UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

Escuela Profesional de Ingeniería de Minas

DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES MÍNIMAS DE LOS POLÍGONOS DE MINERAL PARA OPTIMIZAR EL CONTROL DE DILUCIÓN OPERACIONAL DURANTE EL PROCESO DE CARGUÍO DE MINERAL EN TAJO SAN GERARDO, UNIDAD MINERA ATACOCHA, CERRO DE PASCO 2018

TESIS

PRESENTADO POR:

BACH. JESÚS AMÉRICO MENDOZA QUILLI

Para optar por el Título Profesional de:

INGENIERO DE MINAS

MOQUEGUA -PERU

2018

014

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

FOLIO N° .....

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Según Resolución... COMISION ORGANIZADORA N° 262-2019-UNAM

El Jurado Dictaminador ha calificado la defensa de la tesis:

TITULADA:

DETERMINACION DE LAS DIMENSIONES MINIMAS DE LOS POLIGONOS DE MINERAL PARA OPTIMIZAR EL CONTROL DE DILUCION OPERACIONAL DURANTE EL PROCESO DE CARGUIO DE MINERAL EN TAJO SAN GERARDO, UNIDAD MINERA ATACOCHA, CERRO DE PASCO 2018.

Asesor:..... Mgt. ARQUIMEDES LEON VARGAS LUCQUE

Asesor Externo:.....

Tesista: BACH. JESÚS AMÉRICO MENDOZA QUILLI

Dictamina como.....APROBADO.....por.....UNANIMIDAD.....

La defensa del tema de investigación con la nota: .....CATORCE..... (14)

Por lo que....S.I.....opta el Grado de Ingeniero de Minas.

Siendo las..11.00...horas, del.....17.....de.....ABRIL.....del año..2019.....

se procede a firmar la presente.

Presidente del Jurado

Primer Miembro
ING. AGAPITO FLORES JUSTO

Segundo Miembro
Ing. JESUS ANTONIO DURAN ESTUES

Tesista
Jesús Americo Mendoza Quilli

DEDICATORIA

A Dios, a mi familia y a Elizabeth los seres más importantes de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Moquegua y a los Docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas por brindarme todos los conocimientos para realizar mis estudios.

Al Mgr. Ing. Arquímedes León Vargas Luque, por el apoyo brindado en la dirección de la presente investigación, por su amistad y compañerismo.

A los compañeros de la universidad por las aportaciones atinadas muchas gracias.

Al área de Planeamiento de la contrata PEVOEX y a la Unidad Minera ATACOCHA. A las grandiosas personas que lo conforman, por el apoyo brindado para realizar este presente trabajo de investigación.

RESUMEN

En minería, el planeamiento de minado a corto plazo tiene importancia preponderante en la concretización de los planes de minado de mediano y largo plazo los cuales cuantifican las metas esperadas de las compañías mineras. Su finalidad de buscar el mejor blending (Optimización de la mezcla de minerales en mineral y desmonte) por lo que es necesario implementar controles en los polígonos de mineral implicando la determinación de las dimensiones mínimas óptimas para mejorar control de dilución que sucede en las minas.

La siguiente investigación describe la aplicación del procedimiento propuesto para la determinación de las dimensiones mínimas de los polígonos de mineral a extraer que teniendo como finalidad optimizar el control de dilución operacional durante el proceso de carguío de mineral en Tajo San Gerardo, Unidad Minera Atacocha, Cerro de Pasco 2018.

En esta unidad se ha venido desarrollando las actividades extractivas con un frente de minado bajo condiciones empíricas, generando polígonos con dimensiones menores de 20 m de ancho y largo generando una cantidad mayor de dilución que se vienen presentando en planta de mina por no cumplir NSR(US$/Ton) , generando una falta de control de

planeamiento en las actividades de extracción , por lo que se ha visto la necesidad de realizar el análisis y determinar las dimensiones mínimas para optimizar el control de dilución.

En base a una amplia investigación sobre la excavadora 336D2L y el comportamiento del frente de minado de mineral, se realizó una recolección de datos de los polígonos de mineral y los cálculos respectivos para la determinación de las dimensiones. Los efectos alcanzados fueron contundentes con los datos de las investigaciones previas y las observaciones de campo asegurando que el procedimiento aplicar determina las dimensiones mínimas optimas de los polígonos de mineral con la finalidad de optimizar el control de dilución operacional.

ABSTRACT

In mining, short-term mining planning has a preponderant importance in the concretization of the medium and long-term mining plans, which quantify the expected goals of the mining companies. Its purpose is to look for the best blending (Optimization of the mineral mixture in ore and clearing) so it is necessary to implement controls in the mineral polygons implying the determination of the minimum optimal dimensions to improve dilution control that happens in the mines.

The following investigation describes the application of the proposed procedure for the determination of the minimum dimensions of the mineral polygons to be extracted that aiming to optimize the operational dilution control during the ore loading process in Tajo San Gerardo, Atacocha Mining Unit, Cerro de Pasco 2018

In this unit the extractive activities have been developed with a mining front under empirical conditions, generating polygons with dimensions less than 20 m wide and long, generating a greater amount of dilution that have been presented in the mine plant for not fulfilling NSR (US $ / Ton), generating a lack of planning control in the extraction activities, which has seen the need to perform the analysis and determine the minimum dimensions to optimize dilution control.

Based on extensive research on the 336D2L excavator and the behavior of the ore mining front, a data collection of the mineral polygons and the respective calculations were carried out to determine the dimensions. The effects achieved were conclusive with the data of the previous investigations and the field observations ensuring that the procedure applied determines the minimum optimal dimensions of the mineral polygons in order to optimize the operational dilution control.

CONTENIDO

DEDICATORIA III

AGRADECIMIENTOS IV

RESUMEN V

ABSTRACT VII

CONTENIDO IX

ÍNDICE DE FIGURAS XIV

ÍNDICE DE TABLAS XXI

LISTA DE ABREVIATURAS Y NOMENCLATURAS XXIII

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I 3

DESCRIPCIÓN DE COMPAÑÍA MINERA ATACOCHA 3

1.1 UBICACIÓN 3

1.2 RESEÑA HISTÓRICA 4

1.3 GEOLOGÍA REGIONAL 5

1.4 GEOLOGÍA LOCAL 7

1.5 ESTRATIGRAFÍA 7

1.6 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL 11

1.6.1 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL TAJO SAN GERARDO 12

1.6.2 DESCRIPCIÓN DE FALLAS 13

1.7 MINERALIZACIÓN 14

1.8 POTENCIAL MINERALÓGICO Y EXPLORACIONES 15

1.9 OPERACIONES MINERAS EN LA UNIDAD MINERA ATACOCHA

-TAJO SAN GERARDO 17

1.9.1 CICLO MINADO..... 18

1.9.2 DISEÑO TAJO SAN GERARDO 20

1.9.3 MÉTODO DE EXPLOTACIÓN..... 21

1.9.4 EQUIPOS..... 22

CAPÍTULO II..... 25

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 25

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA 25

2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA..... 26

2.2.1 INTERROGANTE GENERAL 26

2.2.2 INTERROGANTES SECUNDARIAS 27

2.3 JUSTIFICACIÓN..... 27

2.4 FORMULACIÓN DE OBJETIVOS..... 29

2.4.1 OBJETIVO GENERAL..... 29

2.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... 29

2.5 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS 29

2.5.1 HIPÓTESIS GENERAL..... 29

2.5.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICA..... 30

CAPÍTULO III..... 31

MARCO TEÓRICO 31

3.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 31

3.2 BASES TEÓRICAS 34

3.2. ANTECEDENTES DE LA CRISIS DE ZINC Y PLOMO..... 34

3.2.2 INDICADORES ECONÓMICOS GLOBALES QUE AFECTAN EL PRECIO ZINC Y PLOMO 35

3.2.3 TAJO SAN GERARDO 38
3.2.4 DIMENSIONES DE POLÍGONOS DE MINERAL Y GEOMETRÍA DE MINADO 39
3.2.4.1 DIMENSIONES DE POLÍGONOS DE MINERAL 40
3.2.4.2 GEOMETRÍA DE MINADO 40
3.2.5 ANCHO MÍNIMO DE MINADO 40
3.2.6 NSR DILUIDO 41
3.2.7 EVALUACIÓN ECONÓMICA EN UNIDAD MINERA ATACOCHA 43
3.2.8 RELACIÓN DE CARGUIO VS DILUCIÓN 45
3.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS 46
3.3.1 LEY CORTE 46
3.3.2 SELECTIVA MINERA 48
3.3.3 PLANIFICACIÓN MINERA 55
3.3.4 PROCESO DE PLANIFICACIÓN 59
3.3.5 PLANIFICACIÓN EN MINERÍA A CIELO ABIERTO 60
3.3.6 CONCILIACIÓN MINA-PLANTA 62
3.3.7 PROCESO DE CARGUIO 62
3.3.8 DILUCIÓN POR FORMA DE CARGUIO 63
CAPÍTULO IV 66
MARCO METODOLÓGICO 66
4.1 TIPO Y DISEÑO 66
4.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN 68
4.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES 68
4.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE 68

4.3.2 VARIABLE DEPENDIENTE 69
4.3.3 MATRIZ OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES 69
4.4 POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO 70
4.4.1 LA POBLACIÓN 70
4.4.2 MUESTRA 70
4.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS. 71
4.6 MÉTODOS Y TÉCNICAS PARA LA PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS 71
4.6.1 INTERPRETACIÓN Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS 72
CAPÍTULO V 74
PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS 74
5.1 PANORAMA ACTUAL 74
5.1.1 INVESTIGACIÓN PRELIMINAR 74
5.1.1.1 CREACIÓN DE POLÍGONOS 74
5.1.1.2 PLANIFICACIÓN Y RECEPCIÓN DE POLÍGONOS 75
5.1.1.3 PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL MARCADO DE POLÍGONOS 75
5.1.1.3.1 PERSONAL 75
5.1.1.3.2 EQUIPO PROTECCIÓN PERSONAL 76
5.1.1.3.3 EQUIPO / HERRAMIENTAS / MATERIALES 77
5.1.1.3.4 MARCADO DE POLÍGONOS DE MINERAL 79
5.1.1.3.5 RESTRICCIONES 85
5.1.1.4 COORDINACIÓN CON EL ÁREA DE OPERACIONES 85
5.1.2 ANALISIS DE PANORAMA ACTUAL 85
5.2 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS 108

5.2.1 PROCEDIMIENTO PROPUESTO 118

5.2.1.1 PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR EL ANCHO MÍNIMO ÓPTIMO DE POLÍGONO DE MINERAL 118

5.2.1.2 REALIZAR UNA SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN FRENTE MINADO DE MINERAL CON ANCHO POLÍGONO REDUCIDO..... 121

5.2.1.3 ANÁLISIS DEL PROCESO DE CARGUÍO DE POLÍGONO DE MINERAL EN LA SECCIÓN TRANSVERSAL DEL FRENTE MINADO121

5.2.1.4 DETERMINACIÓN DE LAS RELACIONES GEOMÉTRICAS ENTRE EL ANCHO DE CUCHARÓN Y EL FRENTE DE MINADO..... 123

5.2.1.5 PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LARGO MÍNIMO OPTIMO 125

5.2.1.6 ANÁLISIS DEL PROCESO DE CARGUÍO DE POLÍGONO DE MINERAL EN PERFIL DEL FRENTE MINADO 125

5.2.2 DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES MÍNIMAS DE LOS POLÍGONOS DE MINERAL 128

5.2.3 ANALISIS DE RESULTADOS..... 129

5.2.3.1 ANCHO MÍNIMO OPTIMO 140

5.2.3.2 LARGO MÍNIMO OPTIMO..... 141

5.3 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS..... 141

5.3.1 HIPÓTESIS GENERAL 141

5.3.2 PRIMERA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 142

5.3.3 SEGUNDA HIPÓTESIS ESPECIFICA..... 143

CONCLUSIONES 145

RECOMENDACIONES..... 148

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.Ubicación de la Mina Atacocha..... 3

Figura 2.Geología Estructural Tajo San Gerardo..... 13

Figura 3. Parámetros de Perforación y voladura..... 18

Figura 4.Cumplimiento TN de Mineral 19

Figura 5.Vista de proyectos en Tajo San Gerardo 19

Figura 6.Secuencia de Minado en Tajo San Gerardo 21

Figura 7.Variaciones de leyes de alimentación a planta con respecto a las leyes predichas por el estudio de Factibilidad 32

Figura 8.Comportamiento de Precio Zinc (2008-2018) 37

Figura 9.Comportamiento de Precio Plomo (2008-2018)..... 37

Figura 10.Efecto Soporte 49

Figura 11.Tipos de contacto entre estéril y mineral 53

Figura 12.Contacto mineral y desmonte 55

Figura 13.Proceso de carguío en Tajo San Gerardo 63

Figura 14.Forma de extracción de excavadora..... 64

Figura 15. Carguío de un polígono de mineral en Tajo San Gerardo 64

Figura 16.Esquema de extracción de polígono vista lateral..... 65

Figura 17.Metodología de la investigación..... 67

Figura 18.Metodología del Proyecto 72

Figura 19.Flujograma para determinar las dimensiones mínimas de los

polígonos de mineral 73
Figura 20.Muestreo de Blasthole 74
Figura 21.GPS Trimble R10 78
Figura 22.Personal de topografía utilizando el GPS Trimble R10 78
Figura 23.Clasificación(NSR US$/Ton) por colores 79
Figura 24.Plano Stock de materiales Tajo San Gerardo 80
Figura 25.Archivo nativo de datos por polígono mineral 80
Figura 26.Plano de conexión a labores subterráneas en Tajo San Gerardo 81
Figura 27.Personal en replanteo de polígonos de mineral 82
Figura 28.Personal topográfico con comunicación de los equipos. 83
Figura 29.Personal topografía y Geología en replanteo de polígono con tambor retráctil 83
Figura 30.Flujograma de marcado de polígono de mineral 84
Figura 31.Plan Mensual de Minado-TSG 86
Figura 32.Plan Semanal de Minado -TSG 87
Figura 33.Reparto de guardia diario 88
Figura 34.Coordinación de polígonos a minar durante el reparto de guardia diario 88
Figura 35.Revisión de los resultados del día anterior respecto al mineral producido durante el reparto de guardia diario 89
Figura 36.jefe de guardia de PEVOEX informando los polígonos de mineral por minar en el turno 90

Figura 37.Jefe de guardia de NEXA informando los polígonos de mineral por minar en el turno 90
Figura 38.Dispatch coordinando con el centro de control el minado de mineral 91
Figura 39.Personal ore control revisando los planos de stock para minado de mineral. 92
Figura 40.Madera en el frente de carguío de mineral 93
Figura 41.Inicio de minado de Mineral 93
Figura 42.Plano de rutas de mineral 94
Figura 43.Diseño de OP2 (Ore pass 2) 94
Figura 44.Carguío de polígono de mineral 95
Figura 45.Transporte de mineral hacia la balanza para pesaje 96
Figura 46.Balanza de pesaje de mineral 96
Figura 47.Volquete con mineral ingresando a balanza para pesaje 97
Figura 48.Volquete con mineral siendo pesado en la balanza 97
Figura 49.Módulo de pesaje de sistema de balanza electrónica 98
Figura 50.Reporte resumen de Módulo de pesaje de sistema de balanza electrónica 98
Figura 51.Reporte resumen Excel de Módulo de pesaje de sistema de balanza electrónica 99
Figura 52.Volquete saliendo de balanza para descargar en el OP2 (Ore pass 2) 100
Figura 53.Bocamina ingreso a OP2 (Ore pass 2) 100

Figura 54.Volquete ingresando a OP2 (Ore pass 2) para descarga mineral 101
Figura 55.Via a OP2 (Ore pass 2)..... 101
Figura 56.Volquete ingresando a OP2 (Ore pass 2) para descarga mineral 102
Figura 57.Volquete ingresando a OP2 (Ore pass 2) para descarga mineral 102
Figura 58.Volquete ingresando a OP2 (Ore pass 2) para descarga mineral 103
Figura 59.Hechadero de mineral OP2 (Ore pass 2)..... 103
Figura 60.Vista de Hechadero de mineral OP2 (Ore pass 2)..... 104
Figura 61.Diagrama de flujo de abastecimiento y procesamiento de mineral 104
Figura 62.Plano Geológico Tajo San Gerardo – Sistema de estructuras NW 105
Figura 63.Vista isométrica de taladros diamantinos Tajo San Gerardo . 106
Figura 64.Vetas de mineral Tajo San Gerardo..... 106
Figura 65.Vetas de mineral en Tajo San Gerardo modeladas con información de perforación diamantina y blastholes 107
Figura 66.Vetas de mineral en Tajo San Gerardo modeladas con información de perforación diamantina y blastholes. 107
Figura 67.Vista isométrica panorámica polígono de mineral 109
Figura 68.Vista isométrica polígono de mineral 109

Figura 69.Vista isométrica polígono de mineral en frente de carguío 110
Figura 70.Vista de planta polígono de mineral en frente de carguío..... 110
Figura 71.Vista de planta polígono de mineral en frente de carguío..... 111
Figura 72.Polígono de mineral y forma que adopta el frente de carguío durante minado 112
Figura 73.Polígono de mineral y material desmonte que será cargado como mineral por dimensiones reducidas de polígono 112
Figura 74.Forma que adopta el frente de carguío al finalizar el minado del polígono de mineral 113
Figura 75.Caso ideal: Forma que adopta el frente de carguío una vez minado el polígono de mineral sin dilución 114
Figura 76.Realidad: Forma que adopta el frente de carguío una vez minado el polígono de mineral con dilución 114
Figura 77.Material desmonte que es minado conjuntamente con el polígono de mineral durante el proceso de carguío 115
Figura 78.Ficha de polígono ID 694..... 119
Figura 79.Ficha de polígono ID 727..... 119
Figura 80.Ficha de polígono ID 755..... 120
Figura 81.Dimensiones del cucharón de la excavadora 336D2L..... 120
Figura 82.Primera etapa de proceso de carguío en sección transversal 121
Figura 83.Segunda etapa de proceso de carguío en sección transversal 122
Figura 84.Tercera etapa de proceso de carguío en sección transversal 122

Figura 85.Cuarta etapa de proceso de carguío en sección transversal . 123
Figura 86. Sección Transversal de un frente de minado 124
Figura 87.Primera etapa de proceso de carguío en perfil 126
Figura 88.Segunda etapa de proceso de carguío en perfil 126
Figura 89.Tercera etapa de proceso de carguío en perfil 127
Figura 90.Procedimiento actual para creación y minado de polígonos de mineral 130
Figura 91.Procedimiento propuesto para creación y minado de polígonos de mineral 131
Figura 92.Polígono de mineral con dimensiones mínimas..... 131
Figura 93.Dimensiones mínimas de un polígono recuperable 132
Figura 94.Material recuperable de un polígono 133
Figura 95.Tonelaje de material recuperable / No recuperable 134
Figura 96.Modelo de bloques de corto plazo Tajo SG 135
Figura 97.Modelo de bloques de corto plazo Tajo SG 135
Figura 98.Poligonos de mineral y modelo de bloques de corto plazo Tajo SG..... 136
Figura 99.Poligonos de mineral y modelo de bloques de corto plazo Tajo SG..... 136
Figura 100. Relación NSR diseño, planta y propuesta 139
Figura 101. Relación planta VS propuesta 139
Figura 102.Comprobación de hipótesis 144
Figura 103.Comprobación de hipótesis con software SPSS Statistics .. 144

Figura 104.Ficha Técnica del GPS Trimble R10 154
Figura 105.Ficha Técnica Trimble R10 Parte 02..... 155
Figura 106.Ficha especificaciones de la excavadora 336D2/336D2L.... 157
Figura 107.Gamas de trabajo de la Excavadora 336D2/336D2 L..... 158
Figura 108.Especificaciones y compatibilidad del cucharón sin acoplarse 336D2/336D2L..... 159
Figura 109 Especificaciones y compatibilidad del cucharón con acoplador de la excavadora 336D2/336D2L..... 160
Figura 110.Especificaciones de Peso en orden de trabajo y Presión sobre el suelo de la excavadora 336D2/336D2L 161
Figura 111.Control de dilución operacional durante el proceso de carguío de mineral en Tajo San Gerardo..... 163
Figura 112.Plan de minado de corto plazo en Tajo San Gerardo 165
Figura 113. Proceso de carguío de Mineral en Tajo San Gerardo..... 167
Figura 114.Proceso de carguío mineral Turno Noche en Tajo San Gerardo 167
Figura 115.Controles de equipos de excavación-Secuencia de Minado en Tajo San Gerardo 169
Figura 116. replanteo de taladros de perforación en Tajo San Gerardo 171
Figura 117.Vista Panorámica de Tajo San Gerardo 173

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I.Parámetros de diseño del Tajo San Gerardo 20

Tabla II.Equipos de Perforación 22

Tabla III.Equipos de carguío 23

Tabla IV .Equipos de acarreo 23

Tabla V.Equipos Auxiliares 24

Tabla VI.Producción por metal y cash cost-Unidad Minera Atacocha 38

Tabla VII. Reservas con la información de los recursos medidos e indicado 42

Tabla VIII. Programa de Producción Mensual Minería Subterránea - mayo 2018 42

Tabla IX.Programa de Producción Mensual Tajo San Gerardo- Mayo 2018 43

Tabla X.Costo de operación Glory Hole y Subterránea (US$/TN de mineral) 45

Tabla XI.Matriz de operacionalización de variables 69

Tabla XII. Equipo de Protección Personal 76

Tabla XIII.Polígonos de mineral con anchos y menores de 12 metros .. 116

Tabla XIV. Resultados en planta minado polígono 694 116

Tabla XV. Resultados en planta minado polígono 724 117

Tabla XVI. Resultados en planta minado polígono 727 117

Tabla XVII. Resultados en planta minado polígono 753 117

Tabla XVIII. Resultados en planta minado polígono 755 118

Tabla XIX. Análisis de resultados en función a las dimensiones de los polígonos de mineral..... 137
Tabla XX. Análisis comparativo de NSR..... 138

LISTA DE ABREVIATURAS Y NOMENCLATURAS

➢ Ac	:	Ancho de cucharón de excavadora
➢ Ag	:	Plata
➢ Am	:	Ancho mínimo de polígono en metros
➢ Au	:	Oro (Elemento Metálico)
➢ Carguío de Material	:	Este es el Proceso de carga de material a los equipos de transporte. Este carguío se realiza con equipos como cargadores provistos con cuchara, y en otros casos con equipos especiales.
➢ CSV	:	comma-separated Values (extensión de archivo tipo)
➢ Cu	:	Cobre (Elemento Metálico)

➢ d	:	Distancia de derrame en metros
➢ F2C	:	Fase 2 Centro
➢ GPS	:	Global Positioning System
➢ h	:	Altura de frente de minado
➢ hc	:	Altura de cucharón
➢ ID	:	Código de identificación de polígono de mineral
➢ km	:	Kilómetros (unidad de longitud)
➢ L_M	:	Largo mínimo de polígono
➢ m	:	metros (unidad de longitud)
➢ m.s.n.m.	:	metros sobre el nivel del mar (altitud geográfica)

- NSR : Net Smelter Return, Significa regalía por retorno neto de fundición. Representa un flujo futuro que se calcula sobre el nivel de produccion de minerales de una concesión minera.

- Oz/Tc : onza por tonelada corta

- Pb : Plomo (Elemento Metálico)

- Producción de material : "Volumen o peso total de material que debe manejarse en una operación minera especifica. Puede referirse tanto al mineral con valor económico que se extrae, como al estéril que debe ser removido para acceder al primero" (Cabrera Ortiz, 2013)

- S.A.A. : Sociedad Anónima Abierta

- Tc : tonelada corta
- Ton : tonelada
- TSG : Tajo San Gerardo
- US$/Ton : Dólares por tonelada
- Zn : Zinc (Elemento Metálico)

INTRODUCCIÓN

Buscar el mejor bleeding en la actividad minera no es una tarea fácil las variables tales como la geometría del banco, cumplimiento semanal, mensual del NSR(US$/Ton), la variante geología, zonas de subsidencia etc. Todos esos parámetros se analizan y evalúan para buscar la mejor extracción de mineral, sin embargo, el presente proyecto de investigación pretende determinar las dimensiones mínimas optimas de los polígonos de mineral para garantizar un mejor control de dilución operacional durante el proceso de carguío de mineral. Todos estos aspectos se resumen en la siguiente temática.

El capítulo I, Detalla los aspectos generales de la unidad minera Atacocha -Tajo San Gerardo donde se ejecuto el presente proyecto de investigación; la ubicación, reseña histórica, geología, las operaciones mineras, ciclo minado, diseño tajo San Gerardo, método de explotación y su flota de equipos.

El capítulo II describe el planteamiento del problema en la que se basa la investigación en cuanto a la necesidad de determinar las dimensiones mínimas de los polígonos de mineral para optimizar el control de dilución operacional durante el proceso de carguío de mineral en Tajo San Gerardo, Unidad minera Atacocha, Cerro de Pasco 2018

El capítulo III, En el Marco teórico los antecedentes de la investigación , menciona las bases teóricas importantes para apoyar y complementar el

conocimiento del lector donde se describe: Antecedentes de la crisis de Zinc y Plomo, indicadores económicos globales que afectan el precio Zinc y plomo, Tajo San Gerardo, Dimensiones de polígonos de mineral y geometría de minado, NSR diluido, Evaluación económica en la unidad minera Atacocha, las definiciones de términos que apoyaran a una mejor comprensión del proyecto de tesis.

El capítulo IV, presenta el marco metodológico que fue utilizado en el presente trabajo de investigación, basado en la metodología de investigación propuesta según (Hernández, Fernández & Baptista, 2014).

El capítulo V, describe la presentación y análisis de resultados obtenidos al haber aplicado el procedimiento propuesto para determinar las dimensiones mínimas de los polígonos de mineral para optimizar el control de dilución operacional durante el proceso de carguío de mineral en tajo San Gerardo, Unidad Minera Atacocha.

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN DE COMPAÑÍA MINERA ATACOCHA

1.1 UBICACIÓN

La unidad minera Atacocha está ubicada en el flanco oriental de la Cordillera de los Andes, en el paraje de Atacocha distrito de San Francisco de Yarusyacán provincia de Pasco, Departamento de Pasco. Geográficamente se encuentra en las coordenadas UTM promedio N 8´831,009 y E 367,565". Atacocha es un yacimiento ubicado a 15 km al noreste de la ciudad de Cerro de Pasco, a una altitud media de 4,050 m.s.n.m. La planta concentradora de Chicrín está a una altitud de 3,600 m.s.n.m. y es accesible por la carretera central Lima-Huánuco altura del kilómetro 324. El acceso a la mina Atacocha desde Chicrín, es una trocha carrozable de 7 km de longitud que cubre un desnivel de 450 metros.



Figura 1.Ubicación de la Mina Atacocha

Fuente: Informe interno – Compañía Minera Atacocha

1.2 RESEÑA HISTÓRICA

Compañía Minera Atacocha S.A.A. (“Atacocha” o “la Compañía”) fue constituida en febrero de del año 1936, con el fin de desarrollar actividades de exploración y explotación de yacimientos mineros de su propiedad o arrendados, para producir concentrados de plomo, zinc y cobre.

En el año 2013, debido a la política intensa de reducción de costos y a la caída del precio de los metales, se implementó un nuevo método de explotación: el minado a tajo abierto en San Gerardo por la existencia de reservas parte superficial dando inicio en el año 2014 su explotación.

Desde mayo del año 2016 Votorantim aumento participación en la minera peruana Milpo a 80,24% a través de una compra de acciones comunes con derecho a voto manteniéndose estable hasta la actualidad

Actualmente la Unidad Minera Atacocha está en operación, con una capacidad de 4,451.47 tpd a diciembre de 2018. La explotación de vetas y cuerpos la convirtieron en uno de los principales productores de plomo, plata y zinc. La compañía es parte de Nexa Resources (antes Votorantim Metais Holding – VHM) , es una compañía de gran escala productora de Zinc y cobre con operaciones integradas , con más 60 años de experiencia en el desarrollo y explotación en minería y refinación en Latinoamérica, una empresa de capital abierto , con acciones negociadas en las bolsas de Toronto (TSX), en Canadá, y de Nueva York (NYSE) ,en Estados Unidos.

Grupo Nexa Perú , se ubica en el primer lugar en la produccion de

plomo a nivel nacional , tercer lugar en Zinc y se ha mantenido del ranking de los 10 principales productores de plata y cobre (MIMEN, Marzo 2018)

1.3 GEOLOGÍA REGIONAL

Las unidades estratigráficas y rocas intrusivas están cubiertas por depósitos cuaternarios de diferente naturaleza, origen y composición. A continuación, se describen las características generales de las unidades litológicas.

1.3.1 Grupo Mitu(ps-m)

Esta unidad aflora al este de las quebradas Quiparagra y Pariamarca, está constituida por areniscas con conglomerados polimícticos, en estratos con espesores medios a gruesos, con estratificación cruzada a sesgada, con niveles de arenisca fina y conglomerados, generalmente de color rojo ladrillo a púrpura, que se halla discordantemente debajo de las calizas del Grupo Pucará. Pertenece al Pérmico.

1.3.2 Formación Chambará(tr-ch)

Estas rocas forman parte del Grupo Pucará que constituye la estructura principal de la cuenca alta del río Huallaga; está constituida por calizas masivas, de grano fino, de color gris algo azulino en estado inalterado y color gris marrón en estado intemperizado, esta unidad contiene chert de formas irregulares, en algunos sitios son bituminosos, eventualmente se observan calizas dolomíticas con margas y lutitas; el contacto con las rocas del Grupo Mitu es discordante. En la margen izquierda del valle del río Huallaga, a la altura de Chicrín, está escarpado por el buzamiento de los

estratos plegados. Se formó en el Triásico superior.

1.3.3 Formación Aramachay (ji-a)

Esta unidad está constituida por calizas con estructura tubular y con variable porcentaje de fósiles, con niveles de margas, de color gris oscuro; se caracteriza por ser betuminoso, poco resistente a la erosión; estas rocas ocurren en la margen derecha del valle del río Huallaga en forma de una franja delgada, en algunos sitios se halla comprimida y en estratos con buzamiento sub-verticales; se caracterizan por ser muy susceptible a la erosión. Pertenecen al Jurásico inferior.

1.3.4 Formación Condorsinga(Ji-C)

Las rocas de esta unidad están constituidas por calizas grises que afloran en capas delgadas, bien estratificadas y ligeramente masivas, en algunos sectores esta unidad contiene horizontes de calizas dolomíticas, en el área de la mina Atacocha tiene una coloración de gris a gris marrón claro y hacia el tope grada a margas gris blanquecinas, ocasionalmente contiene nódulos de chert y estratificación sesgada; en la margen izquierda del valle aflora en forma paralela a la Formación Aramachay y al Grupo Goyllarisquizga; en la quebrada Pariamarca aflora en ambas márgenes y está afectada por fallas. Se formó en el Jurásico inferior.

1.3.5 Grupo Goyllarisquizga (ki-g).

Esta unidad aflora en forma de una franja paralela a las unidades anteriormente descritas, en la margen izquierda del valle del río Huallaga y en forma más continua cerca de la divisoria de aguas de la cuenca alta,

está conformada por areniscas con algunos horizontes de conglomerados, en estratos delgados. Esta unidad tiene estratificación cruzada, con una coloración rojiza a gris rojiza, en muestra presenta granulometría media a gruesa, con formas angulosas a sub redondeadas, en el área contiene como matriz o cementante limolitas y arcillitas. Se formó en el Cretáceo inferior.

1.4 GEOLOGÍA LOCAL

En el distrito de Atacocha predominan afloramientos de rocas clásticas y sedimentarias del mesozoico, que se han depositado en la gran cuenca Pucará, igualmente son predominantes los afloramientos de rocas subvolcánicas de edad terciaria definidos en pequeños stocks (menores de 1 km^2).

1.5 ESTRATIGRAFÍA

1.5.1 Grupo Mitu del Pérmico

Las unidades más antiguas de los alrededores del área consisten de capas rojas continentales y asociados a vulcanoclástos y unidades piroclásticas del Grupo Mitu del Pérmico. Los afloramientos están limitados a la porción occidental del área de estudio y localmente alberga horizontes mineralizados del depósito de Machcán.

1.5.2 Grupo Pucará del Triásico Superior – Jurásico Inferior

Al Oeste de la falla regional de Atacocha, las calizas del Grupo Pucará del Triásico Superior al Jurásico inferior, son ubicadas en el flanco oriental

de un amplio complejo anticlinal que se introduce hacia el sur. Al Este de la falla, el Pucará define una secuencia gruesa y monótona igual al del flanco occidental de un gran sinclinal. La formación Condorsinga no ha sido reconocida en el distrito de Atacocha, sin embargo, las formaciones Chambará y Aramachay si están presentes.

En el lado oriental de la falla de Atacocha, se han medido 2,100 m de caliza que conforman el Grupo Pucará, sobreyaciendo a los esquistos, ubicados en el túnel del nivel 3600 que une la mina la mina Atacocha con la planta concentradora de Chicrín. No se ha encontrado ninguna evidencia estratigráfica de repetición, sin embargo, se han encontrado dos grandes zonas de falla que fueron interceptadas por el túnel. Las unidades de orientación N y S tienen inclinaciones fuertes (80º - 85º) al Este. La estratigrafía en el lado Este de la falla no se reconoce en el lado Oeste, Johnson (1955), sugirió que las unidades del lado occidental pueden haberse depositado más cerca al margen de la cuenca deposicional y bajo las condiciones más variadas que las del este de la falla. La base de la secuencia descansa con leve discordancia angular sobre las rocas del Grupo Mitu.

Johnson (1955), describe la estratigrafía de la mina Atacocha como la sección inferior de calizas grises estratificadas en bancos gruesos que infrayace a 100 m de calizas bituminosas de estratificación delgada y bandas de esquisto. Esta secuencia está cubierta por 40 m de calizas en estratos gruesos y 40 a 80 m de chert rojo brechado interestratificados con

calizas clásticas. La mineralización está restringida y se localiza sobre la unidad de horizontes de estratificación delgada. Las unidades inferiores parecen estériles. (Compañia Minera Atacocha, 2005)

1.5.3 Grupo Goyllarisquizga del Cretáceo inferior

Las unidades del Grupo Goyllarisquizga del Cretáceo inferior, afloran en apretado pliegue sinclinal con plunge hacia el sur en el piso de la falla Atacocha. La base de esta secuencia descansa con leve discordancia sobre las calizas Pucará y consiste de una secuencia de niveles de chert y brecha de chert sobre pizarras oscuras y areniscas de grano fino que contienen fragmentos de madera (Johnson, 1955), estos están sobre areniscas blancas de cuarzo de estratificación cruzada, que comprenden el volumen del grupo. Flujos de basalto son inter estratificados con las capas superiores de arenisca cuarzosas. El Grupo Goyllarisquizga localmente alberga cuerpos mineralizados de alta ley en estructuras de extensión E-W en las partes superiores de la mina Atacocha.

1.5.4 Unidades Superiores

Sobreyaciendo concordantemente a los basaltos del Grupo Goyllarisquizga se encuentran las calizas y basaltos de la Formación Machay del Cretáceo Medio. En el área esta unidad tiene un espesor de 250 m y consiste de delgadas capas de calizas gris, la secuencia esta interrumpida por 50 m de espesor de flujos de basalto.

1.5.5 Unidades Intrusivas

Stock hipabisales y diques intruyen a la secuencia estratigráfica sedimentaria y volcánica del Mesozoico. Pequeños stocks (menores de 1 km^2) y diques irregulares asociados surgen fuera de Atacocha (San Gerardo y Santa Bárbara) Un agrupamiento pequeño de afloramientos intrusivos se encuentra en la parte Sureste del área de Machcán, éstos se han interpretado como apófisis de una intrusión profunda (Stephen & Endlicher, 1977, Hirdes, 1990).

Jonson (1955), describe las rocas intrusivas como porfidos dacíticos y esta terminología se usa comúnmente en la mina y literatura local. Los stocks en el área consisten de dacita porfirítica. La horblenda es el mineral predominante de la fase máfica primaria en San Gerardo; mientras que la biotita predomina en las de Santa Bárbara. Johnson notó un porcentaje mayor de fenocristales de cuarzo en el stock de Santa Bárbara cuando lo comparó con el stock de San Gerardo.

La presencia de inclusiones de dacita microgranular en el stock de San Gerardo y la ocurrencia de diques de lamprofidos llevó a Grunnesch y Grunnesch (1986) a esbozar un modelo de diferenciación magmática con pulsos intrusivos múltiples para la formación del complejo ígneo.

Los stocks están junto a una serie paralela de diques sub-verticales ubicada al Sur del distrito de Atacocha y conectadas a un stock de mayor tamaño, este agrupamiento está a lo largo de la traza de la Falla de Atacocha que probablemente actuó como un canal para los magmas.

La cronología de las intrusiones y de los eventos de mineralización en el Distrito de Atacocha según edades K-Ar en muestras del stock de Atacocha (Soler y Bonhomme, op.cit.) dan rango entre 25.9 +/- 1.5 (separación de plagioclasas) a 29.3 +/- 0.5 Ma (roca entera). Dado el grado de alteración del intrusivo de Atacocha y la falta de correspondencia entre las edades de la muestra, estas pueden ser aceptadas como la edad mínima en el mejor de los casos.

Soler & Bonhomme (1988) basado en las similitudes de los rasgos petrográficos y químicos de los intrusivos de Milpo y Atacocha asumen una edad de aproximadamente 30 Ma para la actividad ígnea en el distrito de Atacocha.

1.6 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Regionalmente los controles estructurales operan a escalas múltiples y son extremadamente importantes para la localización de cuerpos mineralizados.

En el Cinturón de Cerro de Pasco existe una correlación regional muy amplia entre la localización de grupos intrusivos relacionados a depósitos de Zn, Pb, y Ag en corredores estructurales de tendencia NE, que interrumpen las tendencias del plegamiento principal de la faja andina (SRK Consulting, 1999). Las series intrusivas que están asociadas con los depósitos de Zn, Pb y Ag, se localizan en la misma tendencia NE de los corredores, principalmente en sus intersecciones con mayor tendencia del N al NNW de las fallas de empuje. Localmente en el distrito de Atacocha

los estilos estructurales varían a través de la Falla Atacocha-Milpo. En el lado oriental de la falla la estratigrafía se ha plegado en un sinclinal con flancos ligeramente asimétricos introduciéndose al sur. Las capas de las calizas del Pucará en la del miembro occidental están orientadas de N-S y se introducen bruscamente 80º al este. Al oeste de la falla numerosos pliegues pequeños de direcciones e inclinaciones irregulares, están complicados por una serie de fallas de dirección NW. (Compañia Minera Atacocha, 2005)

Un sinclinal definido se localiza al pie de la pared de la Falla Atacocha-Milpo. Es asimétrico y empinadamente inclinado y echado al Este. Se introduce suavemente al sur, pero sufre una inversión del plunge al sur de Milpo resultando modelos en forma de canoa en las unidades superiores de las calizas (Johnson 1955), registran un pequeño pliegue de arrastre que se formó a lo largo de la Falla Atacocha-Milpo, que al parecer ha localizado cuerpos de mena en los niveles superiores de la mina Atacocha.

Un Split paralelo a la Falla Atacocha-Milpo, es la Falla No.1, que es un importante control de mineralización de la mina Atacocha. Una serie de fallas de orientación NW cruzan y desplazan el sinclinal del lado occidental de la Falla de Atacocha-Milpo.

1.6.1 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL TAJO SAN GERARDO

El proyecto de Glory Hole, está distribuido en área de 280 m de longitud con rumbo NE y 220 m de Ancho con dirección NW dentro del cual estará ubicada 3 pequeños Glory Holes, las litologías que se encuentra en la zona

son calizas del Grupo Pucará, intrusivos dacíticos, y brechas silíceas, como estructuras principales circundantes al proyecto se tiene a la falla1 por el lado W, falla 13 por el lado S y falla Milpo Atacocha por el lado E. El proyecto se encuentra a una altitud promedio de 4300 metros.

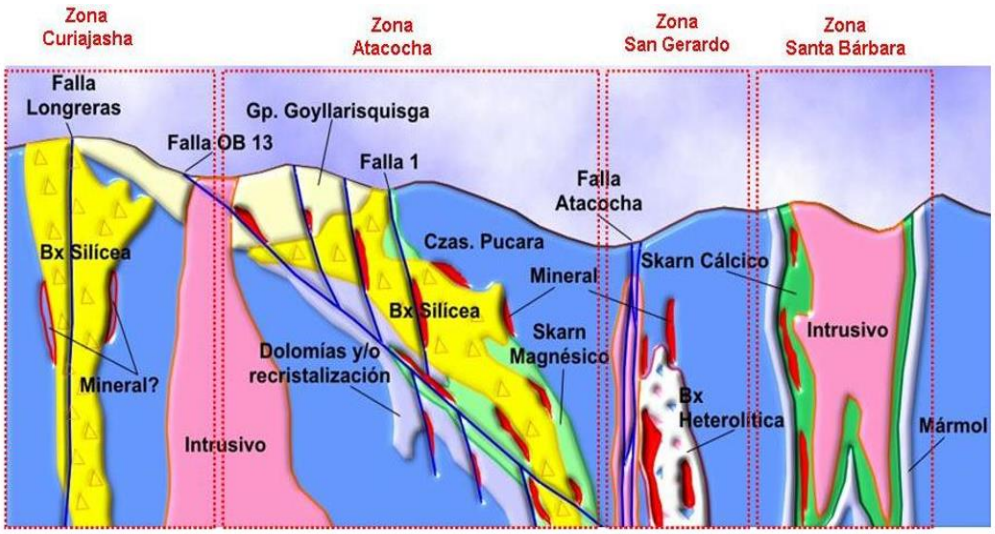


Figura 2.Geología Estructural Tajo San Gerardo

Fuente: Informe interno – Compañía Minera Atacocha

1.6.2 DESCRIPCIÓN DE FALLAS

- *La Falla 13.-* Es una estructura con relleno de mineral, de rumbo promedio N55°W y buzamiento 60° al NE, esta falla veta fue intensamente explotada desde superficie hasta el nivel 3480. En el laboreo subterráneo, no presentó ningún problema de inestabilidad durante la explotación.

- *La Falla 1.-* Es una estructura de contacto que limita las areniscas del Grupo Goyllarisquisga y las calizas Pucará (miembro superior), de rumbo promedio N10W y buzamiento que va 70° en superficie y en profundidad 37° al W, al presentarse la falla con bajo ángulo en profundidad

y buzamiento al W se aleja de la zona del proyecto.

- *La Falla Atacocha.* - Estructura longitudinal de rumbo promedio NS y Buzamiento 80 E-W es una falla de alto ángulo y movimiento inverso, la misma se encuentra distante al Tajo San Gerardo.

1.7 MINERALIZACIÓN

Las zonas de Atacocha y Santa Bárbara representan estilos distintos de mineralización.

La mineralización en Atacocha se divide en zonas consistente en vetas y cuerpos irregulares desarrolladas a lo largo de las estructuras y próximos a las intersecciones estructurales. El control primario en la localización de la mineralización de Atacocha parece ser la intersección entre las fallas de orientación NW (Orebody 13) y el N-S (falla No.1); además presencia de cuerpos en skarn de gran similitud a los de Santa Bárbara, toda la mineralización se relaciona a la interacción de estas dos estructuras. El depósito de Atacocha puede ser dividido en cinco zonas compuestas alrededor de la mena: Orebody 13 y sus estructuras asociadas, el compósito central de la mena asociados a la Falla No 1, el Sistema de Vetas de San Gerardo, el Sistema de Vetas Santa Cecilia y el Sistema de Vetas Curiajasha.

La mineralogía consiste de galena argentífera, esfalerita, chalcopirita y en menor proporción oro en ganga de pirita, cuarzo, calcita, rodocrosita y fluorita. La zonación de mineral se observa en dimensiones verticales y horizontales. Los niveles superiores del sistema son más ricos en Pb y Ag,

mientras que el Zn, Cu y Au aumentan en profundidad. Las leyes de Ag son relativamente estables a lo largo del sistema, la plata ocurre en galena argentífera en los niveles superiores y como sulfosales de Ag y cosalita en profundidad.

Se presentan dos tipos de alteraciones: Hidrotermal y metamórfica. Estas se definen en los contactos de los stocks con las rocas sedimentarias circundantes. El tipo hidrotermal I consiste de arcillas no diferenciadas del grupo del caolín con cantidades menores de sericita y abundante piritización diseminada y vetillas delgadas, este tipo de alteración es constante en la zona de Atacocha. El tipo metamórfico es predominante en la zona de Santa Bárbara, definida por una aureola de contacto que se manifiesta en la silicatación de las calizas del Grupo Pucará (Zonas de Skarn) y la transformación parcial de la arenisca en cuarcita.

En la mineralización del sector San Gerardo, incluida la parte inferior del OB17 y en el OB9, Hay una alteración de caolín visible intecrecido con galena y esfalerita. El desarrollo principal de mineralización Pb-Zn-Ag en vetas es en el sector de Atacocha y San Gerardo y de brechas calcáreas.

1.8 POTENCIAL MINERALÓGICO Y EXPLORACIONES

Los rasgos geológicos antes descritos y que dieron origen a la ubicación y formación de las diversas estructuras mineralizadas, constituye los elementos básicos del modelo de mineralización.

- Ocurrencia de Brechas Hidrotermales en la Falla Atacocha-Milpo
- Fracturamiento-fallamiento NW-SE del flanco Oeste del Intrusivo

Atacocha.

- Las irregularidades en el contacto intrusivo-caliza que también pueden ser controladas estructuralmente, está asociado con las zonas de mineralización en Santa Bárbara, flanco Este del Stock de Santa Bárbara.

Los resultados de las recientes exploraciones (Estudios Geofísico, Sondajes diamantinos y laboreos preliminares), en las zonas de brechas permitirán incrementar nuestras reservas en aproximadamente tres millones de toneladas con una potencia promedio de 12 m y valores promedio de 4 % Pb, 7 % Zn: 6 oz/Tc Ag. y 0.30 % Cu. La exploración diamantina y el posterior laboreo subterráneo ejecutado recientemente en el flanco Oeste del intrusivo Atacocha, interceptó estructuras mineralizadas desarrollando una corrida inicial de 60 m con una potencia promedio de 2 m y valores de 4 % Pb, 5 % Zn, 4 oz/Tc Ag., definiendo que esta zona es un sistema de vetas, Se ha proyectado realizar sondajes diamantinos con la finalidad de descartar cuerpos mineralizados e incrementar las reservas en un millón de toneladas aproximadamente.

El estudio Geofísico en el flanco Este del intrusivo de Santa Bárbara, ha identificado anomalías bastante favorables para la ocurrencia de mineral con un gran potencial para su exploración.

La presión generada en cada punto dentro de la columna explosiva es igual al resultado de la suma de la presión atmosférica, la presión generada por el taco y la columna explosiva superior al punto en mención.

1.9 OPERACIONES MINERAS EN LA UNIDAD MINERA ATACOCHA - TAJO SAN GERARDO

La visión de la empresa es ser uno de los principales productores de concentrado de metales base en el mundo (Zinc, cobre y plomo); cuya estrategia de crecimiento sostenido se basa en un modelo transparente e innovador que genere valor para todos, de manera responsable; es por eso que en el trabajo de investigación se busca optimizar el control de dilución durante el proceso de carguío

La empresa tiene por misión ser una organización líder en la concepción, ejecución y operación de proyectos minero-metalúrgicos que crean valor de manera responsable para sus accionistas, comunidades, trabajadores, clientes y socios estratégicos de negocio; Además con el compromiso en el ámbito ambiental con estrategias social corporativa para lograr un desarrollo sustentable.

La unidad Minera atacocha se inició la explotación de la operación minera atacocha de forma Underground en el año 1938 utilizaban el método de Squart Set, Actualmente utilizan corte y relleno ascendente mecanizado con perforaciones Breasting y desde el año 2014 se dio inicios a la explotación del tajo San Gerardo uniéndose por medio de una chimenea (OP2) para la extracción de Mineral y transportado por locomotoras por underground a la zona de planta.

Tajo San Gerardo de la Unidad Minera Atacocha actualmente minado por la empresa contratista PEVOEX S.A.A

1.9.1 CICLO MINADO

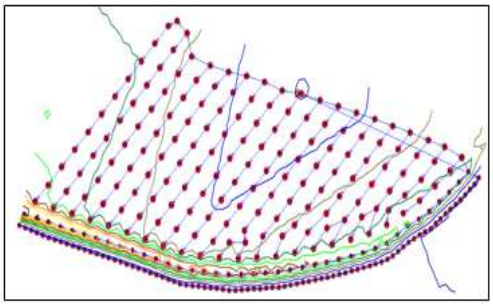
Las operaciones mineras en el tajo San Gerardo se inicia con el área de perforación y voladura se realiza una planificación y previa aprobación por parte de superintendencia de la unidad Minera Atacocha para su ejecución.

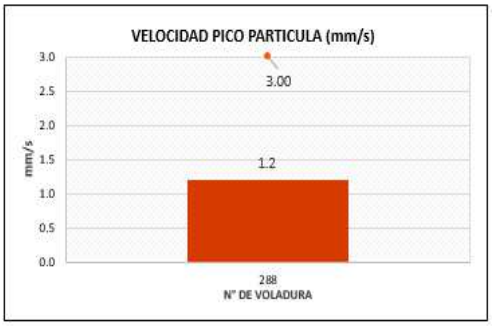
Figura 3. Parámetros de Perforación y voladura

					Producción		Buffer		Precorte		
Fecha	Banco / Progresiva	Tajo	Vol (m3)	Tal	E (m)	B (m)	E (m)	B (m)	E (m)	B (m)	Metr. Perf
08-abr	4252	Glory Hole	24,539	262	4.6	4.00	3.0	3.0	1.5	2.8	1,844

Fecha	N° Voladura	Vpp (mm/s)	Densidad final (gr/cc)	Limite Vpp
08-abr	288	1.2	1.12	3.00

Carga (kg)	TM	factor poten (kg/ton)	TM /tal	Meta F.P
11,884	68,710	0.17	262.3	0.18





Fuente: Área de PERVOL – PEVOEX S.A.A

El transporte de mineral volado responsable el área de operaciones & Planeamiento PEVOEX S.A.A para el cumplimiento de programas de producción y con sus respectivas leyes semanales, mensuales durante el año 2018.

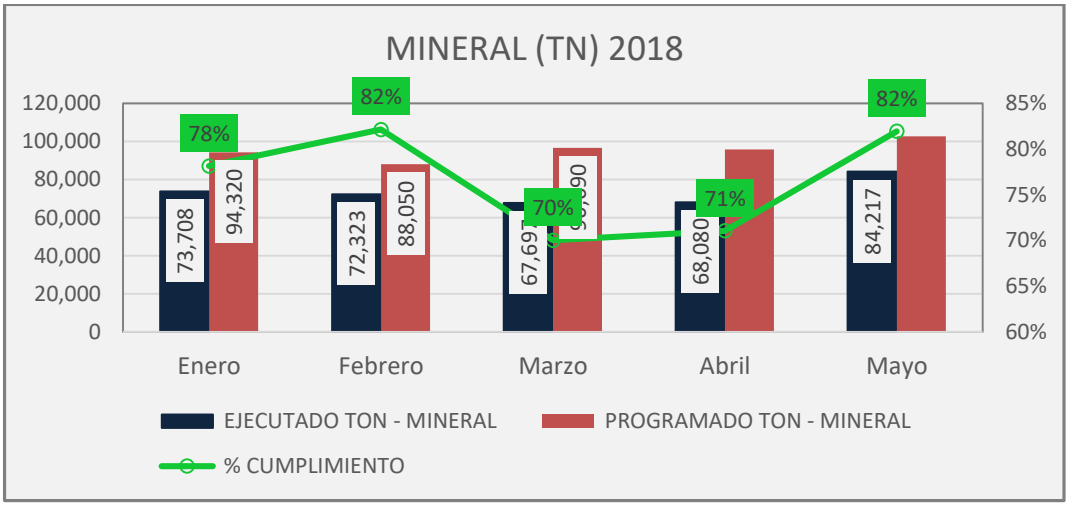


Figura 4.Cumplimiento TN de Mineral

Fuente: Área de Producción-PEVOEX.S.A.A

El área de planeamiento PEVOEX S.A.A estudia los diferentes escenarios con la superintendencia responsable de la Unidad Minera Atacocha para su cumplimiento con el NSR(US$/t) programado y sus leyes respectivas del Zn %, Pb%, Ag Oz, Cu%, Au g/t

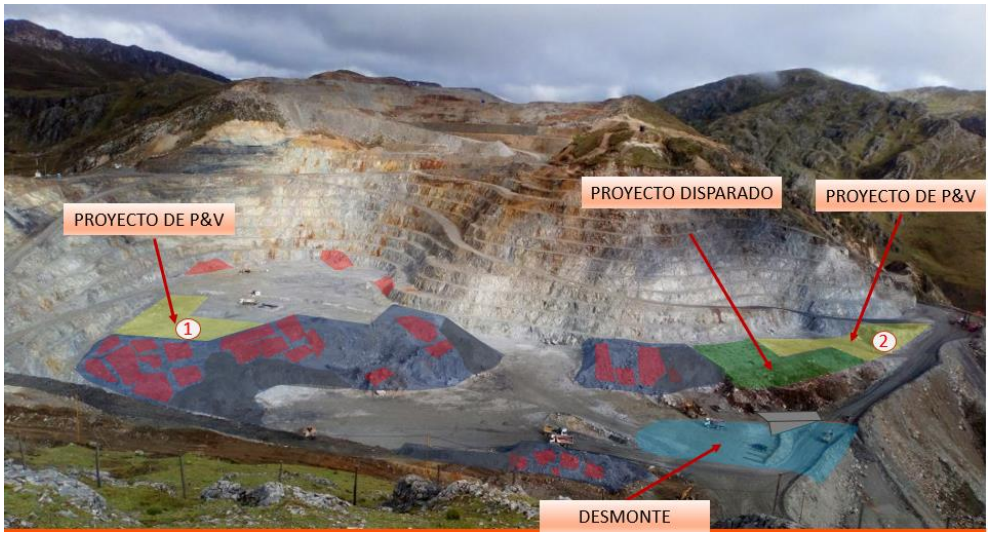


Figura 5.Vista de proyectos en Tajo San Gerardo

Fuente: Área de Planeamiento -PEVOEX S.A.A

1.9.2 DISEÑO TAJO SAN GERARDO

El diseño del tajo final tiene como indicador en un cono 15$/Tn de material (NSR),las características del deposito desmonte/mineral sigan una tendencia 5.42 @ 7.74 con un ratio 6.6 con una producción 22 mil toneladas / día, donde el 25% es mineral con una ley promedio de 0.1 % de Cu, 1.34 % Pb, 1.1 % de Zn y 1.38 oz/Tn de Ag y el 75% desmonte. La mina está dividida en cuatro fases de minado hasta alcanzar el límite final del tajo.

La mina tiene 4 fases en secuencia de minado (fase 0 ;F00, fase 2-sur; F2S, fase 2-centro;F2C y fase 3;F3), la transferencia del mineral hacia la planta concentradora se realiza a través de una RB en la parte subterránea que conecta desde el Nivel 4218 hasta el Nv 3600, para el continuo envió de mineral se utiliza dos locomotoras los cuales poseen ocho vagones cada una con capacidad de 8 toneladas.

Tabla I.Parámetros de diseño del Tajo San Gerardo

PARAMETROS DE DISEÑO DEL TAJO SAN GERARDO	
Ancho de Rampa	11 m
Gradiente de Rampa	0.1
Altura de banco	6 m
Talud de Banco	60° - 70°
Ancho de berma	3.0 @ 4.0

Fuente: Departamento de Planeamiento PEVOEX S.A.A

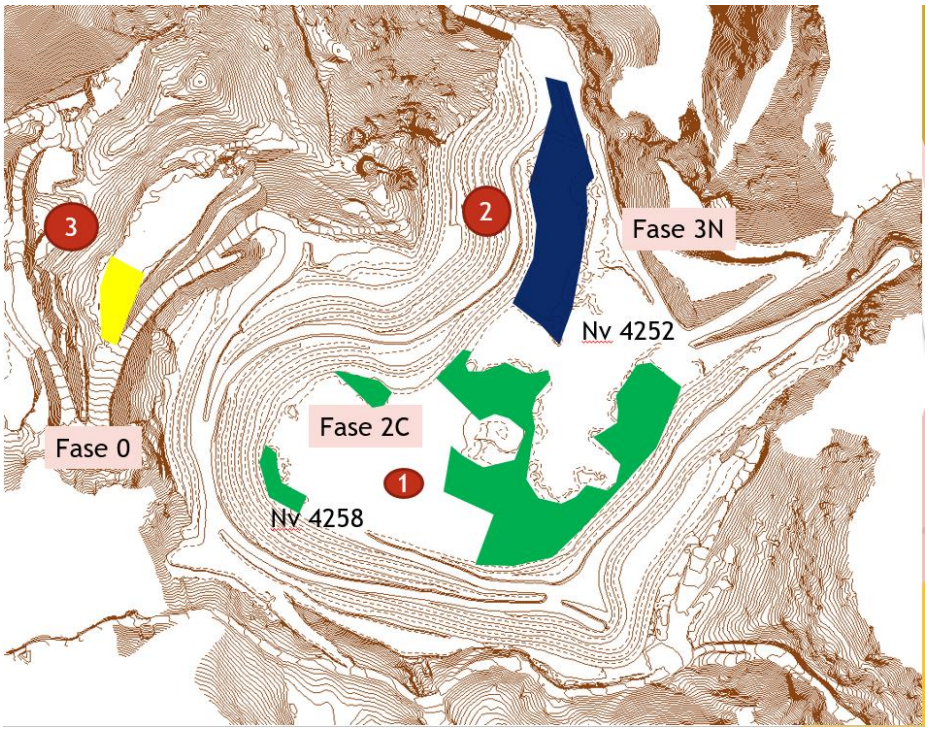


Figura 6.Secuencia de Minado en Tajo San Gerardo

Fuente: Área de planeamiento – PEVOEX S.A.A

1.9.3 MÉTODO DE EXPLOTACIÓN

Tajo San Gerardo utiliza método de explotación a cielo abierto que utiliza labores subterráneas (OP2) para transportar el mineral. Este método utiliza la gravedad para llevar el material desde la superficie al nivel de transporte donde se encuentra ubicadas las locomotoras. Este sistema consta de un pique vertical que atraviesa la zona mineralizada hasta llegar a una galería inferior que sirve de trasporte para llevar el mineral fuera de la mina. La excavación de la superficie consiste en hacer un cráter alrededor del pique, para que, por efecto de la gravedad, el material caiga a través de la chimenea al nivel inferior de extracción. Este sistema de explotación es aplicado solo a yacimientos de dimensiones pequeñas,

masivos y de roca competente.

Los resultados de los análisis de estabilidad en el Tajo San Gerardo para las diferentes secciones, para el caso de los taludes con medidas estabilizadoras y de optimización, se destaca por la litología presente, la altura que se llegaría con un determinado número de bancos en el caso de taludes interrampa, altura total. Aquellos factores de seguridad con valores muy cercanos a la unidad (0.9) pueden ser interpretados como 1.0 por redondeo.

El Angulo interrampa promedio para el macizo rocoso varía entre 43° - 50°. En lo que se refiere anchos de berma mínimo para el caso de taludes de los sectores de menor calidad de macizo rocoso es de 4 m y para taludes en roca de mejor calidad es de es 3 m, ángulos de cara de banco varía entre 60° - 70° y el Angulo de talud final varia de 30° - 40°.

1.9.4 EQUIPOS

En el Tajo San Gerardo actualmente minado por la empresa contratista PEVOEX S.A.A utilizan la siguiente flota

Equipos para Perforación y Voladura se detalla en la siguiente tabla

Tabla II.Equipos de Perforación

COD. TAG	DESCRIPCION	MARCA	MODELO
AT-PVX PE-01	Perforadora	SANDVIK	DP 1500i

AT-PVX PE-05	Perforadora	SANDVIK	DX 800
AT-PVX PE-07	Perforadora	ATLAS COPCO	POWER ROC T45

Fuente: Área de Mantenimiento -PEVOEX S.A.A

Equipos para el carguío de mineral y desmonte

Tabla III.Equipos de carguío

COD. TAG	DESCRIPCION	MARCA	MODELO	CAPACIDAD
AT-PVX EX 02	Excavadora	CATERPILLAR	336D2L	2.4 m3
AT-PVX EX 03	Excavadora	CATERPILLAR	336D2L	2.4 m3
AT-PVX EX 05	Excavadora	CATERPILLAR	374F	4.2 m3

Fuente: Área de Mantenimiento-PEVOEX S.A.A

Equipos de acarreo para el transporte de mineral y desmonte en la actualidad se tiene 22 volquetes de las marcas volvo y Mercedes Benz.

Tabla IV .Equipos de acarreo

CANTIDAD	DESCRIPCION	MARCA	MODELO	CAPACIDAD
13	Volquete	VOLVO	FMX 8X4R	20 m3
04	Volquete	MERCEDES BENZ	FMX 8X4R	20 m3
05	Volquete	VOLVO	FMX 6X4R	15 m3

Fuente: Área de Mantenimiento-PEVOEX S.A.A

La flota de equipos auxiliares está conformada por tractores de orugas (modelos CAT D8T, D6T), motoniveladora (modelo CAT 140k), retroexcavadora (modelo 420F2) utilizados para el mantenimiento y limpieza de pisos de excavadoras, áreas de perforación, carreteras, construcción de rampas, construcción de vías, mantenimiento de botaderos, habilitación de bermas laterales y centrales para el tránsito de volquetes, construcción de canales de drenajes. El control de la polución se realiza con una cisterna de 5000 galones de capacidad.

Tabla V.Equipos Auxiliares

CANTIDAD	DESCRIPCION	MARCA	MODELO
01	Tractor de Orugas	CATERPILLAR	D6T
01	Tractor de Orugas	CATERPILLAR	D8T
01	Motoniveladora	CATERPILLAR	140K
01	Retroexcavadora	CATERPILLAR	420F2-BE
01	Cisterna Agua	HINO	FM

Fuente: Área de Mantenimiento-PEVOEX S.A.A

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

La dilución es un efecto inherente a la operación de extracción en la minería, y por lo mismo siempre ha representado una preocupación para las empresas mineras su control y reducción. Una depreciación del control operativo de los niveles de dilución puede implicar efectos negativos en los procesos de minado y procesamiento (menores cantidades netas de mineral y mayores costos metalúrgicos por la variación del material a ser tratado). Así, las empresas podrían ser menos eficientes y efecto negativo a sus niveles de rentabilidad.

La operación en estudio es una mina a tajo abierto polimetálica de zinc, plomo, plata, oro y cobre emplazado en mantos (mantos de carbón asociado a calizas y areniscas, condiciones del agua pluvial y subterránea) y vetas cuyos indicios metalogeneticos dan cuenta de un yacimiento epitermal de intermedia sulfuración asociado a un skarn. Esta geología tiene un efecto negativo durante el diseño de polígonos de mineral que es apreciado durante el proceso de carguío de mineral debido a las dimensiones de diseño de polígonos de mineral no toman en cuenta las dimensiones del equipo de carguío por lo que dichos polígonos son mezclados con mineral correspondiente a polígonos vecinos o material

desmonte lo que ocasiona una distorsión en las leyes planeadas que se envían a la planta.

Nexa Resources usa el indicador Net Smelter Return o más ampliamente conocido como NSR (US$/Ton) para valorización económica del mineral y a su vez clasificación como material económico para ser minado como mineral o desmonte. Esta forma de valoración/categorización es utilizado por productores de concentrados para conocer el ingreso neto que recibirán por la venta de sus concentrados a un refinador tomando en cuenta las recuperaciones de los metales que contiene el concentrado, los costos de transporte del concentrado y deducciones que aplica el refinador al concentrado. (Wellmer, Dalheimer, & Wagner, 2008, pág. 71)

Por lo observado en campo, las dimensiones de los polígonos tienen en gran medida repercusión en la dilución operativa generada en el proceso de carguío por lo que éste será el problema en estudio para este proyecto de investigación.

2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.2.1 INTERROGANTE GENERAL

¿Cuáles son las dimensiones mínimas de los polígonos de mineral para optimizar el control de la dilución operacional durante el proceso de carguío de mineral en Tajo San Gerardo Unidad Minera Atacocha 2018?

2.2.2 INTERROGANTES SECUNDARIAS

2.2.2.1 ¿Cómo determinar cuáles son las dimensiones mínimas de los polígonos de mineral para optimizar el control de la dilución operacional durante el proceso de carguío de mineral en el Tajo San Gerardo, Unidad Minera Atacocha?

2.2.2.2 ¿Cuál es el ancho y largo mínimo de los polígonos de mineral para optimizar el control de la dilución operacional durante el proceso de carguío de mineral en Tajo San Gerardo, Unidad Minera Atacocha?

2.3 JUSTIFICACIÓN

Nexa Resources (anteriormente Compañía Minera Atacocha SAA) inició la explotación del Tajo San Gerardo con la finalidad de mejorar la rentabilidad e incrementar la productividad de la operación a través de la explotación de estructuras vetiformes mineralizadas que se encontraban en la superficie por un minado a tajo abierto. (Mondragon, Chaca, & Salinas, 2018)

La producción del Glory Hole Tajo San Gerardo representa el 70% del mineral que es procesado por la planta, sin embargo, se ha tenido constantes problemas con el control del NSR de cabeza de mineral enviado que no se ve reflejado en el reporte de planta.

Esta situación ha hecho que se analicen las posibles razones por las cuales se disminuye el NSR programado y enviado a planta. Esta investigación se enfoca en la dilución operativa debido a que se observa que los polígonos de mineral durante el carguío de mineral son mezclados con polígonos contiguos o de material desmonte circundante lo que haría que el NSR disminuya trayendo problemas con planta que espera un determinado NSR y lo que obliga a esta a procesar más tonelaje y pedir mineral de más NSR para cumplir con su meta de producción.

Tener bajo control la dilución operativa durante el carguío de mineral tiene una repercusión favorable para Nexa Resources ya que se aseguraría el cumplimiento de los planes de minado respecto al NSR y evitar problemas de tratamiento en planta.

Así mismo por ser Tajo San Gerardo un yacimiento de estructuras vetiformes mineralizadas explotada por método tajo abierto lo que bajo otras condiciones se minaría por un método de explotación subterránea para disminuir la dilución operativa, establecer una metodología para determinar las dimensiones mínimas de los polígonos de mineral para optimizar el control de la dilución operativa durante el carguío de mineral ayudaría como referente para otras operaciones mineras con iguales o similares geología y para operaciones a tajo abierto en general para el diseño de sus polígonos de mineral.

2.4 FORMULACIÓN DE OBJETIVOS

2.4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar las dimensiones mínimas de los polígonos de mineral para optimizar el control de la dilución operacional durante el proceso de carguío de mineral en Tajo San Gerardo, Unidad Minera Atacocha.

2.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

2.4.2.1 Establecer una metodología con datos recolectados de campo para optimizar el control de la dilución operacional durante el proceso de carguío de mineral en el Tajo San Gerardo Unidad Minera Atacocha.

2.4.2.2 Analizar los datos asociados a la geometría del polígono de mineral para optimizar el control de la dilución operacional durante el proceso de carguío de mineral en el Tajo San Gerardo, Unidad Minera Atacocha

2.5 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

2.5.1 HIPÓTESIS GENERAL

Determinando las dimensiones mínimas de los polígonos de mineral se optimizará el control de la dilución operacional durante el proceso de carguío de mineral en Tajo San Gerardo, Unidad Minera Atacocha

2.5.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICA

2.5.2.1 Estableciendo un procedimiento con datos recolectados de campo se optimizará el control de la dilución operacional durante el proceso de carguío de mineral en el Tajo San Gerardo, Unidad Minera Atacocha.

2.5.2.2 Analizando los datos asociados a la geometría del polígono de mineral se optimizará el control de la dilución operacional durante el proceso de carguío de mineral en el Tajo San Gerardo, Unidad Minera Atacocha.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

La minería es una de las actividades más antiguas de la humanidad y consiste en la extracción selectiva de minerales y otros materiales de la corteza terrestre, de los cuales se pueden obtener un beneficio económico. Dependiendo del tipo de material a extraer, la minería se divide en: metálica, no metálica, piedras ornamentales y de construcción. (Fernandez N. P., 2015)

El proceso de minería involucra diferentes etapas para el desarrollo de un proyecto minero, dentro de los cuales tenemos: la exploración y estimación de recursos, generación del proyecto (Prefactibilidad, factibilidad, ingeniería de detalles), obras, explotación (arranque y manejo de materiales), procesamiento y comercialización.

En la siguiente *Figura* 7 se puede apreciar algunos ejemplos tomados de yacimientos de Au en Australia y se refiere a las diferencias que se pueden observar entre las leyes predichas por los estudios de factibilidad respectivos y en la realidad encontrada cuando la operación comienza.

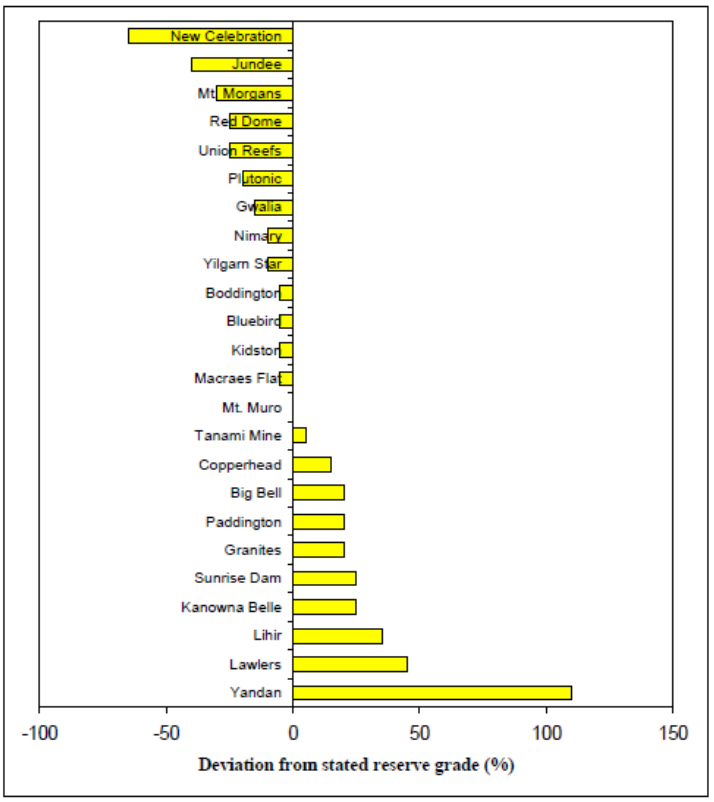


Figura 7.Variaciones de leyes de alimentación a planta con respecto a las leyes predichas por el estudio de Factibilidad

Fuente: Baker y Giacomo S.M (1998) “Resources and reserves their uses and abuses by the equity markets in ore reserves and finance a joint seminar between AusIMM and ASX”, Sydney, Australia

Si se opta por un método de explotación a cielo abierto o subterráneo, la minería implica la extracción física de material de la corteza terrestres con una planificación para su recuperación económica implicando problemas de dilución y costo de beneficio recuperable para el proyecto minero en desarrollo.

Todo este trabajo se realiza en coordinación con el área de ingeniería

ya que son los encargados de realizar los polígonos de extracción con las leyes obtenidas del muestreo diario de los blastholes perforados, para después proceder a replantear en campo los polígonos de extracción. (Iquiapaza, 2018)

Al extraer volumen volado de mineral se presenta también material estéril de poco valor económico, reduciendo la pureza del mineral, aumentado el costo de procesamiento. esta situación, conocida como dilución minera, es muy común en la industria y se debe principalmente la forma de la mineralización y a la selectividad de los equipos de extracción.

La dilución operacional es también conocida como una dilución de contacto. Si el modelo geológico fuese perfecto, esta dilución de contacto debiera ser similar a la estimada por el modelo geológico, salvo la inducida por el movimiento de material en la voladura. Es práctica habitual aplicar factores globales (Empíricas) de recuperación de mineral basados en experiencia o como factor de seguridad cuando se calculan las reservas óseas, después haber definido el plan minero sin embargo es preferible incorporar factores estimados de simples cálculos geométricos (Altura banco, ángulo de reposo (Talud) de material quebrado y dimensiones del equipo de carguío. (Kavetsky, 1990)

La siguiente investigación se enmarca en los escenarios de diluciones operacionales, donde se determinará los puntos conflictivos durante el ciclo de carguío y cuáles son las formas o mecanismos, para prevenir esta situación.

3.2 BASES TEÓRICAS

3.2.1 ANTECEDENTES DE LA CRISIS DE ZINC Y PLOMO

Los precios del plomo experimentaron un período de extremadamente alta volatilidad en el 2013, pasando la mayor parte del tiempo entre 2000 y 2200 dólares por tonelada entre el segundo y cuarto trimestre del 2013, producto de una serie de cambios estructurales importantes ocurridos en las industrias del plomo y de baterías alrededor del mundo.

Como resultado, existe espacio para una mayor volatilidad del precio durante los próximos dos años y se estima que el precio aumente en forma gradual en la medida en que el mercado global del plomo se mueva hacia una situación de déficit creciente.

En la actualidad, grandes minas productoras de zinc están cerrando sus operaciones o están reduciendo la producción, representando un millón de toneladas de menor oferta para los próximos dos años. Los cierres más recientes incluyen dos minas en Canadá y una mina en Australia. A su vez, dos minas importantes ubicadas en Australia y en Irlanda están cercanas a su fin. La apertura de nuevas minas que reemplacen la producción de las minas que se están cerrando toma tiempo debido a las complejidades de los yacimientos.

En la medida en que los inventarios de plomo declinen, los precios tenderán a incrementarse. Actualmente, el precio del plomo está en alrededor de 2018 dólares por tonelada. Para el 2014, se proyecta un precio

promedio de 2250 dólares por tonelada y para el 2015 de 2450 dólares por tonelada. (Burga, 2014)

Los estimados para la demanda y la oferta en el mercado global del zinc consideran un aumento sostenido del déficit de la oferta, generando preocupación acerca de la escasez del zinc durante los años 2014 y 2015. Alrededor del mundo se han producido cierres de algunas grandes minas y otras han empezado a declinar la producción a causa del agotamiento de los yacimientos mineros.

Por ejemplo, en enero de 2014, Minmetals anunció que una de sus tres minas más grandes (Century en Australia) podría cerrar a mediados del 2015, un año antes de lo previsto y que se estaba reevaluando la puesta en marcha de una de sus minas de reemplazo (Dugald River, Australia).

Los efectos de los cierres recientes de las minas, así como a la reducción en los inventarios de zinc en cancha, proyectan para el 2014 un precio de 2185 dólares por tonelada en promedio, elevándose a 2450 dólares por tonelada en el 2015. (Burga, 2014)

3.2.2 INDICADORES ECONÓMICOS GLOBALES QUE AFECTAN EL PRECIO ZINC Y PLOMO

El zinc a tres meses en el Mercado de Metales de Londres perdía un 0,9 por ciento, a 2.980 dólares por tonelada, luego de tocar los 2.972 dólares por tonelada, su nivel más bajo desde agosto de 2017. Los precios

han caído un 15 por ciento desde que tocaron un máximo de más de 3.500 dólares por tonelada a mediados de febrero.

Este año debería abrir una capacidad minera adicional de 880.000 toneladas de zinc, lo que significa que habrá menor escasez en el mercado, según el Grupo Internacional de Estudio del Plomo y el Zinc, aunque aún prevé un déficit de 263.000 toneladas este año. (Daly, 2018)

Analizando el panorama de los metales unos de sus indicadores que afectan la economía global es el volumen de producción, Es decir que cuando una mina acaba con sus reservas explotables va generar una baja en la producción como consecuente subirá los precios.

China como primer lugar de un país consumidor mayor de 40% de todos los metales y en esta última década presenta muestras de agotamiento, Su menor demanda empuja a los precios a la baja, esta situación también se comporta en Estados Unidos y la comunidad europea.

Por otra parte, la sustitución y nueva Tecnología, Por ejemplo, el plomo. Ahora tenemos baterías con menos plomo, gasolinas sin plomo, Cañerías de PVC en vez de plomo, Etc. lo cual ha modificado su precio a la baja



Figura 8.Comportamiento de Precio Zinc (2008-2018)

Fuente: Daly Tom (2018) “Precios del zinc tocan mínimo de 9 meses ante aumento de suministros”



Figura 9.Comportamiento de Precio Plomo (2008-2018)

Fuente: Daly Tom (2018) *Precios del plomo baja a nuevos mínimos del año 2018*

3.2.3 TAJO SAN GERARDO

Con el cambio de estados financieros la compañía minera Milpo S.A.A se modificó en la sesión Junta general de accionistas denominado Nexa Resources y como consecuente el proyecto que tenía denominado Glory Hole actualmente nombrado Tajo San Gerardo en la Mina Atacocha en Cerro de Pasco

Las reservas minerales de Atacocha considerando tanto la mina subterránea como el open pit San Gerardo representan una vida de mina de 12 años, calculada de acuerdo a la última actualización de reservas y recursos minerales al 31 diciembre del 2017, bajo el estándar National Instrument 43-101.

Los inventarios de reservas en el caso Atacocha, se dio incremento de 3.0 millones de toneladas principalmente debido a la obtención de permisos para expandir los límites de explotación en el Tajo San Gerardo. (GerenciaNexaResources, 2018)

Tabla VI.Producción por metal y cash cost-Unidad Minera Atacocha

Metal	**Unidad**	**4T17**	**1T18**	**1T17**	**1T18 vs 1T17**
Mineral Tratado	t	381,581	367,776	352,681	4%
Ley de zinc	%	1.32	1.42	1.37	5 bp
Ley de plomo	%	1.32	1.28	1.14	14bp
Ley de cobre	%	0.10	0.10	0.07	2 bp

Ley de plata	(oz/t)	1.60	1.49	1.32	17 bp
Ley de oro	(oz/t)	0.02	0.02	0.02	0 bp
Zinc	Tmf	3,908	4,058	3,763	8 %
Plomo	Tmf	4,416	4,074	3,449	18 %
Cobre	Tmf	20	19	23	-18 %
Contenidos de Plata	Oz	493,085	424,826	354,427	20 %
Contenidos de Oro	Oz	4,418	4,096	5,107	-20%
Producción de Zn Eq *	**Kton**	**12.3**	**11.6**	**10.9**	**7 %**
Cash Cost	**US$/ t**	**44.2**	**46.6**	**43.6**	**7%**
Ventas	US$ MM	30.3	28.1	20.8	35%
EBITDA	US$ MM	8.5	7.8	3.7	114%
Utilidad Neta	US$ MM	3.0	2.3	-0.2	n.a
Margen EDITDA	**%**	**28%**	**28%**	**18%**	

Fuente: Gerencia Nexa Resources (2018) *Informe de Gerencia sobre los resultados operativos y financieros del primer trimestre 2018*, Perú

3.2.4 DIMENSIONES DE POLÍGONOS DE MINERAL Y GEOMETRÍA DE MINADO

Con coordinaciones con el área de planeamiento minado se ejecuta el procedimiento de creación de polígonos para extracción de mineral en Tajo

San Gerardo con dimensiones de polígonos y geometría de minado establecidos por el plan de minado de producción.

3.2.4.1 DIMENSIONES DE POLÍGONOS DE MINERAL

3.2.4.2 GEOMETRÍA DE MINADO

- Altura de Banco:

La altura de banco es la distancia vertical entre cada uno de los niveles horizontales del tajo. Todos los bancos deben tener la misma altura. Está dependerá de las características físicas del depósito.

- Ancho de Banco:

Toda mina a cielo abierto requiere vías de acceso y de salida para camiones tránsito de palas a distintos frentes de extracción en general para su desplazamiento

- Bermas

Las bermas se utilizan como áreas de protección, al detener y almacenar los materiales con tendencia a desplazarse de los frentes de los bancos superiores y también cumplen como función de plataformas de acceso.

3.2.5 ANCHO MÍNIMO DE MINADO

Es el ancho mínimo al que se considera posible explotar una veta, que está en relación inversa a su buzamiento y competencia de las cajas.

En esta investigación se evaluará el ancho mínimo de minado para

optimizar la dilución operacional con la finalidad de mejorar rendimientos operativos y rendimientos de extracción.

3.2.6 NSR DILUIDO

En términos financieros en la actividad minera el NSR(Net Smelter Return) US$/tonelada equivale al ingreso neto que el propietario de una propiedad minera recibe de la venta de sus productos metálicos y No metálicos dependiendo sus productos que ofrece la mina sin el costo de transporte y refinación.

El valor NSR se utiliza como un elemento de corte para la selección de residuos y minerales de equilibrio.

Cada bloque tiene un volumen de 9.375 m3 aproximadamente 26,000 Toneladas, la alimentación de la planta requiere aproximadamente de 4 ½ bloques / Dia, Indicando que es una minera selectiva adecuada para el tamaño de excavadora.

La interpolación de las calidades de mineral se promedia a un solo valor por metal. Este smoothing es en efecto una dilución numérica donde los valores compuestos más altos se promedian hacia abajo, pero a la inversa los valores más bajos se promedian hacia arriba.

Durante los años 2014, 2015, 2016, 2017 y actualmente se están ejecutando perforaciones diamantinas, el grupo Milpo y VOTORANTIM METAIS HOLDING están priorizando estas actividades para cristalizar los recursos medido, indicado, inferido y las reservas.

Tabla VII. Reservas con la información de los recursos medidos e indicado

RESERVAS	UND	2015	2016	2017	2018
TON	MM	3.6	6.15	19.9	24.3
NSR	US$/TON	56	48	47.7	45.6
RATIO		3	5.35	5.38	5.78

Fuente: Área de Recursos – Unidad Minera Atacocha

NSR diluido es el factor de cumplimiento que genera el área de planeamiento de la unidad Minera Atacocha con sus polígonos de mineral respectivos anteriormente se ha realizado un previo estudio y cálculos con la información de planta concentradora de la cantidad necesaria de mineral por periodos de tiempo (semanal, mensual y anual) tomándose en cuenta la dilución operacional generada por el proceso de carguío de mineral con la finalidad de obtener productos de alta calidad y para mantenerse como una de las empresas de mejor gestión de calidad.

Tabla VIII. Programa de Producción Mensual Minería Subterránea - mayo 2018

Producción Underground (UG)	**32,240 Tn**
Aporte (%)	24

Leyes GH	% Zn	2.11
	% Pb	1.74
	Ag opt	1.96
	% Cu	0.20
	Au g/t	0.18
NSR Diluido ($/t)		**88.99**

Fuente: Área de Planeamiento -Atacocha

Tabla IX.Programa de Producción Mensual Tajo San Gerardo- Mayo 2018

Producción Tajo San Gerardo (GH)		**102,760 Tn**
Leyes GH	Aporte (%)	76
	% Zn	0.88
	% Pb	1.08
	Ag opt	1.06
	% Cu	0.03
	Au g/t	0.55
NSR Diluido ($/t)		**55.28**

Fuente: Área de Planeamiento -Atacocha

3.2.7 EVALUACIÓN ECONÓMICA EN UNIDAD MINERA ATACOCHA

El yacimiento polimetálico San Gerardo estaba siendo explotado utilizando el método subterráneo corte y relleno ascendente, y como parte

de la ampliación de sus operaciones, Compañía Minera ATACOCHA proyecta incrementar la producción. Se diseña y pone en marcha el método de minado Glory Hole para, posteriormente, llevarlo a una operación a tajo abierto, para lo cual se incrementará el material a explotarse. Ello generará mayor cantidad de desmonte, para lo que se ha previsto la construcción de un depósito de desmonte a ubicarse al pie de la presa de relaves de ATACOCHA, con una capacidad de 3 almacenamiento en su primera etapa de 1.5 MM m , 3 para llegar posteriormente a 11 MM m ; las distancias de acarreo del material estéril del proyecto a la zona de descarga serán de 2.0, 2.5 a 3.5 km

El año 2016 el proyecto Glory Hole, empieza con el aporte de mineral de 1,000 tpd, creando un impacto positivo en el resultado de la ganancia del ejercicio del presente año. Para el año 2017 se tiene aprobado la Memoria Técnica Detallada por el Ministerio de Energía y Minas; con esta resolución pasaría a trabajarse el proyecto como tajo abierto. Se estima una producción sostenida de 3,500 tpd, con una tendencia a incrementar la producción hasta 5,000 tpd. Para el año 2018, el área de planeamiento Nexa Resources Atacocha S.A.A indica que se obtuvo 4,451.47 tpd de mineral tratado un impacto aún más positivo.

Tabla X.Costo de operación Glory Hole y Subterránea (US$/TN de mineral)

OPERACIONES	UND	Año 2016	Año 2017	Año 2018
GLORY HOLE	US$/TN	20.54	28.53	29.30
SUBTERRANEA	US$/TN	49.59	79.79	81.00

Fuente: Área Planeamiento – Atacocha

3.2.8 RELACIÓN DE CARGUIO VS DILUCIÓN

Después de replantear los polígonos de mineral con el personal topográfico de la contratista PEVOEX S.A.A con las dimensiones planificadas por el área de planeamiento de corto plazo de la unidad minera atacocha. Se continua con el carguío de mineral con la excavadora 336D2L para su extracción de mineral en el ciclo minado.

La dilución operacional se presenta con cantidades de desmonte mayores a lo planificado, es decir se tiene un NSR diluido planificado con un porcentaje de desmonte planificado pero por razones como la dirección de carga del cucharón de la excavadora 336D2L, maniobras del operador del equipo durante el carguío , Presencia de contactos en la superficie genera una contaminación de desmonte al Stock de Mineral afectando al NSR diluido planificado generando un incremento de dilución operacional en Tajo San Gerardo de la Unidad Minera Atacocha.

3.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

3.3.1 LEY CORTE

Según Vasquez, Galdames, & Le Feaux , (1996) afirma: La ley de corte corresponde a la ley de un elemento que hace nulo el beneficio económico de extraer y procesar un bloque del modelo.

Cualquier bloque que se encuentre sobre esta ley de corte genera un beneficio positivo, denominándose *Mineral*, mientras que cualquier + bloque con una ley inferior a la ley de corte generará pérdidas, conociéndose como *Estéril*.

La ecuación [1] que permite determinar la ley de corte se muestra a continuación:

$$\text{Ley de corte critica} = \frac{(\text{Costos categoria I} + \text{Costos categoria II})}{\text{Recuperación Global x } (\text{Precio} - \text{Costos categoria III})} \mathbf{x\ 100} \quad \ldots.[1]$$

Donde:

- Costos de Categoría I: Corresponden a los costos de material movido relacionados con la extracción del mineral, es decir los costos Mina, que incluyen los siguientes procesos:
- Costos Directos: Perforación, voladura, carguío, transporte, servicios de apoyo mina y administración.
- Costos Indirectos: Depreciación de equipos
- Costos de Categoría II: Corresponden a los relacionados con el

proceso de planta del mineral (concentración y/o lixiviación etc.), además se incluyen costos administrativos, depreciaciones de equipos, etc.

- Costos de Categoría III: Corresponden a los costos relacionados con la venta del producto (fundición y refinación), en el cual se incluyen el transporte, seguros, créditos, penalizaciones por impurezas, etc.
- Recuperación Global: Corresponde al porcentaje de cobre fino recuperado de todos los procesos involucrados (Mina, planta y fundición).
- De esta forma, es fácil observar que la ley de corte es variable en el tiempo debido a la sensibilidad que presenta frente a cambio en los factores anteriormente señalados. Además, existen otros parámetros que pueden modificarla, entre los que podemos destacar:
- Capacidad de planta ociosa o colmada

Un aspecto fundamental dentro de la operación minera, es mantener siempre en régimen la producción de la planta concentradora. Cuando por problemas de diversa naturaleza esto no ocurre, se puede recurrir a bajar la ley de corte con el objetivo de que sectores considerados estéril pasen a ser mineral, de forma que este nuevo mineral pueda ser enviado a planta y completar la capacidad de producción.

En este mismo sentido Vasquez, Galdames, & Le Feaux(1996): plantean que en muchas ocasiones es más rentable pasar menor ley por la planta, que dejar la planta ociosa, siempre y cuando, se justifique económicamente dicha acción.

- Existencia de múltiples procesos

La presencia de stocks permite flexibilizar el proceso, donde se puede destacar:

- La realización de mezclas de material de forma de diluir altas leyes que la planta no es capaz de tratar, y que se transformarán en pérdidas de finos en el relave (“aplanar perfil de leyes”).
- Generar porcentajes de humedades requeridos para procesos de lixiviación.
- Dilución de contaminantes.

3.3.2 SELECTIVA MINERA

Según Peña, (2007) la selectividad minera Belén, 2012 corresponde al proceso de separación del mineral con respecto del estéril. Esta se ve afectada por tres variables que se consideran en los siguientes puntos:

- **Efecto Soporte**

El diseño y la planificación de una explotación minera están dados por el modelo de bloques, el que es una representación del depósito mineral. De esta forma, el volumen que encierra un bloque corresponde a un material heterogéneo, con diversidad de leyes, donde solo se conoce la ley media. Por ello es muy posible que un bloque considerado como mineral tenga un porcentaje de estéril asociado y viceversa.

(X.Emery, 2004) señalan que mientras más pequeño el bloque mayor será la selectividad, entendiéndose que finalmente existirán mejores recuperaciones del metal. Sin embargo, el costo de operación se ve incrementado por el uso de equipos de carguío más pequeños, los que

poseen menores índices de productividad, y de una malla de perforación más densa que permita general esta selectividad.

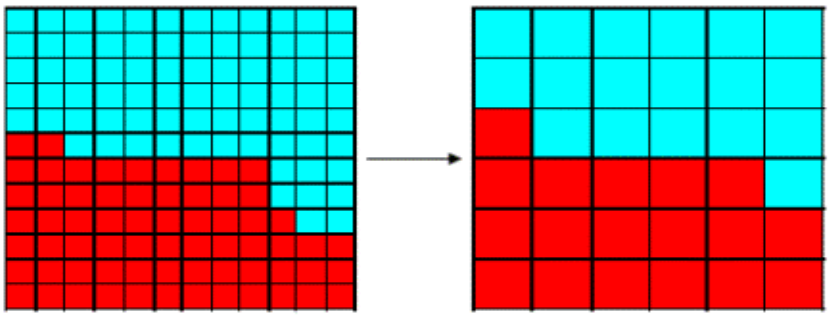


Figura 10.Efecto Soporte

Fuente: J.Ortiz y X.Emery (2004) *Apuntes del curso MI-54ª Evaluación de yacimientos y MI-68ª Geoestadística*, Universidad de Chile

La *Figura* 10 ejemplifica el problema que se produce: a bloques de mayor tamaño existe aumento de tonelaje lo que implica una reducción de la ley. Ello se explica en que al rebloquear a soportes mayores se incluye estéril en bloques de mineral, y viceversa.

- **Efecto de la Información**

El diseño y planificación de la explotación minera se encuentran basados en un modelo de valores estimados y no en de valores reales. Así, es inevitable que ciertos sean subestimados y enviados a botaderos, como que bloques sin beneficio económico sean enviados a planta.

En la planificación de largo plazo se desconoce la distribución de leyes de una grilla de pozos de voladura, que es con lo que finalmente se tomará la decisión respecto de qué será considerado estéril y/o mineral.

La técnica utilizada por algunas operaciones en el mediano y largo plazo, es la realización de una estimación por kriging, mediante la información aportada por los sondajes que interceptan la cota del banco que se desea analizar.

El problema de lo anterior es el efecto de suavizamiento en las estimaciones, provocado por el kriging, de forma que la calificación de mineral y estéril no será la más adecuada.

Otra técnica es el muestreo anticipado, el cual de alguna forma permite ajustar qué material debe irse a planta y cuál debe irse a botadero. Esta metodología es sumamente efectiva, pero lamentablemente sólo permite en el muy corto plazo (1 semana), ajustar la definición del material estéril respecto al mineral, de forma que el movimiento de equipos, cables para las palas y otros aspectos de la planificación de corto plazo, se ven muy limitados en tiempo.

Todo lo anterior define el concepto de efecto de información, o valor de la información, lo que puede resumirse en que el método utilizado para estimar las leyes del modelo de bloques determinará fuertemente las consecuencias operacionales de la operación minera. bloques con beneficio económico.

- **Dilución Minera**

Se define comúnmente como dilución a la mezcla de mineral con estéril, mediante la cual se lleva bien a procesar un material que no tiene el valor económico previsto, o bien se arroja a la escombrera mineral, con la

consiguiente pérdida de aprovechamiento de las reservas. (C.Morales, 2009)

Con esto, se consigue disminuir la calidad del mineral en términos de la cantidad efectivamente extraída y/o bajando las leyes del mismo. Se encuentra fuertemente asociada al nivel de selectividad que posea el equipo de carguío para definir el contacto estéril/mineral. (NCL, 2009)

En realidad, la dilución no significa solamente bajar la ley del mineral, sino que también hay asociado un aumento en los costos, ya que el envío de una tonelada de estéril a la planta es más costoso que el envío de una tonelada de mineral.

- **Dilución Planificada**

Es el estéril que se incorpora a los planes de producción, pues de otra forma sería imposible extraer el mineral adyacente.

En este punto tenemos:

- Modelamiento geológico

El modelamiento geológico es una interpretación de la posición espacial y la forma que poseen los cuerpos minerales en el yacimiento.

Los modelos geológicos contienen información relativa a litología, alteración y mineralización. Con ello, es posible diferenciar los contactos entre unidades geológicas (estéril y mineral), de manera de analizar datos correspondientes a una población y no a una mezcla de ellas.

En este sentido Srivastava, (2005) señala: Al no considerar el modelo

geológico resulta en la mayoría de los casos una mala decisión, ya que las estimaciones de recursos dependen de decisiones apropiadas sobre las distintas poblaciones relevantes desde el punto de vista geológico y estadístico. En muchos casos la mineralización se encuentra asociada a ciertas unidades geológicas, por lo cual resulta clave para poder entender el proceso de mineralización y cómo definir la evaluación de recursos.

Uno de los problemas del modelamiento geológico es la arbitrariedad que posee, debido a que con datos en general de sondajes, deben formarse modelos complejos de las estructuras y mineralizaciones presentes en un depósito. En este mismo sentido, a medida que avanza el desarrollo de un proyecto, también aumenta la información disponible: en el largo plazo la información disponible para el diseño y modelamiento geológico corresponde a sondajes, pero en el corto plazo, junto a los sondajes, están los pozos de voladura que permiten aumentar el nivel de información y, como consecuencia, generar un mejor modelo geológico.

Los casos más difíciles de modelamiento geológico corresponden a yacimientos de metales preciosos, los cuales, por lo general, tienen mineralización asociada a vetas. En estos casos, las estimaciones del depósito se remiten a metros de sondajes que interceptaron la veta. Errores en espesores de mineralización (volumen), continuidad y leyes, comprometen miles de toneladas y por ende enormes pérdidas del punto de vista económico.

En este mismo sentido, la caracterización de las diferentes unidades

litológicas permite tener una mejor predicción de la dilución, al tener definidas cuáles de estas unidades litológicas están asociadas a mineralización económica, de forma que la planificación tenga en cuenta los contactos de diferentes unidades litológicas al momento de llevar a cabo la explotación.

- Definición de polígonos de producción

En el proceso minero es necesario identificar qué material será enviado a planta y cuál no. Esta información debe ser traspasada a los operadores de palas y camiones para que no existan discrepancias.

Para poder realizar lo anterior, es necesaria la definición de polígonos de producción con el objetivo de identificar los sectores donde la pala cargará mineral y en los cuales cargará estéril.

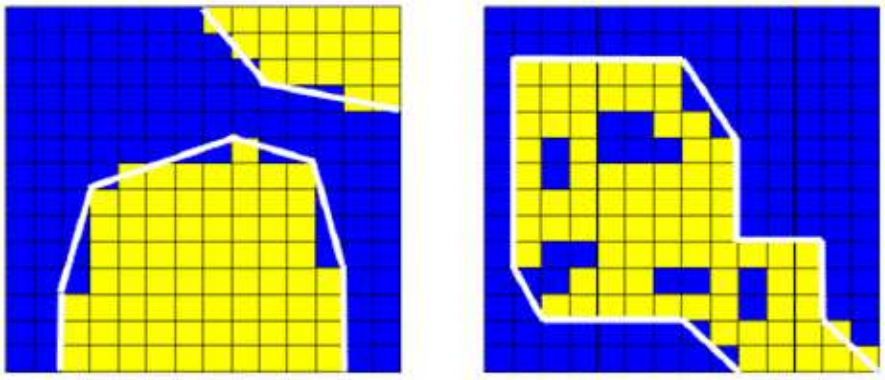


Figura 11.Tipos de contacto entre estéril y mineral

Fuente: Empresa NCL (2009) *Reporte de simulación de dilución y determinación de la velocidad y desplazamientos del material tronado*, Perú

La definición de estos polígonos resulta arbitraria en el sentido que el

planificador de corto plazo los genera teniendo en consideración que la ley media del polígono sea mayor a la ley de corte. Por aspectos operativos del equipo de carguío, es imposible generar una selectividad de un 100%. De esta forma la disposición de los polígonos muchas veces incluye estéril tal como se aprecia en la *figura* anterior o viceversa.

- **Dilución Operacional**

"La dilución operativa en una operación minera a cielo abierto corresponde al material estéril que no se logró separar del mineral durante la extracción". (NCL, 2009) Esta dilución se genera por efectos de la selección no libre de bloques y con la definición de los polígonos de extracción que se definen en la planificación de corto plazo.

La dilución operativa produce dos tipos de impactos:

- Un aumento del tonelaje enviado a planta, con una baja en la ley media a la planificada, producto de la incorporación de material estéril.
- Disminución del tonelaje enviado a planta con una mayor ley media a la planificada (Dilución "Negativa")

Otro factor que afecta el nivel de dilución operativa son los contactos entre mineral y lastre. Si se tienen contactos suaves o regulares será

más fácil seleccionar mineral por sobre estéril.

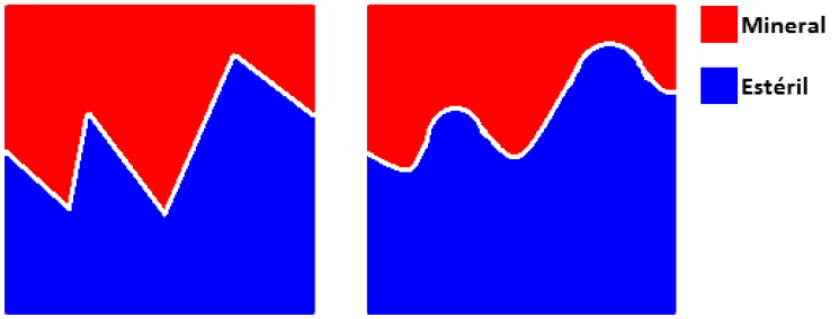


Figura 12.Contacto mineral y desmonte

Fuente: Empresa NCL “Reporte de simulación de dilución y determinación de la velocidad y desplazamientos del material tronado”,(agosto 2009).

En la *Figura* 12 se puede apreciar que el contacto de la izquierda es más irregular que el de la derecha, con lo que se tendrá mayor dilución.

La voladura produce una mezcla de material en los límites de mineral y estéril no permitiendo definir un contacto claro para efectos del proceso de carguío.

3.3.3 PLANIFICACIÓN MINERA

“La planificación minera se define como el proceso de ingeniería de minas que transforma el recurso mineral en el mejor negocio productivo para el dueño”, (Hernández, 2011) definiendo una promesa productiva y convirtiéndose en un documento bancable para los inversionistas, de forma tal de maximizar la renta del negocio minero, activando cada una de sus fuentes e integrando las restricciones impuestas por el recurso mineral, el mercado y el entorno. Las razones por las cuales se debe realizar planificación minera son las siguientes:

- La minería, como negocio, es uno de los que involucra la mayor cantidad de capital y posee los más altos niveles de incertidumbre.
- La minería es uno de los negocios que ha llevado a la bancarrota a la mayor cantidad de inversionistas.
- Típicamente los proyectos mineros en vez de pagar el capital, lo consumen en conjunto con las utilidades.

Así, la planificación minera juega un rol fundamental a la hora de reducir los niveles de incertidumbre del negocio minero y transformarlo en un negocio rentable, lo cual facilita la búsqueda de accionistas e inversionistas para los diferentes proyectos en carpeta.

La planificación minera debe ser coherente (acorde con los objetivos estratégicos de la empresa), sistémica (incluye diferentes áreas de la ingeniería, además de otras disciplinas como geología, geofísica, etc.), y dinámica (analiza el comportamiento operacional en las labores y luego es modificada de acuerdo a este análisis).

- **Tipos de planificación minera**

-Según objetivo:

a. Planificación estratégica: tiene como objetivo sincronizar los siguientes actores: mercado, recursos disponibles y objetivos de los inversionistas. Sus principales funciones son el reconocimiento constante del recurso mineral, la definición de los métodos y ritmos de explotación, de la secuencia de producción y de las leyes de corte.

b. Planificación conceptual: es el proceso que delinea los recursos existentes para conducir a la meta productiva definida por la planificación estratégica, enmarcándose en un ámbito de proyecto. Sus principales funciones son establecer la envolvente económica, el programa de producción y el diseño del proceso, evaluar los recursos a utilizar, realizar un estudio de costeo y valoración, y establecer los indicadores de desarrollo sustentable. Todo lo anterior conduce a la obtención del plan minero, que corresponde a la definición de qué, cuándo y cómo se extraerán los recursos en cada uno de los periodos del negocio minero, representando el plan de negocios de la compañía.

c. Planificación operativa: en esta etapa se produce una retroalimentación hacia la planificación conceptual de modo de redefinir algunos conceptos y generar los proyectos que permitan alinearse con el plan minero, lo que permite la definición de los indicadores operacionales.

- Según horizonte temporal de estudio:

Otro aspecto relevante dentro de la planificación minera, es el de los horizontes de planificación, que corresponden a una herramienta para tratar la incertidumbre del proceso minero.

Mientras la planificación de largo plazo típicamente se encarga de maximizar el valor del proyecto, la planificación de corto plazo está comúnmente asociada a un objetivo basado en las metas de producción con límites máximos o mínimos de ciertos constituyentes químicos críticos

como, por ejemplo, en minería de carbón con altos contenidos de sulfuros, el maximizar la producción de estos sulfuros.

De este modo, se definen los siguientes horizontes:

- **Planificación de largo plazo:** se encarga de la definición del tamaño y vida de la mina, como de las reservas de ella. Para ello, en este horizonte se define la envolvente económica, el método, ritmo y secuencia de explotación, el perfil de leyes de corte y principalmente la inversión y los costos de forma tal de entregar la mayor información posible a los inversionistas, incorporando proyectos con diferentes niveles de riesgo.
- **Planificación de mediano plazo:** se encarga de adaptar los modelos que sustentan la planificación de largo plazo, produciendo planes de producción que conduzcan a la operación a las metas de producción definidas. El resultado obtenido en este horizonte, permite adaptar la definición de negocios de la mina mediante el reemplazo de infraestructura, reconocimiento de nuevos recursos, proyectos de contingencia, etc.
- **Planificación de corto plazo:** se encarga de la recopilación y utilización de la información operacional de modo de retroalimentar la planificación de mediano plazo. Además, debe corregir los modelos que sustentan la planificación de modo de soportar el presupuesto de operaciones de la mina.

3.3.4 PROCESO DE PLANIFICACIÓN

El proceso de planificación minera involucra los siguientes pasos:

- Modelación de recursos: Realizar interpretación en 3D de los sondajes efectuados, llevándolos a un modelo geológico. Debido al costo de los sondajes o a las limitaciones de longitud de ellos, es posible que un yacimiento solo pueda ser estudiado hasta cierta profundidad, por lo cual no se puede apreciar una variabilidad mineralógica importante, lo que lleva a realizar diseños mineros limitados según las características iniciales de yacimiento, los cuales no están preparados para soportar ni sustentar esta variabilidad. (De Nicola, 2015)

- Diseño minero: Determinar según las características físicas y geológicas del yacimiento el método de explotación a utilizar y todos los procesos necesarios para la obtención del producto que se desea comercializar. Lo anterior estará delimitado por la interpretación geológica, puesto que una mala interpretación del yacimiento puede provocar que, en el futuro, frente a cambios de mineralización, se deban realizar también importantes cambios de infraestructura y procesos para continuar con la producción.
- Plan de producción: En el caso de una mina a cielo abierto, se debe definir el pit final, el secuenciamiento en fases, realizar una discretización en unidades de reserva (fase banco, bloques) y definir en qué periodo de tiempo se extrae cada una de ellas. Si no se considera la variabilidad de la mineralización en el yacimiento, los planes de producción definidos para el

largo plazo, presentarán importantes diferencias con los planes de corto plazo.

3.3.5 PLANIFICACIÓN EN MINERÍA A CIELO ABIERTO

La planificación de minas a cielo abierto tradicionalmente se ha realizado en forma secuencial y realizando optimizaciones en cada uno de sus procesos. Estos procesos son los siguientes:

- Obtención del modelo de bloques.
- Valorización de los bloques del modelo
- Aplicar la metodología de Lerchs y Grossmann
- Obtención de pit anidados
- Definición de fases
- Definición de leyes de corte
- Construcción de plan de producción
- Diseño de rampas y accesos
- Suavizamiento del plan de producción

Actualmente, la planificación minera de corto plazo en una mina a cielo abierto se realiza mediante una metodología manual de prueba y error, en la cual el planificador realiza cortes en la fase-banco en explotación (dada por la planificación de largo plazo) los cuales deben cumplir con la capacidad de movimiento mina dada por los equipos de carguío y transporte, con la capacidad de alimentación de mineral a la planta de chancado y con ciertas características mineralógicas y geometalúrgicas de este mineral de alimentación. Una vez realizado un corte, se analizan las

variables involucradas y en el caso de cumplir se acepta dicho corte y en caso contrario se debe probar con otro. (De Nicola,2015)

Esta forma de realizar la planificación presenta una serie de problemas los cuales se señalan a continuación:

- La planificación realizada depende principalmente de la mano del planificador y de la experiencia de este, lo cual se traduce en los tiempos involucrados en realizarla.
- El realizar cortes en una fase-banco determinada no asegura el cumplimiento de las restricciones geometalúrgicas, puesto que la fase-banco cumple con dichas restricciones en forma global según la planificación de largo plazo, pero al realizar cortes individuales dentro de ella, estos no necesariamente lo van a hacer.
- El diseño y la planificación minera de largo plazo se realizan sin considerar mezclas.
- Esta metodología manual de planificación se realiza sin visión en el tiempo, es decir, solo se trata de cumplir con los requerimientos actuales, sin considerar lo que se dejará para explotar en el futuro.
- Los equipos utilizados para realizar la extracción de estos cortes fueron planificados según el largo plazo para una operación con características masivas y a la hora de realizar esta tarea se encuentran con una operación mayormente selectiva lo que trae como consecuencia una reducción en la productividad de los equipos involucrados.

3.3.6 CONCILIACIÓN MINA-PLANTA

La estimación de reservas realizadas por geología es medida y comparada de acuerdo a los resultados obtenidos por la mina; así mismo, los pronósticos de la mina son comparados con los resultados informados por la planta que procesa el mineral. A este proceso se le conoce como conciliación mina – planta.

Durante la conciliación de mina-planta, comúnmente, se producen diferencias respecto de los tonelajes y leyes informados entre la mina y la planta. Ello, debido a que la mina se maneja con las cifras de planificación, haciendo actualizaciones en terreno de tonelajes (la ley es muy difícil poder actualizarla en el minuto de la extracción), y la planta, con los datos que ellos mismos obtienen de los análisis que realizan a la masa entrante al proceso.

3.3.7 PROCESO DE CARGUIO

Es una de las actividades más costosas por la cantidad de horas, insumos para los equipos involucrados (excavadoras y/o palas) con un alto grado de mecanización donde se debe controlar los rendimientos productivos al acumular el mineral volado de un frente para su transporte adecuado.

Secuencia de carguío de mineral en tajo San Gerardo.

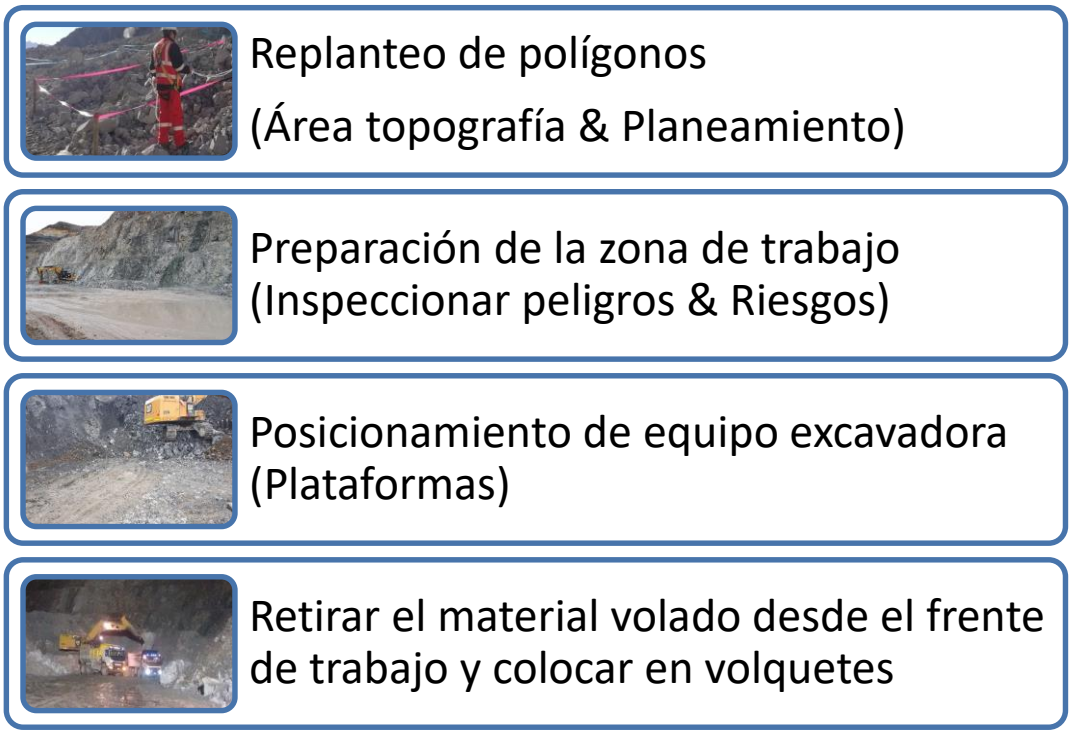


Figura 13.Proceso de carguío en Tajo San Gerardo

Fuente: Elaborada para la investigación

3.3.8 DILUCIÓN POR FORMA DE CARGUIO

Teóricamente la dilución puede darse por varios parámetros como las mezclas de exposición del tamaño de partículas que salen de la chancadora primaria, secundaria y moliendas, los aditivos de la flotación, etc. Pero la que se tiene mayor incidencia es la forma de carguío.

Existe dilución operacional por la forma de carguío de las excavadoras que tiene el sentido antihorario del brazo del cucharon, no se extrae de manera perpendicular al piso sino va formando arcos desde la cresta.

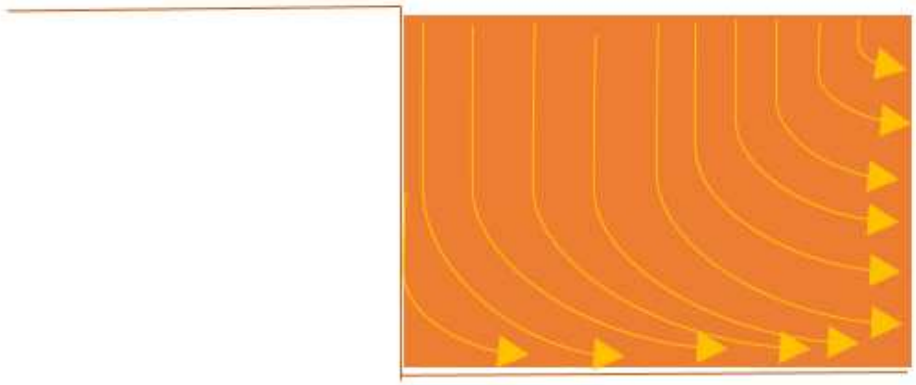


Figura 14.Forma de extracción de excavadora

Fuente: Elaborada para la investigación



Figura 15. Carguío de un polígono de mineral en Tajo San Gerardo

Fuente: Elaborada para la investigación

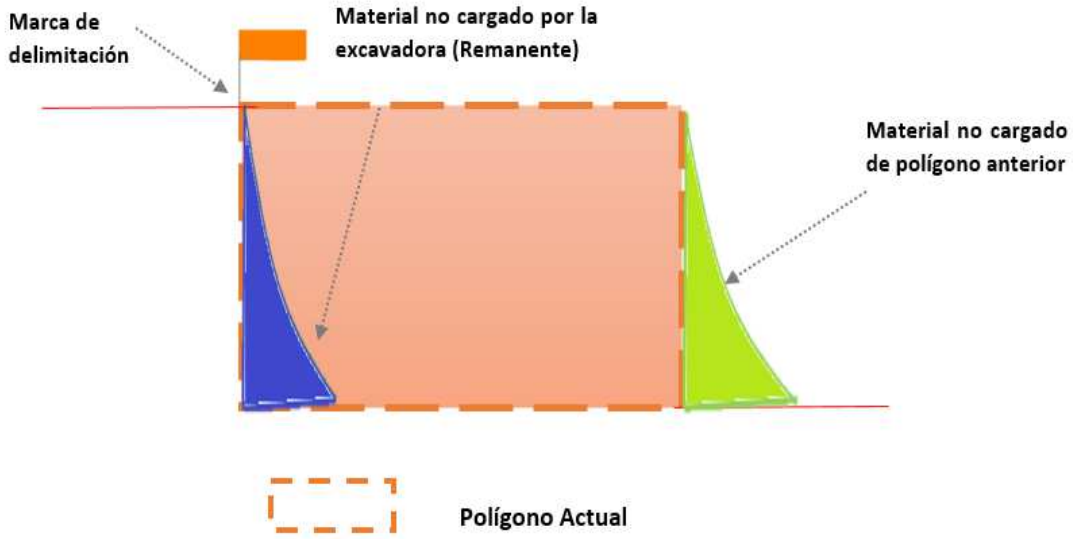


Figura 16.Esquema de extracción de polígono vista lateral

Fuente: Elaborada para la investigación

Se debe respetar la delimitación de los polígonos a extraer por la excavadora por la forma de carguío hay un material que no será cargado por el equipo carguío (Remanente) representado de color Azul como también se presenta un material no cargado de polígono anterior que está representado de color Verde, Generando una mezcla de materiales afectando su tonelaje y leyes aumentando el NSR(US$/t) y su vez la aumentaría la dilución operacional.

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

4.1. TIPO Y DISEÑO

En la presente investigación es de tipo aplicativo que llevaremos a la práctica, teorías generales y la aplicación de los conocimientos con la finalidad del control de dilución operacional durante el proceso de carguío de mineral objetivo de determinar las dimensiones mínimas de los polígonos de mineral para optimizar el control de dilución operacional cuando se adecue el tajo presente con los parámetros de diseño propuestos.

En tanto a la naturaleza de manipulación de datos es de carácter cuantitativo, ya que para determinar las dimensiones mínimas de los polígonos de mineral se analizará el comportamiento de las variables que se estudiarán.

De acuerdo al diseño de investigación es **Transversal** que consiste en determinar las características y el desarrollo del diseño de estudio observacional, en un momento dado, en una sola medición retrospectiva.

En cuanto diseño según las etapas del proceso de investigación se utilizó un modelo de la metodología de investigación según Fernández (2010):

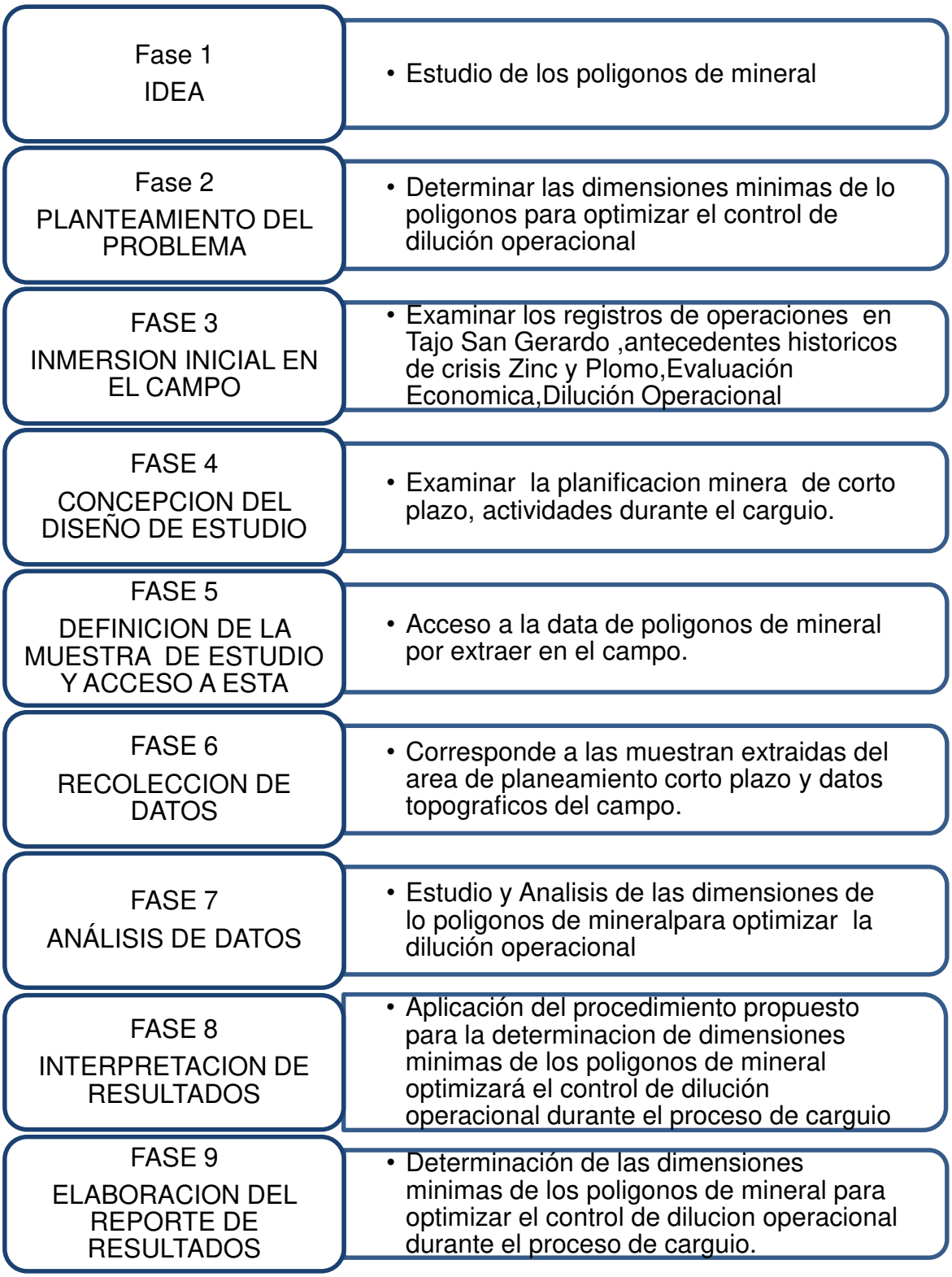


Figura 17.Metodología de la investigación

Fuente: Elaboración propia

4.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo a los objetivos planteados, esta investigación su finalidad es de un tipo de investigación COMPARATIVA que deberá resolver forma práctica las hipótesis asociadas para determinar las dimensiones mínimas de polígonos de mineral para optimizar el control de la dilución operacional durante el proceso de carguío.

Con nivel de investigación Comparativo evaluaremos el escenario actual y sugerido para optimizar el control de la dilución operacional con la finalidad de determinar las dimensiones mínimas de los polígonos de mineral durante el proceso de carguío donde se evaluará con los reportes de resultados.

4.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

4.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Dimensiones de polígonos de mineral y geometría de minado

Indicadores:

- Ancho de polígono
- Largo de polígono
- Altura de banco
- Altura promedio de esponjamiento de material por voladura.
- Ancho mínimo de minado
- Ancho cucharón

4.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Dilución Operacional

Indicadores:

- NSR diluido
- Porcentaje de dilución

4.3.3. MATRIZ OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla XI.Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
Variable Independiente Dimensión de polígono minado	Ancho de polígono Proceso Carguío de Mineral	Ancho Mínimo de Minado	Software AutoCAD Hojas de cálculo Excel
Variable Dependiente Dilución Operacional		NSR diluido	

Fuente: Elaborada para la investigación

4.4. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO

4.4.1. LA POBLACIÓN

Las dimensiones de polígono de mineral con anchos y largos menores a 20 metros.

4.4.2. MUESTRA

Se considero la población polígonos de mineral con anchos y largos menores a 20 metros y como muestra condicionante perteneciente de los meses de julio-agosto del año 2018

Calculo del tamaño de la muestra con la ecuación [2] (Suárez, 2012) para su estudio y análisis para una optimización de control de la dilución operacional determinando las dimensiones mínimas de los polígonos de mineral

$$n = \frac{N \times \sigma^2 x Z^2}{(N-1) x\, e^2 + \sigma^2 x Z^2} \qquad \ldots\ldots[2]$$

Donde:

- *N* = total de la población ***(12 Polígonos de mineral con anchos y largos menos de 10 metros)***
- *Z* = factor probabilístico 2.576 (si la seguridad es del 99%).
- σ = proporción esperada (en este caso 5% = 0.05).
- *e* = error máximo (5%).
- *n* = tamaño de la muestra.

Se considera n = tamaño de la muestra, para la evaluación de las variables.

Reemplazando valores tenemos:

$$n = \frac{12\ x\ 0.05^2 x 2.576^2}{(12-1)x0.05^2 + (0.05^2 x 2.576^2)}$$

n = 4.5

n = 5

El tamaño de la muestra calculado es 5; por lo tanto, se considero para la investigación 05 muestras para dicha evaluación y discusión.

Para la investigación presente se selecciono 05 polígonos de mineral presentados por el área de planeamiento de la Unidad Minera Atacocha con sus respectivos NSR (US$/TM)

4.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS

La técnica e instrumentos se tomaron datos 100% cuantificables, la recolección de datos fue accesible por pertenecer al área de trabajo de planeamiento en Tajo San Gerardo en la Unidad Minera Atacocha.

4.6. MÉTODOS Y TÉCNICAS PARA LA PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

La Metodología utilizada para el desarrollo de la tesis se muestra en el siguiente esquema:



Figura 18.Metodología del Proyecto

Fuente: Elaboración propia para la investigación

4.6.1. INTERPRETACIÓN Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Para el desarrollo de la investigación se evaluo con cuadros comparativos con los resultados actuales y el resultado propuesto para optimizar el control de dilución operacional con la determinación de las dimensiones mínimas de polígonos de mineral se realizará en el siguiente procedimiento como se describe a continuación.

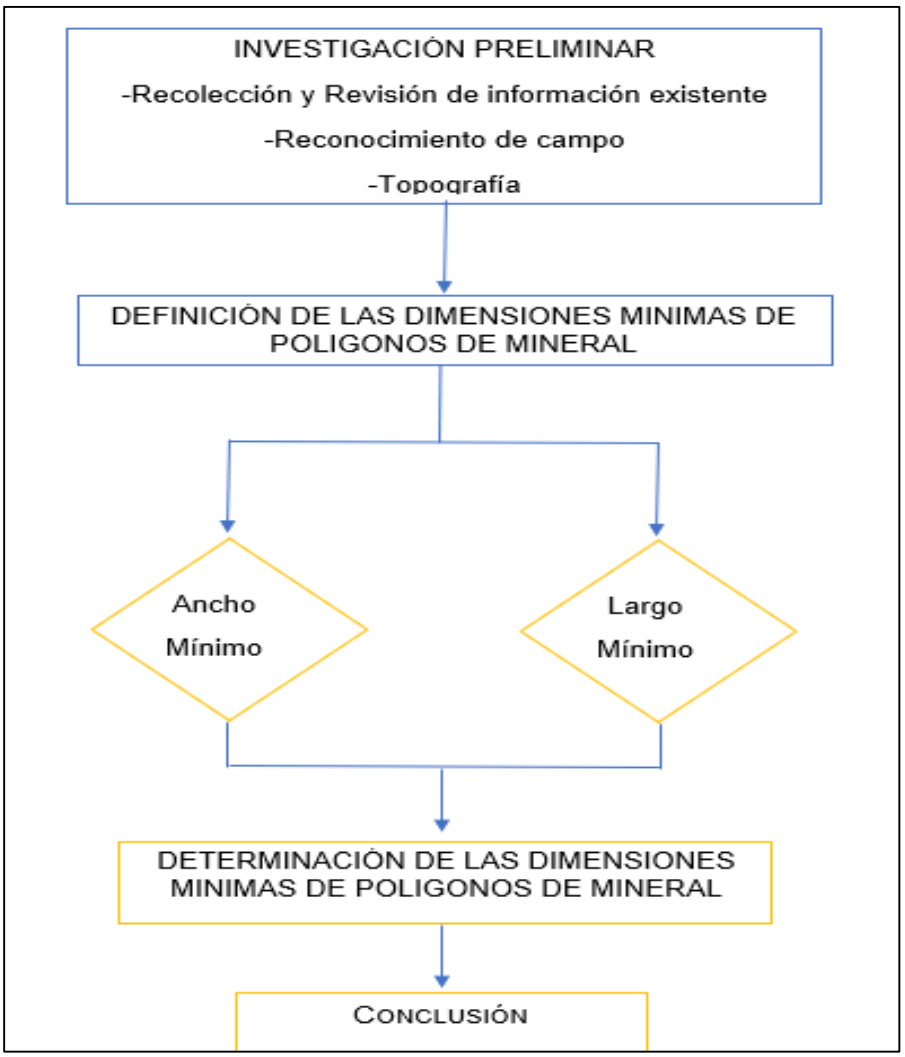


Figura 19.Flujograma para determinar las dimensiones mínimas de los polígonos de mineral

Fuente: Elaboración propia para la investigación

CAPÍTULO V

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. PANORAMA ACTUAL

5.1.1 INVESTIGACIÓN PRELIMINAR

5.1.1.1 CREACIÓN DE POLÍGONOS

El área de Geología - Planeamiento Minado de la unidad Minera Atacocha con la información de las leyes que se necesita en planta-mina actualiza el modelamiento de corto plazo y con el muestreo de blasthole se procede la creación de polígonos donde se denomina un ID por polígono creado sea mineral o desmonte.

Seleccionamos el área de polígono a crear con las características que deseamos para realizar la actividad.

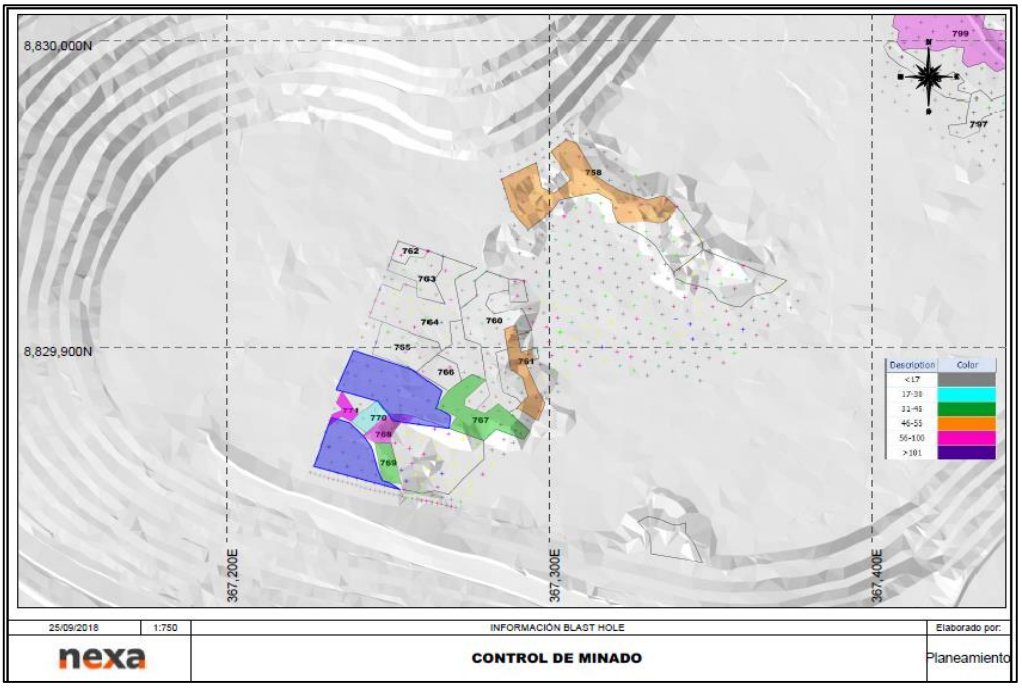


Figura 20.Muestreo de Blasthole

Fuente: Área de Geología - Planeamiento Unidad Minera Atacocha

5.1.1.2 PLANIFICACIÓN Y RECEPCIÓN DE POLÍGONOS

Con previa coordinación con los topógrafos y operadores de los equipos de carguío de la contratista PEVOEX S.A.A para su ejecución de trabajos en campo con el replanteo de polígonos y con la extracción de los polígonos y con las recomendaciones de respetar la delimitación durante el carguío para efectuar la manera más eficiente y tener un mejor control de dilución operacional.

5.1.1.3 PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL MARCADO DE POLÍGONOS

5.1.1.3.1 PERSONAL

- 01 INGENIERO DE SEGURIDAD

✓ Cumplir con la política de Seguridad de la empresa

✓ Supervisar el cumplimiento de las Normas, Estándares y procedimientos establecidos.

✓ Conocer y cumplir con los estándares y procedimientos de trabajo seguro establecidos.

✓ Realizar informes de las inspecciones realizadas.

- 01 INGENIERO DE SUPERVISIÓN

✓ Cumplir y hacer cumplir lo especifico en el procedimiento

✓ Proporcionar los recursos necesarios para el cumplimiento del procedimiento

✓ Coordinación constante de los trabajos en el campo con el topógrafo

✓ Gestionar permisos y autorizaciones para la ejecución de los trabajos.

- TOPÓGRAFO

✓ Liderar el grupo de personas que van realizar la actividad de marcado, replanteo o remarcado de polígonos.

✓ A cargo del cuidado de los equipos a utilizar para la actividad.

✓ Cumplir con el presente procedimiento de trabajo seguro para marcado, replanteo o remarcado de polígonos.

- AYUDANTE

✓ Cuidar los equipos a utilizar para la actividad

✓ Cumplir con el presente procedimiento de trabajo seguro para marcado, replanteo o remarcado de polígonos.

5.1.1.3.2 EQUIPO PROTECCIÓN PERSONAL

Para realizar la actividad, todo personal deberá cumplir con su Equipo de Protección Personal adecuado (EPP) y necesarios como última línea de defensa y a la vez cumplir con las 05 reglas de oro.

Tabla XII. Equipo de Protección Personal

Ítem	Descripción
1	Respirador de doble filtro
2	Casco de seguridad rotulado
3	Filtros
4	Lentes de seguridad oscuros
5	Zapatos de seguridad
6	Botas de seguridad (Jebe) (Temporada de lluvias o nevadas)

7	Ropa Impermeable (Temporadas de lluvias o nevadas)
8	Orejeras y/o Tapones
9	Chaleco reflectivo de seguridad
10	Uniforme reflectivo de una 1 pieza o doble pieza
11	Guantes Badana
12	Cortaviento
13	Bloqueador solar 3M

Fuente: Elaboración propia

5.1.1.3.3 EQUIPO / HERRAMIENTAS / MATERIALES

- Vehículo liviano 4 x 4: Para traslado del personal para realizar la actividad
- Radio de comunicación: Para una mejor comunicación en el grupo de trabajo.
- Equipo topográfico: Sistema Trimble R10 GNSS

GPS con nuevas y potentes tecnologías que va más allá de un completísimo soporte GNSS y garantiza una captura de datos más rápida y fácil. Ha sido diseñado para que los profesionales de la topografía sean más eficientes en su trabajo. Proporciona una burbuja electrónica, Medición rápida y precisa, Trazabilidad de datos (Trimble HD-GNSS, Trimble SurePoint y Trimble xFill)



Figura 21.GPS Trimble R10

Fuente: Elaborada para la investigación



Figura 22.Personal de topografía utilizando el GPS Trimble R10

Fuente: Elaborada para la investigación

- Cintas Topográficos: Clasificación del Mineral NSR(US$/Ton)-Códigos

MINERAL NSR-CODIGOS	NSR(US$/Ton)
MINERAL MUY ALTA LEY	> = 55
MINERAL ALTA LEY	46-55
MINERAL MEDIANA LEY	31-45
MINERAL BAJA LEY	17-30

Figura 23.Clasificación(NSR US$/Ton) por colores

Fuente: Elaborada para la investigación

- Arnés de seguridad: Medida de seguridad que está obligado los topógrafos y ayudantes ante la presencia de zonas de subsidencia y/o trabajos de altura de alto riesgo.
- Comba de 02 Lbs
- Estacas de madera

5.1.1.3.4 MARCADO DE POLÍGONOS DE MINERAL

1° Etapa: El área de Geología de la Unidad Minera Atacocha envía los polígonos en archivo en extensión (.DWG) para análisis en el Software AutoCAD denominado Stock de materiales Tajo San Gerardo-Planta detalles con un archivo Excel (.XLS) indicando el Stock de materiales por polígono con mayor especificación

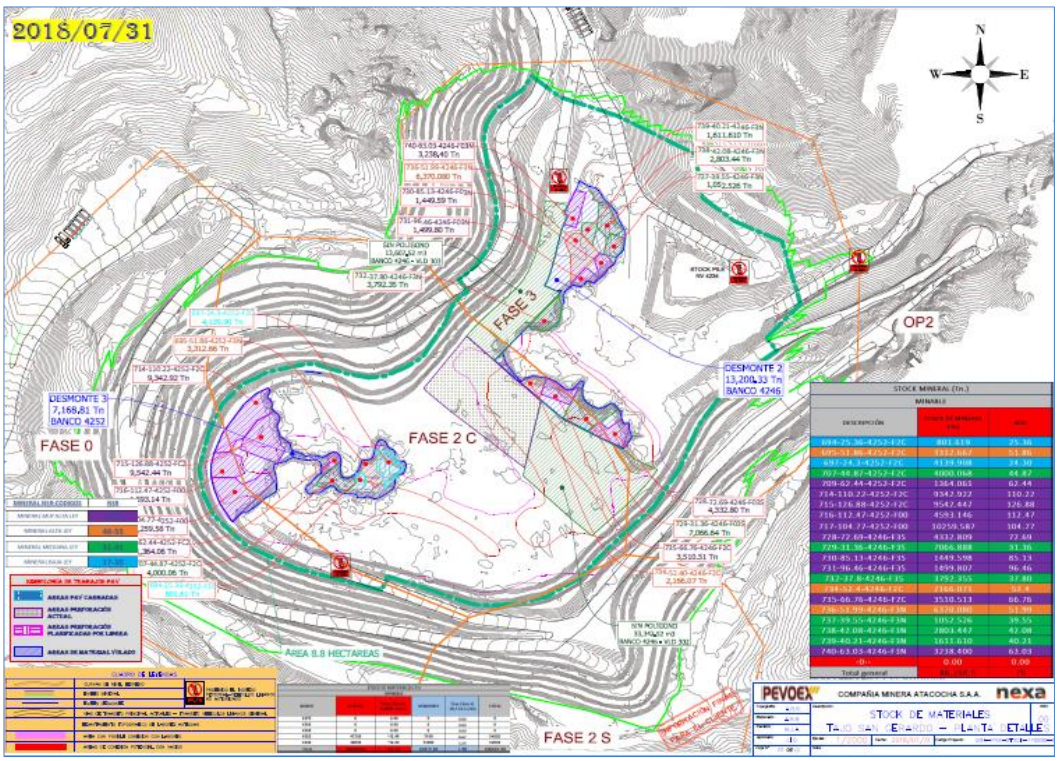


Figura 24.Plano Stock de materiales Tajo San Gerardo

Fuente: Área de Geología- Planeamiento elaborado para la investigación.

MINERAL NSR-CODIGOS	NSR
MINERAL MUY ALTA LEY	> = 55
MINERAL ALTA LEY	46-55
MINERAL MEDIANA LEY	31-45
MINERAL BAJA LEY	17-30

SUMA		TN	M3
37826.18	MUY ALTA	37,826.18	16446.165
8101.04	ALTA	8,101.04	3522.193
27697.35	MEDIA	26,422.20	11487.913
26883.44	BAJA	28,158.59	12242.866
100508.02		**100,508.02**	31456.2713

STOCK MINERAL (Tn.) MINABLE		
DESCRIPCIÓN	STOCK DE MINERAL (Tn.)	NSR
760-22.93-4246-F2C	3675.784	22.93
777-37.03-4240-F3N	420.280	37.03
779-30.82-4240-F3N	322.672	30.82
780-29.62-4240-F3N	494.788	29.62
782-44.78-4240-F3N	365.064	44.78
787-23.1-4240-F3N	304.388	23.10
788-43.8-4240-F3N	2214.100	43.80
789-23-4240-F3N	596.456	23.00
790-24.5-4240-F3N	687.596	24.50
791-79.5-4240-F3N	622.244	79.50
792-39.9-4240-F3N	1066.044	39.90
793-25.3-4240-F3S	1954.260	25.30
795-22.2-4240-F3S	780.304	22.20
797-33.22-4240-F3S	3094.980	33.22
798-17.7-4240-F3N	2028.292	17.70
808-75.57-4246-F2C	253.204	75.57
811-46.85-4246-F2C	1691.508	46.85

Figura 25.Archivo nativo de datos por polígono mineral

Fuente: Área de Geología-Planeamiento elaborada para la investigación.

2° Etapa: El área de Planeamiento y Topografía de la empresa contratista PEVOEX.S.A.A. analiza las coordenadas de los polígonos para extraer en el campo, se baja la información al equipo topográfico GPS Trimble R10 GNSS en archivo de extensión .CSV

3°Etapa: Se comunica vía radial al jefe de operaciones o jefe de guardia para que autorice el ingreso al personal a realizar la actividad de replanteo de polígonos debe contar con el plano de comunicación con labores subterráneas actualizada, Se Comunicará la presencia del personal topográfico al operador/es de los equipos de carguío y acarreo, que se encuentren trabajando en la zona.

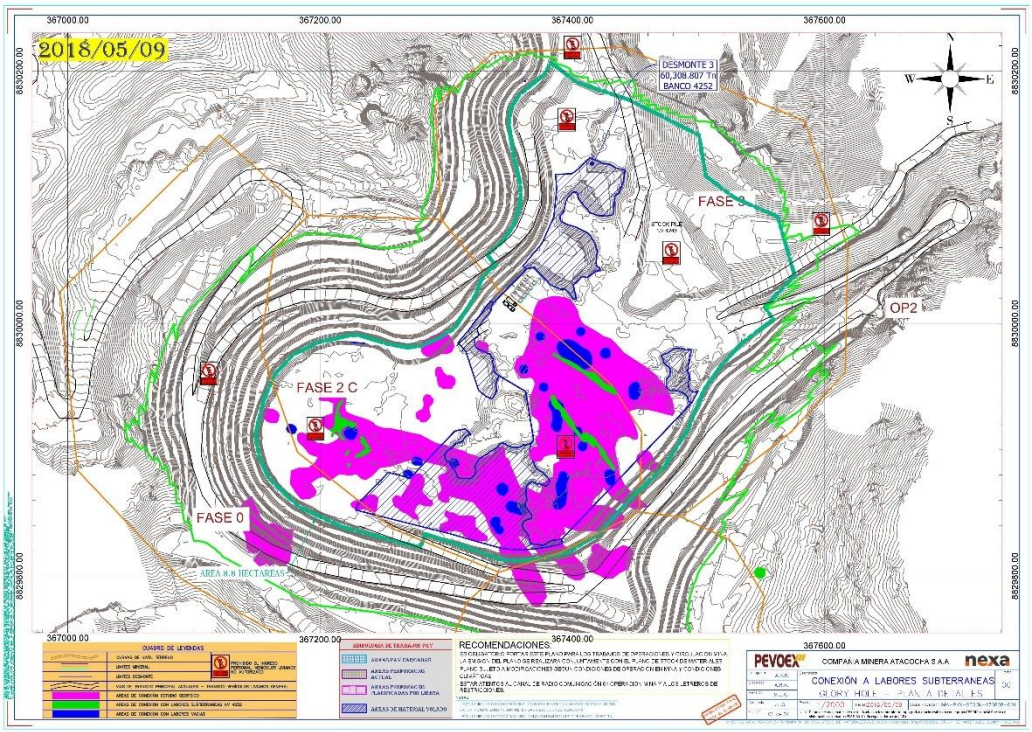


Figura 26.Plano de conexión a labores subterráneas en Tajo San Gerardo

Fuente: Área de Geotecnia -Unidad Minera Atacocha.

4°Etapa: Replanteo de polígonos en mineral

En las zonas donde se debe replantear polígonos de mineral se realiza de la manera más visible posible dejando notar la cinta de color que corresponde si es baja o alta ley de la *Figura* 23 con una visualización favorable para el operador de la excavadora 336D2L para la actividad de carguío.



Figura 27.Personal en replanteo de polígonos de mineral

Fuente: Elaborada para la investigación



Figura 28.Personal topográfico con comunicación de los equipos.

Fuente: Elaborada para la investigación



Figura 29.Personal topografía y Geología en replanteo de polígono con tambor retráctil

Fuente: Elaborada para la investigación

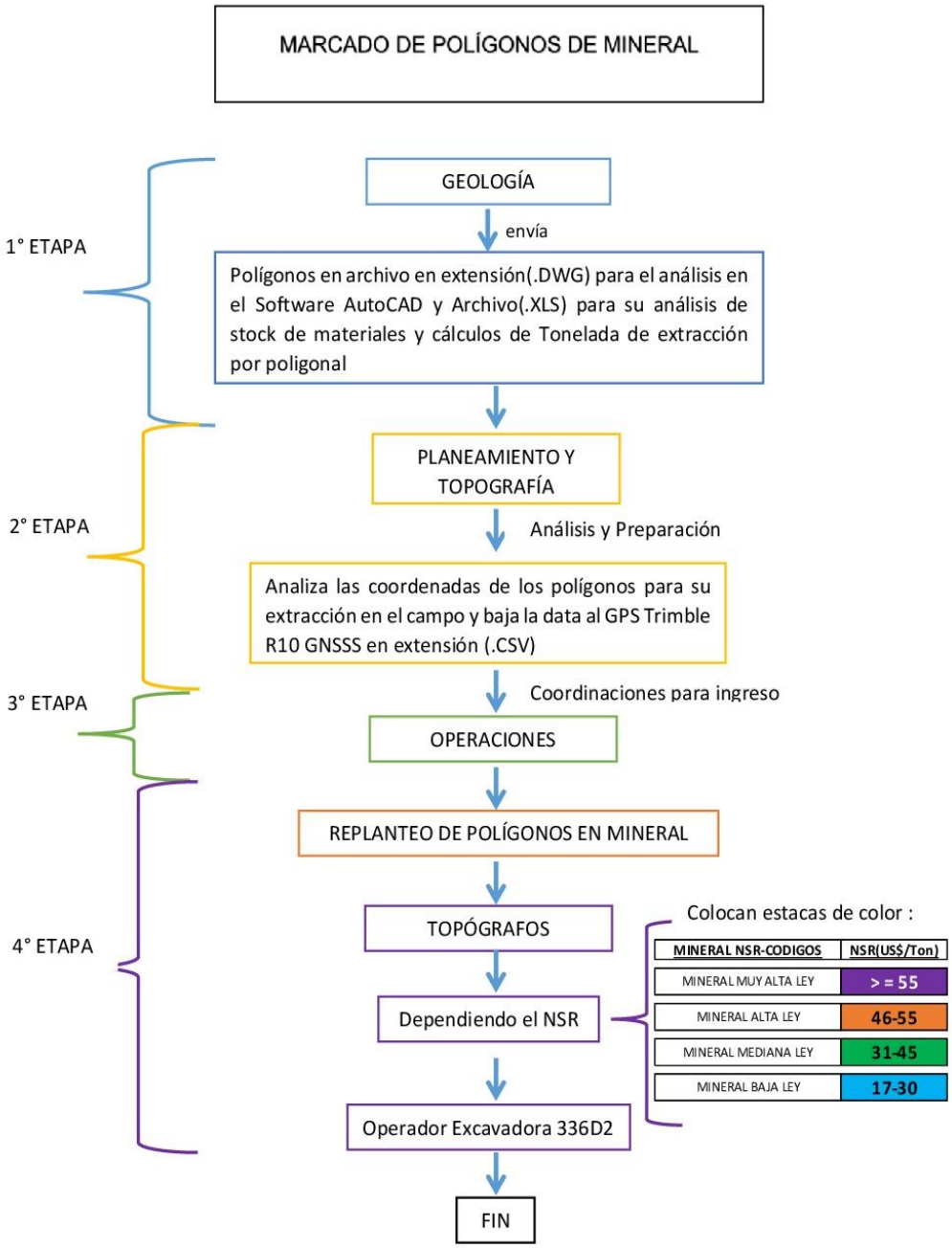


Figura 30.Flujograma de marcado de polígono de mineral

Fuente: Elaborada para la investigación

5.1.1.3.5 RESTRICCIONES

- Cuando haya presencia de tormentas eléctricas.
- En caso no se cuente con punto de anclaje adecuado (equipo pesado o vehículo) para la actividad de replanteo de polígonos de mineral
- Cuando se ingrese a zonas de subsidencias (conexión con labores subterráneas) sin equipo de protección anti caídas.
- en caso de ingresar al área de subsidencia sin autorización por el encargado del área.
- Cuando los equipos están movimiento.

5.1.1.4 COORDINACIÓN CON EL ÁREA DE OPERACIONES

Una vez realizado el replanteo de polígonos se comunicará por radio al supervisor de cada fase (F2C=FASE 2 CENTRO, F3N=FASE 3 NORTE) el trabajo realizado indicándole que tipo de material dio por resultado el disparo ya sea mineral o desmonte, en el caso del mineral se deberá especificar la ubicación del mismo para que tengan especial cuidado durante el proceso de carguío con la finalidad de cumplir el NSR diluido planificado (US$/t) para optimizar el control de dilución operacional.

5.1.2 ANALISIS DE PANORAMA ACTUAL

La programación del minado de mineral está a cargo del área de planeamiento el cual elabora el plan mensual de minado en donde se indica las áreas y tonelajes de mineral y desmonte a minar en un mes determinado conjuntamente con las leyes y NSR a alcanzar en el mes semana a

semana, para ello se utiliza la información del modelo de bloques de corto plazo para la programación de zonas aun no muestreadas o donde no hay información de blastholes y el plano de stock de mineral para el caso de las zonas ya muestreadas.

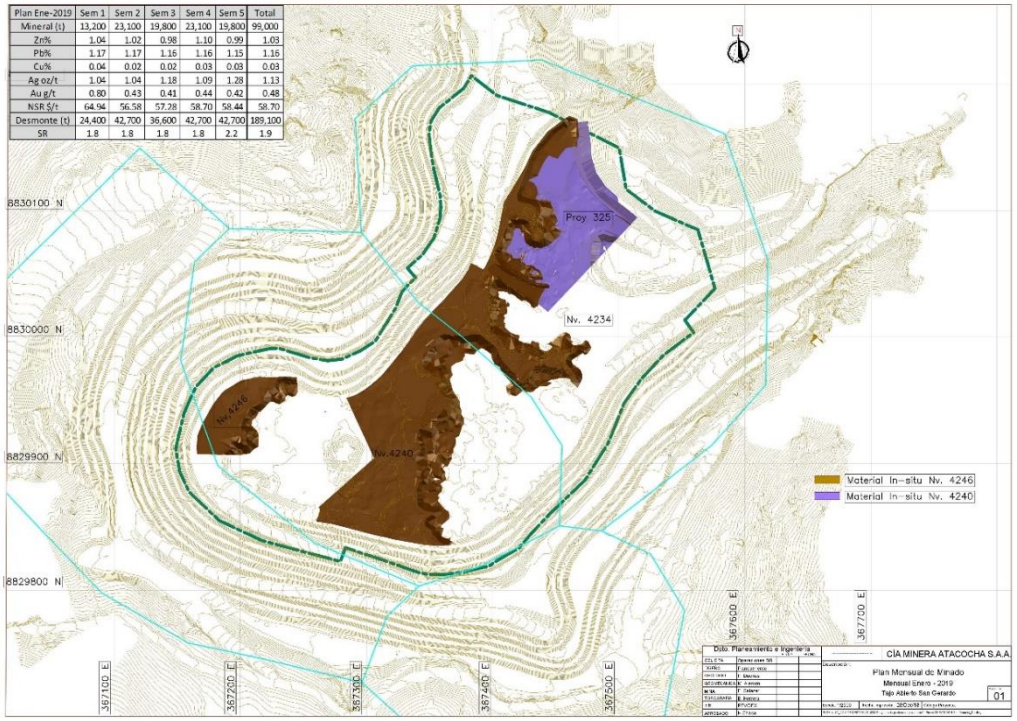


Figura 31.Plan Mensual de Minado-TSG

Fuente: Área de Planeamiento-Atacocha

Así mismo, se realizan las reuniones semanales de planeamiento para definir la secuencia de minado de la semana y ajustes que se requieran hacer para alcanzar el plan mensual plasmándose en el plan semanal de minado en donde se indica las áreas y tonelajes de mineral y desmonte a minar en la semana conjuntamente con la especificación de los polígonos a minar, las leyes y NSR a alcanzar día a día.

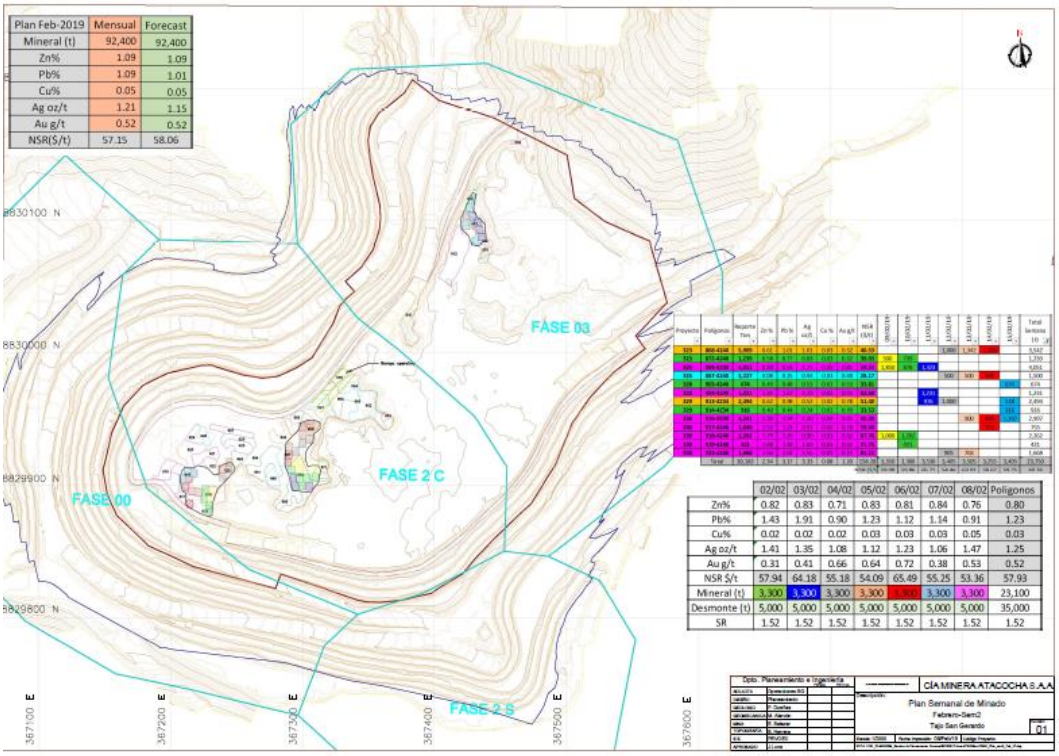


Figura 32.Plan Semanal de Minado -TSG

Fuente: Area de Planeamiento -Atacocha

Durante la semana se realizan los repartos de guardia diarios donde participan todas las áreas de la operación y se indica cuáles son los polígonos que se minarán en el día, tanto para el turno de la mañana como para el turno noche teniendo como guía el plan de minado semanal.



Figura 33.Reparto de guardia diario

Fuente: Elaborada para la investigación

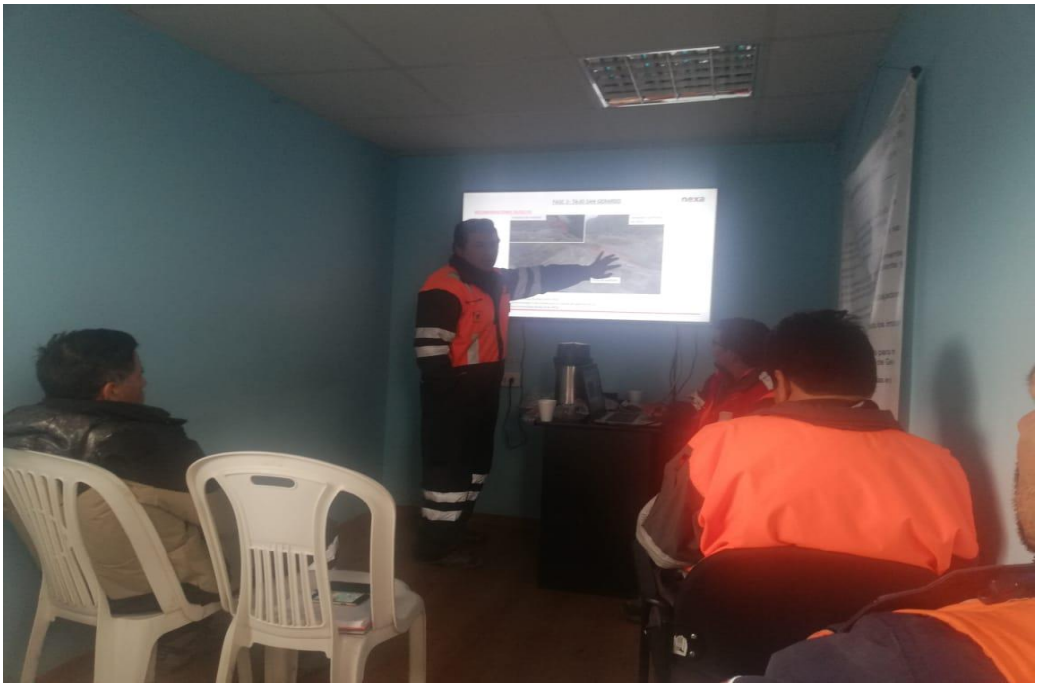


Figura 34.Coordinación de polígonos a minar durante el reparto de guardia diario

Fuente: Elaborada para la investigación



Figura 35.Revisión de los resultados del día anterior respecto al mineral producido durante el reparto de guardia diario

Fuente: Elaborada para la investigación

Luego de la reunión de reparto de guardia se hace la reunión de reparto de guardia con el el grupo de operaciones, donde se informa los polígonos que se minarán durante del turno y que volquetes y excavadoras que estarán asignados al minado de mineral.



Figura 36.jefe de guardia de PEVOEX informando los polígonos de mineral por minar en el turno

Fuente: Elaborada para la investigación



Figura 37.Jefe de guardia de NEXA informando los polígonos de mineral por minar en el turno

Fuente: Elaborada para la investigación

Durante la guardia el encargado de dispatch se comunica con el centro de control (área encargada de coordinar el aporte de mineral entre mina tajo y subterránea y planta de procesamiento) para iniciar el aporte de mineral del tajo gestionando el envio de scoop y locomotoras para recibir el mineral en el nivel 3600 (punto de recepción). El centro de control confirma la hora que debe iniciarse el aporte de mineral del tajo y operaciones tajo inicia.



Figura 38.Dispatch coordinando con el centro de control el minado de mineral

Fuente: Elaborada para la investigación

Durante el proceso de carguío de mineral en el frente de minado se encuentra el técnico de ore control que es el responsable de revisar que efectivamente se esté minando el polígono planificado para la extracción y

revisando la calidad del mineral como la humedad del material, granulometría, contaminantes como restos de madera de antiguas labores subterráneas solicitando para ello la selección del material.

La labor del técnico de ore control se hace más crítica e importante en las zonas de contacto de mineral y desmonte ya que debe cuidar que no se cargue desmonte por mineral y este material sea llevado a la planta porque se estaría llevando material antieconómico al proceso que traería como consecuencia la contaminación del mineral en la planta la caída del NSR.



Figura 39.Personal ore control revisando los planos de stock para minado de mineral.

Fuente: Elaborada para la investigación



Figura 40.Madera en el frente de carguío de mineral

Fuente: Elaborada para la investigación



Figura 41.Inicio de minado de Mineral

Fuente: Elaborada para la investigación

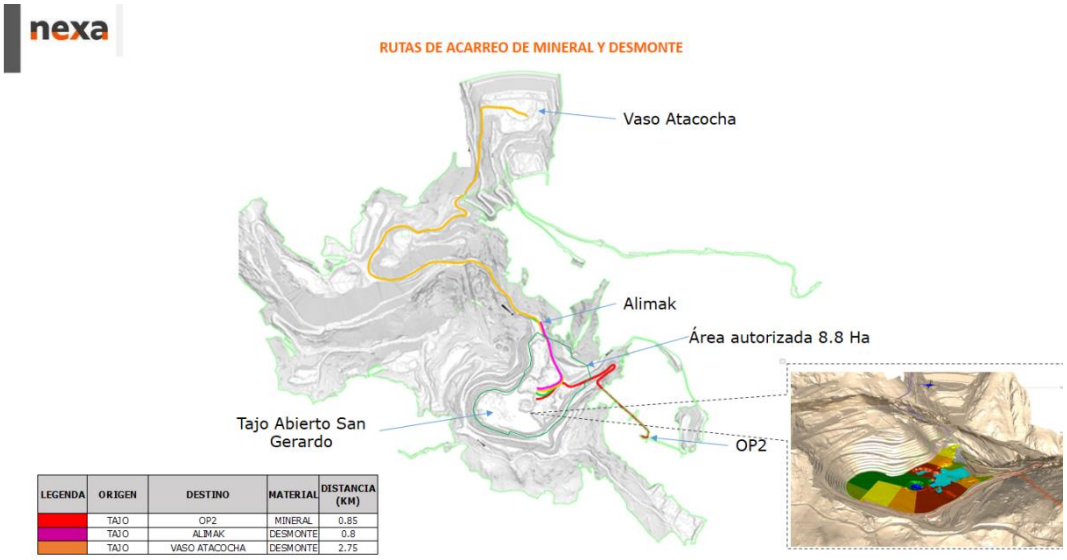


Figura 42.Plano de rutas de mineral

Fuente: Área de Planeamiento-Atacocha

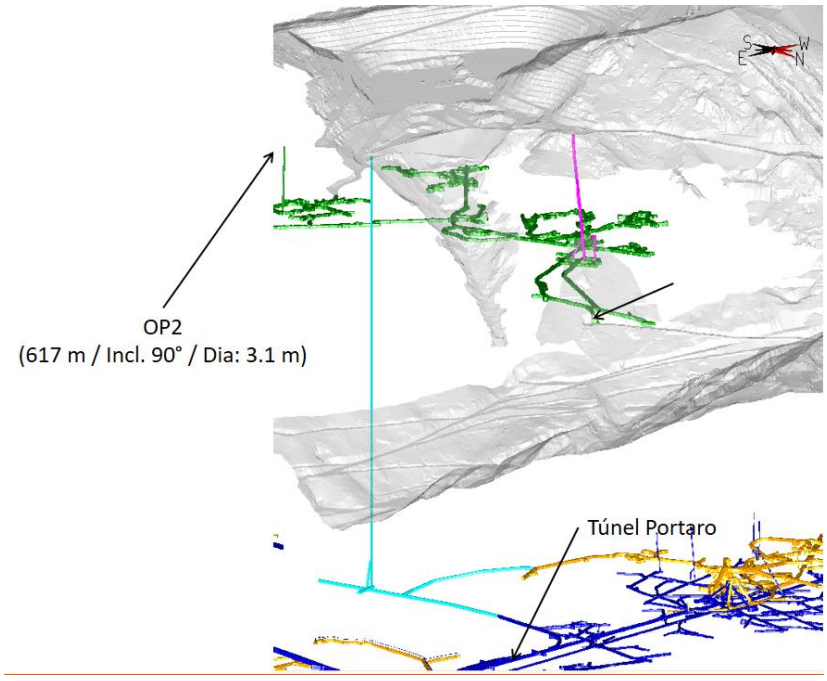


Figura 43.Diseño de OP2 (Ore pass 2)

Fuente: Área de Planeamiento-Atacocha

Una vez cargado el volquete con mineral se dirige a la balanza para ser pesado y registrar datos como polígono, nivel, NSR.



Figura 44.Carguío de polígono de mineral

Fuente: Elaborada para la investigación



Figura 45.Transporte de mineral hacia la balanza para pesaje

Fuente: Elaborada para la investigación



Figura 46.Balanza de pesaje de mineral

Fuente: Elaborada para la investigación



Figura 47.Volquete con mineral ingresando a balanza para pesaje

Fuente: Elaborada para la investigación



Figura 48.Volquete con mineral siendo pesado en la balanza

Fuente: Elaborada para la investigación

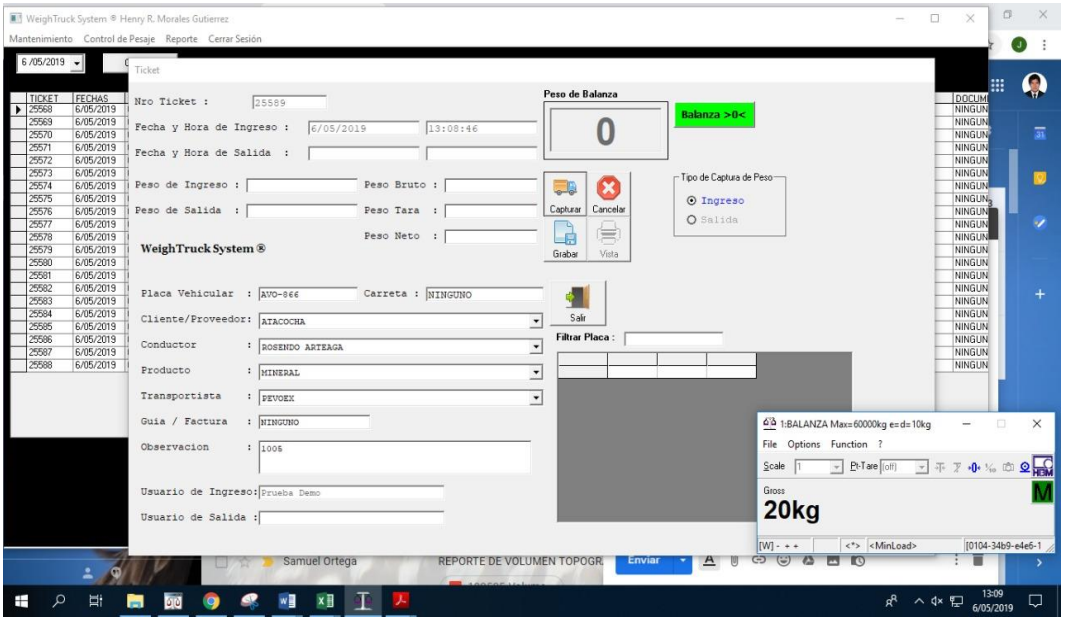
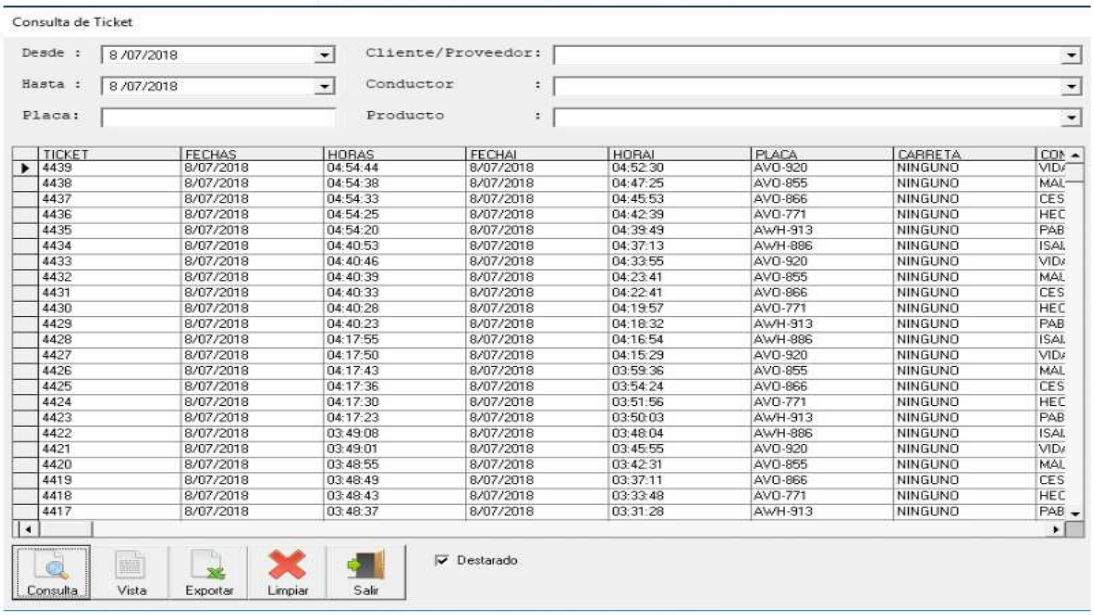


Figura 49.Módulo de pesaje de sistema de balanza electrónica (Referencial)

Fuente: Elaborada para la investigación



TICKET	FECHAS	HORAS	FECHAI	HORAI	PLACA	CARRETA
4439	8/07/2018	04:54:44	8/07/2018	04:52:30	AVO-920	NINGUNO
4438	8/07/2018	04:54:38	8/07/2018	04:47:25	AVO-855	NINGUNO
4437	8/07/2018	04:54:33	8/07/2018	04:45:53	AVO-866	NINGUNO
4436	8/07/2018	04:54:25	8/07/2018	04:42:39	AVO-771	NINGUNO
4435	8/07/2018	04:54:20	8/07/2018	04:39:49	AWH-913	NINGUNO
4434	8/07/2018	04:40:53	8/07/2018	04:37:13	AWH-886	NINGUNO
4433	8/07/2018	04:40:46	8/07/2018	04:33:55	AVO-920	NINGUNO
4432	8/07/2018	04:40:39	8/07/2018	04:23:41	AVO-855	NINGUNO
4431	8/07/2018	04:40:33	8/07/2018	04:22:41	AVO-866	NINGUNO
4430	8/07/2018	04:40:28	8/07/2018	04:19:57	AVO-771	NINGUNO
4429	8/07/2018	04:40:23	8/07/2018	04:18:32	AWH-913	NINGUNO
4428	8/07/2018	04:17:55	8/07/2018	04:16:54	AWH-886	NINGUNO
4427	8/07/2018	04:17:50	8/07/2018	04:15:29	AVO-920	NINGUNO
4426	8/07/2018	04:17:43	8/07/2018	03:59:36	AVO-855	NINGUNO
4425	8/07/2018	04:17:36	8/07/2018	03:54:24	AVO-866	NINGUNO
4424	8/07/2018	04:17:30	8/07/2018	03:51:56	AVO-771	NINGUNO
4423	8/07/2018	04:17:23	8/07/2018	03:50:03	AWH-913	NINGUNO
4422	8/07/2018	03:49:08	8/07/2018	03:48:04	AWH-886	NINGUNO
4421	8/07/2018	03:49:01	8/07/2018	03:45:55	AVO-920	NINGUNO
4420	8/07/2018	03:48:55	8/07/2018	03:42:31	AVO-855	NINGUNO
4419	8/07/2018	03:48:49	8/07/2018	03:37:11	AVO-866	NINGUNO
4418	8/07/2018	03:48:43	8/07/2018	03:33:48	AVO-771	NINGUNO
4417	8/07/2018	03:48:37	8/07/2018	03:31:28	AWH-913	NINGUNO

Figura 50.Reporte resumen de Módulo de pesaje de sistema de balanza electrónica (Referencial)

Fuente: Elaborada para la investigación

REPORTE DE BALANZA

POLÍGONO	NSR	TN TOTAL	TURNO
926	31.39	572.1	NOCHE
968	79.51	381.49	NOCHE
TOTAL		953.59	

INICIO DE	FINAL DE	VIAJES	POLÍGONO
10:51:41 p. m.	12:11:04 a. m.	26	926 - 968

OBSERVACIONES
Se coordino el aporte con el Sr.Santos

HORAS DE APORTE (Hras) 00:00:00

N°VIAJES	FECHA	HORA	VOLQUETE	CAPACIDAD	EQ. CARGUIO	TIPO MATERIAL	POLIGONO	ORIGEN	NIVEL CARGUÍO	DESTINO	DISTANCIA KM	BRUTO	TARA	NETO	TN
1	4/05/2018	10:51:41 p. m.	VQ-77	20 m3	EXC-05	MINERAL	926	FASE 2 CENTRO	4240	OP2	1.56	54920.00	18460	36460	36.46
2	4/05/2018	10:53:34 p. m.	VQ-78	20 m3	EXC-05	MINERAL	926	FASE 2 CENTRO	4240	OP2	1.56	52580.00	20500	32080	32.08
3	4/05/2018	10:59:52 p. m.	VQ-75	20 m3	EXC-05	MINERAL	926	FASE 2 CENTRO	4240	OP2	1.56	53500.00	19870	33630	33.63
4	4/05/2018	11:00:52 p. m.	VQ-74	20 m3	EXC-05	MINERAL	926	FASE 2 CENTRO	4240	OP2	1.56	54430.00	18090	36340	36.34
5	4/05/2018	11:10:19 p. m.	VQ-80	20 m3	EXC-05	MINERAL	926	FASE 2 CENTRO	4240	OP2	1.56	53510.00	19200	34310	34.31
6	4/05/2018	11:15:13 p. m.	VQ-77	20 m3	EXC-05	MINERAL	926	FASE 2 CENTRO	4240	OP2	1.56	54060.00	18460	35600	35.60
7	4/05/2018	11:18:06 p. m.	VQ-76	20 m3	EXC-05	MINERAL	926	FASE 2 CENTRO	4240	OP2	1.56	54090.00	17930	36160	36.16
8	4/05/2018	11:19:45 p. m.	VQ-78	20 m3	EXC-05	MINERAL	926	FASE 2 CENTRO	4240	OP2	1.56	54580.00	20500	34080	34.08
9	4/05/2018	11:24:17 p. m.	VQ-75	20 m3	EXC-05	MINERAL	926	FASE 2 CENTRO	4240	OP2	1.56	51650.00	19870	31780	31.78
10	4/05/2018	11:28:54 p. m.	VQ-74	20 m3	EXC-05	MINERAL	926	FASE 2 CENTRO	4240	OP2	1.56	56280.00	18090	38190	38.19
11	4/05/2018	11:30:37 p. m.	VQ-80	20 m3	EXC-05	MINERAL	926	FASE 2 CENTRO	4240	OP1	1.56	57950.00	19200	38750	38.75
12	4/05/2018	11:31:58 p. m.	VQ-77	20 m3	EXC-05	MINERAL	926	FASE 2 CENTRO	4240	OP1	1.56	57750.00	18460	39290	39.29
13	4/05/2018	11:34:41 p. m.	VQ-76	20 m3	EXC-05	MINERAL	926	FASE 2 CENTRO	4240	OP1	1.56	57060.00	17930	39130	39.13
14	4/05/2018	11:36:12 p. m.	VQ-41	15 m3	EXC-05	MINERAL	926	FASE 2 CENTRO	4240	OP1	1.56	45470.00	16810	28660	28.66
15	4/05/2018	11:40:42 p. m.	VQ-78	20 m3	EXC-05	MINERAL	926	FASE 2 CENTRO	4240	OP1	1.56	58610.00	20500	38110	38.11
16	4/05/2018	11:42:13 p. m.	VQ-75	20 m3	EXC-05	MINERAL	926	FASE 2 CENTRO	4240	OP1	1.56	59400.00	19870	39530	39.53
17	4/05/2018	11:51:28 p. m.	VQ-74	20 m3	EXC-05	MINERAL	968	FASE 2 CENTRO	4240	OP1	1.56	57330.00	18090	39240	39.24
18	4/05/2018	11:54:15 p. m.	VQ-80	20 m3	EXC-05	MINERAL	968	FASE 2 CENTRO	4240	OP1	1.56	57860.00	19200	38660	38.66
19	4/05/2018	11:55:09 p. m.	VQ-77	20 m3	EXC-05	MINERAL	968	FASE 2 CENTRO	4240	OP1	1.56	57750.00	18460	39290	39.29
20	4/05/2018	11:58:25 p. m.	VQ-76	20 m3	EXC-05	MINERAL	968	FASE 2 CENTRO	4240	OP1	1.56	59320.00	17930	41390	41.39
21	4/05/2018	11:59:44 p. m.	VQ-41	15 m3	EXC-05	MINERAL	968	FASE 2 CENTRO	4240	OP1	1.56	47580.00	16810	30770	30.77
22	4/05/2018	12:01:37 a. m.	VQ-78	20 m3	EXC-05	MINERAL	968	FASE 2 CENTRO	4240	OP1	1.56	57380.00	20500	36880	36.88
23	4/05/2018	12:04:10 a. m.	VQ-75	20 m3	EXC-05	MINERAL	968	FASE 2 CENTRO	4240	OP1	1.56	56520.00	19870	36650	36.65
24	4/05/2018	12:05:31 a. m.	VQ-74	20 m3	EXC-05	MINERAL	968	FASE 2 CENTRO	4240	OP1	1.56	59120.00	18090	41030	41.03
25	4/05/2018	12:10:03 a. m.	VQ-80	20 m3	EXC-05	MINERAL	968	FASE 2 CENTRO	4240	OP1	1.56	56970.00	19200	37770	37.77
26	4/05/2018	12:11:04 a. m.	VQ-77	20 m3	EXC-05	MINERAL	968	FASE 2 CENTRO	4240	OP1	1.56	58270.00	18460	39810	39.81

Figura 51.Reporte resumen Excel de Módulo de pesaje de sistema de balanza electrónica (Referencial)

Fuente: Elaborada para la investigación



Figura 52.Volquete saliendo de balanza para descargar en el OP2 (Ore pass 2)

Fuente: Elaborada para la investigación



Figura 53.Bocamina ingreso a OP2 (Ore pass 2)

Fuente: Elaborada para la investigación



Figura 54.Volquete ingresando a OP2 (Ore pass 2) para descarga mineral

Fuente: Elaborada para la investigación



Figura 55.Via a OP2 (Ore pass 2)

Fuente: Elaborada para la investigación



Figura 56.Volquete ingresando a OP2 (Ore pass 2) para descarga mineral

Fuente: Elaborada para la investigación



Figura 57.Volquete ingresando a OP2 (Ore pass 2) para descarga mineral

Fuente: Elaborada para la investigación



Figura 58.Volquete ingresando a OP2 (Ore pass 2) para descarga mineral

Fuente: Elaborada para la investigación



Figura 59.Hechadero de mineral OP2 (Ore pass 2)

Fuente: Elaborada para la investigación



Figura 60.Vista de Hechadero de mineral OP2 (Ore pass 2)

Fuente: Elaborada para la investigación

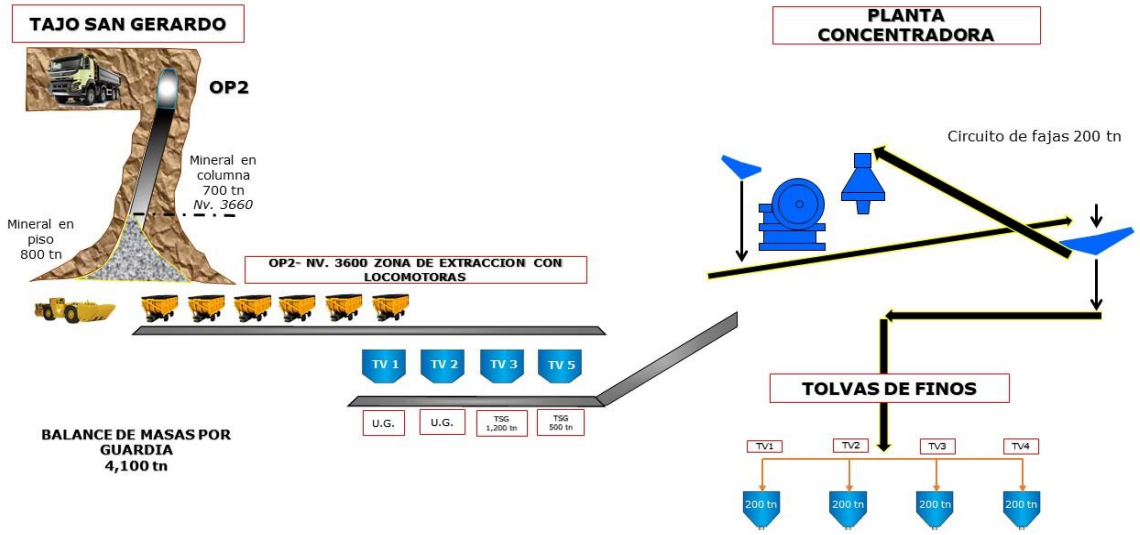


Figura 61.Diagrama de flujo de abastecimiento y procesamiento de mineral

Fuente: Área de Planeamiento-Atacocha

Durante el proceso de carguío de polígonos con dimensiones menores a 12 metros se tiene el inconveniente de la fuerte dilución que se origina por la mezcla con el desmonte adyancente, considerando el tipo de yacimiento de Atacocha se extraen vetas delgadas de mineral polimetálico por un método de explotación superficial. A continuación, los planos geológicos de Tajo San Gerardo donde se aprecian la forma de las estructuras mineralizadas.

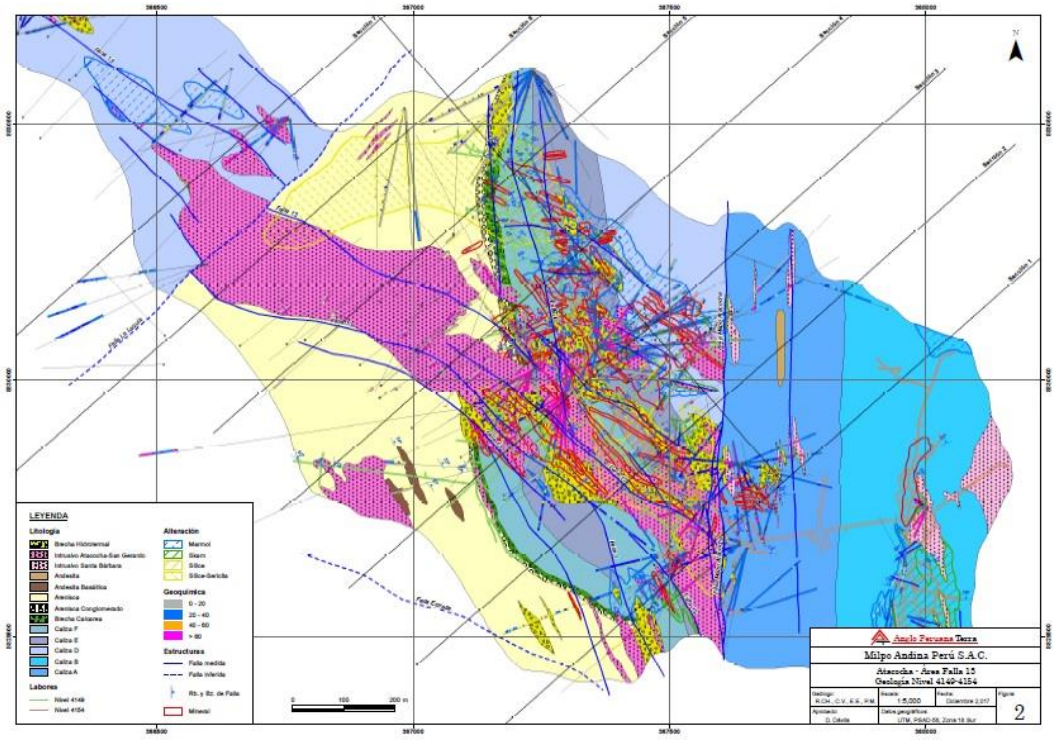


Figura 62.Plano Geológico Tajo San Gerardo – Sistema de estructuras NW

Fuente: Área de Planeamiento-Atacocha

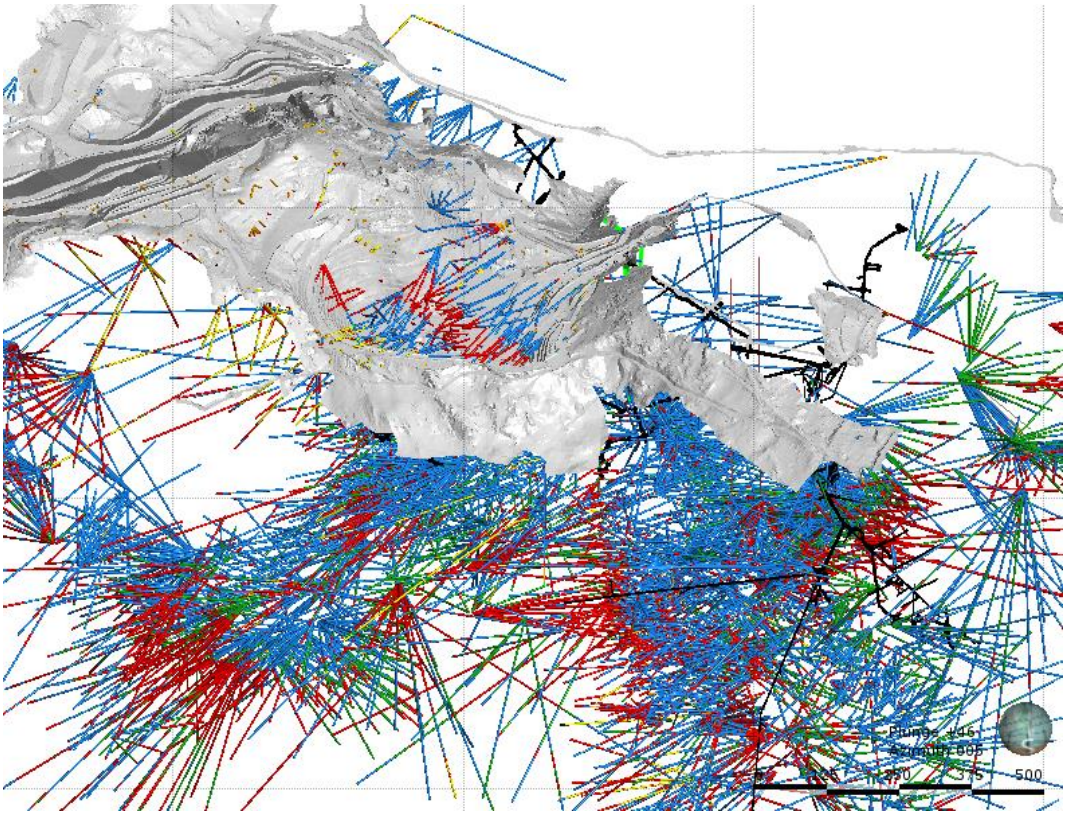


Figura 63.Vista isométrica de taladros diamantinos Tajo San Gerardo

Fuente: Área de Planeamiento-Atacocha

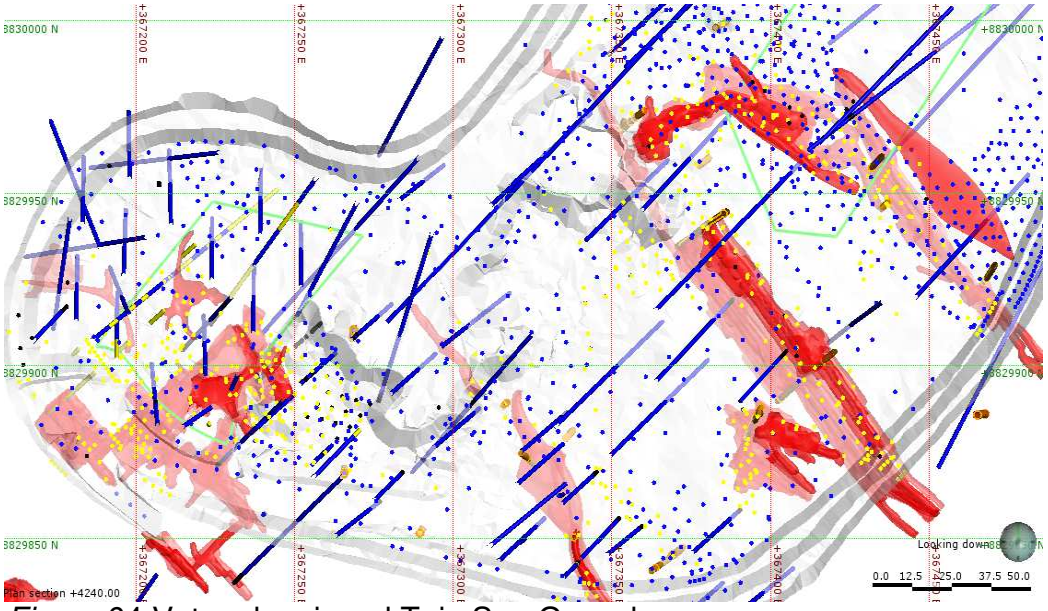


Figura 64.Vetas de mineral Tajo San Gerardo

Fuente: Área de Planeamiento-Atacocha

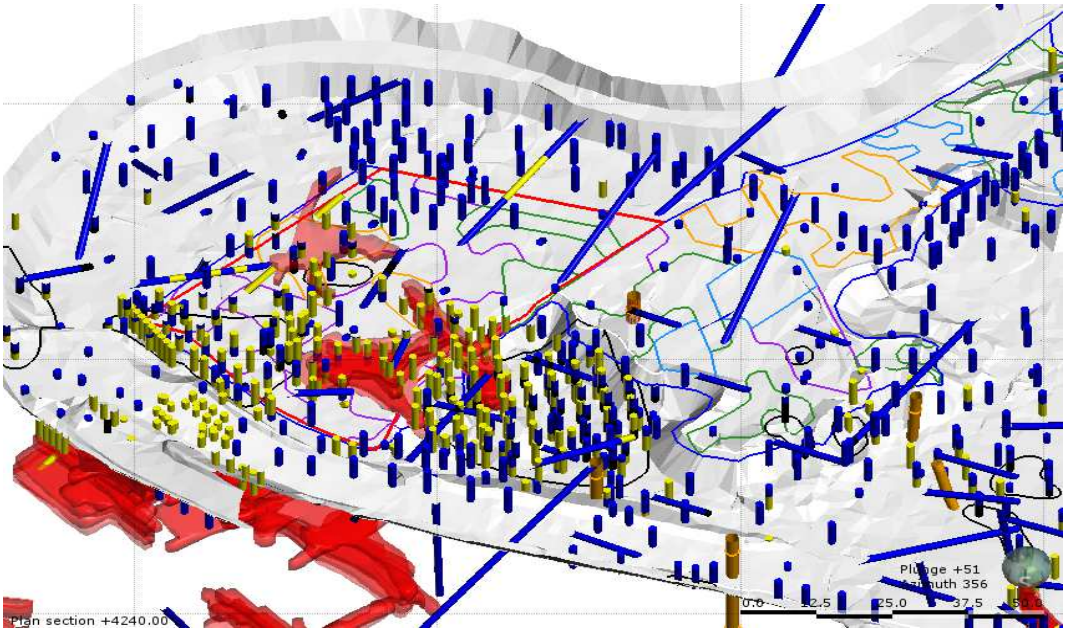


Figura 65.Vetas de mineral en Tajo San Gerardo modeladas con información de perforación diamantina y blastholes

Fuente: Área de Planeamiento-Atacocha

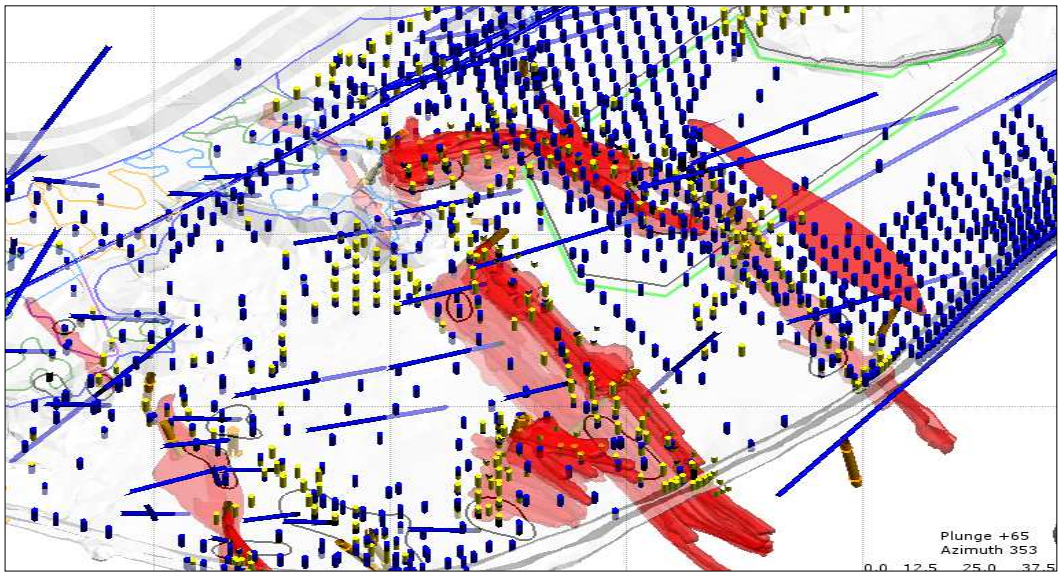


Figura 66.Vetas de mineral en Tajo San Gerardo modeladas con información de perforación diamantina y blastholes.

Fuente: Área de Planeamiento-Atacocha

Por observaciones realizadas en campo tanto por el personal operador de excavadora, técnico de ore control, supervisión de NEXA y PEVOEX el problema que se suscita con los polígonos que son muy pequeños es que no guardan relación con las dimensiones del cucharon de la excavadora generándose dilución (mezcla de mineral con desmonte).

Por esto se hace necesario realizar un análisis geométrico de la relación que debieran guardar los polígonos de mineral con respecto al tamaño del cucharon de la excavadora durante el proceso de carguío para tener control de la dilución de mineral durante el proceso de carguío.

A continuación, el análisis realizado de las relaciones geométricas entre el tamaño del polígono de mineral y el tamaño del cucharon de la excavadora durante el proceso de carguío de mineral y su impacto en el flujo de alimentación y procesamiento de mineral en planta concentradora.

5.2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

ANÁLISIS DEL PROCESO DE CARGUÍO DE POLÍGONO DE MINERAL EN FRENTE DE MINADO

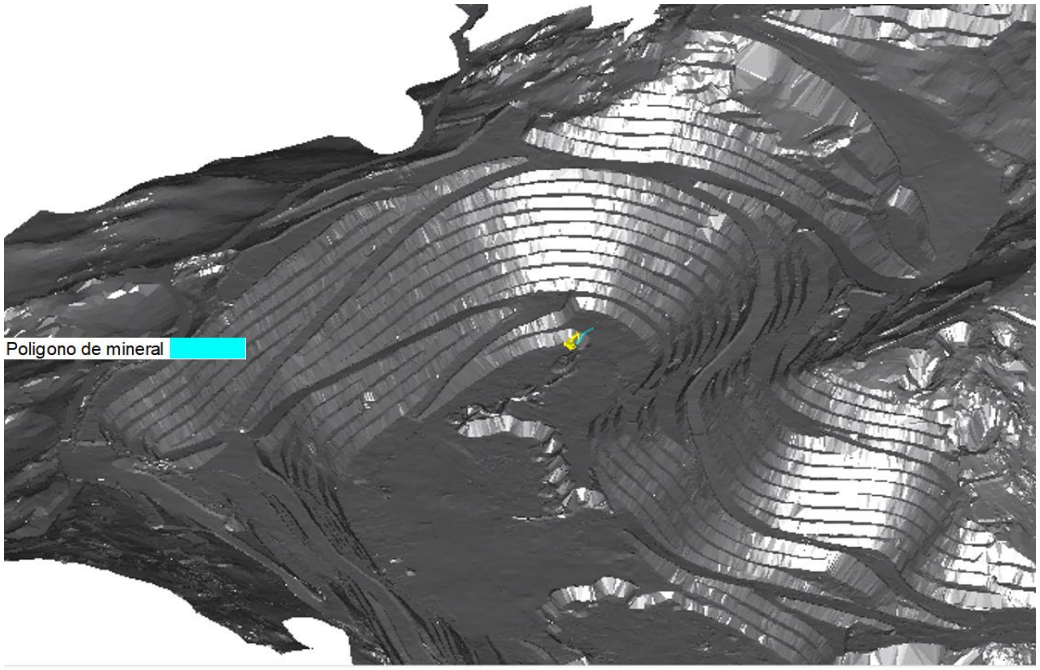


Figura 67.Vista isométrica panorámica polígono de mineral

Fuente: Elaborada para la investigación

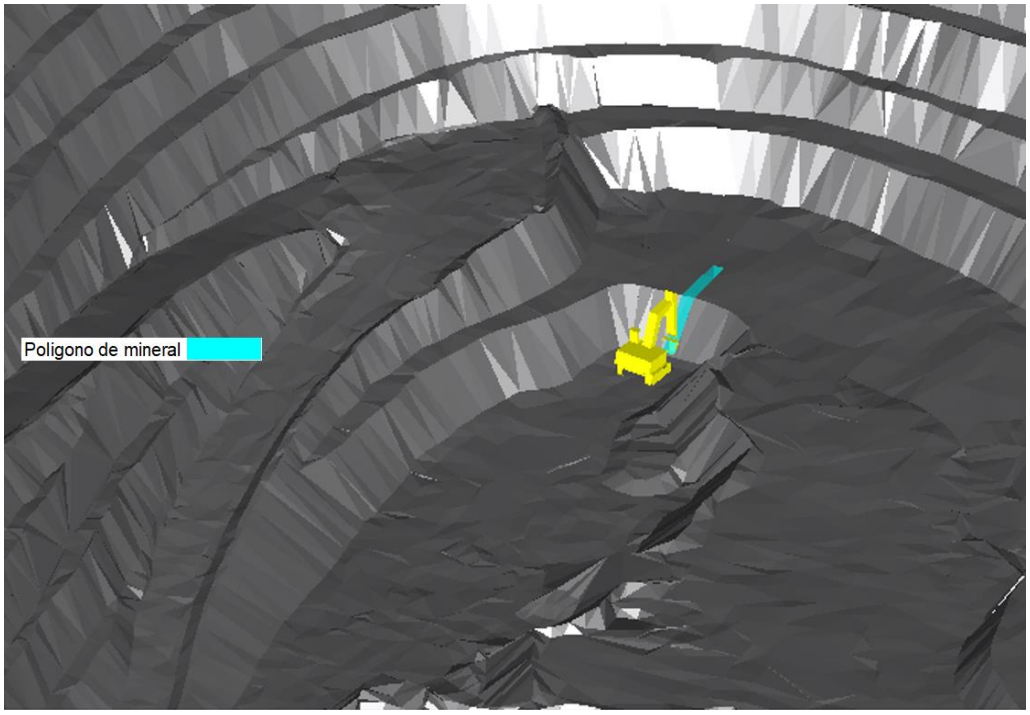


Figura 68.Vista isométrica polígono de mineral

Fuente: Elaborada para la investigación

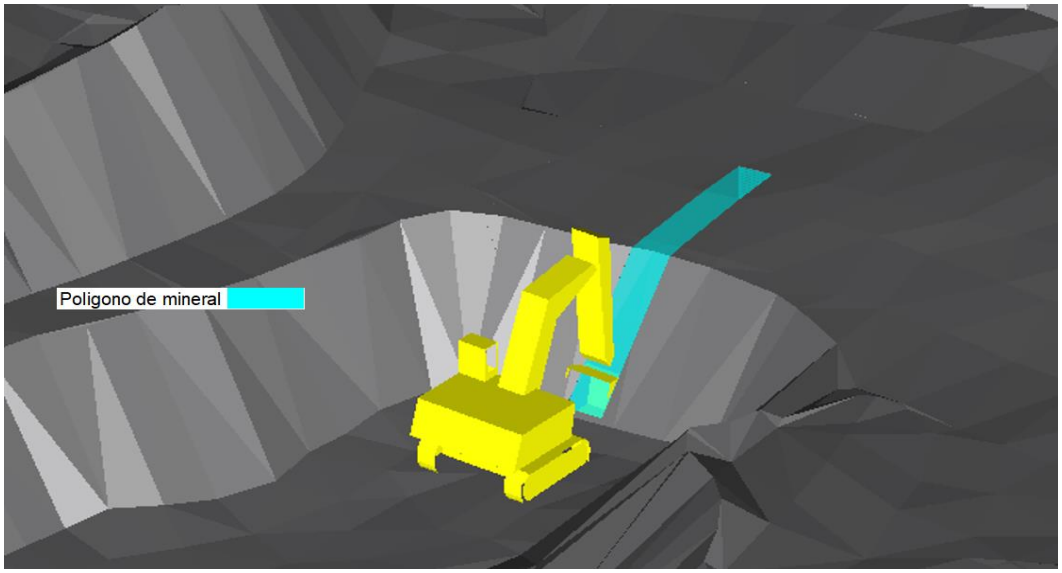


Figura 69.Vista isométrica polígono de mineral en frente de carguío

Fuente: Elaborada para la investigación

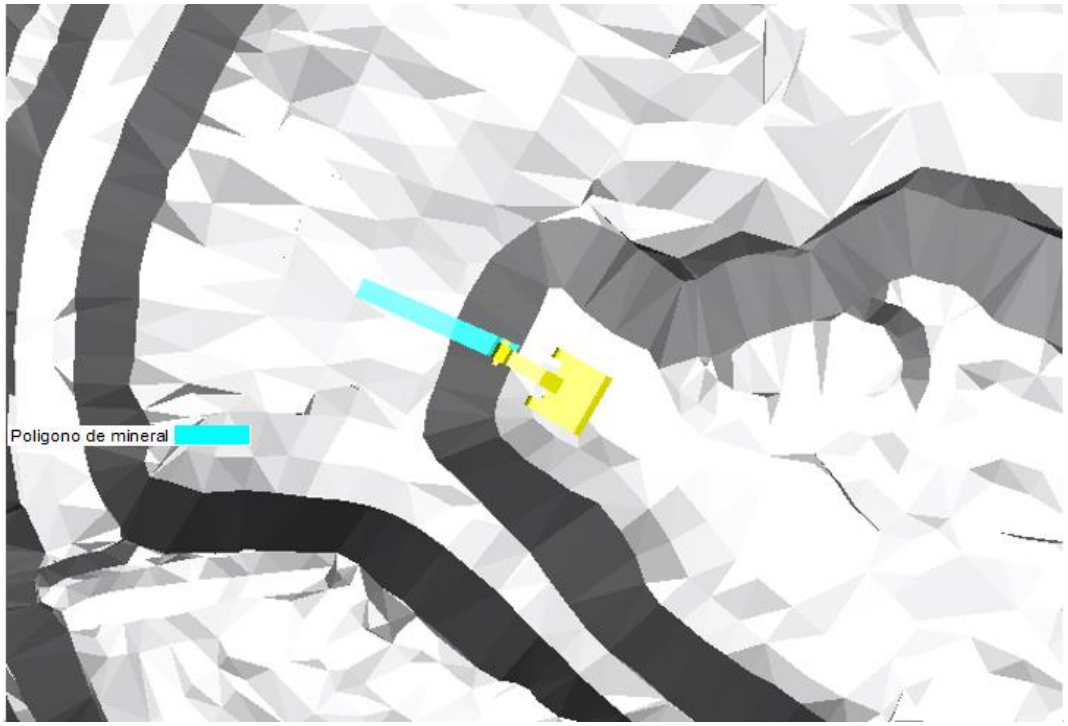


Figura 70.Vista de planta polígono de mineral en frente de carguío

Fuente: Elaborada para la investigación

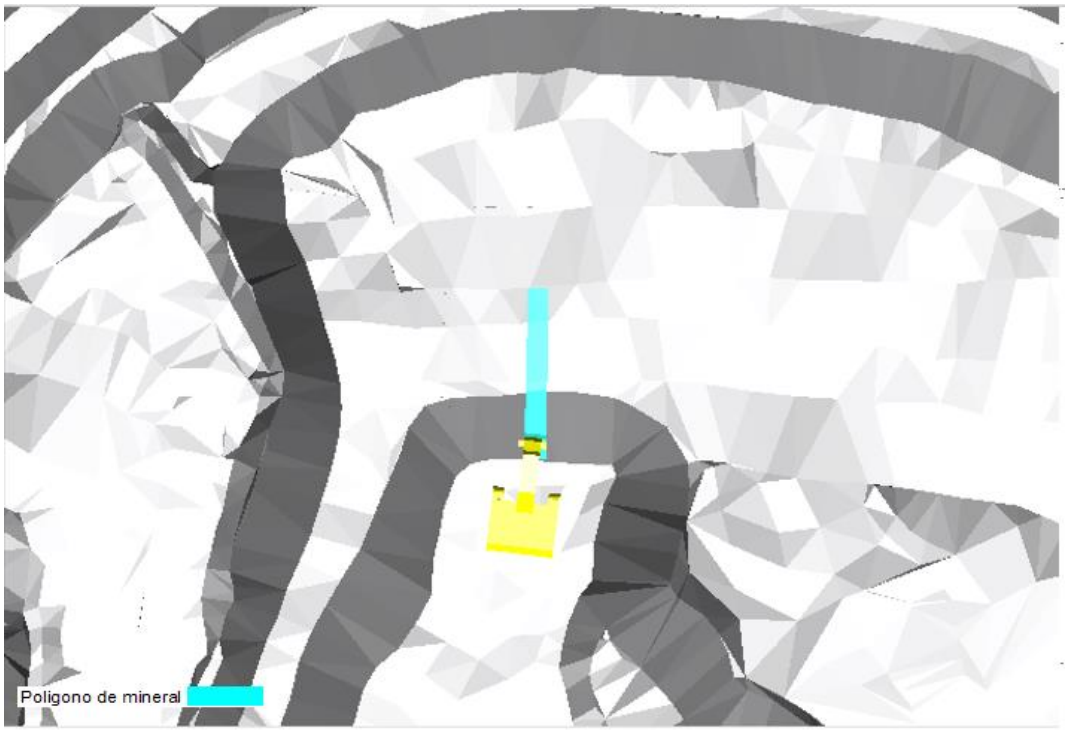


Figura 71.Vista de planta polígono de mineral en frente de carguío

Fuente: Elaborada para la investigación

Por lo tanto, existe material desmonte que es cargado juntamente con el polígono de mineral generándose dilución, ya que no se puede hacer un minado estrictamente vertical como es la forma del polígono de mineral formándose en el terreno la forma de cono invertido con punta plana como se muestra en las siguientes figuras:

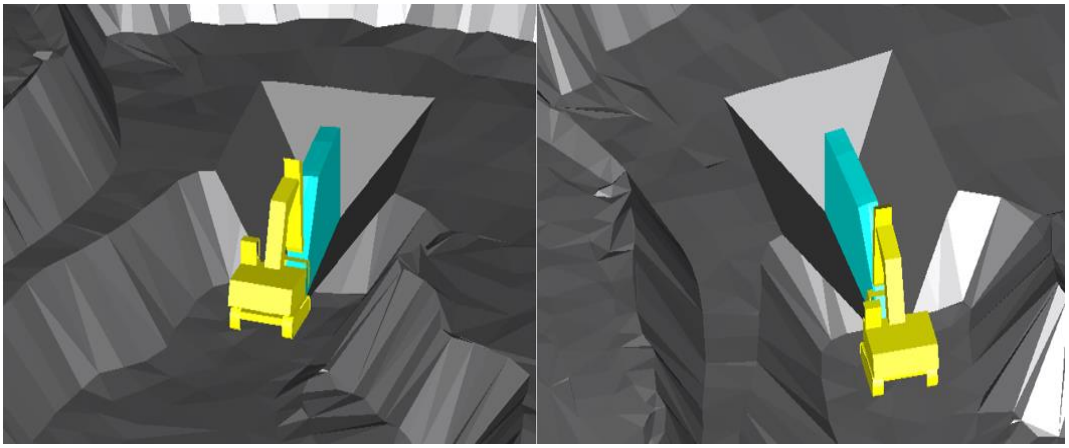


Figura 72.Polígono de mineral y forma que adopta el frente de carguío durante minado

Fuente: Elaborada para la investigación

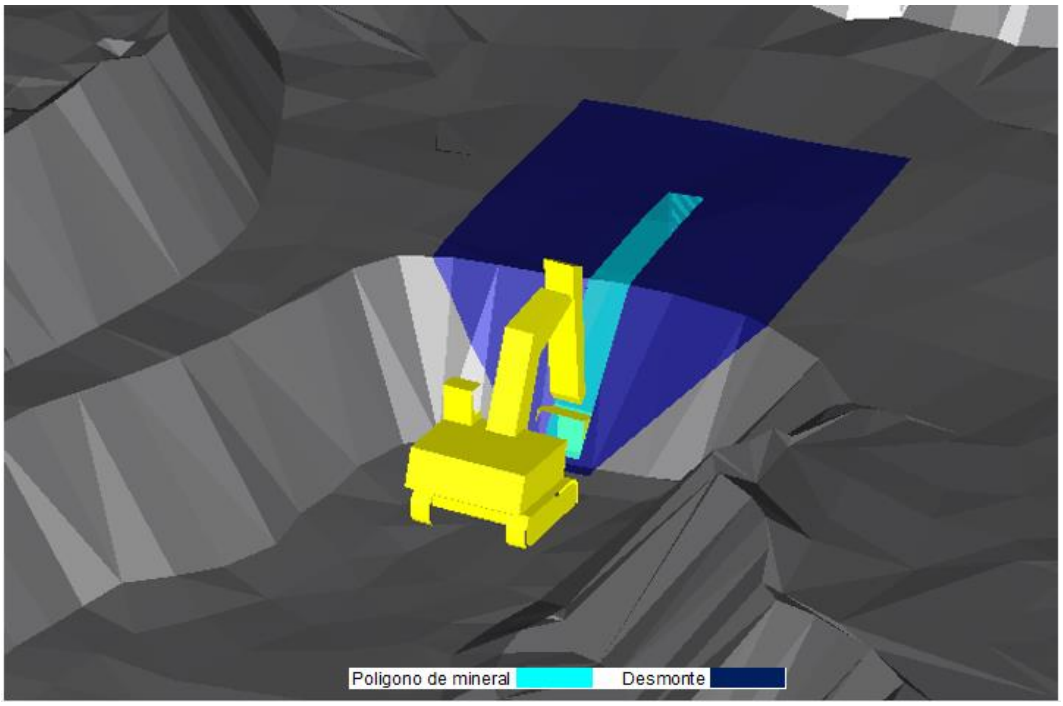


Figura 73.Polígono de mineral y material desmonte que será cargado como mineral por dimensiones reducidas de polígono

Fuente: Elaborada para la investigación

En la figura anterior se muestra de color azul el desmonte que se cargará conjuntamente con el mineral y que será llevado a planta como mineral disminuyendo el NSR del polígono de mineral extraído.

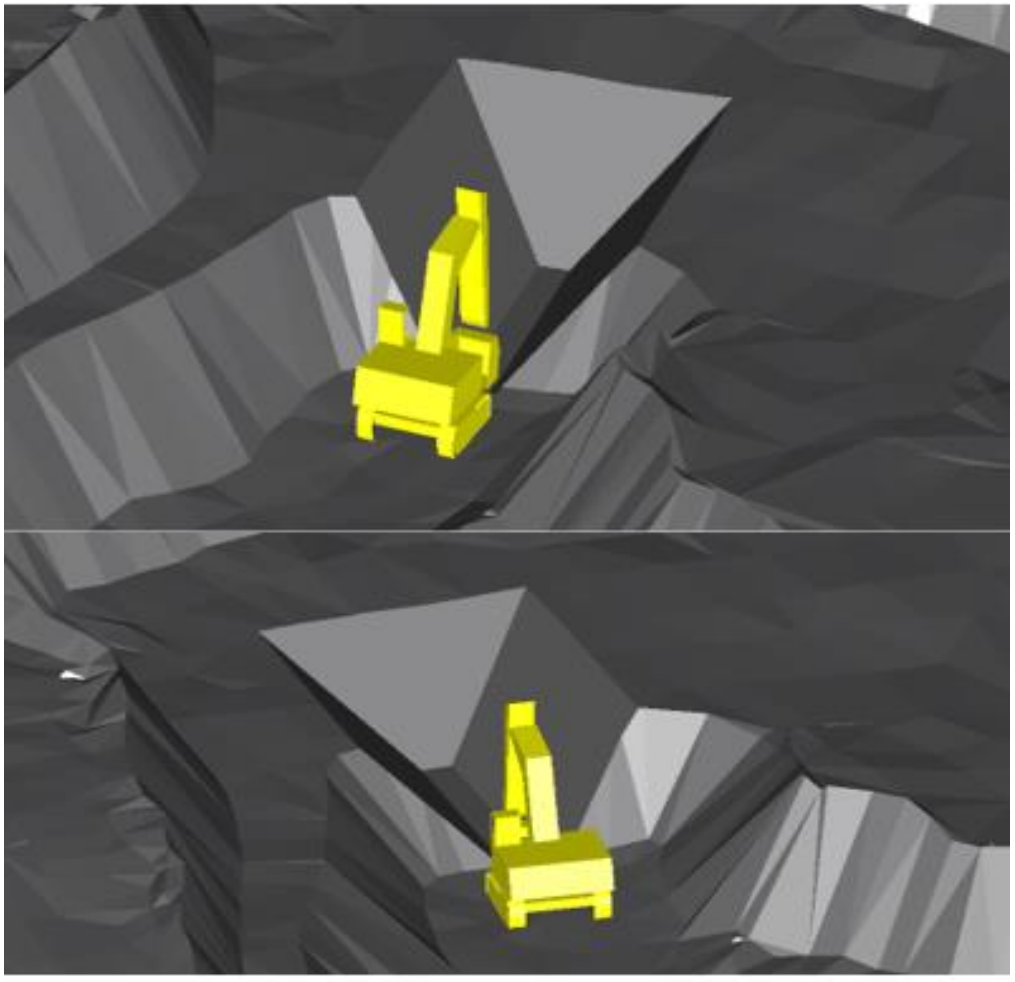


Figura 74.Forma que adopta el frente de carguío al finalizar el minado del polígono de mineral

Fuente: Elaborada para la investigación

Seguidamente se presenta una comparación entre la forma que adopta el frente de carguío con un minado sin dilución y con dilución provocado por las dimensiones del polígono de mineral:

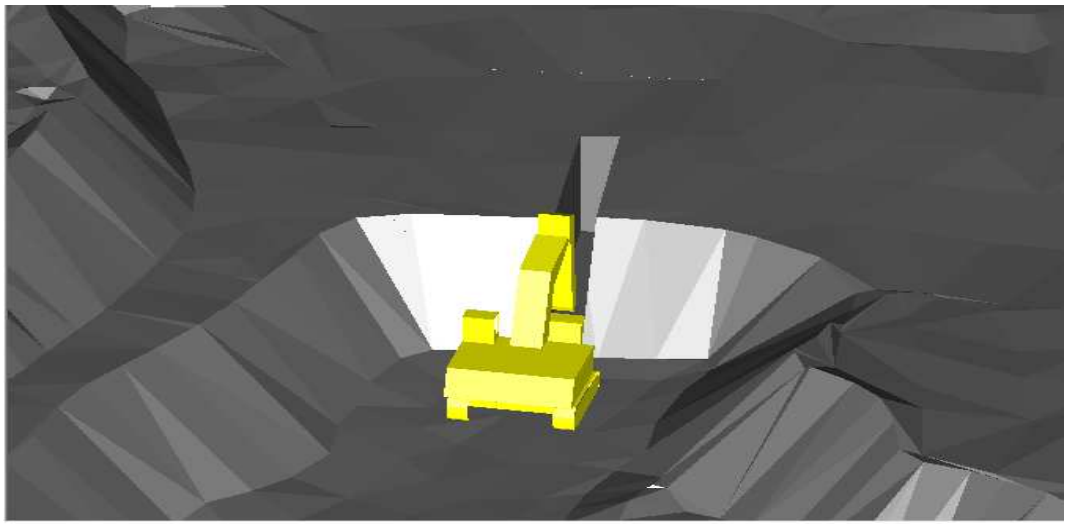


Figura 75.Caso ideal: Forma que adopta el frente de carguío una vez minado el polígono de mineral sin dilución

Fuente: Elaborada para la investigación

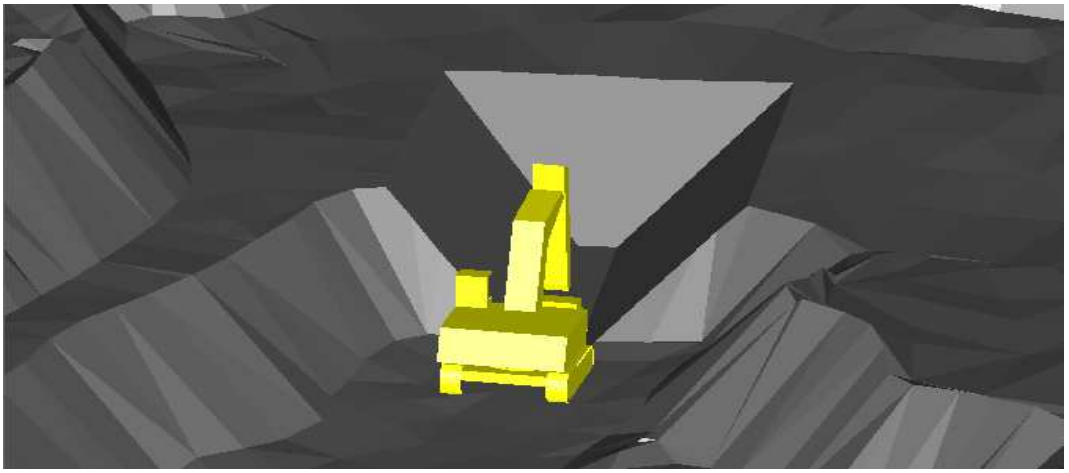


Figura 76.Realidad: Forma que adopta el frente de carguío una vez minado el polígono de mineral con dilución

Fuente: Elaborada para la investigación

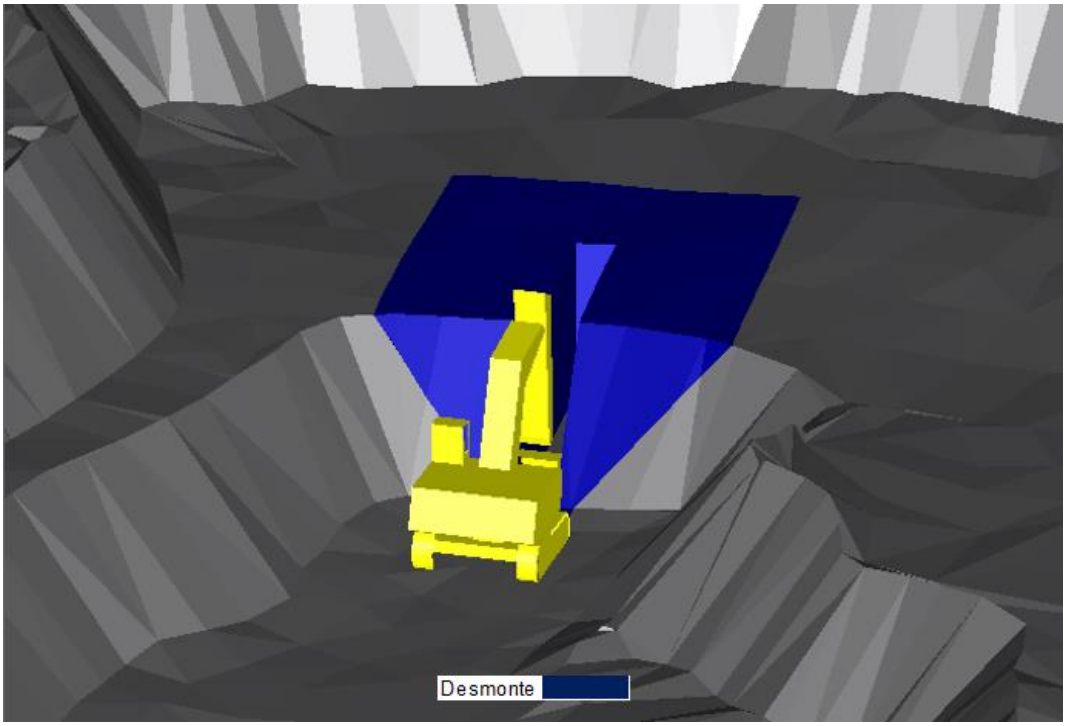


Figura 77.Material desmonte que es minado conjuntamente con el polígono de mineral durante el proceso de carguío

Fuente: Elaborada para la investigación

Análisis del impacto de minado de polígonos con dimensiones menores a 12 metros en planta concentradora:

Se hizo el análisis del impacto que se tiene en planta concentradora por el minado de polígonos menores a 12 metros, llegándose a las siguientes conclusiones:

- ✓ El tonelaje programado del polígono de mineral se incrementa, respecto a su tonelaje de diseño, esto se debe a que el material desmonte minado conjuntamente con el polígono de mineral es pesado y enviado a planta como mineral.

- ✓ Al producirse la mezcla de mineral y desmonte el NSR del polígono minado disminuye al ser tratado en planta.
- ✓ No se cumple con el NSR y tonelaje planeado de mineral cuando se minan polígonos con dimensiones menores a 12 metros.

Tabla XIII.Polígonos de mineral con anchos y menores de 12 metros

MUESTRA	MATERIAL	ID POLÍGONO	NSR(US$/TM)	ANCHO(m)	LARGO(m)	DENSIDAD(TM/m3)	TM EXTRACCIÓN
1	MINERAL	694	25.36	5.14	8.01	2.80	691.67
2	MINERAL	747	23.19	9.71	11.06	2.80	1804.19
3	MINERAL	755	40.68	11.33	3.51	2.80	786.04
4	MINERAL	724	24.47	8.24	10.60	2.80	1467.37
5	MINERAL	727	40.28	11.75	8.32	2.80	2061.69

Fuente: Elaboración para la investigación

Tabla XIV. Resultados en planta minado polígono 694

		Poligono 694		
Descripción	Unidades	Diseño (insitu)	Balanza tajo (minado)	Planta (procesado)
TONELAJE	(Toneladas)	692	1,225	1,225
NSR	(US$/Ton)	25.36	25.36	15.82
INGRESOS	(US$)	17,541	31,066	19,380
NSR CUT OFF	(US$/Ton)	22	22	22
COSTO	(US$)	-15,217	-26,950	-26,950
MARGEN	(US$)	2,324	4,116	-7,571

Fuente: Elaboración para la investigación

Tabla XV. Resultados en planta minado polígono 724

Descripción	Unidades	Poligono 724		
		Diseño (insitu)	Balanza tajo (minado)	Planta (procesado)
TONELAJE	(Toneladas)	1,467	2,124	2,124
NSR	(US$/Ton)	24.47	24.47	13.15
INGRESOS	(US$)	35,897	51,974	27,931
NSR CUT OFF	(US$/Ton)	22	22	22
COSTO	(US$)	-32,274	-46,728	-46,728
MARGEN	(US$)	3,623	5,246	-18,797

Fuente: Elaboración para la investigación

Tabla XVI. Resultados en planta minado polígono 727

Descripción	Unidades	Poligono 727		
		Diseño (insitu)	Balanza tajo (minado)	Planta (procesado)
TONELAJE	(Toneladas)	2,062	3,036	3,036
NSR	(US$/Ton)	40.28	40.28	19.57
INGRESOS	(US$)	83,045	122,278	59,408
NSR CUT OFF	(US$/Ton)	22	22	22
COSTO	(US$)	-45,357	-66,785	-66,785
MARGEN	(US$)	37,688	55,492	-7,377

Fuente: Elaboración para la investigación

Tabla XVII. Resultados en planta minado polígono 753

Descripción	Unidades	Poligono 753		
		Diseño (insitu)	Balanza tajo (minado)	Planta (procesado)
TONELAJE	(Toneladas)	1,683	2,463	2,463
NSR	(US$/Ton)	35.68	35.68	17.36
INGRESOS	(US$)	60,045	87,876	42,756
NSR CUT OFF	(US$/Ton)	22	22	22
COSTO	(US$)	-37,023	-54,183	-54,183
MARGEN	(US$)	23,022	33,692	-11,428

Fuente: Elaboración para la investigación

Tabla XVIII. Resultados en planta minado polígono 755

Descripción	Unidades	Poligono 755		
		Diseño (insitu)	Balanza tajo (minado)	Planta (procesado)
TONELAJE	(Toneladas)	786	1,376	1,376
NSR	(US$/Ton)	40.68	40.68	21.25
INGRESOS	(US$)	31,976	55,977	29,241
NSR CUT OFF	(US$/Ton)	22	22	22
COSTO	(US$)	-17,293	-30,273	-30,273
MARGEN	(US$)	14,683	25,704	-1,032

Fuente: Elaboración para la investigación

5.2.1. PROCEDIMIENTO PROPUESTO

5.2.1.1 PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR EL ANCHO MÍNIMO ÓPTIMO DE POLÍGONO DE MINERAL

Para determinar el ancho mínimo óptimo de polígono de mineral, se analizo las dimensiones actuales de los polígonos y el comportamiento de frente de minado

Para este propósito se utilizó 05 polígonos de mineral como muestra para su análisis de la Tabla XIII

Para una mejora continua se ha realizado una ficha por polígono de extracción del Mineral para un control de las dimensiones, en la actualidad no se contaba con este control en el área de planeamiento, Geología en la Unidad Atacocha.

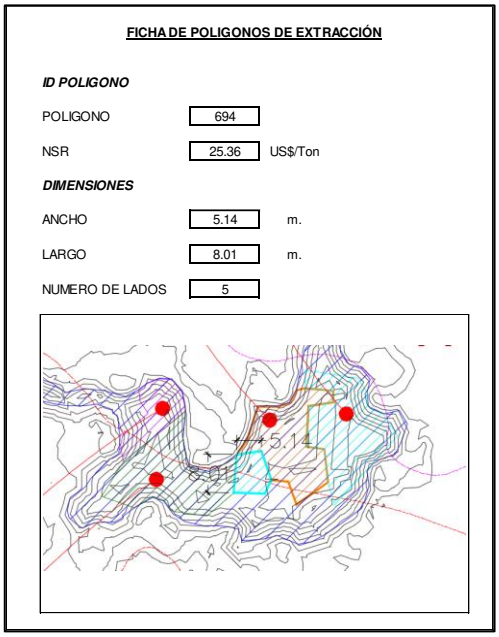


Figura 78.Ficha de polígono ID 694

Fuente: Elaborada para la investigación

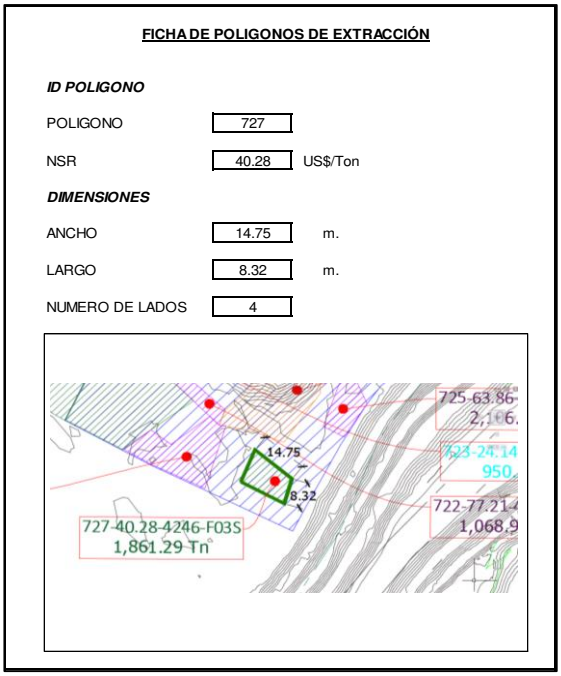


Figura 79.Ficha de polígono ID 727

Fuente: Elaborada para la investigación

FICHA DE POLIGONOS DE EXTRACCIÓN

ID POLIGONO

POLIGONO	755	
NSR	40.68	US$/Ton

DIMENSIONES

ANCHO	13.33	m.
LARGO	3.51	m.
NUMERO DE LADOS	6	

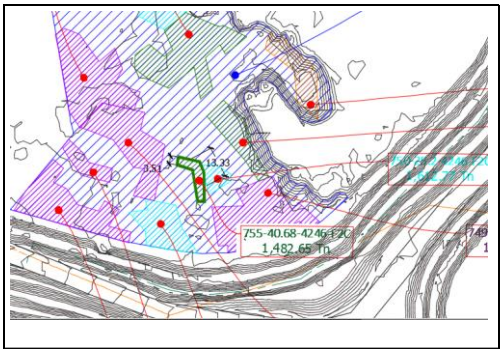


Figura 80.Ficha de polígono ID 755

Fuente: Elaborada para la investigación

También tener en cuenta las dimensiones del cucharón para el análisis de ancho mínimo óptimo para polígono de mineral

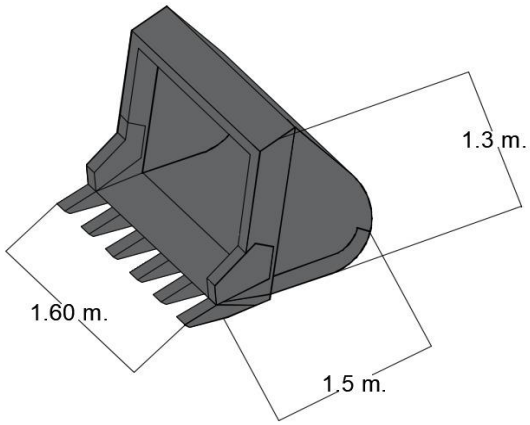


Figura 81.Dimensiones del cucharón de la excavadora 336D2L

Fuente: Elaborada para la investigación

5.2.1.2 REALIZAR UNA SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN FRENTE MINADO DE MINERAL CON ANCHO POLÍGONO REDUCIDO

Con el fin de analizar los cambios que ocurren en el frente minado de mineral durante el carguío desde la perspectiva del operador de la excavadora 336D2L, se realizo una sección transversal tomando en cuenta un polígono de mineral con ancho reducido.

5.2.1.3 ANÁLISIS DEL PROCESO DE CARGUÍO DE POLÍGONO DE MINERAL EN LA SECCIÓN TRANSVERSAL DEL FRENTE MINADO

A continuación, se analiza desde un punto de vista geométrico el proceso de carguío efectuado por la excavadora 336D2L en la sección transversal

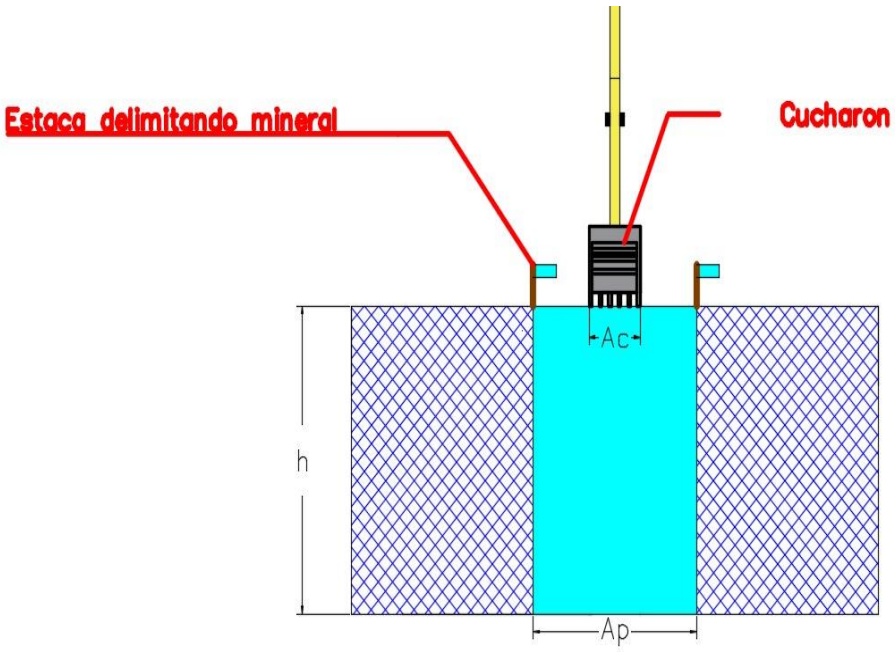


Figura 82.Primera etapa de proceso de carguío en sección transversal
Fuente: Elaborada para la investigación

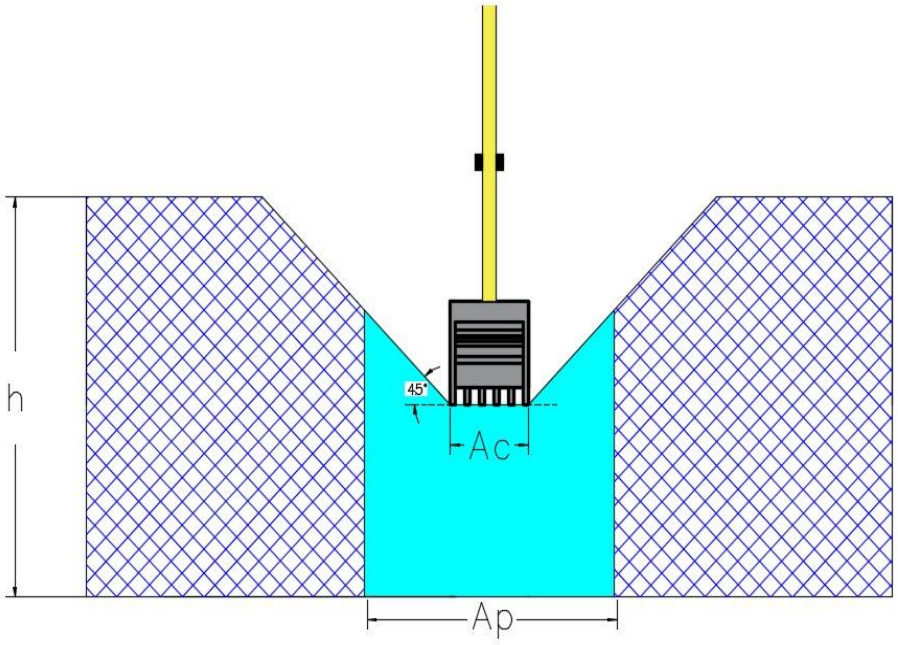


Figura 83.Segunda etapa de proceso de carguío en sección transversal

Fuente: Elaborada para la investigación

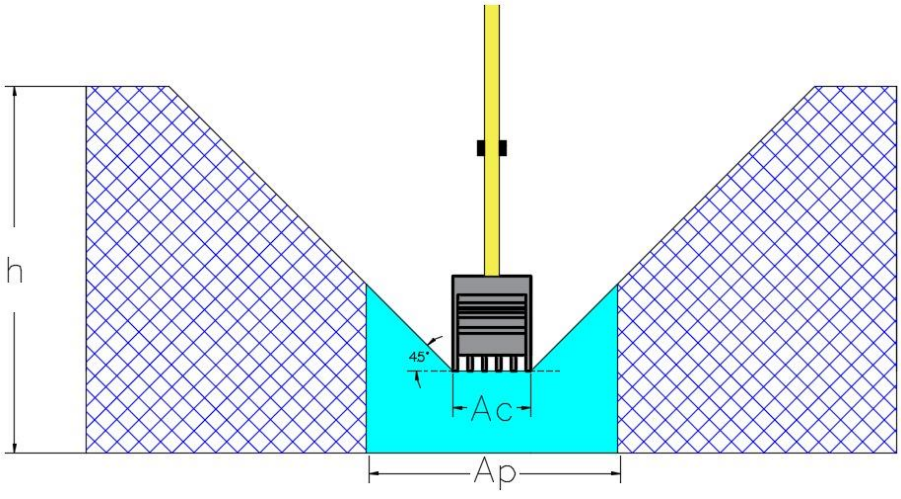


Figura 84.Tercera etapa de proceso de carguío en sección transversal

Fuente: Elaborada para la investigación

.

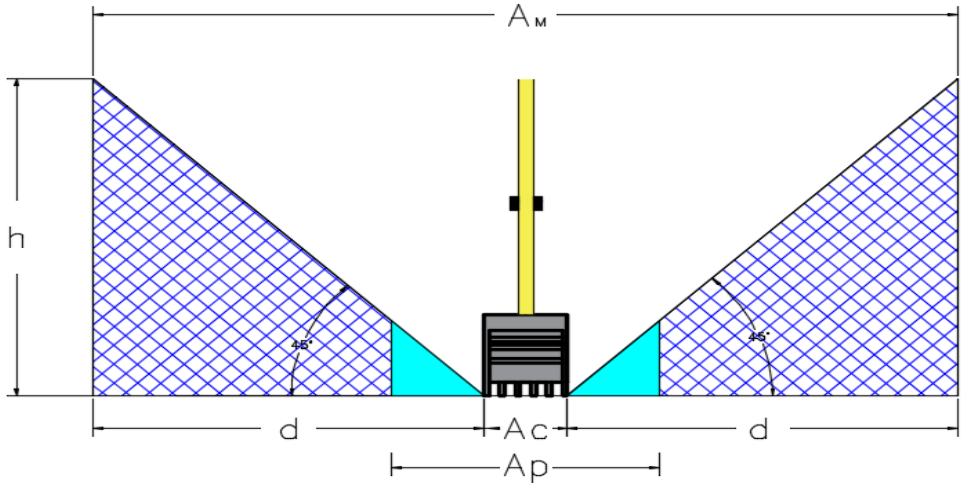


Figura 85.Cuarta etapa de proceso de carguío en sección transversal
Fuente: Elaborada para la investigación

Las *figuras* 84,85,86 Y 87 muestran en etapas los cambios que ocurren en el frente de minado de mineral durante el proceso de carguío. Se puede apreciar que el ancho real que se originará durante el carguío del polígono de mineral que se está cargando no será el ancho actual sino el ancho que se forma entre el ancho de cucharón de la excavadora (Ac), las distancias de derrame de desmonte (d) y la altura de frente minado (h).

5.2.1.4 DETERMINACIÓN DE LAS RELACIONES GEOMÉTRICAS ENTRE EL ANCHO DE CUCHARÓN Y EL FRENTE DE MINADO

Utilizando una sección transversal de un frente de minado de mineral, se determinará las relaciones geométricas entre el ancho de cucharón y el frente de minado de mineral.

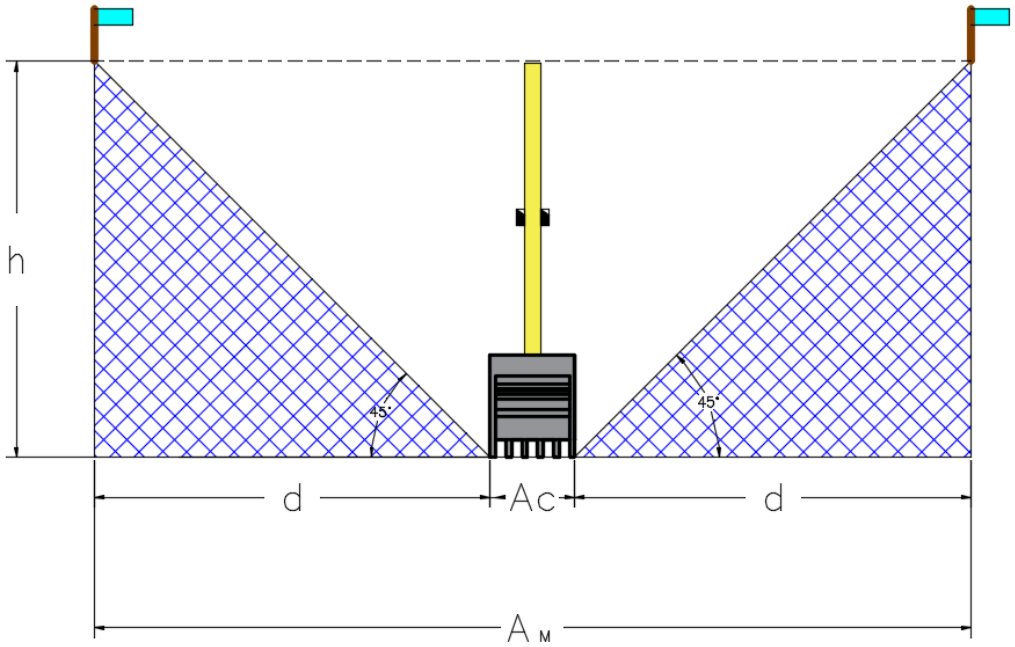


Figura 86. Sección Transversal de un frente de minado

Fuente: Elaborada para la investigación

De la *Figura* 88 calculamos la distancia del derrame d con la siguiente ecuación [3]:

$$Tg\ 45° = \frac{h}{d} \quad \text{.....[3]}$$

Dónde:

h : altura de frente minado (m)

d : distancia de derrame (m)

Despejamos de la ecuación [3] para hallar la distancia de derrame (m)

$$d = \frac{h}{Tg\ 45°} \text{.....[4]}$$

En base a la *Figura* 88 se observa que el Ancho Mínimo de polígono de mineral esta determinado por la siguiente ecuación [5]

$A_M = 2 (d) + A_C$.....[5]

Dónde:

A_M = Ancho Mínimo Optimo (m)

A_c = Ancho cucharón (m)

d = Distancia de derrame (m)

5.2.1.5 PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LARGO MÍNIMO OPTIMO

Utilizando una sección de Perfil de un frente de minado de mineral se determino las relaciones geométricas entre largo mínimo optimo y el frente de minado de mineral.

5.2.1.6 ANÁLISIS DEL PROCESO DE CARGUÍO DE POLÍGONO DE MINERAL EN PERFIL DEL FRENTE MINADO

A continuación, se analizará desde un punto de vista geométrico el proceso de carguío efectuado por la excavadora 336D2L

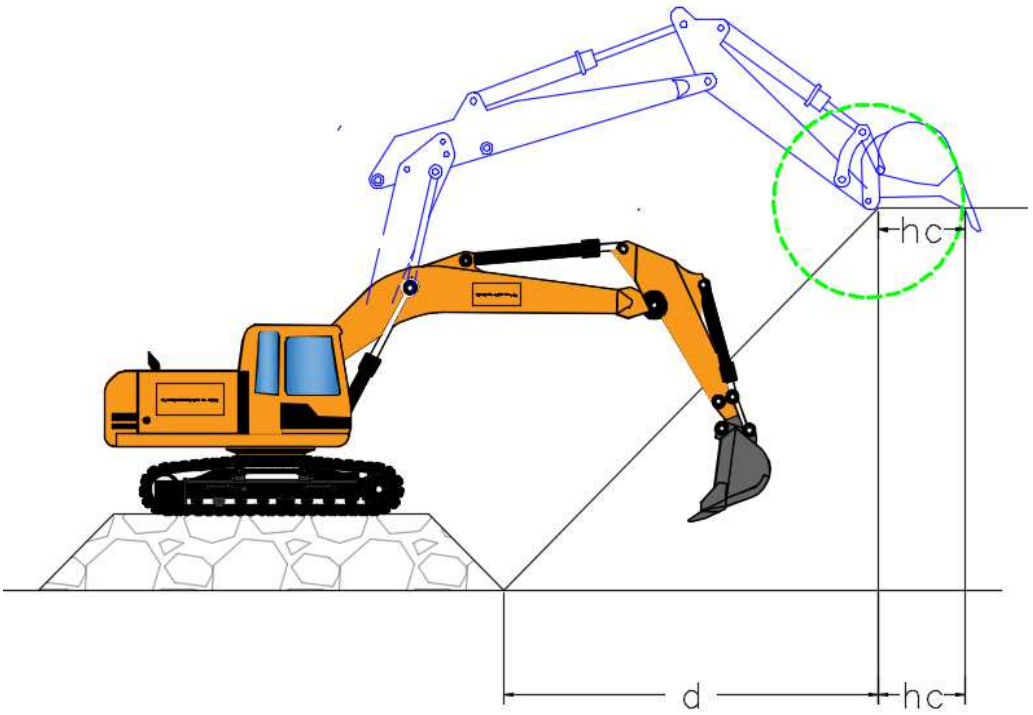


Figura 87.Primera etapa de proceso de carguío en perfil

Fuente: Elaborada para la investigación

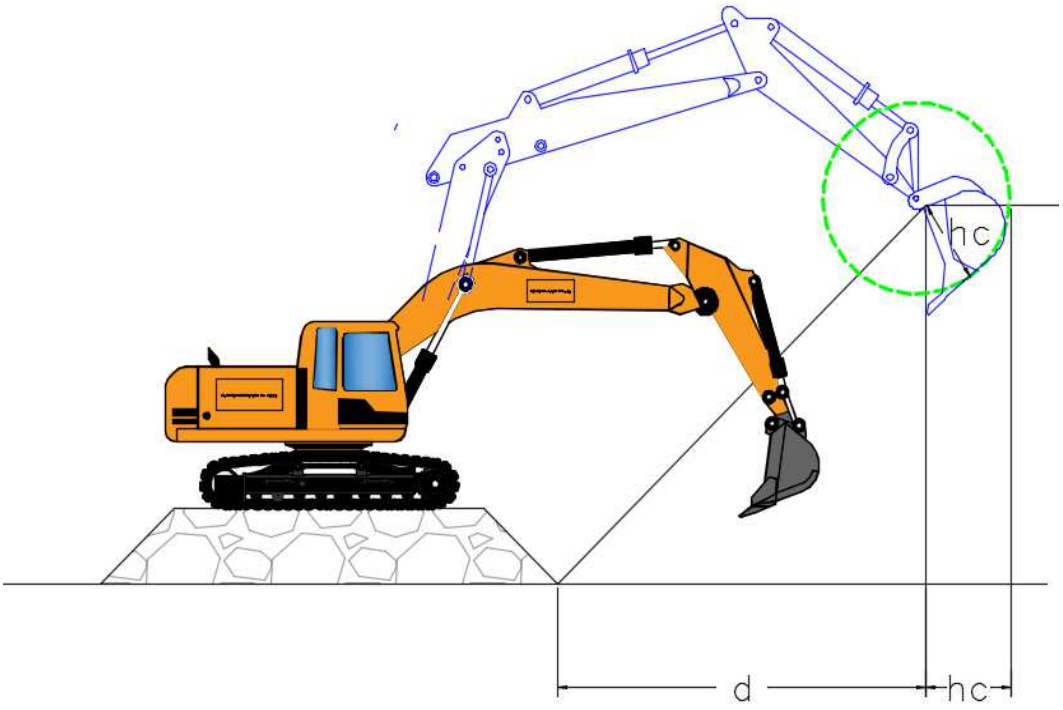


Figura 88.Segunda etapa de proceso de carguío en perfil

Fuente: Elaborada para la investigación

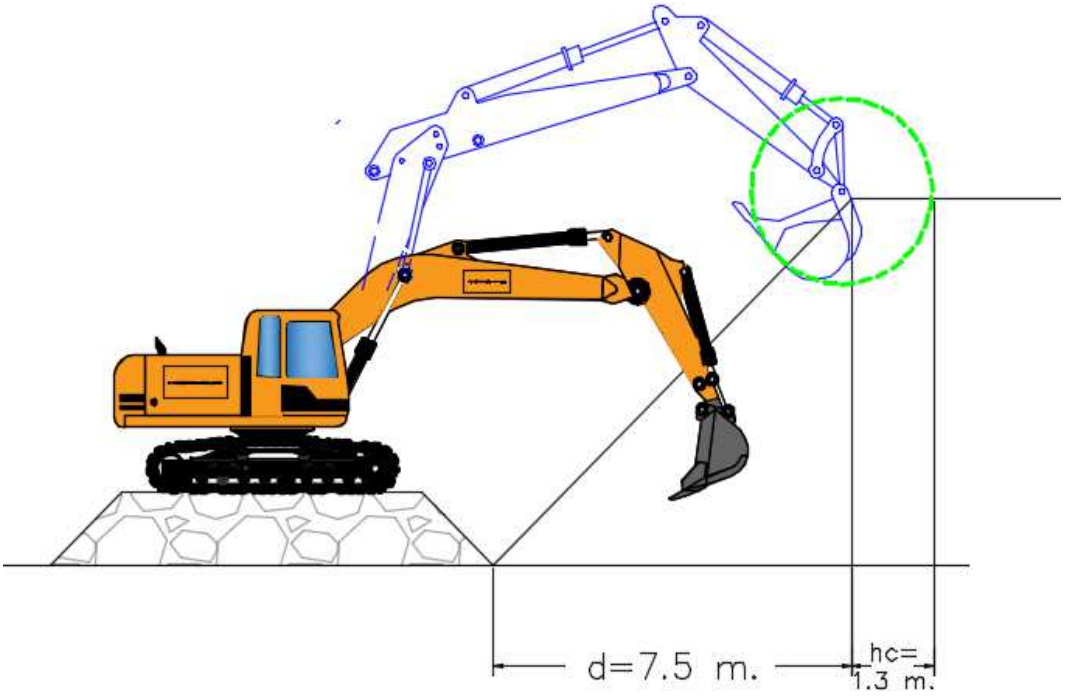


Figura 89.Tercera etapa de proceso de carguío en perfil

Fuente: Elaborada para la investigación

Como se puede observar en las *figuras* 89,90 y 91 el largo mínimo esta determinado por la altura del cucharón (hc).

En la *Figura* 89 se puede apreciar que el cucharón al realizar su primer movimiento de rompimiento del frente de minado, la máxima longitud de avance que alcanzará en el frente será igual a la altura del cucharón, dado que durante el carguío, el cucharón de la excavadora 336D2L realizará movimiento alrededor del eje vertical ya que se repliega girando para recoger y retirar el material acumulado en el cucharón.

En la *figura* 90 se determina el largo mínimo para optimizar el control de dilución operacional durante el carguío de mineral el cual estará dado en función a la altura de cucharón (hc) y la distancia de derrame (d) como se muestra en la siguiente ecuación [6]

$$L_M = d + h_C \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots [6]$$

Dónde:

L_M : Largo mínimo de cucharón (m)

h_c : Altura de cucharón (m)

d : Distancia de derrame (m)

5.2.2 DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES MÍNIMAS DE LOS POLÍGONOS DE MINERAL

En este ítem se presenta las dimensiones mínimas de los polígonos de mineral a cumplir. Se analizo en las *Figura* 86*a 88 y Figura 90* la determinación con las ecuaciones [5] y [6]. para optimizar el control de dilución operacional durante el proceso de carguío se estudio mediante el movimiento de rompimiento del cucharón al frente de minado.

En la siguiente tabla se realizo la comparación de los escenarios del NSR diluido planificado, NSR real ejecutado en el campo y el NSR real con las dimensiones propuestas de 05 diferentes polígonos de mineral donde se presentó dilución operacional en cada polígono durante el carguío de mineral.

5.2.3 ANALISIS DE RESULTADOS

Las dimensiones mínimas obtenidas en la presente tesis mediante análisis geométrico del cambio que ocurre en el frente de minado de mineral durante el proceso de carguío y la dilución generada durante la misma, permiten hacer una evaluación del valor económico del mineral antes de ser enviado a la planta concentradora y así evitar el procesamiento de material que no es rentable a planta concentradora.

Actualmente el procedimiento para la creación, replanteo y minado del polígono de mineral es el siguiente:

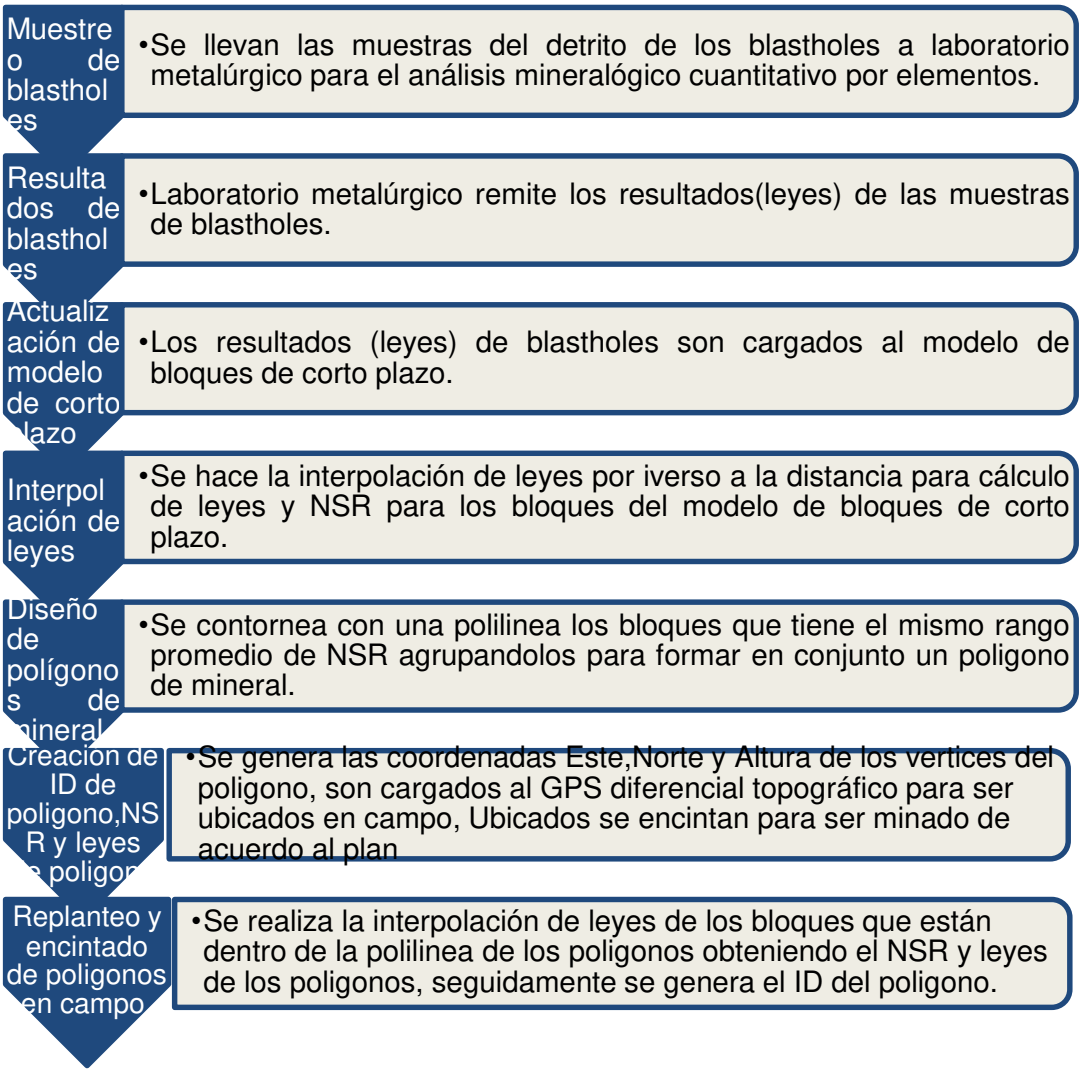


Figura 90.Procedimiento actual para creación y minado de polígonos de mineral

Fuente: Elaborada para la investigación

Con el establecimiento de las dimensiones mínimas el procedimiento para la creación, replanteo y minado del polígono de mineral es el siguiente:

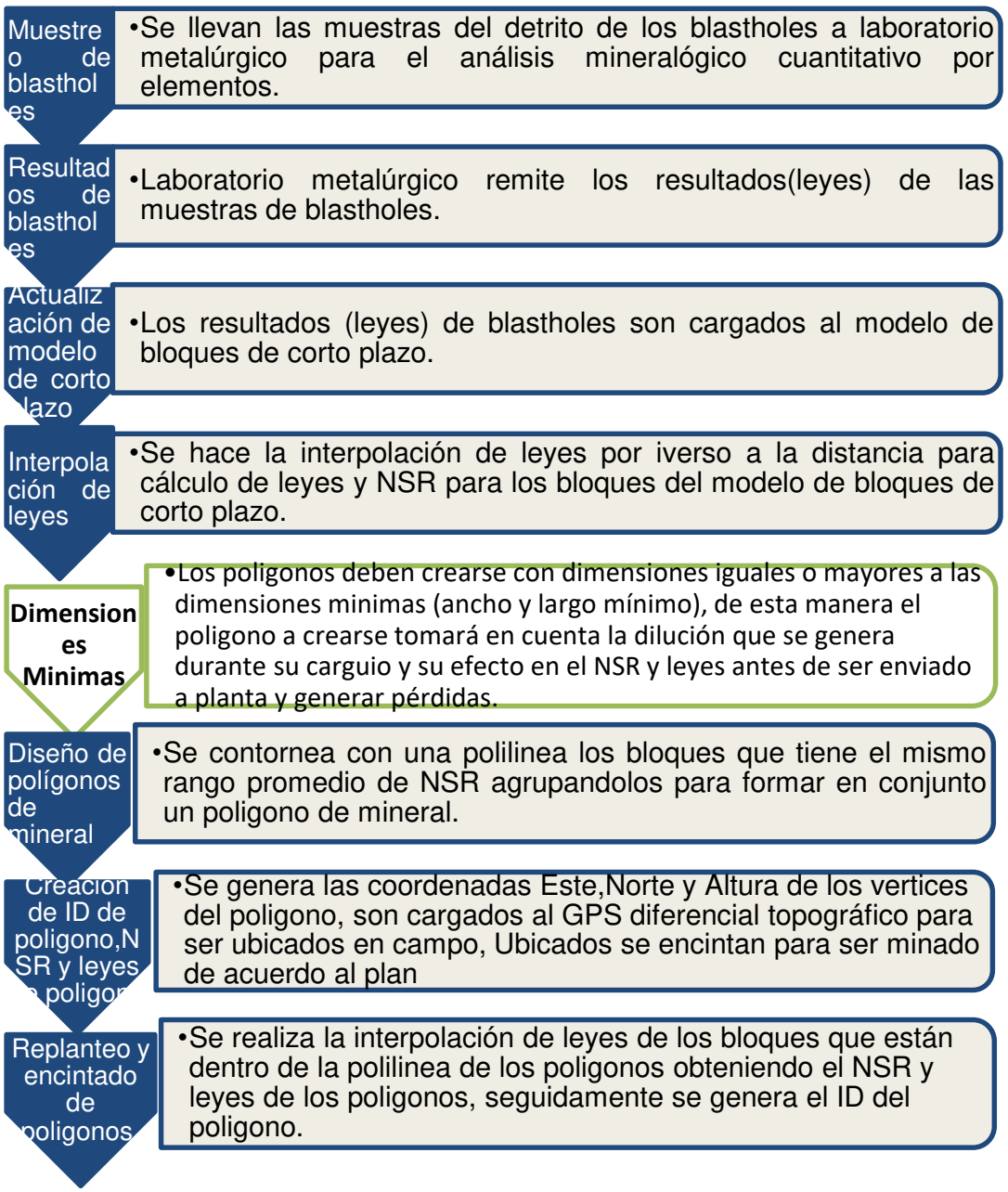


Figura 91.Procedimiento propuesto para creación y minado de polígonos de mineral

Fuente: Elaborada para la investigación

De las dimensiones mínimas del polígono de mineral es importante tener en cuenta que las dimensiones se dan en ancho y largo pero que no se debe contar con todo el volumen que estas dimensiones generan sino solo una parte ya que la recuperación del remanente está también propenso a dilución y una evaluación de si debe minarse.

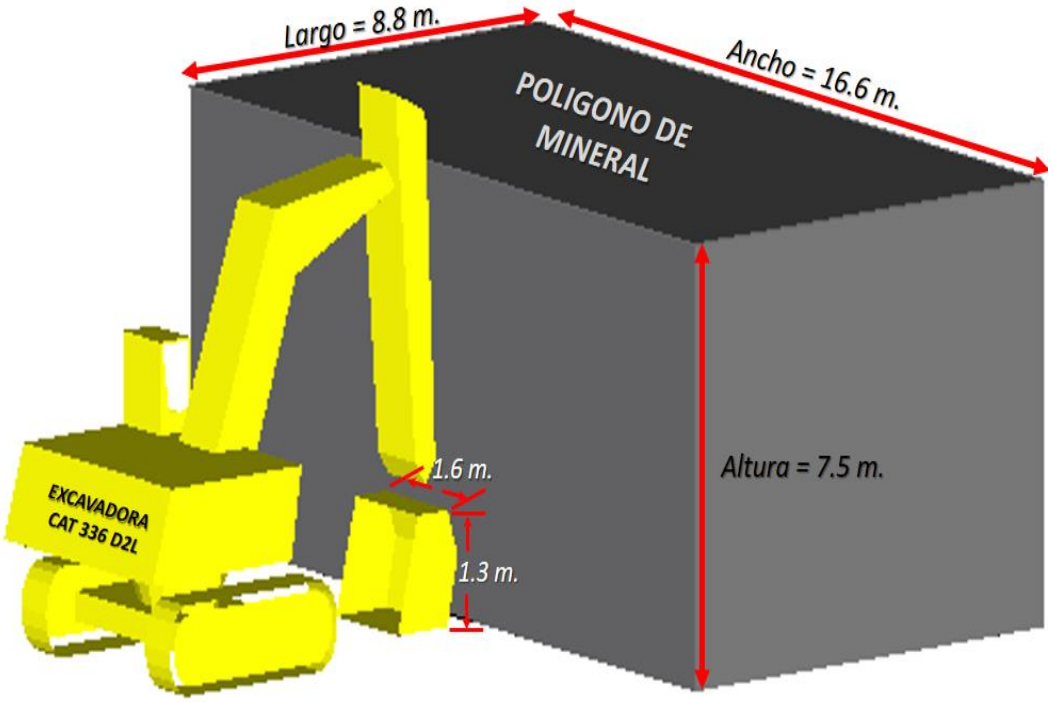
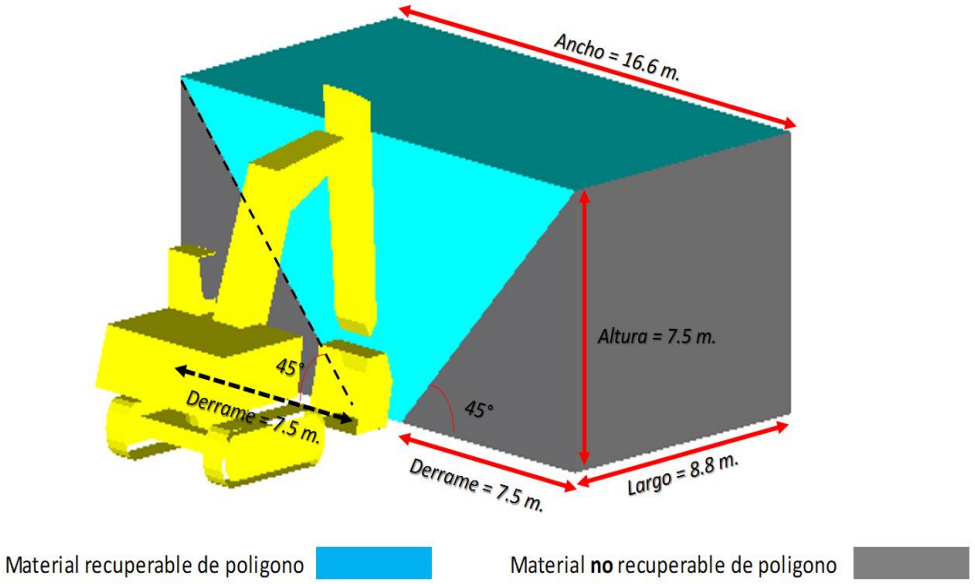


Figura 92.Polígono de mineral con dimensiones mínimas

Fuente: Elaborada para la investigación



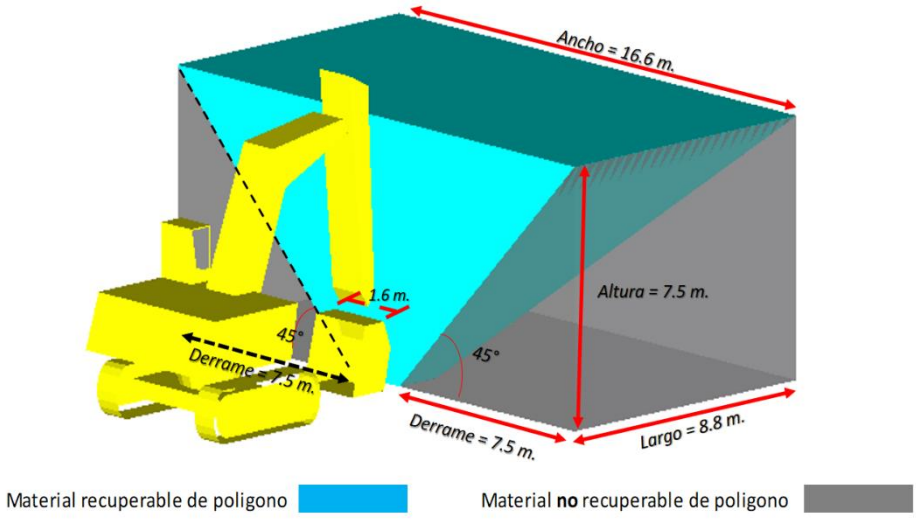


Figura 93.Dimensiones mínimas de un polígono recuperable

Fuente: Elaborada para la investigación

Por lo tanto, para el cálculo del tonelaje atribuible al polígono de dimensiones mínimas se requiere diferenciar la parte recuperable y la no recuperable:

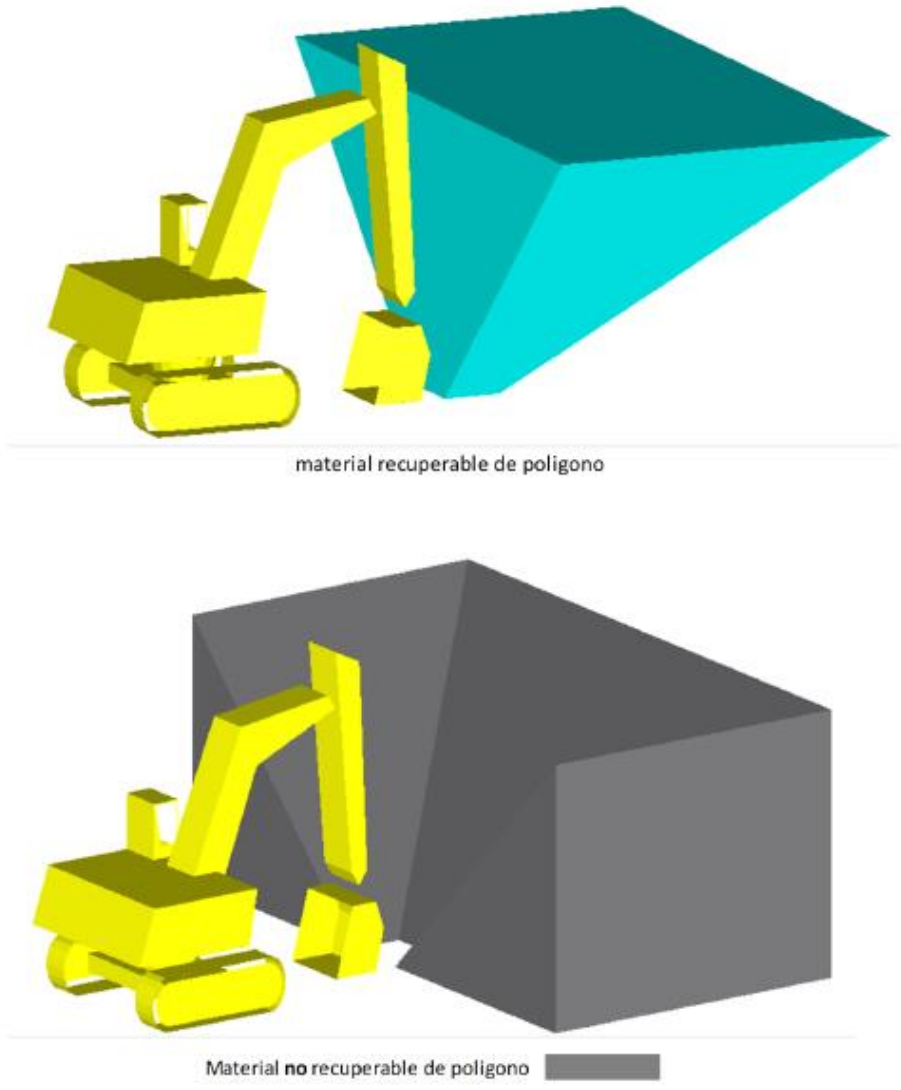


Figura 94.Material recuperable de un polígono

Fuente: Elaborada para la investigación

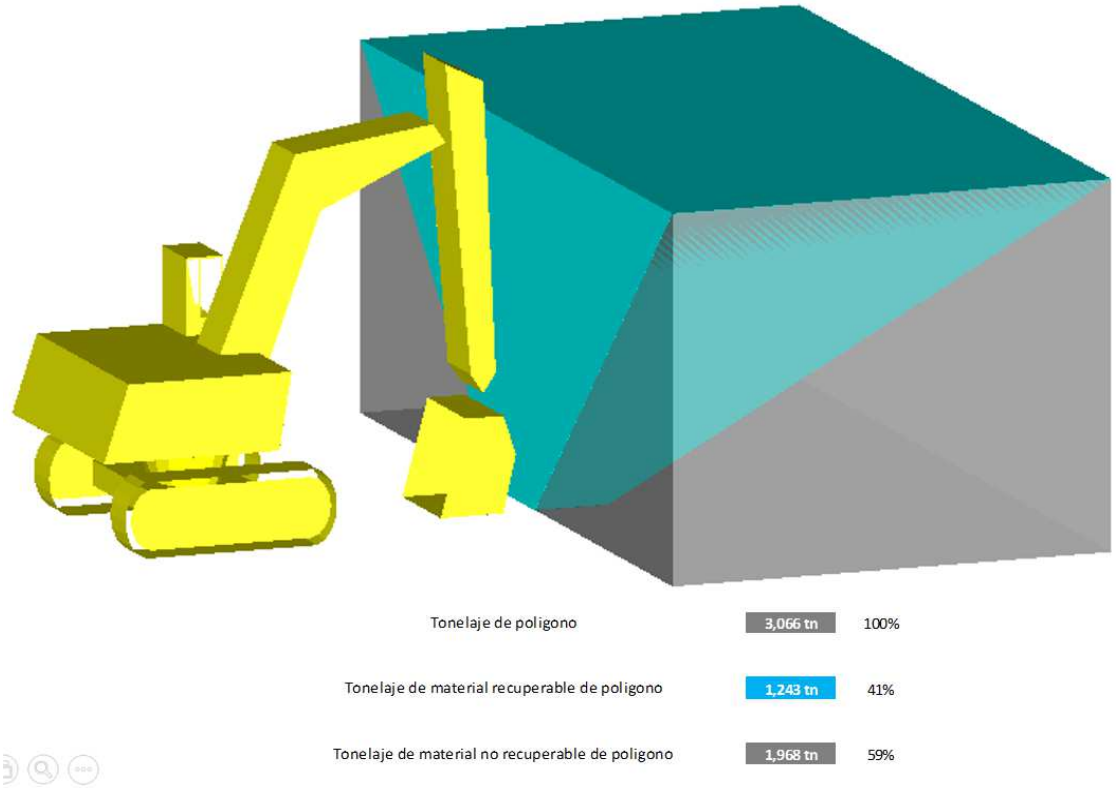


Figura 95.Tonelaje de material recuperable / No recuperable

Fuente: Elaborada para la investigación

El tonelaje atribuible al polígono de dimensiones mínimas corresponde a la parte recuperable del polígono.

CALCULO DEL NSR CON LAS DIMENSIONES MINIMAS DEL POLIGONO

Si antes se usaba el área generada por dimensiones menores a dimensiones mínimas para la interpolación de leyes y cálculo de NSR con el modelo de bloques, con las dimensiones mínimas se realiza el mismo procedimiento, pero se considera como área mínima para cualquier polígono de mineral la generada por las dimensiones mínimas

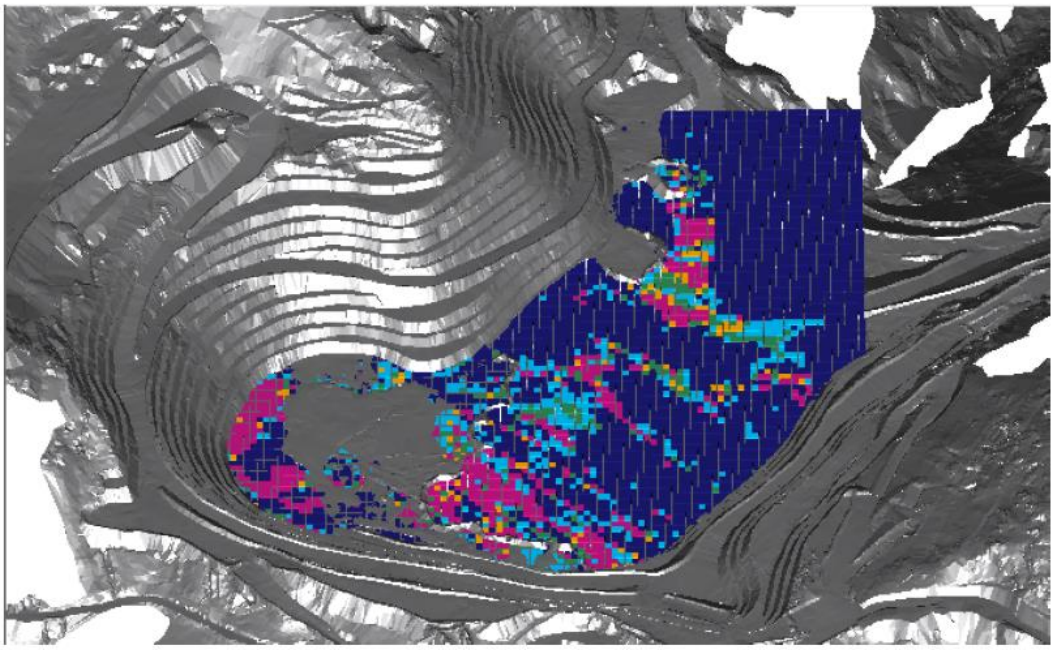


Figura 96.Modelo de bloques de corto plazo Tajo SG

Fuente: Elaborada para la investigación

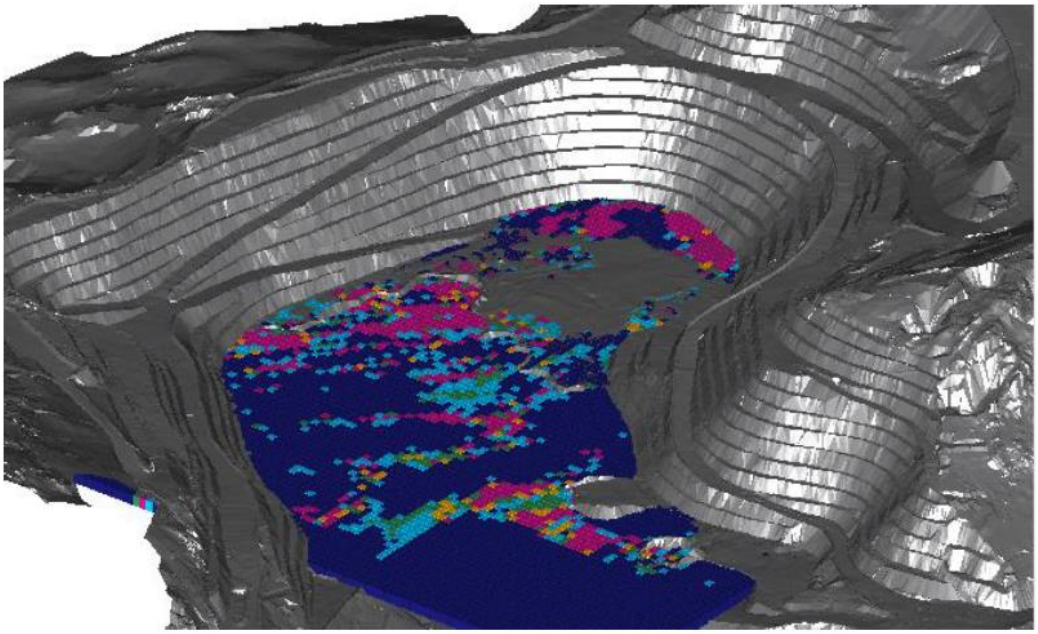


Figura 97.Modelo de bloques de corto plazo Tajo SG

Fuente: Elaborada para la investigación

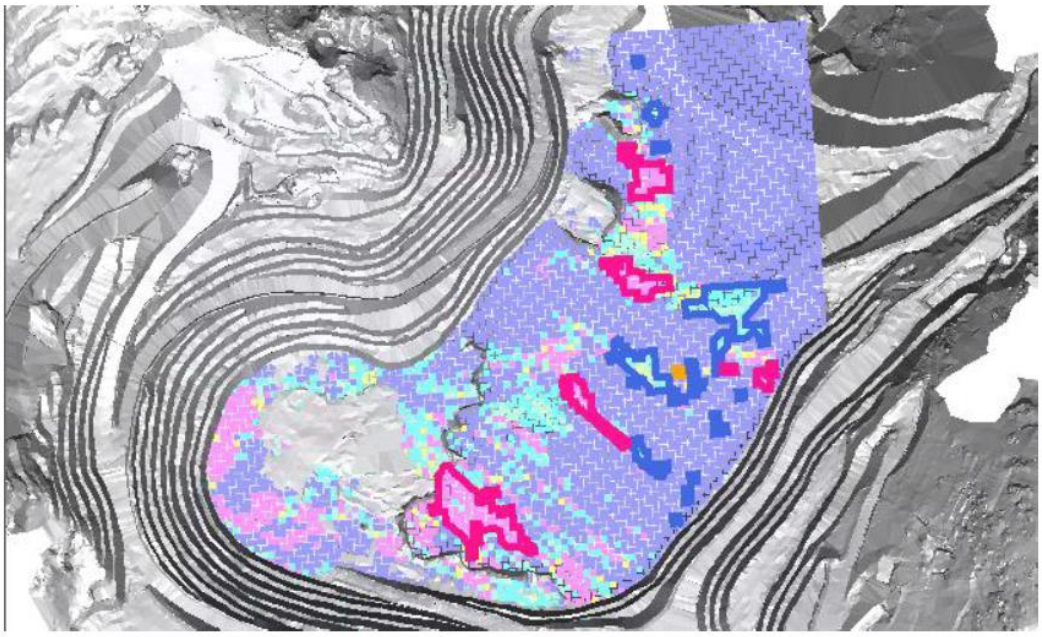


Figura 98.Poligonos de mineral y modelo de bloques de corto plazo Tajo SG

Fuente: Elaborada para la investigación

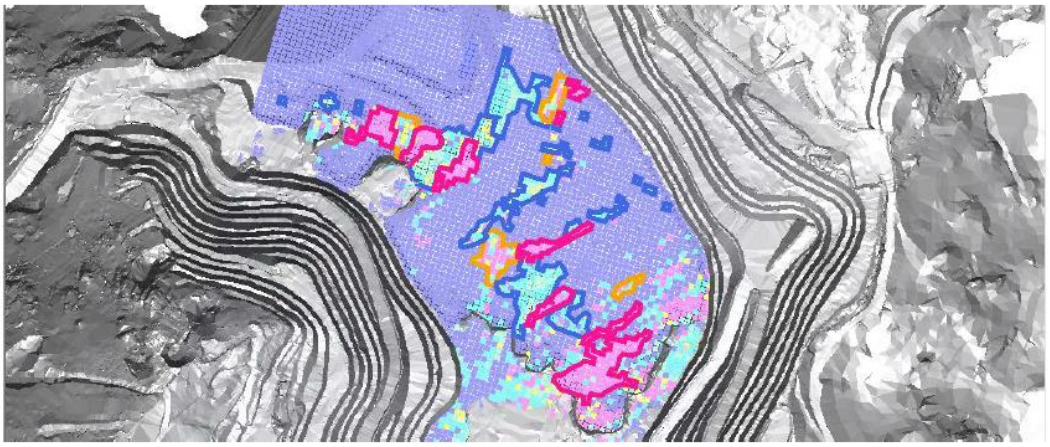


Figura 99.Poligonos de mineral y modelo de bloques de corto plazo Tajo SG

Fuente: Elaborada para la investigación

Tabla XIX. Análisis de resultados en función a las dimensiones de los polígonos de mineral.

	Poligono	Ancho	Largo
Actual	694	5.14	8.01
Propuesto	694	16.6	8.8

	POLYGON_ID	TONNES	ZN	PB	CU	AG	AU	MN	NSR
Actual	694	692	0.259	0.454	0.06	0.195	0.729	0.236	25.36
Propuesto	694	1243	0.237	0.386	0.014	0.38	0.19	0.155	14.87

	Poligono	Ancho	Largo
Actual	727	11.75	8.32
Propuesto	727	16.6	8.8

	POLYGON_ID	TONNES	ZN	PB	CU	AG	AU	MN	NSR
Actual	727	2062	0.745	0.633	0.124	0.768	0.461	0.801	40.28
Propuesto	727	1243	0.314	0.236	0.021	0.559	0.28	0.364	18.51

	Poligono	Ancho	Largo
Actual	724	8.24	10.6
Propuesto	724	16.6	8.8

	POLYGON_ID	TONNES	ZN	PB	CU	AG	AU	MN	NSR
Actual	724	1467	0.284	0.129	0.012	0.19	0.887	0.12	24.47
Propuesto	724	1243	0.284	0.158	0.012	0.33	0.276	0.158	13.47

	Poligono	Ancho	Largo
Actual	755	11.33	3.51
Propuesto	755	16.6	8.8

	POLYGON_ID	TONNES	ZN	PB	CU	AG	AU	MN	NSR
Actual	755	786	0.626	0.758	0.055	0.874	0.433	0.199	40.68
Propuesto	755	1243	0.599	0.331	0.026	0.582	0.15	0.186	22.09

Fuente: Elaborada para la investigación

Según el análisis de la tabla anterior , bajo la metodología de diseño de polígonos que no considera las dimensiones mínimas de los polígonos se obtiene un NSR superior. Sin embargo, con la metodología de diseño de polígonos que si considera las dimensiones mínimas de los polígonos se obtiene un NSR menor debido a que se está considerando lo que realmente se ejecutará en campo y será cargado por la excavadora.

Tabla XX. Análisis comparativo de NSR

POLIGONO	NSR		
	DISEÑO (Con modelo de bloques)	PLANTA (Con analisis quimico)	PROPUESTA (Con modelo de bloques)
694	25.36	15.82	14.87
727	40.28	19.57	18.51
724	24.47	13.15	13.47
755	40.68	21.25	22.09
747	23.19	17.36	16.50

Fuente: Elaborada para la investigación

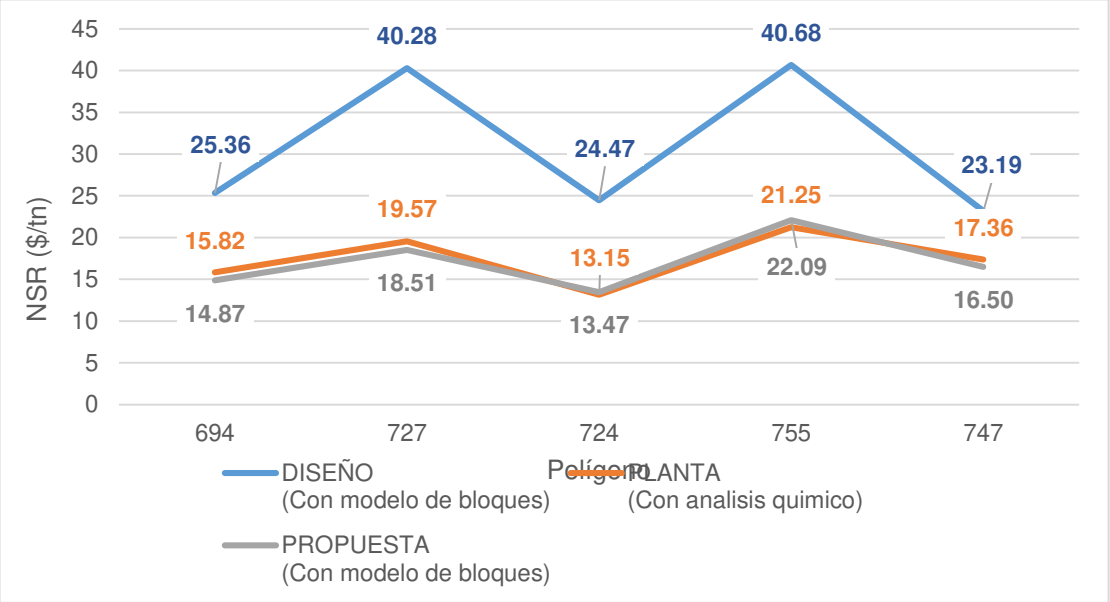


Figura 100. Relación NSR diseño, planta y propuesta

Fuente: Elaborada para la investigación

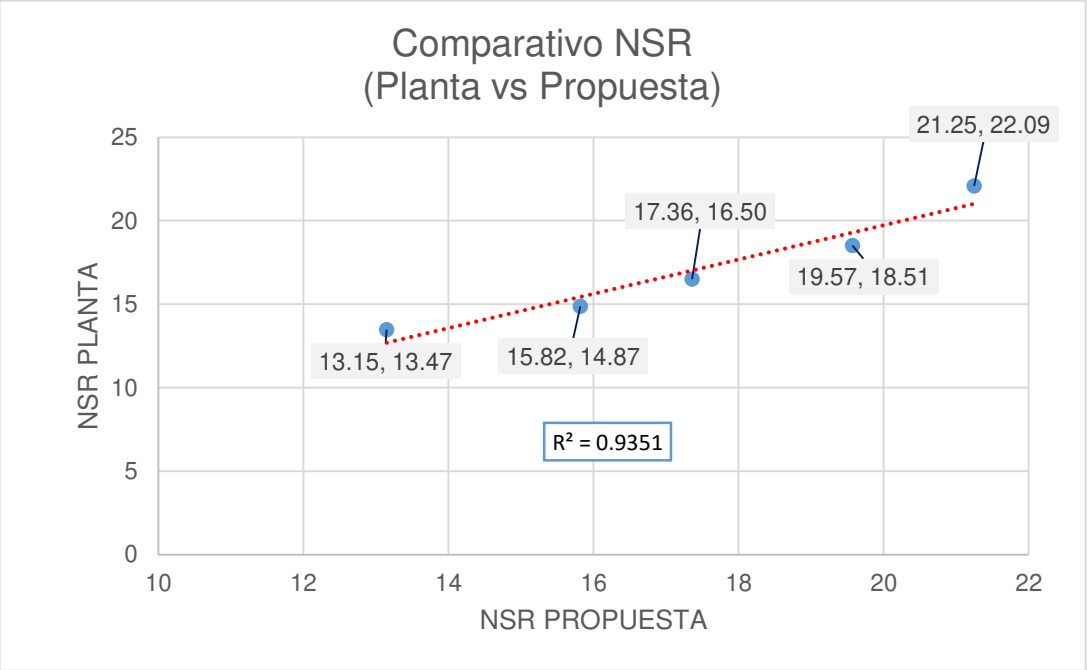


Figura 101. Relación planta VS propuesta

Fuente: Elaborada para la investigación

Como se puede apreciar en la figura anterior, existe una mejor relación entre el NSR con la metodología de diseño de polígonos considerando dimensiones mínimas y su NSR obtenido en planta existiendo en promedio una variación promedio de 5%. Sin embargo, el NSR que se tiene de polígonos de mineral sin considerar las dimensiones mínimas disminuye en promedio 42% respecto al NSR que se obtiene en planta.

Por lo tanto, el NSR obtenido en planta es menor al NSR del polígono de diseño debido a la dilución generada durante el proceso de carguío donde se incorpora material desmonte.

5.2.3.1 ANCHO MÍNIMO OPTIMO

Para su análisis y discusión para determinar el ancho mínimo optimo esta implica reunir principios operativos, la forma de carguío de la excavadora 336D2L, Dilución por forma carguío, las dimensiones de su cucharón como el ancho de su cucharón seleccionada y comprender que la dilución operacional está presente en todas las actividades mineras, mucho mayor durante el carguío del material.

Entonces, de acuerdo a la *Figura* 86 muestra las dimensiones del cucharón de la excavadora 336D2L se tiene que el ancho de cucharón es 1.6 metros y el doble de distancia de derrame de desmonte es 15 metros por lo tanto, el ancho mínimo óptimo para esta operación es de 16.6 metros.

5.2.3.2 LARGO MÍNIMO OPTIMO

Para su análisis y discusión para determinar el largo mínimo optimo, esta implica reunir principios operativos, la forma de carguío de la excavadora, las dimensiones de su cucharón como la altura de cucharón seleccionada.

Entonces, de acuerdo a la
Figura 89 muestra las dimensiones del cucharón de la excavadora 336D2L se tiene que la altura de cucharón es 1.3 metros y la distancia de derrame de desmonte es 7.5 metros, por lo tanto, el largo mínimo óptimo para esta operación es de 8.8 metros.

5.3. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

5.3.1. HIPÓTESIS GENERAL

Determinando las dimensiones mínimas de los polígonos de mineral se optimizará el control de la dilución operacional durante el proceso de carguío de mineral en Tajo San Gerardo, Unidad Minera Atacocha.

De acuerdo al análisis efectuado en la *Figura* 86 y

Figura 89 se concluye que existen dimensiones mínimas para los polígonos de mineral los cuales están determinados por la altura del frente de minado y el ancho y la altura del cucharón de la excavadora 336D2L con la que realiza el carguío cuyas relaciones se resumen en las ecuaciones [5] y [6] y ejecutándolas en el campo encontramos varios escenarios :

Así mismo, se aprecia que teniendo dimensiones mínimas que se ajustan a la realidad producida durante el carguío de mineral respecto al comportamiento del frente de minado, se puede conocer y cuantificar la dilución real producida en el campo lo que permitirá optimizar el control operativo sobre esta y además sincerar el NSR (US$/Ton) que se obtendrá por el minado del polígono utilizando como herramienta las dimensiones mínimas obtenidas, entonces, aceptamos la hipótesis general que establece que *determinado las dimensiones de los polígonos de mineral para optimizar el control de la dilución operacional durante el proceso de carguío de mineral en Tajo San Gerardo, Unidad Minera Atacocha*.

5.3.2. PRIMERA HIPÓTESIS ESPECÍFICA

Estableciendo un procedimiento con datos recolectados de campo se optimizará el control de la dilución operacional durante el proceso de carguío de mineral en el Tajo San Gerardo, Unidad Minera Atacocha

El flujograma presentando en la *Figura* 19 detalla los procedimientos que se deben realizar para determinar las dimensiones mínimas de polígonos de mineral y como mejora continua el control de fichas de polígonos en las áreas de geología y planeamiento en la Unidad Minera Atacocha.

Con todo lo anterior se acepta la hipótesis que afirma que se ha establecido un procedimiento con datos recolectados de campo para la

determinación de dimensiones mínimas de polígonos de mineral para optimizar el control de dilución operacional durante el proceso de carguío de mineral en tajo San Gerardo, Unidad Minera Atacocha.

5.3.3. SEGUNDA HIPÓTESIS ESPECIFICA

Analizando los datos asociados a la geometría del polígono de mineral se optimizará el control de la dilución operacional durante el proceso de carguío de mineral en el Tajo San Gerardo, Unidad Minera Atacocha.

La hipótesis planteada menciona que a través del análisis de los datos asociados a la geometría del polígono de mineral (ancho y largo actual), se optimiza el control de la dilución operacional existente. La hipótesis es aceptada debido a que de acuerdo al análisis efectuado en la *Figura* 86 y

Figura 89 de los datos asociados a la geometría del polígono de mineral se llegan a establecer relaciones entre estas la cuales permiten encontrar dimensiones mínimas para los polígonos de mineral que optimizarán el control de la dilución operacional durante el proceso de carguío.

H_0: La determinación dimensiones mínimas de los polígonos de mineral No optimiza el control de dilución operacional durante el carguío de mineral en Tajo San Gerardo, Unidad Minera Atacocha, Cerro de Pasco 2018

H_1: La determinación dimensiones mínimas de los polígonos de mineral

Si optimiza el control de dilución operacional durante el carguío de mineral en Tajo San Gerardo, Unidad Minera Atacocha, Cerro de Pasco 2018

Se tiene un nivel de significancia de α=0.05, luego se ingresan estos datos en el software SPSS Statistics 21 que nos da un valor de t= 4.243 y es mayor que Z_0= 2.7765 ésta cae en la zona de rechazo. Luego diremos que para un valor de confiabilidad del 99% se rechaza la hipótesis nula, entonces el factor estudiado ha influido significativamente en los resultados y se acepta la Hipótesis alternativa H_1



Figura 102.Comprobación de hipótesis

Fuente: Elaborada para la investigación

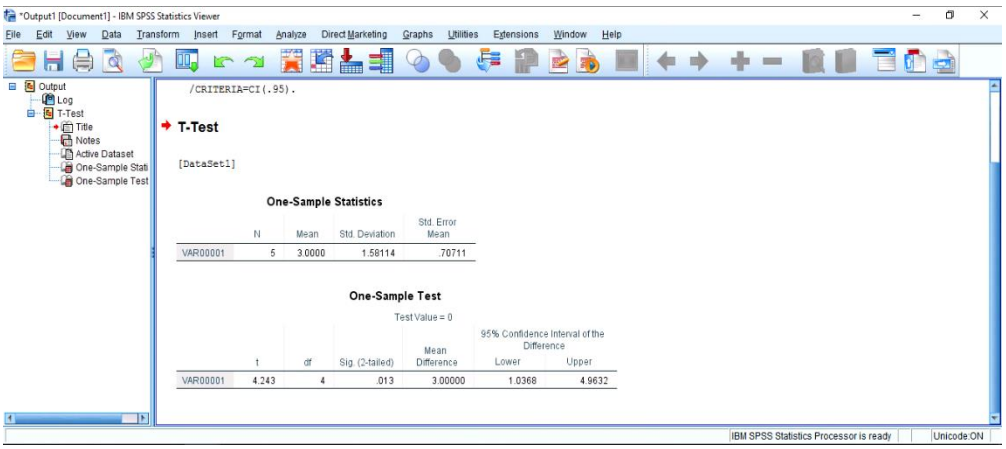


Figura 103.Comprobación de hipótesis con software SPSS Statistics

Fuente: Elaborada para la investigación

CONCLUSIONES

- Los polígonos de mineral con dimensiones menores de 12 metros tienen su NSR de diseño que no se refleja con el NSR procesado en planta, disminuyendo en todos los casos obteniendo como resultado convirtiéndose como mineral económicamente no rentable no cubre sus costos de minado y procesamiento originado perdidas para la empresa e incumplimiento las metas de producción.

- Mediante la determinación de dimensiones mínimas para los polígonos de mineral se realiza un valioso aporte al proceso de minado de mineral en Tajo San Gerardo debido a que se contará con una herramienta poderosa que ayudará tanto a las áreas de planeamiento, operaciones y planta a trabajar con valores de NSR confiables que tomen en cuenta la dilución operativa que se genera en el proceso de carguío de mineral.

- El haber encontrado la relación que existe entre las dimensiones del cucharón de la excavadora con la que se mina el polígono de mineral y las dimensiones de los polígonos expresadas en las ecuaciones que se muestran en el presente trabajo ayudando a evitar pérdidas para la compañía minando polígonos de mineral que no son rentables considerando la dilución que se generara durante el proceso de carguío.

- Un mejor control de NSR(US$/Tm) para los cumplimientos con las contratistas mineras considerar polígonos de mineral mayores 16.60 metros de ancho y menores iguales 8.80 metros de largo.

- La aplicación de la metodología de diseño de polígonos utilizando dimensiones mínimas de polígonos de mineral tiene el potencial de evitar pérdidas para la empresa al evitar enviar mineral diluido de bajo NSR a planta concentradora el cual no cubrirá sus costos de minado, procesamiento y comercialización. En el caso de la muestra estudiada (5 polígonos) se pudo haber evitado la pérdida de US$ 46,204 Dólares Americanos.

- La metodología de diseño de polígonos utilizando dimensiones mínimas de polígonos de mineral se puede aplicar en minas a tajo abierto donde se exploten vetas angostas o haya presencia predominante de zonas de contacto mineral y desmonte y se requiera evaluar económicamente la recuperación de mineral considerando la dilución que se genera antes de ser enviada a planta concentradora.

- La metodología de diseño de polígonos utilizando dimensiones mínimas de polígonos de mineral llevada al campo se convierte en una

herramienta adicional a otros controles operativos que ayudan a medir y por lo tanto, tener control sobre la dilución durante el proceso de carguío en minas a tajo abierto.

- Durante el proceso de carguío, los operadores de excavadora y técnicos de ore control deben ser cuidadosos en respetar las referencias de campo de los polígonos, el uso de la metodología de diseño de polígonos utilizando dimensiones mínimas de polígonos de mineral ayudará a un mejor control del minado en campo por ajustarse el diseño del polígono a lo que se puede ejecutar en el terreno.

- Existe una mejor relación entre el NSR obtenido con la metodología de diseño de polígonos considerando dimensiones mínimas y su NSR obtenido en planta existiendo en promedio una variación promedio de 5% en contraposición al NSR que se obtiene de polígonos de mineral que fueron diseñados sin considerar las dimensiones mínimas, los cuales disminuyen en un promedio de 42% respecto al NSR que se obtiene en planta luego de su tratamiento.

RECOMENDACIONES

- Utilizar las dimensiones mínimas para los polígonos de mineral para el diseño de los polígonos en gabinete para optimizar el control de la dilución y cumplir con los tonelajes programados.

- Profundizar el estudio de las dimensiones de los polígonos ya que es un campo aun poco estudiado, pero que es muy relevante ya que es en la extracción de mineral donde se concretan las leyes y tonelajes planteados en los planes de minado.

- Realizar un estudio para la cuantificación de la dilución operativa y su inserción en el modelo de bloques y que aplique para el castigo de leyes y cálculo de reservas y recursos y valorización del tajo, lo cual es muy importante especialmente yacimientos vetiformes que se explotan a tajo abierto donde la dilución es muy fuerte y requiere ser mejor controlada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arteaga, K. (2010). *Metodología de la investigación.* Universidad Naval.

Burga, V. (2014). *Precios de los metales-Factores que determinan su evolución 2014-2015.* EY Building.

C.Morales. (2009). *Metodología de planificación de corto plazo integrando restriciones geometalúrgicas*. (Memoria de magister en minería) Universidad de Chile,Chile

Compañía Minera Atacocha (2005) *Estudio Metalogenetico de Atacocha,* Cerro de Pasco, Perú

Daly, T. (2018). *Precio del Zinc tocan minimo de 9 meses ante aumento de suministro,* Reuters.

De Nicola, C. (2015). *Dilución Operacional en Mina El Soldado. Santiago, Santiago,* Universidad de Chile,Chile

Emery, J. O. (2004). *Apuntes del curso MI-54a Evaluación de yacimientos y MI-86a Geoestadistica,* Universidad de Chile,Chile.

Fernandez, j., Hernández, J., & Baptista, A. (2010). *Metodología de la investigación.* Perú.

Fernandez, N. P. (2015). *Dilución Operacional en Mina el soldado* (Memoria titulo ingenieria civil de minas) ,Santiago de Chile

GerenciaNexaResources. (2018). *Informe de Gerencia sobre los resultados operativos y financieros del primer trimestre 2018.* Nexa Resources Perú S.A.A, Perú

Giacomo, B. y. (1998). *Resources and reserves their uses and abuses by equity markets in ore reserves and finance a joint seminar between AusIMM and ASX*. Sydney, Australia.

Hernández, M. L. (2011). *Manual de operación de la estación total*

Iquiapaza, H. (2018). *Replanteo de poligonos de extracción para optimizar el proceso de minado en mina Toquepala* (Para titulo profesional ingenieria de minas Universidad Nacional de San Agustin de Arequipa),Perú

Kavetsky, Y. y. (1990). *A three dimensional model of muckpile formation and grade boundary Movement in Open Pit Blasting*. 13-14. London.

Mondragon, J., Chaca, H., & Salinas, D. (2018). *De un minado subterráneo selectivo a una operación de tajo abierto altamente productiva - Glory Hole San Gerardo.* MINERIA, Perú

NCL, E. (2009). Reporte de simulación de dilución y determinación de la velocidad y desplazamiento del material tronado, Perú

Salazar, E. (2018). *El Glory Hole un impacto económico positivo en la Unidad Pasco-MILPO.* El ingenierio de Minas,Perú

Srivastava, R. (2005). *Probabilistic Modeling of ore lens geometry: An alternative to deterministic wireframes.* Mathematical Geology Vo. 37.

Suárez, M. (2012). *Interaprendizaje de estadistica basica,* Universidad

Técnica del Norte,Ecuador

Vasquez, A. (1996). *Apunte del Curso MI-58A Diseño de minas a cielo abierto*, Universidad de Chile,Chile

Wellmer, F.-W., Dalheimer, M., & Wagner, M. (2008). *Economic Evaluations in Exploration.* Berling: Springer.

X.Emery, J. y. (2004). *Apuntes del cursdo MI-54A Evaluacion de yacimientos y MI-68A Geoestadistica*, Universidad de Chile,Chile

ANEXOS

ANEXO 1

FICHA TÉCNICA EQUIPO TOPOGRÁFICO TRIMBLE R10

HOJA DE DATOS

SISTEMA TRIMBLE R10 GNSS

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

Motor de procesamiento **Trimble HD-GNSS** de tecnología punta

Registro de posiciones precisas con la tecnología **Trimble SurePoint**

La nueva tecnología **Trimble xFill** ofrece cobertura RTK cuando se pierde la conexión

Rastreo avanzado de satélites con la tecnología de receptor **Trimble 360**

Un elegante diseño ergonómico que facilita el manejo



UN NUEVO NIVEL DE PRODUCTIVIDAD

El primero de este tipo: el nuevo sistema Trimble® R10 GNSS ha sido diseñado para que los profesionales de la topografía sean más eficientes en su trabajo. Con nuevas y potentes tecnologías tales como Trimble HD-GNSS, Trimble SurePoint™, y Trimble xFill™ integradas en un diseño novedoso y elegante, este potente sistema va más allá de un completísimo soporte GNSS y garantiza una captura de datos más rápida y fácil independientemente del tipo de trabajo o del entorno.

MOTOR DE PROCESAMIENTO TRIMBLE HD-GNSS

Una nueva generación de núcleo para tecnologías de posicionamiento

El Trimble R10 lleva integrado el motor de procesamiento avanzado Trimble HD-GNSS. Esta tecnología innovadora va más allá de los métodos tradicionales de soluciones fijas/flotantes y ofrece una evaluación aún más precisa de las estimaciones de los errores que la tecnología GNSS tradicional, especialmente en entornos difíciles. El elevado grado de reducción en los tiempos de convergencia y la confiabilidad en la alta precisión y la alta calidad de las posiciones permite que los topógrafos puedan registrar medidas con confianza a la vez que se reduce el tiempo de ocupación.

TECNOLOGÍA TRIMBLE SUREPOINT

Simplifica el flujo de trabajo topográfico

La tecnología Trimble SurePoint incorporada en el Trimble R10 proporciona medidas más rápidas, mayor precisión y un mayor control de calidad.

Una burbuja electrónica

El Trimble R10 usa una burbuja electrónica que aparece en la pantalla del controlador de Trimble. Con esta nueva burbuja electrónica, toda la información de medición se muestra en un solo lugar por lo que los usuarios no necesitan dejar de mirar la pantalla del controlador para verificar la verticalidad del jalón.

Medición rápida y precisa

La tecnología Trimble SurePoint muestra una burbuja electrónica en color verde cuando el jalón está vertical, indicando claramente que es posible tomar una medida precisa. El sistema comprueba constantemente la inclinación del jalón. Si un punto es medido con una inclinación del jalón superior al valor configurado por el usuario, el software Trimble Access™ alertará al usuario y le pedirá que acepte o que descarte el punto. Además, SurePoint usa los valores de inclinación del jalón como dato de ingreso para control. Si el jalón se inclina después de medir un punto, el sistema se prepara automáticamente para medir el siguiente punto.

Trazabilidad de datos

Para garantizar la trazabilidad de todos los datos, el Trimble R10 puede registrar información de inclinación del jalón de los puntos medidos. Estos registros contienen el ángulo de inclinación del jalón y la distancia en el terreno que representa ese ángulo.

TECNOLOGÍA DE RECEPTOR TRIMBLE 360

Asegure la inversión futura a largo plazo

La potente tecnología de receptor Trimble 360 del Trimble R10 es compatible con las señales GNSS de todas las constelaciones existentes y planeadas y con todos los sistemas de ampliación basados en satélites. Integrado con dos chips Trimble Maxwell™ 6, el Trimble R10 ofrece 440 canales GNSS sin precedente. Trimble genera confianza con una sólida inversión en GNSS para hoy y para un futuro a largo plazo.

TECNOLOGÍA TRIMBLE xFILL

Más mediciones continuas, y un menor tiempo de inactividad

Continúe trabajando sin interrupciones cuando pierda temporalmente la conexión a la estación base o la red VRS. Optimice los enlaces satelitales y la red mundial de estaciones de referencia Trimble GNSS con la tecnología Trimble xFill, la cual 'completa' continuamente los vacíos existentes en la cadena de correcciones RTK o VRS™.

DISEÑO ERGONÓMICO

Más fácil de manejar y operar

El Trimble R10 es el receptor integrado más pequeño y liviano de su clase y tiene un diseño ergonómico avanzado que facilita su manejo y operación. Este diseño incorpora un centro de masa más estable en la parte superior del jalón, mientras que su elegante y alto perfil ofrece la durabilidad y confiabilidad características de Trimble.

El sistema Trimble R10 incorpora un adaptador de liberación rápida que permite sacar el receptor del jalón con facilidad y seguridad. Asimismo, este adaptador de liberación rápida garantiza una conexión continua y estable entre el receptor y el jalón.

UNA SOLUCIÓN INTELIGENTE

Las características avanzadas combinadas con la potente tecnología del Trimble R10 lo convierten en el sistema GNSS actual más inteligente del mercado.

Antena GNSS inteligente

Mida con confianza: la antena GNSS del sistema Trimble R10 rastrea las bandas de señales GNSS y SBAS. El plano de tierra Trimble Stealth™ mitiga los errores por trayectoria múltiple usando la resistencia eléctrica para evitar que las señales no deseadas lleguen a la antena.

Batería inteligente

El Trimble R10 cuenta con una inteligente batería de ión-litio en su interior que dura más y proporciona potencia más confiable. La pantalla LED integrada permite que el usuario pueda verificar rápidamente el estado de la batería.

Capacidades avanzadas de comunicación

El sistema Trimble R10 usa la tecnología de telefonía móvil más reciente para recibir correcciones VRS y conectarse a Internet desde el campo. Luego, accede a Trimble Connected Community para enviar o recibir documentos mientras el usuario está fuera de la oficina. Use WiFi para conectarse con facilidad al sistema Trimble R10 usando una computadora portátil o un teléfono inteligente para configurar el receptor sin un controlador de Trimble.

El conocido sistema de hardware y software de Trimble que es de confianza

Combine la potencia y la velocidad del Trimble R10 con las confiables soluciones de software de Trimble, tales como Trimble Access y Trimble Business Center, para obtener la solución inteligente más completa.

El software de campo Trimble Access ofrece flujos de trabajo especializados y personalizados que facilitan y agilizan las tareas topográficas a la vez que permiten que los equipos puedan transmitir la información vital entre el campo y la oficina en tiempo real. De regreso en la oficina, los usuarios pueden procesar los datos ininterrumpidamente con el software de oficina Trimble Business Center.

El sistema Trimble R10 GNSS: una nueva era de productividad más allá del posicionamiento GNSS para los topógrafos profesionales.

Trimble

Figura 104.Ficha Técnica del GPS Trimble R10

Fuente: Trimble Geoespacial

SISTEMA TRIMBLE R10 GNSS

HOJA DE DATOS

ESPECIFICACIONES DE FUNCIONAMIENTO

Mediciones

- Mide puntos en entornos difíciles en menos tiempo y con más rapidez con la tecnología Trimble HD-GNSS
- Mejora el rastreo de mediciones con el sistema de detección de plomada electrónica Trimble SurePoint
- Reduce el tiempo de inactividad causado por la pérdida de señales de radio con la tecnología xFill
- Avanzados chips Trimble Maxwell 6 GNSS topográficos personalizados con 440 canales
- Asegura la inversión futura a largo plazo con el rastreo Trimble 360 GNSS
- Las señales de satélites se rastrean simultáneamente:
  - GPS: L1C/A, L1C, L2C, L2E, L5
  - GLONASS: L1C/A, L1P, L2C/A, L2P, L3
  - SBAS: L1C/A, L5 (para satélites SBAS compatibles con L5)
  - Galileo: GIOVE-A y GIOVE-B, E1, E5a, E5B
  - BeiDou (COMPASS): B1, B2
- Posicionamiento OmniSTAR HP, XP, G2, VBS
- QZSS, WAAS, EGNOS, GAGAN
- Velocidad de posicionamiento: 1 Hz, 2 Hz, 5 Hz, 10 Hz y 20 Hz

RENDIMIENTO DE POSICIONAMIENTO[1]

Posicionamiento GNSS de código diferencial

Horizontal . . . . . 0,25 m + 1 ppm RMS
Vertical . . . . . 0,50 m + 1 ppm RMS
Precisión de posicionamiento SBAS diferencial[2] . . . . . típico <5 m 3DRMS

Medición estática GNSS
Estática de alta precisión

Horizontal . . . . . 3 mm + 0,1 ppm RMS
Vertical . . . . . 3,5 mm + 0,4 ppm RMS

Estática y Estática Rápida

Horizontal . . . . . 3 mm + 0,5 ppm RMS
Vertical . . . . . 5 mm + 0,5 ppm RMS

Medición cinemática en tiempo real
Línea base individual <30 km

Horizontal . . . . . 8 mm + 1 ppm RMS
Vertical . . . . . 15 mm + 1 ppm RMS

Red RTK[3]

Horizontal . . . . . 8 mm + 0,5 ppm RMS
Vertical . . . . . 15 mm + 0,5 ppm RMS
Tiempo de inicio RTK para precisiones especificadas[4] . . . . . 2 a 8 segundos

1 La precisión y la confiabilidad pueden estar sujetas a anomalías debidas a errores por trayectoria múltiple, obstrucciones, geometría de los satélites y condiciones atmosféricas. Las especificaciones establecidas recomiendan el uso de soportes estables en una zona despejada con una buena vista del cielo, que esté libre de errores por trayectoria múltiple e interferencias electromagnéticas, y que tenga una configuración óptima de la constelación GNSS; asimismo se recomienda usar los métodos de trabajo generalmente aceptados para realizar las mediciones de mayor precisión correspondientes a la aplicación determinada, incluyendo el uso de tiempos de ocupación adecuados a la longitud de la línea base. Las líneas base cuya longitud exceda los 30 km requieren datos de efeméride precisos y probablemente ocupaciones de hasta 24 horas para lograr especificaciones de alta precisión estática.
2 Depende del rendimiento del sistema WAAS/EGNOS.
3 Los valores PPM de la red RTK se referencian a la estación base física más próxima.
4 Puede verse afectada por las condiciones atmosféricas, las señales de trayectoria múltiple, las obstrucciones y la geometría de los satélites. La confiabilidad de la inicialización se controla continuamente para asegurar la más alta calidad.
5 Los valores de precisión dependen de la disponibilidad de satélites GNSS. El posicionamiento xFill termina cuando la radio ha estado inactiva durante 5 minutos. Si se usa una sola estación base, xFill requiere que la antena base esté a unos 1 m de la coordenada base en un marco de referencia global tal como WGS-84. Al establecer una estación base usando la tecla "Here" (Aquí) en el software Trimble Access, la precisión requerida generalmente solo se logra cuando la posición ha sido aumentada con WAAS o EGNOS. Los abonados a VRS deben comprobar con su administrador que la red se ha configurado en un sistema de coordenadas conocido. xFill no está disponible en todas las regiones, contacte a su representante de ventas local para más información.
6 RTK se refiere a la última precisión obtenida antes de la pérdida de la fuente de corrección e inicio de xFill.
7 Normalmente, el receptor funcionará hasta –40 °C, la capacidad normal de las baterías internas está fijada en –20 °C.
8 Rastreo de satélites GPS, GLONASS y SBAS.
9 Varía con la temperatura y la velocidad de los datos inalámbricos. Al usar un receptor y una radio interna en modo de transmisión, se recomienda usar una batería externa de 6 Ah o más.
10 Varía con el terreno y las condiciones de operación.
11 Las autorizaciones Bluetooth son específicas de cada país.

© 2012–2013, Trimble Navigation Limited. Todos los derechos reservados. El logo del triángulo con el mapamundi y Trimble son marcas registradas de Trimble Navigation Limited, registradas en los Estados Unidos y en otros países. Access, Maxwell, Stealth, SurePoint, VRS, y xFill son marcas comerciales de Trimble Navigation Limited. Todas las otras marcas son propiedad de sus respectivos titulares. NP 022543-544B-ESP (04/13)

Trimble xFill[5]

Horizontal . . . . . RTK[6] + 10 mm/minuto RMS
Vertical . . . . . RTK[6] + 20 mm/minuto RMS

HARDWARE

Físicas

Dimensiones (Ancho × Alto) . . . . . 11,9 cm × 13,6 cm
Peso . . . . . 1,12 kg con batería interna, radio interna con antena UHF, 3,57 kg (los componentes anteriores más el jalón, el controlador y el soporte)

Temperatura[7]
De funcionamiento . . . . . –40 °C a +65 °C (–40 °F a +149 °F)
De almacenamiento . . . . . –40 °C a +75 °C (–40 °F a +167 °F)
Humedad . . . . . 100%, con condensación
Protección contra la intrusión de agua y partículas . . . . . IP67 A prueba de polvo, protegido al sumergirse temporalmente a una profundidad de 1 m
Golpes y vibraciones . . . . . Ha sido probado y cumple con las siguientes normas medioambientales:
Golpes . . . . . Apagado: Diseñado para soportar caídas del jalón a 2m de altura sobre hormigón. Operando: hasta 40 g, 10 m seg, diente de sierra
Vibraciones MIL-STD-810F, FIG.514.5C-1

Eléctricas

- Entrada de alimentación externa de 11 a 24 V CC con protección contra sobretensión en los puertos 1 y 2 (Lemo de 7 pines)
- Batería inteligente de ión litio de 7,4 V y 3,7 Ah recargable y desmontable con indicadores de estado LED.
- El consumo de alimentación es de 5,1 W en modo móvil RTK con radio interna[8].
- Tiempos de funcionamiento con la batería interna[9]:
  - Opción de sólo recepción de 450 MHz . . . . . 5,5 horas
  - Opción de transmisión/recepción de 450 MHz (0,5 W) . . . . . 4,5 horas
  - Opción de transmisión/recepción de 450 MHz (2,0 W) . . . . . 3,7 horas
  - Opción de recepción móvil 5,0 horas

COMUNICACIONES Y ALMACENAMIENTO DE DATOS

- En serie: Trifilar en serie (Lemo de 7 pines)
- USB: compatible con la descarga de datos y las comunicaciones de alta velocidad
- Módem de radio: receptor/transmisor de banda ancha de 450 MHz, sellado, totalmente integrado, con un rango de frecuencia de 410 MHz a 470 MHz:
  - Potencia de Tx: 2 W
  - Alcance: 3–5 km típico / 10 km óptimo[10]
- Celular: módem integrado, 3.5 G, HSDPA 7.2 Mbps (descarga), GPRS ranura múltiple clase 12, EDGE ranura múltiple clase 12, UMTS/HSDPA (WCDMA/FDD) 850/1900/2100MHz, Quad-band EGSM 850/900/1800/1900 MHz, GSM CSD, 3GPP LTE
- Bluetooth: puerto de comunicaciones de 2,4 GHz totalmente integrado y sellado (Bluetooth®)[11]
- WiFi: 802.11 b,g, punto de acceso y modo cliente, encriptación WPA/WPA2/WEP64/WEP128
- Dispositivos de comunicación externos para correcciones soportadas en los puertos serie, USB, Ethernet, y Bluetooth
- Almacenamiento de datos: Memoria interna de 4 GB; más de tres años de observables brutos (aprox. 1,4 MB /día), en función del registro de datos de 14 satélites a intervalos de 15 segundos
- Entrada y salida CMR+, CMRx, RTCM 2.1, RTCM 2.3, RTCM 3.0, RTCM 3.1
- 24 salidas NMEA, salidas GSOF, RT17 y RT27

WebUI

- Ofrece una sencilla configuración, operación, estado y transferencia de datos
- Accesible por WiFi , serie, USB, y Bluetooth

Controladores Trimble Soportados

- Trimble TSC3, Trimble CU, Robusta PC Trimble Tablet

HOMOLOGACIÓN

Sección 15 de la FCC (dispositivos de la clase B), 22, 24; Marca R&TTE CE; C-Tick, A-Tick; PTCRB; WFA

Las especificaciones están sujetas a cambio sin previo aviso.

DISTRIBUIDOR AUTORIZADO TRIMBLE

AMÉRICA DEL NORTE
Trimble Navigation Limited
10368 Westmoor Dr
Westminster CO 80021
ESTADOS UNIDOS

EUROPA
Trimble Germany GmbH
Am Prime Parc 11
65479 Raunheim
ALEMANIA

ASIA-PACÍFICO
Trimble Navigation
Singapore Pty Limited
80 Marine Parade Road
#22-06, Parkway Parade
Singapore 449269
SINGAPUR

Figura 105.Ficha Técnica Trimble R10 Parte 02

Fuente: Trimble Geoespacial

ANEXO 2

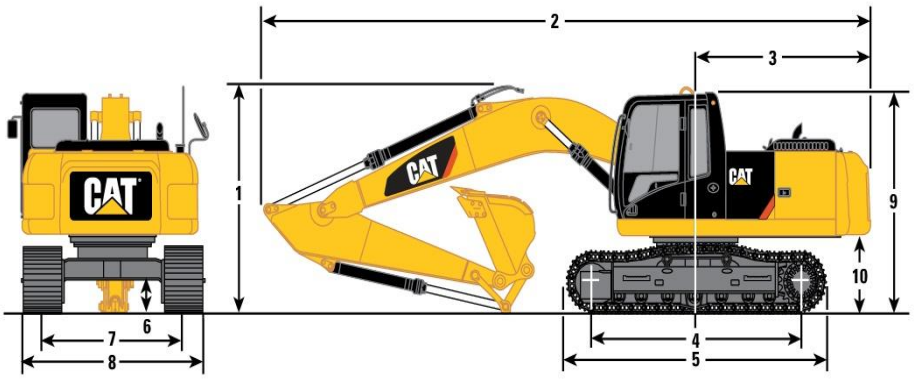
FICHAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS DE CARGUÍO Y EXCAVACIÓN

336D2L

Especificaciones de la Excavadora Hidráulica 336D2/D2 L

Dimensiones

Todas las dimensiones son aproximadas.



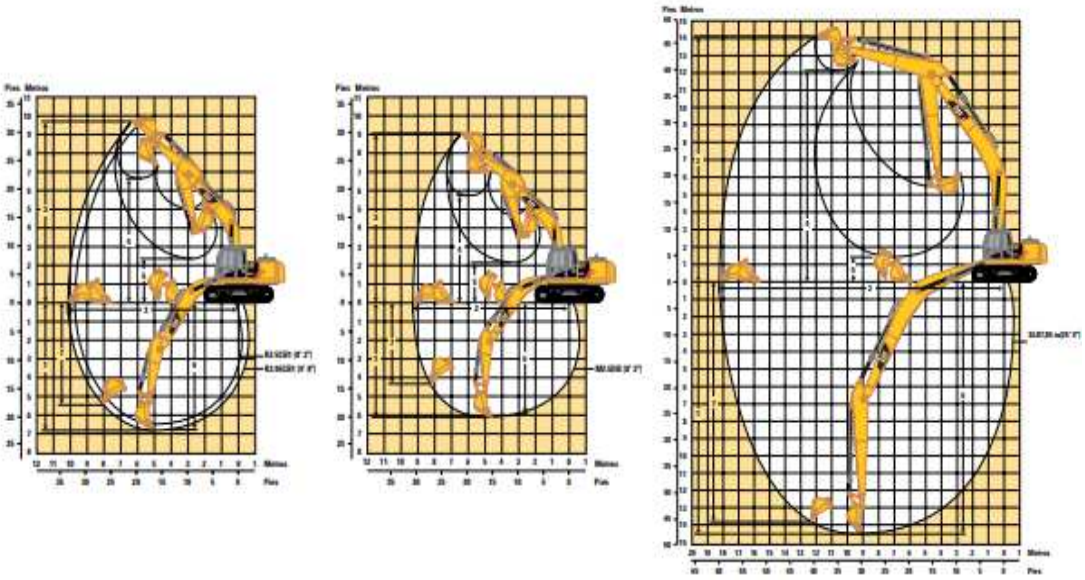
Opciones de pluma	Pluma de alcance de servicio pesado 6,50 m (21' 4")			Pluma para excavación de gran volumen 6,18 m (20' 3")	
Opciones de brazos	**R3.9DB (12' 10")**	**R3.2DB (10' 6")**	**R2.8DB (9' 2")**	**M2.55TB (8' 4")**	**M2.15TB (7' 1")**
1 Altura de embarque*	3.700 mm (12' 2")	3.340 mm (11' 0")	3.570 mm (11' 9")	3.650 mm (12' 0")	3.680 mm (12' 1")
2 Longitud de embarque	11.200 mm (36' 9")	11.150 mm (36' 7")	11.210 mm (36' 9")	10.910 mm (35' 10")	11.200 mm (36' 9")
3 Radio de giro de la cola	3.500 mm (11' 6")	3.500 mm (11' 6")	3.500 mm (11' 6")	3.500 mm (11' 6")	3.500 mm (11' 6")
4 Longitud hasta el centro de los rodillos					
Tren de rodaje estándar	3.610 mm (11' 10")	3.610 mm (11' 10")	3.610 mm (11' 10")	3.610 mm (11' 10")	3.610 mm (11' 10")
Tren de rodaje largo	4.040 mm (13' 3")	4.040 mm (13' 3")	4.040 mm (13' 3")	4.040 mm (13' 3")	4.040 mm (13' 3")
5 Longitud de la rueda					
Tren de rodaje estándar	4.590 mm (15' 1")	4.590 mm (15' 1")	4.590 mm (15' 1")	4.590 mm (15' 1")	4.590 mm (15' 1")
Tren de rodaje largo	5.020 mm (16' 6")	5.020 mm (16' 6")	5.020 mm (16' 6")	5.020 mm (16' 6")	5.020 mm (16' 6")
6 Espacio libre sobre el suelo**	450 mm (1' 6")	450 mm (1' 6")	450 mm (1' 6")	450 mm (1' 6")	450 mm (1' 6")
7 Entrevía					
Tren de rodaje estándar	2.590 mm (8' 6")	2.590 mm (8' 6")	2.590 mm (8' 6")	2.590 mm (8' 6")	2.590 mm (8' 6")
Tren de rodaje largo	2.590 mm (8' 6")	2.590 mm (8' 6")	2.590 mm (8' 6")	2.590 mm (8' 6")	2.590 mm (8' 6")
8 Ancho de transporte: tren de rodaje largo o estándar					
Zapatas de 600 mm (24")	3.190 mm (10' 6")	3.190 mm (10' 6")	3.190 mm (10' 6")	3.190 mm (10' 6")	3.190 mm (10' 6")
Zapatas de 700 mm (28")	3.290 mm (10' 10")	3.290 mm (10' 10")	3.290 mm (10' 10")	3.290 mm (10' 10")	3.290 mm (10' 10")
Zapatas de 800 mm (32")	3.390 mm (11' 2")	3.390 mm (11' 2")	3.390 mm (11' 2")	3.390 mm (11' 2")	3.390 mm (11' 2")
9 Altura de la cabina*	3.140 mm (10' 4")	3.140 mm (10' 4")	3.140 mm (10' 4")	3.140 mm (10' 4")	3.140 mm (10' 4")
10 Espacio libre del contrapeso**	1.220 mm (4' 0")	1.220 mm (4' 0")	1.220 mm (4' 0")	1.220 mm (4' 0")	1.220 mm (4' 0")

*Incluye la altura de las orejetas de las zapatas.

**Sin incluir la altura de las orejetas de las zapatas.

Figura 106.Ficha especificaciones de la excavadora 336D2/336D2L

Fuente: Caterpillar-Ferreyros



	Pluma de alcance* 5,9 m (19' 4")		Pluma para excavación de gran volumen 5,3 m (17' 5")	Pluma SLR 10,2 m (33' 6")
Tipo de brazo	**2,95 m (9' 8")**	**2,50 m (8' 2")**	**2,50 m (8' 2")**	**Brazo SLR de 7,85 m (25' 9")**
Cucharón	**1,33 m³ (1,74 yd³)**	**1,33 m³ (1,74 yd³)**	**1,91 m³ (2,5 yd³)**	**Limpieza de acequias 0,6 m³ (0,78 yd³)**
1 Profundidad máxima de excavación	6.850 mm (22' 6")	6.400 mm (21' 0")	6.090 mm (20' 0")	14.590 mm (47' 10")
2 Alcance máximo a nivel del suelo	10.150 mm (33' 4")	9.739 mm (31' 11")	9.300 mm (30' 6")	18.300 mm (60' 0")
3 Altura máxima de corte	9.700 mm (31' 10")	9.500 mm (31' 2")	9.080 mm (29' 9")	14.190 mm (46' 7")
4 Altura máxima de carga	6.590 mm (21' 7")	6.390 mm (21' 0")	5.790 mm (19' 0")	12.130 mm (39' 10")
5 Altura mínima de carga	2.360 mm (7' 9")	2.820 mm (9' 3")	2.180 mm (7' 2")	1.480 mm (4' 10")
6 Profundidad máxima de corte con fondo plano de 2.440 mm (8' 1")	6.680 mm (21' 11")	6.200 mm (20' 4")	5.910 mm (19' 5")	14.500 mm (47' 7")
7 Profundidad máxima de excavación vertical	5.410 mm (17' 9")	4.980 mm (16' 4")	4.290 mm (14' 1")	13.950 mm (45' 9")
Tipo de cucharón	SD	SD	SD	Limpieza de acequias
Capacidad del cucharón	1,33 m3 (1,74 yd³)	1,33 m3 (1,74 yd³)	1,91 m3 (2,50 yd³)	0,6 m3 (0,78 yd³)
Radio de la punta del cucharón	1.690 mm (5' 7")	1.690 mm (5' 7")	1.840 mm (6' 0")	1.090 mm (3' 7")

Figura 107.Gamas de trabajo de la Excavadora 336D2/336D2 L

Fuente: Caterpillar-Ferreyros

Especificaciones de la Excavadora Hidráulica 336D2/D2 L

Especificaciones y compatibilidad del cucharón

		Ancho		Capacidad		Peso		Llenado	336D2				336D2 L			
									Pluma de alcance HD		Pluma para excavación de gran volumen		Pluma de alcance HD		Pluma para excavación de gran volumen	
									Brazo R3.2DB (10' 6")	Brazo R2.8DB (9' 2")	Brazo M2.55TB (8' 4")	Brazo M2.15TB (7' 1")	Brazo R3.2DB (10' 6")	Brazo R2.8DB (9' 2")	Brazo M2.55TB (8' 4")	Brazo M2.15TB (7' 1")
	Varillaje	mm	"	m^3	yd^3	kg	lb	%	Zapatas de cadena de 600 mm (24")				Zapatas de cadena de 600 mm (24")			
Varillaje DB sin acoplador rápido																
Servicio general (GD)	DB	1.350	53	1,64	2,14	1.173	2.585	100 %	◉	◉			●	●		
	DB	1.650	65	2,11	2,76	1.352	2.979	100 %	○	⊖			◉	◉		
	DB	1.800	71	2,35	3,08	1.453	3.202	100 %	○	○			⊖	⊖		
	TB	1.500	60	2,14	2,80	1.872	4.126	100 %			⊖	◉			◉	◉
	TB	1.650	66	2,41	3,16	2.027	4.468	100 %			○	⊖			⊖	⊖
Servicio general (GDC)	DB	750	30	0,94	1,23	952	2.099	100 %	●	●			●	●		
	DB	900	36	1,19	1,56	1.040	2.292	100 %	●	●			●	●		
	DB	1.050	42	1,46	1,91	1.147	2.528	100 %	●	●			●	●		
	DB	1.200	48	1,73	2,26	1.232	2.716	100 %	◉	◉			●	●		
	DB	1.350	54	2,00	2,62	1.342	2.957	100 %	⊖	⊖			◉	●		
	DB	1.500	60	2,27	2,98	1.451	3.197	100 %	○	○			⊖	◉		
	DB	1.650	66	2,55	3,33	1.536	3.386	100 %	◇	◇			○	⊖		
Servicio pesado (HD)	DB	750	30	0,73	0,95	1.031	2.273	100 %	●	●			●	●		
	DB	900	36	0,95	1,24	1.178	2.595	100 %	●	●			●	●		
	DB	1.050	42	1,17	1,54	1.267	2.793	100 %	●	●			●	●		
	DB	1.200	48	1,40	1,84	1.398	3.080	100 %	●	●			●	●		
	DB	1.350	54	1,64	2,14	1.481	3.265	100 %	⊖	◉			●	●		
	DB	1.350	54	1,64	2,14	1.459	3.215	100 %	⊖	◉			●	●		
	DB	1.500	60	1,88	2,46	1.600	3.526	100 %	○	⊖			◉	●		
	DB	1.500	60	1,88	2,46	1.566	3.452	100 %	○	⊖			◉	●		
	DB	1.650	66	2,12	2,77	1.730	3.814	100 %	○	○			⊖	◉		
	DB	1.650	66	2,12	2,77	1.697	3.740	100 %	○	○			⊖	◉		
	DB	1.800	72	2,36	3,08	1.851	4.080	100 %	◇	◇			○	⊖		
	TB	1.650	66	2,41	3,16	2.210	4.871	100 %			○	⊖			○	⊖
	TB	1.800	72	2,69	3,52	2.423	5.340	100 %			◇	○			○	○
	TB	1.800	72	2,69	3,52	2.381	5.248	100 %			◇	○			○	○
Servicio exigente (SD)	DB	750	30	0,73	0,95	1.096	2.415	90 %	●	●			●	●		
	DB	900	36	0,95	1,24	1.252	2.760	90 %	●	●			●	●		
	DB	1.050	42	1,17	1,54	1.353	2.981	90 %	●	●			●	●		
	DB	1.200	48	1,40	1,84	1.493	3.292	90 %	●	●			●	●		
	DB	1.350	54	1,64	2,14	1.599	3.524	90 %	◉	◉			●	●		
	DB	1.650	66	2,15	2,81	1.827	4.028	90 %	○	○			◉	◉		
	TB	1.350	54	1,87	2,44	2.065	4.551	90 %			◉	●			●	●
	TB	1.650	66	2,41	3,16	2.385	5.257	90 %			○	⊖			⊖	⊖
Potencia para servicio exigente (SDP)	TB	1.750	69	2,40	3,14	2.454	5.409	90 %			○	⊖			⊖	⊖
Potencia para servicio extremo (XDP)	TB	1.550	61	2,00	2,59	2.516	5.545	90 %			⊖	◉			⊖	◉
Carga máxima con pasador (carga útil + cucharón)								kg	4.240	4.405	5.145	5.765	5.160	5.365	5.535	6.065
								lb	9.345	9.709	11.340	12.706	11.373	11.824	12.199	13.367

Las cargas anteriores cumplen con la norma EN474 para excavadoras hidráulicas, ya que no exceden el 87 % de la capacidad de levantamiento hidráulica ni el 75 % de la capacidad de equilibrio con el varillaje delantero completamente extendido en la línea a nivel del suelo con el cucharón plegado.

La capacidad se basa en la norma ISO 7451.

Peso del cucharón con puntas de servicio general.

Densidad máxima de material:

- ● 2.100 kg/m³ (3.500 lb/yd³)
- ◉ 1.800 kg/m³ (3.000 lb/yd³)
- ⊖ 1.500 kg/m³ (2.500 lb/yd³)
- ○ 1.200 kg/m³ (2.000 lb/yd³)
- ◇ 900 kg/m³ (1.500 lb/yd³)
- X No se recomienda

Figura 108.Especificaciones y compatibilidad del cucharón sin acoplarse 336D2/336D2L

Fuente: Caterpillar-Ferreyros

Especificaciones de la Excavadora Hidráulica 336D2/D2 L

Especificaciones y compatibilidad del cucharón

		Ancho		Capacidad		Peso		Llenado	336D2				336D2 L			
									Pluma de alcance HD		Pluma para excavación de gran volumen		Pluma de alcance HD		Pluma para excavación de gran volumen	
									Brazo R3.2DB (10' 6")	Brazo R2.8DB (9' 2")	Brazo M2.55TB (8' 4")	Brazo M2.15TB (7' 1")	Brazo R3.2DB (10' 6")	Brazo R2.8DB (9' 2")	Brazo M2.55TB (8' 4")	Brazo M2.15TB (7' 1")
	Varillaje	mm	"	m^3	yd^3	kg	lb	%	Zapatas de cadena de 600 mm (24")				Zapatas de cadena de 600 mm (24")			
Varillaje DB con acoplador rápido Center-Lock																
Servicio general (GD)	DB	1.350	53	1,64	2,14	1.173	2.585	100 %	⊖	⊖			●	●		
	DB	1.650	65	2,11	2,76	1.352	2.979	100 %	◇	○			⊖	⊖		
	DB	1.800	71	2,35	3,08	1.453	3.202	100 %	◇	◇			○	⊖		
	TB	1.500	60	2,14	2,80	1.872	4.126	100 %			○	⊖			⊖	⊖
	TB	1.650	66	2,41	3,16	2.027	4.468	100 %			◇	○			○	⊖
Servicio general (GDC)	DB	750	30	0,94	1,23	952	2.099	100 %	●	●			●	●		
	DB	900	36	1,19	1,56	1.040	2.292	100 %	●	●			●	●		
	DB	1.050	42	1,46	1,91	1.147	2.528	100 %	◉	◉			●	●		
	DB	1.200	48	1,73	2,26	1.232	2.716	100 %	○	⊖			◉	●		
	DB	1.350	54	2,00	2,62	1.342	2.957	100 %	○	○			⊖	◉		
	DB	1.500	60	2,27	2,98	1.451	3.197	100 %	◇	◇			○	⊖		
	DB	1.650	66	2,55	3,33	1.536	3.386	100 %	⊖	◇			○	○		
Servicio pesado (HD)	DB	750	30	0,73	0,95	1.031	2.273	100 %	●	●			●	●		
	DB	900	36	0,95	1,24	1.178	2.595	100 %	●	●			●	●		
	DB	1.050	42	1,17	1,54	1.267	2.793	100 %	●	●			●	●		
	DB	1.200	48	1,40	1,84	1.398	3.080	100 %	⊖	◉			●	●		
	DB	1.350	54	1,64	2,14	1.481	3.265	100 %	○	⊖			◉	●		
	DB	1.350	54	1,64	2,14	1.459	3.215	100 %	○	⊖			◉	●		
	DB	1.500	60	1,88	2,46	1.600	3.526	100 %	◇	○			⊖	⊖		
	DB	1.500	60	1,88	2,46	1.566	3.452	100 %	◇	○			⊖	◉		
	DB	1.650	66	2,12	2,77	1.730	3.814	100 %	◇	◇			○	⊖		
	DB	1.650	66	2,12	2,77	1.697	3.740	100 %	◇	◇			○	⊖		
	DB	1.800	72	2,36	3,08	1.851	4.080	100 %	⊖	⊖			○	○		
	TB	1.650	66	2,41	3,16	2.210	4.871	100 %			◇	○			○	○
	TB	1.800	72	2,69	3,52	2.423	5.340	100 %			⊖	◇			◇	○
	TB	1.800	72	2,69	3,52	2.381	5.248	100 %			⊖	◇			◇	○
Servicio exigente (SD)	DB	750	30	0,73	0,95	1.096	2.415	90 %	●	●			●	●		
	DB	900	36	0,95	1,24	1.252	2.760	90 %	●	●			●	●		
	DB	1.050	42	1,17	1,54	1.353	2.981	90 %	●	●			●	●		
	DB	1.200	48	1,40	1,84	1.493	3.292	90 %	◉	◉			●	●		
	DB	1.350	54	1,64	2,14	1.599	3.524	90 %	○	⊖			●	●		
	DB	1.650	66	2,15	2,81	1.827	4.028	90 %	◇	◇			⊖	⊖		
	TB	1.350	54	1,87	2,44	2.065	4.551	90 %			⊖	◉			◉	●
	TB	1.650	66	2,41	3,16	2.385	5.257	90 %			◇	○			○	⊖
Potencia para servicio exigente (SDP)	TB	1.750	69	2,40	3,14	2.454	5.409	90 %			◇	○			○	○
Potencia para servicio extremo (XDP)	TB	1.550	61	2,00	2,59	2.516	5.545	90 %			○	⊖			○	⊖
Carga máxima con acoplador (carga útil + cucharón)								kg	3.682	3.847	4.587	5.207	4.602	4.807	4.977	5.507
								lb	8.115	8.479	10.110	11.476	10.143	10.594	10.969	12.137

Las cargas anteriores cumplen con la norma EN474 para excavadoras hidráulicas, ya que no exceden el 87 % de la capacidad de levantamiento hidráulica ni el 75 % de la capacidad de equilibrio con el varillaje delantero completamente extendido en la línea a nivel del suelo con el cucharón plegado.

La capacidad se basa en la norma ISO 7451.

Peso del cucharón con puntas de servicio general.

Densidad máxima de material:

- ● 2.100 kg/m³ (3.500 lb/yd³)
- ◉ 1.800 kg/m³ (3.000 lb/yd³)
- ⊖ 1.500 kg/m³ (2.500 lb/yd³)
- ○ 1.200 kg/m³ (2.000 lb/yd³)
- ◇ 900 kg/m³ (1.500 lb/yd³)
- X No se recomienda

Figura 109 Especificaciones y compatibilidad del cucharón con acoplador de la excavadora 336D2/336D2L

Fuente: Caterpillar-Ferreyros

Peso en orden de trabajo y presión sobre el suelo

Pluma	Alcance			Alcance (servicio pesado)			Gran volumen	SLR
Brazo	**R2.95**	**R2.95 HD**	**R2.5**	**R2.95**	**R2.95 HD**	**R2.5**	**M2.5**	**Brazo SLR**
Varillaje del cucharón	**CB**	**CB**	**CB**	**CB**	**CB**	**CB**	**DB**	**–**
Capacidad del cucharón	**1,33 m³ (1,74 yd³)**	**1,33 m³ (1,74 yd³)**	**1,33 m³ (1,74 yd³)**	**1,33 m³ (1,74 yd³)**	**1,33 m³ (1,74 yd³)**	**1,33 m³ (1,74 yd³)**	**1,91 m³ (2,50 yd³)**	**0,6 m³ (0,78 yd³)**
Ancho del cucharón	**1.250 mm (49")**	**1.250 mm (49")**	**1.250 mm (49")**	**1.250 mm (49")**	**1.250 mm (49")**	**1.250 mm (49")**	**1.500 mm (59")**	**–**
Peso total (600 TG)	24.804 kg (54.569 lb)	24.897 kg (54.773 lb)	24.754 kg (54.459 lb)	24.950 kg (54.890 lb)	25.043 kg (55.095 lb)	24.900 kg (54.780 lb)	25.597 kg (56.313 lb)	— —
Peso total (790 TG-LC)	26.091 kg (57.400 lb)	26.184 kg (57.605 lb)	26.041 kg (57.290 lb)	26.237 kg (57.721 lb)	26.330 kg (57.926 lb)	26.187 kg (57.611 lb)	26.884 kg (59.145 lb)	28.463 kg (62.750 lb)
Presión sobre el suelo								
Tren de rodaje estándar								
600 mm (24") TG	54,3 Kpa (7,9 lb/pulg²)	54,5 Kpa (7,9 lb/pulg²)	54,2 Kpa (7,9 lb/pulg²)	54,6 Kpa (7,9 lb/pulg²)	54,8 Kpa (7,9 lb/pulg²)	54,5 Kpa (7,9 lb/pulg²)	56,0 Kpa (8,1 lb/pulg²)	— —
700 mm (28") TG	47,0 Kpa (6,8 lb/pulg²)	47,2 Kpa (6,8 lb/pulg²)	46,9 Kpa (6,8 lb/pulg²)	47,3 Kpa (6,9 lb/pulg²)	47,5 Kpa (6,9 lb/pulg²)	47,2 Kpa (6,8 lb/pulg²)	48,5 Kpa (7,0 lb/pulg²)	— —
790 mm (31") TG	42,1 Kpa (6,1 lb/pulg²)	42,3 Kpa (6,1 lb/pulg²)	42,0 Kpa (6,1 lb/pulg²)	42,4 Kpa (6,1 lb/pulg²)	42,5 Kpa (6,2 lb/pulg²)	42,3 Kpa (6,1 lb/pulg²)	43,4 Kpa (6,3 lb/pulg²)	— —
600 mm (24") DG	54,9 Kpa (8,0 lb/pulg²)	55,1 Kpa (8,0 lb/pulg²)	54,8 Kpa (7,9 lb/pulg²)	55,2 Kpa (8,0 lb/pulg²)	55,4 Kpa (8,0 lb/pulg²)	55,1 Kpa (8,0 lb/pulg²)	56,6 Kpa (8,2 lb/pulg²)	— —
600 mm (24") TG HD	54,9 Kpa (8,0 lb/pulg²)	55,1 Kpa (8,0 lb/pulg²)	54,8 Kpa (7,9 lb/pulg²)	55,3 Kpa (8,0 lb/pulg²)	55,5 Kpa (8,0 lb/pulg²)	55,2 Kpa (8,0 lb/pulg²)	56,7 Kpa (8,2 lb/pulg²)	— —
Tren de rodaje largo								
790 mm (31") TG (LC)	39,4 Kpa (5,7 lb/pulg²)	39,5 Kpa (5,7 lb/pulg²)	39,3 Kpa (5,7 lb/pulg²)	39,6 Kpa (5,7 lb/pulg²)	39,7 Kpa (5,8 lb/pulg²)	39,5 Kpa (5,7 lb/pulg²)	40,6 Kpa (5,9 lb/pulg²)	42,9 Kpa (6,2 lb/pulg²)
600 mm (24") TG (LC)	50,7 Kpa (7,4 lb/pulg²)	50,9 Kpa (7,4 lb/pulg²)	50,6 Kpa (7,3 lb/pulg²)	51,0 Kpa (7,4 lb/pulg²)	51,1 Kpa (7,4 lb/pulg²)	50,9 Kpa (7,4 lb/pulg²)	52,2 Kpa (7,6 lb/pulg²)	55,4 Kpa (8,0 lb/pulg²)
700 mm (28") TG (LC)	43,9 Kpa (6,4 lb/pulg²)	44,1 Kpa (6,4 lb/pulg²)	43,8 Kpa (6,4 lb/pulg²)	44,2 Kpa (6,4 lb/pulg²)	44,3 Kpa (6,4 lb/pulg²)	44,1 Kpa (6,4 lb/pulg²)	45,3 Kpa (6,6 lb/pulg²)	48,0 Kpa (7,0 lb/pulg²)
600 mm (24") DG (LC)	51,3 Kpa (7,4 lb/pulg²)	51,5 Kpa (7,5 lb/pulg²)	51,2 Kpa (7,4 lb/pulg²)	51,6 Kpa (7,5 lb/pulg²)	51,7 Kpa (7,5 lb/pulg²)	51,5 Kpa (7,5 lb/pulg²)	52,8 Kpa (7,7 lb/pulg²)	56,0 Kpa (8,1 lb/pulg²)

La información de presión sobre el suelo se basa en los pesos en orden de trabajo que se muestran a continuación.

Configuración ISO 6016: máquina (estructura superior e inferior), estructura delantera, tanque de combustible lleno, fluidos a nivel normal (es decir, aceites/agua/lubricantes), cucharón (actualmente = cucharón principal WW) sin relleno, operador de 75 kg (165 lb).

Notas: No se incluyen accesorios optativos, el cucharón está vacío.

Figura 110.Especificaciones de Peso en orden de trabajo y Presión sobre el suelo de la excavadora 336D2/336D2L

Fuente: Caterpillar-Ferreyros

ANEXO 3

CONTROL DE DILUCION OPERACIONAL DURANTE EL PROCESO DE CARGUIO DE MINERAL



Figura 111.Control de dilución operacional durante el proceso de carguío de mineral en Tajo San Gerardo

Fuente: Elaborada para la investigación

ANEXO 4
PLAN DE MINADO CORTO PLAZO

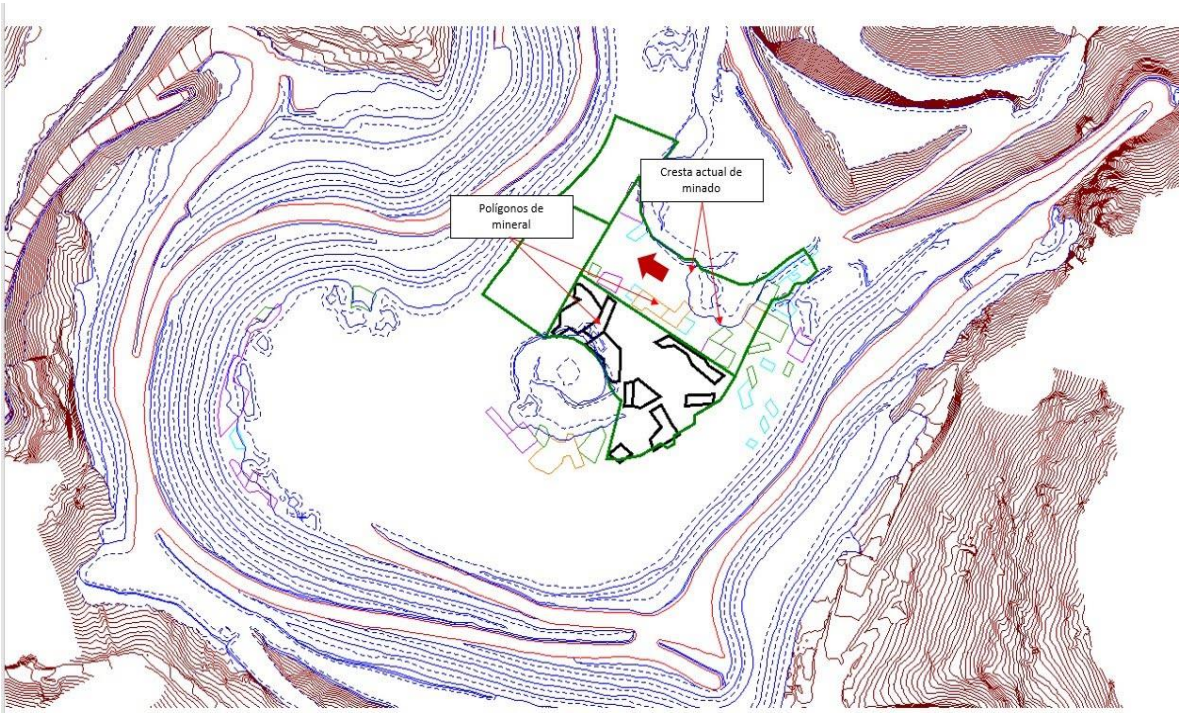


Figura 112.Plan de minado de corto plazo en Tajo San Gerardo

Fuente: Elaborada para la investigación

ANEXO 5
PROCESO DE CARGUÍO DE MINERAL



Figura **113. Proceso de carguío de Mineral en Tajo San Gerardo**

Fuente: Elaborada para la investigación



Figura 114.Proceso de carguío mineral Turno Noche en Tajo San Gerardo

Fuente: Elaborada para la investigación

ANEXO 7
CONTROLES DE SECUENCIA DE MINADO



Figura 115.Controles de equipos de excavación-Secuencia de Minado en Tajo San Gerardo

Fuente: Elaborada para la investigación

ANEXO 8
REPLANTEO DE TALADROS DE PERFORACIÓN



Figura 116. replanteo de taladros de perforación en Tajo San Gerardo

Fuente: Elaboración para la investigación

ANEXO 9
TAJO SAN GERARDO



Figura 117.Vista Panorámica de Tajo San Gerardo

Fuente: Elaboración para la investigación

2018/07/31

N
W E
S

740-63.03-4246-F03N
3,238.40 Tn

736-51.99-4246-F3N
6,370.080 Tn

730-85.13-4246-F03N
1,449.59 Tn

731-96.46-4246-F03N
1,499.80 Tn

739-40.21-4246-F3N
1,611.610 Tn

738-42.08-4246-F3N
2,803.44 Tn

737-39.55-4246-F3N
1,052.526 Tn

SIN POLIGONO
13,607.52 m3
BANCO 4246 - VLD 303

732-37.80-4246-F3N
3,792.35 Tn

STOCK PILE
NV 4234

FASE 3

OP2

697-24.3-4252-F2C
4,139.90 Tn

695-51.86-4252-F3N
3,312.66 Tn

714-110.22-4252-F2C
9,342.92 Tn

DESMONTE 2
13,200.33 Tn
BANCO 4246

DESMONTE 3
7,168.81 Tn
BANCO 4252

FASE 0

FASE 2 C

715-126.88-4252-FC2
9,542.44 Tn

716-112.47-4252-F00
593.14 Tn

04.77-4252-F00
,259.58 Tn

62.44-4252-FC2
,364.06 Tn

07-44.87-4252-F2C
4,000.06 Tn

694-25.36-4252-F2C
801.61 Tn

728-72.69-4246-F03S
4,332.80 Tn

729-31.36-4246-F03S
7,066.64 Tn

735-66.76-4246-F2C
3,510.51 Tn

734-52.40-4246-F2C
2,166.07 Tn

SIN POLIGONO
33,342.52 m3
BANCO 4246 - VLD 302

AREA 8.8 HECTAREAS

FASE 2 S

MINERAL NSR-CODIGOS	NSR
MINERAL MUY ALTA LEY	56-55
MINERAL ALTA LEY	46-55
MINERAL MEDIANA LEY	31-45
MINERAL BAJA LEY	17-30

SIMBOLOGÍA DE TRABAJOS P&V

- AREAS P&V CARGADAS
- AREAS PERFORACIÓN ACTUAL
- AREAS PERFORACIÓN PLANIFICADAS POR LIBERA
- AREAS DE MATERIAL VOLADO

CUADRO DE LEYENDAS

- CURVAS DE NIVEL TERRENO
- LÍMITES MINERAL
- LÍMITES DESMONTE
- VIAS DE TRANSITO PRINCIPAL ACTUALES – TRANSITO VEHÍCULOS LIVIANOS GENERAL
- LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE LABORES ANTIGUAS
- AREA CON POSIBLE CONEXION CON LABORES
- AREAS DE CONEXIÓN POTENCIAL CON VACIOS
- PROHIBIDO EL INGRESO PERSONAL–VEHICULOS LIVIANOS NO AUTORIZADO

PROHIBIDO EL PASO

STOCK DE MATERIALES (Tn)
MINABLE

BANCO	MINERAL	Dias (Stock) 3,800 tn/dia	DESMONTE	Dias (Stock) 10,716 tn/dia	TOTAL
4270	0	0.00	0	0.00	0
4264	0	0.00	0	0.00	0
4258	0	0.00	6	0.00	6
4252	47356	12.46	7169	0.67	54525
4246	38894	10.24	13200	1.23	52094
Total	86250.53	22.70	20374.83	1.90	106625.36

STOCK MINERAL (Tn.)
MINABLE

DESCRIPCIÓN	STOCK DE MINERAL (Tn)	NSR
694-25.36-4252-F2C	801.619	25.36
695-51.86-4252-F2C	3312.667	51.86
697-24.3-4252-F2C	4139.908	24.30
707-44.87-4252-F2C	4000.068	44.87
709-62.44-4252-F2C	1364.061	62.44
714-110.22-4252-F2C	9342.922	110.22
715-126.88-4252-F2C	9542.447	126.88
716-112.47-4252-F00	4593.146	112.47
717-104.77-4252-F00	10259.587	104.77
728-72.69-4246-F3S	4332.809	72.69
729-31.36-4246-F3S	7066.888	31.36
730-85.13-4246-F3S	1449.598	85.13
731-96.46-4246-F3S	1499.807	96.46
732-37.8-4246-F3S	3792.355	37.80
734-52.4-4246-F2C	2166.071	52.4
735-66.76-4246-F2C	3510.513	66.76
736-51.99-4246-F3N	6370.080	51.99
737-39.55-4246-F3N	1052.526	39.55
738-42.08-4246-F3N	2803.447	42.08
739-40.21-4246-F3N	1611.610	40.21
740-63.03-4246-F3N	3238.400	63.03
-0--	0.00	0.00
Total general	86,250.5	75

INFORMACION FINAL PARA EL CLIENTE

PEVOEX — COMPAÑIA MINERA ATACOCHA S.A.A. — nexa

Topografía :	A.R.R.
Elaborado :	A.R.R.
Revisión :	M.J.A.
Aprobado :	J.I.G.
Hoja N° :	01 DE 01

Descripción : STOCK DE MATERIALES
TAJO SAN GERARDO – PLANTA DETALLES

REV. 00

Escala : 1/2000 | Fecha : 2018/07/31 | Codigo Proyecto : UMA–PVX–STOCK–170808–001

Nota :

C:\Users\Usuario\tesis jesus\borrador\Borrador informe de tesis\planos\planos de stock\6.7_Stock_Materiales_Julio\ACAD JULIO\180731_STOCK DE MATERIALES_GLORY HOLE_CAD.dwg

367000.00 367200.00 367400.00 367600.00

8830200.00

8830000.00

8829800.00

2018/05/09

DESMONTE 3
60,308.807 Tn
BANCO 4252

FASE 3

STOCK PILE
NV 4246

OP2

FASE 2 C

FASE 0

AREA 8.8 HECTAREAS

N W E S

PROHIBIDO EL PASO

CUADRO DE LEYENDAS

	CURVAS DE NIVEL TERRENO
	LÍMITES MINERAL
	LÍMITES DESMONTE
	VIAS DE TRANSITO PRINCIPAL ACTUALES – TRANSITO VEHÍCULOS LIVIANOS GENERAL
	AREAS DE CONEXIÓN ESTUDIO GEOFÍSICO
	AREAS DE CONEXIÓN CON LABORES SUBTERRANEAS NV 4252
	AREAS DE CONEXIÓN CON LABORES VACIAS

PROHIBIDO EL INGRESO PERSONAL–VEHICULOS LIVIANOS NO AUTORIZADO

SIMBOLOGÍA DE TRABAJOS P&V

- AREAS P&V CARGADAS
- AREAS PERFORACIÓN ACTUAL
- AREAS PERFORACIÓN PLANIFICADAS POR LIBERA
- AREAS DE MATERIAL VOLADO

RECOMENDACIONES:

- ES OBLIGATORIO PORTAR ESTE PLANO PARA LOS TRABAJOS DE OPERACIONES Y CIRCULACIÓN MINA.
- LA EMISIÓN DEL PLANO SE REALIZARA CONJUNTAMENTE CON EL PLANO DE STOCK DE MATERIALES.
- PLANO SUJETO A MODIFICACIONES SEGÚN CONDICIONES DE OPERACIÓN EN MINA Y CONDICIONES CLIMÁTICAS.
- ESTAR ATENTOS AL CANAL DE RADIO COMUNICACIÓN 01 OPERACIÓN MINA Y A LOS LETREROS DE RESTRICCIONES.

NOTAS

LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO REALIZADO POR PEVOEX CONTRATISTAS SAC 19-03-2019
DATUM: PSAD56, ZONA 18 SUR. REFERIDAS A LAS COORDENADAS UTM
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO. REALIZADO CON EQUIPO GPS DIFERENCIAL SPECTRA.

INFORMACION FINAL PARA EL CLIENTE

PEVOEX

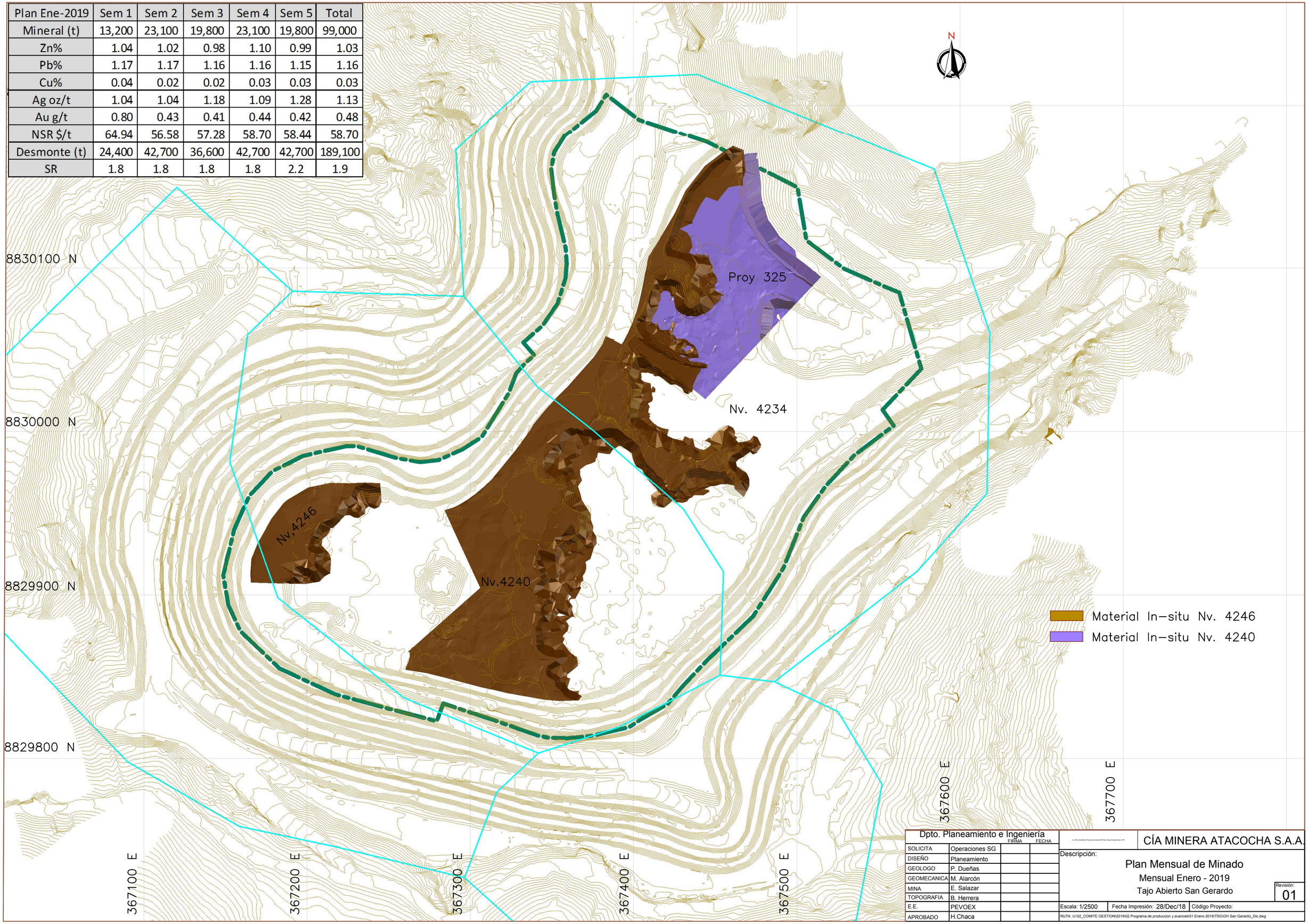
COMPAÑIA MINERA ATACOCHA S.A.A.

nexa

Topografía : A.R.R.	Descripción : CONEXIÓN A LABORES SUBTERRANEAS GLORY HOLE – PLANTA DETALLES		REV. 00
Elaborado : A.R.R.			
Revisión : M.J.A,			
Aprobado : J.I.G.	Escala : 1/2000	Fecha 2018/05/09	Codigo Proyecto : UMA–PVX–STOCK–170808–001
Hoja N° : 01 DE 01	Nota : Plano de estock materiales actualizado con levantamiento topografico diario realizado con equipo GPS Diferencial Spectra y sistema de cordenadas PSAD 56. Grilla espaciados a cada 20 m.		

D:\TOPOGRAFIA_PEVOEX\3–TOPOGRAFIA 2018\6_STOCK DE MATERIALES\6.5_Stock_Materiales_Mayo\180509_STOCK DE MATERIALES_GLORY HOLE.dwg

Plan Ene-2019	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Total
Mineral (t)	13,200	23,100	19,800	23,100	19,800	99,000
Zn%	1.04	1.02	0.98	1.10	0.99	1.03
Pb%	1.17	1.17	1.16	1.16	1.15	1.16
Cu%	0.04	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
Ag oz/t	1.04	1.04	1.18	1.09	1.28	1.13
Au g/t	0.80	0.43	0.41	0.44	0.42	0.48
NSR $/t	64.94	56.58	57.28	58.70	58.44	58.70
Desmonte (t)	24,400	42,700	36,600	42,700	42,700	189,100
SR	1.8	1.8	1.8	1.8	2.2	1.9



Dpto. Planeamiento e Ingeniería		FIRMA	FECHA
SOLICITA	Operaciones SG		
DISEÑO	Planeamiento		
GEOLOGO	P. Dueñas		
GEOMECANICA	M. Alarcón		
MINA	E. Salazar		
TOPOGRAFIA	B. Herrera		
E.E.	PEVOEX		
APROBADO	H.Chaca		

CÍA MINERA ATACOCHA S.A.A.

Descripción:

Plan Mensual de Minado

Mensual Enero - 2019

Tajo Abierto San Gerardo

Revisión: 01

Escala: 1/2500 | Fecha Impresión: 28/Dec/18 | Código Proyecto:

RUTA: U:\02_COMITE GESTION\2019\02.Programa de produccion y avances\01.Enero-2019\TSG\GH San Gerardo_Dic.dwg

Plan Feb-2019	Mensual	Forecast
Mineral (t)	92,400	92,400
Zn%	1.09	1.09
Pb%	1.09	1.01
Cu%	0.05	0.05
Ag oz/t	1.21	1.15
Au g/t	0.52	0.52
NSR($/t)	57.15	58.06

8830100 N

8830000 N

8829900 N

8829800 N

367100 E

367200 E

367300 E

367400 E

367500 E

367600 E

FASE 00

FASE 2 C

FASE 2 S

FASE 03

Rampa operativa

N

Proyecto	Polígonos	Reporte Ton	Zn %	Pb %	Ag oz/t	Cu %	Au g/t	NSR ($/t)	09/02/19	10/02/19	11/02/19	12/02/19	13/02/19	14/02/19	15/02/19	Total Semana (t)
323	868-4240	5,909	0.61	1.01	1.01	0.03	0.32	46.53				1,000	1,342	1,200		3,542
323	872-4240	1,239	0.58	0.77	0.83	0.03	0.32	39.93	500	739						1,239
326	884-4240	4,051	0.28	0.91	1.71	0.05	0.81	59.55	1,850	878	1,323					4,051
326	887-4240	3,227	0.08	0.25	0.94	0.03	0.48	28.17				500	500	500		1,500
328	903-4240	674	0.49	0.48	0.52	0.01	0.53	33.81							674	674
328	904-4240	1,231	1.31	1.67	1.29	0.03	0.91	83.68			1,231					1,231
329	913-4234	2,494	0.62	0.98	0.52	0.02	0.78	51.40			976	1,000			518	2,494
329	914-4234	916	0.40	0.44	0.24	0.01	0.70	33.53							916	916
330	916-4240	4,241	2.38	1.94	1.50	0.04	0.31	95.09					900	800	1,297	2,997
330	917-4240	1,849	1.52	1.23	0.91	0.02	0.18	59.56						755		755
330	918-4240	2,262	1.79	1.26	0.90	0.03	0.32	67.78	1,000	1,262						2,262
330	919-4240	421	1.68	1.48	1.09	0.03	0.32	71.75		421						421
330	923-4240	1,668	1.56	2.04	1.55	0.01	0.19	81.11				905	763			1,668
	Total	30,182	2.34	3.17	3.33	0.08	1.20	158.28	3,350	3,300	3,530	3,405	3,505	3,255	3,405	23,750
								NSR ($/t	59.08	59.86	65.71	54.46	63.91	58.67	59.75	60.26

	02/02	03/02	04/02	05/02	06/02	07/02	08/02	Poligonos
Zn%	0.82	0.83	0.71	0.83	0.81	0.84	0.76	0.80
Pb%	1.43	1.91	0.90	1.23	1.12	1.14	0.91	1.23
Cu%	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.05	0.03
Ag oz/t	1.41	1.35	1.08	1.12	1.23	1.06	1.47	1.25
Au g/t	0.31	0.41	0.66	0.64	0.72	0.38	0.53	0.52
NSR $/t	57.94	64.18	55.18	54.09	65.49	55.25	53.36	57.93
Mineral (t)	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	23,100
Desmonte (t)	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	35,000
SR	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52

Dpto. Planeamiento e Ingeniería

		FIRMA	FECHA
SOLICITA	Operaciones SG		
DISEÑO	Planeamiento		
GEOLOGO	P. Dueñas		
GEOMECANICA	M. Alarcón		
MINA	E. Salazar		
TOPOGRAFIA	B. Herrera		
E.E.	PEVOEX		
APROBADO	J.Luna		

CÍA MINERA ATACOCHA S.A.A.

Descripción:

Plan Semanal de Minado

Febrero-Sem2

Tajo San Gerardo

Revisión: 01

Escala: 1/2000 | Fecha Impresión: 09/Feb/19 | Código Proyecto:

RUTA: U:\01_PLANING\04_Reunion de Planeamiento Semanal\2019\02 Febrero\TSG\Sem 02\GH_Plan_sem2_Feb_Vf.dwg

366500 367000 367500 368000

8830500 8830000 8829500

Sección 7 Sección 6 Sección 5 Sección 4 Sección 3 Sección 2 Sección 1

N

Falla 13 Falla 13 Falla 13 Falla 13 Falla 13 Falla 13 Falla 13

Falla La Laquia

Falla 1 Falla 1

Falla Milpo Atacocha Falla Milpo Atacocha

Falla Estrella

LEYENDA

Litología

- Brecha Hidrotermal
- Intrusivo Atacocha-San Gerardo
- Intrusivo Santa Bárbara
- Andesita
- Andesita Basáltica
- Arenisca
- Arenisca Conglomerado
- Brecha Calcarea
- Caliza F
- Caliza E
- Caliza D
- Caliza B
- Caliza A

Labores

- Nivel 4149
- Nivel 4154

Alteración

- Marmol
- Skarn
- Sílice
- Sílice-Sericita

Geoquímica

- 0 - 20
- 20 - 40
- 40 - 60
- > 60

Estructuras

- Falla medida
- Falla inferida
- Rb. y Bz. de Falla
- Mineral

0 100 200 m

Anglo Peruana Terra

Milpo Andina Perú S.A.C.

Atacocha - Área Falla 13
Geología Nivel 4149-4154

Geólogo:	Escala:	Fecha:	Figura:
R.CH., C.V., E.E., P.M.	1:5,000	Diciembre 2,017	2
Aprobado: D. Dávila	Datos geográficos: UTM, PSAD-56, Zona 18 Sur		