado (TMS)	94,823	88,936	49,523	54,409	101,028	102,970	106,611	111,258	106,908	104,045	101,151	105,817	1,127,479
Avances (MTS)	1,665	1,623	1,409	1,630	1,504	1,620	1,589	1,694	1,888	1,810	1,880	1,811	20,123
Por areas													
Mina	18,256	17,858	19,670	18,051	17,833	18,126	18,130	18,472	18,971	18,961	19,071	18,995	222,393
Planta Concentradora	3,583	3,524	3,621	3,645	3,658	3,645	3,658	3,658	3,645	3,808	3,795	3,808	44,046
Cash Cost (000 S/.)	21,839	21,382	23,290	21,696	21,491	21,770	21,788	22,130	22,616	22,769	22,865	22,803	266,439
Mina	57.47	59.94	118.56	99.04	52.69	52.55	50.76	49.56	52.97	54.40	56.28	53.58	58.88
Planta Concentradora	11.28	11.83	21.82	20.00	10.81	10.57	10.24	9.81	10.18	10.93	11.20	10.74	11.66
Cash Cost (US\$/Tm)	68.75	71.77	140.39	119.03	63.50	63.11	61.01	59.38	63.15	65.33	67.48	64.33	70.54
Costo Producción (US \$)	6,519,080	6,382,640	6,952,359	6,476,322	6,415,129	6,498,603	6,503,940	6,605,970	6,750,949	6,796,801	6,825,465	6,806,768	79,534,024

Tabla 24. Ingresos y costos de producción de la unidad minera Yauricocha, periodo 2020

INGRESOS - 2020

	01 ENE	02 FEB	03 MAR	04 ABR	05 MAY	06 JUN	07 JUL	08 AGO	09 SET	10 OCT	11 NOV	12 DIC	Total
Produccion Mineral (TMS)	96,000	95,000	98,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	108,000	108,000	108,000	1,213,000.00
Ag (Oz/t)	2.31	2.28	2.16	2.08	2.13	2.08	2.26	2.44	2.50	2.45	2.37	2.22	2.27
Pb (%)	1.42	1.40	1.21	1.20	1.23	1.18	1.30	1.35	1.33	1.27	1.20	1.06	1.26
Cu (%)	1.30	1.34	1.39	1.42	1.35	1.18	1.25	1.22	1.21	1.12	1.13	1.11	1.25
Zn (%)	3.95	3.84	3.55	3.55	3.69	3.80	4.04	4.13	4.24	4.33	4.18	4.05	3.95
NSR (US \$/TMS)	159.00	158.28	151.63	152.36	152.89	145.83	156.59	157.72	157.95	154.88	151.65	145.32	154
INGRESOS (US \$)	15,264,227.31	15,036,491.51	14,860,173.05	15,235,604.69	15,288,823.27	14,583,098.01	15,659,262.22	15,772,221.05	15,795,291.29	16,727,325.40	16,378,122.78	15,694,432.26	186,295,072.85

CASH COST - 2020

	01 ENE	02 FEB	03 MAR	04 ABR	05 MAY	06 JUN	07 JUL	08 AGO	09 SET	10 OCT	11 NOV	12 DIC	Total
Mineral Tratado (TMS)	96,000	95,000	98,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	108,000	108,000	108,000	1,213,000
Avances (MTS)	1,665	1,623	1,409	1,630	1,504	1,620	1,589	1,694	1,888	1,810	1,880	1,811	20,123
Tipo de Cambio - US\$	3.350	3.350	3.350	3.350	3.350	3.350	3.350	3.350	3.350	3.350	3.350	3.350	3.350
Por areas													
Exploración & Geologia	834	805	808	810	808	810	811	816	821	821	821	821	9,787
Mina	14,255	13,900	15,689	14,062	13,833	14,127	14,126	14,464	14,961	14,927	15,040	14,872	174,255
Planta Concentradora	3,583	3,524	3,621	3,645	3,658	3,645	3,658	3,658	3,645	3,808	3,795	3,808	44,046
Apoyo	3,167	3,154	3,173	3,178	3,192	3,188	3,192	3,192	3,188	3,214	3,210	3,302	38,352
Cash Cost (000 S/.)	21,839	21,382	23,290	21,696	21,491	21,770	21,788	22,130	22,616	22,769	22,865	22,803	266,439
Explorac. & Geologia	2.59	2.53	2.46	2.42	2.41	2.42	2.42	2.44	2.45	2.27	2.27	2.27	2.41
Mina	44.32	43.68	47.79	41.98	41.29	42.17	42.17	43.18	44.66	41.26	41.57	41.10	42.88
Planta Concentradora	11.14	11.07	11.03	10.88	10.92	10.88	10.92	10.92	10.88	10.53	10.49	10.53	10.84
Apoyo	9.85	9.91	9.66	9.49	9.53	9.52	9.53	9.53	9.52	8.88	8.87	9.13	9.44
Cash Cost (US\$/Tm)	67.91	67.19	70.94	64.76	64.15	64.99	65.04	66.06	67.51	62.93	63.20	63.03	65.57
Costos de Producción (US \$)	6,519,080	6,382,640	6,952,359	6,476,322	6,415,129	6,498,603	6,503,940	6,605,970	6,750,949	6,796,801	6,825,465	6,806,768	79,534,024

Tabla 25. Evaluación económica operacional de la unidad minera Yauricocha, periodo 2020

FLUJO DE CAJA PLAN DE PRODUCCIÓN

MES	EJECUTADO 2019												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PRODUCCIÓN (Ton)		94,823	88,936	49,523	54,409	101,028	102,970	106,611	111,258	106,908	104,045	101,151	105,817
INVERSIÓN US \$	26,800,848.68												
INGRESOS US \$		15,155,568.08	12,413,732.94	7,059,024.10	7,282,577.73	13,472,033.13	15,492,896.29	13,872,262.36	18,271,907.91	15,489,850.86	15,569,268.36	14,870,224.68	17,020,741.66
COSTOS US \$		6,519,079.65	6,382,639.55	6,952,358.73	6,476,322.50	6,415,128.57	6,498,602.60	6,503,939.61	6,605,969.93	6,750,948.93	6,796,800.62	6,825,465.42	6,806,768.31
FLUJO CAJA	-26,800,848.68	8,636,488.43	6,031,093.39	106,665.37	806,255.23	7,056,904.56	8,994,293.69	7,368,322.75	11,665,937.97	8,738,901.93	8,772,467.74	8,044,759.26	10,213,973.35

VAN	13,822,546.55
TIR	21%
Tasa Desc.	12%

FLUJO DE CAJA PLAN DE PRODUCCIÓN

MES	PROYECTADO 2020												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PRODUCCIÓN (Ton)		96,000.00	95,000.00	98,000.00	100,000.00	100,000.00	100,000.00	100,000.00	100,000.00	100,000.00	108,000.00	108,000.00	108,000.00
INVERSIÓN US \$	29,688,000.00												
INGRESOS US \$		15,264,227.31	15,036,491.51	14,860,173.05	15,235,604.69	15,288,823.27	14,583,098.01	15,659,262.22	15,772,221.05	15,795,291.29	16,727,325.40	16,378,122.78	15,694,432.26
COSTOS US \$		6,519,079.65	6,382,639.55	6,952,358.73	6,476,322.50	6,415,128.57	6,498,602.60	6,503,939.61	6,605,969.93	6,750,948.93	6,796,800.62	6,825,465.42	6,806,768.31
FLUJO CAJA	-29,688,000.00	8,745,147.66	8,653,851.96	7,907,814.32	8,759,282.20	8,873,694.70	8,084,495.41	9,155,322.62	9,166,251.11	9,044,342.36	9,930,524.77	9,552,657.36	8,887,663.95

VAN	24,675,047.75
TIR	28%
Tasa Desc.	12%

a) Análisis e interpretación de resultados:

- ✓ El tonelaje producido durante el periodo 2019 en la UM Yauricocha fue de 1'127,479.23 toneladas, con leyes promedio de Ag@ 1.86 Oz/t, Cu@ 1.02 %, Pb@ 1.58 % y Zn@ 3.34 %, con un NSR de 147 \$/t generando ingresos totales de \$ 165'970,088.09.

- ✓ El costo de producción para el mismo periodo 2019, considera un *cash cost* unitario de 70.54 \$/t, generando un costo total de \$ 79'534,024.

- ✓ El *capex* programado para el periodo 2019 fue de \$ 26'800,848.68.

- ✓ Los indicadores económicos durante el periodo 2019 fueron de: VAN de \$ 13'822,546.55 y un TIR de 21 %, lo que hace rentable la inversión en dicho periodo.

- ✓ Asimismo, el tonelaje programado durante el periodo 2020 en la unidad minera Yauricocha será de 1'213,000.00 toneladas, con leyes promedio de Ag@ 2.27 Oz/t, Cu@ 1.26 %, Pb@ 1.25 % y Zn@ 3.95 %, con un NSR de 154 \$/t generando ingresos totales de \$ 186'295,075.85.

- ✓ El costo de producción para el periodo 2020, considera un *cash cost* unitario de 65.57 \$/t, generando un costo total de \$ 79'534,024.

- ✓ El *capex* programado para el periodo 2020 será de \$ 29'688,000.00

- ✓ Los indicadores económicos durante el periodo 2020 serán de: VAN de \$ 24'675,047.75 y un TIR de 28 %, lo que hace rentable la inversión en dicho periodo.

- ✓ En ambos periodos analizados técnica y económica es rentable la inversión realizada, pero esta rentabilidad irá mejorando a medida que se empiecen a minar los cuerpos masivos en mayor porcentaje como se observa en el plan tipo LOM de la unidad minera Yauricocha.

- ✓ Esta rentabilidad se debe principalmente al método de minado aplicado como el *Sublevel Caving* en dicha operación.

CONCLUSIONES

1. Las propiedades geológicas, geomecánicas y económicas en la unidad minera Yauricocha permiten la aplicación del método de minado *Sublevel Caving* (cuerpos masivos) y corte y relleno ascendente (cuerpos chicos).
2. El porcentaje de incidencia del método *Sublevel Caving* aplicado en la unidad minera Yauricocha es del 69 % con un tonelaje producido de 775,183 toneladas, mientras que el 31 % de incidencia representa al método corte y relleno ascendente con una producción de 352,296 toneladas durante el periodo 2019.
3. El método de minado aplicado en el cuerpo Esperanza es el *Sublevel Caving* con una producción de 348,941 toneladas durante el periodo 2019, lo que representa el 45 % de la producción total (cuerpos masivos).
4. La producción total programada para el periodo 2019 al 2020 en el cuerpo Esperanza será de 1'905,816 toneladas, siendo el tonelaje para el 2019 de 348,941 toneladas, para el 2020 de 415,270 toneladas, para el 2021 de 584,485 toneladas y para el periodo 2022 de 557,120 toneladas, con leyes de Ag@ 53.36ppm, Au@ 0.58, Cu@ 2.02, Pb@ 0.84% y Zn@ 2.07 %.
5. Los porcentajes de aporte de producción en los periodos 2019 son de 31 % cuerpos mineralizados chicos y 69 % cuerpos mineralizados masivos, en el periodo 2020 son el 30 % de cuerpos mineralizados chicos y el 70 % de cuerpos mineralizados masivos, en el periodo 2021 son el 15 % de cuerpos mineralizados chicos y el 75 % de cuerpos mineralizados masivos y finalmente en el periodo 2020 será del 7 % de cuerpos mineralizados chicos y 93 % de cuerpos mineralizados masivos.
6. El cuerpo Esperanza aportará durante el 2019 un total de 348,941 toneladas que representa el 57% de lo producido en la unidad minera, durante el periodo 2020 aportará 415,270 toneladas representando el 50 %, durante el periodo 2021

aportará 584,485 toneladas representando el 53 % y durante el periodo 2022 aportará 557,120 toneladas representando el 46 %.

7. El costo total de mina en el cuerpo Esperanza entre los niveles 870 y 1070 es de \$ 20'825,880 en labores de desarrollo, de \$ 45'913,884 en costo de explotación, \$ 6'015,625 en energía, agua y equipo, generando un total de \$ 72'755,389, con un costo unitario de 29.10 \$/t.
8. El costo unitario directo mina es de 29.10 \$/t, el que considera el costo unitario de desarrollo en 8.33 US \$/TMS, el costo unitario de explotación en 18.37 US \$/TMS y el costo unitario de alquiler de equipos en 2.41 US \$/t.
9. El *cash cost* unitario durante el periodo 2019 fue de 68.29 \$/t y el *cash cost* programado para el periodo 2020 será de 65.57 \$/t, esta reducción del *cash cost* entre ambos periodos es del 8 % menos, debido al incremento de producción de cuerpos masivos en referencia a los cuerpos mineralizados chicos.
10. Los costos de producción de los periodos 2019 y 2020 serán de \$ 79'534,024 y \$79'534,024 respectivamente.
11. El NSR del periodo 2019 fue de 147 \$/t y del 2020 será de 154 \$/t, esto debido al mejoramiento de leyes de mineral.
12. El Ingreso de los periodos 2019 y 2020 serán de \$165'970,088 y de \$186'295,073 respectivamente.
13. La evaluación económica durante el periodo 2019 generó un VAN de \$13'822,546,55 y un TIR de 21 %.
14. La evaluación económica programada en el periodo 2020 generará un VAN de 24'675,047.75 y un TIR de 28 %.
15. Este incremento de la rentabilidad económica se debe al incremento de tonelaje producción, al mejoramiento de leyes y la aplicación de un método masivo como el *Sublevel Caving*.

RECOMENDACIONES

1. Realizar evaluaciones técnicas económicas del método de minado *Sublevel Caving* considerando las variables de recuperación y dilución con la finalidad de mejorar el valor presente neto.
2. Definir en mejor detalle los mapeos geológicos, geomecánicos y geometalúrgicos para un mejor diseño del método de minado.
3. Realizar estudios de microsísmica con la finalidad de definir la influencia de las ondas microsísmicas producto de la voladura en el método de minado *Sublevel Caving*.
4. Realizar un mapeo detallado de los soplos y estallidos de rocas producto de los disparos en labores de avance y su influencia en los costos de sostenimiento.
5. En base a lo descrito en párrafos anteriores, generar programas de sistemas de gestión de seguridad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CARHUAMACA MERGE, J. *Metodo de Minado Sun Level Caving (SLC) para mejorar recuperacion mineral - Mina Azulcocha - Concepcion Industrial S.A.C. esis* (Título de Ingeniero de Minas). Junin, Univercidad Nacional del Centro del Peru. Huancayo : UNCP, 2018, 112 pp.
2. BUSTAMANTE ROMERO, A. *Prueba piloto en la ejecución del slot del método de explotación sub level caving en compañía minera Volcan – unidad Carahuacra.* (Título de Ingeniero de Minas). Pasco : Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2019, 101 pp.
3. GONZALES VERGARA, M. y VELASQUEZ TAIPE, J. *Explotación de un cuerpo mineralizado por subniveles con taladros largos en la unidad de producción Uchucchagua.* (Título de Ingeniero de Minas). Huancavelica : Universidad Nacional de Huancavelica, 2012, 124 pp.
4. CHAMBI MEDINA, G . *Evaluación técnica y económica de los métodos de explotación corte y relleno mecanizado y sublevel Stopping en la Unidad Minera Pallancata para una óptima selección de minado.* (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa : Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2013, 120 pp.
5. CARLOS JIMÉNEZ, I. y RIVERA CRUZ, E. *Ventajas económicas de la implementación del método de explotación sublevel stopping en vetas angostas frente al método de explotación convencional de corte y relleno ascendente en la zona codiciada de la mina morococha.* (Título de Ingeniero de Minas).Trujillo : Universidad Nacional de Trujillo, 2016, 104 pp.
6. GILETTI, J. Geophys . 1966. [En línea]. *Journal of Geophysical Research.* <https://doi.org/10.1029/JZ071i016p04029>.
7. Corona, Sociedad Minera. *Plan de minado* . 2019. [En línea] 03 de 2020. [Citado el: 14 de 05 de 2020] <http://www.mineracorona.com.pe/wp-content/uploads/2020/03/Memoria-Anual-SMC-2019.pdf>
8. INC, Unidad minera Yauricocha de Sierra Metals. *Criterios y factores de estimacion de recursos y reservas de MENA.* [En línea] Ontario, 2019. [Fecha de consulta: 6 de abril de 2020.]. Disponible en: http://s23.q4cdn.com/335191765/files/doc_news/Es/2020/33_SMT_PR_Bolivar_Resource_Updated_T.pdf
9. HERNANDEZ SAMPIERI, R.,FERNANDEZ COLLADO, C.,BAPTISTA LUCIO, *Metodología de la Investigación.* México : Mc Graw Grill, 2010. ISBN: 978-607-15-0291-9

10. RODRIGUEZ, J. y BURNEO, K. *Metodología de la investigación*. Lima :
Fondo Editorial USIL, 2017. ISBN: 978-612-4119-86-6

ANEXOS

Anexo A

Matriz de consistencia y matriz de operacionalización de las variables

Tabla 26. Matriz de operacionalización de variables del método de minado *Sublevel Caving* de la unidad minera Yauricocha

	Definición conceptual	Definición operacional	
		Subdimensiones	Indicadores
Método de explotación <i>Sublevel Caving</i>	El desarrollo de la presente tesis aplico el método analítico, siendo la investigación de un carácter descriptivo-explicativo. La tesis fue experimental, para lo cual se observó los resultados de la evaluación técnica y económica de la mecanización del método de minado <i>Sublevel Caving</i> , tajo Esperanza nivel 1020 de la unidad minera Yauricocha, de Sierra Metals Inc.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Geología ✓ Geomecánica ✓ Parámetros de diseño operacional del método de minado. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Modelo geológico, leyes de mineral, ensamble mineralógico, etc. ✓ RMR, GSI y RQD ✓ Programa de avances, preparación y explotación.
Análisis de la mecanización	La metodología para la recolección y procesamiento de información fue la revisión documentaria y el acopio de datos correspondientes al tajo Esperanza, nivel 1020 de la unidad minera Yauricocha. Para concluir que la mecanización del método de minado <i>Sublevel Caving</i> , tajo Esperanza, nivel 1020 permitirá mejorar la productividad operacional en el ciclo de minado.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Operacional ✓ Económico 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Plan de producción, <i>opex</i> (costos operacionales) y <i>capex</i> (costos de capital). ✓ Evaluación económica

Problemas	Objetivos	Hipótesis
Problema Principal	Objetivos Principal	Hipótesis Principal
¿ Cuáles son los resultados de la evaluación técnica-económica del método de explotación Sub Level Caving para su mecanización, tajo Esperanza nivel 1020 – unidad minera Yauricocha de Sierra Metals Inc .?	Realizar la evaluación técnica-económica del método de explotación Sub Level Caving para su mecanización, tajo Esperanza nivel 1020 – unidad minera Yauricocha de Sierra Metals Inc.	Los resultados de la evaluación técnica-económica del método de explotación Sub Level Caving influirán en la mecanización, tajo Esperanza nivel 1020 – unidad minera Yauricocha Sociedad Minera Corona S.A.
Problemas Secundarios	Objetivos Específicos	Hipótesis Secundarios
1. ¿ Cuáles son los resultados de la evaluación técnica del método de explotación Sub Level Caving para su mecanización en la Unidad Minera Yauricocha de Sierra Metals Inc ?	1. Efectuar la evaluación técnica del método de explotación Sub Level Caving para su mecanización y mejorar la productividad.	1. Los resultados de la evaluación técnica del método de explotación Sub Level Caving determinaran el grado de su mecanización e incremento de la productividad.
2. ¿ Cuáles son los resultados de la evaluación económica del método de explotación Sub Level Caving para su mecanización?	2. Realizar la evaluación económica y determinar el programa de inversión operativa del método de explotación Sub Level Caving para su mecanización.	2. Los resultados de la evaluación económica del método de explotación Sub Level Caving harán factible la mecanización.

ANEXO B

RESERVAS



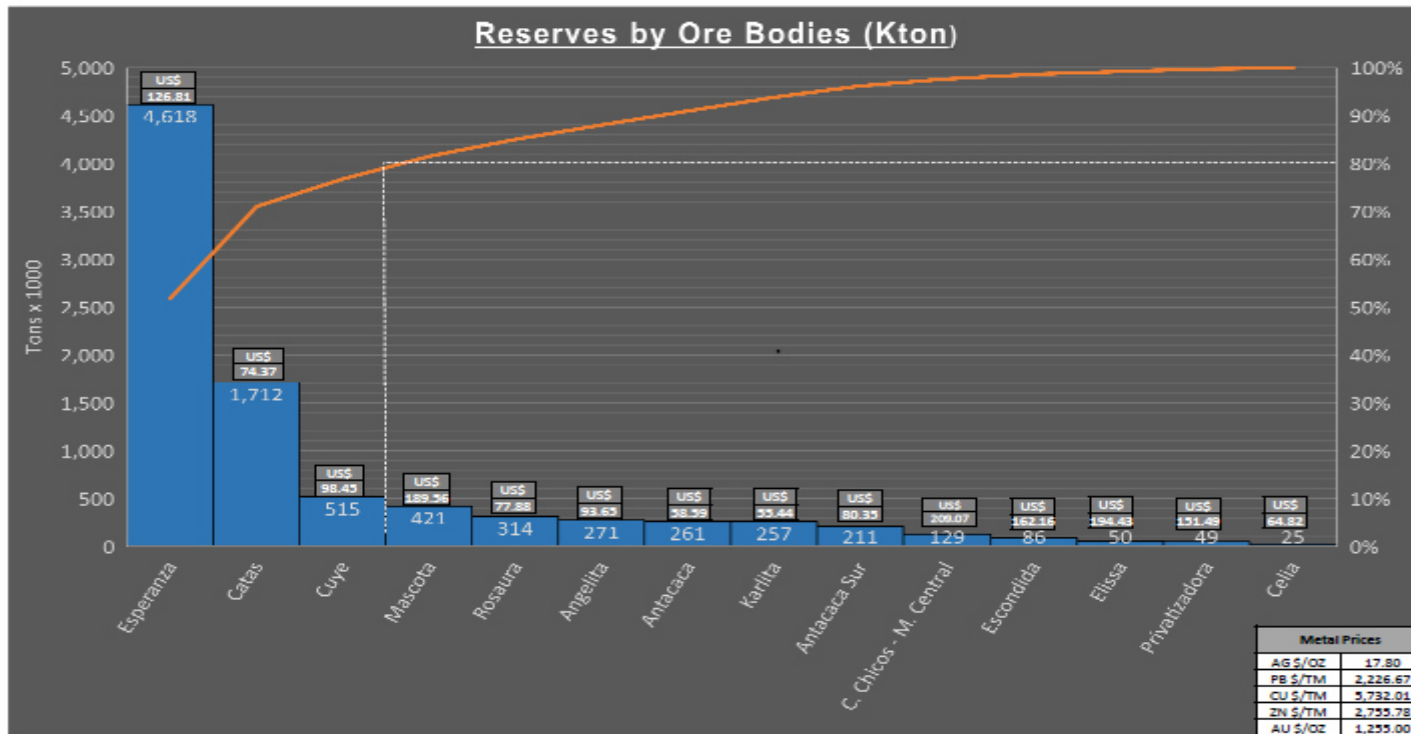
Reserves and Resources Yauricocha Mine (July 31th, 2017)



Reserves - Proven and Probable*							Contained Metal				
	Tonnes (000's)	Ag g/t	Cu %	Pb %	Zn %	Au g/t	Ag M oz	Cu M lb	Pb M lb	Zn M lb	Au K oz
Proven	1,836	46.6	1.1	0.8	2.6	0.6	2.8	43.7	33.8	105.0	37.7
Probable	7,081	48.8	1.2	0.8	2.4	0.5	11.1	191.6	117.3	372.2	111.9
Proven & Probable	8,917	48.3	1.2	0.8	2.4	0.5	13.9	235.3	151.1	477.2	149.6
Resources - Measured and Indicated							Contained Metal				
	Tonnes (000's)	Ag g/t	Cu %	Pb %	Zn %	Au g/t	Ag M oz	Cu M lb	Pb M lb	Zn M lb	Au K oz
Measured	3,094	70.0	1.7	1.2	3.2	0.8	7	117	84	219	78
Indicated	10,112	59.9	1.5	0.8	2.7	0.6	19	326	185	595	196
Measured & Indicated	13,206	62.3	1.5	0.9	2.8	0.6	26	444	269	813	274
Resources - Inferred							Contained Metal				
	Tonnes (000's)	Ag g/t	Cu %	Pb %	Zn %	Au g/t	Ag M oz	Cu M lb	Pb M lb	Zn M lb	Au K oz
Inferred	6,632	43.0	1.2	0.5	2.2	0.5	9	175	68	315	117

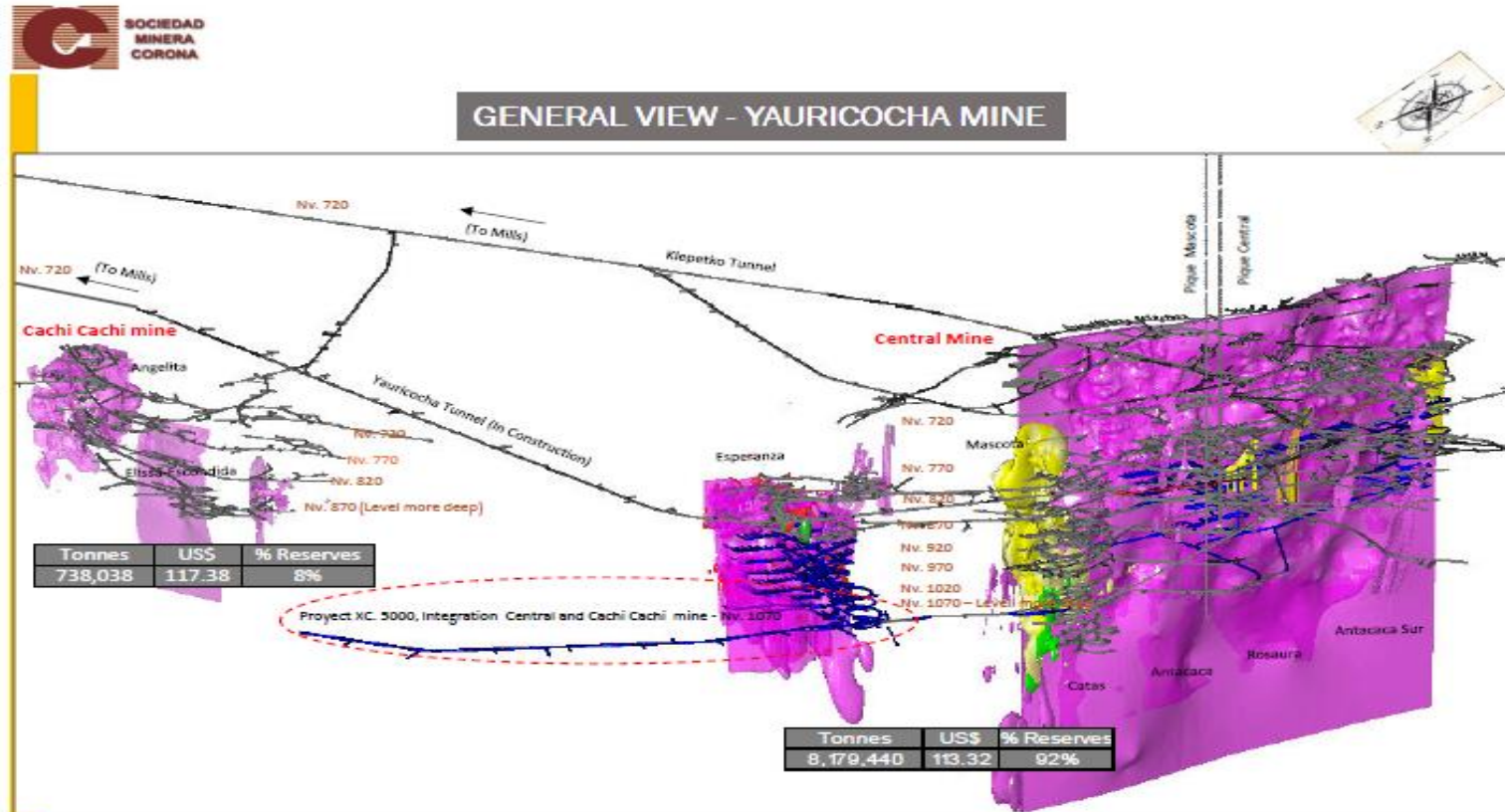
**Figura 36. Reservas de la unidad minera Yauricocha
Tomado del Departamento de Geología**

Tabla 27. Reserva por cuerpos mineralizados de la unidad minera Yauricocha



Tomado del Departamento de Geología

ANEXO C
PLANOS EN PLANTA Y PERFIL



**Figura 37. Vista general de los cuerpos mineralizados de la unidad minera Yauricocha
Tomado del Departamento de Planeamiento**

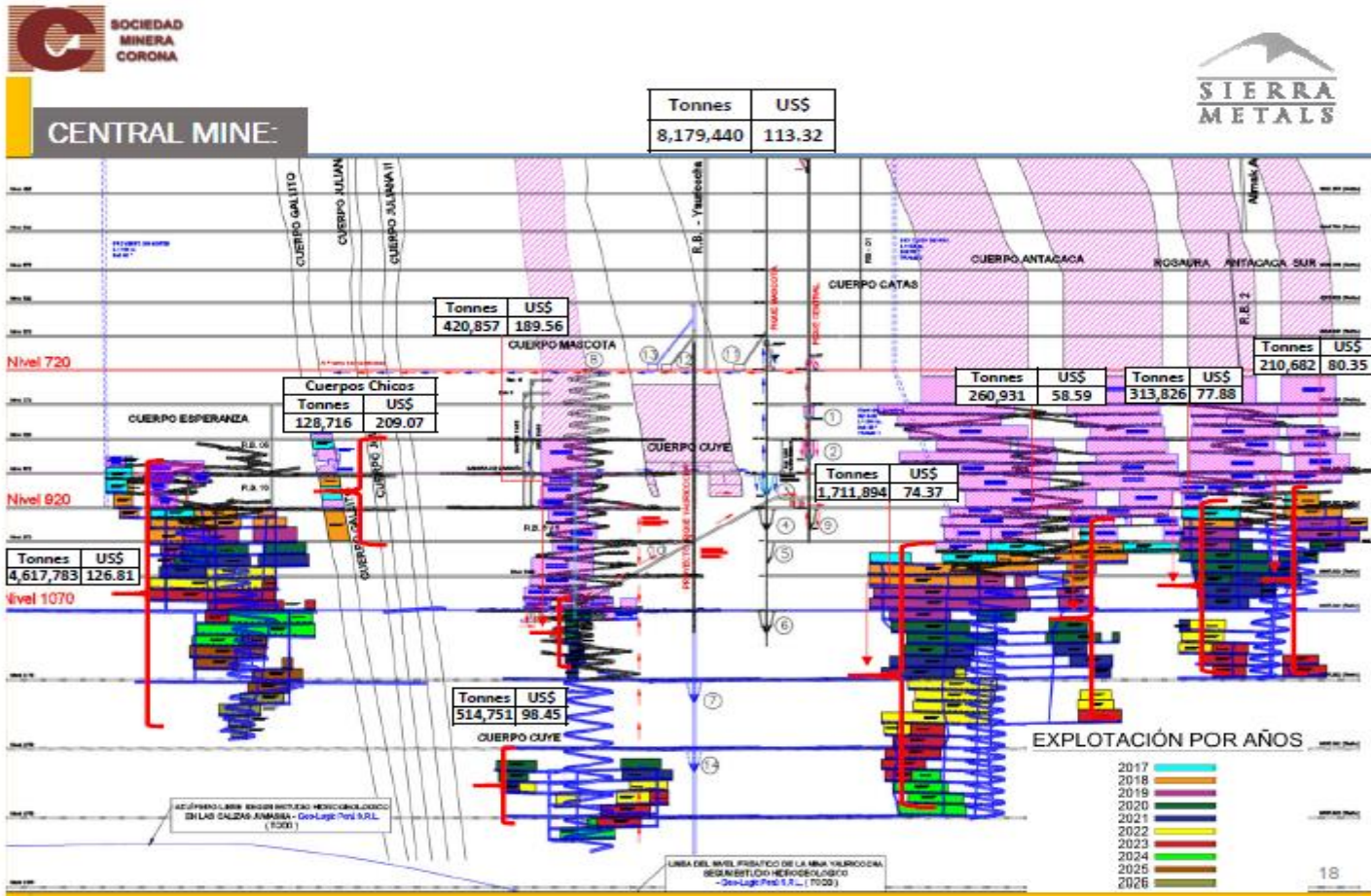


Figura 38. NSR de los cuerpos mineralizados – Esperanza y otros, mina Central de la Unidad Minera Yauricocha. Tomado del Departamento de Planeamiento

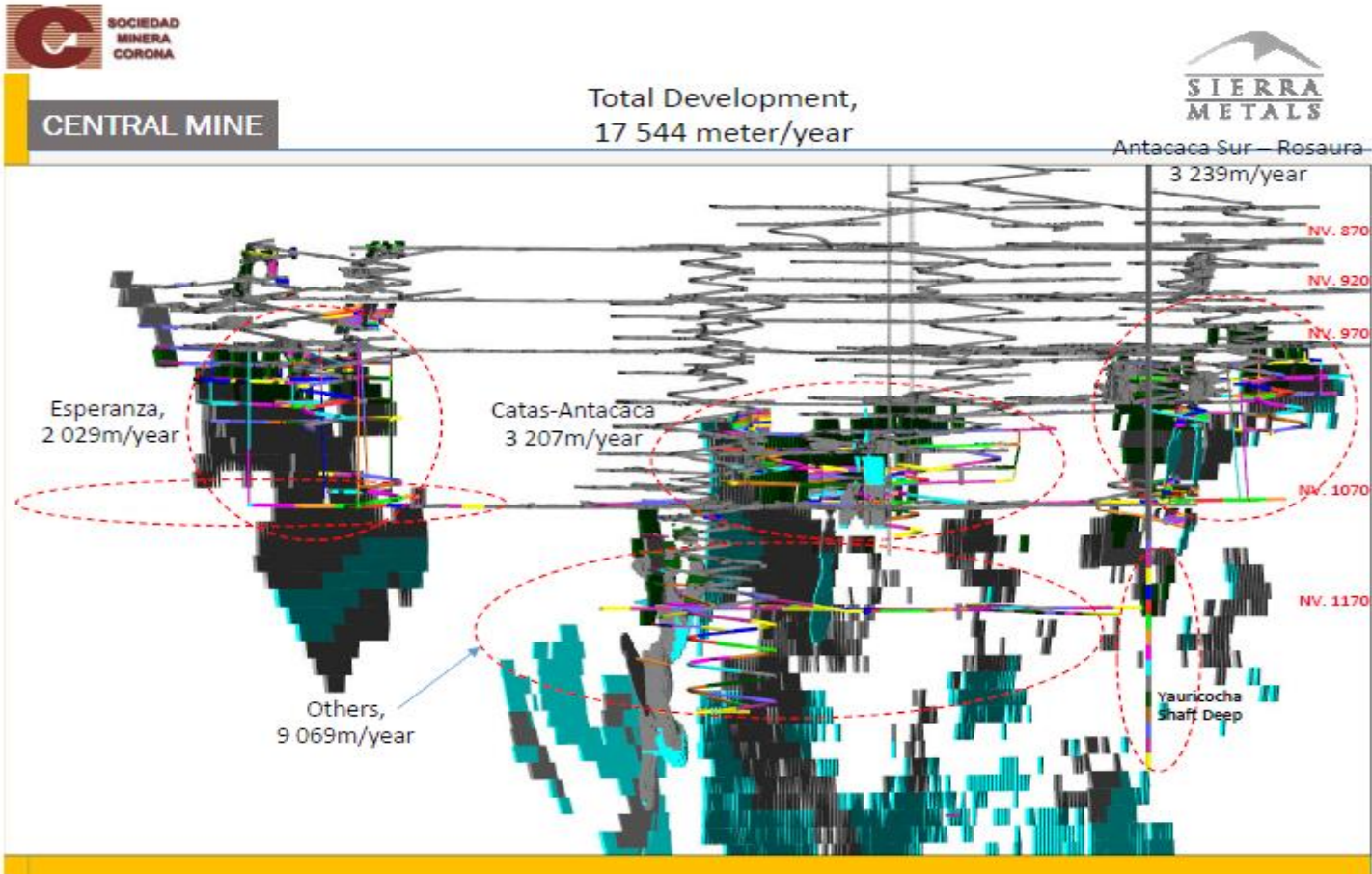


Figura 39. Programa de labores de avance en el cuerpo Esperanza y otros, mina Central de la unidad minera Yauricocha Tomado del Departamento de Planeamiento

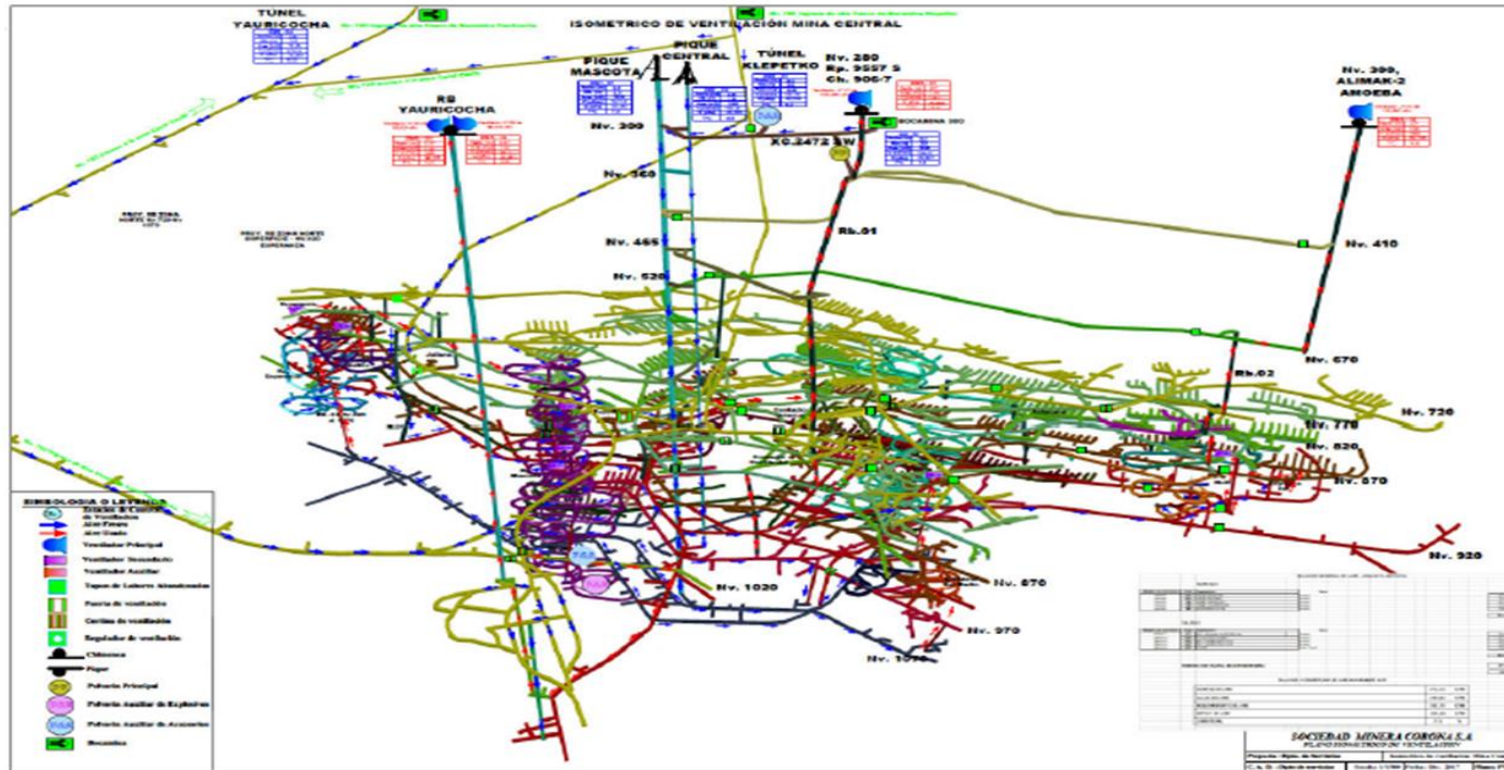


Figura 40. Ventilación - mina Central
Tomado del Departamento de Planeamiento



Figura 41. Relavera de la unidad minera Yauricocha Tomado del Departamento de Planeamiento

Cuadro N° 5.8 Estabilidad Física de Tajos del Cierre Progresivo

Componente	Zona	Descripción	Código	Obras de cierre
Tajo	Mina Central	Tajo Central	T-1-MC-YA	Se sellaron con material de desmonte*
		Tajo Juliana	T-4-MC-YA	Reficón con material de desmonte, estibaciones de taludes laterales*
		Tajo Maraca	T-3-MC-YA	
		Tajo Pedrona	T-7-MC-YA	
	Mina Central	Tajo Amolita	T-1-MA-YA	Confirrmación de taludes, con material de desmonte.
		Tajo Maraca	T-1-MM-YA	

*Actividad de cierre aprobada.
Fuente: Elaboración propia Geoservicio Ambiental SAC.
Fuente: Plan de Cierre de Mina R.D N° 218-2009-MEM-AM, (24/03/2009). / PAMA (Informe N°036-96-EM-DGAA-LCP).



Foto: Depósito Tajo Central

Estímato 2018: 663 686 Ton (378 230 m³)

CRONOGRAMA FISICO DEL CIERRE PROGRESIVO

GRUPO SOCIEDAD MINERA CORONA SA
Código 711
Fecha: 02/12/2016
Uso: LMA - YAUROSALUS

ITEM	DESCRIPCIÓN	PRESUPUESTO ACTIVO 2016 US\$	AÑO 2016		AÑO 2017		AÑO 2018	
			SEM 1	SEM 2	SEM 1	SEM 2	SEM 1	SEM 2
01	OBRAS PRELIMINARES	154,408.48						
01.01	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPO	94,871.43						
01.02	CONSTRUCCIONES PROVISIONALES	11,888.84						
01.03	TRAZO Y REPLANTEO TOPOGRAFICO	77,564.72						
01.04	CARTEL DE IDENTIFICACION DE COMPONENTES	154.46						
02	DESAMANTEAMIENTO Y DISPOSICION	26,332.32						
02.01	MINA	15,387.71						
02.01.01	MINERIAS	15,387.71						
02.01.01.01	MINA CENTRAL	15,387.71						
02.01.01.01.01	Victoria No. 330	15,387.71						
02.02	INSTALACIONES DE MANEJO DE AGUA	5,163.84						
02.02.01	CHUPPE	2,581.42						
02.02.01.01	S. Tratamiento de Agua Residual (Change)	2,581.42						
02.02.02	YAUROCOCHA	2,581.42						
02.02.02.01	S. Tratamiento de Agua Residual (Yauricocha)	2,581.42						
02.03	OPERAIONES SANEAMIENTO Y DISPOSICION	46,133.68						
02.03	INSTALACIONES DE MANEJO DE AGUA	88,173.48						
02.03.01	CHUPPE	30,087.74						
02.03.01.01	S. Tratamiento de Agua Residual (Change)	30,087.74						
02.03.02	YAUROCOCHA	30,087.74						
02.03.02.01	S. Tratamiento de Agua Residual (Yauricocha)	30,087.74						
06	ESTABILIDAD FISICA	2,348,483.54						
06.01	MINAS	1,026,884.36						
06.01.01	Tajo	1,092,196.33						
06.01.01.01	MINA CENTRAL	1,092,196.33						
06.01.01.01.01	T-4-AM-YA Tajo Juliana	36,324.50						
06.01.01.01.02	Tajo Maraca	33,887.71						
06.01.01.01.03	T-4-AM-YA Tajo Pedrona	97,342.34						
06.01.01.01.04	T-7-AM-YA Tajo Pedrona	14,287.87						
06.01.01.01.05	Tajo Central	1,134,320.24						
06.01.01.01.06	Tajo Amolita y Maraca	257,558.36						
06.01.02	SOCAVONES	219,119.03						
06.01.02.01	MINA CENTRAL	219,119.03						
06.01.02.01.01	Nv. 330 - Bocanera 337-38 (330) Tajo central	3,737.32						
06.01.02.01.02	Nv. 330 - Bocanera 484-494 (Tajo central)	3,737.32						
06.01.02.01.03	Nv. 330 - Bocanera 323-334 (Tajo central)	3,737.32						
06.01.02.01.04	Nv. 330 - Bocanera 337-5 (Tajo central)	3,737.32						
06.01.02.01.05	Victoria No. 330	12,989.87						
06.02	INSTALACION DE MANEJO DE RESIDUOS	258,286.48						
06.02.01	MINA CENTRAL	258,286.48						
06.02.01.01	Deposito Desmonte Misocota	17,329.30						
06.02.01.02	Deposito Desmonte Juliana	143,977.42						
06.02.01.03	Deposito Desmonte Parana	81,289.33						
06.02.01.04	Deposito Desmonte Pedrona	16,589.17						
06.03	AREAS DE ASISTENCIA DE PROYECTO	76,437.80						
06.03.01	MINA CENTRAL	76,437.80						
06.03.01.01	Centros N° 1	56,211.41						
06.03.01.02	Centros N° 2 (pendiente)	10,226.42						
06	ESTABILIDAD GEOOMBRICA	421,198.71						
06.01	MINAS	246,482.40						
06.01.01	Tajo	253,179.76						
06.01.01.01	MINA CENTRAL	183,791.76						

Tabla 28. Desmontera de la unidad minera Yauricocha Tomado del Departamento de Planeamiento

Esperanza Cobre – Nv 970

Zona	CUERPO	NIVEL	PISO	RESERVAS OPERATIVAS AL 31/12/2017	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total 2018
II	Esperanza Cobre	970	16	4,606										530	1,000	1,000	2,530
II	Esperanza Cobre	970	15	2,428								950	1,000	470			2,420
II	Esperanza Cobre	970	14	1,635						580	1,000	50					1,630
II	RM1 Esperanza Cobre	970	13	427						420							420

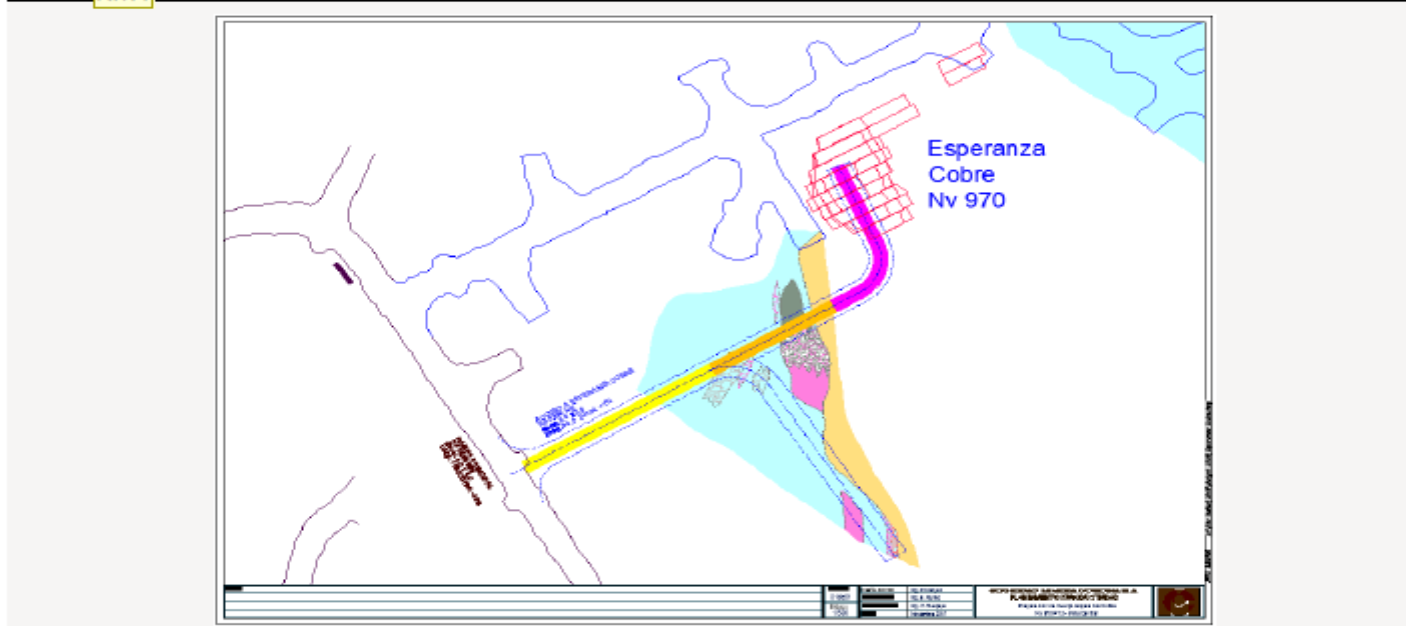


Figura 42. Ciclo de minado del Cuerpo Esperanza de la unidad minera Yauricocha Tomado del Departamento de Planeamiento

Esperanza Distal – Nv 870

Zona	CUERPO	NIVEL	PISO	RESERVAS OPERATIVAS AL 31/12/2017	RESERVAS OPERATIVAS AL 31/12/2017												Total 2018
					Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
II	Esperanza Distal	870	16	526	520												520
II	Esperanza Distal	870	15	150	150												150

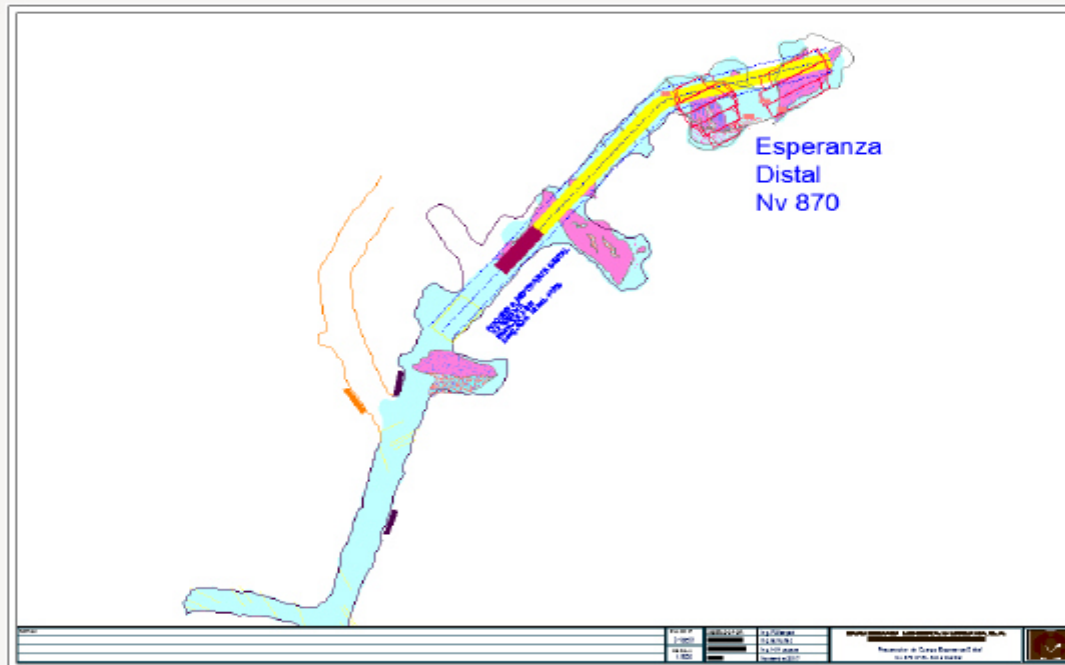
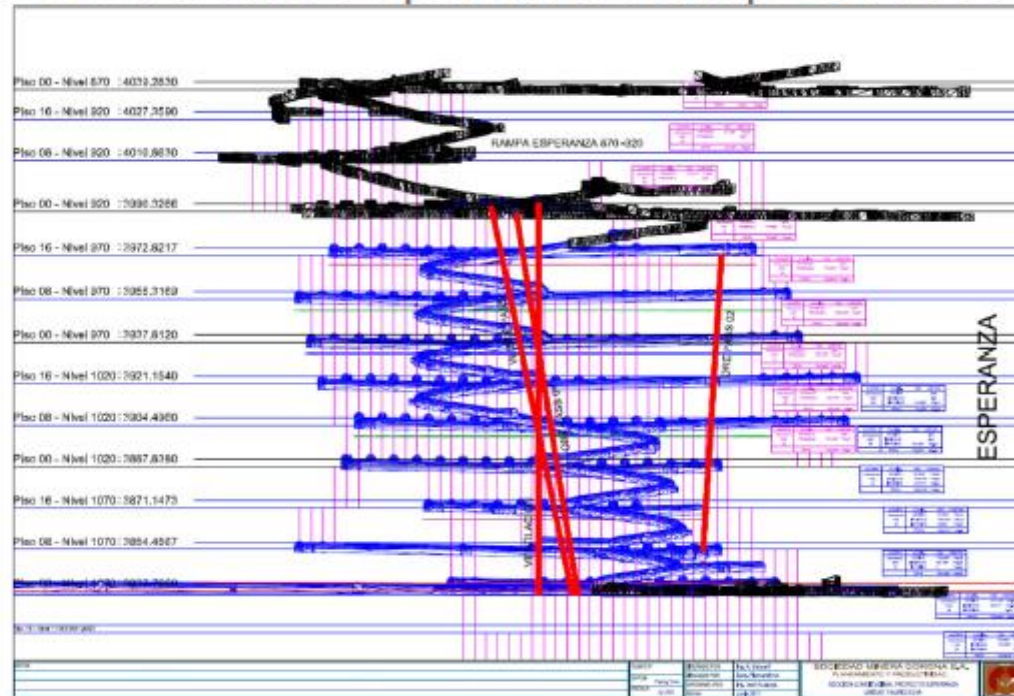


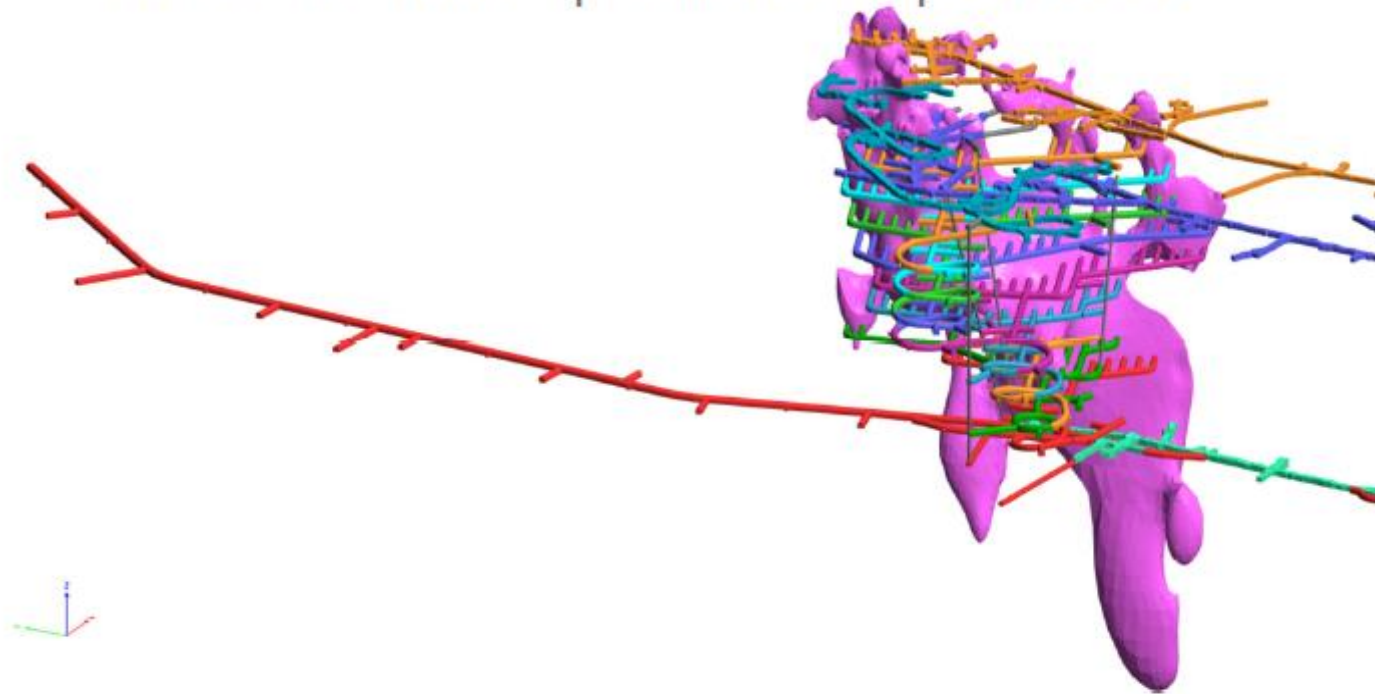
Figura 43. Ciclo de minado del Cuerpo Esperanza distal de la unidad minera Yauricocha Tomado del Departamento de Planeamiento

1070 Level and Esperanza Ramp CX 5000



**Figura 44. Crucero 5000, nivel 1070 en la rampa Esperanza de la unidad minera Yauricocha
Tomado del Departamento de Planeamiento**

1070 Level and Esperanza Ramp CX 5000



*Figura 45. Isométrico crucero 5000, nivel 1070 en la rampa Esperanza de la unidad minera Yauricocha
Tomado del Departamento de Planeamiento*

ANEXO D
EVALUACIÓN ECONÓMICA

Tabla 29. Flujo de caja del plan de producción de la unidad minera Yauricocha, periodo 2019

FLUJO DE CAJA PLAN DE PRODUCCIÓN													
EJECUTADO 2019													
MES	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PRODUCCIÓN (Ton)		94,823	88,936	49,523	54,409	101,028	102,970	106,611	111,258	106,908	104,045	101,151	105,817
INVERSIÓN US \$	26,800,848.68												
INGRESOS US \$		15,155,568.08	12,413,732.94	7,059,024.10	7,282,577.73	13,472,033.13	15,492,896.29	13,872,262.36	18,271,907.91	15,489,850.86	15,569,268.36	14,870,224.68	17,020,741.66
COSTOS US \$		6,519,079.65	6,382,639.55	6,952,358.73	6,476,322.50	6,415,128.57	6,498,602.60	6,503,939.61	6,605,969.93	6,750,948.93	6,796,800.62	6,825,465.42	6,806,768.31
FLUJO CAJA	-26,800,848.68	8,636,488.43	6,031,093.39	106,665.37	806,255.23	7,056,904.56	8,994,293.69	7,368,322.75	11,665,937.97	8,738,901.93	8,772,467.74	8,044,759.26	10,213,973.35

VAN	13,822,546.55
TIR	21%
Tasa Desc.	12%

Tabla 30. Flujo de caja del plan de producción de la unidad minera Yauricocha, periodo 2020

FLUJO DE CAJA PLAN DE PRODUCCIÓN													
PROYECTADO 2020													
MES	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PRODUCCIÓN (Ton)		96,000.00	95,000.00	98,000.00	100,000.00	100,000.00	100,000.00	100,000.00	100,000.00	100,000.00	108,000.00	108,000.00	108,000.00
INVERSIÓN US \$	29,688,000.00												
INGRESOS US \$		15,264,227.31	15,036,491.51	14,860,173.05	15,235,604.69	15,288,823.27	14,583,098.01	15,659,262.22	15,772,221.05	15,795,291.29	16,727,325.40	16,378,122.78	15,694,432.26
COSTOS US \$		6,519,079.65	6,382,639.55	6,952,358.73	6,476,322.50	6,415,128.57	6,498,602.60	6,503,939.61	6,605,969.93	6,750,948.93	6,796,800.62	6,825,465.42	6,806,768.31
FLUJO CAJA	-29,688,000.00	8,745,147.66	8,653,851.96	7,907,814.32	8,759,282.20	8,873,694.70	8,084,495.41	9,155,322.62	9,166,251.11	9,044,342.36	9,930,524.77	9,552,657.36	8,887,663.95

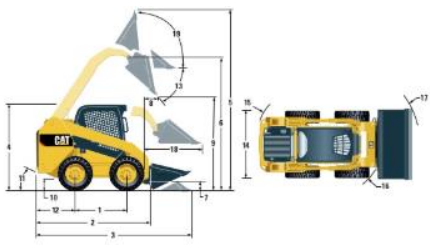
VAN	24,675,047.75
TIR	28%
Tasa Desc.	12%

ANEXO E

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MAQUINARIAS Y EQUIPOS PARA MECANICACION DE TAJO ESPERANZA NIVEL 1020.

**Tabla 42. Especificaciones técnicas de equipos y maquinarias en la unidad minera
Yauricocha**

EQUIPO MINICARGADOR CAT 465	
DATOS	CARACTERISTICAS
Marca	CATERPILLAR
Modelo	HM R01946 246D
Motor	3306B
Potencia	72,6 HP / 54.1 KW
Freno de Parqueo	POSI STOP
Freno de Servicio	DISCOS HÚMED.00OS
Capacidad de Cucharon	975 KG.
Capacidad de Acarreo	1950 KG
Dimensiones	2.08M X 1.68M X 3.49M
Peso de equipo	7.424 LB / 3.368 KG



EQUIPO TRUCKS PLANET ATLAS COPCO MINETRUCK MT2000	
DATOS	CARACTERISTICAS
Marca	EPIROC
Modelo	MT2000
Motor	CUMMINS QSL9C300 – 3E
Potencia	2100 RPM
Freno de Parqueo	POSI STOP
Freno de Servicio	DISCOS HÚMEDOS
Capacidad de Carga	20,000 KG
Dimensiones	2.52M X 2.56M X 9.24M
Peso de equipo	20,500 KG.



EQUIPO SCOOPTRAM R1300 CAT:	
DATOS	CARACTERISTICAS
Marca	CATERPILLAR
Modelo	R1300G
Motor	3306B
Potencia	270 HP BI TURBO
Freno de Parqueo	POSI STOP
Freno de Servicio	DISCOS HÚMEDOS
Capacidad de Cucharon	4.1 YD3
Capacidad de Acarreo	6,800 KG.
Dimensiones	2.12M X 2.22M X 8.71M
Peso de equipo	20950 KG.



EQUIPO JUMBO EL MUKI FF:	
DATOS	CARACTERISTICAS
Marca	RESEMIN
Modelo	C22.1
Motor	DEUTZ BF4L2011, TIER II
Potencia	55,1 KW @ 2300 RPM
Perforadora	MONTABERT HC50 – 130 BAR
Brazo	BOOM 2.1 +45°/-20°
Viga	RE 2500 SERIES -8-10"
Sistema de Control Hidráulico	VALVULA PARKER KA-18 REXROTH A10VO71
B. PERCUCION	PARKER, P315 A19
Sistema Eléctrico	ABB-55KW (75HP)
Dimensiones	2.10M X 1.68M X 6.13M
Peso de equipo	7,380 KG



EQUIPO JUMBO ELECTRO HIDRÁULICO	
DATOS	CARACTERISTICAS
Marca	SANDVIK
Modelo	QUASAR DD210
Motor	DEUTZ BF4FL914
Potencia	95 HP
Freno de Parqueo	DISCOS MÚLTIPLES HÚMEDOS
Transmisión Hidrostática	POSISTOP
Dimensiones	3.10M X 1.60M X 6.35M
Peso de equipo	12000 KG.



EQUIPO ROBOT	
DATOS	CARACTERISTICAS
Marca	NORMET
Modelo	ALPHA 20
Motor Diesel	DEUTZ BF4M1013C
Potencia	109 KW @ 2300 RPM
Bomba de Hormigón	SEMMCO MODELO BS
Rendimiento	18/20 M3 / H
Presión de trabajo	20 M3/H
Dimensiones	2.40 M X 2,20 M X 5,50 M
Peso de equipo	6,500 KG.



EQUIPO MIXER	
DATOS	CARACTERISTICAS
Marca	RHINO
Modelo	RHINO TF4
Motor Diesel	DEUTZ BF4M2012C
Potencia	103 KW A 2.300 R.P.M
Transmisión Hidrostática	RUEDA POCLAIN 4X4 SISTEMA ANTI PATINAJE
Capacidad de Cuba	4M3
Dimensiones	2.10M X 2.15M X 6M
Peso de equipo	15,000KG



Equipo KAWASAKI	
DATOS	CARACTERISTICAS
Marca	KAWASAKI
Modelo	MULE PRO DX
Motor	OHV KAWASAKI
Potencia	613.5 KG/M3 A 2400 RPM.
Freno de Parqueo	MANUAL, POSTERIOR
Freno de Servicio	HIDRÁULICO, DOBLE
Capacidad de Carga	453 KG
Dimensiones	2.10M X 1625 M X 3.385 M
Peso de equipo	650 KG.



EQUIPO P-BUS 20 PERSONNEL CARRIER	
DATOS	CARACTERISTICAS
Marca	RESEMIN
Modelo	P20
Motor Diesel	DEUTZ BF6L914-122KW
Potencia	55,1 KW @ 2300 RPM
Freno de Parqueo	MANUAL, DISCO POSTERIOR
Freno de Servicio	HIDRÁULICO, DISCO DOBLE
Capacidad de Carga	20 PERSONAS
Dimensiones	2.62M X 2.61M X 9.12M
Peso de equipo	8,500 KG.



EQUIPO TELEHANDLER MERLO	
DATOS	CARACTERISTICAS
Marca	MERLO
Modelo	38.16
Motor	DEUTZ C/TURBO(E3)
Potencia	85 HP
Freno de Parqueo	HIDROSTÁTICO, MANUAL
Capacidad de Carga	3,800 KG
Dimensiones	2.24M X 2.44M X 5.24M
Peso de equipo	6,480 KG

