UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y METALURGIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

TESIS:

"APLICACIÓN DEL MÉTODO CORTE Y RELLENO ASCENDENTE CON LA VARIANTE ZIGZAG PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA MINA COTURCAN COMPAÑÍA MINERA LINCUNA S.A. - 2021

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PRESENTADO POR:

Bach. SALINAS TÁMARA, Nell Arthur

ASESOR:

Dr. CASTILLEJO MELGAREJO, Ricardo Cayo

HUARAZ - PERÚ

2022

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis, a Dios por el don de la vida y a mi Familia por ser mi apoyo incondicional con quienes estaré agradecido eternamente.

Nell Arthur

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

AGRADECIMIENTO

A dios por permitirme realizar una profesión; a mi familia por ser el apoyo incondicional; a mi Facultad de Ingeniería de Minas Geología y Metalurgia e Ingenieros quienes me alojaron en sus aulas y compartieron sus conocimientos orientándonos en este particular mundo de la Minería, así mismo a los Ingenieros Abel Marcelo Lavado y Milton Carrión Casilla quienes me brindaron su apoyo en mi desarrollo profesional.

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

RESUMEN

El presente trajo de investigación tiene por objetivo general el de incrementar la productividad en la Mina Coturcan, mediante la aplicación del método corte y relleno ascendente con la variante zigzag en la Compañía Minera Lincuna S.A. Se justifica porque con la aplicación del corte y relleno ascendente con la variante zigzag se incrementara la productividad. la metodología empleada en general en toda la tesis fue la del método científico. Los resultados más importante fue que al realizar el proceso de análisis de costos se pudo mostrar que este método es más caro en su explotación 15.11 $/TM, esto debido a que buena parte del mineral producido es mediante frentes de avance, por lo cual su impacto en el costo hace que el método encarezca, por otro lado el costo de preparación se ve reducido 14.30 $/TM esto debido a dos factores: La primera es que este método no requiere brazos basculantes (batido de acceso) y segundo la preparación de la rampa sobre veta es realizado en mineral, por lo cual este desde su primer disparo ya va aportando mineral a la producción, se tuvo un incremento en su producción anual de 54,029 TM, esto debido al incremento de tajos con la variante Zigzag y la aplicación de la nueva variante es altamente productiva teniendo un incremento de más del 100% de producción mensual por cada tajo, incrementando de 2,055 TM/mes a 4,406 TM/mes. La conclusión más importante es que con la aplicación del método corte y relleno ascendente con la variante Zigzag incremento la productividad de la Mina Coturcan, dando un aporte anual de 512,993 TM/anuales con un incremento de 54,029 TM.

Palabras claves: Aplicación, método corte y relleno ascendente con la variante Zigzag, incrementar, productividad, mina Coturcan, Compañía Minera Lincuna S.A., 2021.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

ABSTRACT

The present research project has the general objective of increasing productivity in the Coturcan Mine, through the application of the ascending cut-and-fill method with the zigzag variant in the Lincuna S.A. Mining Company. It is justified because with the application of ascending cut and fill with the zigzag variant, productivity will be increased. The methodology used in general throughout the thesis was that of the scientific method. The most important results were that when carrying out the cost analysis process it was possible to show that this method is more expensive in its exploitation 15.11 $/MT, this is due to the fact that a good part of the ore produced is through advance fronts, for which its The impact on the cost makes the method more expensive. On the other hand, the preparation cost is reduced by $14.30/MT due to two factors: The first is that this method does not require tilting arms (access churning) and second, the preparation of the ramp on vein is made of ore, for which this from its first shot is already contributing mineral to production, there was an increase in its annual production of 54,029 MT, this due to the increase in pits with the Zigzag variant and the application of the new variant is highly productive, having an increase of more than 100% in monthly production for each pit, increasing from 2,055 MT/month to 4,406 MT/month. The most important conclusion is that with the application of the ascending cut-and-fill method with the Zigzag variant, the productivity of the Coturcan Mine increased, giving an annual contribution of 512,993 MT/year with an increase of 54,029 MT.

Keywords: Application, ascending cut-and-fill method with the Zigzag variant, increase, productivity, Coturcan mine, Compañía Minera Lincuna S.A., 2021.

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA ii

AGRADECIMIENTO iii

RESUMEN iv

ÍNDICE DE FIGURAS x

ÍNDICE DE TABLAS xii

INTRODUCCIÓN xiii

CAPITULO I 1

GENERALIDADES 1

1.1. Entorno Físico 1

1.1.1. Ubicación y acceso 1

1.1.2. Topografía 3

1.1.3. Clima y vegetación 5

1.1.4. Geomorfología 6

1.1.5. Antecedentes Históricos 6

1.2. Entorno Geológico 7

1.2.1. Geología regional 7

1.2.2. Geología local 9

1.2.3. Geología estructural 11

1.2.4. Geología económica 12

CAPITULO II 16

FUNDAMENTACIÓN 16

2.1. Marco Teórico 16

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

2.1. Antecedentes de la investigación 16

2.2. Definición de Términos 22

2.3. Fundamentación teórica 26

2.3.1. Métodos de Explotación Minera Subterránea 26

2.3.2. Clasificación de Explotación Minera Subterránea 26

2.3.3. Secuencia de minado – corte y relleno ascendente 28

2.3.4. Cálculo de la dilución 33

CAPITULO III 35

METODOLOGÍA 35

3.1. El Problema 35

3.1.1. Descripción de la realidad problemática 35

3.1.2. Identificación y Selección del problema 37

3.1.3. Planteamiento y Formulación del Problema 38

3.1.3.1. Formulación del problema General 38

3.1.3.2. Formulación de problemas específicos 38

3.1.4. Objetivos de la investigación 39

3.1.4.1. Objetivo General 39

3.1.4.2. Objetivos Específicos 39

3.1.5. Justificación e importancia 40

3.1.6. Alcances 40

3.1.7. Delimitación de la Investigación 40

3.1.8. Limitación de la Investigación 41

3.2. Hipótesis 41

3.3. Variables 42

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3.3.1. Operacionalización de variables 42

3.4. zDiseño de la investigación 43

3.4.1. Tipo de investigación 43

3.4.2. Nivel de la investigación 43

3.4.3. Diseño de investigación 43

3.4.4. Población y muestra 43

3.4.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 44

CAPI TULO IV 47

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN 47

4.1. Descripción de la realidad y procesamiento de datos 47

4.2. Parámetros geométricos de diseño para la ejecución de la rampa sobre veta del método corte y relleno ascendente con la variante zigzag en la mina Coturcan 47

4.2.1. Determinación de parámetros geométricos para diseños de Rampas sobre vetas. 59

4.2.2. Corte y Relleno ascendente con la variante ZigZag 65

4.3. Incremento de la producción mensual en la mina Coturcan 68

4.4. Indicadores de Productividad en la mina Coturcan 71

4.5. Costo de minado en la mina Coturcan 73

4.6. Análisis e interpretación de la Información 73

4.7. Discusión de Resultados 76

4.8. Aporte del tesista 77

CONCLUSIONES. 78

RECOMENDACIONES 80

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 81

ANEXOS 83

ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIAS 84

ANEXO N° 02: VISTA DE LOS LA ZONA A APLICAR EL MÉTODO. 85

ANEXO N° 03: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO DE PERFORACIÓN DE TALADROS LARGOS DL-210 SANDVIK. 86

ANEXO N° 04: ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO DE LIMPIEZA SCOOPTRAM CAT R1300 4.2 YD3 87

ANEXO N° 05: FORMATO DE REPORTE DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN Y LIMPIEZA 88

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la mina Coturcan. 2

Figura 2. Plano geológico regional. 8

Figura 3. Plano geológico local. 10

Figura 4. Plano Estructural. 11

Figura 5. Minado Horizontal 19

Figura 6. Minado Inclinado 20

Figura 7. Minado en forma de escalera 21

Figura 8. Corte y relleno ascendente – Configuración clásica. 29

Figura 9. Corte y relleno ascendente – Vista general. 30

Figura 10. Corte y relleno ascendente – Configuración clásica, corte I. 30

Figura 11. Corte y relleno ascendente – Configuración clásica, corte IV. 31

Figura 12. Corte y relleno ascendente – Configuración optimizada. 31

Figura 13. Corte y relleno ascendente – Configuración optimizada vista general. 32

Figura 14. Corte y relleno ascendente – Configuración optimizada, corte II. 32

Figura 15. Corte y relleno ascendente – Configuración optimizada, corte IV. 33

Figura 16. Método de minado Cámaras y Pilares. 49

Figura 17. Distribución de cámaras y pilares. 50

Figura 18. Distribución del crucero y del By pass. 50

Figura 19. Proceso de explotación. 50

Figura 20. Método de minado Con Taladros Largos – Mina Coturcan. 52

Figura 21. Método de minado Sublevel Stoping Diamante 55

Figura 22. Método de minado Sublevel Stoping Diamante 55

Figura 23. Esquema de Rampa ZIGZAG. 58

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 24. Diseño de Minado Corte y Relleno ascendente con la variante ZIGZAG... 58

Figura 25. Traza esquemática para el cálculo del ángulo de rampa en veta. 60

Figura 26. Evaluación de dirección de rampa en veta. 62

Figura 27. Estándar de labor típica de 3.8x3.5 para tránsito de sccoptram 6.0 yd3..... 64

Figura 28. Corte y Relleno ascendente con la variante ZigZag – dimensionamiento del tajo 65

Figura 29. Diseño con la variante ZigZag 65

Figura 30. Minado del Tj 0560 Nv 6 –veta Coturcan..... 66

Figura 31. Secuencia de Minado en realce – Método de Minado corte y relleno ascendente..... 67

Figura 32. Secuencia de Minado en realce – Método de Minado corte y relleno ascendente..... 67

Figura 33. Curva de Rendimiento (TM/HR) SCOOPTRAM 6Yd3 72

Figura 34. Esquema de los métodos de explotación Corte y Relleno ascendente con la variante ZigZag y Corte y relleno ascendente. 74

Figura 35. Vista en perfil – Minado con la variante Zigzag (rampa sobre veta)..... 75

Figura 36. Vista en perfil – Minado Corte y Relleno Ascendente (batido de acceso) .. 75

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Itinerario de Accesibilidad a la Unidad Minera Coturcan. 2

Tabla 2. Resumen de Recursos a octubre del 2020 15

Tabla 3. Calcificación y comparación general de los métodos. 28

Tabla 4. Operacionalización de variables. 42

Tabla 5. Clasificación de métodos de explotación CIA Minera Lincuna S.A. 48

Tabla 6. comparativo de ángulos para diferentes buzamientos. 61

Tabla 7. Clasificación anterior del método de explotación en vetas en la mina Coturcan. 63

Tabla 8. Nueva clasificación del método de explotación en vetas en la mina Coturcan. 63

Tabla 9. Producción mensual en la mina Coturcan. 68

Tabla 10. Numero de tajos en producción mensual en la mina Coturcan 69

Tabla 11. Diferencia de producción antes y después de aplicar el método Corte y Relleno ascendente con la variante ZigZag. 70

Tabla 12. Cuadro de indicadores de Productividad Corte y Relleno ascendente con las variantes Realce con pilares y ZigZag. 71

Tabla 13. Costos de acuerdo al método de explotación Corte y relleno ascendente y Corte y Relleno ascendente con la variante ZigZag. 73

Tabla 14. Nueva clasificación del método de explotación en vetas en la mina Coturcan. 74

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se elaboró en la Compañía Minera Lincuna S.A. en específico en una de sus unidades de operaciones (Mina Coturcan), la cual es la mina que representa un 50% de su producción Anual, con la finalidad de realizar un análisis de los métodos de explotación vigentes y la evaluación de oportunidades de mejora con lo cual se podría incrementar la productividad de los tajos con un enfoque integral, rentable y sobre todo seguro, por lo cual la presente investigación resumirá el proceso y detalle de ingeniera de la nueva variante en los siguientes capítulos:

CAPÍTULO I: GENERALIDADES, en la que se describe algunas características de la mina Coturcan, tales como el entorno físico y el entorno geológico para lograr una visión macro de la Compañía Minera Lincuna S.A.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN, en este capítulo detallaremos los antecedentes con los cuales apoyaremos la investigación, así como la definición de términos a usar y finalmente sentar las bases de la fundamentación teórica del presente trabajo de Tesis

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA, en este capítulo detallaremos el Problema, los objetivos, justificaciones, alcances, el planteamiento de hipótesis y la declaración de variables, también se detalla la metodología seguida para realizar la tesis, tales como el tipo y nivel de investigación, el diseño la población y la muestra, detallando las técnicas de investigación.

CAPÍTULO I: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN, en este capítulo se expondrá los resultados de la presente Tesis con el cual realizaremos la interpretación de los resultados dando por acertada la propuesta de la variante.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Finalmente se presentará las conclusiones con respecto a los objetivos planteados, recomendaciones, así como el listado de referencias y anexos usados para un mejor concepto de la idea planteada en esta Tesis.

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. Entorno Físico

1.1.1. Ubicación y acceso

La Compañía Minera Lincuna S.A., se ubica en el Distrito de Aija, Provincia de Aija, Departamento de Ancash. La zona de estudio, tiene la siguiente ubicación:

- Distritos : Tica pampa y Aija
- Provincias : Recuay, Aija
- Departamento : Ancash

El campamento de la mina Coturcan tiene las siguientes coordenadas:

Coordenadas Geográficas:

- Longitud Oeste : 77° 33´
- Latitud Sur : 90° 46
- Altitud : 4,160 m

Coordenadas UTM:

- Este: 219565
- Norte: 8919502

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

- Altitud : 4,160 m. (Compañía Minera Lincuna S.A.C., 2021).

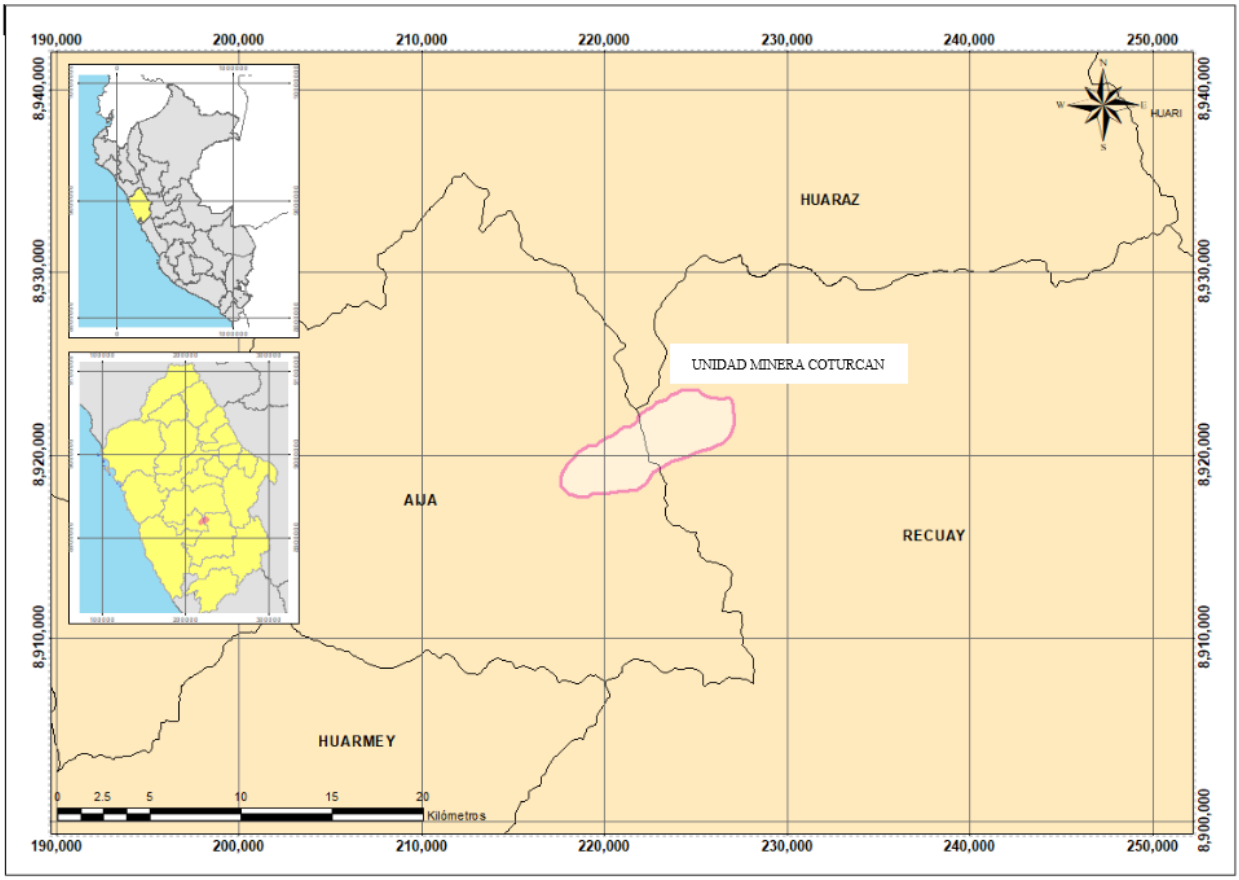
Accesibilidad.

Tabla 1. Itinerario de Accesibilidad a la Unidad Minera Coturcan.

TRAMO	TRAMO	DISTANCIA (Km)	TIEMPO (Hr)	TIPO DE VIA
RUTA 01	Lima – Pativilca - Recuay	380	5.5	Asfaltada
	Recuay - Campamento Coturcan	30	1	Afirmada
	TOTAL 01	410	6.5	
RUTA 02	Lima - Huarmey	287	4.2	Asfaltada
	Huarmey - Huamba	40	1.0	Asfaltada
	Huamba - Campamento Coturcan	54	2.5	Afirmada
	TOTAL 02	381	7.7	

Fuente: Plan Anual 2021, Compañía Minera Lincuna S.A.C.

Figura 1. Ubicación de la mina Coturcan.



Fuente: Plan Anual 2021, Compañía Minera Lincuna S.A.C.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

1.1.2. Topografía

Se encuentran sobre los terrenos de la Cordillera Negra. En la parte sur de la Región Ancash en el ramal occidental de la Cordillera de los Andes se encuentra constituida por dos subramales, los cuales son: la Cordillera Blanca al lado oriental y la Cordillera Negra en la parte occidental, divididas por el valle del río Santa o Callejón de Huaylas. Los subramales oriental y occidental del sector Centro-Norte de la Cordillera Occidental de los Andes corren paralelos en dirección Sudeste – Noroeste. La Cordillera Negra es llamada así porque las elevaciones que los constituyen no están cubiertas de nieve. La zona de la Cordillera Negra en la cual se encuentran las concesiones mineras que se estudian, tienen una altura en la parte contigua a la Mina Hércules de 4,000 msnm y las cúspides tienen una altura de 4,770 msnm, donde se sitúan UEA Huancapeti y cercanamente la planta de tratamiento metalúrgico. El área de la producción minera y metalúrgica de la UEA Huancapeti, se ubican en las áreas de las cúspides de la Cordillera Negra, donde los terrenos presentan formaciones superficiales abruptas y onduladas para dar lugar a pampas algo inclinadas sobre las que se conforman lagunas. Las cúspides intermedias son constituidas por batolitos ígneos que conforman unas geomorfologías estructurales características. Las descripciones de las características geomorfológicas pueden ser las siguientes:

- Meseta Alto Andina
- Cañón de Erosión
- Valles de Erosión

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

La Meseta Alto Andina se encuentra identificada por pampas de gradientes pronunciadas en partes, en las cuales se tienen lagunas cuyas aguas drenan hacia la vertiente occidental sobre los ríos que desembocan en el Océano Pacífico y otros ríos que drenan hacia la vertiente oriental para ser tributarios del río Santa, que también drena al Pacífico, por el lado norte. La meseta alto andina se ubicaría entre los 4,500 y 4,700 msnm. Los Cañones de Erosión está constituidas por valles estrechos y pequeños que bajan hacia las vertientes oriental y occidental de la Cordillera Negra y que dan lugar al drenaje de aguas de la meseta alto andina y se ubican entre los niveles de 4, 000 y 4, 500 msnm.

Más abajo entre los 3,600 y los 4,000 msnm se encuentran las unidades geomorfológicas denominadas Valles de Erosión, que dan inicio a los valles algo empinados de las cabeceras de los valles de la costa y los valles laterales del río Santa en la parte oriental.

Los yacimientos del proyecto se ubican entre las unidades fisiográficas Meseta Alto Andina y el Cañón de Erosión, entre las alturas de 4,000 y 4,700 msnm. Los yacimientos de las operaciones mineras Hércules y Coturcan se encuentran en la vertiente occidental de la Cordillera Negra en las zonas iniciales del Cañón de Erosión. Los yacimientos de las operaciones mineras Lincuna se encuentran en la franja más alta de la Cordillera Negra en partes de la Meseta Alto Andina. La actual planta de tratamiento metalúrgico de Lincuna en reconformación se encuentra en la unidad fisiográfica Meseta Alto Andina de la Cordillera Negra, a una altura de 4,500 msnm. (Compañía Minera Lincuna S.A.C., 2021).

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

1.1.3. Clima y vegetación

- **Flora. -** Esta zona por su ubicación geográfica y su Piso Altitudinal; Puna Tropical. En altitudes cercanas a los 3500 m.s.n.m, la vegetación se caracteriza por la presencia de arbustos y gramíneas tales como: Quisuar, Retama, Cactus, Hauman pinta, ancosh, etc, gran cantidad de pastizales alto andinos, entre los cuales tenemos a: Ichu, Poá, Calamagrostis; Vicugnarum, etc, también se han podido encontrar en estos ecosistemas otras especies vegetales como: Opuntia Iloccosa, Ageratina azangaroenzis, Aciachnepulvinata, Bomarea dulcis y no existen Áreas Naturales Protegidas o Especies vegetales raras, amenazadas o en peligro: D.S. N° 043-2006-AG. Vulnerable: Perezia Coerulescens "Contrahierba, Valeriana" Gentianella Thyrsoidea "Japallan Shacu", siete sabios; así como variedades de hierbas 6 medicinales. Abundan áreas verdes, las que se presentan alrededor de la zona minera.

- **Fauna**. - El área circundante a esta actividad minera, presenta variedades de fauna, así como ovino, vacuno y porcino. Se menciona también la crianza de animales menores como: el cuye, gallinas, conejos. Las fuentes de agua de tamaño mediano como lagunas se encuentran aves como: Anas versicolor puna "pato de la puna", Chloephaga melonoptera "huallata, huachua", Calidris melanoto "playero pectoral", Larus serranus "gaviota andina", pero en un número reducido, también se encuentran insectos acuáticos y renacuajos. (Compañía Minera Lincuna S.A.C., 2021).

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

1.1.4. Geomorfología

La geomorfología del área del proyecto presentará alteraciones locales por las aperturas de las operaciones mineras y los relaves de la planta de tratamiento, las cuales modificarán las fisiografías superficiales por las acumulaciones de desmontes resultantes de los trabajos mineros y el almacenamiento de relaves. (Compañía Minera Lincuna S.A.C., 2021).

1.1.5. Antecedentes Históricos

La primera actividad minera documentada en la Unidad Minera Lincuna se remonta en los años 1860, los mineros de origen portugués, polaco, inglés y francés permitieron dar inicio al desarrollo minero de explotación y exploración. La zona tiene tradición minera de más de 130 años y es conocido por su contenido metálico de Zn-Ag-Pb-Cu y Au, los primeros mineros de la zona empezaron a trabajar en 1920 la zona de San Salvador, Collaracra (superficial), La Florida, Olga, Improvisada, Tuctu, Carán, Panizo, etc. 1860, Adquisición de la Mina Santa Rosa por los ingenieros Sololosky y Thierry.

1880, Fundación de "The Anglo Frech Ticapampa Silver Mining Company Ltd., primera empresa minera-metalúrgica en el Perú, con la operación de La Mina Collaracra en una veta argentífera de 1500m de longitud y desarrollo hasta el nivel 3,850, en 1967, Fundación de la Compañía Minera Alianza, que trabajó algunas de las concesiones mineras ubicadas en los alrededores de Collaracra en la Cordillera Negra del Departamento de Ancash; explotó los cuerpos mineralizados de Hércules y Coturcán de 2 a 4m de potencia por medio de una minería subterránea sin rieles o trackless, a un ritmo de producción de 1,000 toneladas diarias.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

A fines de 1984 hubo cambios en el Directorio de Alianza; la caída de los precios de metales en el mercado internacional afectó a esta compañía; por consiguiente, la explotación se restringió a la veta Coturcán.

En 1996, Minera Alianza cerró sus operaciones mineras. En ese año se formó la Compañía Minera Yahuarcocha S.A., la que se adjudicó judicialmente las propiedades de Minera Alianza. A partir del agosto de 2016, inicia sus operaciones la Compañía Minera Lincuna S.A. catalogado como mediana minería, continuando en esta primera etapa con la misma producción de Huancapeti, Llegando en este 2021 a una producción diaria de 3000 TMD. (Compañía Minera Lincuna S.A.C., 2021).

1.2. Entorno Geológico

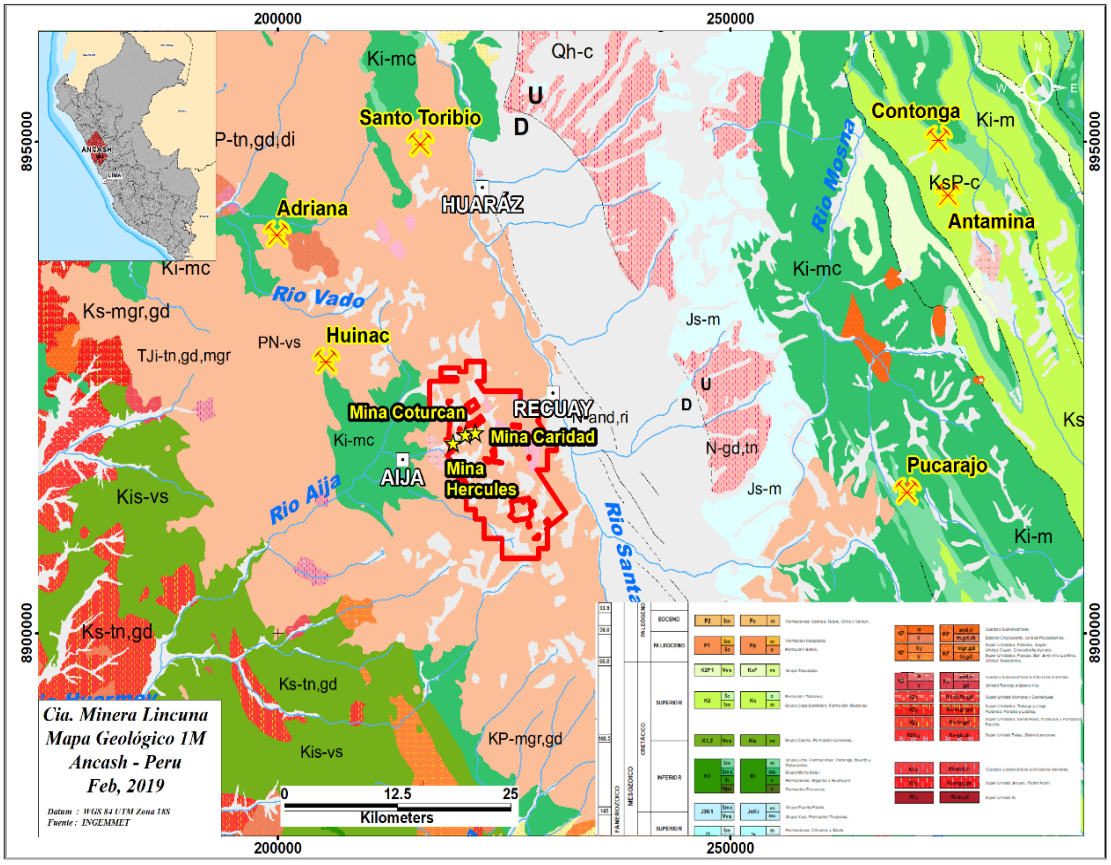
1.2.1. Geología regional

Las Rocas de mayor antigüedad afloran en la parte oriental de la Región Ancash (rocas metamórficas del complejo Marañón). El Mesozoico se expone mediante una potente secuencia sedimentaria relacionadas a la formación Chicama, el Cretácico superior está representado en la parte oriental y central por rocas del Grupo Goyllarisquizga y en la parte occidental una secuencia de origen marino (Grupo Casma). El Cenozoico presenta rocas volcánicas de origen continental (Grupo Calipuy). Las rocas intrusivas pertenecen a los Batolitos de la Costa y de la Cordillera Blanca que van desde el cretácico superior al Paleógeno. La Cordillera Negra forma parte de la cordillera Occidental, tiene un rumbo noroeste y una longitud de aproximadamente 221Km, en ella afloran rocas volcánicas del Grupo Calipuy de edad Terciario Inferior-Medio, que descansa en discordancia angular sobre rocas

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

sedimentarias plegadas y falladas del Cretácico Inferior-Medio y la unidad más antigua corresponde a una secuencia compuesta por rocas piroclásticas y brechas volcánicas de la Formación Oyotun (Romero y Quispe, 2008). Estas unidades litológicas fueron intruidas por stocks de composición intermedia durante el Terciario. Las fallas regionales tienen una orientación NO-SE (rumbo andino) y son cortadas por fallas trasversales (NE-SO). Las estructuras subvocánicas tipo caldera son muy comunes (la de mayor importancia estructura Aija-Ticapampa), especialmente en la Cordillera Negra. Estas estructuras son kilométricas y albergan diversos tipos de depósitos ver siguiente Figura. (Geotec Consulting S.A.C. 2019).

Figura 2. Plano geológico regional.



Fuente: Reporte técnico Geotec Consulting S.A.C. 2019.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

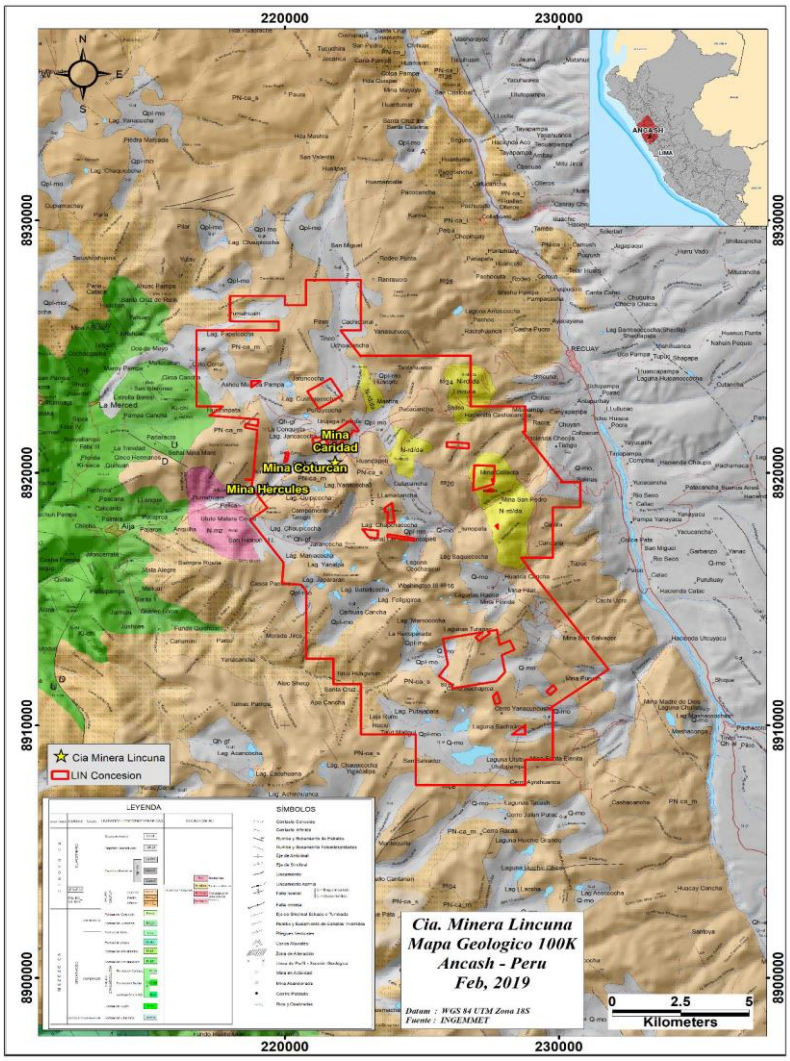
1.2.2. Geología local

La Unidad Minera Lincuna se ubica en la Cordillera Negra y está conformada por unidades que abarcan desde el Jurásico al Neógeno. La formación Chicama de edad Jurásico superior, aflora en las cercanías del poblado de Aija y la Merced, se caracteriza por presentar secuencias de areniscas con intercalaciones de lutitas oscuras y nódulos con núcleos piritosos. Supra yaciendo en discordancia subparalela se encuentran unidades del Grupo Goyllarisquizga de edad Cretáceo inferior: La Formación Chimú conformada por areniscas cuarzosas; encima las Formaciones Santa y Carhuaz indiviso con secuencias de lutitas, calizas y areniscas. Cubriendo a las series mesozoicas, afloran rocas volcánicas del Grupo Calipuy de edad Terciario inferior a medio; que consisten de lavas, aglomerados volcánicos, piroclásticos finos a gruesos, de composición andesítica a riolítica, niveles de rocas sedimentarias lacustrinas e intrusivos subvolcánicos con textura porfirítica de composición intermedio-ácidas (cobbing 1981). La Unidad Minera se encuentra ubicada geológicamente en el arco magmático del Grupo Calipuy que presenta una dirección NO-SE y supuestamente la actividad volcánica ha migrado en él en dirección hacia el Este (Chávez et al., 2010). Originalmente el Grupo Calipuy ha sido dividido en dos unidades superpuestas: Inferior y Superior (Wilson et al., 1995; Cobbing et al., 1996). La edad de emplazamiento de estos volcánicos va desde el Eoceno Superior al Mioceno Inferior (Farrar y Noble, 1976; Rivera et al., 2005; Navarro et al., 2009; Navarro et al., 2010). Las áreas prospectivas se circunscriben al borde oriental de la estructura circular y están emplazadas en tobas e intrusivos subvolcánicos con textura porfirítica de composición intermedio- ácidas, con

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

fuerte alteración propilítica, cuarzo-sericita débil a moderada y silicificación con diseminaciones de pirita, las cuales están afectadas por venillas de cuarzo y óxidos de fierro. El sistema regional de las Fallas Santa y Cordillera Blanca y sus componentes de cizalla han jugado un rol importante en el comportamiento morfo-estructural y metalogenético del área de interés. Cubriendo los volcánicos se encuentran depósitos cuaternarios (coluviales, eluviales, glaciares, fluvioglaciares) que se encuentran rellenando quebradas, pequeñas depresiones, laderas y antiguos circos glaciares. (Geotec Consulting S.A.C. 2019).

Figura 3. Plano geológico local.



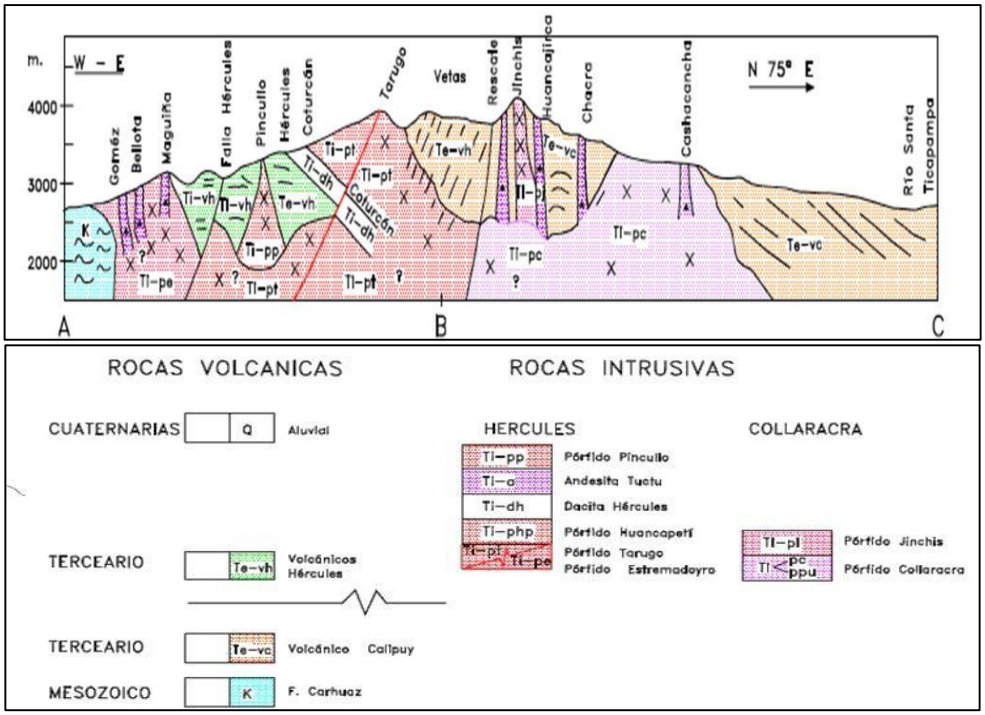
Fuente: Reporte técnico Geotec Consulting S.A.C. 2019.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

1.2.3. Geología estructural

El juego estructural del Distrito Minero Aija-Ticapampa en la Cordillera Negra, corresponden a componentes del Sistema Falla Santa de orientación N120° originados durante la tectónica del Ciclo Andino, las que controlan el emplazamiento de intrusivos, brechas hidrotermales y la formación de vetas, mantos y cuerpos mineralizados. El sistema de fracturamiento con orientación N30° a 40°W y buzamiento 30° a 40°NE controlan las vetas, mantos y cuerpos del sistema Hércules - Coturcán, siendo estas componentes secundarias del sistema Falla Santa. Los fracturamientos tensionales de orientación N45°E a E-W controlan la mineralización del sistema Huancapetí-Alsacia-Cuncush, Tarugo, Nebraska, Collaracra, La Florida, La Negra. Llacsha, Olga y San Salvador. (Geotec Consulting S.A.C. 2019).

Figura 4. Plano Estructural.



Fuente: Reporte técnico Geotec Consulting S.A.C. 2019.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

1.2.4. Geología económica

La mineralización es de origen hidrotermal y de tipo de rellenos de fracturas con geometría en vetas, mantos y cuerpos de brechas pipe hidrotermales, los principales minerales de mena son: Galena argentífera, Esfalerita, Calcopirita, Jamesonita, Tetraedrita.

- Vetas argentíferas en Collaracra.
- Vetas, mantos y cuerpos polimetálicos de Ag-Zn -Pb-Cu-Au en Hércules, Coturcán, San Germán, Huancapetí, Alsacia, Tarugo, Nebraska, Florida, La Negra, Olga, San Salvador.
- Cuerpos de brechas pipe hidrotermales como: Diez Hermanos, Gioconda, Rescate, Jinchis, Dos Obreros y otros de Cu-Au y metales bases.

Los controles de la mineralización definidos por el staff de Geología de Minera Lincuna se describe a continuación:

a. **Controles Litológicos. -** Las vetas Collaracra, Huancapeti, Tarugo, Hurán, Jinchis, mineralizan bien cuando están en el pórfido. En los volcánicos Hércules los clavos de mineral son más anchos como puede observarse en las vetas Manto 2, Manto 1, Hércules B.

b. **Controles Estructurales. -** Los contactos de la Dacita Hércules con los Volcánicos Hércules o el Pórfido Tarugo son favorables para la mineralización de las vetas Hércules A y Coturcán. Las fallas transversales son favorables como la Falla Hércules en la mina del

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

mismo nombre, la falla (veta) Tarugo con la veta Coturcán, la veta Huancapeti con la falla Infiernillo. Uniones, ramales, proximidad de veta son favorables como en las vetas Hércules. Las uniones verticales son limitadas por la profundización de la estructura.

c. **Control Mineralógico. -** No hay mucha influencia. Arsenopirita y turmalina son favorables en Hércules y Coturcán, en Huancapeti y Collaracra la presencia de arsenopirita.

A continuación, se describe las principales Vetas en Producción.

- Veta Hércules. Tiene un rumbo promedio de N10°-30°W con buzamiento entre 30° y 55°NE, el ancho de la veta varía entre 1.50 y 4.00m., se emplaza entre las tobas dacíticas al piso y las andesitas al techo, esta estructura ha sido desplazada unos 30 a 50m al Este por la Falla Hércules. La veta ha sido reconocida en una distancia de 1.2km a lo largo del rumbo y 350m en profundidad. La mineralización es uniforme en toda su longitud y desarrolla bolzonadas o cuerpos en las intersecciones con la Falla de sentido NE-SO. Hacia el sur la Veta Hércules debe formar bolzonadas en las intersecciones con las vetas Tarugo y Coturcán. En profundidad la Veta Hércules se junta con la Veta Manto generando cuerpos mineralizados con anchos que llegan hasta 25m.

- La Veta Manto. Es un ramal de la Veta Hércules, forma un sigmoide y se desarrolla al piso de la veta Hércules. Presenta un rumbo de N10°-20°E con buzamiento de 30° a 35°NE. La estructura ha sido reconocida a lo largo de 1.4km de longitud, y en una profundidad de 250m. La

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

mineralización se presenta en clavos aislados de 50 a 170m de longitud y ofrece buenas posibilidades de mineralización en profundidad.

- Veta Coturcan. Aflora en una longitud de 2km, con rumbo promedio N10°W y buzamiento 30°E. Esta estructura se encuentra emplazada entre la toba dacítica al techo y las andesitas y pórfido Tarugo al piso, es concordante a la pseudo- estratificación volcánica. La Veta Coturcán se está explorando con labores subterráneas a lo largo de 1.2km. El mejor clavo de mineral está próximo a la Falla Hércules, tiene una longitud aproximada de 0.5km. Hacia el sur la Veta Coturcán presenta tres clavos de mineral de 200m, 150m y 100m de longitud respectivamente.

- La Veta Huancapetí. Forma parte del Sistema Tarugo que es transversal al Sistema Hércules-Coturcán. La estructura tiene una longitud de 3km con rumbo N40°E y buzamiento 80°NW, los anchos de la veta varían de 0.70 a 3.00 m. al sur de la mina Caridad (Cumbre), se intercepta con las vetas San German, Veta Carpa y otros ramales, originando en superficie una zona silicificada con vetillas de turmalina, cuarzo y mineralización de galena-pirita.

- La Veta Tarugo en superficie tiene un afloramiento proyectado de 4.5km con rumbo E-W entre la Veta Coturcán y la Falla Caridad, y rumbo N45°E entre la Falla Caridad y la Falla Jinchis; el buzamiento varía 75° a 85°N. Hacia el Este la Veta Tarugo se bifurca dando origen a las vetas Nebraska, Julia y otros ramales. La Veta Tarugo está

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

emplazada en el denominado Pórfido Tarugo hacia el oeste y los volcánicos Calipuy hacia el Este. (Geotec Consulting S.A.C. 2019).

Recursos y Reservas:

Dentro del inventario de recursos sustentado parta octubre del 2020 se geología entrego 11.2M de toneladas con posibilidad a ser minadas.

Tabla 2. Resumen de Recursos a octubre del 2020

Recursos Oct - 2020

ZONA 2	CATEGORIA	Valores Recursos TM	Pot(m)	Ag oz/TM(r)	Pb%(r)	Zn%(r)	Cu%(r)	As(r)	VPT $/TM(r)
CARIDAD	MEDIDO	672,408	2.29	4.48	1.75	2.35	0.03	2.28	116.87
	INDICADO	645,833	2.05	4.54	1.67	2.44	0.03	1.81	117.51
	INFERIDO	448,149	1.72	4.38	1.15	2.16	0.02	1.03	105.00
Total CARIDAD		**1,766,390**	**2.05**	**4.48**	**1.57**	**2.34**	**0.03**	**1.79**	**114.09**
COTURCAN	MEDIDO	817,906	4.39	2.89	1.78	1.93	0.03	1.96	88.37
	INDICADO	1,365,131	5.86	2.71	1.68	1.91	0.04	1.88	84.06
	INFERIDO	1,688,145	3.43	1.97	1.87	2.07	0.03	1.73	76.70
Total COTURCAN		**3,871,181**	**4.49**	**2.43**	**1.78**	**1.98**	**0.03**	**1.83**	**81.76**
HERCULES	MEDIDO	2,025,331	6.23	2.34	1.63	2.12	0.06	1.82	79.51
	INDICADO	1,619,538	3.82	2.50	1.31	1.99	0.05	1.76	76.45
	INFERIDO	1,917,490	2.44	2.37	1.20	2.06	0.04	1.21	73.40
Total HERCULES		**5,562,358**	**4.22**	**2.40**	**1.39**	**2.06**	**0.05**	**1.59**	**76.51**
Total general		**11,199,929**	**3.97**	**2.73**	**1.55**	**2.08**	**0.04**	**1.71**	**84.25**

Fuente: Reporte técnico Geotec Consulting S.A.C. 2019.

De las cuales siguiendo los criterios de cálculo de reservas el área de planeamiento entrego como blocks minables la suma de 4.3 M de toneladas a octubre del 2020. (Geotec Consulting S.A.C. 2019).

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

CAPITULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1. Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la investigación

En la tesis "Análisis del método de corte y relleno ascendente semimecanizado, frente al método Long Wall en la producción de mineral del tajo 6520, NV 2760, Compañía Minera Poderosa S.A."; Sustentado el año 2019 por la Bachiller: Maria Loidi Córdova Mondragón, para optar el título profesional Ingeniera de Minas en la Universidad Nacional de Piura, Facultad de Ingeniería de Minas. En la tesis hace mención sobre el método Corte y Relleno Ascendente Semimecanizado. Este método va implementando nuevas tecnologías para sus operaciones, se utiliza mitad de equipos mecanizados y mitad de equipos convencionales. Por ejemplo, usan maquinas Jack Leg para la perforación e implementan scoop como equipo de limpieza. Requiriendo accesos o rampas para poder movilizar los equipos mecanizados. El método requiere de la ejecución de una rampa operativa, de la misma se genera cruceros hacia la estructura y se corre la galería a lo largo del rumbo de la veta y por la longitud del tajo, luego se inicia el proceso de explotación cuya perforación se realiza con máquinas Jack Leg y la limpieza por intermedio scooptram (1.5 yd3) hacia los ore pass, el proceso de relleno se realiza con desmonte usando el mismo equipo. Tiene alto grado de flexibilidad en potencias variables, con alto control de dilución y minado. (Córdova, 2019).

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

En el Plan Anual de minado 2013 de la compañía minera San Ignacio de Morococha S.A. Presentado por el Área de Planeamiento menciona que el método de explotación, consiste en la explotación de frentes separados por pilares de sostenimiento del techo en este método de minado se realiza en estructuras mineralizadas (mantos) de bajo Buzamiento en el caso particular de San Vicente un Bz. de 20 ° y 25 °, el ingreso se realiza por rampas y se intercepta el mineral por la caja techo de la estructura mineralizada (mantos entre 20 ° y 25 °) con accesos negativos una vez interceptado el manto se desarrolla el frente siguiendo el rumbo hasta delimitarlo en sus extremos. Definido los extremos se continua el avance del frente en roca estéril 10 m que servirá como cola o refugio de los equipos para iniciar la rampa positiva siguiendo el Rumbo y Buzamiento del manto hasta formar con el piso superior el pilar que permitirá que continuemos con el desarrollo del frente horizontalmente siguiendo el rumbo del mineral y así sucesivamente delimitando el manto en altura, hasta su encampane económico. Como parte del ciclo de minado se realizan Chimeneas mecanizadas o convencionales para la ventilación, servicios y ore pass. De ser posible y si se cuenta con un nivel superior se debe construir un Raise Boring, para el circuito de ventilación, que hasta el momento es de ventilación forzada, además es necesario entre piso y piso tener una abertura que nos sirva de echadero para el mineral, para su evacuación final. Una vez delimitado el manto económico la recuperación de los pilares puede ser parcial o total, la recuperación de pilares se realiza en retirada una vez el tajo haya llegado a su límite económico o haya conectado con el laboreo superior. (Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A, 2019).

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

En la tesis Variante del método de cámaras y pilares Zigzag; Sustentado el año 2013 por el Bachiller: Aldo Humberto Reyes Rosales, para optar el título profesional Ingeniero de Minas en la Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica. En la tesis se concluye que:

1. Con la aplicación de la variante del método de cámaras y pilares "Zigzag" se ha logrado incrementar la producción del proyecto Uncush Sur Alto-RHAMIS de 535.8 TMHD a 800 TMHD, con lo cual la producción de mina ha pasado de 1550 TMHD a 1814.2 TMHD con una ley de cabeza para el zinc de 5.6% y para el plomo 0.36%.

2. Aplicando el "Zigzag", el impacto en la producción del proyecto Uncush Sur Alto-RHAMIS es del 49% ya nivel de la mina el impacto es del 17%.

3. La capacidad de tratamiento de la planta concentradora es de 2800 ton/día, con la producción de 1550 TMHD la planta durante el mes estaba parada aproximadamente 11 días, con el incremento de la producción la parada de la planta será de menos 7 días, la meta es alimentar a la planta para que no pare.

4. El costo de minado con el método tradicional era de 23.02 U$/Ton. de mineral y con el Zigzag es de 19.45 U$/Ton. de mineral, si bien el ahorro es de 3.58U$/Ton. de mineral, el objetivo es bajar el costo a 18 U$/Ton. de mineral, para lo cual se tiene que mejorar los procesos e incrementar la productividad.

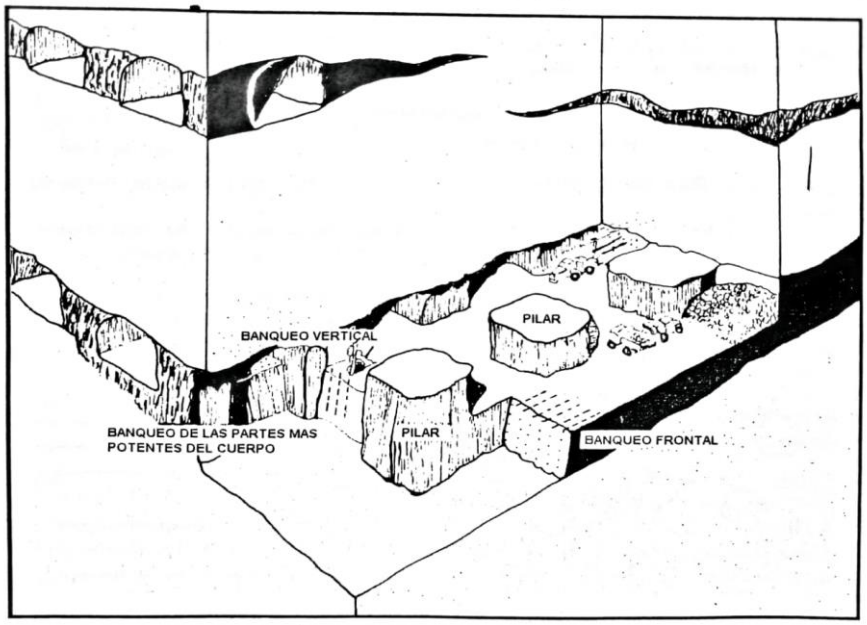
Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

5. La eficiencia de toneladas por hombre guardia con el método tradicional era de 12.76 Ton/h-gdia y con el Zigzag se incrementó a 15.69 Ton/h-gdia.

6. La vida útil de la desmontera se incrementar debido a la menor preparación para llegar al mineral, esto es menor desmonte sale de interior mina rumbo a la desmontera. (Reyes, 2013).

En EL libro Explotación Subterránea Métodos y Casos Prácticos de Oscar Llanque Maquera Publicado en año 1999 por la editorial Perú Offset Editores, hacen mención, dentro del capítulo "Variantes del Método Cámaras y Pilares", que el Minado Horizontal: A este método también se le denomina con el término de "Room and Pillar" para mantos horizontales y se aplican para depósitos de buena potencia.

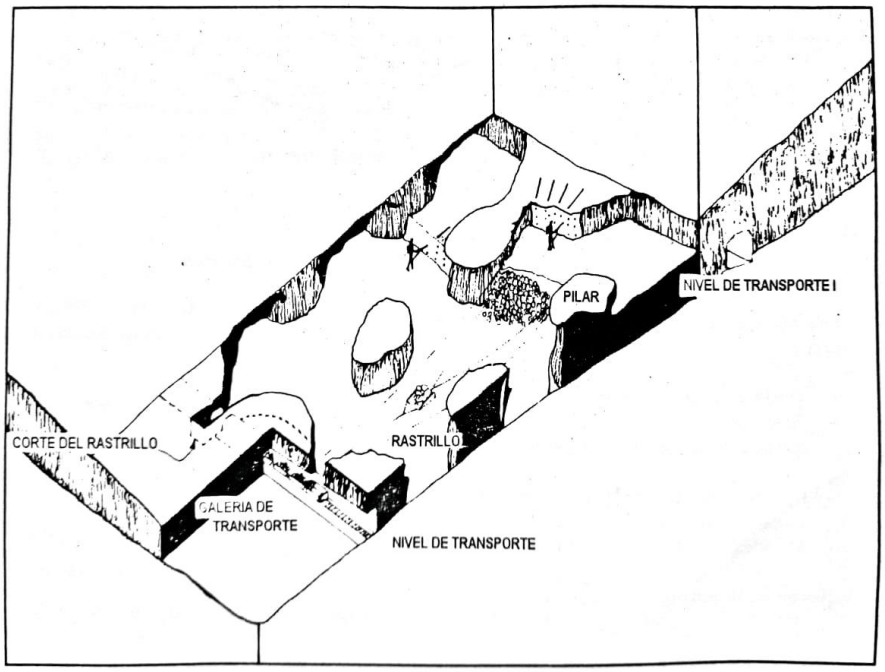
Figura 5. Minado Horizontal



Fuente: Explotación Subterránea métodos y casos prácticos Minado Inclinado: Denominado también con el término "room and pilar" para mantos inclinados.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 6. Minado Inclinado



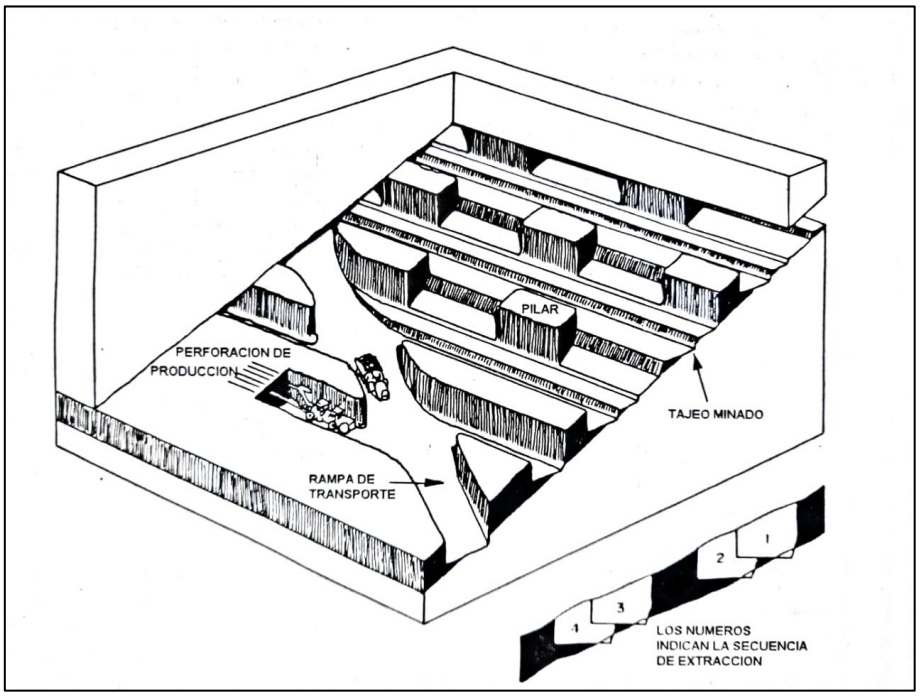
Fuente: Explotación Subterránea métodos y casos prácticos Minado Inclinado: Denominado también con el término “room and pilar” para mantos inclinados.

Minado en forma de escalera: Generalmente de aplica para depósitos inclinados el cual se adapta a equipos trackles. Preparación y Desarrollo: Se adapta a equipos trackles, en vez de carros sobre rieles, los equipos tienen maniobrabilidad y son capaces de viajar en pendientes y rampas dentro de sus márgenes a mayores pendientes se seleccionan equipos que coincidan en la gradabilidad de este. Producción: La extracción se inicia a partir de las galerías horizontales desde un punto a varios accesos con rampas que comunican los accesos las cuales permiten el control del límite del depósito. Las galerías son ejecutadas en forma secuencial al nivel inferior y el minado en forma descendente. Durante el minado parte dl mineral debe ser dejado como pilares, la perforación puede ser convencional o con jumbo en galerías de sección regular. Carguío y transporte: Se procede de la misma manera que

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

el método horizontal con equipos LHD (El mineral puede ser transportado usando diferentes tipos de equipos, dependiendo del espacio y la distancia de transporte). Comentario: Es un desarrollo resiente, aunque esta aplicación en cuerpos inclinados no pueda ser garantizada. Observaciones: La explotación en cámaras y pilares de capas horizontales permite el empleo de equipo mecanizado, hay muchos lugares de trabajo y accesibles y la facilidad de las comunicaciones da buenas posibilidades de emplear maquinaria móvil para una explotación eficaz. Por el contrario, en los estratos inclinados la perforación es especialmente difícil de mecanizar y el laboreo en este caso es especialmente duro y difícil, se efectúa principalmente con perforadoras livianas. La mina que aplico este método en el Perú es la Mina Condestable. (Llanque, 1999).

Figura 7. Minado en forma de escalera



Fuente: Explotación Subterránea métodos y casos prácticos Minado Inclinado: Denominado también con el término “room and pilar” para mantos inclinados.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

2.2. Definición de Términos

- **Eficacia**: es la evaluación en términos de logros de metas propuestas a través del análisis de la relación entre lo ejecutado y programado del gasto.

- **Eficiencia**: se evalúa la utilización de recursos existentes a través del análisis del rendimiento y productividad de éstos y del costo de las acciones ejecutadas.

- **Metas**: maximización de los objetivos o también objetivos que se han hecho específicos respecto a la magnitud y tiempo para su logro.

- **Objetivos**: son los que se establecen en resultados finales.

- **Organización**: un sistema abierto, dinámico compuesto por un conjunto de subsistemas que interactúan entre ellos.

- **Planeamiento**: es un proceso continuo y dinámico que se desarrolla siguiendo una serie de etapas, las que, aunque estén dispuestas a seguir cierta lógica de pensamiento; es preciso que deben adaptarse continuamente a las situaciones particulares.

- **Productividad**: medida del desempeño que relaciona lo Producido y lo gastado para producirlo.

- **Acarreo**: Traslado de materiales hacia un destino señalado.

- **Ambiente de Trabajo**: Es el lugar donde los trabajadores desempeñan las labores encomendadas o asignadas.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

- **Anfo**: Es una mezcla explosiva, adecuadamente balanceada en oxígeno. Está formulado con noventa y tres punto cinco por ciento (93.5%) a noventa y cuatro punto cinco por ciento (94.5%) de nitrato de amonio en esferas y seis punto cinco por ciento (6.5%) a cinco punto cinco por ciento (5.5%) de combustible líquido, pudiendo éste ser: Petróleo residual o la combinación de petróleo residual más aceite quemado.

- **Banco de Mineral o Desmonte**: Término usado en minería para definir rocas de diferente tamaño.

- **Calidad**: Aquellas características del servicio que responden a las necesidades del cliente.

- **Capacitación**: Actividad que consiste en transmitir conocimientos teóricos y prácticos para el desarrollo de aptitudes, conocimientos, habilidades y destrezas acerca del proceso de trabajo, la prevención de los riesgos, la seguridad y la salud ocupacional de los trabajadores.

- **Control de calidad**: Es la medición de las características con las especificaciones o requisitos y cuando existe una discrepancia para realizar las correcciones adecuadas.

- **Cordón Detonante:** Es un cordón flexible que contiene un alma sólida de alto poder explosivo y resistencia a la tensión.

- **Corte y relleno ascendente**: Método de minado en el cual consiste en arrancar el mineral en rebanadas y posterior a ello continuar la explotación de manera ascendente desde un nivel base.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

- **Detonador**: Es todo dispositivo que contiene una carga detonante para iniciar un explosivo, al que normalmente se le conoce con el nombre de fulminante. Pueden ser eléctricos o no, instantáneos o con retardo. El término detonador no incluye al cordón detonante.

- **Echadero:** Es una labor minera vertical o semi vertical que sirve como medio de transporte del mineral o desmonte de un nivel a otro.

- **Estándares de Trabajo:** Son los modelos, pautas y patrones que contienen los parámetros establecidos por el titular de actividad minera y los requisitos mínimos aceptables de medida, cantidad, calidad, valor, peso y extensión establecidos por estudios experimentales, investigación, legislación vigente y/o resultado del avance tecnológico, con los cuales es posible comparar las actividades de trabajo, desempeño y comportamiento industrial. Es un parámetro que indica la forma correcta y segura de hacer las cosas. El estándar satisface las siguientes preguntas: ¿Qué hacer?, ¿Quién lo hará?, ¿Cuándo se hará? y ¿Quién es el responsable de que el trabajo sea seguro?

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

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

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

- **Incidente:** Suceso con potencial de pérdidas acaecido en el curso del trabajo o en relación con el trabajo, en el que la persona afectada no sufre lesiones corporales.

- **Peligro**: Situación o característica intrínseca de algo capaz de ocasionar daños a las personas, equipos, procesos y ambiente.

- **Reglas:** Son guías que se deberá cumplir siempre, con la finalidad de ser practicadas por un grupo de personas, sin ninguna excepción, para su protección individual o colectiva.

- **Reglamento:** Es el conjunto de disposiciones que establecen la autorización de uso y la aplicación de una norma a través de los procedimientos, prácticas y/o disposiciones detallados, a las que la autoridad minera competente ha conferido el uso obligatorio.

- **Riesgo:** Probabilidad de que un peligro se materialice en determinadas condiciones y genere daños a las personas, equipos y al ambiente.

- **Trabajador:** Toda persona que desempeña una actividad laboral subordinada o autónoma, para un empleador privado o para el Estado. Están incluidos en esta definición los trabajadores del titular de actividad minera, de las empresas contratistas mineras o de las

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

empresas contratistas de actividades conexas. (Decreto Supremo N° 024-2016-EM., 2016, pp. 6-12).

2.3. Fundamentación teórica

2.3.1. Métodos de Explotación Minera Subterránea

Dentro de los tipos yacimientos presentes, con las metodologías actuales subterráneas podemos encontrar diversas clasificaciones para los métodos de explotación, estos a su vez acompañados de variantes que se van adaptando para cada realidad. Todos ellos enmarcados a factores determinantes en la elección del método como pueden ser:

- **Geometría del yacimiento:** donde se evalúa la forma, tamaño buzamiento, potencia y regularidad.
- **Aspectos Geotecnicos:** resistencia, fracturación, campo tensional y campo tenso-deformacional.
- **Aspectos Económicos:** Leyes de mineral, valor punto del mineral, productividad y ritmo de producción.
- **Aspectos de seguridad y medio ambientales:** Aspectos de seguridad, Impacto al medio ambiente e impacto social. ((Herrera y Gómez, 2007).

2.3.2. Clasificación de Explotación Minera Subterránea

La selección del método de explotación en el pasado se basaba en las técnicas aplicadas en otras minas y en experiencias conseguidas en

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

yacimientos similares, obtenidas en un entorno próximo. Hoy en día, para abrir una mina o para cambiar el método de explotación, es de suma importancia el monto de capital de inversión requerido; es necesario así mismo ejecutar un proceso de selección del método de explotación mediante un análisis sistemático global parámetros específicos de yacimiento como son: geometría del yacimiento, distribución de leyes, propiedades geomecanicas del mineral y la roca encajonarte, aspectos económicos, limitaciones ambientales, condiciones sociales, etc. La variabilidad de estos parámetros y las dificultades de cuantificación total de los mismos impiden el desarrollo de las reglas rígidas y esquemas precisos de explotación aplicables a cada yacimiento particular. Diferentes autores han realizado numerosas clasificaciones desde varios puntos de vista, por ejemplo:

- Desde el punto de vista del sistema de excavación.
- Desde el punto de vista del sostenimiento.
- Desde el punto de vista del transporte.
- Desde el punto de vista del arranque, etc.

Lo avances logrados en las diferentes ramas de la ciencia durante las últimas décadas han permitido establecer métodos generales de explotación. Lo métodos más importantes se pueden clasificar y comparar como se muestra en el cuadro siguiente. (Llanque, 1999, p. 30).

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Tabla 3. Calcificación y comparación general de los métodos.

Método con mínimo soporte o con espacios abiertos.	**Métodos con soporte adicional o con relleno.**	**Métodos por hundimiento o derrumbes.**
1. Cámaras y pilares. 2. Tajeo por subniveles. 3. Cráteres verticales en retroceso.	1. Corte y relleno ascendente. 2. Corte y relleno descendente. 3. Almacenamiento provisional. 4. Entibación con cuadros. 5. Tajeos largos.	1. Hundimiento por subniveles. 2. Hundimiento por bloques.
1. Son de dilución intermedia. 2. Mala recuperación si los pilares residuales no se pueden extraer.	1. Altos costos de minado. 2. Alta recuperación y baja dilución.	1. Bajo costo por tonelada. 2. Baja recuperación y fuerte dilución.

Fuente: Explotación Subterránea métodos y casos prácticos Minado Inclinado: Denominado también con el término “room and pilar” para mantos inclinados.

2.3.3. Secuencia de minado – corte y relleno ascendente

En este subcapítulo se hará una descripción gráfica de la secuencia de minado que se desarrolla para explotar un cuerpo mineralizado a través del método de minado Corte y Relleno Ascendente. En la presente evaluación técnico - económica se van a presentar dos configuraciones para cada método desarrollado, según lo que se explica a continuación:

- Configuración Clásica: donde se sigue el diseño típico para la ejecución del método de minado; donde se hace uso de un by-pass como labor de conexión entre la rampa y el tajeo y de un crucero para conectar la rampa y el by-pass.

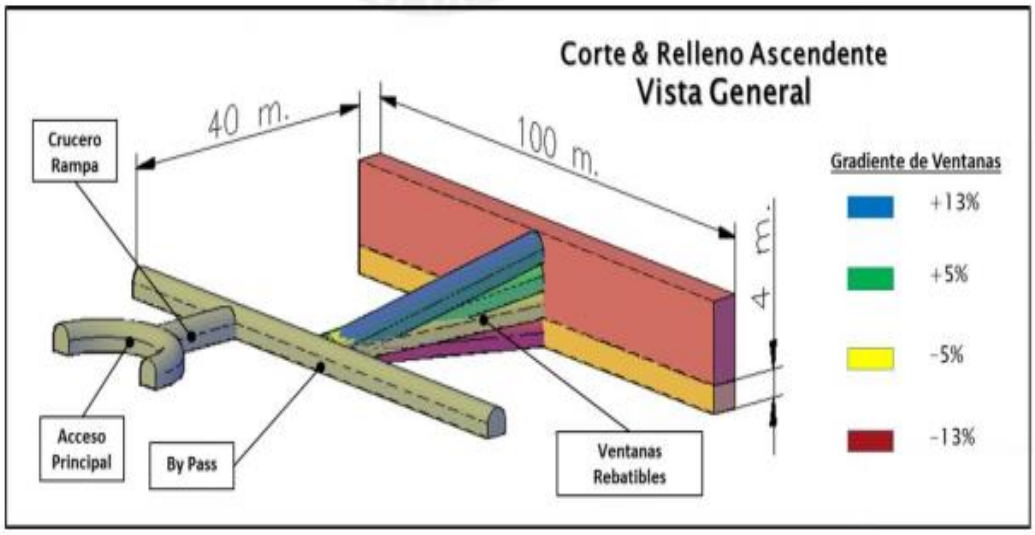
Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

- Configuración Optimizada: donde el diseño de explotación se ha desarrollado de forma tal que se optimiza/reduce la mayor cantidad de metros de avance, ya que la ejecución de estos se realizará sí y solo sí son necesarios para la extracción y acarreo del mineral con valor económico.

- En las siguientes figuras, se muestra a través de esquemas, la aplicación de Corte y Relleno Ascendente con perforación de cortes en breasting (minado de forma horizontal a través de alas). (Chacaltana, 2019, p. 19).

-

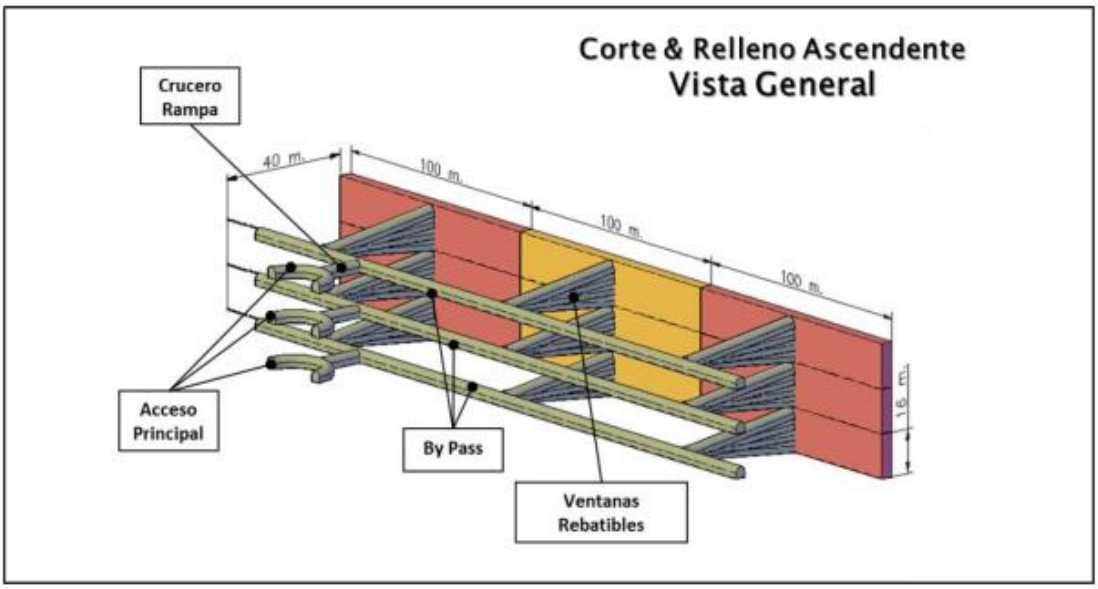
Figura 8. Corte y relleno ascendente – Configuración clásica.



Fuente: Pedro Martin Chacaltana Rodriguez, 2019.

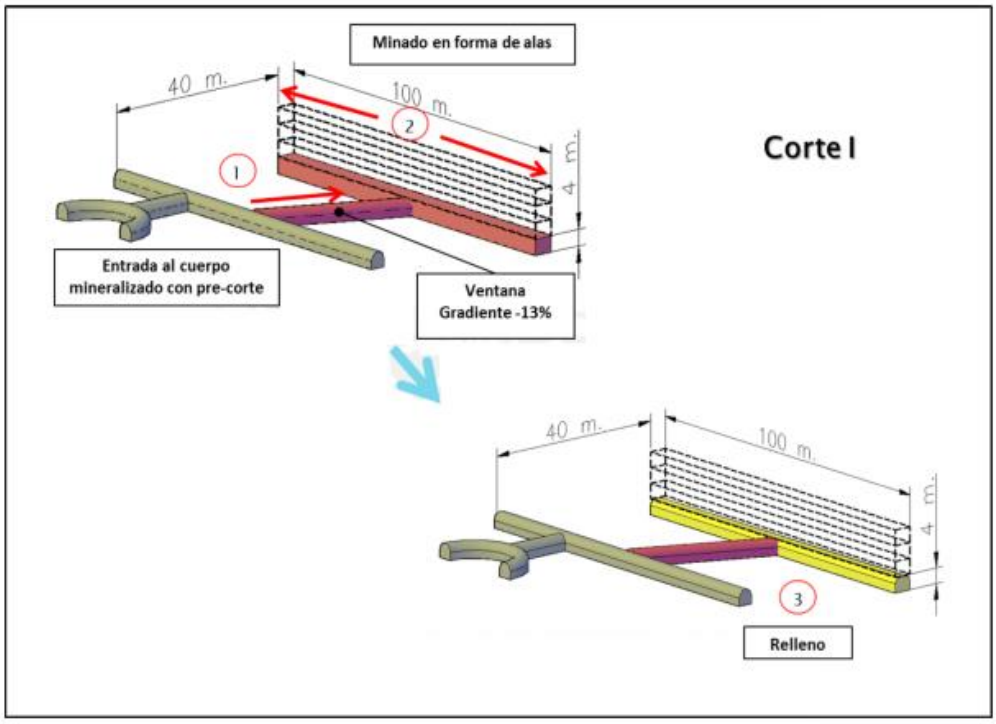
Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 9. Corte y relleno ascendente – Vista general.



Fuente: Pedro Martin Chacaltana Rodriguez, 2019.

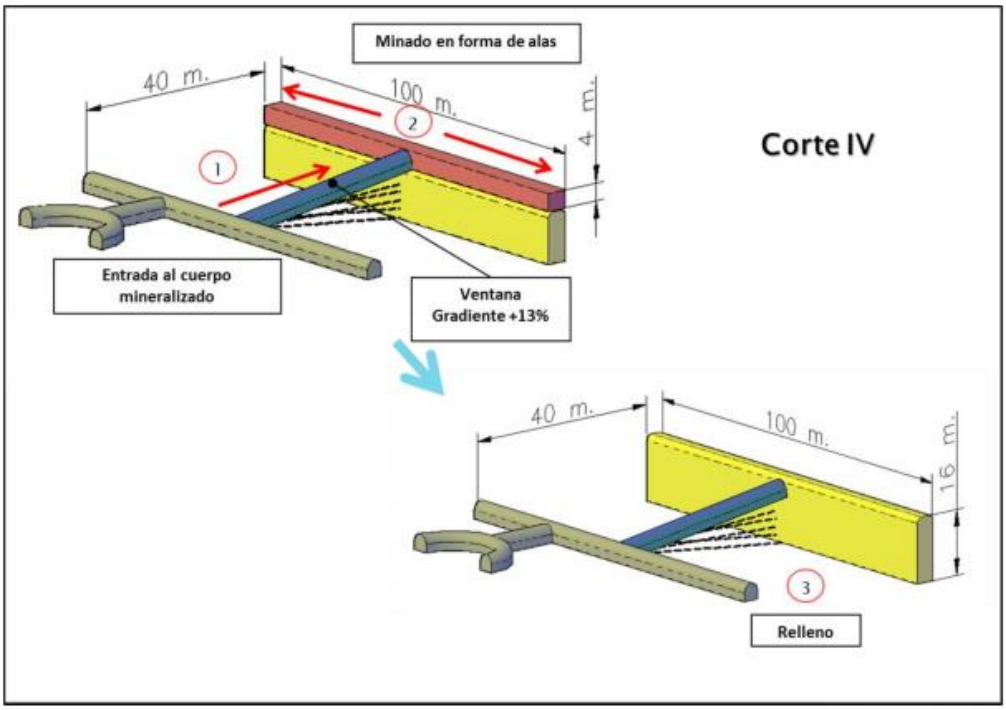
Figura 10. Corte y relleno ascendente – Configuración clásica, corte I.



Fuente: Pedro Martin Chacaltana Rodriguez, 2019.

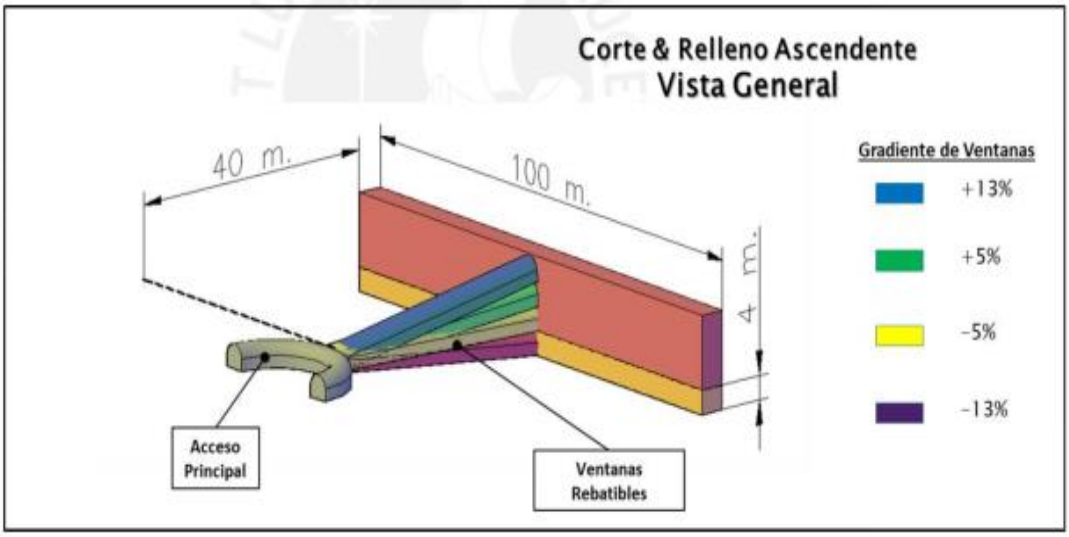
Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 11. Corte y relleno ascendente – Configuración clásica, corte IV.



Fuente: Pedro Martin Chacaltana Rodriguez, 2019.

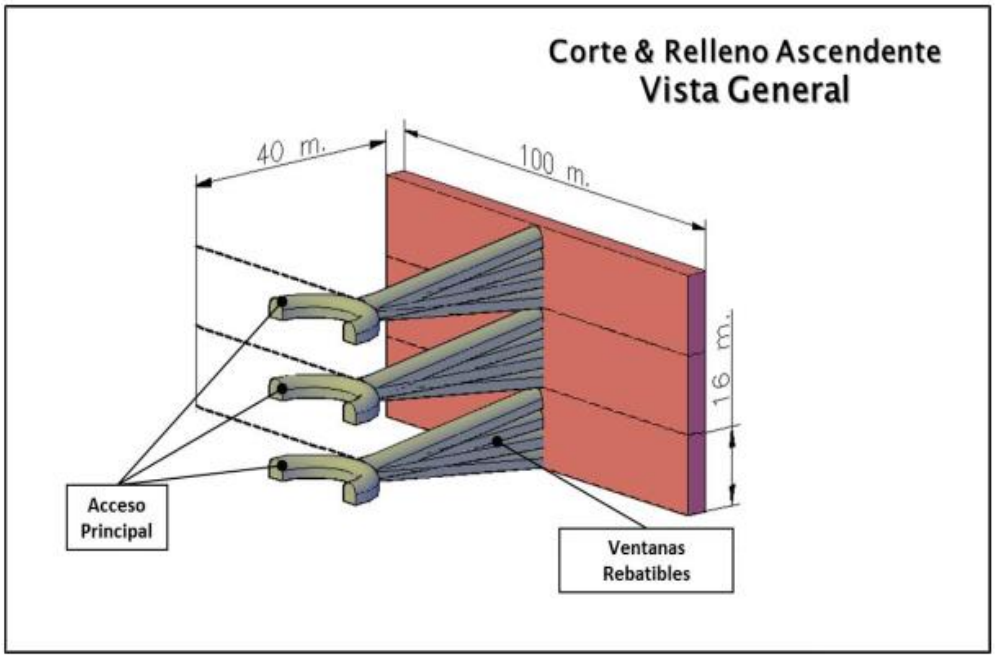
Figura 12. Corte y relleno ascendente – Configuración optimizada.



Fuente: Pedro Martin Chacaltana Rodriguez, 2019.

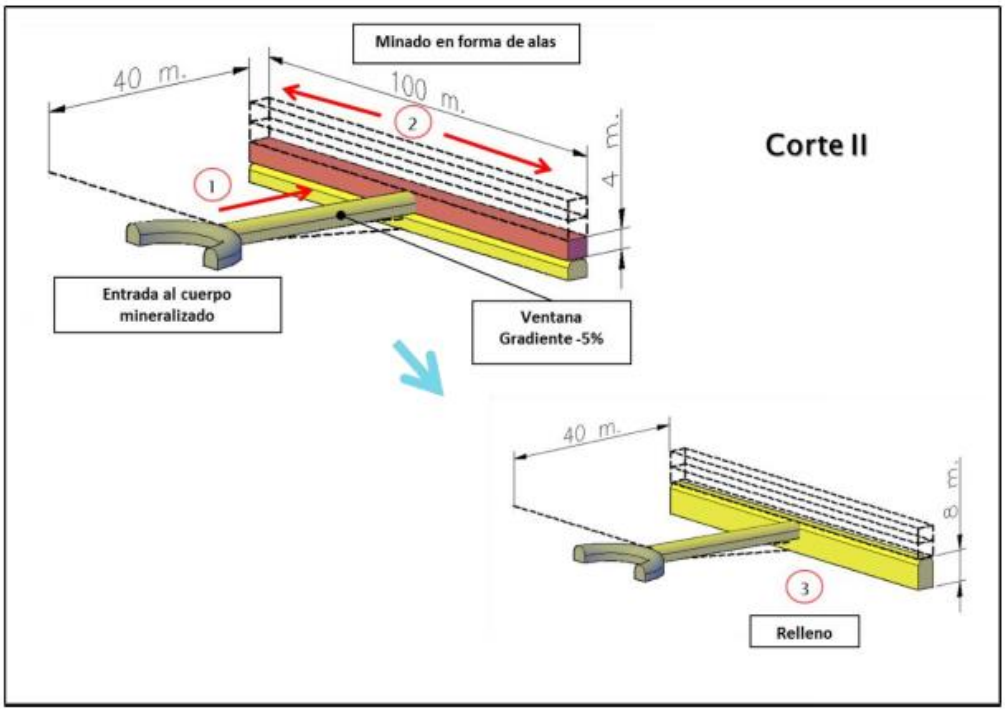
Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 13. Corte y relleno ascendente – Configuración optimizada vista general.



Fuente: Pedro Martin Chacaltana Rodriguez, 2019.

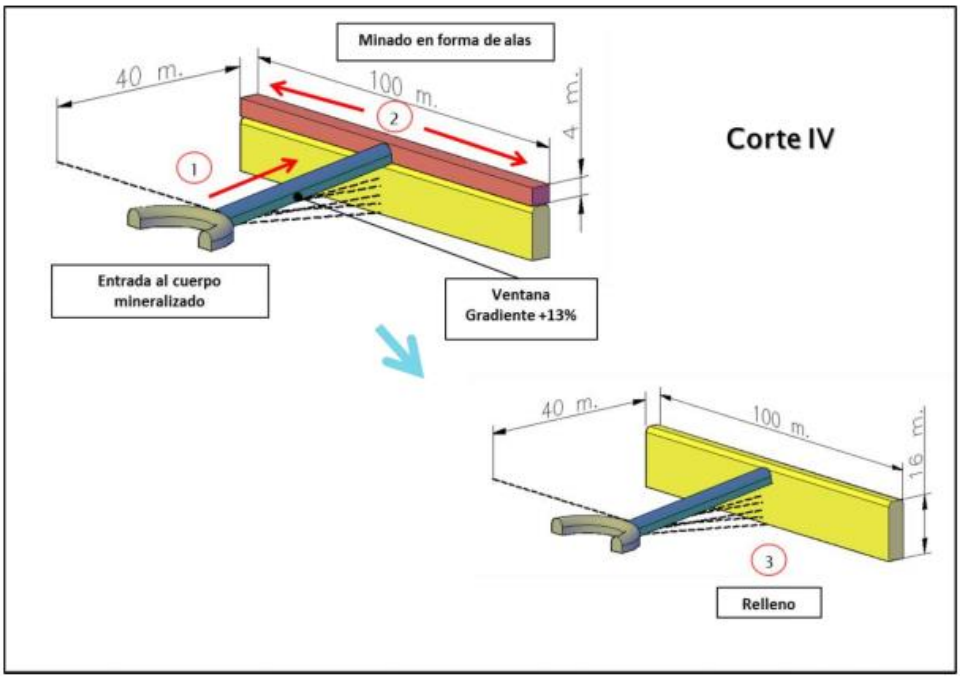
Figura 14. Corte y relleno ascendente – Configuración optimizada, corte II.



Fuente: Pedro Martin Chacaltana Rodriguez, 2019.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 15. Corte y relleno ascendente – Configuración optimizada, corte IV.



Fuente: Pedro Martin Chacaltana Rodriguez, 2019.

2.3.4. Cálculo de la dilución

La dilución depende de la selección del método de minado seleccionado, la disposición geológica y geométrica del yacimiento. El cálculo de la dilución teórica obedece a la aplicación de las dos siguientes relaciones matemáticas:

- La primera, formulada por O'Hara en la década del 80 El valor de la dilución está expresado en porcentaje.

$$\text{dilución} = \frac{k}{\sqrt{w} \times \operatorname{sen} \beta}$$

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Dónde:

w: potencia de la veta en metros

β: buzamiento, expresado en radianes k: constante del método de minado

- La segunda, originada a partir del conocimiento de que la dilución es la porción de estéril o desmonte dentro del total del material extraído:

$$\text{dilución} = \frac{D}{D + w}$$

Dónde:

D: desmonte en metros

w: potencia de la veta en metros

D + w: ancho de minado en metros

El valor de las constante k, para cada tipo de método de explotación minera, fue determinado por O'Hara basándose en una serie de estudios hechos en diferentes minas del mundo. Por ello, k para el Tajeo por Subniveles es 55 y para el Corte y Relleno es 25. (Chacaltana, 2019, p. 19).

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. El Problema

La Compañía Minera Lincuna, viene trabajando en la UEA Huancapeti principalmente 3 Minas: Mina Hercules, Coturcan y Caridad con una producción diaria aproximada de 2,900 TMD, siendo la Mina Coturcan la que actualmente aporta la mayor cantidad de mineral que se procesa en la Planta Concentradora de minerales de la Empresa (50% aprox); dado esto y revisando el inventario de recursos presentado por el área de geología se opta por atacar las zonas con mayor cantidad de reservas siento una de estas la veta coturcan (la veta tiene la misma denominación de la Mina), con el fin de incrementar la producción de esta Mina, dado que esta estructura tiene un buzamiento que ocila entre 0° y 45º se proyectó en optimizar el método de corte y relleno acendente en la Mina Coturcan de la Compañía Minera Lincuna S.A. durante el periodo del año 2021, lo cual beneficio positivamente a la Empresa Minera.

3.1.1. Descripción de la realidad problemática

La Mina Coturcan de la Compañía Minera Lincuna , es una mina donde se está trabajando diferentes niveles de explotación minera además de ello está compuesta por varias estructuras: cuerpos diseminados, vetas sub verticales y manteadas (buz <45°); los métodos de explotación usados son el de cámaras y pilares, Sub level stoping y corte y relleno ascendente, pero el Corte y relleno en la veta Coturcan es las más representativa, con valores económicos que pueden ser trabajados, actualmente está veta se viene trabajando con el

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

método de explotación Corte y Relleno ascendente con la variante de dejar pilares cada cierto tramo (según permita el radio hidráulico) a lo largo del tajo para evitar colapsos o inestabilidades producidos por la geometría de la veta (buzamiento variable de 0º a 45º - estructura echada o manteada). El método de corte y relleno ascendente aplicado en esta mina consiste en arrancar el mineral en franjas, sostener y desquinchar la caja piso para lograr el acceso del Scooptram, y repetir el proceso hasta tener una altura de corte de 7 metros (distancia inclinada según buzamiento), luego de ello se rellenará hasta donde permita el equipo de limpieza, posterior a ello procede a dejar un pilar de seguridad y continuar con el siguiente tramo o cámara de minado, luego se procede a elevar el piso pivoteando el acceso para los siguientes cortes, el relleno es detrítico, con lo cual es necesario tener una fuente de producción de desmonte constante durante la explotación del tajo.

Toda el desarrollo de la mina se encuentra por la caja techo entonces cada vez que se pivotee el acceso por el tramo de desmonte a batir o realzar crecerá cada vez más, y se ingresara a rehabilitar el corte anterior y comunicar las cámaras atravesando los pilares simulando un nuevo subnivel de minado, todo este proceso si bien es cierto aporta constantemente mineral tiene una limitación y es que al momento de pivotear el acceso el tajo entra en preparación durante 8 a 10 días que es el tiempo que toma para poder realzar y acceder nuevamente al tajo, este tiempo puede verse incrementado si es que la longitud supera los 45 metros o si el sostenimiento que requiere debe ser reforzado con shotcrete, por tanto el minado con esta variante puede llevar un tiempo considerable, además de ello como se menciono es necesario romper desmonte (circado), lo cual incrementa el costo de minado.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

La mina coturcan es una mina con un gran potencial para poder explotar en esta estructura según el inventario de recursos presentado por el área de geología por ello este método se viene aplicando en la mayoría de tajos que si bien es cierto no es un método masivo ni altamente productivo si es selectivo y seguro.

3.1.2. Identificación y Selección del problema

Como anteriormente se mencionó en la Compañía Minera Lincuna, se viene trabajando el método de minado de corte y relleno ascendente, en estructuras desde 1.5 metros de potencia y buzamientos desde los 0º hasta los 45º, como todos conocemos el método posee ventajas en cuanto el control de la dilución, selectividad y recuperación , pero es un método costoso y si se quiere comparar con los métodos masivos hasta poco productivo, esto debido a los múltiples cortes (realces) realizados hasta el culmino del tajo, además cuando las estructuras son muy angostas, luego de realizar un corte se tiene que desquinchar los hastiales con la finalidad de lograr el espacio suficiente para el ingreso del equipo de limpieza en este caso un Sccoptram LH 307, R-1300G o LH 410 o R-1600G de 4.2 y 6.0 Yd3 respectivamente , las cuales son la sección minima de trabajo es de 3.5x3.5 m, además en este método se tiene que realizar el sostenimiento en cada corte (realce), y más aún en los batidos de acceso para realizar un nuevo piso para los siguientes cortes, así como lo dice en el DS 024 “ Metro avanzado, metro sostenido”, por ello evaluando la condiciones del terreno, tipo de roca y sabiendo que nos encontramos en una estructura de buzamiento bajo o sub horizmontal (0º < buz < 42º) , nace la idea de implementar una variante al método de corte y

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

relleno ascendente la cual permita tener más de un solo frente de trabajo con aporte de mineral en los tajos así como el de eliminar las labores en desmonte como puede ser disminuir la longitud de cruceros, así como el de eliminar las rampas operativas hechas en desmonte y al no necesitar pivotear (realzar el acceso) para cambiar de piso de minado reduciríamos el tiempo de minado del tajo incrementando la productividad del mismo.

3.1.3. Planteamiento y Formulación del Problema

3.1.3.1. Formulación del problema General

¿La aplicación del método corte y relleno ascendente con la variante zigzag, permitirá incrementar la Productividad en la Mina Coturcan de la Compañía Minera Lincuna S.A.?

3.1.3.2. Formulación de problemas específicos

1. ¿Cómo influirán los parámetros geométricos para la ejecución de la rampa sobre veta del método corte y relleno ascendente con la variante zigzag en la mina Coturcan Compañía Minera Lincuna S.A.?

2. ¿La aplicación del método corte y relleno ascendente con la variante zigzag, permitirá incrementar la Producción Mensual en la Mina Coturcan de la Compañía Minera Lincuna S.A.?

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3. ¿La aplicación del método corte y relleno ascendente con la variante zigzag, permitirá reducir el costo de minado en la Mina Coturcan de la Compañía Minera Lincuna S.A.?

3.1.4. Objetivos de la investigación

3.1.4.1. Objetivo General

Incrementar la productividad en la Mina Coturcan, mediante la aplicación del método corte y relleno ascendente con la variante zigzag en la Compañía Minera Lincuna S.A.

3.1.4.2. Objetivos Específicos

1. Determinar parámetros geométricos de diseño para la ejecución de la rampa sobre veta del método corte y relleno ascendente con la variante zigzag en la mina Coturcan Compañía Minera Lincuna S.A.

2. Determinar si con la aplicación del método corte y relleno ascendente con la variante zigzag se incrementará la producción mensual en la mina Coturcan Compañía Minera Lincuna S.A.

3. Determinar si con la aplicación del método corte y relleno ascendente con la variante zigzag se reducirá el costo de minado en la mina Coturcan Compañía Minera Lincuna S.A.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3.1.5. Justificación e importancia

Se justifica porque con la aplicación del corte y relleno ascendente con la variante zigzag se incrementara la productividad, este es un método de minado cuya aplicación está acorde al tipo de buzamiento de la veta coturcan (esta variante trabaja en buzamientos echados o manteados de 11° a 24°) y su aplicación en la minería peruana tiene por fin la optimización de los costos en las distintas operaciones unitarias y que han sido aplicadas en algunas empresas mineras del Perú, aplicando la variante del método en referencia podemos desarrollar una minería segura y sostenible además permitirá el incremento de producción y/o aporte mensual por tajos, por tanto permitirá un minado más rápido que su predecesor (corte y relleno con brazos basculantes).

3.1.6. Alcances

El trabajo de investigación es realizado a través del área de Planeamiento de la Compañía Minera Lincuna S.A., tomando como delimitación espacial la Mina de Coturcan, durante mediados del Año 2021. Se analizará las operaciones unitarias de la metodología de explotación corte y relleno ascendente con la variante zigzag a través del conocimiento de sus indicadores y seguimientos en campo y que serán de mucha utilidad para la empresa y lectores de esta tesis.

3.1.7. Delimitación de la Investigación

La investigación se realizará exclusivamente en la mina Coturcan.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3.1.8. Limitación de la Investigación

El trabajo de investigación por la naturaleza de su contenido e impacto, en la gestión de riesgos; afrontó una serie de limitaciones en el proceso de su formulación, situación previsible en la mayoría de los trabajos de investigación, pudiéndose señalar los principales aspectos restrictivos encontrados son:

- La oposición al cambio de método por parte del área de mantenimiento mecánico por el diseño de labores debido al alto tránsito de los sccoptrams en labores de +/- 15% de gradiente, así como del área operativa, por la falta de costumbre de trabajo en el método de explotación.
- La falta de información acreditada que pueda dar mayores detalles sobre la geológica y tomarlo como punto de partida en esta investigación.

3.2. Hipótesis

Hipótesis General

Con la aplicación del método corte y relleno ascendente con la variante zigzag se incrementará la productividad en la mina Coturcan Compañía Minera Lincuna S.A.

Hipótesis Específicas

1. La determinación de parámetros geométricos de diseño para la ejecución de la rampa sobre veta del método corte y relleno ascendente con la variante zigzag influirá positivamente en su adecuada construcción.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

2. La aplicación del método corte y relleno ascendente con la variante zigzag se incrementará la producción mensual en la mina Coturcan Compañía Minera Lincuna S.A.

3. La aplicación del método corte y relleno ascendente con la variante zigzag se reducirá el costo de minado en la mina Coturcan Compañía Minera Lincuna S.A.

3.3. Variables

Variable Independiente (x)

Aplicación del método corte y relleno ascendente con la variante Zigzag.

Variable dependiente (y)

Incremento de la productividad.

3.3.1. Operacionalización de variables

Tabla 4. Operacionalización de variables.

Tipo de variable	Nombre de la variable	Dimensiones	Indicadores
Variable Independiente	Aplicación del método corte y relleno ascendente con la variante Zigzag.	Parámetros de Diseño	• Ubicación. (Geométrica – Espacial).
			• Propósito. (nuevas zonas de minado)
			• Sostenimiento.
			• Ventilación.
			• Extracción.
Variable dependiente	Incremento de la productividad.	Producción diaria	• TM/día

Fuente: Elaboración propia.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3.4. zDiseño de la investigación

3.4.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es **Aplicada,** porque utilizará como fuente la información de producción y productividad obtenida al aplicar el método corte y relleno ascendente con la variante Zigzag para incrementar la productividad en la mina Coturcan Compañía Minera Lincuna S.A. – 2021

3.4.2. Nivel de la investigación

Según Sampieri, sostiene que el nivel de Investigación será Descriptivo, porque se realiza el análisis e interpretación de los datos de producción y productividad de la empresa minera en estudio.

3.4.3. Diseño de investigación

Según Sampieri, sostiene que la presente Investigación encuadra como una Investigación no Experimental, esto debido a que no se manipulan ninguna de sus variables. Además, es considerada como una Transversal, porque se realizan en un periodo de tiempo establecido a fin de incrementar la productividad en la Mina Coturcan Compañía Minera Lincuna S.A.

3.4.4. Población y muestra

Población

La población estará constituida por los diferentes Tajos de la Mina de la Compañía Minera Lincuna S.A., que se encuentran en operación actualmente.

Muestra

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

La unidad de análisis estará constituida por los tajos de la Mina Coturcan, con la finalidad de incrementar la productividad mediante la aplicación del método corte y relleno ascendente con la variante zigzag

3.4.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de Recolección de Datos: Por la misma naturaleza del objeto de estudio, se utilizará el tipo aplicativo tecnológico en el minado de métodos subterráneos.

- **Búsqueda de información bibliográfica. -** Se utilizó esta técnica de revisión bibliográfica para tener una mejor información y compresión acerca del diseño método de corte y relleno ascendente con la variante zigzag.

- **Observación Directa. -** Se realizó observaciones directas a través de visitas periódicas al área en estudio, durante la estancia en la Compañía Minera Lincuna S.A., donde se pudo observar la posibilidad de mejora con respecto al cambio de método de explotación.

- **Entrevistas No Estructuradas. -** La entrevista no estructurada o informal, se realizó por medio de conversaciones y preguntas sencillas e informales al operador de turno, en el área de estudio, con la finalidad de buscar opiniones y obtener más información acerca del diseño actual de taladros largos, así como la deficiencia que pueden estar presentándose en la ejecución del proyecto.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Instrumentos de la recolección de datos:

Materiales:

- Útiles de escritorio.
- Materiales de impresión.
- Materiales bibliográficos.

Equipos:

- Computadora (Lap top).
- Impresora a color.
- Memoria USB.
- Cámara fotográfica.
- Distanciometro manual Leica

Software:

- Microsoft Office.
- Datamine UG
- Autocad 2020

Forma de Tratamiento de datos:

El procesamiento de datos será informático y se empleará el programa Microsoft Excel para el tratamiento de datos obtenidos de Reportes de

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Operaciones y equipos, así como los planos de levantamiento topográfico son el software Autocad y Datamine UG para la visualización y diseño en 3D. El análisis descriptivo, se realizó mediante la clasificación y sistematización de información en cuadros y gráficos, posterior el análisis en bases de datos de los reportes, cálculo de rendimientos y costos extraído de sistema SAP usado para el control de suministros e inventario de la Cía. Minera Lincuna SA.

Forma de análisis de las informaciones:

En esta parte se realizará todo el proceso de Aplicación del método corte y relleno ascendente con la variante zigzag para incrementar la productividad en la Mina Coturcan Compañía Minera Lincuna S.A., así mismo se realizará el análisis y la interpretación de los resultados que se han de obtener durante la investigación.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

CAPI TULO IV

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Descripción de la realidad y procesamiento de datos

Como es de entender cada empresa minera trata de adaptar los métodos de explotación existentes a la realidad particular de cada unidad operativa, esto haciendo una evaluación en los factores determinantes líneas arriba expuestos, por lo cual el método de explotación seleccionado en vetas y cuerpos mineralizados a través de un análisis económico, seguro y eficiente; (Caracterización geomecánica, ventilación, sostenimiento, servicios auxiliares, etc.). En los métodos de explotación subterránea, se siguen algún control geológico (vetas) son llevadas o direccionadas por el área de geología, sin embargo, siempre se presenta desviaciones de proyecto por problemas en el marcado de frentes sobre mineral ya sea por malas coordinaciones, falta de condiciones y/o criterio al evaluar el tramo económico en un frente de avance, por lo cual en el presente trabajo de investigación añadimos un criterio adicional que es las rampas en veta con proyecto, es decir una rampa que recorra por veta y a su vez sea direccionada por el área de topografía.

4.2. Parámetros geométricos de diseño para la ejecución de la rampa sobre veta del método corte y relleno ascendente con la variante zigzag en la mina Coturcan

En la mina coturcan para cada una de las etapas de producción escalonada ha sido clasificada de la siguiente manera:

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Tabla 5. Clasificación de métodos de explotación CIA Minera Lincuna S.A.

Método de explotación	Variante	Buzamiento (Bº)	Potencia (POT)
Cámaras y Pilares	CAM&PILL	0º<B<9º	2.5 m<POT
Corte y Relleno Ascendente	C&RA (realce con pilares)	10º<B<40º	1.5 m<POT< 4
	C&RA (realce clásico)	40º<B	1.5 m<POT< 4
	C&RA (en breasting)	10º<B<40º	5 m<=POT
Sub level stoping	SLS (vetas angostas)	40º<B<90º	0.8 m < POT < 1.5
	SLS (clásico)	40º<B<90º	1.5 m < POT
	SLS (diamante)	10º<B<40º	5m < POT

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se detallará los métodos más representativos:

1. **Cámaras y Pilares. -** Preparación; Se realiza la galería sobre estructura mineralizada, la misma que debe de desarrollarse en dirección y buzamiento de la estructura. Una vez desarrollado la Galería base en longitud, potencia y altitud, el Departamento de Geología realizará los muestreos respectivos y asignará las zonas económicas a explotar, de acuerdo al Cutt-off calculado. Para accesar a dicha labor, en la etapa inicial se realiza un By Pass de acceso y extracción de mineral y esta parte de la rampa principal, posterior al By Pass se realiza un crucero de acceso, ambas de sección de 3.5x3.5. El By Pass será de sección de 4x4m cuando este sea un nivel principal. A partir de la delimitación de la zona económica (Galería), se construye un crucero de acceso hacia el block, de sección 3.5x3.5mt, que irá en el centro y con el control de la estructura del block en mención, hasta llegar al límite.

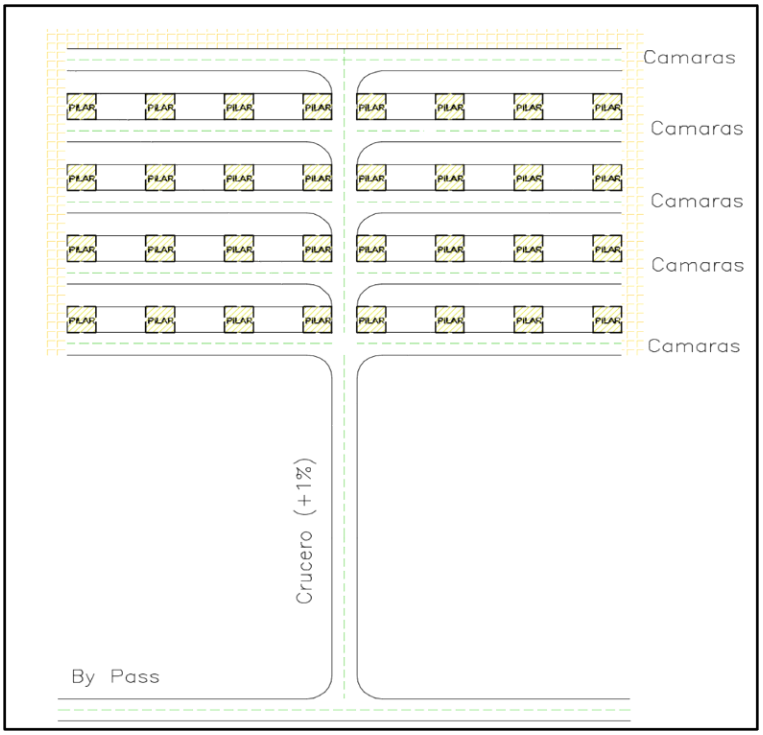
   a. **Explotación:** La explotación es en avanzada de las cámaras e intercamaras de sección de 3.5x3.5m, las mismas que serán distribuidas en función a la evaluación geomecánica. Culminado con el avance de

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

las cámaras e intercamaras, se procede con el desquinche en retirada de las mismas por tramos, llegando a tener una sección de 7.0m de ancho (Según diseño geomecánico). La zona explotada se rellena conforme se realiza el desquinche en retirada. (Desquinches por tramos). La limpieza en el avance de las cámaras e intercamàras se realizará en avanzada, con Scoop diésel llevando el mineral al echadero y/o cámara de acumulación de mineral. La limpieza se realizará de acuerdo a la delimitación Mineral-Desmonte, teniendo como control la tela arpillera (color azul), para evitar la dilución. La limpieza del desquinche de mineral (Retirada), se realizará con Scoop con telemando.

b. **Relleno:** Una vez concluido la limpieza de mineral, se procederá con el relleno del tajeo en retirada.

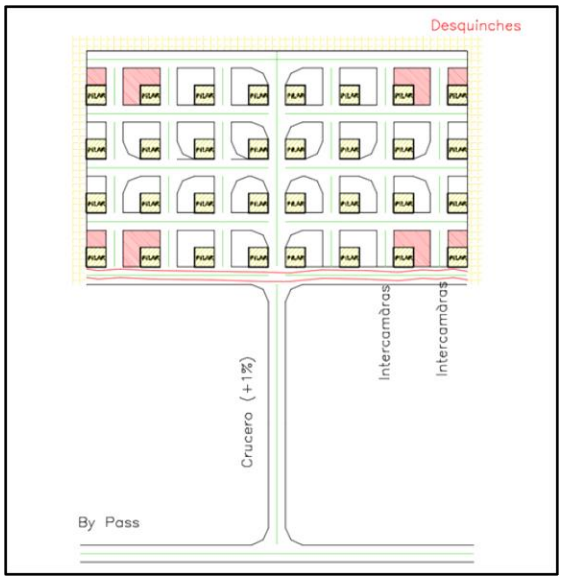
Figura 16. Método de minado Cámaras y Pilares.



Fuente: Plan Anual 2021.

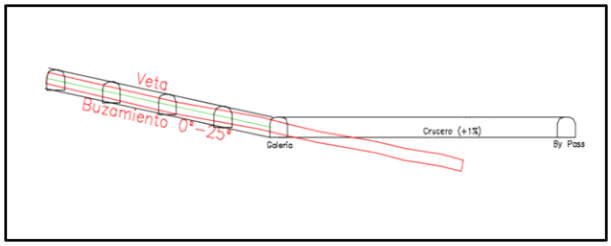
Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 17. Distribución de cámaras y pilares.



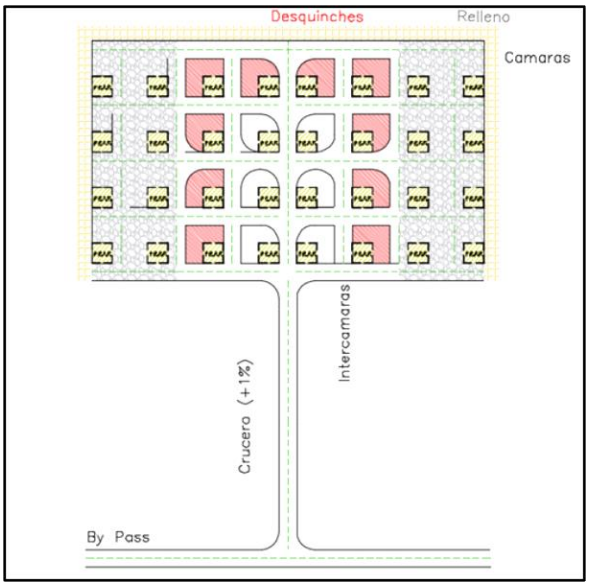
Fuente: Plan Anual 2021.

Figura 18. Distribución del crucero y del By pass.



Fuente: Plan Anual 2021.

Figura 19. Proceso de explotación.



Fuente: Plan Anual 2021.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

2. **Sub level Stoping - Taladros Largos (Pot > 0.8 m). -** Preparación; Se necesita para el desarrollo, la ejecución de una galería de 3.8 x 3.5 m. para delimitar la estructura quedando como techo de la preparacion de Taladros Largos, para luego realizar una rampa negativa operativa de -15 %, con la finalida de acceder a niveles inferiores, y también para ir con una distancia relativa a la estructura y poder realizar labores de comunicación. Al llegar a una cota determinada por el angulo de buzamiento de la estructura (15m. de longitud de perforación como máximo) se procederá a desarrollar otra galería, sobre la estructura mineralizada de sección 3.8 x 3.5, para desarrollar el piso para la preparacion de los taladros largos, es en esta galería inferior que se procederá a realizar la perforación.

a. **Explotación:** Se inicia con la cara libre en el extremo de la galería preparada previamente con una sección de 2.0x2.0 m., para luego continuar con la perforación con una distribución de taladros que dependerá de la evaluación geomecanica previa, la potencia de veta y la inclinación de la misma. El avance se realiza en retirada desde el extremo hacia el ingreso a la Galeria, se procederá a la voladura de las filas de taladros, dependiendo de la evaluación del macizo y la posible presencia de zona no económica, para dejarala como pilares, si el terreno es favorable y la zona es económica en su totalidad se ejecutará voladura masiva.

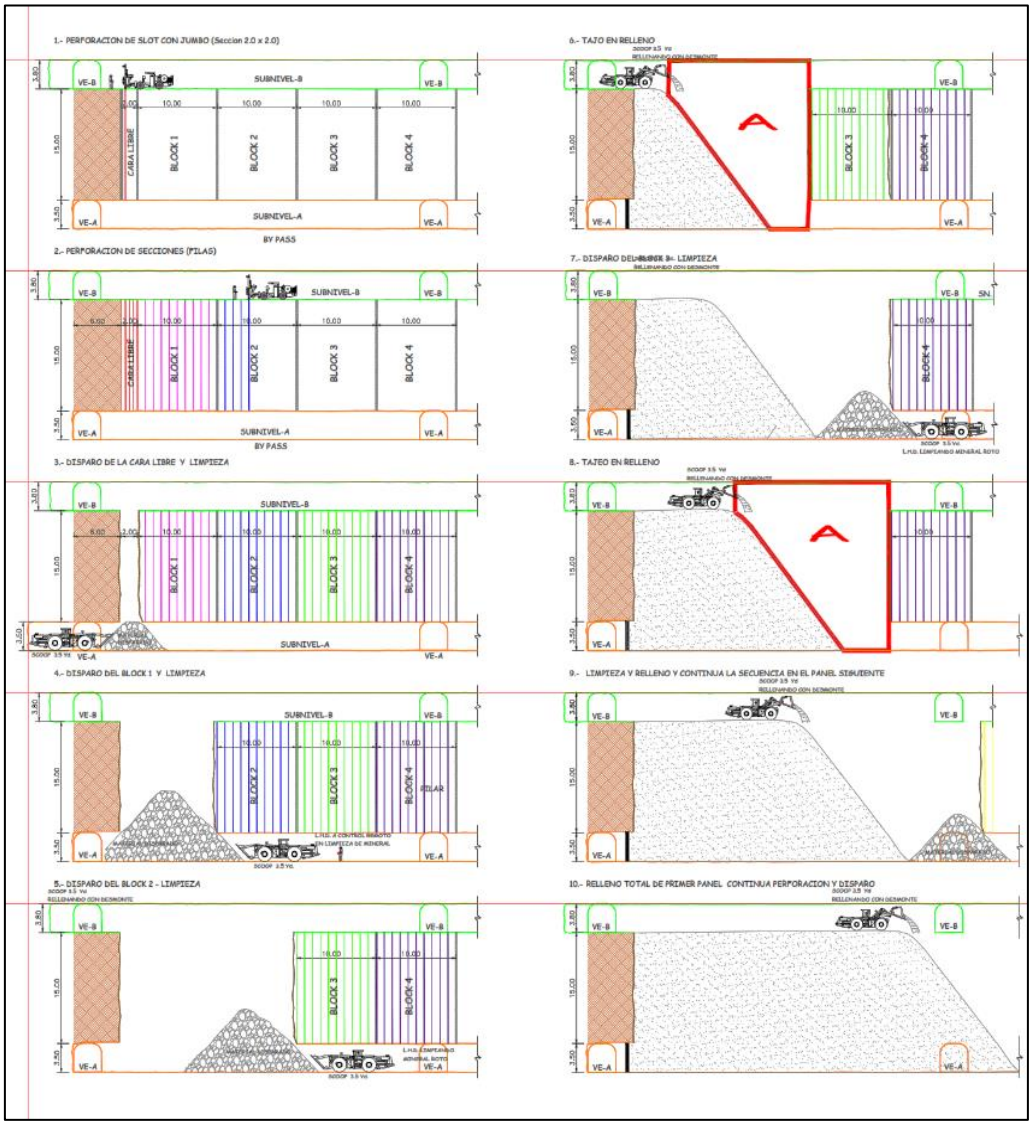
b. **Extracción:** Se utiliza Scoop de 4.2 a 6 yd3. con telemando, hacia un echadero Y/o Cámaras de acumulación de mineral cercano a la zona de explotación (Max 150 mts).

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

c. **Relleno:** El relleno se ejecutará por la galería superior y si es necesario se realizarán otras labores desde la rampa operativa para acelerar el relleno necesario para que este sirva como nuevo piso para proseguir con la ejecución de los taladros largos si hubiera ya preparado un nivel o piso superior.

Ciclo del método de minado Con Taladros Largos – Mina:

Figura 20. Método de minado Con Taladros Largos – Mina Coturcan.



Fuente: Plan Anual 2021.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3. **Sub level Stoping - Taladros Largos Diamante (Pot > 5):** A continuación, haremos mención de las etapas que con lleva este método de explotación:

- Perforación horizontal (GL superior e inferior).
- Perforación vertical (Taladros Largos - abanico).
- Limpieza de mineral.
- Relleno.
- Desarrollo.

Para el desarrollo se considera ejecutar un crucero, que iniciará de una rampa principal, dicho crucero será de sección 3.5 x 3.5 m. con un porcentaje de gradiente horizontal y/o negativo para poder generar una cota de 12.0 m. de bancada con respecto al Nv. superior, también se considera la ejecución de un By Pass paralelo a la estructura con un espaciamiento de 25 m. con fines de relleno y evitar subsidencia en el minado, dicho By Pass será de sección de 3.5 x 3.5 m., para la limpieza y los avances se ejecuta con jumbo DD 210 y un Scoop de 4.2 yd3 respectivamente.

- El sostenimiento se considera de acuerdo al mapeo geomecánico con perno con malla, y según lo requiera shotcrete de 2”.
- Para el sistema de ventilación se considera chimeneas como circuito de extracción de aire viciado y como circuito de inyección de aire la RP principal.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

a. **Preparación:** Se considera el inicio después de la ejecución del XC que intercepta estructura, donde se desarrollará el SN de preparación a sección de 4x4 m sobre la veta Hércules, teniendo en cuenta el piso de la estructura tiene que ir al techo, la sección de 4 x 4 m. es considerada para el posicionamiento del equipo DL 2710 y con el fin de poder barrer los taladros en abanico del diseño.

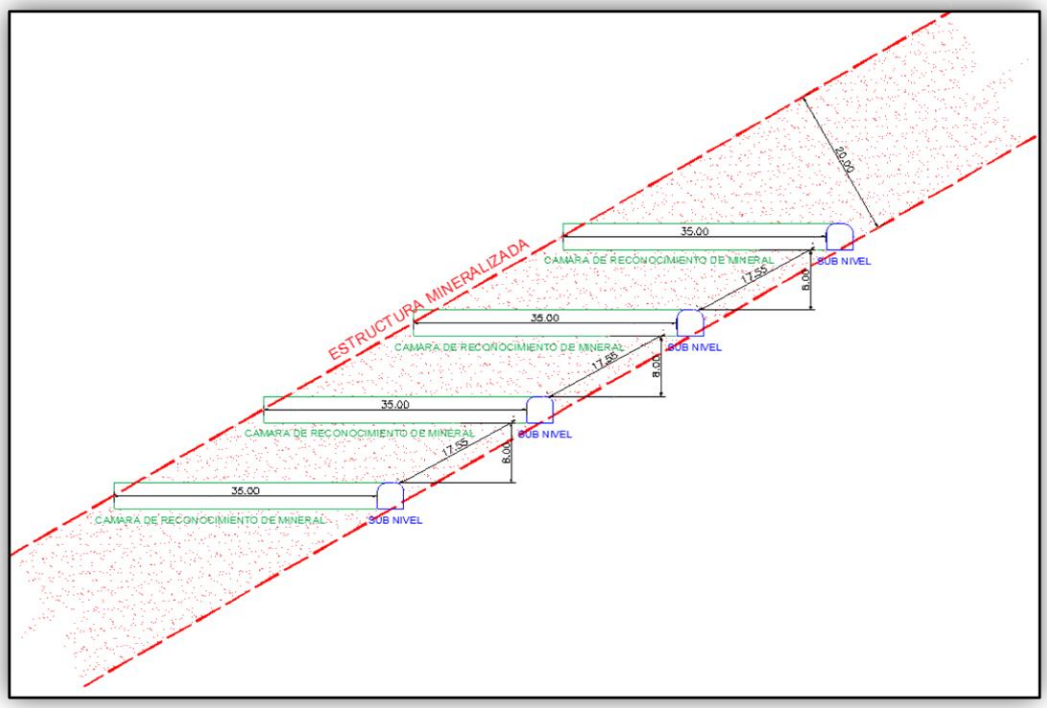
- El avance se ejecutará con jumbo DD 210 y la limpieza con Scoop de 4.2 o 6 yd3 dependiendo de la disposición de equipo.
- El sostenimiento se considerar con shotcrete por el tipo de roca, presencia de panizo y la presencia de fallas al techo..

b. **Explotación:** El proceso de perforación será en positivo del SN Inferior al SN Superior, las perforaciones serán en abanico desde un solo pivot con longitudes que irán variando de 12 m a 20 m con ángulo no menor a 37°, se diseñan 03 paneles de minado donde cada panel hará un aporte de 16000 Tm. La perforación se ejecutará con un jumbo DL 2710, con longitud de barra de 1.5m y diámetro de broca de 64 mm, la limpieza se realizará con Scoop de 4.2 o 6 yd3 dependiendo de la disponibilidad de equipo.

c. **Relleno:** Con el fin de estabilizar los paneles minados se utilizará relleno detrítico, dicho relleno será aportado de los avances del avance de las rampas, los paneles serán rellenados a partir de los By Pass – Cámara de relleno.

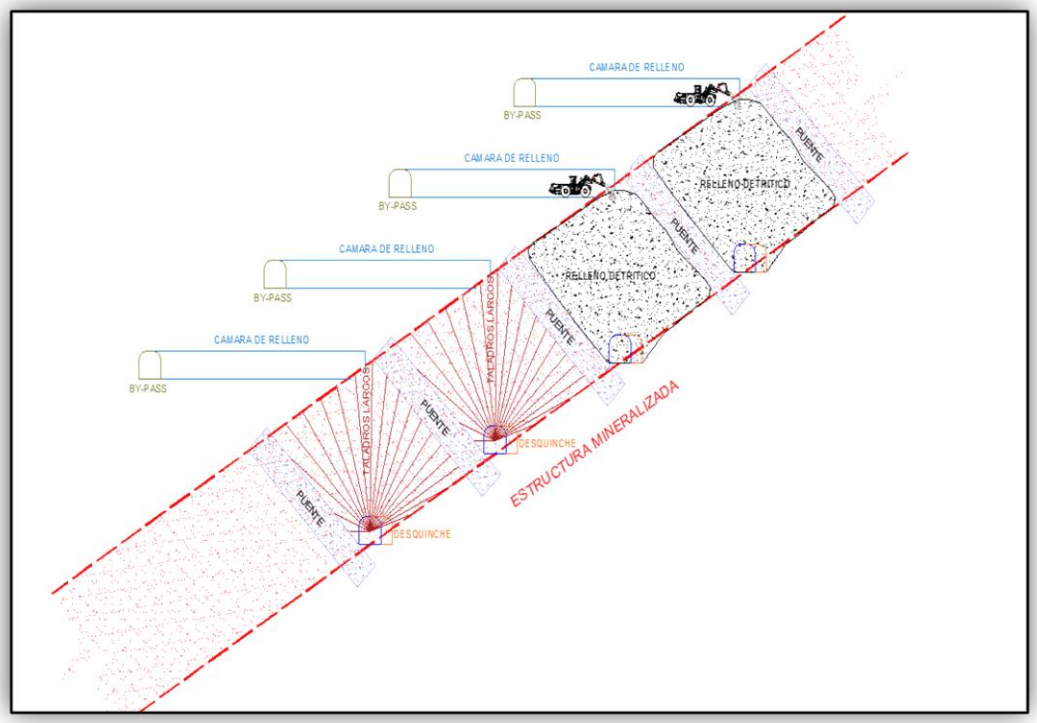
Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 21. Método de minado Sublevel Stoping Diamante



Fuente: Plan Anual 2021.

Figura 22. Método de minado Sublevel Stoping Diamante



Fuente: Plan Anual 2021.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

4. **Corte y Relleno Ascendente. -** Es un método ascendente (realce). El mineral es arrancado por franjas verticales según la distribución de pilares dado por el área de geomecanica. Se procede a sostener en avanzada sobre la carga disparada o se realiza con el equipo mecanizado de sostenimiento, si la estructura tuviera una potencia menor a 3 m se procede a circar o descajar el piso para el acceso del scooptram y el jumbo, cuando se ha extraído la franja completa, es decir de ha dado 3 realces por cada cámara, se rellena el volumen correspondiente con (relleno detrítico) hasta donde permita el equipo scooptram y se pasa a la siguiente cámara en retirada ,culminado los 3 realces o cortes por cámara se procede a batir o pivotear el acceso hasta tener una gradiente de +15% en el crucero de acceso al tajo, para iniciar la perforación del nuevo corte, se procede a batir el acceso y formar un subnivel nuevo comunicando las cámaras antes minadas y respetando las dimensiones de los pilares, posterior a ello se tiene nuevamente preparado el tajo para repetir la secuencia hasta culminar el minado de nivel a nivel.

Ventajas:

- La recuperación es cercana al 90%.
- Es altamente selectivo, lo que significa que se pueden trabajar secciones de alta ley y dejar aquellas zonas de baja ley sin explotar como pilares.
- Puede alcanzar un alto grado de mecanización.
- Se adecua a yacimientos con propiedades físicos - mecánicas incompetentes.
- Se aplica actualmente a tajos con buzamiento >11° y <40°

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

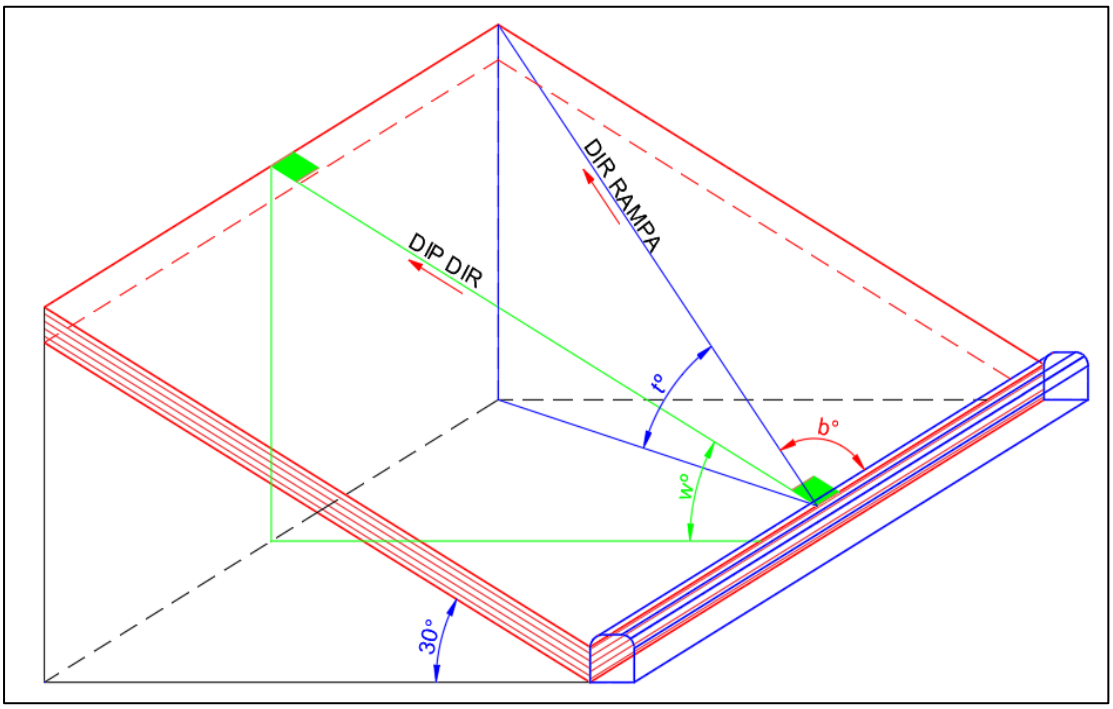
Desventajas:

- Costo de explotación elevado.
- Bajo rendimiento por la paralización de la producción como consecuencia del relleno y el batido del acceso.
- Consumo elevado de materiales de Sostenimiento (Pernos hidrabolt, Splitset o si el terreno lo requiriera Shorcrete).
- Restriccion a recuperar pilares pues estos se pierden con el relleno detrítico.
- Es un método no muy seguro, pues el personal está continuamente expuesto durante cada corte realizado.

5. **Corte y Relleno Ascendente (Variante ZIGZAG). -** Es un método ascendente (realce). El mineral es arrancado por franjas verticales según la distribución de pilares dado por el área de geomecanica. Se procede a sostener en avanzada sobre la carga disparada o se realiza con el equipo mecanizado de sostenimiento, si la estructura tuviera una potencia menor a 3 m se procede a circar o descajar el piso para el acceso del scooptram y el jumbo, cuando se ha extraído la franja completa, es decir de ha dado 3 realces por cada cámara, se rellena el volumen correspondiente con (relleno detrítico) hasta donde permita el equipo scooptram y se pasa a la siguiente cámara en retirada, culminado estos paso en todas las cámaras se procede a avanzar la rampa sobre estructura o rampa ZIGZAG, esta rampa nos evitara tener que batir el acceso como el caso anterior sino esta rampa nos permitirá acceder a los siguientes cortes por la gradiente de +15% que tiene.

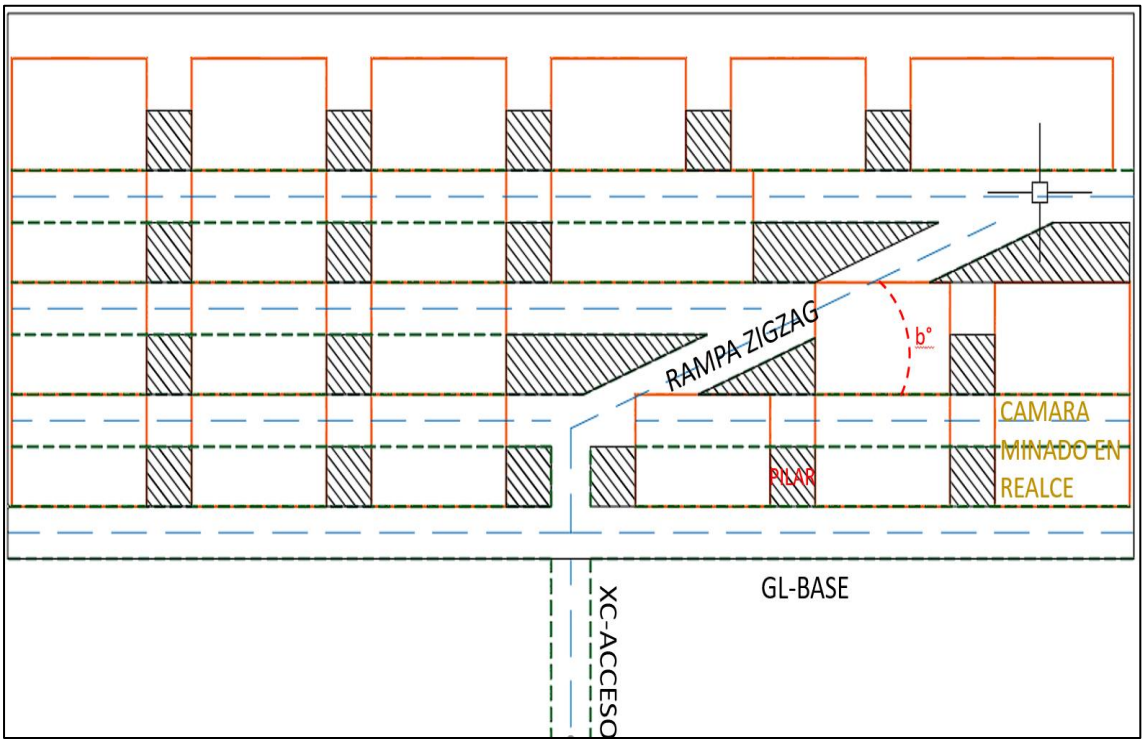
Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 23. Esquema de Rampa ZIGZAG.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 24. Diseño de Minado Corte y Relleno ascendente con la variante ZIGZAG.



Fuente: Elaboración propia.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

cámara en retirada, culminado estos pasos en todas las cámaras se procede a avanzar la rampa.

Ventajas:

- La recuperación es cercana al 90%.
- Es altamente selectivo, lo que significa que se pueden trabajar secciones de alta ley y dejar aquellas zonas de baja ley sin explotar como pilares.
- El método tiene un moderado - a muy alto ritmo de producción.
- La recuperación de mineral puede ser alta, cuando es posible la buena recuperación de pilar.
- Se aplica actualmente a tajos con buzamiento >11° y <24°

Desventajas:

- Costo de explotación elevado.
- Consumo elevado de materiales de Sostenimiento (Pernos hidrabolt, Splitset o si el terreno lo requiriera Shorcrete).
- Implica una gran presencia del Jumbo frontonero debido a la gran cantidad de labores habilitadas en el tajo.

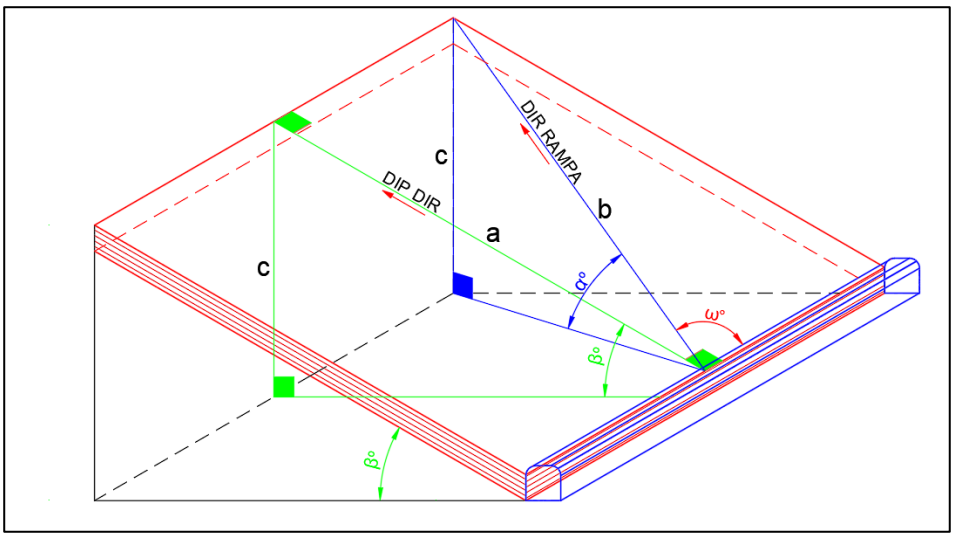
4.2.1. Determinación de parámetros geométricos para diseños de Rampas sobre vetas.

Lo que se hará es crear un escenario estándar donde el trabajo será encontrar el valor de wº que significa el Angulo entre el rumbo o dirección

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

de la galería base y la rampa, esta rampa por el tipo de equipos presentes en la unidad equivale tendrá una gradiente máxima de +15% y como se indicó líneas atrás esta se ejecutara sobre la estructura mineralizada (veta tipo manto).

Figura 25. Traza esquemática para el cálculo del ángulo de rampa en veta.



Fuente: Elaboración propia.

Se realiza el planteo de ecuaciones:

Ecuación 01:

$$sin\,\alpha° = \frac{c}{b}$$

$$b = \frac{c}{sin\,\alpha°} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

Ecuación 02:

$$sin\,\beta° = \frac{c}{a}$$

$$a = \frac{c}{sin\,\beta°} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Ecuación 03:

$$\omega° = 90° - cos^{-1}\left(\frac{a}{b}\right) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

Reemplazamos 1 y 2 en la ecuación 3:

$$\omega° = 90° - cos^{-1}\left(\frac{\frac{c}{sin\,\beta°}}{\frac{c}{sin\,\alpha°}}\right)$$

$$\omega° = 90° - cos^{-1}\left(\frac{c * sin\,\alpha°}{c * sin\,\beta°}\right)$$

$$\boldsymbol{\omega° = 90° - cos^{-1}\left(\frac{sin\,\alpha°}{sin\,\beta°}\right)}$$

Donde:

$\omega°$: Angulo entre el rumbo de la veta y la dirección de la rampa.

$\beta°$: Buzamiento de la veta (DIP).

α° : Gradiente o inclinación del proyecto a Ejecutar (Rampa en Veta).

Ahora realizaremos varios escenarios con la presente formula lo que nos permitirá encontrar la nueva clasificación del método de explotación para vetas tipo manto en CIA minera Lincuna S.A.

Tabla 6. comparativo de ángulos para diferentes buzamientos.

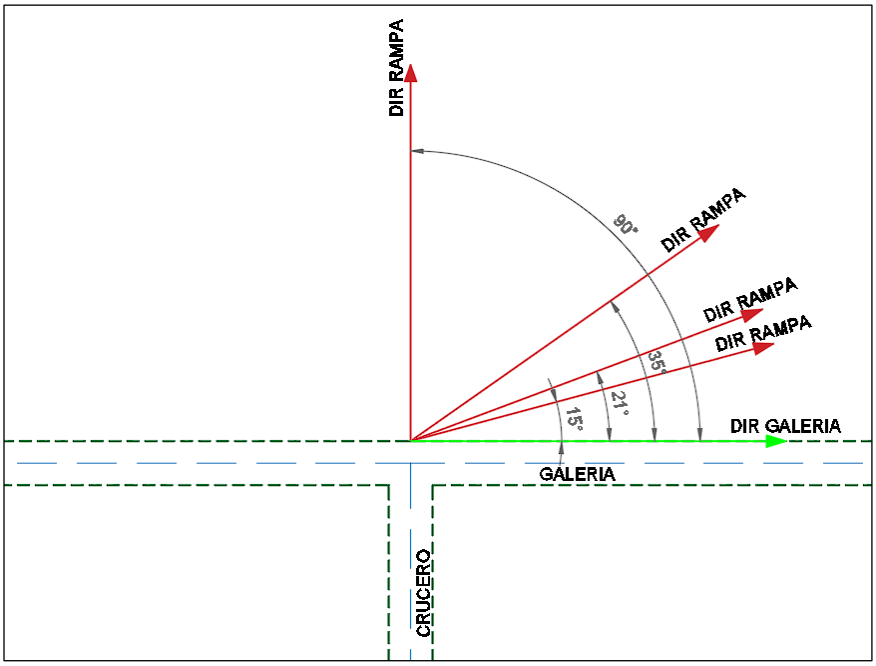
Buz veta (Buz)	Gradiente Rampa_Vt (α°)		DIR Rampa_Vt (w°)
	Porcentaje %	Grados	
0º	15%	8.5º	90.0º
2º	15%	8.5º	90.0º
4º	15%	8.5º	90.0º

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

6º	15%	8.5º	90.0º
8º	15%	8.5º	90.0º
9º	15%	8.5º	90.0º
10º	15%	8.5º	58.7º
15º	15%	8.5º	35.0º
20º	15%	8.5º	25.7º
22º	15%	8.5º	23.3º
24º	**15%**	**8.5º**	**21.4º**
25º	15%	8.5º	20.5º
26º	15%	8.5º	19.8º
30º	15%	8.5º	17.3º
31º	15%	8.5º	16.7º
35º	15%	8.5º	15.0º
36º	15%	8.5º	14.6º
40º	15%	8.5º	13.3º
42º	15%	8.5º	12.8º
43º	15%	8.5º	12.6º
44º	15%	8.5º	12.3º
45º	15%	8.5º	12.1º
46º	15%	8.5º	11.9º

Fuente: Elaboración propia.

Figura 26. Evaluación de dirección de rampa en veta.



Fuente: Elaboración propia.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Si bien es cierto la rampa podría tener un rumbo similar a la galería, pero operativamente se tendría problemas con la estabilidad de pilares (geometría) y para el tránsito de equipos trackless (Jumbo, Sccoptram. Etc), por lo tanto, realizando la corrida de distintos escenarios se determinó re–clasificar el método de explotación en vetas tipo manto en la mina coturcan.

Tabla 7. Clasificación anterior del método de explotación en vetas en la mina Coturcan.

	Método	Buz veta min	Buz veta max
1	CAM&PILAR	0º	9º
2	C&RA (Realce con pilares)	10º	40º
3	C&RA (Clásico)	41º	45º
4	SLS	45º	90º

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Nueva clasificación del método de explotación en vetas en la mina Coturcan.

	Método	Buz veta min	Buz veta max
1	CAM&PILAR	0º	9º
2	ZIGZAG (Rampa en veta)	10º	24º
3	C&RA (Realce con pilares)	25º	40º
4	C&RA (Clasico)	41º	45º
5	SLS	45°	90°

Fuente: Elaboración propia.

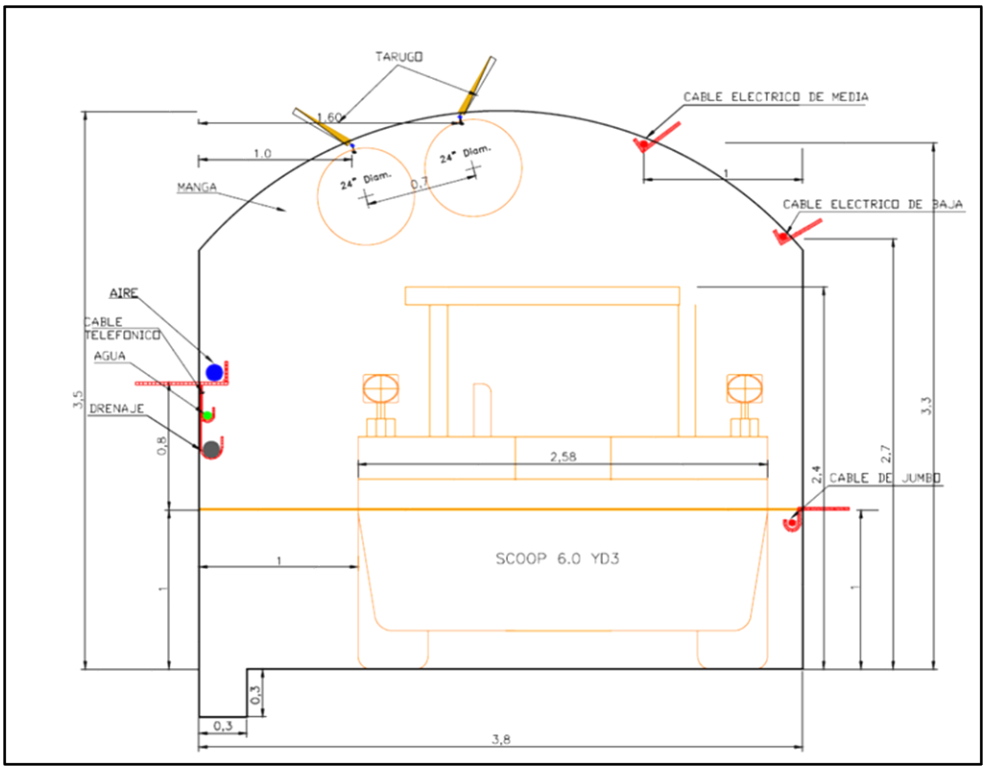
Como se muestra en la tabla 8, se ha sub dividido el método de corte y relleno ascendente con pilares en dos métodos: El primero engloba vetas con buzamientos 10º≥Vetaº≥24º en donde se procedió a llamar Zigzag en el cual

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

se centrará la presente Tesis, el segundo con buzamiento 25º≥Vetaº≥40º el cual no se pudo adaptar al método por lo cual continuara con el método de explotación de corte y relleno ascendente con pilares.

Por ende, las consideraciones geométricas tomadas para la ejecución de rampas en vetas tipo manto serán: las galerías tendrán la sección mínima de trabajo para el equipo de mayor dimensión que ingrese a esa zona, en este caso será un Scoop de 6.0 yd3 por lo tanto las labores serán de 3.8m x 3.5m,

Figura 27. Estándar de labor típica de 3.8x3.5 para tránsito de sccoptram 6.0 yd3



Fuente: Plan Anual 2021.

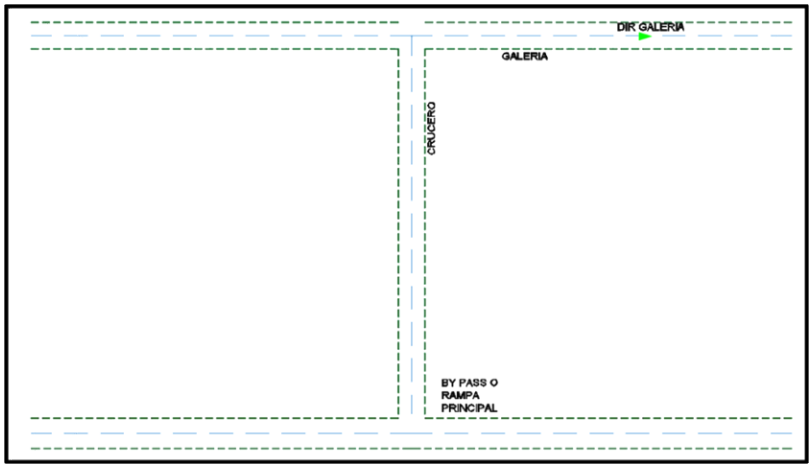
cómo se indicó al inicio del título anterior las gradientes según especificación técnica y recomendación del área de Mantenimiento mecánico será no mayor a +15%, para evitar un desgaste prematuro de los componentes de los equipos.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

4.2.2. Corte y Relleno ascendente con la variante ZigZag

El método consiste en atravesar con un crucero la estructura mineralizada, posterior a ello se procederá a avanzar con la galería base.

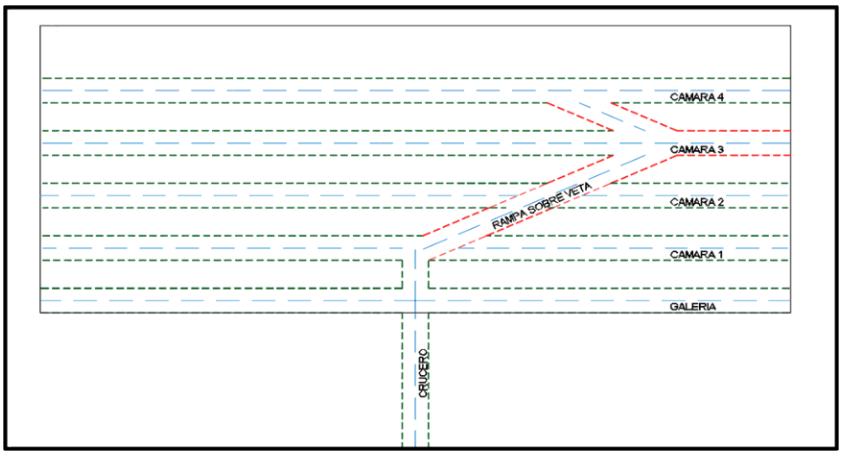
Figura 28. Corte y Relleno ascendente con la variante ZigZag – dimensionamiento del tajo



Fuente elaboración propia.

Luego de ello se procederá a construir la rampa sobre estructura (de acuerdo a la fórmula planteada en el ítem 4.2.1. Conforme se va dando el avance de la Rampa se debe iniciar también con las cámaras hacia ambas alas de la misma.

Figura 29. Diseño con la variante ZigZag



Fuente elaboración propia.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Culminado el metraje de la galería base, se podría iniciar con el minado sin necesidad de que se culmine la rampa o las camas superiores, pues podrían ejecutarse posterior al minado en retirada de la galería base, como se puede verificar en la Figura en la cual podemos ver el Tj 0560 y la apertura de Cámaras en simultaneo para tener varios frentes de trabajo y aporte continuo de mineral.

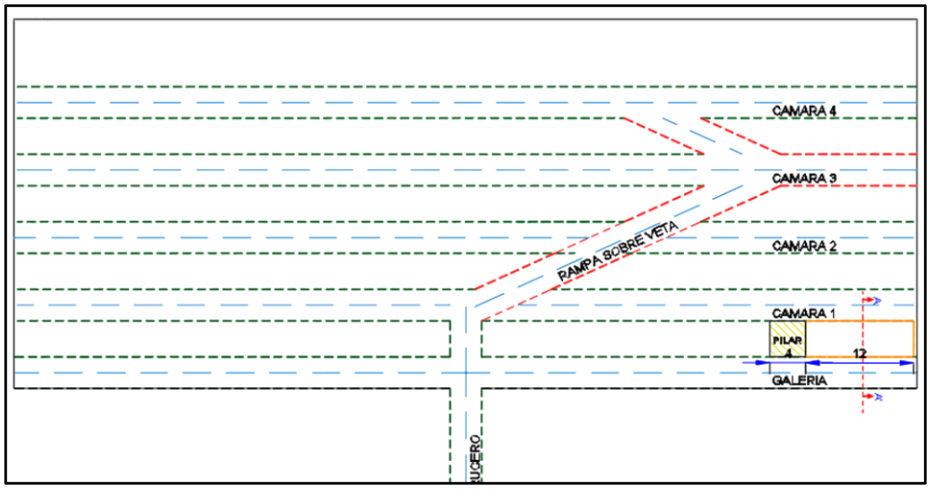
Figura 30. Minado del Tj 0560 Nv 6 –veta Coturcan.

Fuente: Plan Anual 2021.

Delimitado en hacia las alas del tajo procederemos a realizar el minado en realce de los tramos según recomendación geomecanica (configuraciones de 15 m de realce intermediado con un pilar de 4 metros) de acuerdo al tipo de roca.

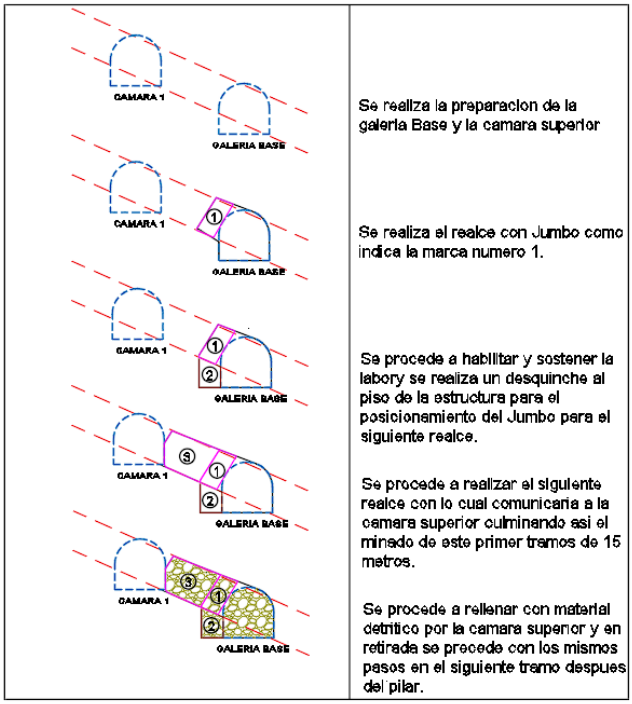
Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 31. Secuencia de Minado en realce – Método de Minado corte y relleno ascendente.



Fuente elaboración propia.

Figura 32. Secuencia de Minado en realce – Método de Minado corte y relleno ascendente.



Fuente elaboración propia.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

4.3. Incremento de la producción mensual en la mina Coturcan

Para determinar la producción mensual se ha realizados los siguientes cuadros:

Tabla 9. Producción mensual en la mina Coturcan.

TM (toneladas/mes)	MESES													
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total, general	%
2021	**65,521**	**78,926**	**80,906**	**85,829**	**88,109**	**87,854**	**90,387**	**94,878**	**89,249**	**88,221**	**86,626**	**113,728**	**1,050,235**	
MINA CARIDAD	22,288	27,904	24,972	23,127	25,230	26,117	26,295	28,964	26,103	27,186	26,594	32,178	**316,958**	30%
MINA COTURCAN	27,159	33,611	36,068	41,858	46,022	41,454	46,987	46,840	45,777	45,437	42,433	59,346	**512,993**	**49%**
MINA HERCULES	16,075	17,411	19,865	20,843	16,858	20,282	17,104	19,075	17,369	15,597	17,599	22,204	**220,283**	21%
Total general	**65,521**	**78,926**	**80,906**	**85,829**	**88,109**	**87,854**	**90,387**	**94,878**	**89,249**	**88,221**	**86,626**	**113,728**	1,050,235	100%
TM (toneladas/mes)	**MESES**													
	Ene.	**Feb.**	**Mar.**	**Abr.**	**May.**	**Jun.**	**Jul.**	**Ago.**	**Set.**	**Oct.**	**Nov.**	**Dic.**	**Total, general**	**Dif.**
MINA COTURCAN														
2020	35,928	42,361	40,743	32,758	33,665	34,923	39,386	42,821	38,440	40,265	34,485	43,190	**458,964**	
2021	27,159	33,611	36,068	41,858	46,022	41,454	46,987	46,840	45,777	45,437	42,433	59,346	**512,993**	**54,029**
Total, general	**63,086**	**75,972**	**76,811**	**74,617**	**79,686**	**76,377**	**86,374**	**89,661**	**84,217**	**85,702**	**76,918**	**102,536**	**71,957**	

Fuente: Elaboración propia.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Tabla 10. Numero de tajos en producción mensual en la mina Coturcan

# tajos/mes	MESES													
	Ene.	**Feb.**	**Mar.**	**Abr.**	**May.**	**Jun.**	**Jul.**	**Ago.**	**Set.**	**Oct.**	**Nov.**	**Dic.**	**Total, general**	**%**
							MINA COTURCAN							
AVANCE	13	15	12	19	37	32	9	12	17	8	23	17	214	
CAM&PILAR	1	1	1	1	1	1	1					1	8	
C&RA (Clasico)	8	7	8	7	5	5	4	7	8	7	6	4	76	
C&RA (Realce con pilares)	5	9	13	11	10	8	14	18	20	13	18	16	155	
ZIGZAG (Rampa en veta)	**3**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**5**	**5**	**4**	**5**	**3**	**4**	**49**	
SLS	2	3	2	2	2	2	4	1	3	3	2	3	29	
Total general	**32**	**39**	**40**	**44**	**59**	**52**	**37**	**43**	**52**	**36**	**52**	**45**	**531**	**114.3%** Superior

Fuente: Elaboración propia.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Tabla 11. Diferencia de producción antes y después de aplicar el método Corte y Relleno ascendente con la variante ZigZag.

Producción (TM/MES)	ene-21	feb-21	mar-21	abr-21	may-21	jun-21	jul-21	ago-21	sep-21	oct-21	nov-21	dic-21	Total general	Dif.
						MINA COTURCAN								
2,020	**35,928**	**42,361**	**40,743**	**32,758**	**33,665**	**34,923**	**39,386**	**42,821**	**38,440**	**40,265**	**34,485**	**43,190**	**458,964**	
2,021	**27,159**	**33,611**	**36,068**	**41,858**	**46,022**	**41,454**	**46,987**	**46,840**	**45,777**	**45,437**	**42,433**	**59,346**	**512,993**	**54,029**
Total general	**63,086**	**75,972**	**76,811**	**74,617**	**79,686**	**76,377**	**86,374**	**89,661**	**84,217**	**85,702**	**76,918**	**102,536**	**971,957**	
Producción (TM/MES)	**ene-21**	**feb-21**	**mar-21**	**abr-21**	**may-21**	**jun-21**	**jul-21**	**ago-21**	**sep-21**	**oct-21**	**nov-21**	**dic-21**	**Total general**	
						MINA COTURCAN								
AVANCE	741	1,053	405	583	779	1,018	1,155	941	415	1,228	587	749	783	
CAM&PILAR	6,371	4,207	4,429	4,221	496	2,548	4,273					2,037	3,573	
C&RA (Clasico)	2,466	2,038	2,180	2,714	1,567	2,214	1,791	1,619	1,787	2,305	2,311	2,321	2,124	
C&RA (Realce con pilares)	2,029	1,458	1,605	1,516	2,540	1,658	2,432	2,364	1,842	2,182	1,849	2,750	2,055	
ZIGZAG (Rampa en veta)	**2,745**	**4,100**	**6,012**	**4,285**	**3,063**	**3,595**	**4,420**	**4,825**	**4,727**	**5,241**	**3,986**	**5,036**	**4,406**	
SLS	4,490	4,062	2,580	3,252	2,447	1,269	2,100	360	2,376	1,722	2,156	4,781	2,758	
Total general	**1,971**	**1,948**	**1,920**	**1,696**	**1,351**	**1,469**	**2,334**	**2,085**	**1,620**	**2,381**	**1,479**	**2,279**	**1,830**	

Fuente: Elaboración propia.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

4.4. Indicadores de Productividad en la mina Coturcan

En base a los resultados mostrados en el punto 4.3 donde se muestras los resultados de producción podemos calcular los siguientes indicadores de productividad:

Tabla 12. Cuadro de indicadores de Productividad Corte y Relleno ascendente con las variantes Realce con pilares y ZigZag.

INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD		C&RA (Realce con pilares)	ZIGZAG (Rampa en veta)
1	DM% (disponibilidad mecanica SCOOP)	86%	83%
2	UE% (utilizacion efectiva SCOOP)	63%	73%
3	TM/Hr mq (SCOOP)	79	85
4	TM/h-g	25.31	19.68
5	Kg (explosivo)/TM	0.42	0.66

Fuente: Elaboración Propia

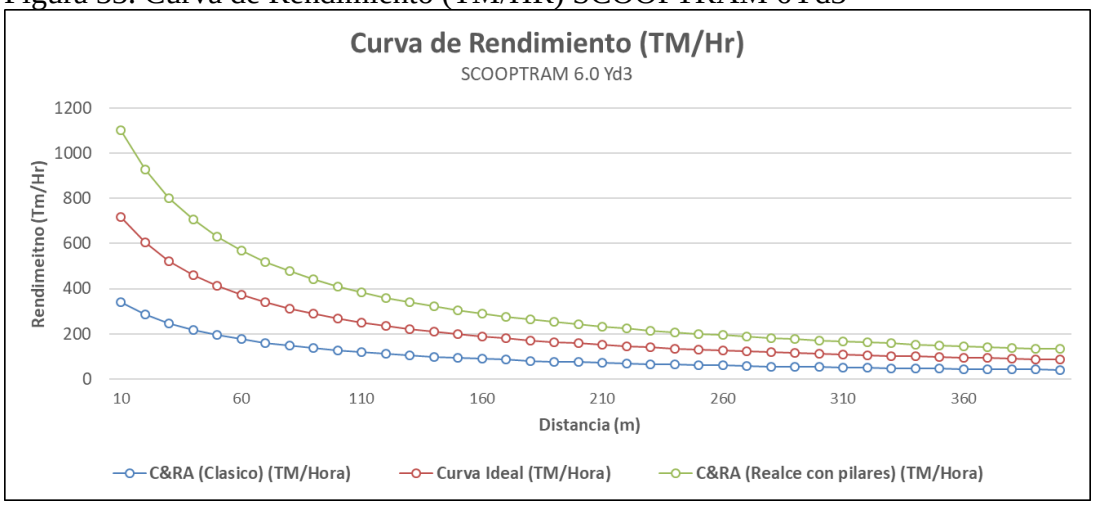
Con respecto al punto 1 DM% (disponibilidad mecánica), esta se ve reducida debido a las gradientes usadas en este método (hasta + 15%), lo cual ocasiona un desgaste adicional al sistema articulación del equipo así como el sistema hidráulico para el levante del lampón.

Con respecto al punto 2 UE% (utilización efectiva) este se incrementa debido a que el método Corte y relleno con la variante ZIGZAG genera varios frentes de ataque esto permite que se reduzca la demora operativa de traslados en vacío del equipo SCOOPTRAM y se pueda centralizar un equipo en el tajo.

Con respecto al punto 3 toneladas por hora movidas con SCOOPTRAM, este también se ve incrementado por la poca maniobrabilidad necesaria en la variante en estudio, además de ello la granulometría generada es menor, adicional a ello las áreas generadas van sirviendo como cámaras de acumulación temporal y así habilitar de manera más rápida el frente de trabajo.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 33. Curva de Rendimiento (TM/HR) SCOOPTRAM 6Yd3



Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra en el grafico generado con toma de tiempos en campo el rendimiento en la variante ZIGZAG es mayor al promedio y también al método anterior.

Con respecto al punto 4 Toneladas por hombre guardia, este también se ve incrementado al igual que el scooptram por la eliminación de demoras operativas de traslado de labor por lo cual la centralización de operación genera el incremento mostrado.

Con respecto al punto 5, Factor de potencia este indicador se ve incrementado, debido a que parte de la explotación en esta variante se realiza con frentes y el consumo de explosivos es mayor en este caso alrededor de 1.05 Kg/TM por lo cual en el promedio estaría con 0.66 Kg/TM.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

4.5. Costo de minado en la mina Coturcan

Los costos de acuerdo al método de explotación son:

Tabla 13. Costos de acuerdo al método de explotación Corte y relleno ascendente y Corte y Relleno ascendente con la variante ZigZag.

Método de explotación	Unidad	C&RA (Realce con pilares)	ZIGZAG (Rampa en veta)
Mina		Coturcan	Coturcan
Tipo de perforación		Realce	Frente/Realce
Potencia	m.	3.0	3.0
Ancho de Minado	m.	3.2	3.5
Buzamiento	°	24	24
Dilución	%	18%	27%
Recuperación	%	88%	85%
Preparación		**15.20**	**14.30**
Explotación		**14.78**	**15.11**
Perforación		2.24	3.52
Voladura		1.09	1.65
Acarreo		2.86	2.26
Sostenimiento		1.80	1.43
Transporte		2.68	2.68
Relleno		2.43	1.92
Servicios auxiliares		1.66	1.66
COSTO DE MINADO		**29.98**	**29.41**
Servicios administrativos mina		3.53	3.53
Servicios auxiliares mina		4.35	4.35
Costo planta		11.00	11.00
Administrativos Lima		5.00	5.00
Total USD/TM		**53.86**	**53.29**

Fuente: Elaboración propia.

4.6. Análisis e interpretación de la Información

Aplicación del método Corte y Relleno ascendente con la variante zigzag.

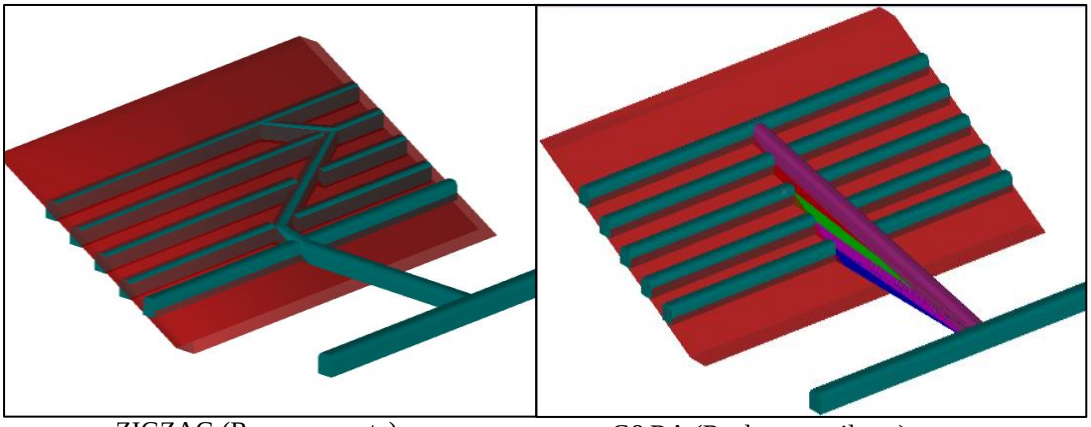
Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Tabla 14. Nueva clasificación del método de explotación en vetas en la mina Coturcan.

	Método	Buz veta min	Buz veta max
1	CAM&PILAR	0º	9º
2	ZIGZAG (Rampa en veta)	10º	24º
3	C&RA (Realce con pilares)	25º	40º
4	C&RA (Clasico)	41º	45º
5	SLS	45°	90°

Fuente: Elaboración propia.

Figura 34. Esquema de los métodos de explotación Corte y Relleno ascendente con la variante ZigZag y Corte y relleno ascendente.



ZIGZAG (Rampa en veta) C&RA (Realce con pilares)

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en el cuadro anterior la presente tesis trata de optimizar los tajos que podrían adecuarse el Zigzag, por lo cual se hará hiso una revisión al costo de minado donde se realizó el comparativo del método de corte y relleno con pilares y el zigzag obteniendo los siguientes resultados:

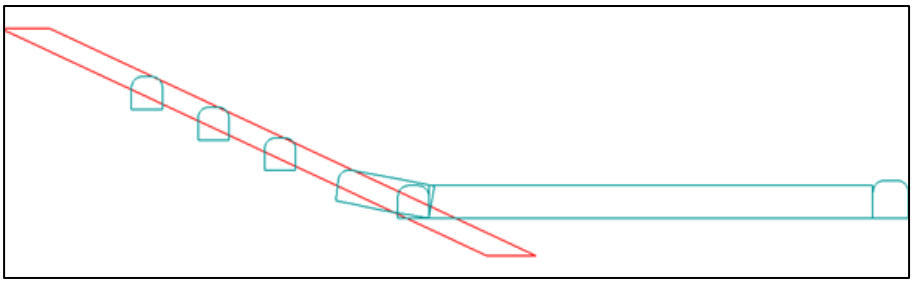
Los costos de explotación son: para el método explotación Corte y relleno ascendente de US$ 53.86 / Tm., y para el método Corte y Relleno ascendente con la

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

variante ZigZag es de US$ 53.29 / Tm., produciendo un ahorro de US$ 0.57 / Tm., además se puede observar que con la variante Zigzag se tendrá mayor dilución, puesto que buen parte del minado será con frentes de avance, además de ello el método tiene una menor recuperación por la presencia de los pilares dejados para la estabilidad del tajo.

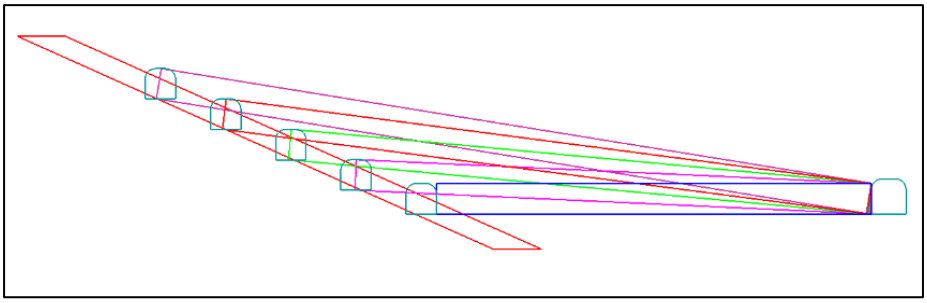
También se ve una reducción de costo de preparación, puesto que este método no requiere realizar los batidos de brazo o acceso para cambiar de piso de minado, a cambio de ello esta usa una rampa sobre veta.

Figura 35. Vista en perfil – Minado con la variante Zigzag (rampa sobre veta)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 36. Vista en perfil – Minado Corte y Relleno Ascendente (batido de acceso)



Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al costó de explotación con la variante Zigzag es más barato en US$ 0.57 / Tm., esto debido a que su minado es con frentes de avance. Haciendo un recuento en el cumplimiento de metas físicas, durante la aplicación de la variante

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Zigzag pudo observarse que la mina Coturcan tuvo un incremento en su producción en 54,029 Tm en el año; esto debido a que se incrementó la cantidad de tajos con la nueva variante Zigzag, lo cuales han mostrado que en comparación a su anterior método (corte y relleno ascendente con pilares) este presenta un incremento de productividad mayor del 100% , pues en promedio el porte mensual de un Tajo con el método anterior es de 2,055 Tm/mes, pero con la nueva variante está llegando a 4,400 Tm/mes. Como se puede observar al cambiar la metodología de minado de Corte y Relleno ascendente con pilares a Zigzag ha traído un gran aporte en el incremento de productividad, reducción del costo de preparación y mayor aporte de mineral mensual gracias a que el método representa una variante altamente productiva y versátil.

4.7. Discusión de Resultados

- Al realizar el proceso de análisis de costos se pudo mostrar que este método es más caro en su explotación 15.11 $/TM, esto debido a que buena parte del mineral producido es mediante frentes de avance, por lo cual su impacto en el costo hace que el método encarezca, por otro lado el costo de preparación se ve reducido 14.30 $/TM esto debido a dos factores: La primera es que este método no requiere brazos basculantes (batido de acceso) y segundo la preparación de la rampa sobre veta es realizado en mineral, por lo cual este desde su primer disparo ya va aportando mineral a la producción.

- Así mismo se pudo ver que la mina Coturcan tuvo un incremento en su producción anual de 54,029 TM, esto debido al incremento de tajos con la variante Zigzag.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

- La aplicación de la nueva variante es altamente productiva teniendo un incremento de más del 100% de producción mensual por cada tajo, incrementando de 2,055 TM/mes a 4,406 TM/mes.

4.8. Aporte del tesista

- Se logró desarrollar un modelo matemático para el diseño y control de la rampa sobre veta la cual es la preparación clave de la variante de explotación ZIGZAG.

- Se pudo mostrar de manera descriptiva la aplicación de la variante del método de explotación, con lo cual según de información anualizada expuesta es una variante altamente productiva.

- En consecuencia, el aporte de la presente investigación servirá de guía para la posteriores implementaciones técnico-económicas en el cual se quiera optimizar alguna metodología de explotación minera.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

CONCLUSIONES.

1. La aplicación del método corte y relleno ascendente con la variante Zigzag incremento la productividad de la Mina Coturcan, dando un aporte anual de 512,993 TM/anuales con un incremento de 54,029 TM.

2. Se determinó los parámetros geométricos de diseño para la ejecución de la rampa sobre veta del método corte y relleno ascendente con la variante ZIGZAG, en el cual se definió la sección de trabajo según los equipos usados, las gradientes y la implementación del modelo matemático para el diseño y ejecución de la rampa sobre veta.

$$\boldsymbol{\omega^\circ = 90^\circ - cos^{-1}\left(\frac{sin\,\alpha^\circ}{sin\,\beta^\circ}\right)}$$

Donde:

ω° : Angulo entre el rumbo de la veta y la dirección de la rampa.

β° : Buzamiento de la veta (DIP).

α° : Gradiente o inclinación del proyecto a Ejecutar (Rampa en Veta).

3. Se determinó que con la aplicación del método corte y relleno ascendente con la variante Zigzag, se incrementó la producción mensual esto debido a que el método es altamente productivo por tener varios frentes de minado dando un incremento mayor al 100%.

4. Se concluye además que con la aplicación del método corte y relleno ascendente con la variante Zigzag tiene una reducción del costo de minado a 53.29 $/TM, esto

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

básicamente a la reducción del costo de preparación (evitar brazos basculantes y tener preparación con aporte de mineral)

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

RECOMENDACIONES

1. Para un mejor control en la ejecución de la rampa sobre veta se recomienda tener identificada la geometría de la veta tipo manto, por lo cual es necesario contar con la información geológica adecuada.

2. Para la aplicación del método corte y relleno ascendente con la variante Zigzag de la variante es necesario contar con un jumbo frontonero que sea exclusivo para la producción de estos tajos, pues al minar con frentes de avance estos requerirán estos recursos.

3. Al momento que se realice adecuaciones de este método en un tajo en explotación se debe tener en cuenta que la evaluación geomecánica deberá tener en cuenta las excavaciones ya generadas con el minado anterior.

4. Realizar reevaluaciones trimestrales para la identificación de oportunidades de mejora en el método.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Área de planeamiento. (s.f.). *Mina Coturcan Compañía Minera Lincuna S.A.*

Chacaltana Rodriguez, P. (2019). *Trade off – Corte y Relleno Ascendente y Tajeo por Subniveles para el cuerpo Copola de la mina Francis.* [Tesis de Pregrado]. Pontificia Universidad Católica Del Perú Facultad De Ciencias E Ingeniería. Lima Perú.

Compañía Minera Lincuna S.A.C. (2021). *Plan Anual* .

Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A. (2019). *Plan Anual de minado 2013 de la compañía minera San Ignacio de Morococha S.A., Área de Planeamiento.*

Córdova Mondragón, M. . (2019). *Análisis del método de corte y relleno ascendente semimecanizado, frente al método Long Wall en la producción de mineral del tajo 6520, NV 2760, Compañía Minera Poderosa S.A.* [Tesis de pregrado] Universidad Nacional de Piura, Facultad de Ingeniería de Minas.

Decreto Supremo N° 024-2016-EM. (2016). *Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería.* Lima Perú.

Geotec Consulting S.A.C. 2019. (2019). *Reporte técnico.* Ticapampa, Perú.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. . (2006). *Metodología de la Investigación.* Editorial Mc Graw Hill, Cuarta Edición. México.

Herrera, J. y Gómez, J. (2007). *Diseño de Explotaciones e Infraestructuras Mineras Subterráneas.* Universidad Politécnica de Madrid Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Minas. Madrid, España.

Llanque Maquera, O. (1999). *Explotación Subterránea Métodos y Casos Prácticos.* Editorial Perú Offset Editores. Lima, Perú.

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

Reyes Rosales, A. (2013). *Variante del método de cámaras y pilares Zigzag.* [Tesis de Pregrado] Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica. Lima, Perú.

www.google.com/. (s.f.). *search?q=metodo+cientifico&oq=metodo+ceintifico&aqs=chrome.1.69i57j0i10i131i433j0i10i433j0i10j0i10i131i433j0i10l5.6917j1j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8.*

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

ANEXOS

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

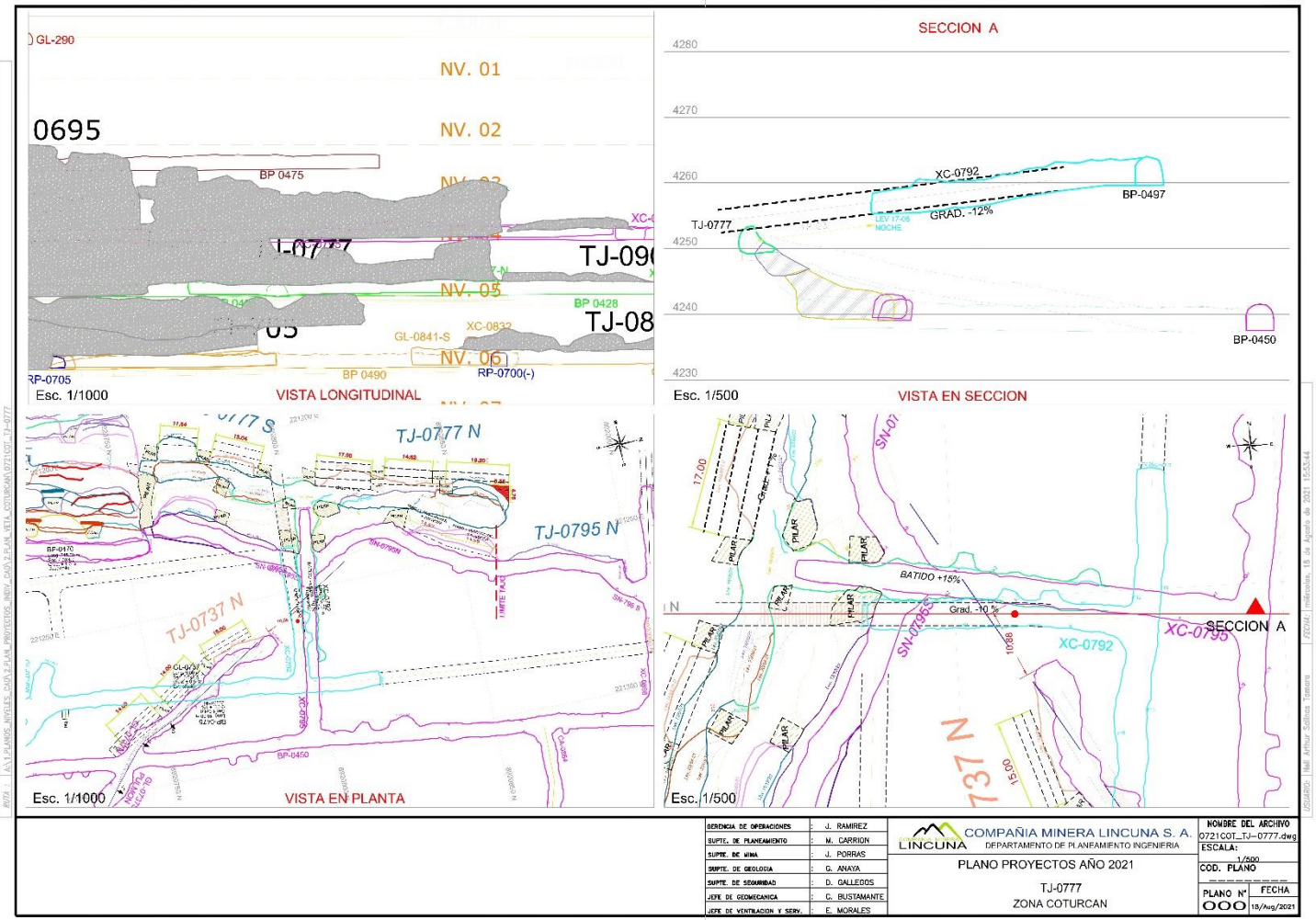
ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIAS

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA	POBLACION
Problema General ¿La aplicación del método corte y relleno ascendente con la variante zigzag, permitirá incrementar la Productividad de en la Mina Coturcan Compañía Minera Lincuna S.A.?	**Objetivo General** Incrementar la productividad en la Mina Coturcan, mediante la aplicación del método corte y relleno ascendente con la variante zigzag en la Compañía Minera Lincuna S.A.	**Hipótesis General** Con la aplicación del método corte y relleno ascendente con la variante zigzag se incrementará la productividad en la mina Coturcan Compañía Minera Lincuna S.A.	**Variable Independiente (x)** Aplicación del método corte y relleno ascendente con la variante Zigzag. **Variable dependiente (y)** Incremento de la productividad.	**Tipo** El tipo de Investigación es aplicativa **Nivel de la investigación** El nivel será de investigación descriptiva. **Método** Científico, No experimental - Descriptivo.	**Población** La población estará constituida por los diferentes Tajos de la Mina de la Compañía Minera Lincuna S.A., que se encuentran en operación actualmente. . **Muestra** La unidad de análisis estará constituida por los tajos de la Mina Coturcan, con la finalidad de incrementar la productividad mediante la aplicación del método corte y relleno ascendente con la variante zigzag.
Problemas específicos	**Objetivos específicos**	**Hipótesis específicas**			
Cómo influirán los parámetros geométricos para la ejecución de la rampa sobre veta del método corte y relleno ascendente con la variante zigzag en la mina Coturcan Compañía Minera Lincuna S.A.?	Determinar parámetros geométricos de diseño para la ejecución de la rampa sobre veta del método corte y relleno ascendente con la variante zigzag en la mina Coturcan Compañía Minera Lincuna S.A.	La determinación de parámetros geométricos de diseño para la ejecución de la rampa sobre veta del método corte y relleno ascendente con la variante zigzag influirá positivamente en su adecuada construcción.			
¿La aplicación del método corte y relleno ascendente con la variante zigzag, permitirá incrementar la Producción Mensual en la Mina Coturcan de la Compañía Minera Lincuna S.A.?	Determinar si con la aplicación del método corte y relleno ascendente con la variante zigzag se incrementará la producción mensual en la mina Coturcan Compañía Minera Lincuna S.A.	La aplicación del método corte y relleno ascendente con la variante zigzag se incrementará la producción mensual en la mina Coturcan Compañía Minera Lincuna S.A.			
¿La aplicación del método corte y relleno ascendente con la variante zigzag, permitirá reducir el costo de minado en la Mina Coturcan de la Compañía Minera Lincuna S.A.?	Determinar si con la aplicación del método corte y relleno ascendente con la variante zigzag se reducirá el costo de minado en la mina Coturcan Compañía Minera Lincuna S.A.	La aplicación del método corte y relleno ascendente con la variante zigzag se reducirá el costo de minado en la mina Coturcan Compañía Minera Lincuna S.A.			

Fuente: Elaboración propia.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

ANEXO N° 02: VISTA DE LOS LA ZONA A APLICAR EL MÉTODO.



Fuente: Área de Planeamiento.

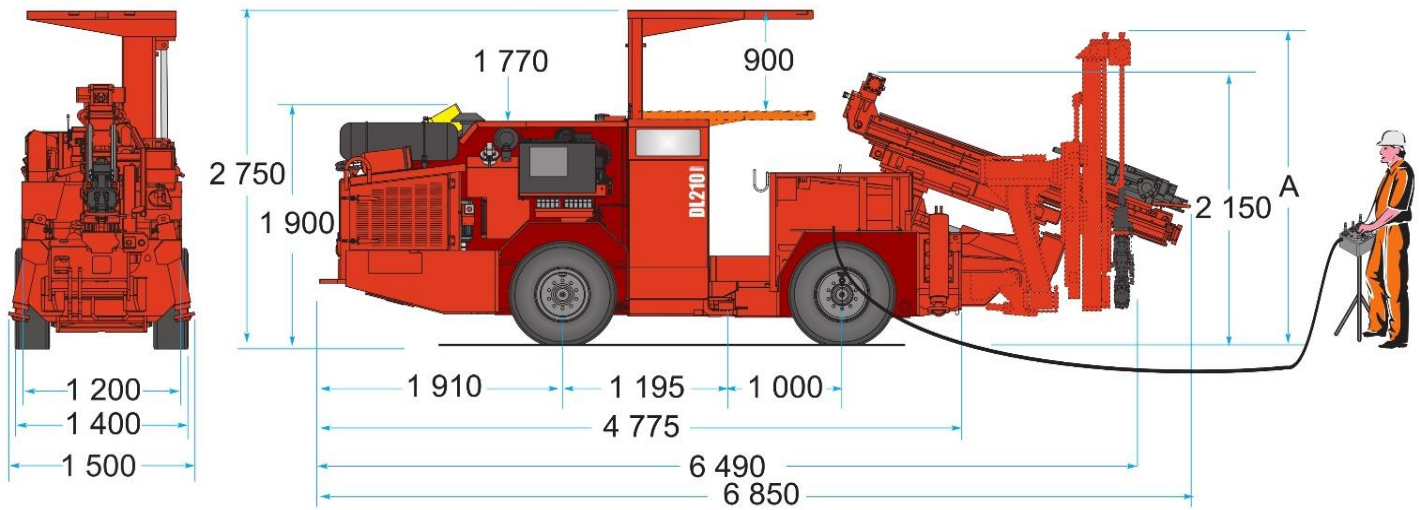
Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

ANEXO N° 03: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO DE PERFORACIÓN DE TALADROS LARGOS DL-210 SANDVIK.

SANDVIK

SECTIONS HEIGHT

Feed	Rod	Mini A	Maxi B
LHF2003	915 mm	2 700 mm	3 700 mm
LHF2004	1 220 mm	3 000 mm	4 000 mm
LHF2005	1 525 mm	3 300 mm	4 300 mm



All dimensions in mm

Fuente: Área de Planeamiento.

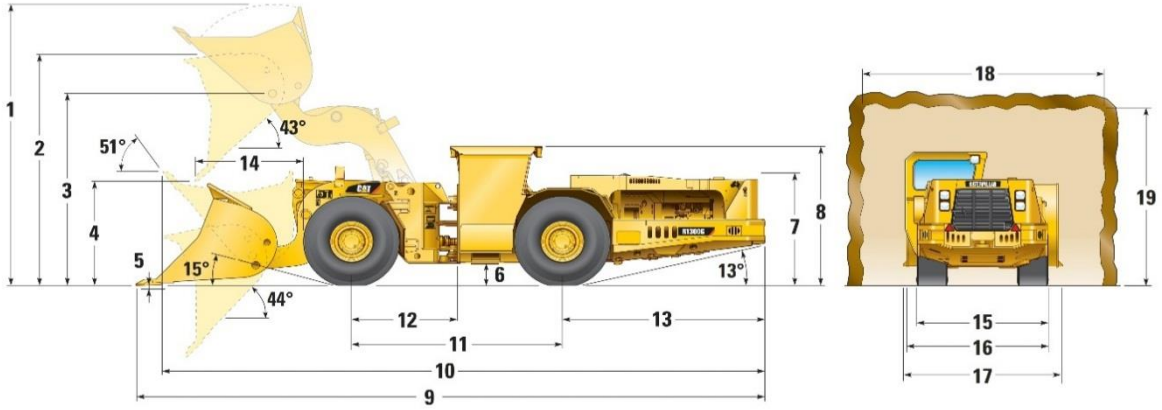
Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

ANEXO N° 04: ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO DE LIMPIEZA SCOOPTRAM CAT R1300 4.2 YD3

R1300G Underground Mining Loader Specifications

Dimensions

All dimensions are approximate.



	243-5577 Dump Bucket		186-9278 Dump Bucket		243-6143 Dump Bucket		243-6224 Dump Bucket		157-3622 Ejector Bucket	
Bucket Capacity	2.4 m³	3.1 yd³	2.8 m³	3.7 yd³	3.1 m³	4.1 yd³	3.4 m³	4.4 yd³	2.4 m³	3.1 yd³
	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
Bucket Width over Cutting Edge	1950	76.8	2010	79.1	2200	86.6	2400	94.5	2200	86.6
1 Height – Bucket Raised	4234	166.7	4302	169.4	4302	169.4	4302	169.4	4302	169.4
2 Height – Max Dump	3550	139.8	3531	139.0	3531	139.0	3531	139.0	3579	140.9

Fuente: Área de Planeamiento.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

ANEXO N° 05: FORMATO DE REPORTE DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN Y LIMPIEZA

REPORTE DE PRE-USO Y USO DE EQUIPO DE PERFORACION

EMPRESA:		EQUIPO:		FECHA:	
MINA:		MODELO:		TURNO:	
OPERADOR:					

DESCRIPCIÓN	HOROMETRO	MOTOR DIESEL	PERCUSIÓN (1)	PERCUSIÓN (2	CODIGO DE RELLENO DE:			
INICIAL					PETRÓLEO (Gl)		AC. TRANSM.(Gl)	
FINAL					AC. MOTOR (Gl)		AC. HIDRAU (Gl)	
					GRASA (Kg)		AC. PERFOR (Gl)	

HORAS		CODIGO		TRABAJO		MALLA	N° TALA-DROS	LONG. PIE PERF	OBSERVACIONES
INICIAL	FINAL	ACTIVID	DEMORA	NIVEL	LABOR	m^2			

COD		ACTIVIDADES OPERATIVAS
101		PERF. HORIZONTAL
102		PERF. VERTICAL
103		PERF. DE FRENTE
104		PERF. BANQUEO
105		PERF. RADIAL
106		PERF. DESQUINCHE
107		PERF. PRODUCCION
108		PERF. RECORTE
109		PERF. PARA PERNOS
110		CARQUIO DE FRENTE
111		
112		

COD	DEMORAS OPERATIVAS
201	ABASTECIM. COMBUSTIBLE
202	EN ESPERA DE ORDEN
203	TRASLADO DE EQUIPO
204	FALTA DE VENTILACION
205	REGADO Y DESATADO
206	INSTALAC. AGUA / ENERGIA
207	CAMBIO DE ACCESORIOS
208	ESPERA FRENTE DE TRABAJO
209	FALTA INSUMOS/ACCESORIOS
210	ESPERA LIMPIEZA DE FRENTE
211	FALTA DE AGUA
212	OTRAS DEMORAS OPERATIVAS

COD	DEMORAS NO OPERATIVAS
301	FALLA MECANICA
302	MANTENIMIENTO PROGRAMADO
303	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
304	FALLA ELECTRICA
305	FALTA DE ENERGIA ELECTRICA
306	OTRAS DEMORAS NO OPERATIVAS
307	

COD	DEMORAS OPERATIVAS (2)
401	REPARTO DE GUARDIA
402	CHEQUEO DE MAQUINA
403	REFRIGERIO

OBSERVACIONES:	PENDIENTES - FINAL DE GUARDIA:

ESTADO DEL EQUIPO AL FINAL DE GUARDIA			EQUIPO QUEDA EN:	AREA	LABOR:
	OPERATIVO				
	INOPERATIVO				

OPERADOR

SUPERVISOR

Fuente: Área de Planeamiento.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

REPORTE DE PRE-USO Y USO DE SCOOP

COMPAÑÍA:		001 -	N° 000001	FECHA:	
MINA/ZONA:				TURNO	D / N
EQUIPO:		MODELO:		N°	
OPERADOR:					

HOROMETRO	
INICIAL	FINAL

RELLENO DE:					
PETRÓLEO (GI)		AC. HIDRÁULICO (GI)		AC. MAND.FINALES (GI)	
AC. MOTOR (GI)		AC.TRANSMISIÓN (GI)		REFRIGERANTE (GI)	

HORA		CODIGOS	TRABAJO		LAMPADAS	OBSERVACIONES
INICIAL	FINAL	ACTIVID	LABOR INICIAL	LABOR FINAL		

COD	ACTIVIDADES OPERATIVAS
101	LIMPIEZA DE MINERAL
102	ACUMULACION DE MINERAL
103	LIMPIEZA DE DESMONTE
104	ACUMULACIÓN DE DESMONTE
105	CARGUIO DE MINERAL
106	CARGUIO DE DESMONTE
107	SERVICIOS
108	OTROS TRABAJOS EN LABOR
109	RELLENO

COD	DEMORAS OPERATIVAS (1)
201	EN ESPERA DE ORDEN
202	ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE
203	TRASLADO DE EQUIPO
204	FALTA DE VENTILACION
205	REGADO Y DESATADO
206	OTRAS DEMORAS OPERATIVAS
207	CHEQUEO DE MAQUINA
208	REFRIGERIO
209	INDUCCIÓN/CAPACITACIÓN

COD	DEMORAS NO OPERATIVAS (2)
301	MANTENIMIENTO PROGRAMADO
302	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
303	FALLA MECANICA
304	FALLA ELECTRICA

ESTADO DEL EQUIPO AL FINAL DE GUARDIA			
OPERATIVO		INOPERATIVO	

OBSERVACIONES:

PENDIENTES - FINAL DE GUARDIA:

Firma Supervisor

Firma Operador

Fuente: Área de Planeamiento.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú