



Universidad  
Nacional  
de Loja

## Universidad Nacional de Loja

Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos

Naturales No Renovables

Carrera de Ingeniería en Minas

**Diseño del Sistema de Explotación del Bloque “Carmen”  
de la Concesión Minera Joya de Oriente II Código 501381, ubicado en la  
Provincia de Zamora Chinchipe, cantón Yantzaza.**

**Trabajo de integración curricular,  
previo a la obtención del título de  
Ingeniera en Minas.**

**AUTORA:**

Geder Lizbeth Yaguachi Neira

**DIRECTOR:**

Ing. Hernán Luis Castillo García, Ph.D.

**Loja - Ecuador**

2024

## Certificación

Loja, 12 de junio de 2024

Ing. Hernán Luis Castillo García. Ph.D

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

### **CERTIFICO:**

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Diseño el sistema de explotación del bloque “Carmen” de la Concesión Minera Joya de Oriente II código 501381, ubicado en la Provincia de Zamora Chinchipe, cantón Yantzaza.** previo a la obtención del título de **Ingeniera en Minas**, de la autoría de la estudiante **Geder Lizbeth Yaguachi Neira Nro.1105207490** una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

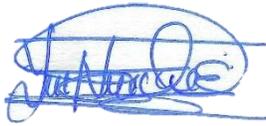
Ing. Hernán Luis Castillo García. Ph.D

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

### **Autoría**

Yo, **Geder Lizbeth Yaguachi Neira**, declaro ser autora del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

**Firma:**



**Cédula de identidad:** 1105207490

**Fecha:** 12/06/2024

**Correo electrónico:** [geder.yaguachi@unl.edu.ec](mailto:geder.yaguachi@unl.edu.ec)

**Teléfono:** 0997623273

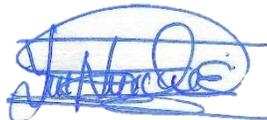
**Carta de autorización por parte de la autora, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Integración Curricular**

Yo, **Geder Lizbeth Yaguachi Neira**, declaro ser autora del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Diseño el sistema de explotación del bloque “Carmen” de la Concesión Minera Joya de Oriente II código 501381, ubicado en la Provincia de Zamora Chinchipe, cantón Yantzaza**. como requisito para optar por el título de **Ingeniería en Minas**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional. Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja, a los 12 días del mes de junio de dos mil veinticuatro.

**Firma:**



**Cédula de identidad:** 1105207490

**Fecha:** 12/06/2024

**Correo electrónico:** [geder.yaguachi@unl.edu.ec](mailto:geder.yaguachi@unl.edu.ec)

**Teléfono:** 0997623273

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Director de Trabajo de Integración Curricular:** Ing. Hernán Luis Castillo García, Ph.D.

## **Dedicatoria**

El presente trabajo de integración curricular se lo dedico esencialmente a la mujer que me dio la vida, a ella que ha compartido mis risas y mis lágrimas, ella, que entre mil opciones eligió darme la vida y se mantuvo a mi lado en cada batalla como mi fiel escudo para que nada me lastimara.

Gracias mamá por cada oración que la pronunciaste en mi nombre, hoy veo su reflejo en mi trayecto hacia el éxito de la niña que inició este sendero con la esperanza de este día alcanzar.

Mamá, eres todo ese conjunto de magia que el universo reúne para crear otra galaxia.

*Geder Lizbeth Yaguachi Neira*

## **Agradecimientos**

Dios mío, tu presencia fortalecedora ha sido mi apoyo inquebrantable, has guiado mis pasos, has iluminado mi sendero y has dado a mi alma la paz y la fortaleza necesarias para seguir adelante.

A mi reina, Beatriz Neira, y al Sr. Sergio Herrera, quienes buscaron todas las maneras posibles para que nada me faltara por que aun que estaban a km de distancia su amor se sentía tan cerca y eso era el motor que me impulsaba a alcanzar este sueño que me acompañaron a soñar. Seré la mejor Ing. de minas y su refri ya no estará vacío ni en su casa entrará el frío.

A mis hermanos, Damián y Jhon, cuyo sacrificio y apoyo han sido mi base en el camino a la superación. Gracias por ser mi roca en los momentos de vulnerabilidad, por cada sonrisa compartida y cada lágrima derramada juntos. Aunque a veces no lo demuestre, los quiero mucho.

A mi abuelito Tomás Neira por habernos brindado un hogar en tiempos vulnerables y por estar siempre presente con una taza de café en aquellas noches de desvelo.

A mi pareja Ricardo Herrera, te agradezco por llegar a mi vida y ser parte de este sueño tan anhelado; me atrevo a decir que tienes el corazón más noble del mundo porque gracias a ti hoy mi familia sonrío. Eres la persona que siempre esperé, y hoy este logro también es tuyo amor.

A mi tía Miriam Ordoñez, por haberme brindado refugio y bondad en su hogar, ofreciéndome un lugar seguro y comfortable cuando más lo necesité.

A mi tío Bolívar Ordoñez, quien me abrió las puertas de su empresa (Concesión Minera Joya del Oriente II) para hacer realidad este sueño, que con su amor y apoyo me equipó para culminar este trabajo, cuidándome y protegiéndome en todo momento.

A mi mentor y guía, el Ph.D. Hernán Castillo, le agradezco de corazón por su bondad, generosidad y paciencia constante. Gracias por dedicar su tiempo y esfuerzo en formarme con sus vastos conocimientos. Mi gratitud eterna.

A los distinguidos miembros del cuerpo docente que conforman la carrera de minas, les expreso mi más profundo y sincero agradecimiento. Con humildad y gratitud, reconozco la invaluable labor que han desempeñado en mi formación académica y personal.

***Con profunda gratitud y aprecio, Geder Yaguachi.***

## Índice de contenidos

<b>Portada</b> .....	<b>i</b>
<b>Certificación</b> .....	<b>i</b>
<b>Autoría</b> .....	<b>ii</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>iv</b>
<b>Agradecimientos</b> .....	<b>v</b>
Índice de Contenidos.....	vi
Índice de tablas: .....	ix
Índice de figuras:.....	xi
Índice de anexos:.....	xiv
<b>1. Título</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Resumen</b> .....	<b>2</b>
Abstract: .....	3
<b>3. Introducción</b> .....	<b>4</b>
<b>4. Marco Teórico</b> .....	<b>6</b>
4.1. Geología.....	6
4.1.1. Roca y mineral .....	6
4.1.2. Geología estructural .....	6
4.2. Topografía.....	7
4.2.1. Levantamiento topográfico .....	7
4.3. Yacimientos Minerales Metálicos.....	8
4.3.1. Yacimientos tipo stockworks .....	8
4.3.2. Yacimientos Auríferos .....	8
4.4. Destape y Preparación.....	9
4.5. Método de Explotación .....	9

4.5.1. Método de Explotación a Cielo Abierto .....	9
4.6. Parámetros de Diseño .....	15
4.6.1. Geométricos .....	15
4.6.2. Geomecánicos .....	18
4.6.3. Operativos .....	20
4.6.4. Ambientales .....	20
4.7 Reservas .....	20
4.7.1. Cálculo de reservas .....	21
4.8. Ciclo de Trabajo a Cielo Abierto .....	23
4.8.1. Destape .....	23
4.8.2. Arranque .....	24
4.8.3. Carga .....	25
4.8.4. Transporte .....	26
<b>5. Metodología .....</b>	<b>27</b>
5.1 Materiales y Equipos .....	27
5.2 Información del Área de Estudio. ....	27
5.2.1. Ubicación .....	27
5.2.2 Acceso .....	28
5.2.3 Clima .....	28
5.2.4. Hidrografía .....	29
5.2.5. Geomorfología .....	30
5.2.6. Geología Regional .....	30
5.3. Metodología .....	32
5.3.1. Metodología para el primer objetivo: .....	32
5.3.2. Metodología para el segundo objetivo .....	42

5.3.3. Metodología para el tercer objetivo .....	43
<b>6. Resultados .....</b>	<b>50</b>
6.1 Resultados del Primer Objetivo .....	50
6.1.1 Topografía de la concesión minera Joya de Oriente II, codigo501381 .....	50
6.1.2 Geología Local.....	53
6.1.3 Sondeos Eléctricos Verticales (SEV).....	70
6.1.4 Reconocimiento petrológico .....	75
6.1.5 Propiedades físico – mecánicas. ....	78
6.1.6 Caracterización geomecánica.....	90
6.1.7 Cálculo de Reservas por el Método de Perfiles y de Bloques. ....	91
6.2 Resultados del Segundo Objetivo .....	98
6.2.1 Particularidades del Yacimiento Mineral de Oro.....	98
6.3 Resultados del Tercer Objetivo.....	100
6.3.1 Parámetros Principales de Diseño.....	100
6.3.2 Determinación del ciclo de trabajo. ....	105
6.3.3 Identificación de impactos ambientales .....	109
6.3.4 Costos económicos de operación .....	110
6.3.5 Análisis económico de rentabilidad de explotación por cada bloque .....	112
6.3.6 Diseño del sistema de explotación a cielo abierto. ....	113
<b>7. Discusión .....</b>	<b>116</b>
<b>8. Conclusiones .....</b>	<b>119</b>
<b>9. Recomendaciones .....</b>	<b>121</b>
<b>10. Bibliografía .....</b>	<b>122</b>
<b>11. Anexos .....</b>	<b>126</b>

## Índice de tablas:

<b>Tabla 1.</b> Clasificación según el Profesor Shenshko .....	13
<b>Tabla 2.</b> Clasificación según el Profesor Bustillo y López .....	14
<b>Tabla 3.</b> Coeficiente de resistencia según Protodiakonov.....	18
<b>Tabla 4.</b> Correlación entre la dureza y la resistencia a la compresión de rocas.....	19
<b>Tabla 5.</b> Herramientas, equipos y software.....	27
<b>Tabla 6.</b> Coordenadas del proyecto.....	27
<b>Tabla 7.</b> Índice de calidad de roca: RQD .....	40
<b>Tabla 8.</b> Índice de calidad de roca: Q de Barton .....	40
<b>Tabla 9.</b> Análisis multicriterio de sistemas de explotación.....	42
<b>Tabla 10.</b> Clasificación de las rocas según Protodyakonov .....	44
<b>Tabla 11.</b> Costos unitarios de maquinaria.....	48
<b>Tabla 12.</b> Costos unitarios de insumos .....	48
<b>Tabla 13.</b> Costos unitarios de personal .....	48
<b>Tabla 14.</b> Análisis económico de rentabilidad de explotación por cada bloque .....	49
<b>Tabla 15.</b> Información general de la concesión de estudio.....	50
<b>Tabla 16.</b> Datos obtenidos de la línea SEV 1.....	71
<b>Tabla 17.</b> Resultados obtenidos de la primera línea SEV .....	72
<b>Tabla 18.</b> Datos obtenidos de la línea SEV 2.....	73
<b>Tabla 19.</b> Resultados obtenidos de la segunda línea SEV .....	74
<b>Tabla 20.</b> Ubicación y tipo de roca/material de las muestras.....	78
<b>Tabla 21.</b> Resultados del peso específico aparente .....	78
<b>Tabla 22.</b> Resultados de peso específico real.....	79
<b>Tabla 23.</b> Resultados de porosidad. ....	80
<b>Tabla 24.</b> Resultados de humedad.....	81
<b>Tabla 25.</b> Resultados de los ensayos de granulometría y límites de Atterberg.....	82
<b>Tabla 26.</b> Clasificación ASHTO de C1-M1-Ar .....	83
<b>Tabla 27.</b> Resultados de los ensayos de granulometría y límites de Atterberg.....	83
<b>Tabla 28.</b> Clasificación ASHTO de C1-M5-Ar .....	84
<b>Tabla 29.</b> Resultados de los ensayos de granulometría y límites de Atterberg.....	84
<b>Tabla 30.</b> Clasificación ASHTO de C2-M1-Ar .....	85

<b>Tabla 31.</b> Resultados de los ensayos de granulometría y límites de Atterberg.....	85
<b>Tabla 32.</b> Clasificación ASHTO de C3-M1-Ar .....	86
<b>Tabla 33.</b> Resultados de los ensayos de granulometría y límites de Atterberg.....	86
<b>Tabla 34.</b> Clasificación ASHTO de C5-M1-Ar .....	87
<b>Tabla 35.</b> Resultados del ensayo del esclerómetro .....	88
<b>Tabla 36.</b> Resultados del ensayo de resistencia a la compresión simple .....	89
<b>Tabla 37.</b> Resultados del RQD.....	90
<b>Tabla 38.</b> Resultados del RMR .....	91
<b>Tabla 39.</b> Resultados del Q de Barton.....	91
<b>Tabla 40.</b> Resultados de la ley minera de oro, plata y cobre.....	94
<b>Tabla 41.</b> Resultados de ley de Au por ensayo al fuego .....	95
<b>Tabla 42.</b> Resultados de las propiedades físicas del material de mena.....	95
<b>Tabla 43.</b> Reservas minerales del primer bloque por el método de perfiles. ....	97
<b>Tabla 44.</b> Reservas minerales del segundo y tercer bloque por el método de bloques.....	97
<b>Tabla 45.</b> Reservas minerales de oro del Bloque "Carmen" .....	97
<b>Tabla 46.</b> Análisis multicriterio de sistemas de explotación a cielo abierto .....	98
<b>Tabla 47.</b> Producción .....	105
<b>Tabla 48.</b> Datos de rendimiento de la excavadora XGMA XG822EL .....	108
<b>Tabla 49.</b> Datos de rendimiento del volquete Mercedes Benz .....	108
<b>Tabla 50.</b> Cálculo de la producción diaria .....	108
<b>Tabla 51.</b> Matriz de Leopold.....	109
<b>Tabla 52.</b> Costos unitarios de insumos .....	110
<b>Tabla 53.</b> Depreciación de maquinaria por año .....	111
<b>Tabla 54.</b> Costos unitarios de personal .....	111
<b>Tabla 55.</b> Costo unitario del personal .....	111
<b>Tabla 56.</b> Costo de beneficio por una tonelada de mineral.....	111
<b>Tabla 57.</b> Análisis económico de rentabilidad de explotación por cada bloque .....	112
<b>Tabla 58.</b> Áreas y volúmenes del material a extraer .....	114

## Índice de figuras:

<b>Figura 1.</b> Esquema de sistema de explotación por cortas .....	10
<b>Figura 2.</b> Descubierta de carbón .....	11
<b>Figura 3.</b> El método de terrazas .....	11
<b>Figura 4.</b> Minería de contorno. ....	12
<b>Figura 5.</b> Explotación de cantera de roca ornamental.....	12
<b>Figura 6.</b> Ancho del banco.....	16
<b>Figura 7.</b> Diseño de banquetas de protección contra desprendimientos .....	16
<b>Figura 8.</b> Parámetros geométricos .....	17
<b>Figura 9.</b> Método de bloques .....	23
<b>Figura 10.</b> Acceso al área Joya del Oriente II.....	28
<b>Figura 11.</b> Mapa hidrológico. ....	29
<b>Figura 12.</b> Geología regional .....	31
<b>Figura 13.</b> Procedimiento para obtener el mapa topográfico.....	33
<b>Figura 14.</b> Descripción de afloramientos .....	34
<b>Figura 15.</b> Descripción de calicatas .....	34
<b>Figura 16.</b> Toma de muestras para los diferentes ensayos propuestos. ....	35
<b>Figura 17.</b> Muestras para el análisis petrológico .....	36
<b>Figura 18.</b> Proceso del ensayo de peso específico aparente .....	36
<b>Figura 19.</b> Proceso del ensayo de peso específico real .....	37
<b>Figura 20.</b> Proceso del ensayo de RCS .....	39
<b>Figura 21.</b> Mapa topográfico de la concesión Minera Joya del Oriente II .....	51
<b>Figura 22.</b> Mapa topográfico del Bloque "Carmen" .....	52
<b>Figura 23.</b> Afloramiento 1 .....	54
<b>Figura 24.</b> Afloramiento 2 .....	55
<b>Figura 25.</b> Afloramiento 3 .....	55
<b>Figura 26.</b> Afloramiento 4 .....	56
<b>Figura 27.</b> Afloramiento 5 .....	57
<b>Figura 28.</b> Afloramiento 6 .....	57
<b>Figura 29.</b> Afloramiento 7 .....	58
<b>Figura 30.</b> Afloramiento 8 .....	59

<b>Figura 31.</b> Afloramiento 9 .....	59
<b>Figura 32.</b> Afloramiento 10 .....	60
<b>Figura 33.</b> Afloramiento 11 .....	61
<b>Figura 34.</b> Afloramiento 12 .....	61
<b>Figura 35.</b> Calicata 1 .....	62
<b>Figura 36.</b> Calicata 2.....	63
<b>Figura 37.</b> Calicata 3.....	64
<b>Figura 38.</b> Calicata 4.....	65
<b>Figura 39.</b> Calicata 5.....	66
<b>Figura 40.</b> Calicata 6.....	67
<b>Figura 41.</b> Correlación de Calicatas 1 y 4.....	68
<b>Figura 42.</b> Correlación de la calicata 2 ,3 y 5 .....	69
<b>Figura 43.</b> Ubicación de Líneas SEV.....	70
<b>Figura 44.</b> Primera línea SEV.....	71
<b>Figura 45.</b> Segunda línea SEV.....	73
<b>Figura 46.</b> Andesita altamente alterada.....	75
<b>Figura 47.</b> Andesita moderadamente alterada.....	76
<b>Figura 48.</b> Andesita alterada .....	76
<b>Figura 49.</b> Mapa de geología local del Bloque Carmen .....	77
<b>Figura 50.</b> Distribución de los datos de peso específico.....	79
<b>Figura 51.</b> Distribución de los datos de peso específico real.....	80
<b>Figura 52.</b> Distribución de los datos de la porosidad.....	81
<b>Figura 53.</b> Distribución de los datos de humedad.....	82
<b>Figura 54.</b> Distribución de los datos del esclerómetro.....	88
<b>Figura 55.</b> Distribución de los datos de la resistencia a la compresión simple.....	89
<b>Figura 56.</b> Rotura de la roca a partir del ensayo de compresión.....	89
<b>Figura 57.</b> Profundidades mineralizadas para el Cálculo de Reservas .....	92
<b>Figura 58.</b> Corte de profundidades de S – N.....	92
<b>Figura 59.</b> Frente de explotación 1. ....	93
<b>Figura 60.</b> Perfiles para el cálculo de reservas de la primera profundidad. ....	96
<b>Figura 61.</b> Diseño de la cuneta de desagüe.....	103

<b>Figura 62.</b> Parámetros geométricos para la explotación del Bloque “Carmen” .....	104
<b>Figura 63.</b> Recorrido desde el bloque Carmen hasta el invernadero .....	106
<b>Figura 64.</b> Excavadora XGMA XG822EL .....	106
<b>Figura 65.</b> Volquete Mercedes Benz .....	107
<b>Figura 66.</b> Recorrido desde el bloque Carmen hasta la zona de stock.....	107
<b>Figura 67.</b> Distribución de los datos de rentabilidad de explotación por cada bloque .....	112
<b>Figura 68.</b> Implantación del sistema de explotación del Bloque Carmen .....	113
<b>Figura 69.</b> Vista 3D del sistema de explotación del Bloque Carmen .....	113
<b>Figura 70.</b> Propuesta de vía de acceso al sistema de explotación del Bloque Carmen.....	115

## Índice de anexos:

<b>Anexo 1.</b> Mapa de ubicación .....	126
<b>Anexo 2.</b> Mapa hidrográfico.....	127
<b>Anexo 3.</b> Mapa de geología de regional .....	128
<b>Anexo 4.</b> Mapa topográfico de la concesión minera Joya del Oriente II .....	129
<b>Anexo 5.</b> Mapa topográfico del Bloque “Carmen” .....	130
<b>Anexo 6.</b> Ficha para la descripción de afloramientos.....	131
<b>Anexo 7.</b> Ficha para la descripción de calicatas .....	132
<b>Anexo 8.</b> Litología de la calicata 1 Bloque Carmen.....	133
<b>Anexo 9.</b> Litología de la calicata 2 Bloque “Carmen” .....	134
<b>Anexo 10.</b> Litología de la calicata 3 Bloque “Carmen” .....	135
<b>Anexo 11.</b> Litología de la calicata 4 Bloque “Carmen” .....	136
<b>Anexo 12.</b> Litología de la calicata 5 Bloque “Carmen” .....	137
<b>Anexo 13.</b> Litología de la calicata 6 Bloque “Carmen” .....	138
<b>Anexo 14.</b> Ficha para la toma de datos de SEVS .....	139
<b>Anexo 15.</b> Ficha para la descripción petrológica.....	140
<b>Anexo 16.</b> Mapa de geología local del Bloque Carmen .....	141
<b>Anexo 17.</b> Ficha para la caracterización geomecánica.....	142
<b>Anexo 18.</b> Parámetros de clasificación RMR.....	143
<b>Anexo 19.</b> Profundidades mineralizadas para el cálculo de reservas .....	144
<b>Anexo 20.</b> Resultados de ley de oro, plata y cobre de las calicatas 1, 2 y 4.....	145
<b>Anexo 21.</b> Perfiles para el cálculo de reservas de la primera profundidad.....	146
<b>Anexo 22.</b> Diseño de la cuneta de desagüe.....	149
<b>Anexo 23.</b> Maquinaria utilizada para el destape, arranque y carga. ....	150
<b>Anexo 24.</b> Maquinaria utilizada para el transporte.....	151
<b>Anexo 25.</b> Parámetros geométricos para la explotación del Bloque “Carmen” .....	152
<b>Anexo 26.</b> Implantación del sistema de explotación del Bloque “Carmen” .....	153
<b>Anexo 27.</b> Vista 3D del sistema de explotación del Bloque Carmen.....	154
<b>Anexo 28.</b> Perfiles para el cálculo del material a extraer en el software Recmin .....	155
<b>Anexo 29.</b> Propuesta de vía de acceso al sistema de explotación del bloque Carmen .....	157

## **1. Título**

**Diseño del sistema de explotación del bloque “Carmen” de la Concesión Minera Joya de Oriente II código 501381, ubicado en la Provincia de Zamora Chinchipe, cantón Yantzaza.**

## 2. Resumen

La presente investigación se desarrolló con el fin de diseñar el sistema de explotación para oro del bloque “Carmen” de la concesión minera Joya del Oriente II, código 501381, ubicado en la Provincia de Zamora Chinchipe, cantón Yantzaza. La investigación parte de la necesidad de abrir otro frente de explotación dentro de la concesión minera, de forma que contemple una identificación geológica que conlleve al cálculo de reservas explotables con el fin de diseñar un sistema de explotación acorde a la topografía del yacimiento tomando en cuenta medidas económicas, y seguridad en la operación.

La elección del sistema de explotación se desarrolló en base a las características geológico mineras y minero técnicas del yacimiento que, mediante el uso de softwares como el ArcGis, Auto CAD y Recmin se procesaron los datos obtenidos en la fase de campo. Esta investigación inició con la delimitación topográfica del bloque “Carmen”, seguido de la caracterización geológica a través de la descripción de afloramientos y calicatas. Además, se realizaron 2 líneas SEVS para mejorar la descripción de la continuidad geológica del bloque, lo que llevó a la delimitación de 3 bloques minerales de 22, 36 y 49 metros de profundidad, respectivamente.

El cálculo de reservas se realizó utilizando los métodos de perfiles y bloques, lo que resultó en datos específicos para cada uno de los bloques, con un total de 18164.5 gramos de oro en un volumen de  $4077580.9 m^3$ . Posteriormente, se calcularon y diseñaron los parámetros geométricos de la explotación en función de la topografía de la zona.

Finalmente se realizó un análisis de rentabilidad por cada uno de los bloques minerales, revelando que los dos primeros bloques iniciales no son económicamente viables debido a sus bajas leyes, mientras que el bloque 3 se destaca como rentable para la explotación, ya que cubre los costos de extracción de los primeros bloques. Sin embargo, al comparar la inversión que se debe emplear para poner en marcha el proyecto y la rentabilidad generada al final de los 4 años de vida, se determina que económicamente la explotación a cielo abierto del Bloque “Carmen” no es rentable ya que la ganancia es mínima.

**Palabras clave:** geológico-minero, minero-técnicos, sistema de explotación, reservas, topografía, afloramientos, calicatas.

**Abstract:**

This research was developed with the purpose of designing the exploitation system for gold in the "Carmen" block of the Joya del Oriente II mining concession, code 501381, located in the Zamora Chinchipe Province, Yantzaza canton. The research starts from the need to open another exploitation front within the mining concession, in a way that contemplates a geological identification that leads to the calculation of exploitable reserves in order to design an exploitation system according to the topography of the deposit, taking into account economic measures and safety in the operation.

The choice of the exploitation system was developed based on the geological-mining and mining-technical characteristics of the deposit that, through the use of software such as ArcGis, Auto CAD and Recmin, the data obtained in the field phase were processed. This investigation began with the topographic delimitation of the "Carmen" block, followed by the geological characterization through the description of outcrops and calicatas. In addition, 2 SEVS lines were carried out to improve the description of the geological continuity of the block, which led to the delimitation of 3 mineral blocks of 22-, 36- and 49-meters depth, respectively.

The reserve calculation was carried out using the profile and block methods, resulting in specific data for each of the blocks, with a total of 18164.5 grams of gold in a volume of 4077580.9 m<sup>3</sup>. Subsequently, the geometric parameters of the exploitation were calculated and designed according to the topography of the area.

Finally, a profitability analysis was performed for each of the mineral blocks, revealing that the first two initial blocks are not economically viable due to their low grades, while block 3 stands out as profitable for exploitation, since it covers the extraction costs of the first blocks. However, when comparing the investment that must be used to start up the project and the profitability generated at the end of the 4 years of life, it is determined that economically the open pit exploitation of the "Carmen" Block is not profitable since the profit is minimal.

**Keywords:** geological-mining, mining-technical, exploitation system, reserves, topography, outcrops, calicatas.

### 3. Introducción

La provincia de Zamora Chinchipe destaca por sus valiosos yacimientos de oro que han atraído la atención de empresas mineras extranjeras y nacionales. La extracción de oro se realiza por los métodos a cielo abierto y subterráneo, utilizando diversas técnicas y maquinaria especializada, tanto a pequeña como a gran escala. (Mundo Minero, 2023)

El diseño de minas contempla parámetros geométricos, geomecánicos, operativos y ambientales que permiten la elección del método de explotación, de acuerdo a lo mencionado por Neyra, (2014), la elección del sistema de explotación trae consigo una decisión meramente económica que se sustenta en factores propios del yacimiento a explotar tales como: ubicación, forma, tamaño, topografía superficial, profundidad del cuerpo mineral, tipo de mineral, complejidad y calidad de la mineralización, distribución de la calidad de la mineralización (selectividad), características del macizo rocoso, calidad de la información de reservas, inversiones asociadas.

En cuanto al diseño de explotación a cielo abierto, este involucra aspectos como la topografía del terreno, la selección de maquinaria, el diseño de bancos, el sistema de drenaje y el plan de rehabilitación con el fin de asegurar una extracción eficiente, segura y sostenible de minerales, que, de acuerdo a lo dicho por Alfaro, (2009), un diseño minero contempla la planificación de remoción de material a lo largo de su vida útil durante periodos establecidos en base al volumen que posee cada uno, de manera que se logre desarrollar una minería responsable.

El bloque “Carmen” actualmente se halla en fase de exploración con la perspectiva que se logre identificar un cuerpo mineral tentativo para así enfocar su explotación de forma técnica y segura conforme muestra la explotación del Frente 1

La importancia de elegir un sistema de explotación óptimo que permita el aprovechamiento íntegro del mineral oro existente en el bloque radica en prever el cálculo de reservas que permita ejecutar un análisis económico de rentabilidad donde le permita al titular minero la acción de decidir acerca del potencial que posee su concesión.

La investigación actual contribuye a ampliar el conocimiento en el campo de la ingeniería de minas, con el objetivo de definir un sistema de explotación acorde a las características específicas del área de estudio para lo que se consideran aspectos como la topografía, geología, volumen de material aprovechable, especificaciones de la maquinaria disponible y los ciclos de trabajo utilizados.

## **Objetivos:**

### **Objetivo General;**

Diseñar el sistema de explotación a cielo abierto en el bloque “Carmen” de la Concesión Minera Joya de Oriente II código 501381, ubicado en la Provincia de Zamora Chinchipe, cantón Yantzaza.

### **Objetivo Específicos;**

- ✓ Caracterizar las condiciones geológico mineras del bloque “Carmen” de la Concesión Minera Joya de Oriente II.
- ✓ Elegir el sistema de explotación del bloque “Carmen” de la concesión minera para su óptima operatividad técnica.
- ✓ Diseñar el sistema de explotación a cielo abierto en el bloque “Carmen” de la Concesión Minera Joya de Oriente II

## **4. Marco Teórico**

### **4.1. Geología**

Es la ciencia que persigue la comprensión del planeta Tierra. La geología se ha dividido en dos amplias áreas: la física y la histórica. La geología física, estudia los materiales que componen la tierra y busca comprender los diferentes procesos que actúan debajo y encima de la superficie terrestre, mientras que la geología histórica es comprender el origen de la Tierra y su evolución a lo largo del tiempo. (Tarbuck & Lutgens, 2005, pág. 2)

#### ***4.1.1. Roca y mineral***

La roca se define como la composición de uno o varios minerales en diferentes simetrías, siendo el resultado de procesos geológicos como la sedimentación o metamorfismo. (Boanerges, 2023, párr.1 )

Una roca es un agregado de uno o más minerales sólidos, con propiedades físicas y químicas definidas, que se agrupan de forma natural. Forman la mayor parte de la Tierra y su importancia, en el área geocientífica, radica en que contienen el registro del ambiente geológico del tiempo en el que se formaron. La Petrología es la rama fundamental de la Geología que estudia las rocas, su origen, el modo de ocurrencia, la composición, la clasificación y sus relaciones con los procesos geológicos de la historia de la tierra. (Servicio Geológico Mexicano, 2017, párr.1)

Por otro lado, un mineral es una sustancia inorgánica natural, que posee estructura atómica y composición definida, que en ocasiones se puede encontrar asociado con otros tipos de roca. (Universidad Arturo PRAT, s.f., párr.1)

Los minerales son compuestos químicos (o en algunas ocasiones elementos únicos), cada uno de ellos con su propia composición y sus propiedades físicas. Los granos o cristales pueden ser microscópicos o fácilmente visibles sin ayuda de un microscopio. (Tarbuck & Lutgens, 2005, pág. 24)

#### ***4.1.2. Geología estructural***

La geología estructural se dedica al estudio e interpretación de las estructuras generadas en la corteza terrestre producto de movimientos propios de la dinámica terrestre, mayormente entendidos y tratados por la tectónica de placas. (Geonext, 2019, párr. 2)

De acuerdo a (Tarbuck & Lutgens, 2005), mencionan que los geólogos estructurales: Estudian la arquitectura de la corteza terrestre y cómo adquirió este aspecto en la medida en que fue consecuencia de la deformación. Estudiando la orientación de los pliegues y las fallas, así como los rasgos a pequeña escala de las rocas deformadas, los geólogos estructurales pueden determinar a menudo el ambiente geológico original, y la naturaleza de las fuerzas que produjeron esas estructuras rocosas. De este modo se están descifrando los complejos acontecimientos que constituyen la historia geológica. (pág. 284)

## **4.2. Topografía**

Ciencia encargada del análisis de la superficie terrestre, al igual que sus accidentes geográficos. Estudia variados pasos con la finalidad de representar gráficamente la superficie terrestre. (Ingeoexpert, 2021, párr. 2)

Usando el criterio de (Morales & López, 2015), define la topografía como la ciencia encargada de “medir extensiones de tierra tomando los datos para su representación gráfica en un plano a escala, sus formas y accidentes” (pág.10). En este sentido, es la encargada de establecer trayectos horizontales y verticales, calcular ángulos entre puntos de la corteza terrestre.

Por otra parte, (Wolf & Ghilani, 2016), afirman que la topografía es “la ciencia, el arte y la tecnología para encontrar o determinar las posiciones relativas de puntos situados por encima de la superficie de la Tierra, y debajo de ella” (pág.1)

### **4.2.1. Levantamiento topográfico**

“Es aquel que por abarcar superficies reducidas pueden hacerse despreciando la curvatura terrestre sin error apreciable “ (Morales & López, 2015, pág. 10)

Los levantamientos topográficos consisten en aplicar las instrucciones correctas para representar el terreno en un plano. Como lo afirma Wolf y Ghilani (2016), mencionando que: “los levantamientos topográficos determinan la ubicación de características o accidentes naturales y artificiales, así como las elevaciones usadas en la elaboración de mapas” (pág.7).

En este sentido, la ejecución de los levantamientos topográficos de acuerdo a Morales y López (2015), se llevan a cabo de dos formas:

- ✓ Etapa de Campo: conlleva la toma de datos, tales como ángulos, distancias, etc.
- ✓ Etapa de Gabinete: incumbe al cálculo y dibujo de lo levantado en el campo.

### **4.3. Yacimientos Minerales Metálicos**

Los minerales metálicos son los que se explotan con el fin de extraer el elemento metálico que contienen, entre los que se considera los metales preciosos (el oro, la plata y los metales del grupo del platino), los metales siderúrgicos (hierro, níquel, cobalto, titanio, vanadio y cromo), los metales básicos (cobre, plomo, estaño y cinc), los metales ligeros (magnesio y aluminio), los metales nucleares (uranio, radio y torio) y los metales especiales (litio, germanio, galio y arsénico). (Banco Central del Ecuador, 2015, pág. 1)

La extracción de los minerales metálicos puede realizarse a cielo abierto o en minas subterráneas, dependiendo de las características geológicas del yacimiento. Una vez extraído el mineral, se somete a procesos de trituración, molienda y separación para obtener el metal deseado.

#### ***4.3.1. Yacimientos tipo stockworks***

Un stockwork es un patrón de mineralización que consiste en una red de venas o vetas mineralizadas que se entrecruzan en una zona de roca. Este patrón puede ser común en depósitos de sulfuros y puede ser indicativo de una mineralización de tipo pórfido o skarn.

Son vetillas pequeñas que interceptan toda la roca. Existen varias formas de simetrías y tamaños. El relleno se compone de mena especialmente de minerales de formación hidrotermal. La formación de este tipo de mineralización involucra un proceso magmático, que incluye un mecanismo denominado "segunda ebullición" o "ebullición retrograda. La cual consiste en la exsolución de la fase volátil o fluida desde un magma saturado (agua-volátiles). Con el progreso de la cristalización de un magma, el volumen de agua disuelta en la masa silicatada fundida aumenta proporcionalmente, dado que el agua no se incorpora en los silicatos en cristalización. (Valdepeña, 2020, diapositiva 2)

#### ***4.3.2. Yacimientos Auríferos***

En minería implica la extracción del metal de las rocas y el suelo, y puede ser realizada a cielo abierto o en minas subterráneas, pudiendo ser un proceso costoso y dañino para el medio ambiente si no se toman medidas.

El oro es un elemento químico metálico, pesado y noble, considerado tradicionalmente como uno de los metales preciosos más codiciados de la Tierra, dada su escasez en la naturaleza y sus aplicaciones en la joyería. Es un mineral blando, brillante y de color dorado o amarillo, sumamente dúctil y maleable. (Equipo editorial, Etéce., 2023, párr. 1)

#### **4.4. Destape y Preparación**

El destape a cielo abierto mide la relación del estéril en metros cúbicos y el mineral a extraer en toneladas lo que se denomina coeficiente de destape o striping ratio, su diferencia está en el volumen del material estéril y las toneladas de mineral a extraer  $\left(\frac{m^3}{tn}\right)$ . La preparación basa en la infraestructura del campo minero, así como el Frente de explotación mismo que debe estar listo para la consecuente extracción del material. En este sentido, estos trabajos consisten en el laboreo y equipamiento de las excavaciones. Los factores a tomarse en cuenta son los costos de minado subterráneo, costos de minado superficial y el costo de desbroce, estos factores son los que definen la relación crítica de desbroce por la cual su resultado definirá el método de explotación. (Córdova Aguirre & Pardo Jaramillo, 2010, pág. 47)

El destape debe garantizar el trabajo normal de la extracción.

#### **4.5. Método de Explotación**

En la explotación de yacimientos metálicos existen tres métodos de explotación: a Cielo Abierto, Subterráneo y Mixto, donde su elección depende de los estudios geológicos y geotécnicos del yacimiento especialmente de la relación crítica de desbroce. (Arzapalo, 2013, párr. 2)

Usando el criterio de (Herbert, 2006) menciona que es un método que “permite llevar a cabo la explotación de un yacimiento por medio de un conjunto de sistemas, procesos y máquinas que operan de una forma ordenada, repetitiva y rutinaria” (pág.2)

##### ***4.5.1. Método de Explotación a Cielo Abierto***

Este método se caracteriza por la remoción de grandes volúmenes de material. La ubicación del yacimiento en la corteza terrestre y la capa de recubrimiento estéril condicionan la relación estéril/mineral denominado ratio, mismo que es diferente en cada yacimiento, pero que condiciona la economía de las extracciones y la profundidad máxima que puede alcanzar la minería a superficie. (Herbert, 2006, pág. 2)

De acuerdo a (Ingeoexpert, 2018), las explotaciones a cielo abierto: “también llamadas minas a tajo, son aquellas explotaciones mineras que tienen lugar en la superficie, a diferencia de las minas subterráneas. Esto es posible cuando el yacimiento brota en superficie o a muy pequeña profundidad. (párr.1)

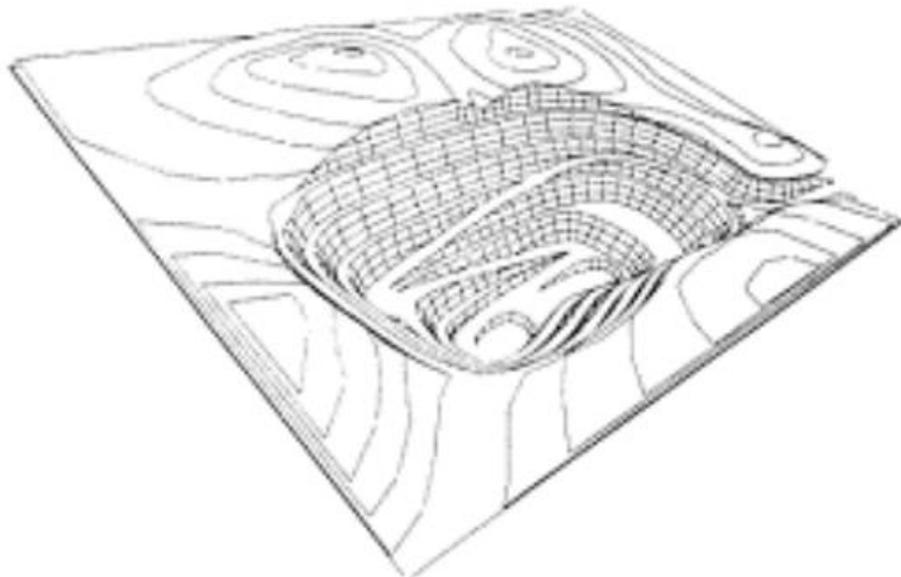
#### **4.5.1.1. Sistemas de Explotación en Minería a Cielo Abierto.**

**4.5.1.1.1 Cortas.** Consiste en cavar mediante la perforación y voladura en sentido de cono invertido. Este sistema se usa específicamente en yacimientos metálicos y de carbón. (Ingeoexpert, 2018, párr.5)

Usando el criterio de (Herbert, 2006) este sistema se usa en:

Yacimientos masivos o de capas inclinadas, la explotación se lleva a cabo tridimensionalmente por banqueo descendente, con secciones verticales en forma troncocónica. Estos métodos son los tradicionales de la minería metálica y se adaptaron en las últimas décadas a los yacimientos de carbón, introduciendo algunas modificaciones. La extracción, en cada nivel, se realiza en un banco con uno o varios tajos. También nos menciona que el desarrollo en cuando a profundidad de estas explotaciones suele ser grande, llegándose en algunos casos a superar los 300 m. Salvo en los yacimientos con una gran corrida, como sucede con los de carbón, las posibilidades de relleno de hueco con los propios estériles son escasas. (pág.5)

**Figura 1.** Esquema de Sistema de Explotación por Cortas



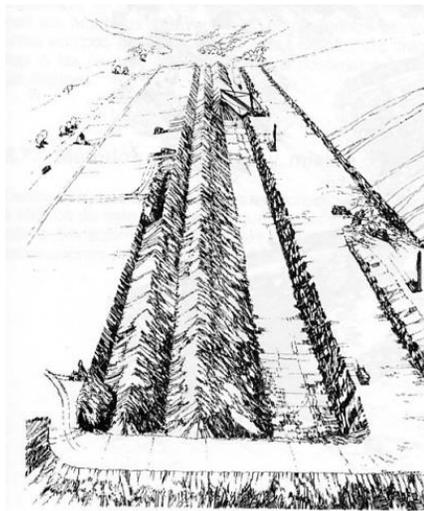
**Nota.** (Herbert, 2006)

**4.5.1.1.2. Descubiertas.** Son labores bidimensionales utilizadas en cuerpos de inclinación horizontal o aproximadamente horizontal, donde el minado se hace a una cota casi constante. (Ingeoexpert, 2018, párr.5)

Según (Herbert, 2006) las descubiertas se aplican:

En yacimientos tumbados u horizontales, con unos recubrimientos de estéril inferiores, por lo general, a los 50 m. Consiste en el avance unidireccional de un módulo con un solo banco desde el que se efectúa el arranque del estéril y vertido de este al hueco de las fases anteriores. El mineral entonces es extraído desde el fondo de la explotación, que coincide con el muro del depósito. (pág.6)

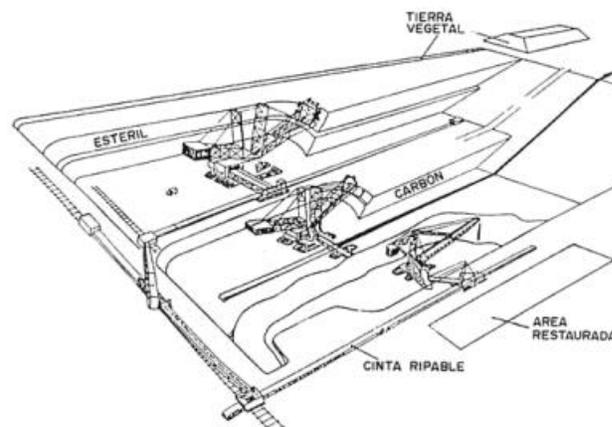
**Figura 2.** Descubierta de Carbón



**Nota.** (Herbert, 2006)

**4.5.1.1.3 Terrazas.** “En una minería de banco con avance unidireccional. Se aplica en yacimientos relativamente horizontal y con recubrimientos potentes, pero que permiten depositar el estéril en el hueco creado, transportándolo alrededor de la explotación” (Herbert, 2006, pág. 6)

**Figura 3.** El método de Terrazas



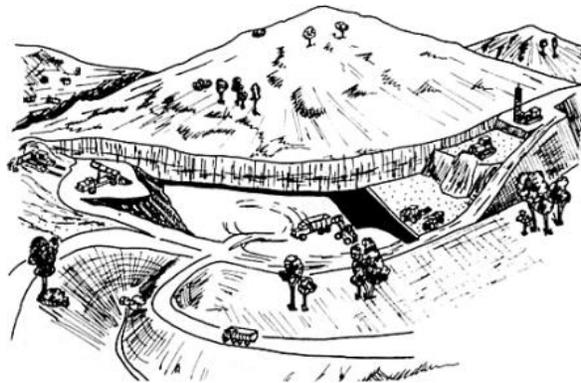
**Nota.** (Herbert, 2006)

**4.5.1.1.4 Contorno.** “Consiste en la excavación del estéril y del mineral en sentido transversal al afloramiento, donde el estéril es removido a la ladera” (Mora, 2021, pág. 2).

Según (Herbert, 2006) os contornos se aplican:

En yacimientos de carbón con capas tumbadas, de reducida potencia y topografía generalmente desfavorable. Consiste en la excavación del estéril y del mineral en sentido transversal al afloramiento, hasta alcanzar el límite económico, dejando un talud de banco único y progresión longitudinal siguiendo el citado afloramiento. (pág.7)

**Figura 4.** Minería de Contorno.

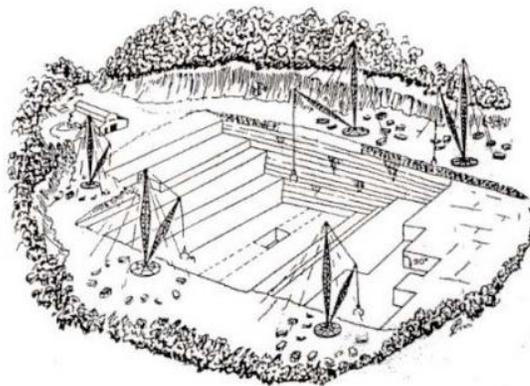


**Nota.** (Herbert, 2006)

**4.5.1.1.5 Canteras.** Son de pequeñas dimensiones, normalmente de extracción para materiales de construcción que no requieren gran tratamiento. (Ingeoexpert, 2018, párr.5)

Es un sistema usado “para referirse a las explotaciones de rocas industriales, ornamentales, y materiales de construcción. El método de explotación aplicado suele ser el de banqueo, con uno o varios niveles, situándose un gran número de canteras a media ladera. (Herbert, 2006, pág. 8)

**Figura 5.** Explotación de Cantera de Roca Ornamental



**Nota.** (Herbert, 2006)

**4.5.1.2 Parámetros de clasificación según el Profesor Shenshko.** Considera a los trabajos de extracción si se realizan con o sin transporte del material estéril. (tabla 1)

**Tabla 1.** *Clasificación según el Profesor Shenshko*

	<b>Código</b>	<b>Grupos de sistemas de explotación</b>	<b>Sistemas de explotación</b>	<b>Designación convencional del sistema</b>
<b>Clasificación según el profesor e. F. Sheshko</b>	A	Con trasbordo del estéril a la escombrera por medio de excavadoras o escombro – transbordadores (desplazamiento transversal) o llamados sin transporte.	-Con trasbordo directo del recubrimiento.	A – 1
			-Con trasbordo múltiple del recubrimiento por excavadoras.	A – 2
			-Con trasbordo del recubrimiento por medio de escombro transbordadoras	A - 3
	B	Con transporte del estéril a la escombrera con ayuda de medios de transporte (desplazamiento longitudinal) o llamados también con transporte.	-Con trasbordo de estéril: a la escombrera interior a la escombrera exterior, a la escombrera interior y exterior	B – 4 B – 5 B - 6
C	Con transporte y trasbordo del estéril a las escombreras (desplazamiento transversal y longitudinal) o llamado también combinado.	-Con transporte parcial del estéril a las escombreras interiores o exteriores. -Con trasbordo parcial del estéril a la escombrera	C – 7  C - 8	
A.0	- Con pequeño volumen de trabajo de destape cuando el desplazamiento del estéril a la escombrera no tiene significado esencial.		A - 0	

**Nota.** (Shenshko., 2010)

**4.5.1.3. Parámetros de clasificación según los profesores Bustillo Revuelta Manuel y López Jimeno Carlos. (tabla 2)**

**Tabla 2.** *Clasificación según el Profesor Bustillo y López*

<b>Profundidad tipo de explotación</b>	<b>Resistencia de las rocas</b>	<b>Sistemas de arranque</b>	<b>Geometría</b>	<b>Tipo</b>	<b>Método</b>
<b>Superficial a cielo abierto</b>	Consolidadas con cualquier resistencia	Mecánicos	-Cualquier forma e inclinación, potente de grandes dimensiones.	I	Graveras
			-Tubular y masivo, de cualquier inclinación, potente y de dimensiones reducidas.	II	Corta
			-Tabular, reducida inclinación, poco potente, escaso recubrimiento y grandes dimensiones.	III	Cantera
			-Tabular, reducida inclinación, poco potente, escaso recubrimiento y poca dimensión.	IV	Descubierta
			-Tabular, reducida inclinación y potencia media, bastante recubrimiento y grandes dimensiones.	V	Terrazas
			-Tabular reducida inclinación, pequeña potencia, recubrimiento y dimensiones variadas.	VI	Contorno
			-Tabular, tumbado, pequeña potencia, macizos remanentes.	VII	Auger
	Inconsolidadas o permeables	Hidráulicos	-Tabular, tumbado, pequeña potencia. Dimensiones reducidas.	VIII	Monitor hidráulico
			-Tabular. Tumbado, bastante potencia, grandes dimensiones.	IX	Dragado
			-Cualquier forma e inclinación, potente y de grandes dimensiones.	X	Minería por sondeos
			-Cualquier forma inclinada, potente y de grandes dimensiones.	XI	Lixiviación

**Nota.** (Bustillo & López, 1997)

## 4.6. Parámetros de Diseño

Para el diseño de minas a cielo abierto se debe tener en cuenta cuatro parámetros: geométricos, geomecánicos, operativos y medioambientales; mismo que determinaran una extracción técnica bajo los estándares de seguridad. (González R. , 2021, pág. 4)

### 4.6.1. Geométricos

Están en “función de la estructura, morfología del yacimiento, pendiente en terreno, pendiente en límites de propiedad, etc.” (Recalde, 2000, pág. 2)

Los parámetros geométricos de diseño más importantes en una mina a cielo abierto son la altura del banco, la longitud del banco, el ancho de la rampa, la pendiente del talud, la altura del talud y la longitud de la berma.

Dentro de esta actividad participan los equipos de servicios mina, aunque a veces se requiere de la participación de los equipos productivos (perforación, tronadura, carguío y transporte) para realizar movimientos específicos de materiales. La construcción los accesos deberá cumplir con restricciones geométricas y geomecánicas, de modo de garantizar que los equipos que por ellos circulen lo hagan en condiciones adecuadas a su operación, evitando el deterioro prematuro de los equipos y los accidentes. (Ramírez, 2018, pág. 1)

Ahora bien, a continuación, se describe los parámetros geométricos presentes en el diseño de minas a cielo abierto:

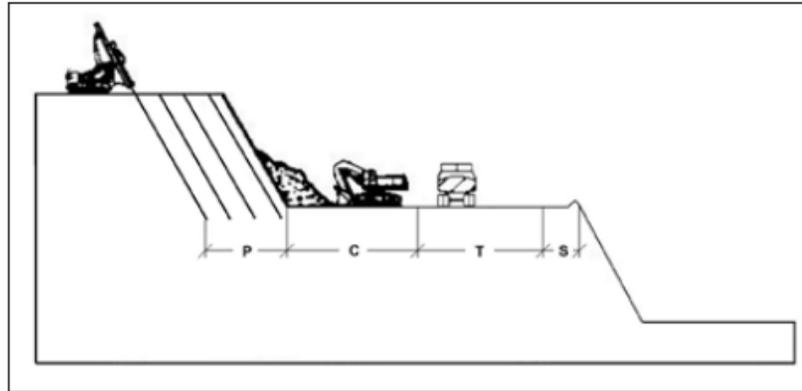
**Banco.** Es el módulo o escalón comprendido entre dos niveles (figura 8) y que constituyen la rebanada que se explota, de estéril o de mineral, y que es objeto de excavación desde un punto en el espacio hasta una posición final preestablecida. (Aburto, 2012, pág. 144)

**Altura de banco.** Se define a partir de las dimensiones de los equipos de perforación, de los de cargado y de las características del macizo rocoso (figura 8). En este sentido, la definición de este parámetro tiene gran importancia en la disposición estructural o morfología del yacimiento, el control de la dilución durante la extracción, el alcance de los equipos, etc. (Aburto, 2012, pág. 144)

**Ancho del banco.** Se define al ancho mínimo del banco de trabajo, a la suma de los espacios necesarios para el movimiento de los equipos que trabajan en ellos simultáneamente (figura 8). La figura 6 se representan los tres procesos básicos que tienen lugar en el interior de un banco de trabajo: perforación, carga y transporte. Sin embargo, siempre será necesario dejar un

ancho mínimo del orden de 5 metros como zona de seguridad (S) hasta el borde del banco. En este espacio es posible construir banquetas o bordos de seguridad. (Aburto, 2012, pág. 153)

**Figura 6.** Ancho del Banco

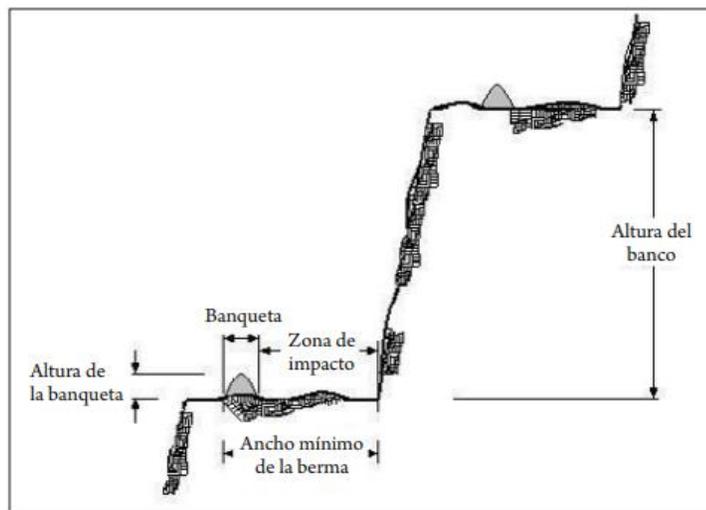


**Nota.** (Aburto, 2012)

**Ángulo de cara del banco.** El ángulo de la cara del banco es función de dos factores: tipo de material y altura de banco (figura 8), por ende, su diseño dependerá de las características estructurales y resistentes de los materiales, las cuales deberán ser determinadas geomecánicamente. (Aburto, 2012, pág. 155)

**Bermas.** Las bermas se utilizan como áreas de protección, al detener y almacenar los materiales que puedan desprenderse de los Frentes de los bancos superiores (figura 7), y también como plataformas de acceso o, incluso, transporte, en el talud de una excavación. (Aburto, 2012, pág. 156)

**Figura 7.** Diseño de Banquetas de Protección contra Desprendimientos



**Nota.** (Aburto, 2012)

**Pistas y rampas.** Las pistas de rodamiento son los caminos a través de los cuales se realizará el transporte habitual de materiales rocosos dentro del área de explotación (figura 8), es decir, por los que circularán las unidades de acarreo. (Aburto, 2012, pág. 157)

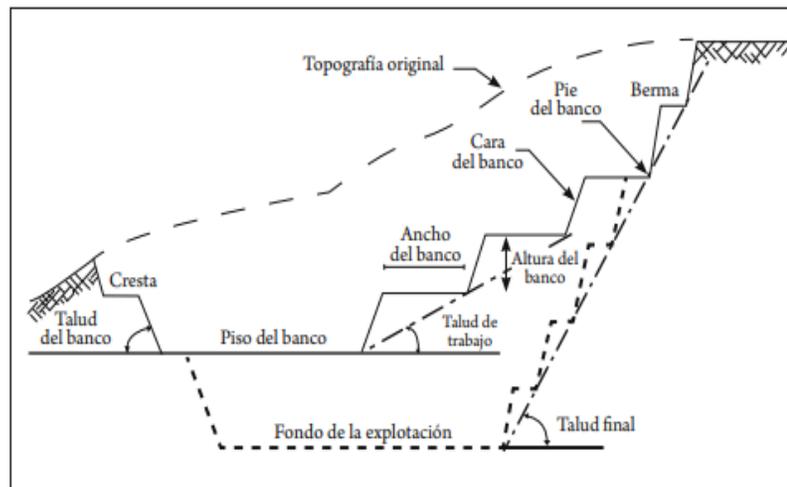
**Ángulo de Talud Inter rampas.** Representa la inclinación con que queda el conjunto de bancos que se sitúan entre una rampa y la rampa consecutiva (figura 8). Este ángulo se mide desde la pata del banco superior donde se encuentra una rampa hasta la cresta del banco donde se encuentra la otra rampa. (Ramírez, 2018, pág. 5)

**Ángulo de Talud de un conjunto de bancos.** Representa la inclinación con que queda un grupo de bancos sin existir entre ellos alguna diferencia geométrica importante (figura 8). Este ángulo se mide desde la pata del banco más profundo hasta la cresta del banco de cota mayor. (Ramírez, 2018, pág. 5)

**Ángulo de Talud Overall.** Se refiere al ángulo máximo de inclinación que puede tener una superficie o terreno sin que se produzca un deslizamiento o desprendimiento de tierra (figura 8). Este ángulo se mide desde la pata del banco más profundo hasta la cresta del banco más alto de la explotación. (Ramírez, 2018, pág. 5)

**Límites finales de la mina.** El límite horizontal determina el fondo final de la explotación y los límites laterales los taludes finales de la misma (figura 8). Los límites en profundidad de una mina a cielo abierto están condicionados, fundamentalmente, por la geología del yacimiento y por aspectos económicos derivados de los costos de extracción del estéril para un determinado valor del mineral explotado. (Aburto, 2012)

**Figura 8.** *Parámetros Geométricos*



**Nota.** (Aburto, 2012)

#### 4.6.2. Geomecánicos

Concibe los ángulos máximos permisibles de los taludes en cada una de las labores en las que el yacimiento se dividió. (Recalde, 2000, pág. 2)

Criterios como el de (Miranda, 2017), menciona que:

La clasificación de las rocas, según el origen geológico de las mismas, desde muy antiguo se han estudiado aquellas propiedades que suministraban una mayor información de cara a la correcta selección del sistema de arranque, carga y transporte más adecuado para un movimiento de rocas en la minería y las obras públicas. Durante la realización del proceso minero, la roca está sometida a importantes alteraciones de carácter mecánico (impactos, corte, compactación, desplazamiento, etc.) que modifican su estado natural. En consecuencia, el proyectista minero debe estar familiarizado con las propiedades y características de las rocas, a fin de seleccionar bien la maquinaria a utilizarse, tales como: dureza, porosidad, fragilidad, densidad, humedad y esponjamiento, tenacidad, estabilidad y abrasividad. (párr.1)

**4.6.2.1. Propiedades de las rocas.** El estudio de las propiedades de las rocas lleva consigo el fin de elegir la maquinaria a utilizarse dentro de la explotación de minera, así como la estabilidad de los bancos.

**4.6.2.1.1. Fortaleza.** “Se interpreta en función de la capacidad que tienen para resistir esfuerzos de compresión, esfuerzos cortantes y esfuerzos de tensión”. (Cuenca, 2019, pág. 1)

**Tabla 3.** *Coefficiente de Resistencia según Protodiakonov*

<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>	<b>f</b>
Excepcional	Cuarcita, basaltos y rocas de resistencia excepcional	20
Alta resistencia	Granito, areniscas silíceas, y calizas muy competentes	15-10
Resistencia media	Caliza, granito algo alterado y areniscas	8-6
	Areniscas medias y pizarras	5
	Lutitas, areniscas flojas y conglomerados friables.	4
	Lutitas y esquistos, margas compactas.	3
Resistencia baja	Calizas y lutitas blandas, margas, areniscas friables, gravas y bolos cementados, morrenas.	2
	Terrazas, lutitas fisuradas y rotas, gravas compactas y arcillas consolidadas	1.5
Resistencia muy baja	Arcillas, gravas arcillosas	1.0
	Suelos vegetales, turbas y arenas húmedas	0.6
	Arenas y gravas finas, derrubios	0.5
	Limos, loess, fangos, etc.	0.3

**Nota.** (Montalar, 2009)

**4.6.2.1.2. Dureza.** “Las rocas se clasifican en cuanto a su dureza por medio de las escalas de Mohs (tabla 4), en la cual se valora la posibilidad que un mineral pueda rayar a todos los que tienen en un número inferior al suyo” (Cuenca, 2019, pág. 2)

“Esta propiedad se refiere la resistencia que opone una de las caras de la roca hace rayado por otro material como lo puede ser un clavo de acero o algún tipo de mineral” (Maldonado, 2021, párr. 17).

**4.6.2.1.3. Resistencia.** “Es el máximo esfuerzo que soporta la roca sometida a compresión uniaxial, determinada sobre una probeta cilíndrica sin confinar en el laboratorio” (González de Vallejo, 2002, pág. 130).

De acuerdo al criterio de (Cuenca, 2019), la resistencia mecánica de una roca”

Es la propiedad de oponerse a su destrucción bajo una carga exterior, estática o dinámica (tabla 4). La resistencia de las rocas depende fundamentalmente de su composición mineralógica. Entre los minerales integrantes de las rocas de cuarzo es el más sólido, su resistencia supera los 500MPa, mientras que la de silicatos ferromagnesianos y los aluminios silicatos varían de 200<sup>a</sup> 500MPa, y la calcita de 10 a 20MPa. Por eso conforme es mayor contenido de cuarzo por lo general la resistencia aumenta. (pág.3)

**Tabla 4.** *Correlación entre la Dureza y la Resistencia a la Compresión de Rocas.*

<b>Clasificación</b>	<b>Dureza de Mohs</b>	<b>Resistencia a la compresión simple (MPa)</b>
Muy dura	+ 7	+ 200
Dura	6 – 7	120 - 200
Medio dura	4.5 – 6	60 - 120
Medio blanda	3 – 4.5	30 - 60
Blanda	2 – 3	10 - 30
Muy blanda	1-2	-10

**Nota.** (Cuenca, 2019)

**4.6.2.1.4. Porosidad.** “Es un parámetro de conjunto que se define como la relación entre el volumen total de poros y el volumen total de la probeta o roca”. (Benavente, Bernabéu, & Cañaveras, 2004, pág. 63)

“La porosidad de la roca es una medida de la capacidad de almacenamiento (volumen poroso) la cual tiene la capacidad de alojar fluidos” (Madrid, 2022, párr.1)

**4.6.2.1.5. Densidad.** “Indica la relación de la masa sobre volumen en la masa rocosa, para los geólogos y geotécnicos la densidad sirve para evaluar la calidad del macizo rocoso en donde se pretende realizar el asentamiento de algún tipo de obra.” (Maldonado, 202, párr, 14)

“La densidad es un parámetro físico básico en la caracterización de las rocas, y que depende fuertemente de su composición mineralógica y porosidad” (Benavente, Bernabéu, & Cañaveras, 2004, pág. 63)

**4.6.2.1.6. Coeficiente de Esponjamiento.** “Todos los terrenos al ser excavados sufren un aumento de volumen. Este aumento de volumen, es causado por la absorción de agua o vapor, por encima de su volumen normal cuando está seco expresado en porcentaje del volumen en sitio. (Arias, 2014, pág. 1)

**4.6.2.1.7. Coeficiente de Poisson.** “Indica la relación entre las deformaciones longitudinales que sufre el material en sentido perpendicular a la fuerza aplicada y las deformaciones longitudinales en dirección de la fuerza aplicada sobre el mismo” (Andrés, 2022, párr, 1).

### **4.6.3. Operativos**

Abarca las dimensiones de las labores a ejecutarse de forma que los equipos y la maquinaria puedan operar de forma eficiente y segura. Estos son: drenajes, anchos de bermas y pistas, anchos de fondo, etc. (Recalde, 2000, pág. 2)

Los parámetros operativos son elementos clave a considerar en el diseño de una mina a cielo abierto, ya que pueden afectar significativamente su rentabilidad y sostenibilidad.

### **4.6.4. Ambientales**

“Aquellos que permiten ocultar o reforestar los hoyos o escombreras, facilitando la restauración de los terrenos o la reducción de impactos ambientales”. (Recalde, 2000, pág. 2)

En este sentido, los parámetros ambientales son importantes en el diseño de minas a cielo abierto porque permiten minimizar los impactos negativos que la actividad minera puede generar en el medio ambiente y en las comunidades cercanas.

## **4.7 Reservas**

Es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral Medido o Indicado. Incluye dilución de materiales y tolerancias por pérdidas que se puedan producir cuando se extraiga el material. Se han realizado las evaluaciones apropiadas, que pueden incluir estudios de factibilidad e incluyen la consideración de modificaciones por factores razonablemente asumidos de extracción, metalúrgicos, económicos, de mercados, legales, ambientales, sociales y gubernamentales. (Geonext, 2016, párr. 14)

Las reservas mineras son los depósitos de minerales que se han descubierto y que se pueden extraer de manera rentable. Se dividen en dos categorías principales: reservas probadas y reservas probable.

**Reservas Probables.** Es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral Indicado y en algunas circunstancias Recurso Mineral Medido. Incluye los materiales de dilución y tolerancias por pérdidas que puedan producirse cuando se explota el material. (Geonext, 2016, párr. 15)

**Reservas Probadas.** Es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral Medido. Incluye los materiales de dilución y tolerancias por pérdidas que se pueden producir cuando se explota el material. (Geonext, 2016, párr. 16)

#### ***4.7.1. Cálculo de reservas***

La estimación de las reservas se la realiza con la finalidad de establecer la cantidad de materia prima que posee un yacimiento, siendo el resultado de los trabajos de exploración que pretenden ser rentables económicamente para la preparación y posterior explotación.

En cuanto a la determinación del cálculo de reservas se utilizan dos grupos de métodos: los geométricos o clásicos y los geoestadísticos.

##### **4.7.1.1. Geométricos o Clásicos.**

**Método de los perfiles.** Se usa específicamente para cuerpos mineralizados irregulares, donde la metodología se basa en cortes verticales equidistantes que delimitan la mineralización, además se determinan superficies de los perfiles y volumen de bloques en perfiles. (Bustillo & López, 1997)

**Método de los triángulos.** Usados en depósitos con escasas variaciones de ley y potencia, la metodología basa en unir los sondeos de forma que se figure un mallado triangular donde cada triángulo será la base de un prisma que tendrá densidad y potencia constante. (Bustillo & López, 1997)

**Método de los polígonos.** usado en depósitos con diminutas variaciones de ley y potencia, su metodología basa en la construcción de figuras poligonales dimitiendo en el centro un sondeo para formar cuerpos prismáticos poligonales. (Bustillo & López, 1997)

**Método de Isolíneas.** es usado en superficies complejas para lo que se necesita variedad de dato que reflejen las características geológicas del depósito, la metodología consta en la

construcción de las isolíneas con los datos de ley, donde cada línea encerrara una superficie, mientras que dos superficies determinan una rebanada cuyo volumen es la media de las superficies por el espesor de las mismas. (Bustillo & López, 1997)

**Método de bloques.** utilizado para depósitos en fase de investigación avanzada esencialmente para yacimientos metálicos de tipo masivos, potencialmente explotables a cielo abierto, también para mineralizaciones tipo tabulares y con poca potencia, la metodología basa en la división del yacimiento por bloques, donde cada bloque debe contener toda la información como leyes, volúmenes, ubicación espacial, etc. (Bustillo & López, 1997)

**Método del Inverso de la Distancia.** Es un método de estimación, no es aconsejable en yacimientos con límites muy definidos es más parecido a los métodos geoestadísticos que a los clásicos. La metodología consiste en aplicar un factor de ponderación a cada muestra que rodea el punto central de un bloque mineralizado, donde el factor de ponderación es el inverso de la distancia entre el punto en cuestión y el conocido, elevado a una potencia  $n$ . (Bustillo & López, 1997)

#### **4.7.1.2. Geo estadísticos.**

Para la ejecución de los métodos geoestadísticos se deben cumplir requisitos tales como: conocimientos geoestadísticos y conducción de softwares adecuados; gran número de datos provenientes de los sondeos realizados en diferentes direcciones que se utilizarán para el cálculo del semivariograma y finalmente debe existir una variable regionalizada como la ley que permite obtener el modelo del variograma. (Bustillo & López, 1997)

**Kriging.** Se utiliza para estimar el valor de una variable regionalizada a partir de factores de ponderación. Este valor se caracteriza por ser el mejor estimador lineal e insesgado de la variable. (Bustillo & López, 1997)

- **Método de Bloques**

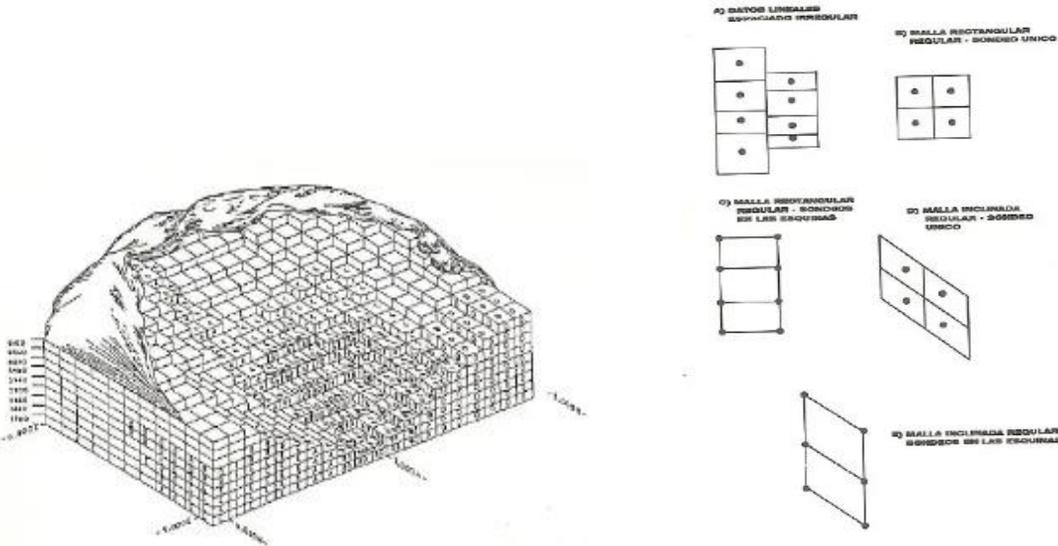
Bustillo & López (1997) señalan que este método es similar al método de los polígonos y se utiliza en proyectos de exploración para obtener resultados rápidos, especialmente al realizar nuevos sondeos que no requieren una precisión extrema. Sin embargo, la precisión sería necesaria en estudios posteriores para evaluar la viabilidad de la explotación.

Este método es especialmente adecuado para depósitos en etapas avanzadas de investigación, principalmente para yacimientos metálicos masivos que son potencialmente

explotables a cielo abierto, así como para mineralizaciones tabulares de poca potencia. Su cálculo se ejecuta siguiendo comúnmente los siguientes pasos:

- Primero se divide el yacimiento en bloques. Luego se calcula:
- El área del bloque
- La potencia media
- La ley media del mineral
- El volumen del bloque
- La densidad del material
- Las reservas de mena
- Las reservas de metal

**Figura 9. Método de Bloques**



**Nota.** (Bustillo & López, 1997)

## 4.8. Ciclo de Trabajo a Cielo Abierto

### 4.8.1. Destape

“Se refiere al proceso de remover la capa superficial de tierra, vegetación y rocas que cubren el yacimiento mineral. Esta etapa inicial es necesaria para acceder al material mineralizado que se encuentra debajo y facilitar su posterior extracción” (Herbert, 2006, pág. 1).

#### **4.8.1.1 Maquinaria**

**Buldozer.** Se caracteriza por ser un equipo potente capaz de roturar sobre cualquier terreno. Esto permite que el bulldozer pueda ser usado para una gran variedad de tareas de excavación. Así mismo, puede ser empleado para remolcar cargas bastante pesadas e incluso para movilizar otras máquinas de menor tamaño. (KOMATSU, 2023, párr. 4)

**Excavadora.** Es una máquina empleada para la excavación y movimiento de tierras u otros materiales. La excavadora se considera un vehículo autopropulsado porque se puede desplazar de un lugar a otro. (Hello auto, 2023, párr. 1)

El tipo específico de maquinaria utilizada puede variar dependiendo de factores como el tamaño y la naturaleza del yacimiento, así como las condiciones geográficas y geológicas del sitio minero.

#### **4.8.2. Arranque**

“Es el proceso de extracción de los minerales o rocas en el Frente de trabajo. El arranque se efectúa en torno a la caracterización geomecánica del material”. (Rojas, 2009, pág. 17)

Para realizar la planificación del arranque en una mina, se deben considerar varios factores, como la geología del terreno, la topografía, el clima, la disponibilidad de recursos y la seguridad de los trabajadores. Además, se deben realizar estudios y análisis detallados para determinar el tipo de maquinaria y equipo necesario para llevar a cabo la extracción de manera eficiente y segura.

**4.8.2.1. Tipos de arranque.** En función de las propiedades de la roca se elige el tipo de arranque para la extracción del material, siendo de tipo: manual, mecánico o fracturamiento con explosivo.

Según, (Julio, 2011), menciona que el arranque es un:

Conjunto de operaciones necesarias para separar la roca del macizo rocoso donde se encuentra. En la mayoría de las ocasiones es necesario romper la roca para facilitar los procesos de beneficio. El arranque se realiza de tres maneras: con herramientas, con máquinas y con explosivos. De acuerdo a la experiencia del autor, los dos primeros métodos sólo son rentables cuando las rocas a explotar son relativamente blandas, tales como el carbón o los fosfatos. Cuando las rocas son duras es necesario acudir al arranque mediante explosivos. (párr.2)

**4.8.2.2. Equipos y Maquinaria.** Para su elección se debe tomar en cuenta propiedades de la roca como: la fortaleza, dureza y abrasividad de la roca que se va arrancar.

En minería a cielo abierto, el arranque vía manual se ejecuta con herramientas rudimentarias pico y pala, mientras que el tipo mecánico emplea maquinaria como: excavadora, mototraílla, buldócer; por otro lado, el arranque de perforación y voladura, requiere hacer barrenos o agujeros en la roca y distribuirlos de tal manera que a cada barreno se le da una secuencia de detonación y vaya dando salida uno en secuencia de otro. Generalmente para hacer dichos barrenos se utilizan máquinas neumáticas conocidas como martillo de fondo integrado mientras que para las voladuras se usa explogel, dinamita, anfo; y accesorios como: retardos, mecha lenta, etc. (Julio, 2011, párr. 3)

A continuación se describela maquinaria usada en el arranque del material a cielo abierto:

**Excavadora.** Es una máquina empleada para la excavación y movimiento de tierras u otros materiales. La excavadora se considera un vehículo autopropulsado porque se puede desplazar de un lugar a otro. (Hello auto, 2023, párr. 1)

**Mototraílla.** Son máquinas utilizadas para la excavación, carga, transporte, descarga y nivelación de materiales de consistencia media tales como tierras, arena, arcilla, rocas disgregadas, zahorras, etc. (Piqueras, 2014, párr. 1)

**Perforadora Hidráulica.** está equipada con la barra de perforación estándar cuyo diámetro alcanza los 45/51 mm, que es capaz de perforar pozos de voladura verticales, inclinados y horizontales en el rango de 76 – 127 mm. Tiene una amplia gama de aplicaciones en excavación de corte, canalización, cimentación y perforación de minas a cielo abierto. (Engineerine the Future, 2022, párr. 1)

**Perforadora neumática Jack led.** Perforadora con barra de avance que puede ser usada para realizar taladros horizontales e inclinados. Estas perforadoras ofrecen un rendimiento y una relación potencia-peso excelentes, desde la perforación de barrenos para voladura hasta la explotación de canteras, la perforación de barrenos para anclajes y cuñas, los realces y el bulonado. (Atlas Copco, 2023, párr. 1)

### **4.8.3. Carga**

“Por carga se entiende la recogida de la roca arrancada del suelo, y su traslado hasta un medio de transporte. Esta operación se realiza a la vez que se ejecuta el arranque” (Julio, 2011, párr. 5).

Para la operación de la carga se toma en cuenta la propiedad del coeficiente de esponjamiento, debido a que el material arrancado no es el mismo que el que se encuentra en reposo, por ende, para el cargado el material a cargar va a aumentar su volumen.

**4.8.3.1 Maquinaria.** La carga en superficie se efectúa mediante equipos de cargadoras de ataque frontal o palas de mesa. Los equipos se seleccionan de manera que los camiones que acarrear o transportan puedan cargarse de tres a cinco ciclos como máximo (paladas). (Amstrong & Menon, 2000, pág. 21)

#### **4.8.4. Transporte**

El transporte es parte del proceso de retirar el material arrancado del Frente de trabajo transportándolo adecuadamente a su lugar de destino (planta, botadero, stock). (Bada, 2018, diapo, 2)

Consta del traslado del material fragmentado presente en el Frente de explotación pudiendo ser estéril o material; en el caso de mineral será llevado hasta el punto de stock o cancha mina, mientras que el estéril será llevado a los centros de acopio como escombreras. (Barrera, 2017, pág. 2)

**4.8.4.1 Maquinaria.** Esta en función del volumen de material a acarrear.

Usando el criterio de (Amstrong & Menon, 2000),

El transporte en las minas a cielo abierto y de extracción se realiza, por lo general, con camiones. El papel de los camiones en muchas minas a cielo abierto se limita al traslado del material entre la zona de carga y puntos de transferencia, como la estación interna de machaqueo o el sistema de transporte. (pág. 22)

## 5. Metodología

El actual proyecto investigativo es de carácter analítico, con enfoque mixto por tener una parte cualitativa y otra cuantitativa.

### 5.1 Materiales y Equipos

Ahora bien, con el fin de dar cumplimiento a los objetivos propuestos, se utilizará una serie de herramientas, equipos y software en torno a cada actividad a ejecutar. (Ver *Tabla 5*)

**Tabla 5.** *Herramientas, Equipos y Software*

Herramientas de campo	Herramientas de oficina
GPS	Hojas Geológicas Escala 1:100.000
Cinta métrica	Arc gis 10.5
Cámara fotográfica	AutoCAD 2016 Licencia Máster
Martillo Geológico	Rec Min 2023
Lupa	Paquete Office 2018
Reglas	
Fundas para muestras	
Hojas de papel	
Esferográficos y marcadores	
Dron Phantom	
GPS Trimble R8 RTK	
Equipo de protección personal (EPP)	

### 5.2 Información del Área de Estudio.

#### 5.2.1. Ubicación

El área de estudio Joya de Oriente II código 501381 se encuentra ubicada políticamente en la provincia de Zamora Chinchipe, cantón Yantzaza, parroquia Los Encuentros, sector El Zarza (Ver *Anexo I*) geográficamente el área cuenta con una superficie total de 26 hectáreas, abarcando las coordenadas indicadas en la tabla adjunta.

**Tabla 6.** *Coordenadas del Proyecto*

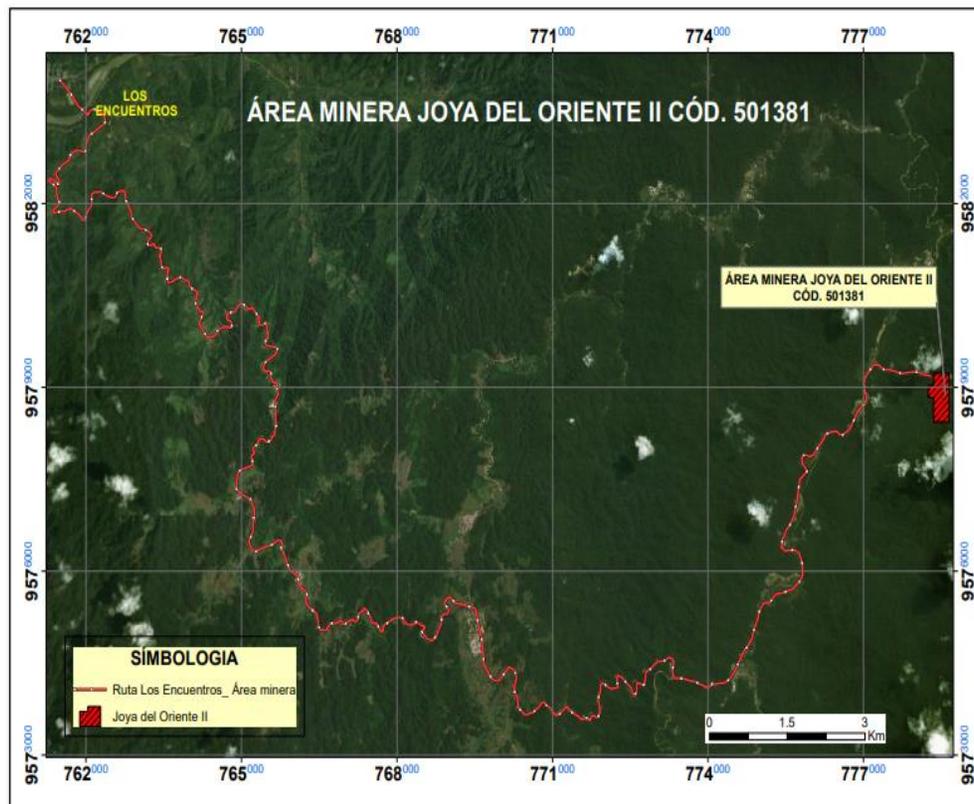
UTM/PSAD56/17S		
Punto	Este	Norte
Pp	778600	9579600
1	778900	9579600
2	778900	9578800
3	778600	9578800
4	778600	9579200
5	778500	9579200
6	778500	9579400
7	778600	9579400

**Nota.** (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables, 2022)

### 5.2.2 Acceso

Partiendo desde la ciudad de Quito el acceso se lo puede realizar vía aérea o terrestre. Mediante vía aérea se parte desde el aeropuerto Mariscal Sucre hasta el aeropuerto Ciudad de Catamayo para seguidamente trasladarse por la vía de primer orden hasta la provincia de Zamora Chinchipe, posterior, se toma la Av. Del ejército hacia la Troncal Amazónica/E45 con dirección a Yantzaza, luego se llega a la parroquia Los Encuentros, en este punto, se toma una vía de tercer orden hacia el sector El Zarza y se dirige hacia el área de estudio. (Ver **Figura 10**)

**Figura 10.** Acceso al Área Joya del Oriente II.



**Nota.** Tomado de Google Earth, (2023)

### 5.2.3 Clima

La Parroquia Los Encuentros presenta una temperatura media anual que varía entre los 17 y 21°C. Se han observado áreas con temperaturas más elevadas, que oscilan entre los 19 y 23°C, mientras que las zonas más frías registran valores de 15 a 18°C. Estas diferencias de temperatura podrían estar asociadas directamente con los distintos rangos altitudinales presentes en la región. (GAD Parroquial de Los Encuentros, 2019, pág. 34)



### **5.2.5. Geomorfología**

En la Parroquia Los Encuentros se han identificado 18 unidades geomorfológicas, siendo la formación de relieve colinado muy alto la más predominante, con una cobertura del 19,76% (9408,33 has) del territorio parroquial, seguida de la Vertiente de mesa, con 14,87% (7 082,23 has), el Relieve colinado medio con una superficie de 12,96 % (6 170,46 has), y el relieve montañoso con una superficie de 12,04%, (5 731,99) has. A diferencia de las formaciones con menor extensión parroquial como lo son Superficie de cuesta, superficies que no aplican y Frente de cuesta, con unas superficies de 249,65; 319,27; 343,72 has, respectivamente. (GAD Parroquial de Los Encuentros, 2019, pág. 56)

### **5.2.6. Geología Regional**

Según refiere (Lundin Gold Inc, 2016)La zona de la Cordillera del Cóndor se encuentra conformada por litologías subandinas deformadas y metamorfizadas de la edad paleo y mesozoica, relacionadas con el arco mesozoico que se formaron entre el flanco este de la cordillera Real y lado oeste de los estratos planos de la cuenca del Amazonas.

Las rocas subandinas se encuentran en el Batolito Zamora, que tiene un eje alargado nortnoreste que es paralelo a los Andes ecuatorianos por más de 200 km, extendiéndose hacia el norte de Perú. Se piensa que el batolito es un arco magmático continental el cual está relacionado con la subducción del Jurásico establecido en el margen occidental del cratón del Amazonas (Lundin Gold Inc, 2016).

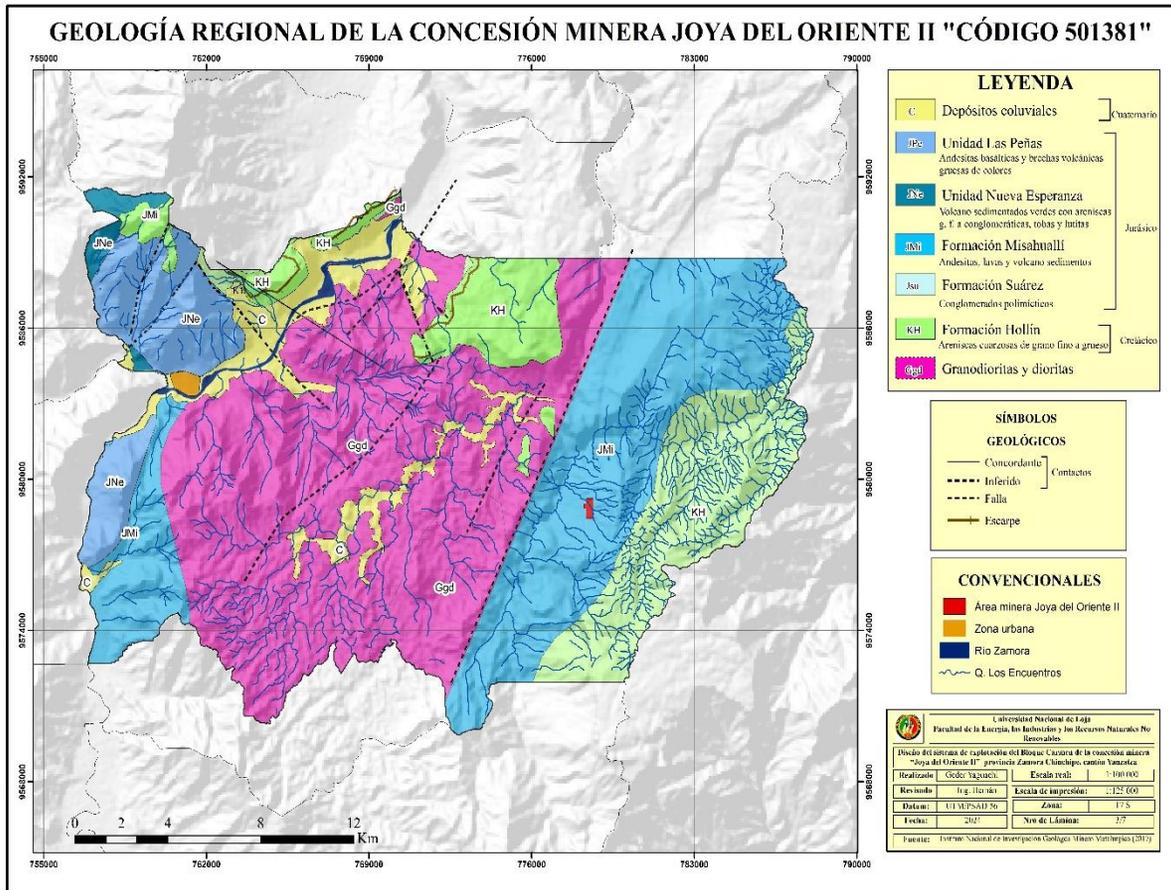
De acuerdo al estudio de prefactibilidad elaborado por (Lundin Gold Inc, 2016) las rocas volcánicas andesíticas correlacionadas con el conjunto intrusivo del Batolito de Zamora se asignan convencionalmente a la Formación Misahuallí.

Los cinturones volcánicos y sedimentarios del pre-arco andino flanquean y ocurren localmente dentro del batolito. El arco fue denudado antes de la deposición del Cretácico Inferior de conglomerados aluviales a aguas poco profundas y areniscas de cuarzo de la Formación Hollín (Lundin Gold Inc, 2016)

Una transgresión marina está indicada por la deposición de lutitas y calizas suprayacentes del Cretácico Temprano a Medio. El levantamiento del Cretácico tardío al Cenozoico arrojó cantidades voluminosas de detritos de las montañas emergentes de los Andes en toda la región (Prodeminca, 2000; Quispesivana, 1996).

El levantamiento y la denudación de la región expusieron grandes áreas del batolito de Zamora previa a la depositación del Cretácico Inferior a Medio (Litherland et al., 1994). El yacimiento del área minera Joya del Oriente se encuentra asociado con el de Fruta del Norte y de acuerdo a (Lundin Gold Inc, 2016), la mineralización se encuentra en las rocas andesitas de la Formación Misahuallí, que se encuentran correlacionadas al Batolito de Zamora, (Ver *Anexo 3*)

**Figura 12. Geología Regional**



### 5.2.7. Geología Estructural

El área minera se encuentra en el límite este de la cuenca Pull Apart Suárez, la misma que se desarrolló dentro del control estructural denominado zona de falla Las Peñas de rumbo N-S (Lundin Gold Inc, 2016)

En la concesión minera Joya de Oriente II se evidencia el paso de una falla con rumbo N-S y buzamiento al E, misma que en la parte norte del primer Frente de explotación se puede visualizar. De esta manera, dicha falla se correlaciona a la mineralización existente en la concesión. (Cuenca, 2023)

### 5.3. Metodología

La metodología utilizada para cumplir cada uno de los objetivos planteados en la presente investigación, está dividida en 3 etapas:

**Fase de campo:** La cual hace referencia al reconocimiento del bloque de estudio, así como la caracterización geológica del mismo, la ejecución de levantamientos topográficos y geológicos finalmente la caracterización geomecánica del material inmerso para ejecutar el diseño de explotación.

**Fase de laboratorio:** Fase que permite la determinación de las propiedades físico mecánicas de material presente en el bloque como: ensayos de peso específico, porosidad, contenido de humedad y resistencia a la compresión simple.

**Fase de oficina:** La cual radica en la confección de los mapas geológicos, topográficos y los cálculos para determinar los parámetros de diseño: altura final del bloque, número de bancos, altura de bancos, ángulos de trabajo, bermas de seguridad, rampas, ancho de vías, dimensión de cunetas de desagüe, arranque, carga y transporte

#### 5.3.1. Metodología para el primer objetivo:

##### **Caracterizar las condiciones geológico mineras del bloque “Carmen” de la Concesión Minera Joya de Oriente II.**

La metodología aplicada para cumplir con este objetivo incluyó actividades de campo y oficina. En campo, se llevaron a cabo visitas al bloque de estudio, levantamiento topográfico, descripción de afloramientos, construcción de calicatas para visualizar la continuidad geológica, recolección de muestras, ejecución de líneas SEV y fotografías. Posteriormente, en oficina y laboratorio se procesaron los datos y se determinó la topografía y geología de la zona de estudio. El trabajo se realizó a una escala de 1:1000.

**5.3.1.1. Levantamiento topográfico.** A fin de delimitar el bloque “Carmen”, carácter principal de la investigación dentro de la concesión minera Joya de Oriente II, se ejecutó el levantamiento topográfico de 3,750 ha correspondientes al bloque de estudio, para ello se utilizó un dron modelo Phantom 4 Pro v2 y GPS diferencial Trimble R8 RTK. La altura de vuelo se tomó a 100m desde el suelo, mientras que la del GPS se posicionó a 1,72 m tomando 5 puntos referenciales.

Una vez completada esta etapa, se llevó a cabo la descarga de los datos recopilados del GPS diferencial y las imágenes del dron Phantom 4 Pro v2. Posteriormente, se procedió al

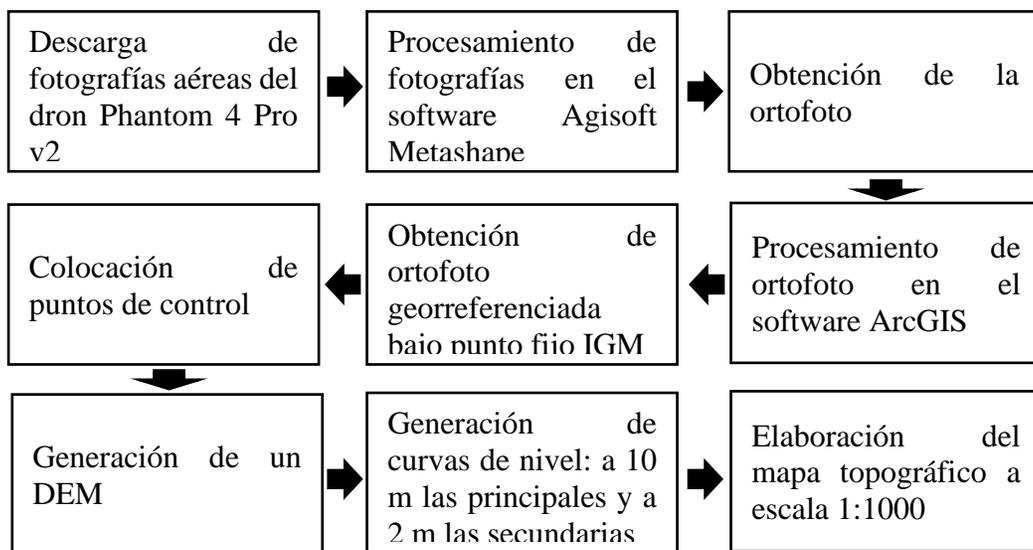
procesamiento de estos datos utilizando el software Agisoft Metashape, lo que resultó en la generación de una ortofoto con una precisión de 2 cm a una escala de 1:1000.

La elaboración del mapa topográfico se realizó siguiendo la metodología propuesta por (Peña & Mendez, 2005), la cual incluye los siguientes pasos:

- Generación de modelo digital del terreno a partir de nube de puntos con coordenadas x, y y z
- Ubicación de puntos de control, correspondientes al área de estudio
- Realizar la triangulación de la superficie de estudio
- Análisis de modelado y generación de curvas de nivel
- Dibujo de elementos auxiliares como ríos, quebradas, casas, vías, etc.
- Perfiles transversales o longitudinales necesarios.

Una vez obtenida la ortofoto, se procedió a cargarla en el software ArcGIS. Utilizando las herramientas proporcionadas por este programa, se construyó el modelo digital de elevaciones. Luego, se representaron los elementos auxiliares a escala real. Este proceso se detalla de la siguiente manera. Ver figura adjunta.

**Figura 13.** Procedimiento para obtener el mapa topográfico



La presentación final del mapa topográfico a escala 1:1000 tomó en consideración las pautas principales descritas por el Instituto Geográfico Militar del Ecuador (2013), que incluyen la hidrografía, planimetría, simbología, escala, leyenda y colores de simbología. Además, el mapa incluye 4 perfiles topográficos que dependen del terreno. (Ver *Anexo 5*)

**5.3.1.2. Caracterización geológica.** Para su determinación, se realizó el recorrido del área del bloque “Carmen” durante el cual se identificó afloramientos de origen natural y antrópico. Se recolectó datos de georreferenciación, estructurales, composición mineralógica de la roca mediante la observación in situ, para lo que se utilizó: lupa, brújula, martillo geológico y ácido clorhídrico al 10%.

Los datos que se recopiló se reflejaron en fichas de registro de afloramientos cuyo formato se encuentra en el *Anexo 6*.

**Figura 14.** Descripción de afloramientos



En este sentido, también se efectuó la ejecución de calicatas con el fin de visualizar la continuidad geológica. Se tomó datos de coordenadas de ubicación, dimensiones (ancho, largo profundidad) y descripción de la columna estratigráfica.

Los datos que se recopiló se reflejaron en fichas de registro de afloramientos cuyo formato se encuentra en el *Anexo 7*.

**Figura 15.** Descripción de calicatas



La caracterización geológica también incluyó la toma de muestras para determinar las propiedades físico-mecánicas, así como para realizar ensayos destinados a determinar la ley mineral presente en el bloque Carmen.

**Figura 16.** Toma de muestras para los diferentes ensayos propuestos.



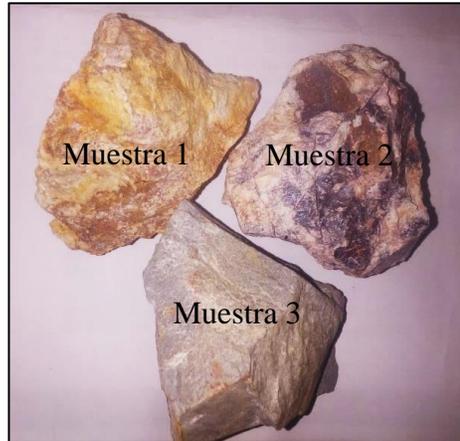
El resultado final de esta caracterización se materializó en la elaboración del mapa de geología local del bloque Carmen a escala 1:1000, el cual presenta un corte geológico. (Ver *Anexo 16*)

**5.3.1.3. Determinación de las propiedades físico-mecánicas.** Los ensayos para determinar las propiedades físico-mecánicas del material presente en el bloque Carmen se llevó a cabo en el laboratorio de mecánica de rocas de la Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables de la UNL. Los procedimientos se rigieron por las normas ASTM D420, siguiendo el manual de prácticas de laboratorio de Vásquez (2019, p. 29,42) como referencia.

- **Análisis petrológico**

Se llevó a cabo el análisis de las muestras tomadas en campo para identificar el tipo de roca, para lo cual se utilizó el microscopio con el fin de visualizar los minerales que las componen. Los datos que se recopiló se reflejaron en fichas de registro petrológico cuyo formato se encuentra en el *Anexo 15*.

**Figura 17.** Muestras para el análisis petrológico



- **Propiedades físicas**

**Peso específico aparente:** A continuación, se describe el proceso que se realizó:

1. Se tomó un fragmento de muestra y se pesó utilizando la balanza analítica.
2. Luego se obtuvo el peso saturado, para lo cual se sumergió la muestra en agua durante 24 horas en un vaso de precipitación.
3. Después se sacó la muestra del agua y con un paño se procedió a secar su superficie con el cuidado de no retirar pedazos de la misma para luego registrar el peso de la masa saturado en la balanza.
4. El peso sumergido se obtuvo al introducir la muestra en un vaso precipitado con agua, suspendiéndola de un hilo anclado a la balanza.
5. Finalmente se colocó a muestra en el horno a una temperatura de 105°C por 24 horas, luego se sacó del horno y se dejó enfriar, consiguiendo así el peso seco.

**Figura 18.** Proceso del ensayo de peso específico aparente



Una vez que se obtuvo los datos, se procedió a realizar el cálculo con la siguiente expresión matemática.

$$\rho_a = \frac{W_{\text{seco}}}{W_{\text{saturado}} - W_{\text{sumergido}}} \times \rho_w$$

Donde:

$W_{\text{seco}}$ : Peso seco de la muestra luego de haber pasado por el horno

$W_{\text{saturado}}$ : Peso saturado

$W_{\text{sumergido}}$ : Peso sumergido

$\rho_w$ : Peso específico del agua 0.9986 gr/cm<sup>3</sup>

**Peso específico real:** A continuación, se describe el proceso que se realizó:

1. Primeramente, se trituró la muestra de forma que tuvo un grado de finura pasante de 75 $\mu$ m para lo cual se utilizó el tamiz #200, luego se llevó al horno a secar.
2. Luego se obtuvo el peso de un picnómetro vacío y con agua.
3. De la muestra triturada y secada en el horno se tomó 30g
4. Se introdujo los 30 g de la muestra en el picnómetro y se mezcló con agua destilada, seguidamente se roló la mezcla para desplegar todo el material de las paredes.
5. Para extraer las burbujas se usó la bomba de vacío de forma que no afecten los pesos de las muestras.
6. Finalmente, se vuelve a pesar.

**Figura 19.** *Proceso del ensayo de peso específico real*



Una vez que se obtuvo los datos, se procedió a realizar el cálculo con la siguiente expresión matemática.

$$\rho_r = \frac{W_{\text{pulverizada}}}{W_2 + W_{\text{pulverizada}} - W_1} \times \rho_w$$

Donde:

$W_1$ : Peso del picnómetro + agua + muestra pulverizada. ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

$W_2$ : Peso del picnómetro + agua ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

**Porosidad:** para su cálculo se tomó como base los ensayos anteriores, que se reemplazó en la siguiente expresión matemática.

$$n = \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_r}\right) \times 100$$

Donde:

$\rho_a$ : Peso aparente

$\rho_r$ : Peso real

**Contenido de humedad:** para su cálculo se tomó como base los pesos obtenidos en el ensayo del peso específico aparente mismos que se reemplazaron en la siguiente expresión matemática.

$$C. H = \frac{W - W_{\text{seco}}}{W_{\text{seco}}} \times 100$$

Donde:

$W$ : Peso de la muestra húmeda

$W_{\text{seco}}$ : Peso seco de la muestra luego de haber pasado por el horno

- **Propiedades mecánicas**

**Resistencia a la compresión simple:** Se tomó muestras cúbicas de 5 cm por lado.

1. Primeramente, se midió la muestra en ancho, largo y profundidad para lo cual se usó el pie de rey.
2. Se introdujo la muestra cúbica en el centro de la prensa hidráulica y se aplicó datos a la máquina.
3. Se esperó un tiempo aproximado ente 5 a 10 minutos conforme se roture la muestra y se anotan los datos obtenidos.

**Figura 20.** Proceso del ensayo de RCS



Para corroborar los resultados arrojados por la prensa hidráulica se introdujo los datos en la siguiente expresión matemática:

$$\sigma_c = \frac{F_{\text{tracción aplicada}}}{A} \text{ [MPa]}$$

**Caracterización geomecánica.** Se tomo como base el levantamiento geológico donde se caracterizó afloramientos que presentaron consistencia en su estructura, de los cuales se obtuvo parámetros como:

1. Numero de juntas
2. Orientación de las familias
3. Separación
4. Longitud de las familias
5. Abertura, para la cual se utilizó escalas impresas
6. Rugosidad, se utilizó los perfiles propuestos por Barton en 1987.
7. Relleno
8. Alteración
9. Flujo de agua

Los datos que se recopiló se reflejaron en fichas de registro de caracterización geomecánica cuyo formato se encuentra en el *Anexo 17*.

**RQD.** Al no existir núcleos de perforación se calculó midiendo la cantidad de discontinuidades del macizo rocoso por metro cúbico del talud.

El cálculo se efectuó aplicando la expresión matemática de Palmstrom (1982):

$$RQD: 115 - 3,3 J_v$$

$J_v$ : Índice volumétrico de fisuras por cada  $m^3$

$$J_v: \frac{1}{S_i}$$

$S_i$ : Separación de las discontinuidades en metros

**Tabla 7.** Índice de calidad de roca: RQD

RQD %	Calidad de la roca	Clase
< 25	Muy pobre	V
25 a 50	Pobre	IV
50 a 75	Regular	III
75 a 90	Buena	II
90 a 100	Excelente	I

**Nota.** Deere (1988)

**RMR.** Para el cálculo se utilizó la suma de los siguientes parámetros de la expresión matemática.

$$RMR: V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5$$

Donde:

$V_1$ : Resistencia a la compresión simple

$V_2$ : RQD

$V_3$ : Separación de discontinuidades

$V_4$ : Estado de discontinuidades

$V_5$ : Flujo de agua

El resultado de se obtuvo correlacionando los datos en el **Anexo 18**

**Índice Q.** Se obtuvo mediante la siguiente expresión matemática:

$$RMR = 9 \ln Q + 44$$

**Tabla 8.** Índice de calidad de roca: Q de Barton

Tipo de roca	Calidad de roca
Excepcionalmente mala	
Extremadamente mala	$10^{-2}$ a $10^{-1}$
Muy mala	$10^{-1}$ a 1
Mala	1 a 4
Media	4 a 10
Buena	10 a 40
Extremadamente buena	40 a 100

**Nota.** Barton (1974)

**5.3.2.4. Cálculo de Reservas por el Método de Perfiles y Bloques.** Se ejecutó la metodología planteada por Bustillo & López (1997), la cual consistió en:

- **Método de perfiles**

1. Primero se delimitó el polígono mismo que abarca el bloque de estudio, seguidamente se trazó 12 líneas de perfiles cada 22 m de distancia, luego se cargó la topografía para cortar la línea de perfil con cada curva de nivel en ir dibujando el perfil de las líneas. (Ver *Anexo 21*)
2. Se dibujaron los perfiles a una escala 1:1000
3. Finalmente se calculó las reservas explotables de mineral de oro, así como de estéril, y desbroce de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Volúmen}_{\text{Total}} = \frac{A_1 + A_2}{2} * D + \frac{A_2 + A_3}{2} * D + \dots + \frac{A_n + A_{n+1}}{2} * D$$

- **Método de Bloques**

1. Primero se dividió el yacimiento en bloques. (Ver *Anexo 20*)
2. Se calculó el área a través de la expresión matemática:

$$A = \text{Largo} \times \text{Ancho} \rightarrow (\text{m}^2)$$

3. Luego se calculó la potencia media mediante la expresión matemática:

$$P_m = \frac{\sum P_i}{n} \rightarrow (\text{m})$$

4. Se calculó la ley media del mineral. Para ello se usa el método de la media aritmética cuya expresión matemática es:

$$Z_s = \frac{\sum Z_i}{n} \rightarrow (\text{g/tn})$$

5. Se calculó el volumen mediante la expresión matemática:

$$V = A \times P_m \rightarrow (\text{m}^3)$$

6. Se calculó la densidad de mena mediante la expresión matemática:

$$\delta = \frac{\sum \delta_i}{n}$$

7. Se calculó las reservas de mena mediante la expresión matemática:

$$R = V \times \delta \rightarrow (\text{tn})$$

8. Finalmente, se calculó las reservas de metal media mediante la expresión matemática:

$$R_m = R \times Z_s$$

### 5.3.2. Metodología para el segundo objetivo

**Elegir el sistema de explotación del bloque “Carmen” de la concesión minera para su óptima operatividad técnica.**

Una vez concluido el primer objetivo se procedió a elegir el sistema de explotación a cielo abierto más óptimo que brinde seguridad, eficiencia y eficacia tanto en la ejecución como en la producción, contando con parámetros técnico económicos rentables para el titular minero.

#### 5.3.2.1. Elección del Sistema de explotación.

1. Primeramente, se procedió a identificar las particularidades del yacimiento de oro.
2. Luego se procedió a correlacionar las particularidades del yacimiento con la tabla 9 de análisis multicriterio de sistemas de explotación a cielo abierto con la finalidad de elegir el más óptimo en cuanto a criterios de seguridad, operatividad, y ambiente.

**Tabla 9.** Análisis Multicriterio de Sistemas de Explotación.

Sistema	Descripción	Ventajas	Desventajas
Cortas	Se usa en yacimientos masivos o de capas inclinadas, la explotación se lleva a cabo tridimensionalmente por banqueo descendente, con secciones verticales en forma troncocónica.	La extracción, en cada nivel, se realiza en un banco con uno o varios tajos. El desarrollo en cuando a profundidad de estas explotaciones suele ser grande, llegándose en algunos casos a superar los 300 m.	Estos métodos son los tradicionales de la minería de carbón. la explotación se lleva a cabo tridimensionalmente por banqueo descendente, con secciones verticales en forma troncocónica.
Canteras	Se realizan para las explotaciones de rocas industriales, ornamentales y de materiales de construcción.	Se caracteriza por la formación de un gran número de bancos, aprovechando la pendiente y el depósito superficial. Garantizar la seguridad del personal operativo y el aprovechamiento racional y secuencial de la roca o mineral de interés. Permite iniciar la restauración con antelación y desde los bancos superiores hasta los de menor cota. Presentando bermas intermedias y taludes técnicamente diseñados en condiciones de estabilidad favorables	Exigen constituir toda la infraestructura viaria para acceder a los niveles superiores desde el principio y obliga a una mayor distancia de transporte.

Sistema	Descripción	Ventajas	Desventajas
Terrazas	Yacimientos de uno o varios niveles mineralizados y con recubrimientos potentes.	Las profundidades que se alcanzan son importantes, existiendo casi exclusivamente una limitación de tipo económico en la determinación de cuál es el último nivel mineralizado que se explotará. Banqueo con avance unidireccional. Permiten depositar el estéril en el hueco creado, transportándolo alrededor de la explotación	Yacimientos relativamente horizontales
Contornos	Yacimientos con capas tumbada	Excavación del estéril y del mineral en sentido transversal al afloramiento, hasta alcanzar el límite económico, dejando un talud de banco único y progresión longitudinal siguiendo el citado afloramiento.	De reducida potencia y topografía generalmente desfavorable, se aplican los métodos conocidos bajo la denominación de minería de contorno.
Descubierta	Este método se aplica en yacimientos tumbados u horizontales	Consiste en el avance unidireccional de un módulo con un solo banco desde el que se efectúa el arranque del estéril y vertido de éste al hueco de las fases anteriores.	Recubrimientos de estéril inferiores, por lo general, a los 50 m.

**Nota.** (González D. , 2023)

### 5.3.3. Metodología para el tercer objetivo

**Diseñar el sistema de explotación a cielo abierto en el bloque “Carmen” de la Concesión Minera Joya de Oriente II.**

**5.3.3.1. Parámetros Principales de Diseño.** Una vez elegido el sistema de explotación acorde al bloque “Carmen” se procedió a realizar los cálculos de la infraestructura que conlleva el diseño del sistema, para ello se tomaron en cuenta las expresiones matemáticas propuestas por Noguel y Recio (2001) en su libro Trabajos a Cielo Abierto.

#### a. Profundidad de la cantera.

Se calculó en base a la cota mayor del bloque Carmen y la cota menor hasta donde llegará la explotación a cielo abierto.

$$H_f = H_s - H_i$$

Donde;

$H_s$  = cota mayor

$H_i$  = cota menor

**b. Altura de bancos.**

Este parámetro se estableció en base a la ficha técnica de la excavadora XGMA XG822EL.

La máquina descrita se encuentra en el **Anexo 23**

$$H_b = 0.9 \times (Ab)$$

Donde:

Ab: alcance del brazo, y será utilizado viendo el catálogo de la maquinaria a utilizarse.

**c. Número de bancos.**

Para la determinación del número de bancos se lo efectuó bajo la siguiente expresión matemática expuesta a continuación.

$$\# b = \frac{H_f}{H_b}$$

Donde;

$H_f$  = Altura del bloque

$H_b$  = Altura de los bancos

**d. Ángulo de talud de trabajo.**

Se calcula en base al coeficiente de Protodyakonov, donde para su relación se usó la tabla adjunta.

$$\alpha = \tan^{-1} \times (f)$$

Donde:

$$f = \text{Coeficiente de Protodyakonov} = \frac{\text{RCS (MPa)}}{10}$$

**Tabla 10.** Clasificación de las Rocas Según Protodyakonov

Categoría	Grado de resistencia de la roca	Rocas	Coeficiente de resistencia "f"	Ángulo de resistencia interna "B"
IV	Rocas suficientemente resistentes	Arenisca común. Minerales de hierro	6	80 32'
IV a	ídem	Esquistos arenosos, areniscas esquistosas.	5	78 41'
V	Rocas de resistencia media	Esquistos arcillosos resistentes. Areniscas y calizas no resistentes, conglomerados suaves.	4	75 58'

Categoría	Grado de resistencia de la roca	Rocas	Coefficiente de resistencia "f"	Ángulo de resistencia interna "B"
V a	Ídem	Diferentes esquistos (no resistentes). Margas compactas	3	71 34'
VI	Rocas suficientemente suaves	Esquistos suaves. Calizas, cretas, sal gema, yeso muy suave. Suelos congelados, antracita. Margas corrientes. Areniscas desmenuzadas, guijos cementados, suelos pedregosos	2	63 26'
VI a	Ídem	Suelos cascajosos. Esquistos destrozados, arcillas y ripios prensados, carbón de piedra resistente, arcilla endurecida.	1.5	63 23'
VII	Rocas suaves	Arcilla (compacta). Carbón de piedra suave, recubrimientos resistentes, suelos arcillosos	1	45 00'
VII a	Ídem	Arcilla arenosa suave, loess, grava.	0.8	38 40'
VIII	Rocas terrosas	Suelo cultivable. Turba. Arcilla terrosa liviana. Arena húmeda	0.6	30 58'
IX	Rocas pulverulentas	Arena, detritus, grava, tierra suelta, carbón extraído	0.5	26 33'
X	Rocas fluyentes	Arenas fluyentes, suelos pantanosos, loess diluidos y otros suelos diluidos.	0.3	16 42'

**Nota.** (Balcazar, 2019)

### e. Plataforma de trabajo

Este parámetro consta en el cálculo del ancho de berma y el ancho de vía, para lo dicho se toma en cuenta las siguientes expresiones respectivamente

#### Ancho de berma

$$B = \frac{H_b}{3}$$

Donde;

$H_b$  = Altura de los bancos

**Ancho de vía.**

$$A = a(0.5 + 1.5 n)$$

Donde:

a= Ancho del vehículo.  
N = Número de carriles.

**f. Ancho de la plataforma de trabajo.**

$$T = C + A + B$$

Donde:

T = Ancho de la plataforma de trabajo  
C = Espacio de maniobra de la pala cargadora (1.5 veces su longitud)  
A = Ancho de la vía.  
B = Berma de seguridad

**g. Volumen del mineral**

El volumen mineral fue calculado en base a la sumatoria de los bloques mineralizados.

$$\text{Volúmen Mineral: } B1 + B2 + \dots Bn$$

$$\text{Volúmen Mineral: } m^3$$

**h. Volumen de estéril**

Este volumen fue calculado a través de los bloques que no evidenciaron leyes minerales representativas.

$$\text{Volúmen de Esteril: } m^3$$

**i. Coeficiente de destape**

$$C_d = \frac{V_e}{V_m}$$

Donde:

$V_e$ = Volumen del estéril  
 $V_m$ = Volumen del mineral

**g. Tiempo de duración de la cantera**

$$T_d = \frac{Q * n}{P}$$

Donde:

$T_d$ = Tiempo de duración de la cantera  
Q= reservas probadas + probables  
N= Peso volumétrico del mineral  
P= producción anual

### **5.3.3.2. Determinación del ciclo de trabajo.**

#### **Destape.**

La selección de la maquinaria para el destape se basó en la escasa capa vegetal presente en el bloque de explotación. En este sentido, se determinó que se utilizará una excavadora XGMA XG822EL para arrancar la capa vegetal, la cual será depositada en dos volquetes Mercedes Benz para su posterior traslado al invernadero de la concesión o para la remediación de otras áreas dentro de la concesión. La maquinaria descrita se encuentra en el *Anexo 23*.

#### **Arranque.**

Tomando en cuenta las propiedades físico mecánicas del material existente en el bloque, se determinó que el arranque se ejecutara vía mecánica, ya que la resistividad de la roca es media. La maquinaria a tomarse en cuenta será una excavadora XGMA XG822EL, la cual realizará el arranque directo desde el banco y posicionará el material en dos volquetes Mercedes Benz para su posterior transporte. La maquinaria descrita se encuentra en el *Anexo 23*.

#### **Carga.**

La operación será llevada a cabo utilizando una excavadora XGMA XG822EL, la cual se encargará de extraer el material del Frente de explotación y cargarlo directamente en los volquetes Mercedes Benz para su posterior traslado. La maquinaria descrita se encuentra en el *Anexo 23*.

#### **Transporte.**

Esta operación se efectuará con 3 volquetes Mercedes Benz existentes en el campamento con capacidad máxima de 12 m<sup>3</sup>, su acción consistirá en el transporte del material proveniente del Frente de explotación hacia la zona de stock para la ejecución de trituración y molienda. La maquinaria descrita se encuentra en el *Anexo 24*.

**5.3.3.3. Costos económicos de la explotación.** Se determinó por costo de maquinaria, insumos y el personal. Dichos cálculos se los realizó de forma anual, quedando establecidos de la siguiente forma:

- **Costo de maquinaria**

**Tabla 11.** *Costos unitarios de maquinaria*

<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario (\$/h)</b>	<b>Costo total (\$/h)</b>	<b>Costo total (\$/día)</b>	<b>Costo total (\$/mes)</b>	<b>Costo total (\$/anual)</b>
Excavadora XGMA XG822EL	1	18	18	144	3168	38016
Volquetes Mercedes Benz	2	15	30	240	5280	1393920
<b>Subtotal</b>						1431936

- **Costo por insumos**

**Tabla 12.** *Costos unitarios de insumos*

<b>Insumo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo total (\$/mes)</b>	<b>Costo total (\$/anual)</b>
Lubricantes	1	35	230	2760
Diésel	1	90	1980	23760
Repuestos	1	8.18	179.96	2159.52
<b>Subtotal</b>				28679.52

- **Costo de personal**

**Tabla 13.** *Costos Unitarios de personal*

<b>Cantidad</b>	<b>Cargo</b>	<b>Costo unitario (USD)</b>	<b>Sueldo mensual (USD)</b>	<b>Costo total (USD)</b>
1	Operador de excavadora	800	800	9600
2	Operador de volquete	733	1466	17592
1	Ing. en minas	1000	1000	12000
<b>Total</b>				39192

#### **5.3.3.4. Análisis económico de rentabilidad**

El cálculo se basó en la cantidad de gramos de oro presentes en cada bloque mineral, como se detalla en la sección de cálculo de reservas. Las reservas en gramos se multiplicaron por el precio del mineral en el mercado internacional, considerando la variabilidad de su valor, se utilizó un precio estándar de 60 \$ por gramo. Luego, se dedujo el costo de operación previamente mencionado, lo que resultó en la rentabilidad. Para los dos primeros bloques, la rentabilidad fue desfavorable con pérdidas considerables, mientras que el bloque 3 permitió llevar a cabo su explotación. Par este cálculo se tomó en cuenta la siguiente tabla:

**Tabla 14.** *Análisis económico de rentabilidad de explotación por cada bloque*

<b>Bloque</b>	<b>Reservas de Au (g)</b>	<b>%Recup. Planta</b>	<b>Recup. Au (g)</b>	<b>Precio de venta (\$)</b>	<b>Total \$</b>	<b>Tiempo de vida (años)</b>	<b>Costos de operación</b>	<b>Rentabilidad</b>
<b>1</b>	<b>1172.45</b>	89%	1043	65	67826	1	248576.2	-180750.0
<b>2</b>	1551.93	89%	1381	65	89779.2	1	248576.2	-158797.0
<b>3</b>	15440.2	89%	13742	65	893216	2	497152.4	396063.2
<b>Total</b>	<b>18164.58</b>				<b>1050821.0</b>			<b>56516</b>

## 6. Resultados

### Información General de la Concesión Joya de Oriente II

La concesión de estudio conocida como "Joya de Oriente II código 501381" alberga un depósito de tipo stockwork que se extiende sobre una superficie total de 26 hectáreas, con el propósito específico de extracción de oro como el mineral de mayor interés.

**Tabla 15.** Información General de la Concesión de Estudio.

<b>Concesión minera Joya del Oriente II código 501381</b>			
<b>Nombre</b>	Joya del Oriente II		
<b>Código</b>	501381		
<b>Régimen</b>	Pequeña Minería		
<b>Fase del Recurso</b>	Exploración- Explotación		
<b>Ubicación Política</b>	Provincia: Zamora Chinchipe		
	Cantón: Yantzaza		
	Parroquia: Los Encuentros		
	Sector: El Zarza-Bellavista		
<b>Ubicación geográfica</b>	<b>Punto</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>
	Pp	778600	9579600
	1	778900	9579600
	2	778900	9578800
	3	778600	9578800
	4	778600	9579200
	5	778500	9579200
	6	778500	9579400
7	778600	9579400	
<b>Superficie</b>	26 hectáreas		
<b>Titular</b>	Sociedad Minera Joya del Oriente Norte		

**Nota.** (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables, 2022)

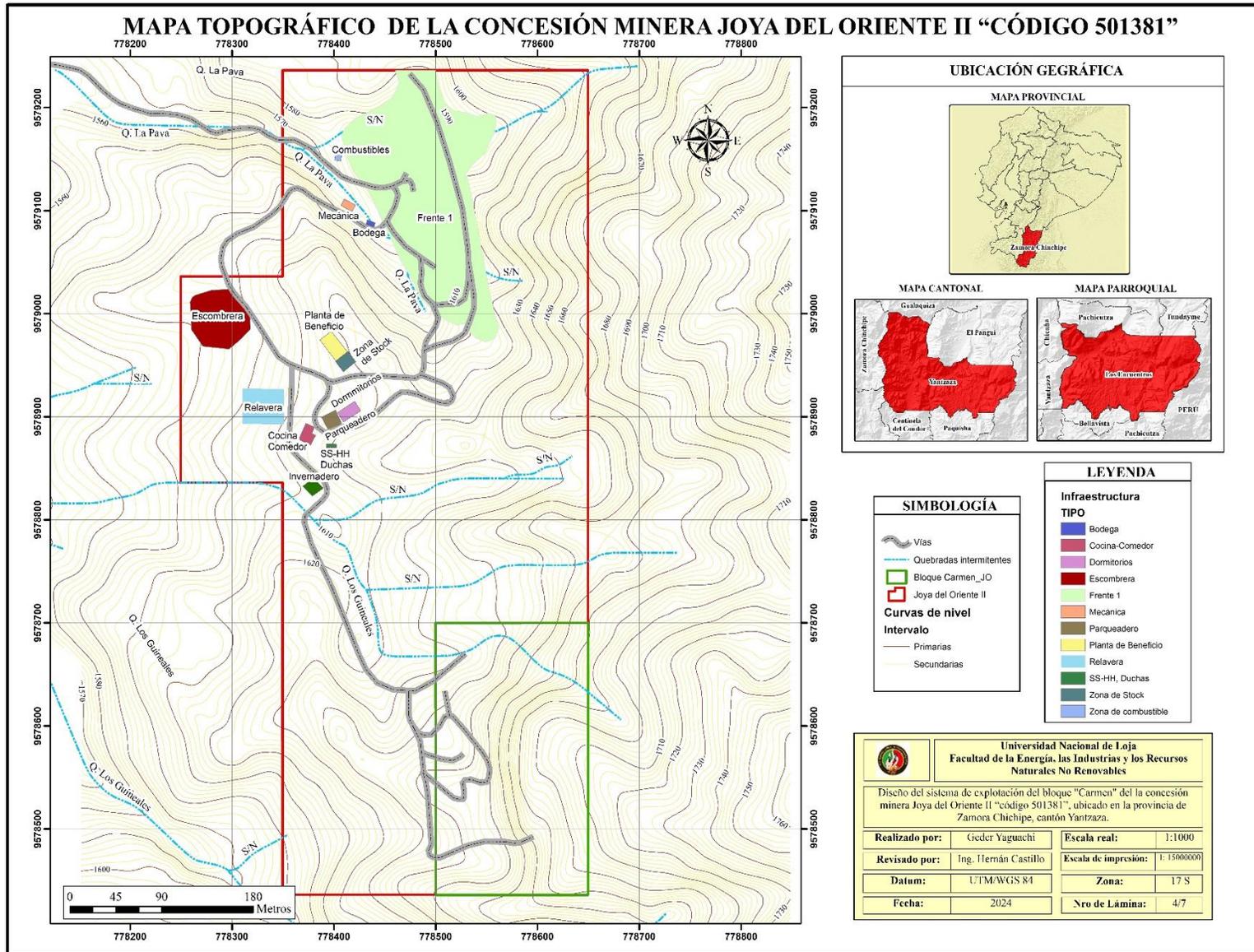
#### 6.1 Resultados del Primer Objetivo

*“Caracterizar las condiciones geológico mineras del bloque “Carmen” de la Concesión Minera Joya de Oriente II.”*

##### 6.1.1 Topografía de la concesión minera Joya de Oriente II, código 501381

La topografía en general de las 26 hectáreas que abarca la concesión minera presenta una infraestructura esencial para el desarrollo de las operaciones mineras. Esta infraestructura comprende: cocina, comedor, dormitorios, baños, mecánica, parqueadero, bodega, Frente de explotación, escombrera, zona de stock, planta de beneficio, escombrera y planta de tratamiento de las aguas. La Figura 21 evidencia la topografía de la concesión, para una mejor visualización (Ver Anexo 4)

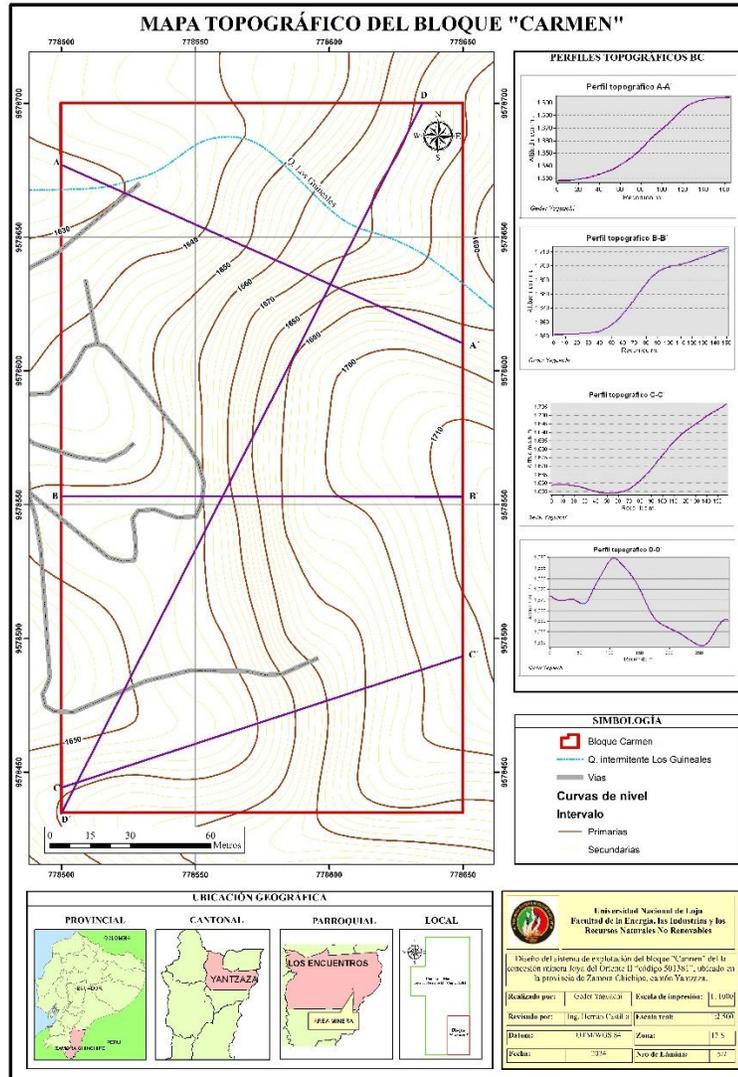
Figura 21. Mapa topográfico de la concesión Minera Joya del Oriente II



### 6.1.1.1 Delimitación del Frente de explotación.

La delimitación del Frente de explotación se refiere al bloque “Carmen” siendo el enfoque principal de la investigación. Referente a la información levantada en campo y previamente procesada, se levantó una extensión de 3.750 ha, al SE de la concesión Minera Joya de Oriente II, código 501381. (Ver *Anexo 5*)

**Figura 22.** Mapa topográfico del Bloque "Carmen"



La descripción topográfica del bloque de interés indica que las altitudes varían entre 1628 y 1712 m.s.n.m, lo que se traduce en una diferencia de elevación de 84 m. Los terrenos de menor altitud se encuentran en las laderas del NW y SW, mientras que las elevaciones más altas se ubican en la zona NE – SE y corresponden a terrenos de elevación media.

### **6.1.2 Geología Local**

#### **Formación Hollín**

El Bloque Carmen se encuentra dispuesto bajo la Formación Hollín, misma que esta suprayacente en toda el área de estudio, dispuesta a lo largo de las montañas prominentes y discontinuas del sector, características de la morfología de la Cordillera del Cóndor, la inconformidad de Hollín yace por encima de grupos volcánicos/plutónicos del Jurásico y representa una transgresión marina del ancho del continente subsecuente con la penillanura de la zona proto-Sub-Andina. La Hollín consiste de areniscas de cuarzo con capas cruzadas agrupadas, intervalos delgados de lutita y arenisca intercalada, con lutitas subordinadas y un espesor asociado con lentes de lutitas orgánicas oscuras y carbonatos.

#### **Formación Misahuallí**

La Formación Misahuallí está dominada por una potente secuencia de andesitas y andesitas basálticas plagioclasa – hornblenda de color verde grisáceo claro a verde oscuro, intrusivos andesíticos porfirítico de feldespato, zonas de brechas freáticas locales e intrusiones planas menores. También están presentes cantidades subordinadas de areniscas volcanogénicas intraformacionales, y otras brechas.

Vetas calcedónicas y de carbonato de manganeso y stockworks en Misahuallí, junto con brechas calcedónicas en la matriz, son los principales indicios de mineralización en la superficie del sistema epitermal voluminoso enterrado.

Una unidad andesítica hornblenda-afanítica de grano fino constituye la roca de caja predominante del yacimiento. El tipo de roca predominante es a menudo de textura afanítica.

Un Pórfido feldespático (dacita) de grano medio y otros diques de grano medio a grueso flanquean la Formación Misahuallí, se presume que son las fases del compuesto de temprano a tardío, del Batolito de Zamora del Jurásico.

#### **Batolito de Zamora**

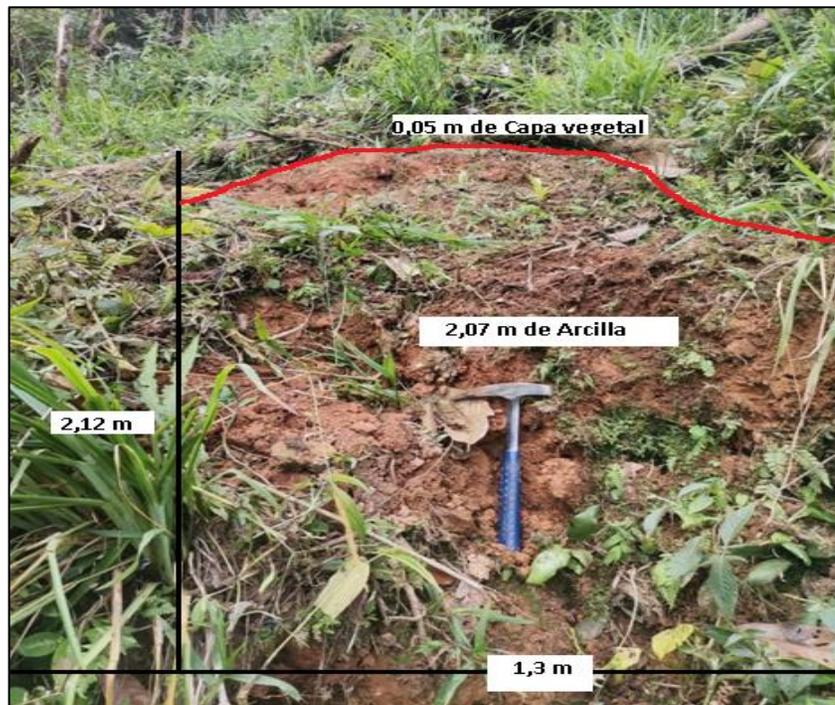
Dentro de las mayores unidades geológicas presentes en el proyecto se encuentra el Batolito de Zamora de edad Jurásico, el mismo está delimitado al este por dolomitas y esquistos del Grupo Pucará del Triásico /Jurásico (en el Perú), y hacia el oeste por rocas metamórficas pertenecientes a las eras Paleozoica a Cretácea que dan lugar a la Cordillera Real.

Según el trabajo de campo, se evidenció la presencia de rocas ígneas volcánicas (andesita) y material arcilloso en la superficie, este último producto de la descomposición de los minerales que componen las andesitas alteradas. Estas andesitas pertenecen a la formación Misahuallí, que data del periodo Jurásico al Cretáceo inferior.

#### a. Afloramiento 1

Es de origen natural, se ubica 3 m fuera de los límites de la concesión con coordenadas **x**: 778653; **y**: 9578615; **z**: 1691 msnm; cuenta con un ancho de 1.3 m y altura de 2.12m.

**Figura 23.** Afloramiento 1



El área en cuestión presenta una cobertura vegetal de tipo herbácea en la parte superior de 0,05 m de espesor y tipo arbustiva en su extensión. Además, se encuentra en un estado de humedad total. En cuanto a su litología, se evidencia la presencia de 2.07 m de un suelo tipo arcilla color café marrón con partículas irregulares en su matriz de un tamaño promedio de 1cm.

#### b. Afloramiento 2

Es de origen natural, se ubica en los límites de la concesión con coordenadas **x**: 778650; **y**: 9578667; **z**: 1685 msnm; cuenta con un ancho de 6 m y altura de 1.95 m, posee un rumbo y buzamiento de 162°/33°NE.

**Figura 24. Afloramiento 2**



El área presenta una cobertura vegetal de 0,06 m de espesor y está totalmente húmeda. La litología consiste en una capa de 0,095 m de arcilla café marrón tipo suelo con partículas irregulares, seguida por 1.8 m de andesita altamente alterada, una roca relativamente blanda y porosa que es susceptible a la desintegración. Debido a la visibilidad de su composición mineral, se deduce que su textura es afanítica.

**c. Afloramiento 3**

Es de origen natural, se ubica las coordenadas **x**: 778634; **y**: 9578688; **z**: 1673 msnm; cuenta con un ancho de 3.82 m y altura de 1.96 m.

**Figura 25. Afloramiento 3**

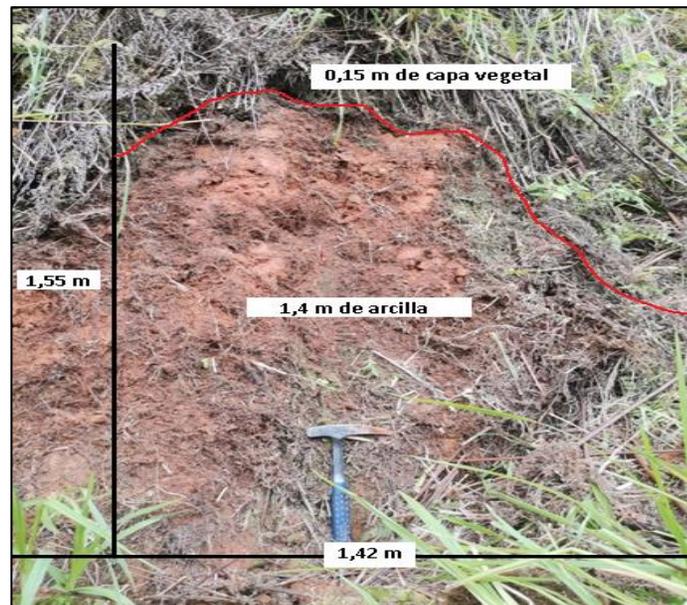


El área presenta una cobertura vegetal arbustiva de 0,05 m de espesor en la parte superior, y está totalmente húmeda. La litología evidencia la presencia de 1,91 m de arcilla color café marrón tipo suelo, con partículas irregulares de un tamaño promedio de 0,08 cm en su matriz.

#### d. Afloramiento 4

Es de origen natural, se ubica las coordenadas **x**: 778557; **y**: 9578650; **z**: 1642 msnm; cuenta con un ancho de 1.42 m y altura de 1,55 m.

**Figura 26.** Afloramiento 4

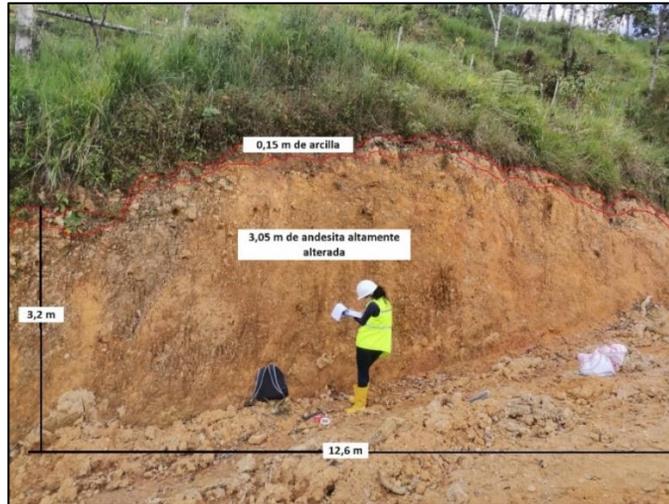


El área presenta una cobertura vegetal herbácea de 0,15 m de espesor en la parte superior, y se encuentra totalmente húmeda. La litología evidencia la presencia de 1,40 m de un suelo arcilloso color café marrón, con partículas irregulares de un tamaño promedio de 0,5 cm en su matriz.

#### e. Afloramiento 5

Es de origen antrópico y se ubica en la primera vía del bloque con coordenadas **x**: 778523, **y**: 9578606, **z**: 1646 msnm. Tiene un ancho de 12,6 m y una altura de 3,2 m, con un rumbo y buzamiento de 34°/59°NO

**Figura 27.** *Afloramiento 5*

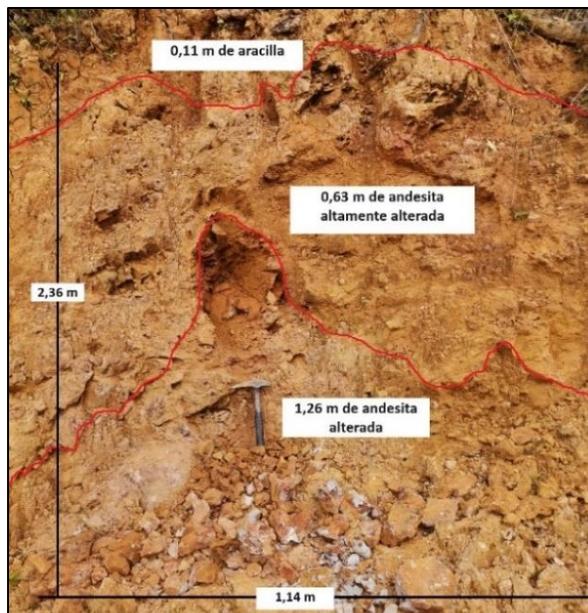


El área se encuentra totalmente húmeda y cubierta por una capa de 0,15 m de arcilla café marrón, producto del arrastre fluvial. En cuanto a la litología, se evidencia una capa de 3,05 m de andesita altamente alterada de textura afanítica, con presencia de fracturas en su estructura. Esta andesita es inconsistente y se desintegra fácilmente al golpe del martillo geológico, lo que genera la formación de nuevos materiales como arcilla o limolita.

**f. Afloramiento 6**

Es de origen antrópico, se ubica en las coordenadas **x:** 778543; **y:** 9578582; **z:** 1653 msnm; cuenta con un ancho de 1.14 m y altura de 2.36 m, posee un rumbo y buzamiento de 79°/12°NO.

**Figura 28.** *Afloramiento 6*



Se halla totalmente húmedo. En cuanto a su composición litológica, se identifican 0,11 m de arcilla de color café marrón con presencia de partículas irregulares, seguidos por 0,63 m de andesita altamente alterada; roca con presencia de óxidos de hierro y manganeso en su matriz otorgándole un color morado brillante, posee textura afanítica. Además, se ha observado la presencia de andesita alterada de textura afanítica en la parte baja, con una potencia de 1.26 m. Es importante destacar que la totalidad del área se encuentra cubierta por una capa de arcilla de color café marrón.

#### **g. Afloramiento 7**

Es de origen antrópico, se ubica en las coordenadas **x: 778536; y: 9578545; z: 1655 msnm**; cuenta con un ancho de 8 m y altura de 2.2 m, posee un rumbo y buzamiento de  $141^{\circ}/40^{\circ}\text{NE}$ .

**Figura 29.** Afloramiento 7



El área se encuentra húmeda cubierta la mayor parte de arcilla café marrón proveniente de la corona del afloramiento que mediante lluvia y arrastre del material cubre el área. En cuanto a la litología, en la parte superior se encuentra una capa de andesita altamente alterada blanda y porosa, de un espesor de 0,86 m. Posteriormente, se ha observado la presencia de una capa de andesita moderadamente alterada de textura afanítica con un espesor de 1.34 m; esta capa muestra en su estructura la presencia de óxidos de hierro y manganeso, lo cual le confiere un color morado brillante.

#### **h. Afloramiento 8**

Es de origen antrópico, se ubica en la vía del bloque con coordenadas **x: 778497; y: 9578478; z: 1644 msnm**; cuenta con un ancho de 4 m y altura de 1.53 m, posee un rumbo y buzamiento de  $174^{\circ}/81^{\circ}\text{NE}$

**Figura 30.** Afloramiento 8

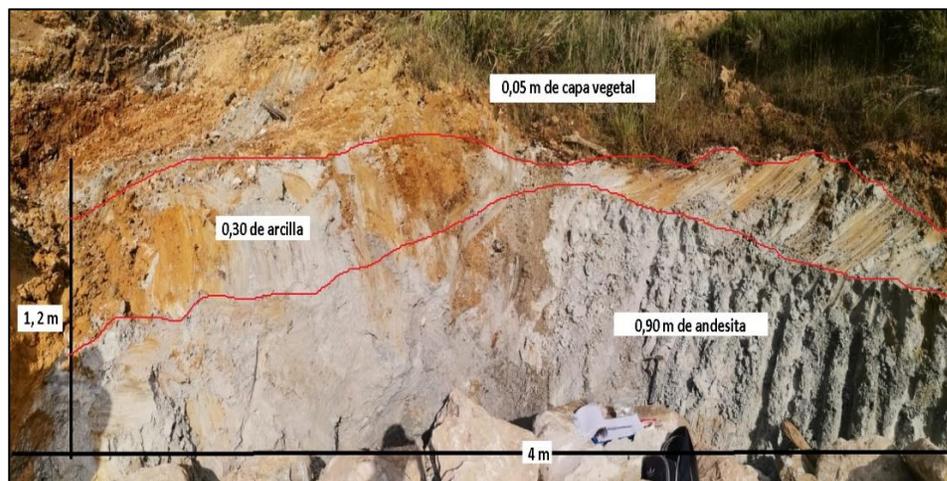


El afloramiento se encuentra completamente húmedo y cubierto por una capa de arcilla de color café claro. En cuanto a su litología, en la corona se observa una capa de arcilla con un espesor de 0,06 m, justo debajo de esta capa, se encuentra una capa de andesita altamente alterada de textura afanítica, de consistencia blanda y porosa susceptible a la disgregación por acción de agua y temperatura con un espesor de 1.47 m.

**i. Afloramiento 9**

Es de origen antrópico, se ubica en la vía del bloque con coordenadas **x:** 778523; **y:** 9578569; **z:** 1647 msnm; cuenta con un ancho de 4 m y altura de 1.2 m.

**Figura 31.** Afloramiento 9



El área presenta humedad total además su corona está cubierta por una capa de 0,05 m de vegetación tipo herbácea. En su litología se evidencia la presencia de arcilla café marrón con 0,30 m de potencia, seguida de una capa de andesita gris clara alterada de textura afanítica de 0,90 m de potencia.

#### **j. Afloramiento 10**

Es de origen antrópico, se ubica en la vía del bloque con coordenadas **x:** 778520; **y:** 9578570; **z:** 1646 msnm; cuenta con un ancho de 7 m y altura de 2.1 m, posee un rumbo y buzamiento de 277°/6°NE

**Figura 32.** *Afloramiento 10*

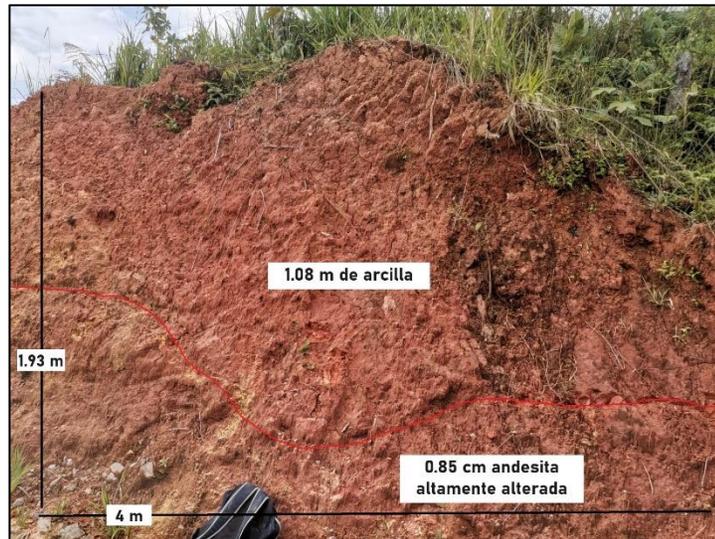


El área se encuentra húmeda, cubierta de arcilla color café a marrón. En cuanto a su litología, se ha observado la presencia de una capa de arcilla café marrón con un espesor de 0,25 m, seguida de una capa de andesita moderadamente alterada blanda y porosa con 1.12 m de potencia, la roca presenta textura afanítica, debajo de ella se encuentra 0,73 m de espesor de andesita gris clara alterada de textura afanítica.

#### **k. Afloramiento 11**

Es de origen antrópico, se ubica en las coordenadas **x:** 778543; **y:** 9578462; **z:** 1646 msnm; cuenta con un ancho de 4 m y altura de 1.93 m.

**Figura 33.** *Afloramiento 11*



El área en particular se encuentra completamente húmedo y cubierto por una capa de arcilla de color café claro. En cuanto a su litología, en la corona se observa una capa de arcilla con un espesor de 1.08 m, subyaciendo a esta capa, se ubica una capa de andesita altamente alterada de textura afanítica, de consistencia blanda y porosa con espesor de 0.85 m.

### **I. Afloramiento 12**

Es de origen antrópico, se ubica en las coordenadas **x:** 778632; **y:** 95785658; **z:** 1673 msnm; cuenta con un ancho de 5 m y altura de 1.7 m

**Figura 34.** *Afloramiento 12*

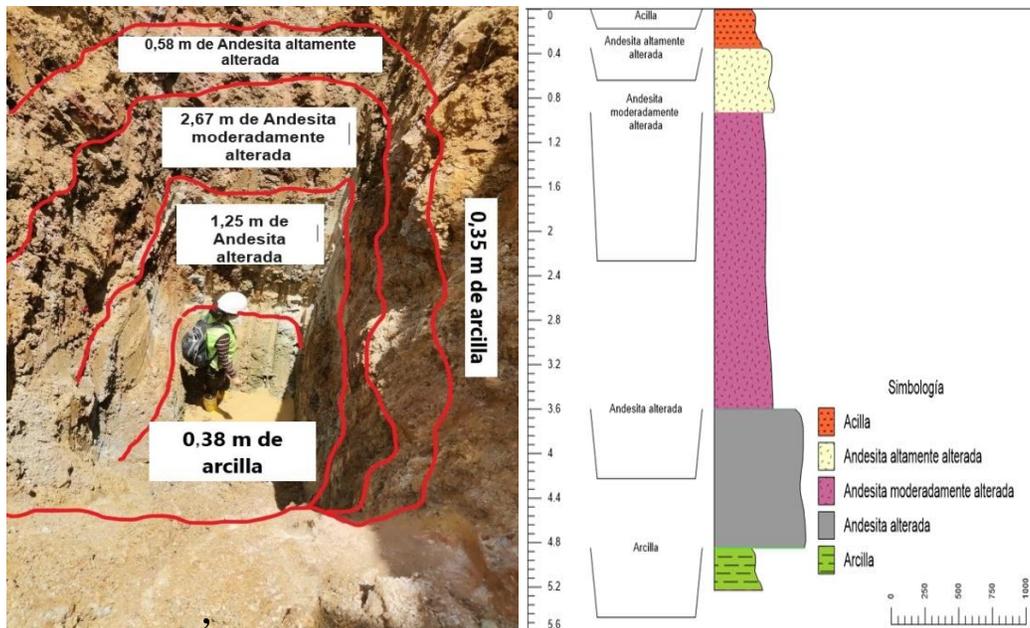


El afloramiento se encuentra completamente húmedo y cubierto por una capa de arcilla de color café claro. En la superficie subyaciendo a la capa vegetal se visualiza una capa de arcilla con un espesor de 0.45 m, siguiente a ella una capa de andesita altamente alterada de textura afanítica de consistencia blanda y porosa con espesor de 0.85 m.

### m. Calicata 1

La calicata número 1 se realizó a un costado de la vía, se ubicó en las coordenadas: x: 778494; y: 9578495; z: 1642 msnm.

**Figura 35. Calicata 1**



La calicata fue de dimensiones 1,65 m x 1.10 m y una profundidad de 5.23 m. Se identificaron 5 capas de material (Ver *Anexo 8*) en el siguiente orden:

Desde la superficie hasta los 0,35 m de excavación se identificó una capa de arcilla café marrón de granulometría fina que varían de 5 mm a 1 cm. Esta capa presentó fácil disgregación con paredes poco estables.

Desde los 0,35 m hasta los 0,93 m de excavación se encontró una capa de andesita altamente alterada blanda, porosa de color rosáceo debido a la oxidación del cuarzo y feldespato y textura piroclástica con un espesor de 0,58 m. Esta capa presentó paredes poco estables.

Desde los 0,93 m hasta los 3,60 m de excavación se encontró una capa de andesita moderadamente alterada húmeda de textura piroclástica altamente alterada con presencia de óxidos

de hierro y manganeso otorgándole un color morado brillante. Esta capa fue fácilmente excavable y tuvo un espesor de 2,67 m.

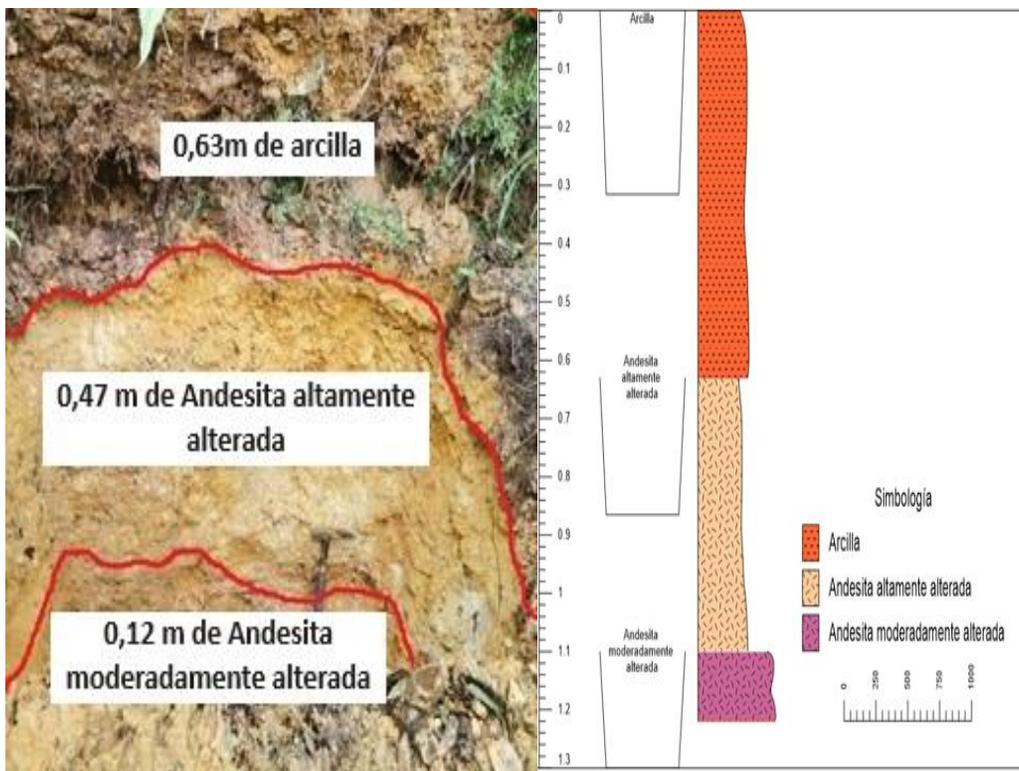
Desde los 3,60 m hasta los 4,85 m de excavación se encontró una capa de andesita gris clara alterada con un espesor de 1,25 m. Esta capa presentó paredes poco estables.

Finalmente, de 4.85 m a 5.23 m, se encontró arcilla color verde pastosa de granulometría fina de fácil disgregación y excavabilidad con paredes propensas a deslizamiento debido a la presencia de agua. La capa posee 0.38 m.

#### n. Calicata 2

La calicata número 2 se realizó en la parte alta montañosa del bloque, se ubicó en las coordenadas: x: 778643; y: 9578518 ; z: 1707 msnm.

**Figura 36. Calicata 2**



La calicata fue de dimensiones 0,98 m x 1,08 m y una profundidad de 1,22 m. Se identificaron 3 capas (Ver **Anexo 9**) de material en el siguiente orden:

Desde la superficie hasta los 0,63 m de excavación se identificó una capa de arcilla café marrón tipo suelo de granulometría fina. Esta capa presentó paredes poco estables.

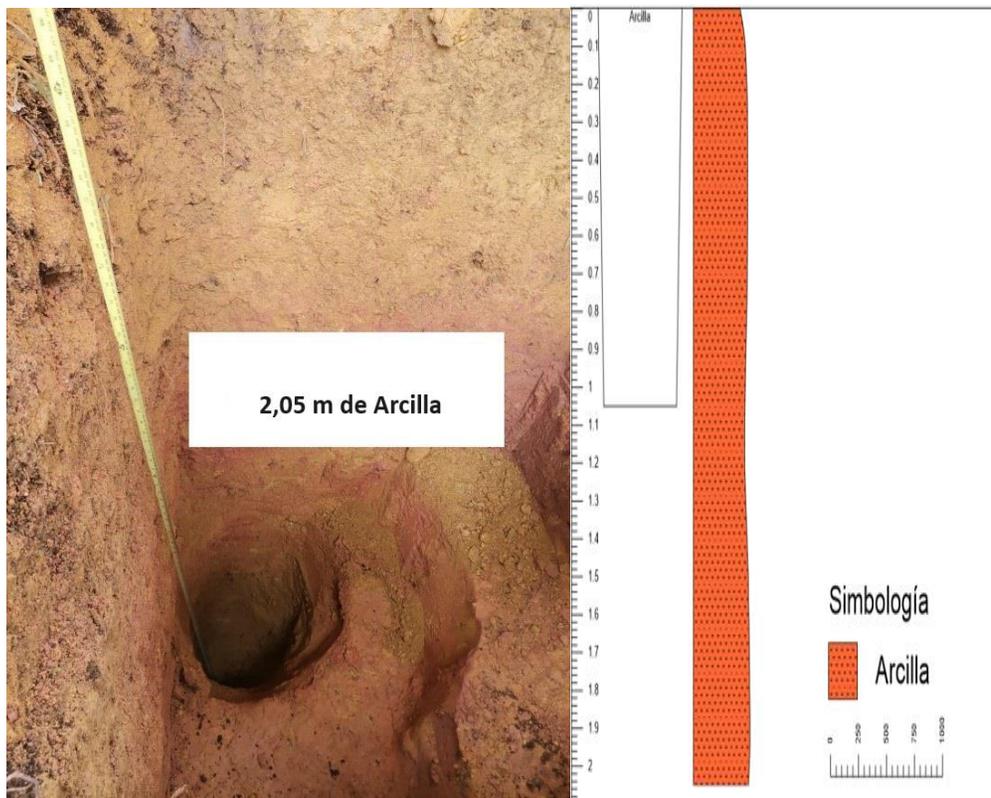
Desde los 0,63 m hasta los 1,1 m de excavación se encontró una capa de andesita altamente alterada color rosáceo debido a la oxidación de cuarzos y feldespatos, blanda, porosa con textura piroclástica, de fácil disgregación con un espesor de 0,47 m. Esta capa presentó paredes poco estables.

Finalmente, de los 1,1 m hasta los 1,22 m de excavación se encontró una capa de andesita moderadamente alterada de color morado brillante debido a la presencia de óxidos de hierro y manganeso. Esta capa fue fácilmente excavable y tuvo un espesor de 0,12 m.

### o. Calicata 3

La calicata número 3, se realizó en la parte alta montañosa del bloque, se ubicó en las coordenadas: x: 778612; y: 9578601 ; z: 1702 msnm.

**Figura 37.** Calicata 3



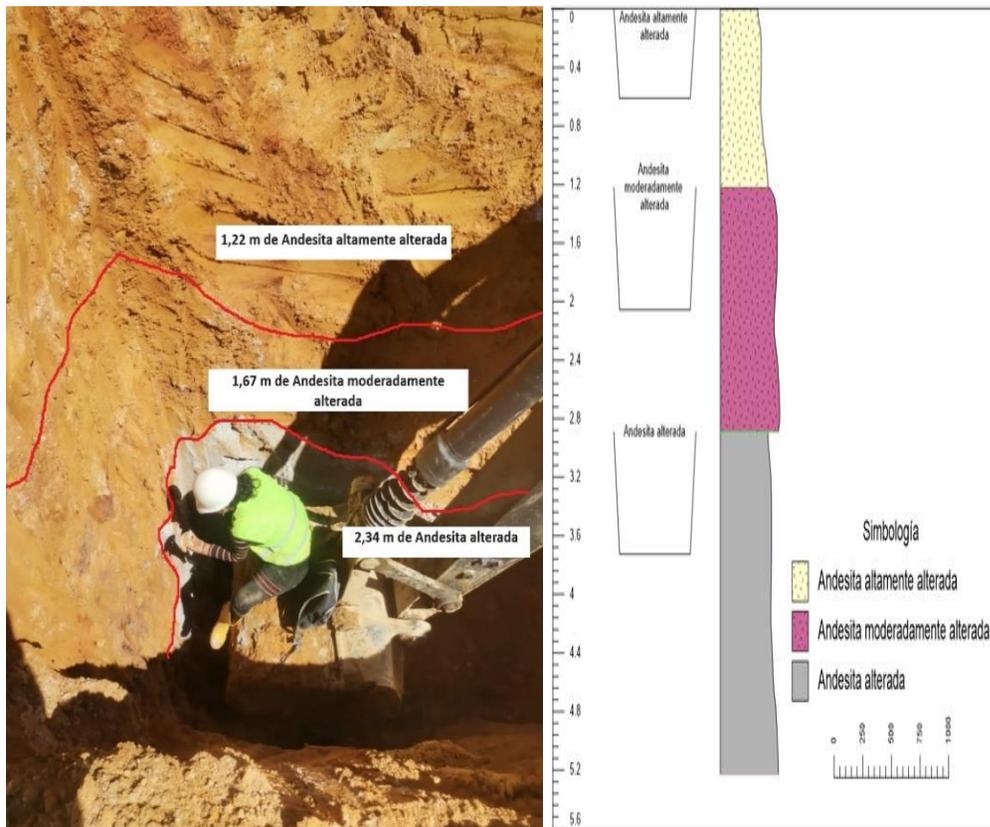
La calicata fue de dimensiones 1,1 m x 1,26 m y una profundidad de 2,05 m. Se identificó 1 capa (Ver *Anexo 10*) de material:

Desde la superficie hasta los 2,05 m de excavación se identificó una capa de arcilla café marrón de granulometría fina. Esta capa presentó paredes poco estables con presencia de humedad, razón por la cual no se siguió con la excavación.

**p. Calicata 4**

La calicata número 4, se realizó en la parte baja del bloque, se ubicó en las coordenadas: x: 778544; y: 9578549; z: 1655 msnm.

**Figura 38. Calicata 4**



La calicata fue de dimensiones 1,83 m x 3 m y una profundidad de 5,23 m. Se identificaron 3 capas de material (Ver *Anexo II*) en el siguiente orden:

Desde la superficie hasta los 1,22 m de excavación se encontró una capa de andesita altamente alterada blanda, porosa, color rosáceo debido a la oxidación de cuarzos y feldespatos, posee textura afanítica. Esta capa presentó paredes poco estables.

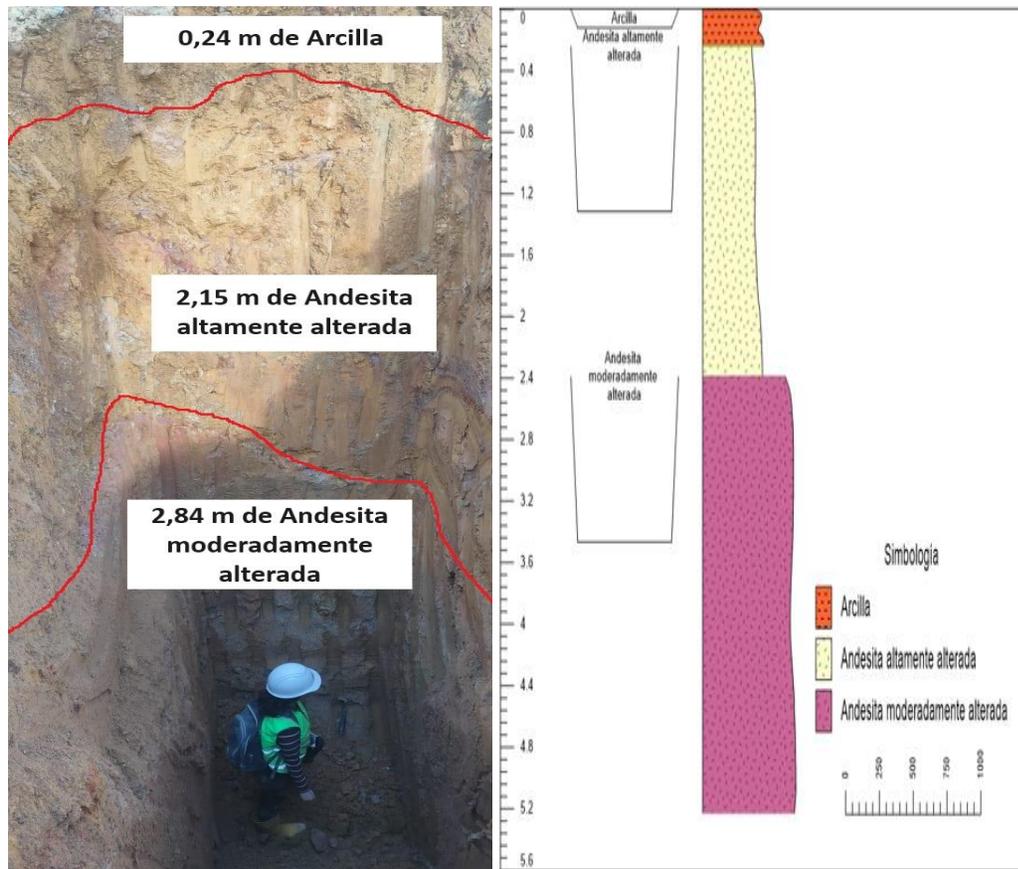
Desde los 1,22 m hasta los 2,89 m de excavación se encontró una capa de andesita moderadamente alterada con presencia de óxidos de hierro y manganeso. Esta capa fue fácilmente excavable y tuvo un espesor de 1,67 m.

Finalmente, desde los 2,89 m hasta los 5,23 m de excavación se encontró una capa de andesita alterada gris claro de textura afanítica con un espesor de 2,34 m. Esta capa presentó paredes poco estables.

#### q. Calicata 5

La calicata número 5, se realizó en el límite del bloque, se ubicó en las coordenadas: x: 778499; y: 9578616; z: 1639 msnm.

**Figura 39.** Calicata 5



La calicata fue de dimensiones 1,91 m x 2,70 m y una profundidad de 5,23 m. Se identificaron 4 capas de material (Ver *Anexo 12*) en el siguiente orden:

Desde la superficie hasta los 0,24 m de excavación se identificó una capa de arcilla café marrón de granulometría fina. Esta capa presentó paredes poco estables.

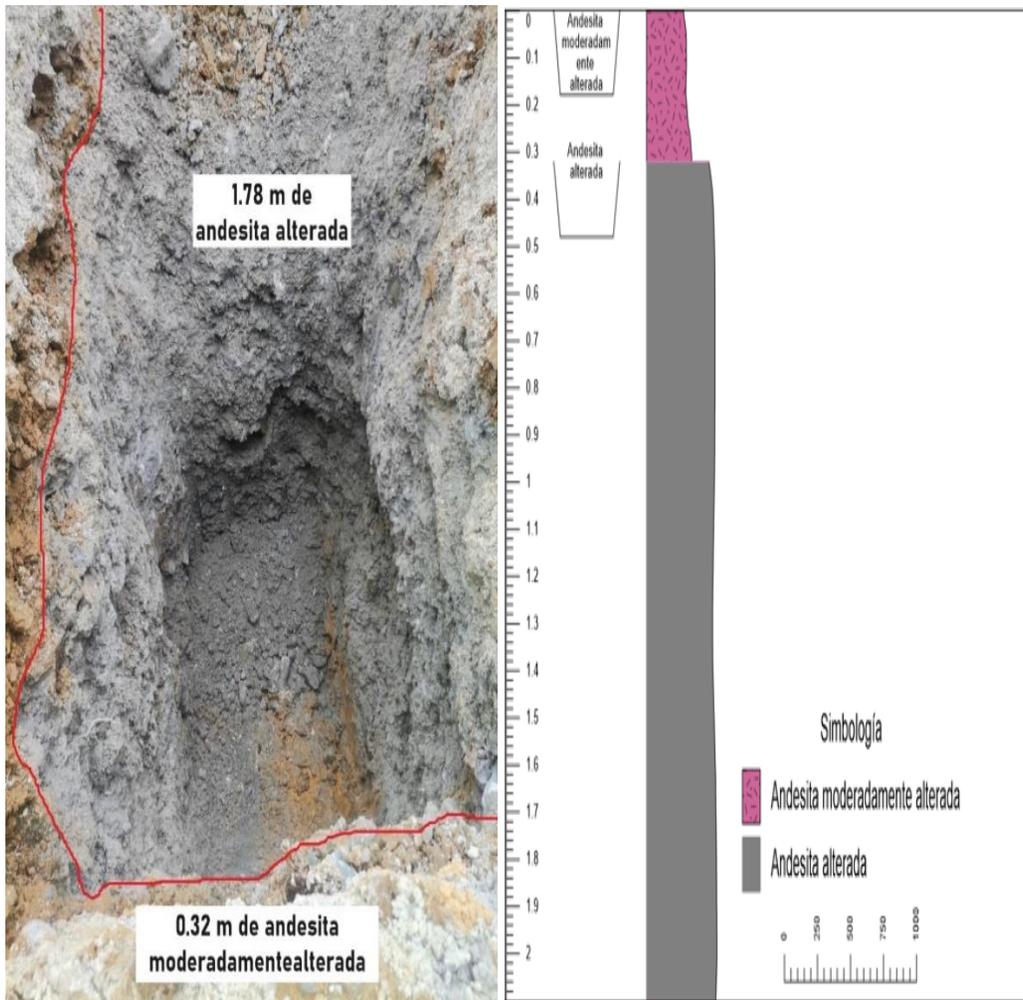
Desde los 0,24 m hasta los 2,39 m de excavación se encontró una capa de andesita altamente alterada, blanda, porosa, color rosáceo de textura piroclástica con un espesor de 2,15 m. Esta capa presentó paredes poco estables.

Finalmente, desde los 2,39 m hasta los 5,23 m de excavación se encontró una capa de andesita moderadamente alterada con presencia de óxidos de hierro y manganeso de textura afanítica. Esta capa fue fácilmente excavable y tuvo un espesor de 2,84 m.

#### r. Calicata 6

La calicata número 5, se realizó en el límite del bloque, se ubicó en las coordenadas: x: 778499; y: 9578616; z: 1639 msnm.

**Figura 40.** Calicata 6



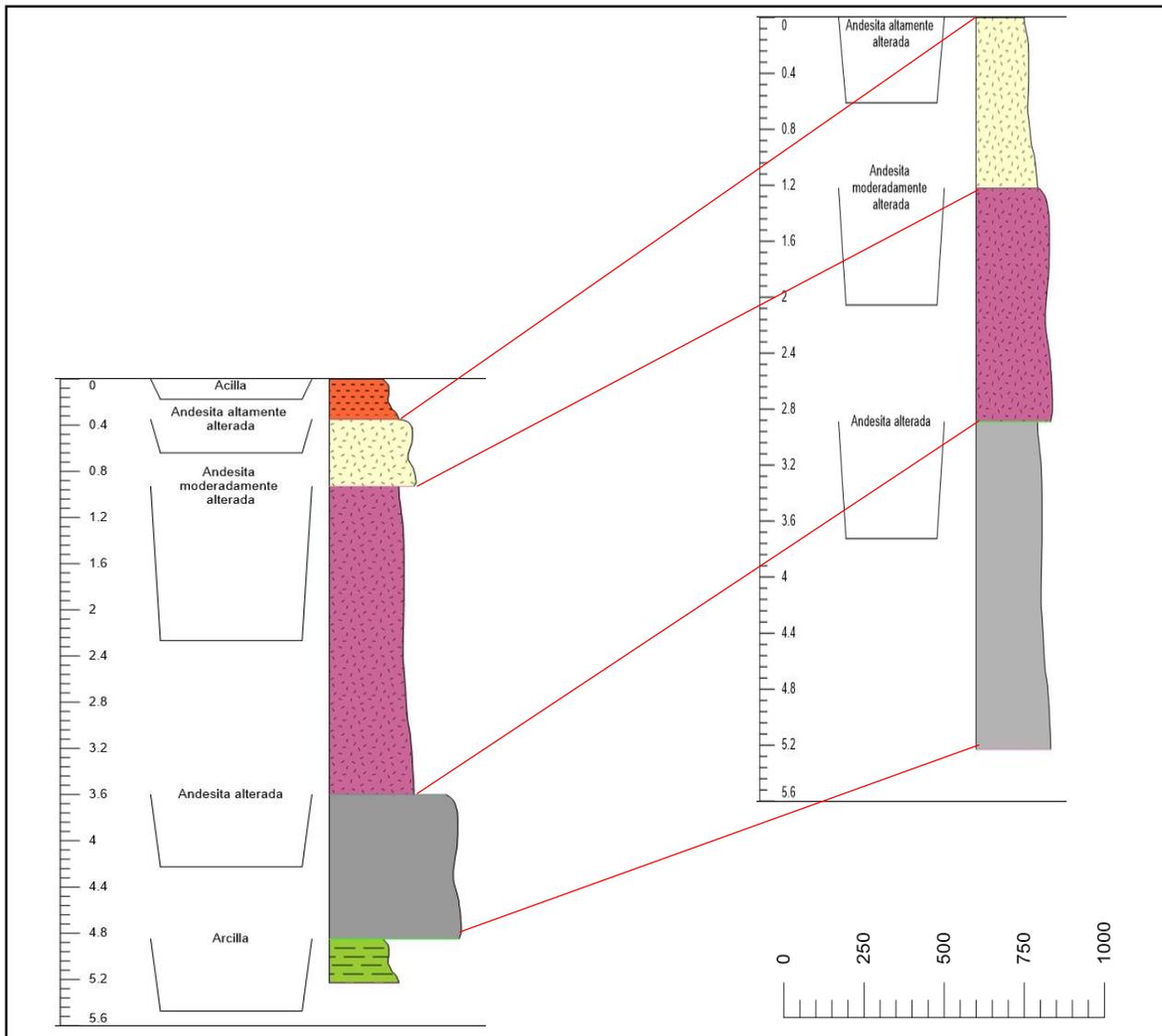
La calicata fue de dimensiones 0.91 m x 1.43 m y una profundidad de 2.10 m. Se identificaron 2 capas de material (Ver *Anexo 13*) en el siguiente orden:

Desde la superficie hasta los 0.32 m de excavación se encontró una capa de andesita moderadamente alterada con presencia de óxidos de hierro y manganeso de textura afanítica.

Finalmente, desde los 0.32 m hasta los 2.10 m de excavación se encontró una capa de andesita alterada gris claro de textura afanítica con un espesor de 1.78 m. Esta capa presentó paredes moderadamente estables

Ahora bien, con la información geológica levantada de las calicatas se procedió a realizar la correlación de las mismas a fin de determinar la posición y espesor de las capas encontradas dentro del bloque de estudio, que a su vez ayudaran a la elaboración del mapa geológico.

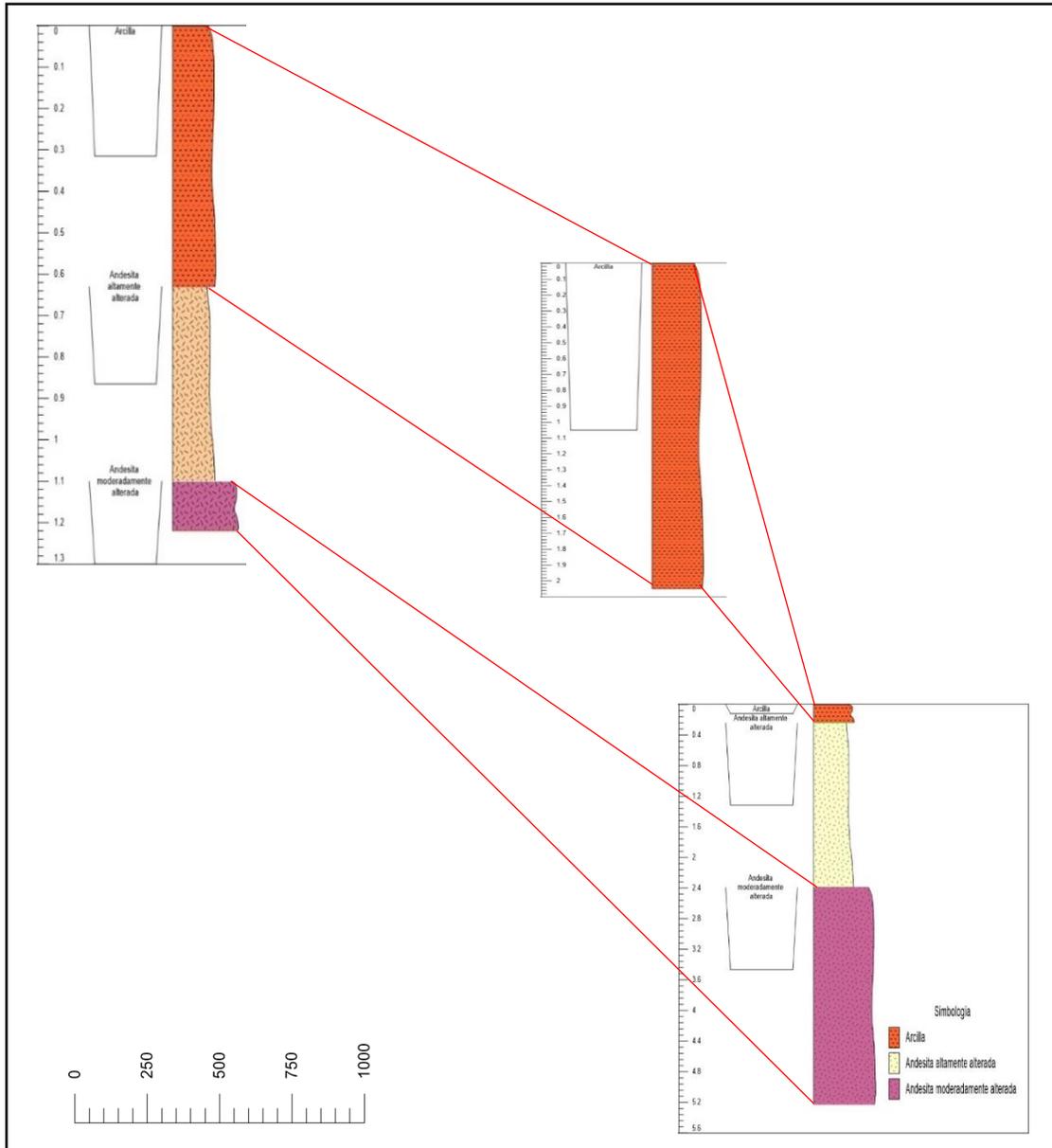
**Figura 41.** *Correlación de Calicatas 1 y 4*



La correlación de las calicatas realizadas en el área de estudio ha permitido visualizar la continuidad de los materiales subyacentes y estimar la potencia aproximada de las principales capas litológicas presentes.

La correlación de las calicatas 1 y 4 muestra una secuencia diferente, con un predominio de las andesitas en diversos grados de alteración. Aquí se identifican capas de andesita altamente alterada, andesita moderadamente alterada con óxidos, y andesita sin mayores alteraciones.

**Figura 42.** *Correlación de la calicata 2 ,3 y 5*



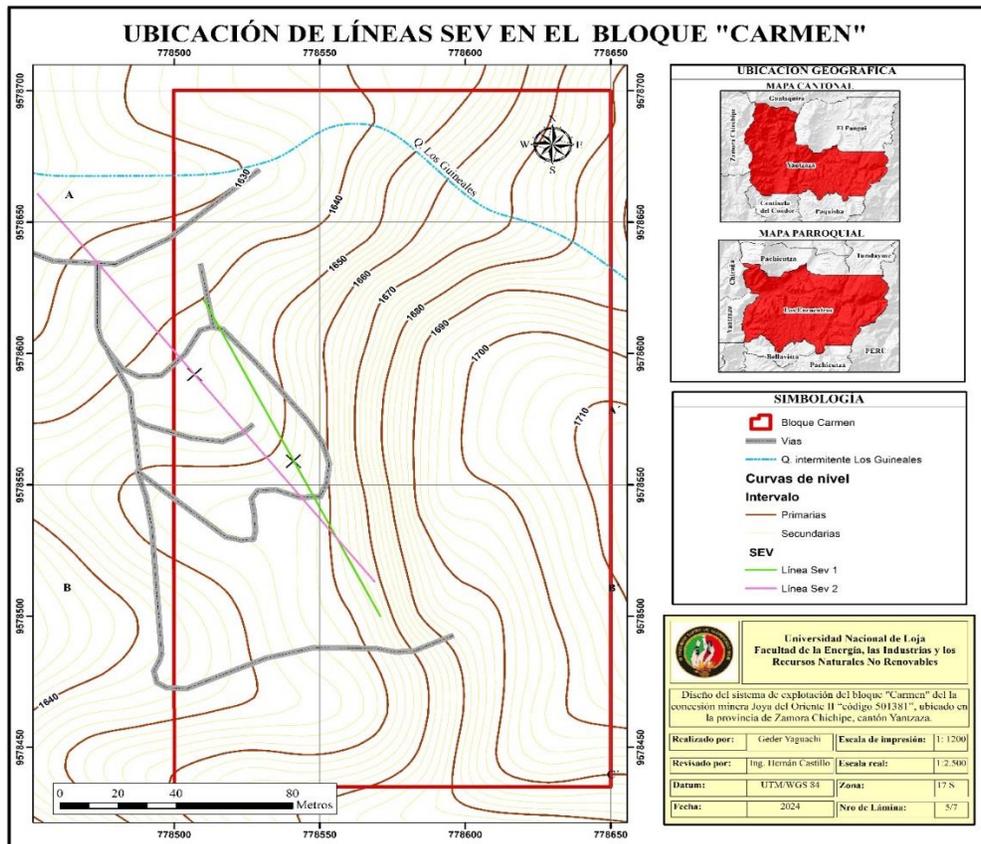
La correlación de las calicatas 2, 3 y 5 permite visualizar la continuidad del material y obtener una potencia aproximada de las capas presentes en cada una. Esta correlación entrelaza principalmente las capas de arcilla, andesita altamente alterada y andesita moderadamente alterada con presencia de óxidos de hierro-manganeso. El promedio de espesores de las capas encontradas es: 0,76 m de arcilla, 1,22 m de andesita altamente alterada, 1,83 m de andesita moderadamente alterada, 1,80 m de andesita alterada, y 0,38 m de arcilla verdosa de grano fino. Por lo tanto, la correlación de las calicatas permite establecer la continuidad y potencia promedio de las principales unidades litológicas presentes en el bloque.

### 6.1.3 Sondeos Eléctricos Verticales (SEV)

El objetivo principal de realizar estos sondeos es identificar las capas del subsuelo, obteniendo información sobre sus espesores y resistividades.

Los sondeos eléctricos verticales se realizaron utilizando el arreglo Schlumberger de 4 electrodos. Se llevaron a cabo dos líneas de sondeos verticales dentro del área de investigación, con el objetivo de obtener una cobertura más completa y representativa de la zona estudiada.

**Figura 43.** Ubicación de Líneas SEV



- **Primera línea SEV.**

Se ubicó en las coordenadas **x: 778541; y: 9578559; z:1653**, posee un buzamiento de  $343^\circ$

**Figura 44.** Primera línea SEV.

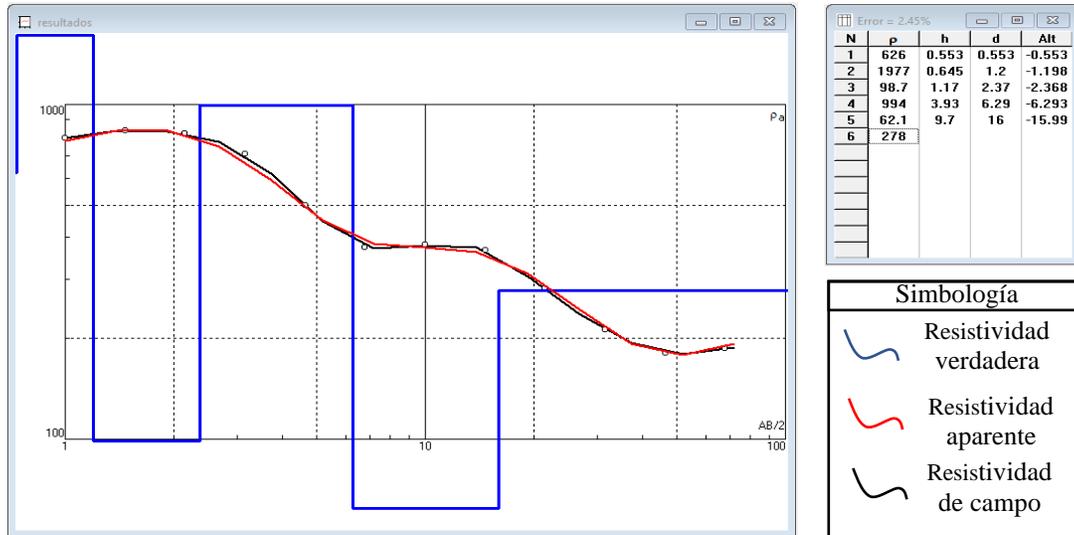


Esta línea tuvo una abertura AB/2 máxima de 68.1 m con un total de 18 lecturas, los datos obtenidos en campo son los siguientes:

**Tabla 16.** Datos Obtenidos de la Línea SEV 1

Estación Punto	Abertura AB/2	Abertura MN/2	Constante k	Resistencia R (Ohm)	Resistividad (ohm-m)
1	1	0.2	7.54	793.23	5980.9542
2	1.47	0.2	16.66	837.32	13949.7512
3	2.15	0.2	35.99	834.3	30026.457
4	3.16	0.2	78.11	738.22	57662.3642
5	4.64	0.2	168.78	510.33	86133.4974
6	4.64	0.5	86.85	487.93	42376.7205
7	6.81	0.2	363.92	388.43	141357.4456
8	6.81	0.5	144.91	361.08	52324.1028
9	10	0.5	313.37	380.07	119102.5359
10	14.7	0.5	678.08	382.98	259691.0784
11	14.7	2	166.58	382.22	63670.2076
12	21.5	0.5	1454.42	385.52	560707.9984
13	21.5	2	359.91	274.45	98777.2995
14	31.6	2	781.13	211.76	165412.0888
15	46.4	2	1687.79	185.24	312646.2196
16	46.4	5	668.52	157.07	105004.4364
17	68.1	2	3639.24	192.2	699461.928
18	68.1	5	1449.1	167.97	243405.327

Los datos obtenidos fueron procesados en el programa IPI 2Win donde se obtuvo la siguiente gráfica:



Interpretando los resultados arrojados de las curvas en el software IPI 2Win se tiene la siguiente descripción:

**Tabla 17.** Resultados Obtenidos de la Primera Línea SEV

Simbología	Nº de capas N	Resistividad $\rho$	Potencia h (m)	Litología asumida	Espesor total
	1	626	0.55	Material volcánico medianamente saturado como andesita altamente alterada	16
	2	1977	0.65	Material compacto poco saturado como andesita moderadamente alterada	
	3	98.7	1.17	Arcillas alteradas saturadas	
	4	99.4	3.93	Arcillas con distinto grado de alteración	
	5	62.1	9.7	Arcilla medianamente saturada	
	6	278	-	Material volcánico poco saturado como la andesita	

La primera capa según su resistividad corresponde a material volcánico medianamente saturado como andesita altamente alterada con un espesor de 0.55 m, En la segunda capa se encuentra material compacto poco saturado como andesita moderadamente alterada y un espesor de 0.65 m, la tercera capa contiene material arcilloso alterado saturado con un espesor de 1.17 m, en la cuarta capa se volvió a encontrar arcillas casi similares a la capa 3 en base a su resistividad se podría mencionar que es el mismo material con un espesor de 3.93 m, la quinta capa contiene

material arcilloso medianamente saturado con un espesor de 9.7 m y por último encontramos material volcánico poco saturado como la andesita alterada.

- **Segunda línea SEV.**

Se ubicó en las coordenadas **x: 778507; y: 9578592; z:1643**, posee un buzamiento de 320°

**Figura 45.** Segunda línea SEV.



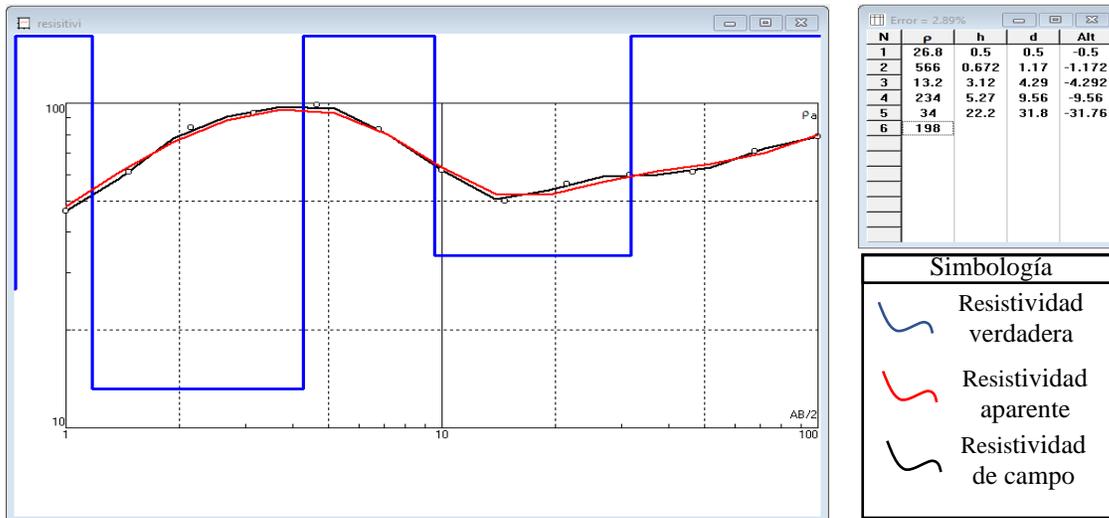
Esta línea tuvo una abertura AB/2 máxima de 100 m con un total de 20 lecturas, los datos obtenidos en campo son los siguientes:

**Tabla 18.** Datos Obtenidos de la Línea SEV 2

Estación Punto	Abertura AB/2	Abertura MN/2	Constante k	Resistencia R (Ohm)	Resistividad (ohm-m)
1	1	0.2	7.54	46.45	350.233
2	1.47	0.2	16.66	61.54	1025.2564
3	2.15	0.2	35.99	83.97	3022.0803
4	3.16	0.2	78.11	93.37	7293.1307
5	4.64	0.2	168.78	100.15	16903.317
6	4.64	0.5	86.85	97.86	8499.141
7	6.81	0.2	363.92	83.98	30562.0016
8	6.81	0.5	144.91	81.46	11804.3686
9	10	0.5	313.37	62.02	19435.2074
10	14.7	0.5	678.08	49.79	33761.6032
11	14.7	2	166.58	50.27	8373.9766
12	21.5	0.5	1454.42	56.18	81709.3156
13	21.5	2	359.91	56.67	20396.0997
14	31.6	2	781.13	60.02	46883.4226
15	46.4	2	1687.79	60.05	101351.7895
16	46.4	5	668.52	62.45	41749.074
17	68.1	2	3639.24	70.1	255110.724

Estación Punto	Abertura AB/2	Abertura MN/2	Constante k	Resistencia R (Ohm)	Resistividad (ohm-m)
18	68.1	5	1449.1	71.97	104291.727
19	100	5	3133.75	75.73	237318.8875
20	100	10	1555.09	98.57	153285.2213

Los datos obtenidos fueron procesados en el programa IPI 2Win donde se obtuvo la siguiente gráfica:



Interpretando los resultados arrojados de las curvas en el software IPI 2Win se tiene la siguiente descripción:

**Tabla 19.** Resultados Obtenidos de la Segunda Línea SEV

Litología	Nº de capas N	Resistividad $\rho$	Potencia h (m)	Litología asumida	Espesor total
	1	26.8	0.5	Arcilla saturada producto de la alteración	31.8
	2	566	0.67	Material volcánico medianamente saturado como andesita altamente alterada	
	3	13.2	3.12	Material arcilloso producto de alteración	
	4	234	5.27	Material volcánico poco saturado como la andesita moderadamente alterada	
	5	34	22.2	Material andesítico casi compacto, poco saturado	
	6	198	-	Material volcánico poco saturado como la andesita alterada	

La primera capa según su resistividad corresponde a arcilla saturada producto de la alteración de la capa 2 con un espesor de 0.5 m, En la segunda capa se encuentra material volcánico medianamente saturado como andesita altamente alterada y un espesor de 0.67 m, la tercera capa

contiene material arcilloso producto de alteraciones con un espesor de 3.12 m, en la cuarta capa se encontró material volcánico poco saturado como la andesita moderadamente alterada con un espesor de 5.27 m, la quinta capa contiene material andesítico casi compacto, poco saturado con un espesor de 22.2 m y por último encontramos material volcánico poco saturado como andesita con un grado leve de alteración.

#### **6.1.4 Reconocimiento petrológico**

Contempla la fase de laboratorio, en la cual se realizó el reconocimiento de los minerales que componen las rocas predominantes de lugar, para ello se tomó 3 muestras:

**Figura 46.** *Andesita altamente alterada*



La figura 46, es una andesita altamente alterada que referente a la clasificación de los tipos de rocas pertenece al grupo ígneo de origen volcánico, de textura afanítica con tonalidades claras, entre los minerales que la componen se evidencia: un 30% de cuarzo color blanco, 30% de feldespatos de tonalidades rosadas, 20% de plagioclasas tonalidad amarillenta, 2% de hornblenda de tonalidad negra y 5% de hematita con tonalidad rojiza. Su color se debe a la alteración de la roca producto de la alteración química física por acción de agua y temperatura agentes que disuelven los minerales como el feldespato y cuarzo dando como resultado su coloración.

Además, se presume que la alteración química y física explicada anteriormente da la formación de nuevos minerales, como la arcilla y la limonita, que dan a la roca un color rojizo o amarillento.

**Figura 47.** *Andesita moderadamente alterada*



La figura 47, es una andesita moderadamente alterada que referente a la clasificación de los tipos de rocas pertenece al grupo ígneo de origen volcánico, de textura afanítica, con tonalidades claras, entre los minerales que la componen se evidencia: un 3% de cuarzo color blanco, 10% de feldespatos de tonalidades rosadas, 2% de hornblenda de tonalidad negra y 5% de hematita con tonalidad rojiza y 80% de óxidos de hierro y manganeso. Su color se debe a la alteración de la roca, que puede suceder debido a la meteorización de minerales de hierro como la magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) o la pirita ( $\text{FeS}_2$ ), liberando iones de hierro que se oxidan para formar óxidos de hierro y de minerales de manganeso, como la pirolusita ( $\text{MnO}_2$ ) o la rodocrosita ( $\text{MnCO}_3$ ), pueden reaccionar con el oxígeno disuelto en el agua para formar óxidos de manganeso, como la birnessita ( $\text{MnO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ) o la todorokita ( $\text{MnO}_2$ ).

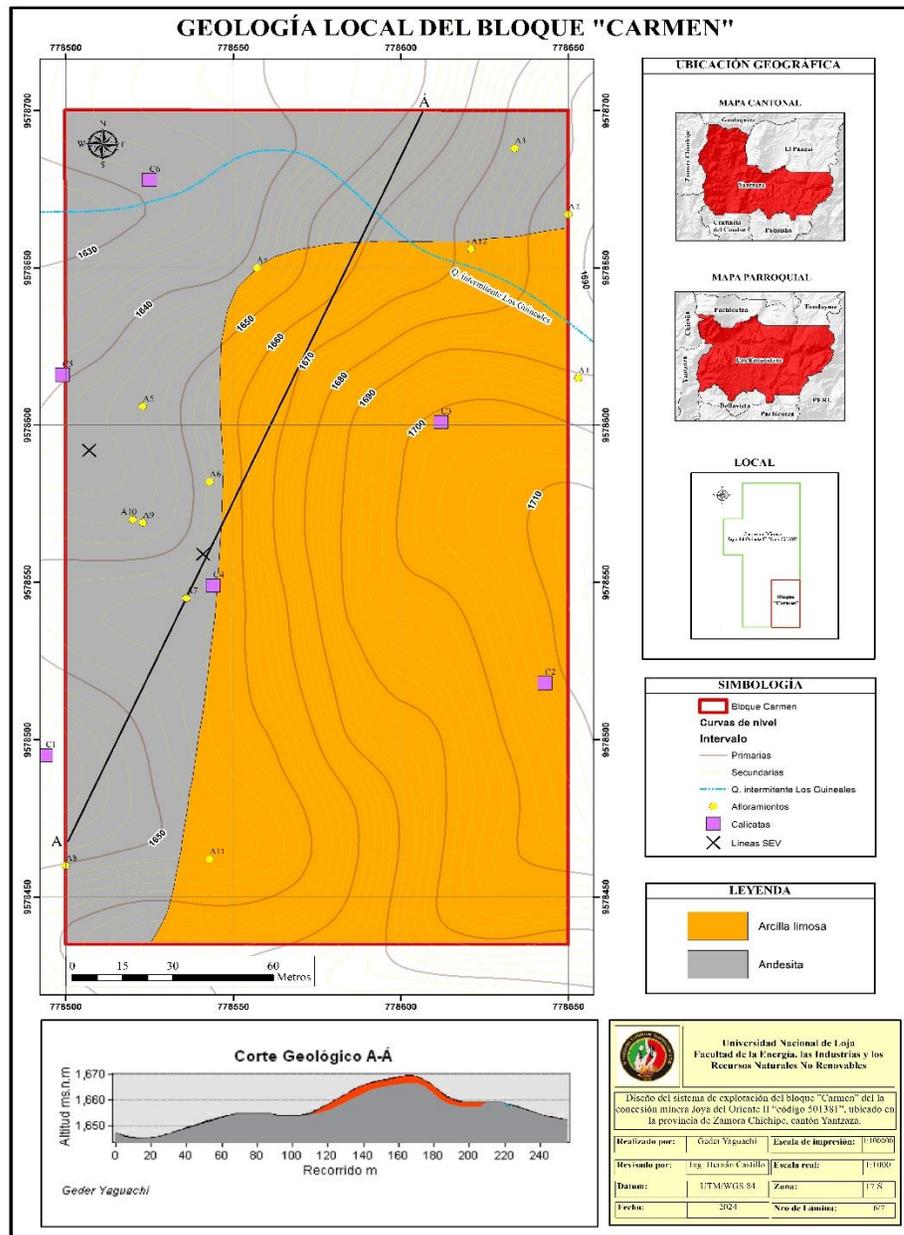
**Figura 48.** *Andesita alterada*



La figura 48, es una andesita que referente a la clasificación de los tipos de rocas pertenece al grupo ígneo de origen volcánico, de textura afanítica, con tonalidades entre claras y oscuras, entre los minerales que la componen se evidencia: 30% de plagioclasas tonalidad blanco, 2% de anfíbol, 50% de piritita. Su color se debe a la alteración de la roca producto de la alteración química-física por acción de agua y temperatura.

Finalmente, con la información corroborada se realizó el mapa geológico a escala 1:1000 que se encuentra visible en el **Anexo 16**.

**Figura 49.** Mapa de Geología Local del Bloque Carmen



### 6.1.5 Propiedades físico – mecánicas.

Se realizaron análisis en un conjunto de quince muestras, las cuales fueron extraídas de los distintos puntos de ubicación de las calicatas. A continuación, se presenta la distribución de estas muestras:

**Tabla 20.** Ubicación y tipo de roca/material de las muestras

N° de muestras	Calicata	Tipo de roca/material	Coordenadas WGS84		
			X	Y	Z
1	C1-M1-Ar	Arcilla			
2	C1-M2- AAA	Andesita altamente alterada			
3	C1-M3-AMA	Andesita moderadamente alterada	778494	9578495	1642
4	C1-M4-AA	Andesita alterada			
5	C1-M5-Ar	Arcilla			
6	C2-M1-Ar	Arcilla			
7	C2-M2- AAA	Andesita altamente alterada	778643	9578518	1707
8	C2-M3-AMA	Andesita moderadamente alterada			
9	C3-M1-Ar	Arcilla	778612	9578601	1702
10	C4-M1- AAA	Andesita altamente alterada			
11	C4-M2- AMA	Andesita moderadamente alterada	778544	9578549	1655
12	C4-M3- AA	Andesita alterada			
13	C5-M1-Ar	Arcilla			1
14	C5-M2- AAA	Andesita altamente alterada	778499	9578616	1639
15	C5-M3- AMA	Andesita moderadamente alterada			

#### 6.2.3.1 Propiedades físicas

- **Peso específico aparente.**

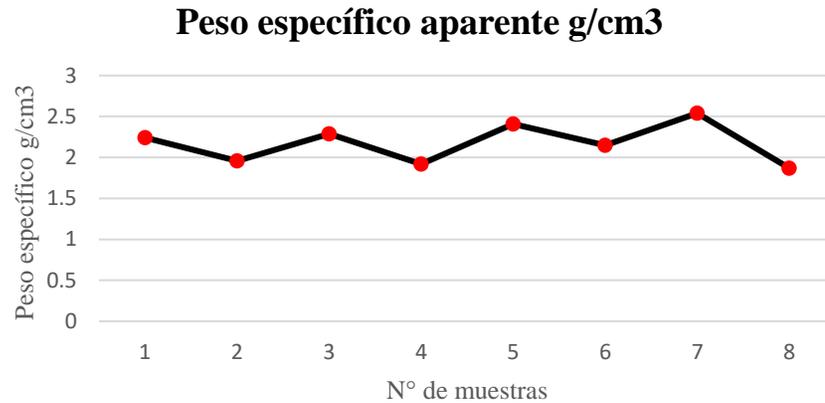
Las muestras analizadas presentan valores que varían entre 1.92 a 2,54  $\text{gr/cm}^3$ . La tabla adjunta detalla los valores obtenidos:

**Tabla 21.** Resultados del peso específico aparente

N°	Muestra	Peso seco	Peso saturado	Peso sumergido	Peso aparente $\text{g/cm}^3$
1	C1-M2- AAA	243.89	257.79	149.23	2.24
2	C1-M3-AMA	207.84	235.37	129.5	1.96
3	C2-M2- AAA	162.46	173.22	102.32	2.29
4	C2-M3-AMA	70.69	80.5	43.71	1.92
5	C4-M1- AAA	232.9	244.72	148.1	2.41
6	C4-M2- AMA	69.34	76.01	43.78	2.15
7	C5-M2- AAA	128.87	132.26	81.65	2.54
8	C5-M3- AMA	68.85	79.44	42.74	1.87

La Figura 50 muestra la distribución de los datos relacionados con las muestras analizadas. Es importante destacar que la muestra 7 tiene el peso más alto en comparación con las demás debido a la presencia de sulfuros en la roca.

**Figura 50.** Distribución de los datos de peso específico.



- **Peso específico real**

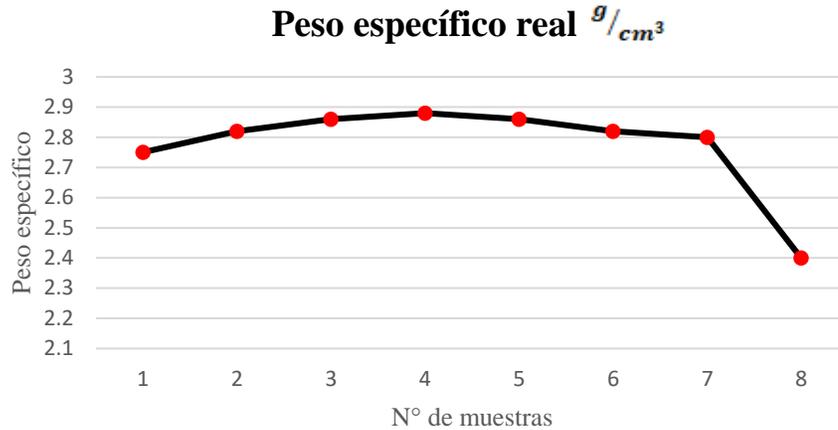
Las muestras analizadas en el estudio presentan valores varían entre 2,4 y 2,84 gr/cm<sup>3</sup>. La variación en los valores de densidad puede deberse a la composición mineralógica. La tabla adjunta detalla los valores obtenidos:

**Tabla 22.** Resultados de peso específico real

N°	Muestra	Peso de la muestra (gr)	Peso Picnómetro (gr)	Peso Picnómetro +Agua (gr)	Peso con muestra (gr)	Peso específico g/cm <sup>3</sup>
1	C1-M2- AAA	30	48.08	147.66	166.77	2.75
2	C1-M3-AMA	30	48.08	147.66	167.03	2.82
3	C2-M2- AAA	30	48.08	147.66	167.17	2.86
4	C2-M3-AMA	30	47.46	147.14	166.73	2.88
5	C4-M1- AAA	30	48.08	147.66	167.17	2.86
6	C4-M2- AMA	30	47.46	147.14	166.49	2.82
7	C5-M2- AAA	30	48.08	147.66	166.93	2.8
8	C5-M3- AMA	30	47.46	147.14	164.66	2.4

La Figura 51 ilustra la distribución de las muestras, se observa que la muestra 8 tiene el valor de peso específico real más bajo. La razón puede ser atribuida a diversos factores, como la presencia de porosidad, la composición mineralógica o la presencia de minerales menos densos.

**Figura 51.** Distribución de los datos de peso específico real



- **Porosidad**

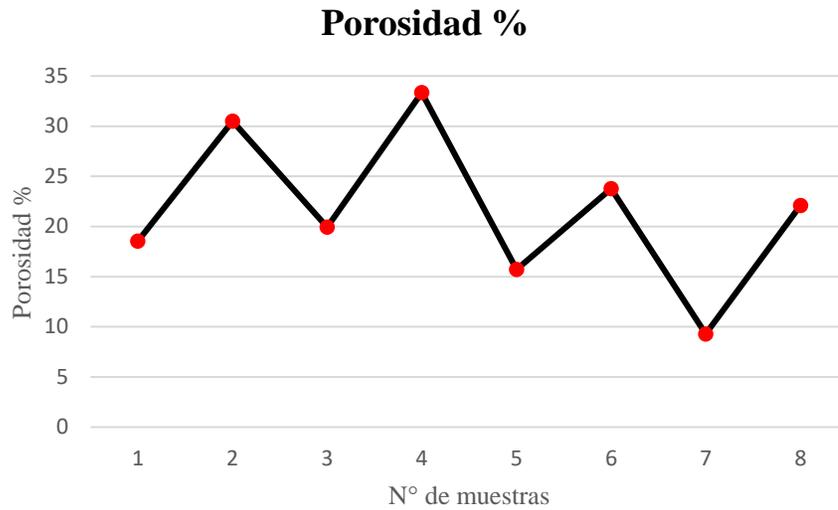
Se obtiene a partir de los pesos específicos y su valor es dado en porcentaje. En el análisis se tiene resultados que varían entre los 9.29 a 33.33 % lo que significa que las muestras analizadas poseen una capacidad media para el almacenamiento de fluidos lo que genera una resistencia mecánica menor. La tabla adjunta detalla los valores obtenidos:

**Tabla 23.** Resultados de porosidad.

N°	Muestras	Resultado peso aparente g/cm <sup>3</sup>	Peso específico g/cm <sup>3</sup>	Porosidad%
1	C1-M2- AAA	2.24	2.75	18.55
2	C1-M3-AMA	1.96	2.82	30.50
3	C2-M2- AAA	2.29	2.86	19.93
4	C2-M3-AMA	1.92	2.88	33.33
5	C4-M1- AAA	2.41	2.86	15.73
6	C4-M2- AMA	2.15	2.82	23.76
7	C5-M2- AAA	2.54	2.8	9.29
8	C5-M3- AMA	1.87	2.4	22.08

En la Figura 52 se representa la distribución de la información obtenida durante los ensayos realizados. Se puede observar que la muestra 7 presenta valores de porosidad más bajos en comparación con las demás muestras, lo que indica una menor proporción de espacios vacíos dentro de la roca. Por otro lado, la muestra 4 muestra el valor más alto de porosidad, lo que sugiere una mayor proporción de poros en esa muestra en particular.

**Figura 52.** Distribución de los datos de la porosidad



- **Humedad**

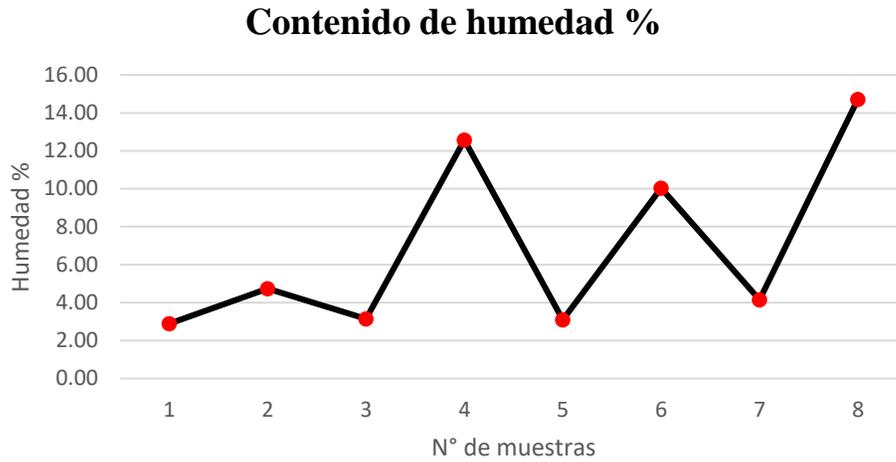
En el análisis realizado, se obtuvieron resultados de humedad que varían entre el 2,89% y el 14,71%. Estos valores representan el porcentaje de agua presente en las rocas en relación a su peso total. La tabla adjunta detalla los valores obtenidos:

**Tabla 24.** Resultados de Humedad

N°	Muestras	Peso de la muestra (gr)	Peso Frasco+Muestra	Humedad %
1	C1-M2-AAA	250.94	243.89	2.89
2	C1-M3-AMA	217.7	207.84	4.74
3	C2-M2-AAA	168.15	162.46	3.15
4	C2-M3-AMA	79.57	70.69	12.56
5	C4-M1-AAA	240.1	232.9	3.09
6	C4-M2-AMA	76.36	69.39	10.04
7	C5-M2-AAA	134.2	128.87	4.14
8	C5-M3-AMA	78.98	68.85	14.71

La figura 53 muestra la distribución de los datos de humedad, donde las muestras 4,6 y 8 presentan mayor porcentaje de humedad respecto a las demás. La variación puede deberse a diferentes factores, como la porosidad de las rocas, la exposición a condiciones ambientales o la presencia de minerales hidratados.

**Figura 53.** Distribución de los datos de humedad



- **Clasificación de suelos por el sistema ASHTO**

El sistema AASHTO es una metodología empleada en la clasificación de suelos inorgánicos con base en sus propiedades físicas. Esta clasificación divide los suelos en siete grupos designados del A-1 al A-7. Dentro de esta clasificación, el grupo A-1 se considera el mejor suelo para ser utilizado.

Los análisis de laboratorio a los materiales de las calicatas de muestreo arrojaron los siguientes resultados:

**C1-M1-Ar**

**Tabla 25.** Resultados de los ensayos de granulometría y límites de Atterberg

Tamiz	% Retenido	% Pasante	Límites de Atterberg			Índice de grupo
			Líquido	Plástico	Índice plástico	
N° 8	0.07	99.93				
N° 10	0.04	99.96				
N°16	0.18	99.82				
N° 20	0.17	99.83				
N°30	0.20	99.80	54.86	43.00	11.86	12
N° 40	0.29	99.71				
N°50	0.45	99.55				
N°60	0.42	99.58				
N° 100	1.93	98.07				
N° 200	3.18	96.82				

Tabla 26. Clasificación ASHTO de C1-M1-Ar

División general		Materiales granulares (pasa menos del 35% por el tamiz ASTM 200)						Materiales limosos arcillosos (pasa más del 35% por el tamiz ASTM 200)					
Grupo		A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
Subgrupo		A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
<b>Análisis granulométrico (% que pasa por cada tamiz)</b>													
Serie ASTM	# 10	≤ 50											
	# 40	≤ 30	≤ 50	≤ 51									
	# 200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36
<b>Estado de consistencia (de la fracción de suelo que pasa por el tamiz)</b>													
Limite liquido				NP	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	> 41 IP<LL-30	> 41 IP>LL-30
índice de plasticidad		≤ 6			≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≥ 11
Índice de grupo		0		0	0		≤ 4	≤ 8	≤ 12	≤ 20	≤ 20		
Tipología		Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Calidad		Excelente a buena					Aceptable a mala						

Según la tabla 27, la primera capa de 0,38 m de la calicata 1 pertenece al grupo A-5 de la clasificación AASHTO, denominado suelo arcilloso limoso.

**C1-M5-Ar**

Tabla 27. Resultados de los ensayos de granulometría y límites de Atterberg

Tamiz	% Retenido	% Pasante	Límites de Atterberg			Índice de grupo
			Líquido	Plástico	Índice plástico	
N° 8	0.28	99.72				
N° 10	0.05	99.95				
N° 16	0.10	99.90				
N° 20	0.09	99.91				
N° 30	0.14	99.86	33.89	31.00	3.80	8
N° 40	0.23	99.77				
N° 50	0.52	99.48				
N° 60	0.58	99.42				
N° 100	2.76	97.24				
N° 200	4.81	95.19				

**Tabla 28. Clasificación ASHTO de C1-M5-Ar**

División general		Materiales granulares (pasa menos del 35% por el tamiz ASTM 200)						Materiales limosos arcillosos (pasa más del 35% por el tamiz ASTM 200)					
Grupo		A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
Subgrupo		A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
<b>Análisis granulométrico (% que pasa por cada tamiz)</b>													
Serie ASTM	# 10	≤ 50											
	# 40	≤ 30	≤ 50	≤ 51									
	# 200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36	
<b>Estado de consistencia (de la fracción de suelo que pasa por el tamiz)</b>													
Limite liquido				NP	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	> 41 IP < LL-30	> 41 IP > LL-30
índice de plasticidad		≤ 6			≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≥ 11
Índice de grupo		0		0	0	≤ 4		≤ 8	≤ 12	≤ 20	≤ 20		
Tipología		Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas			Suelos limosos		Suelos arcillosos			
Calidad		Excelente a buena					Aceptable a mala						

Según la tabla 29, la quinta capa de 0,38 m en la calicata 1 se clasifica como A-4 en el sistema AASHTO, lo que la identifica como un suelo limoso con alta capacidad de retención de agua, relevante para las operaciones mineras.

**C2-M1-Ar**

**Tabla 29. Resultados de los ensayos de granulometría y límites de Atterberg**

Tamiz	% Retenido	% Pasante	Límites de Atterberg			Índice de grupo
			Líquido	Plástico	Índice plástico	
N° 8	0.05	99.95				
N° 10	0.08	99.92				
N° 16	0.15	99.85				
N° 20	0.18	99.82				
N° 30	0.20	99.80	56.62	45	9.62	11
N° 40	0.30	99.70				
N° 50	0.45	99.55				
N° 60	0.47	99.53				
N° 100	2.02	97.98				
N° 200	3.27	96.73				

**Tabla 30. Clasificación ASHTO de C2-M1-Ar**

División general		Materiales granulares (pasa menos del 35% por el tamiz ASTM 200)						Materiales limosos arcillosos (pasa más del 35% por el tamiz ASTM 200)					
Grupo		A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
Subgrupo		A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
<b>Análisis granulométrico (% que pasa por cada tamiz)</b>													
Serie ASTM	# 10	≤ 50											
	# 40	≤ 30	≤ 50	≤ 51									
	# 200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36
<b>Estado de consistencia (de la fracción de suelo que pasa por el tamiz)</b>													
Limite liquido				NP	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	> 41 IP<LL-30	> 41 IP>LL-30
índice de plasticidad		≤ 6			≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≥ 11
Índice de grupo		0		0	0	≤ 4		≤ 8	≤ 12	≤ 20	≤ 20		
Tipología		Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Calidad		Excelente a buena					Aceptable a mala						

La tabla 31 muestra los resultados obtenidos en la clasificación ASHTO respecto a la primera capa de la calicata dos de potencia 0,63m. La capa corresponde al grupo A-5 denominada suelo limoso y es similar al suelo encontrado en la primera capa de la calicata uno.

**C3-M1-Ar**

**Tabla 31. Resultados de los ensayos de granulometría y límites de Atterberg**

Tamiz	% Retenido	% Pasante	Límites de Atterberg			Índice de grupo
			Líquido	Plástico	Índice plástico	
N° 8	0.06	99.94				
N° 10	0.05	99.95				
N° 16	0.20	99.80				
N° 20	0.19	99.81				
N° 30	0.28	99.72	55.17	46	9.17	11
N° 40	0.30	99.70				
N° 50	0.47	99.53				
N° 60	0.46	99.54				
N° 100	1.66	98.34				
N° 200	3.01	96.99				

Tabla 32. Clasificación ASHTO de C3-M1-Ar

División general		Materiales granulares (pasa menos del 35% por el tamiz ASTM 200)						Materiales limosos arcillosos (pasa más del 35% por el tamiz ASTM 200)						
Grupo		A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7		
Subgrupo		A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6	
<b>Análisis granulométrico (% que pasa por cada tamiz)</b>														
Serie ASTM	# 10	≤ 50												
	# 40	≤ 30	≤ 50	≤ 51										
	# 200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36	
<b>Estado de consistencia (de la fracción de suelo que pasa por el tamiz)</b>														
Limite liquido				NP	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	> 41 IP<LL-30	> 41 IP>LL-30	
índice de plasticidad		≤ 6			≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≥ 11	
Índice de grupo		0		0	0		≤ 4	≤ 8	≤ 12	≤ 20	≤ 20			
Tipología		Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos			
Calidad		Excelente a buena					Aceptable a mala							

Según la tabla 33, la capa de 2,05 m de potencia en la calicata 3 se clasifica como A-5 en el sistema AASHTO, es decir, suelo limoso.

**C5-M1-Ar**

Tabla 33. Resultados de los ensayos de granulometría y límites de Atterberg

Tamiz	% Retenido	% Pasante	Límites de Atterberg			Índice de grupo
			Líquido	Plástico	Índice plástico	
N° 8	0.07	99.93				
N° 10	0.03	99.97				
N° 16	0.20	99.80				
N° 20	0.18	99.82				
N° 30	0.20	99.80	54.34	45	9.34	11
N° 40	0.33	99.67				
N° 50	0.45	99.55				
N° 60	0.47	99.53				
N° 100	1.49	98.51				
N° 200	2.78	97.22				

Tabla 34. Clasificación ASHTO de C5-M1-Ar

División general		Materiales granulares (pasa menos del 35% por el tamiz ASTM 200)						Materiales limosos arcillosos (pasa más del 35% por el tamiz ASTM 200)					
Grupo		A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
Subgrupo		A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
<b>Análisis granulométrico (% que pasa por cada tamiz)</b>													
Serie ASTM	# 10	≤ 50											
	# 40	≤ 30	≤ 50	≤ 51									
	# 200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36
<b>Estado de consistencia (de la fracción de suelo que pasa por el tamiz)</b>													
Limite liquido			NP	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	> 41 IP<LL-30	> 41 IP>LL-30	
índice de plasticidad	≤ 6			≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≥ 11	
Índice de grupo	0		0	0		≤ 4		≤ 8	≤ 12	≤ 20	≤ 20		
Tipología	Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos			
Calidad	Excelente a buena						Aceptable a mala						

Según la tabla 35, la primera capa de 0,24 m en la calicata 5 se clasifica como A-5 en el sistema AASHTO, es decir, suelo limoso.

Según la información, las primeras capas de las calicatas 1, 2, 3 y 5 se clasifican como suelos arcillosos limosos en el sistema AASHTO, con límites líquidos entre 54,34 y 56,62, y límites plásticos de 43 a 48, lo que le confiere una capacidad moderada a alta de retención de agua y facilidad de moldeo. La quinta capa de la calicata 1, aunque también arcillosa limosa, tiene índices ligeramente inferiores, con un límite líquido de 33,89 y un límite plástico de 31, indicando una capacidad moderada de retención de agua y facilidad de moldeo.

En el contexto geológico, esta información es relevante para comprender la consistencia y el comportamiento del suelo en diferentes áreas del sitio minero. Al tener presencia de suelo limoso en todas las capas analizadas de las calicatas, es importante considerar su capacidad de retención de agua y cualquier impacto que pueda tener en las operaciones mineras y la estabilidad del terreno.

### 6.2.3.2 Propiedades mecánicas

- **Esclerómetro**

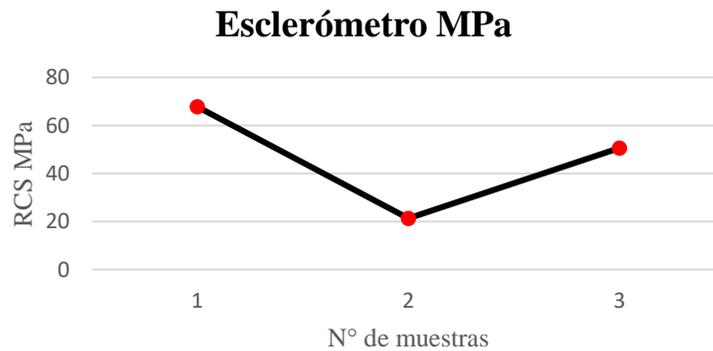
El ensayo se aplicó a 3 muestras de roca que presentaron consistencia en su estructura con el fin de determinar la resistencia superficial de las mismas, para ello se tomaron los cinco números más altos que arrojó el ensayo. La tabla adjunta muestra los resultados obtenidos.

**Tabla 35.** Resultados del ensayo del esclerómetro

N°	Muestra	Densidad kg/m <sup>3</sup>	N° golpes	RC (Mpa)	Prom (Mpa)
1	AAA	22.43	47	135	67.8
		22.43	34	62	
		22.43	32	56	
		22.43	29	49	
		22.43	25	37	
2	AMA	19.60	21	33	25.32
		19.60	20	29.5	
		19.60	19	23.1	
		19.60	18	21.5	
		19.60	17	20	
3	AA	26.3	34	60	50.6
		26.3	41	87	
		26.3	26	39	
		26.3	25	38	
		26.3	20	29	

En la Figura 54 se observa que la muestra 2 exhibe una menor resistencia en comparación con las demás, por lo que es más susceptible a la deformación o fractura bajo cargas aplicadas. Esta baja resistencia se relaciona con la presencia de discontinuidades.

**Figura 54.** Distribución de los datos del esclerómetro



- **Resistencia a la Compresión Simple (RCS)**

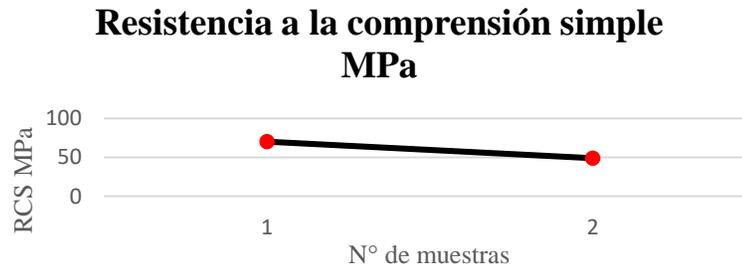
Para su ejecución se tomó en cuenta los resultados obtenidos en el ensayo del esclerómetro donde, dos de ellos mostraron resistencias aceptables para el proceso del ensayo de RCS como las muestra 1 con una resistencia de 67.8 MPa y la 2 con 50,6 MPa.

**Tabla 36.** Resultados del ensayo de resistencia a la compresión simple

N°	Muestra	Fuerza en kN	Área del cubo en m <sup>2</sup>	RCS (MPa)
1	Andesita altamente alterada	191.5	0,00273	70.15
2	Andesita alterada	134	0,00274	48.90

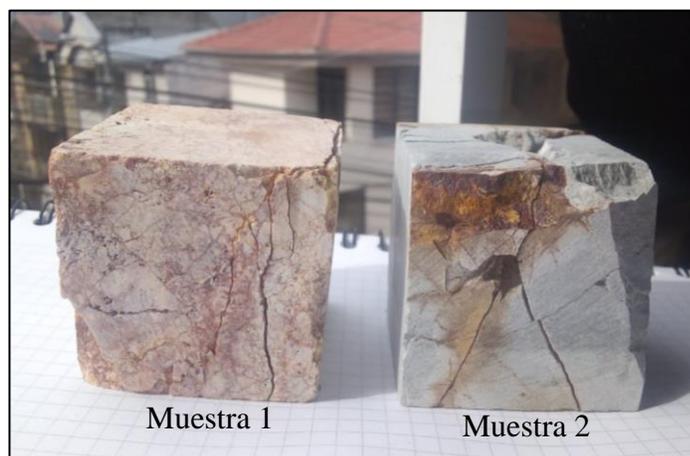
En la Figura 55 se observa que las dos muestras presentan una moderada variación en términos de resistencia lo que indica que las muestras difieren en su capacidad para soportar cargas de compresión ya sea por factores como la composición mineralógica, la estructura de la roca o la presencia de discontinuidades.

**Figura 55.** Distribución de los datos de la resistencia a la compresión simple



La Figura 56 ilustra las fracturas resultantes del ensayo.

**Figura 56.** Rotura de la roca a partir del ensayo de compresión



### 9.1.6 Caracterización geomecánica

Su ejecución se llevó a cabo en tres afloramientos (2, 6 y 7) que mostraron una cohesión moderada en su estructura. Como se describe en el apartado 9.1.2 de Geología local, no todos los afloramientos presentan una estructura definida ya que en su mayoría el macizo se halla desintegrado, además de estar cubiertos por materiales arcillosos dificultando aún más la caracterización de estas áreas.

La caracterización geomecánica, basada en el sistema RMR y el índice Q de Barton, se detalla a continuación:

- **RQD**

El análisis RQD determina que el grado de fracturación del macizo rocoso en el bloque Carmen es de clase III correspondiente a roca de calidad media. La Tabla 38 muestra los resultados obtenidos.

**Tabla 37.** Resultados del RQD

N° Afloramientos	RQD calculado	Clase	Calidad de Roca	% RQD
2	72.21	III	Media	51 a 75 %
6	65.11	III	Media	51 a 75 %
7	72.09	III	Media	51 a 75 %

De acuerdo a los resultados de la tabla se analiza el tipo de arranque que se ejecutará en la futura explotación a cielo abierto.

Según los datos obtenidos, se deduce que el arranque será ejecutado vía mecánica con maquinaria de orugas para una mayor estabilidad en la operación. Esta elección se debe a la observación de que la mayoría de los macizos presentan roca alterada y suelos con una capacidad moderada de retención de fluidos puesto que, la estructura original de la roca andesita ha experimentado modificaciones debido a procesos geológicos.

Sin embargo, al correlacionar el material del bloque Carmen con el Frente 1 de explotación se determina que a una profundidad específica el arranque cambiará por el método de fracturación con explosivos debido que a mayor profundidad la roca toma mayor cohesión en su estructura, lo que resulta en un aumento de su calidad.

- **RMR de Bieniawski**

Previamente obtenidos los valores RQD, se realizó el análisis RMR en el que se definió una clase de macizo rocoso correspondiente al de clase III.

**Tabla 38. Resultados del RMR**

N° Afloramientos	RMR calculado	Clase	Calidad de Roca	RMR
2	46	III	Media	60 - 41
6	44	III	Media	60 - 41
7	42	III	Media	60 - 41

Al contar con un macizo rocoso de clase III la estabilidad de taludes será moderada. Esto significa que el macizo posee una cohesión de  $2 - 3 \frac{kp}{cm^3}$  pudiendo soportar cargas y esfuerzos dentro de ciertos límites sin experimentar una deformación excesiva o una falla inmediata.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que la estabilidad del macizo rocoso puede verse afectada por diversos factores, como la presencia de discontinuidades, la geometría del talud, las condiciones geológicas y las cargas aplicadas durante la explotación minera.

- **Q de Barton**

Se llevó a cabo una comparación entre los resultados del RMR y el Índice Q de Barton, con el objetivo de evaluar la calidad de los macizos rocosos donde, los resultados obtenidos indican que los macizos presentan una calidad que varía desde muy mala hasta mala. La información detallada se muestra en la tala adjunta.

**Tabla 39. Resultados del Q de Barton**

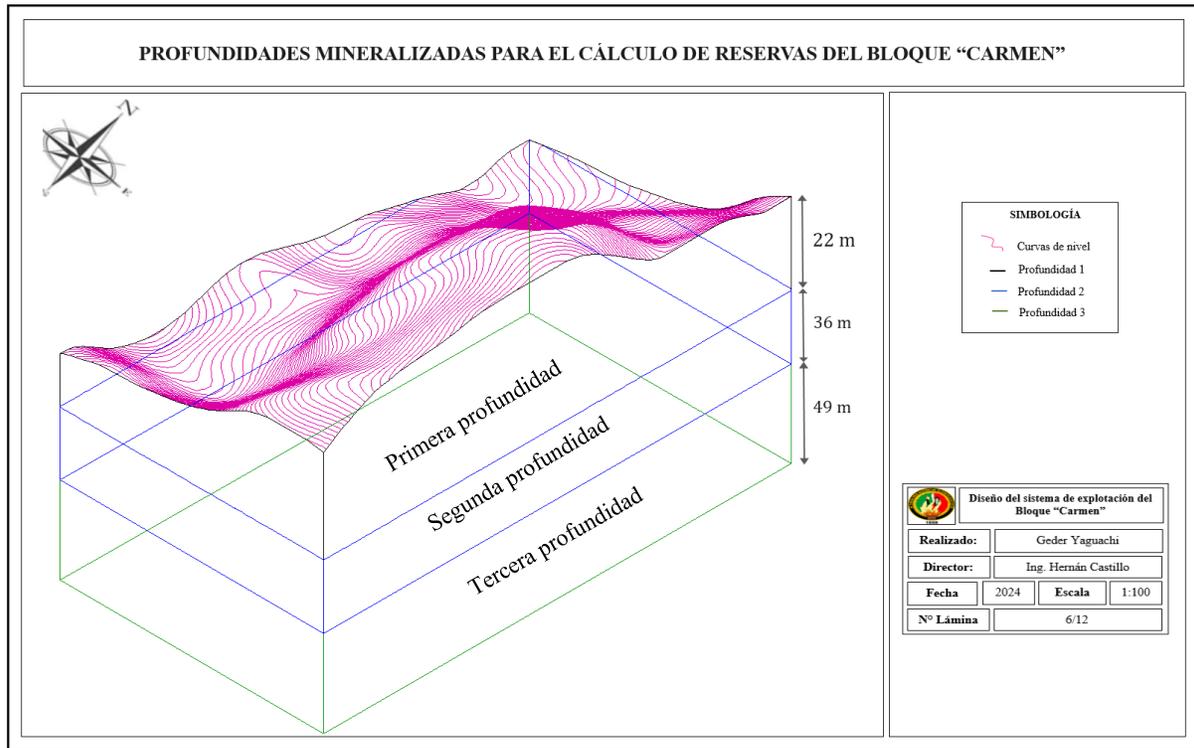
N° Afloramientos	RMR calculado	Tipo de Roca	Calidad de Roca
2	1.25	Mala	1 - 4
6	1	Mala	1 - 4
7	0.80	Muy mala	$10^{-1}$ - 1

### 6.1.7 Cálculo de Reservas por el Método de Perfiles y de Bloques.

- **Profundidades mineralizadas**

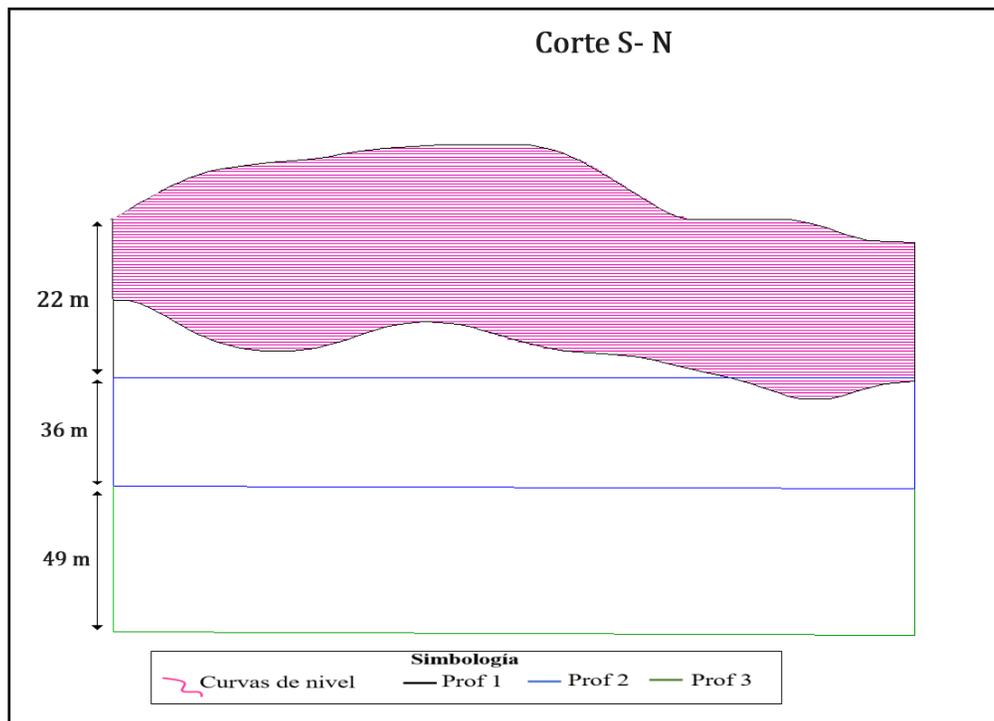
La determinación de las reservas minerales de este depósito se fundamentó en un exhaustivo análisis de la geología del área de estudio. El primer paso fue la delimitación de un polígono que enmarcara la zona de interés, dentro del cual se identificaron 3 volúmenes diferenciados verticalmente, cada uno con características geológicas particulares. La figura adjunta muestra lo mencionado. Ver *Anexo 19*

**Figura 57.** Profundidades mineralizadas para el Cálculo de Reservas



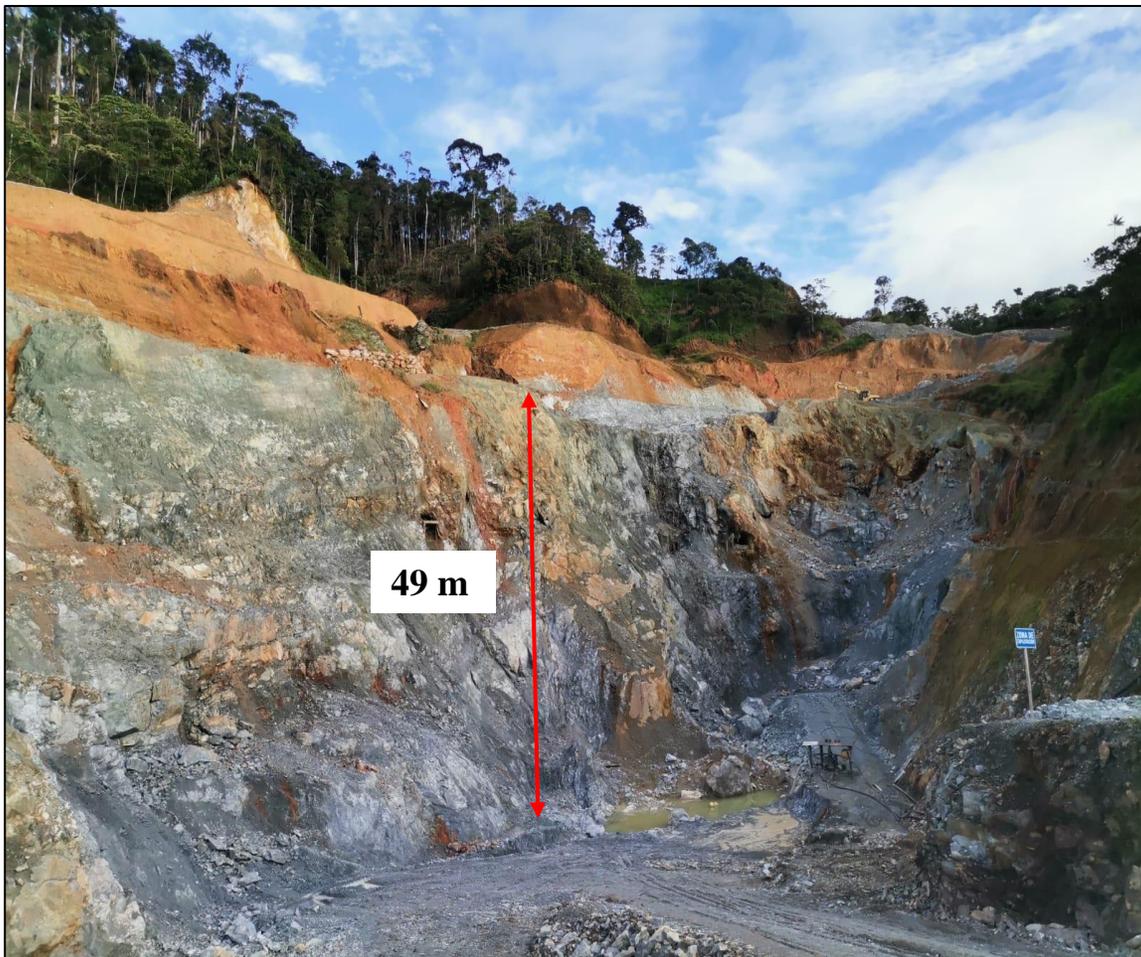
A continuación, se presenta un corte de S – N referente a las profundidades mineralizadas.

**Figura 58.** Corte de profundidades de S – N



1. Primera profundidad: Se consideró desde la cota superior de 1712 m.s.n.m. hasta la cota máxima alcanzada por las calicatas de 1634 m.s.n.m., resultando en un espesor aproximado de 22 m.
2. Segunda Profundidad, se consideró desde la cota 1634 m.s.n.m. hasta la profundidad máxima alcanzada por las líneas SEV 1598 m.s.n.m. resultando 36 m de espesor.
3. Tercera profundidad, al no tener una mayor profundidad diferente a las antes mencionadas se tomó como referencia el afloramiento del material presente en el Frente 1 de explotación de la concesión minera Joya del Oriente II, en el cual evidencia el cambio litológico de las rocas. Para ello se hizo la medición correspondiente desde la cota 1598 a 1549 m.s.n.m. resultando un espesor de 49 m. La figura 59 muestra lo mencionado.

**Figura 59.** Frente de explotación 1.



- **Ley mineral**

Ahora bien, en cuanto a la ley mineral de oro para las diferentes profundidades se tomó lo siguiente:

1. La primera ley de oro para el volumen 1: Para llevar a cabo la determinación, se tomaron muestras combinadas del material extraído de las calicatas 1, 2 y 4, con un peso de dos kilogramos cada una. Estas muestras fueron sometidas a ensayos de fuego y absorción atómica para determinar la cantidad de oro y plata presente en mineral y concentrado, expresados en gramos por tonelada (g/t). Asimismo, se utilizó el ensayo de digestión ácida y espectrofotometría de absorción atómica para determinar el porcentaje (%) de cobre presente en las muestras. La tabla adjunta muestra los resultados obtenidos. (Ver *Anexo 20*).

**Tabla 40.** Resultados de la ley minera de oro, plata y cobre

Detalle de la muestra	Au	Ag	Cu
	g/t	g/t	%
C1 – MC	0.45	1.00	0.038
C2 – MC	0.25	0.50	0.006
C4 - MC	0.35	0.85	0.035
<b>Total</b>	1.05	2.35	0.079
<b>Promedio</b>	0.35	0.78	0.026

2. La segunda ley de oro para el volumen 2, se tomó datos generados por estudios privados de la empresa, siendo el promedio de 0,45 g/tn.
3. Para la tercera ley de oro del volumen 3. Se tomó como referencia los datos expuestos en el trabajo de titulación previo a la obtención del título de magister en minas mención mineralurgia y metalurgia extractiva del autor Cuenca, (2023) titulado “Caracterización físico-química y mineralógica del material de mena proveniente del área minera Joya del Oriente II, cantón Yanzatza, provincia Zamora Chinchipe” que en el apartado 6.3. Caracterización química del material de mena, en la Tabla 2. Resultados de Ley de Au por Ensayo al Fuego, página 34 del documento, exhibe una ley promedio de 3,53 g/t. Ver tabla adjunta.

**Tabla 41.** Resultados de Ley de Au por Ensayo al Fuego

Muestra	Origen	Au g/ton	Ag g/ton
MJO-YS-01	Mineral	2.03	3.91
MJO-YS-02	Mineral	7.10	4.12
MJO-YS-03	Mineral	1.45	3.86
MJO-MG	Compósito	3.61	5.91

**Nota.** (Cuenca, 2023, pág. 34)

Se llevaron a cabo ensayos al fuego con el fin de establecer la ley de oro total para cada muestra recolectada en la zona. Los resultados arrojaron un promedio de 3.53 g/ton. Además, se realizó un ensayo a un compuesto de las muestras, obteniéndose un resultado de 3.61 g/ton. (Cuenca, 2023, pág. 34)

- **Densidad de mena.**

Se tomó el dato referencial presente en el trabajo de titulación previo a la obtención del título de magister en minas mención mineralurgia y metalurgia extractiva del autor Cuenca, (2023) titulado “Caracterización físico-química y mineralógica del material de mena proveniente del área minera Joya del Oriente II, cantón Yanzatza, provincia Zamora Chinchipe” que en el apartado 6.2. Propiedades físicas del material de mena en la Tabla 1. Resultados de las propiedades físicas del material de mena, página 33 del documento, exhibe una densidad promedio de 2,74 g/cm<sup>3</sup> correspondiente a 2,74 t/m<sup>3</sup>

**Tabla 42.** Resultados de las Propiedades Físicas del Material de Mena

Muestra	Contenido de humedad (%)	Peso específico	Peso aparente	Porosidad	pH
MJO-YS-01	3.20	2.72	2.61	4.04	8.17
MJO-YS-02	6.45	2.72	2.61	4.00	8.26
MJO-YS-03	7.26	2.78	2.64	4.94	7.46

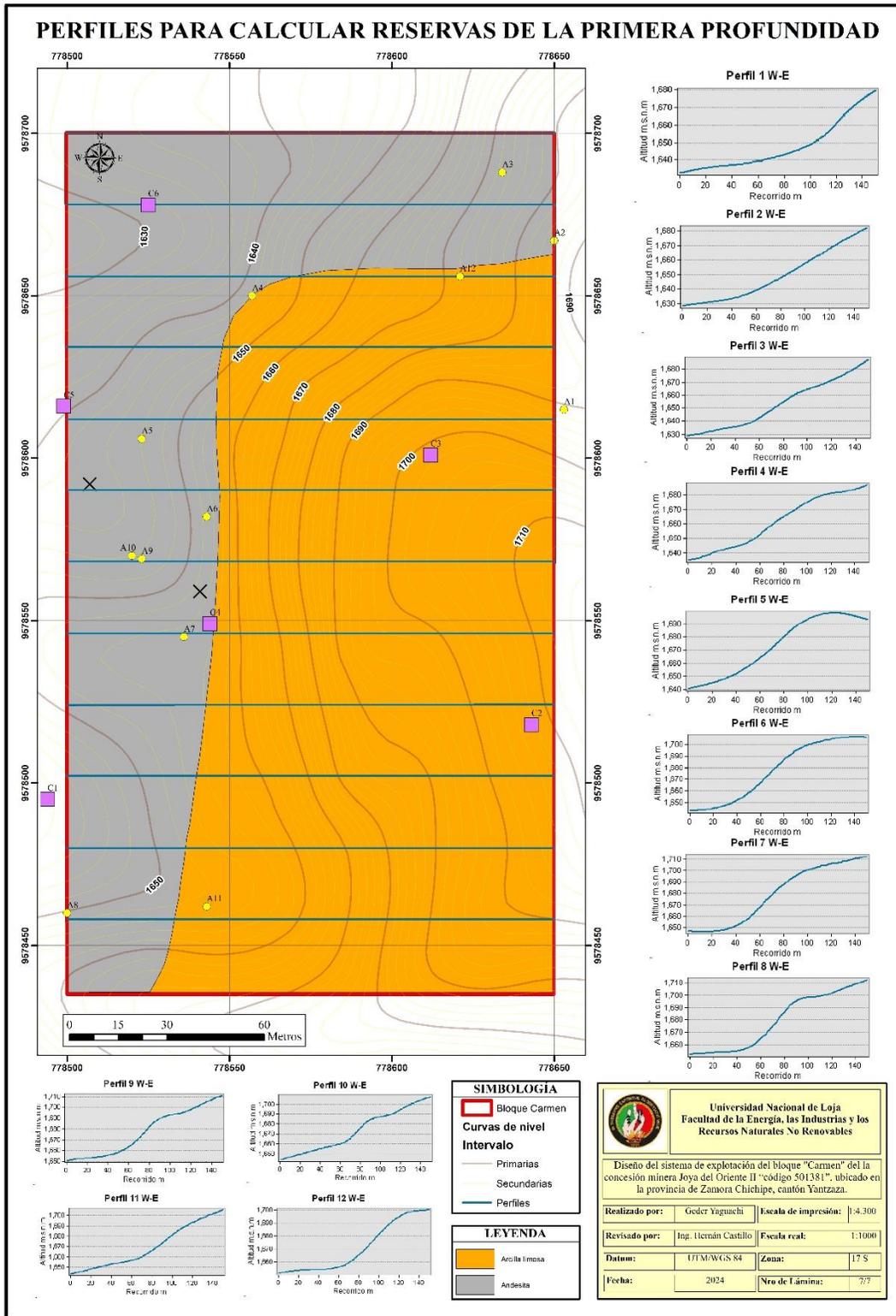
**Nota.** (Cuenca, 2023)

- **Reservas minerales de oro**

### **Cálculo de reservas de la primera profundidad por el método de perfiles**

Considerando el relieve irregular del primer bloque mineral, se llevó a cabo el cálculo de sus reservas utilizando el método de perfiles, el cual proporciona información sobre su volumen real. La figura adjunta ilustra este procedimiento. (Ver *Anexo 21*)

Figura 60. Perfiles para el cálculo de reservas de la primera profundidad.



La tabla 43 expone los resultados obtenidos en el cálculo de reservas del primer bloque.

**Tabla 43.** Reservas minerales del primer bloque por el método de perfiles.

Perfil	Distancia m	Área m <sup>2</sup>	Volumen m <sup>3</sup>	Densidad de Au t/m <sup>3</sup>	Ley media de Au g/t	Reservas tn	Reservas de metal g
1	22	1908.99	46470.0038	2.74	0.35	127327.81	44.56
2	22	2315.56	54582.583	2.74	0.35	149556.277	52.34
3	22	2646.50	70504.368	2.74	0.35	193181.968	67.61
4	22	3762.99	97574.7696	2.74	0.35	267354.869	93.57
5	22	5107.44	124190.585	2.74	0.35	340282.203	119.10
6	22	6182.61	141092.642	2.74	0.35	386593.839	135.31
7	22	6643.99	142062.219	2.74	0.35	389250.481	136.24
8	22	6270.75	136011.999	2.74	0.35	372672.878	130.44
9	22	6093.97	127747.541	2.74	0.35	350028.262	122.51
10	22	5519.44	115242.376	2.74	0.35	315764.109	110.52
11	22	4957.14	110812.231	2.74	0.35	303625.513	106.27
12	22	5116.70	56283.6912	2.74	0.35	154217.314	53.98
<b>1222575</b>						<b>3349855.5</b>	<b>1172.45</b>

#### Cálculo de reservas de la segunda y tercera profundidad por el método de bloques.

La tabla 44 expone los resultados obtenidos en el cálculo de reservas del primer bloque.

**Tabla 44.** Reservas minerales del segundo y tercer bloque por el método de bloques.

Bloque	Área m <sup>2</sup>	Profundidad m	Ley media de Au g/t	Volumen m <sup>3</sup>	Densidad de mena tn/m <sup>3</sup>	Reservas tn	Reservas de metal g
2	31945.4	36	0.45	1258658.1	2.74	3448723.3	1551.93
3	23215.2	49	3.53	1596347.8	2.74	4373993.2	15440.2

Finalmente, se obtuvo como resultado 18164.5 g de reservas explotables de oro en un volumen de 4077580.9 m<sup>3</sup>. Ver tabla adjunta.

**Tabla 45.** Reservas minerales de oro del Bloque "Carmen"

Bloque	Área m <sup>2</sup>	Ley media de Au g/tn	Volumen m <sup>3</sup>	Reservas tn	Reservas de metal g
1	56526.09	0.35	1222575	3349855.5	1172.4
2	31945.44	0.45	1258658.1	3448723.3	1551.9
3	23215.26	3.53	1596347.8	4373993.2	15440.2
<b>Total</b>	<b>111686.79</b>	<b>4.33</b>	<b>4077580.9</b>	<b>11172572</b>	<b>18164.5</b>

## 6.2 Resultados del Segundo Objetivo

*“Elegir el sistema de explotación del bloque “Carmen” de la concesión minera para su óptima operatividad técnica”*

### 6.2.1 Particularidades del Yacimiento Mineral de Oro

La elección del sistema de explotación para el yacimiento de oro en el Bloque Carmen tomó criterios basados en el autor Herbert, (2006), el cual clasifica los tipos de yacimiento:

- Por su forma: en capas.
- Por el relieve del terreno original: de ladera
- Por su proximidad a la superficie: el mineral rentable está a una profundidad de 58 m
- Por su inclinación: inclinado

Una vez determinadas las particularidades del yacimiento, se procede a seleccionar el sistema de explotación óptimo. Esta elección se basó en un análisis multicriterio que expone las características de los diferentes sistemas de explotación a cielo abierto (Ver tabla 46), considerando las siguientes condiciones:

- Adaptable a la topografía del terreno.
- Eficiente y de fácil ejecución
- Acorde con la extracción del material
- Rentable económicamente
- Menor generación de impactos ambientales

**Tabla 46.** *Análisis multicriterio de Sistemas de Explotación a Cielo Abierto*

Sistema	Descripción	Ventajas	Desventajas
Cortas	Se usa en yacimientos masivos o de capas inclinadas, la explotación se lleva a cabo tridimensionalmente por banco descendente, con secciones verticales en forma troncocónica.	La extracción, en cada nivel, se realiza en un banco con uno o varios tajos. El desarrollo en cuando a profundidad de estas explotaciones suele ser grande, llegándose en algunos casos a superar los 300 m.	Estos métodos son los tradicionales de la minería de carbón. la explotación se lleva a cabo tridimensionalmente por banqueo descendente, con secciones verticales en forma troncocónica.
	Se realizan para las explotaciones de rocas industriales, ornamentales y de	Se caracteriza por la formación de un gran número de bancos, aprovechando la pendiente y el depósito superficial.	Exigen constituir toda la infraestructura viaria para acceder a los niveles superiores desde el

Sistema	Descripción	Ventajas	Desventajas
Canteras	materiales de construcción.	Permite iniciar la restauración con antelación y desde los bancos superiores hasta los de menor cota. Presentando bermas intermedias y taludes técnicamente diseñados en condiciones de estabilidad favorables	principio y obliga a una mayor distancia de transporte.
Terrazas	Yacimientos de uno o varios niveles mineralizados y con recubrimientos potentes.	Las profundidades que se alcanzan son importantes, existiendo casi exclusivamente una limitación de tipo económico en la determinación de cuál es el último nivel mineralizado que se explotará. Banqueo con avance unidireccional. Permiten depositar el estéril en el hueco creado, transportándolo alrededor de la explotación	Yacimientos relativamente horizontales
Contornos	Yacimientos con capas tumbada	Excavación del estéril y del mineral en sentido transversal al afloramiento, hasta alcanzar el límite económico, dejando un talud de banco único y progresión longitudinal siguiendo el citado afloramiento.	De reducida potencia y topografía generalmente desfavorable, se aplican los métodos conocidos bajo la denominación de minería de contorno.
Descubierta	Este método se aplica en yacimientos tumbados u horizontales	Consiste en el avance unidireccional de un módulo con un solo banco desde el que se efectúa el arranque del estéril y vertido de éste al hueco de las fases anteriores.	Recubrimientos de estéril inferiores, por lo general, a los 50 m.

**Nota.** (González D. , 2023)

Finalmente, tras analizar las particularidades de cada sistema y considerar criterios geológico mineros y minero técnicos, se optó por la combinación de sistemas en cantera y corta.

En la forma de cantera se ejecutarán bancos ascendentes desde la cota 1712 hasta la 1628 de tal forma que se aproveche la inclinación del terreno que llega hasta cierto punto. Para seguidamente continuar con el banqueo descendente en forma de corta, ejecutándose tridimensionalmente con secciones verticales en forma tronco-cónica hasta llegar a la cota 1549 m.s.n.m. que es donde se limita el diseño de esta explotación debido a factores técnico-económicos que por tanto cambiaran el método de la explotación a futuro.

La elección combinada de estos dos sistemas de explotación es viable, ya que ofrece condiciones favorables de estabilidad y seguridad operacional.

### 6.3 Resultados del Tercer Objetivo

“Diseñar el sistema de explotación a cielo abierto en el bloque “Carmen” de la Concesión Minera Joya de Oriente II”

#### 6.3.1 Parámetros Principales de Diseño.

Las dimensiones a continuación se establecieron en base a la topografía actual del Bloque Carmen, al igual que datos resultantes en el cálculo de reservas. Además, la maquinaria expuesta para la ejecución del sistema de explotación es propia de la concesión minera Joya del Oriente II.

- **Profundidad de explotación**

$$H_f = H_s - H_i$$

Donde;

$H_s$  = cota mayor

$H_i$  = cota menor

$$H_f = 1712 \text{ m} - 1549 \text{ m}$$

$$H_f = 163 \text{ m}$$

- **Altura de bancos.**

Para el diseño se consideró la excavadora 2G XGMA con un alcance de brazo de 9,6 m. (Ver *Anexo 23*)

$$H_b = 0.9 \times (Ab)$$

Donde:

Ab: alcance del brazo

$$H_b = 0.9 \times (10,29 \text{ m})$$

$$H_b = 9,26 \text{ m} \rightarrow 9 \text{ m}$$

- **Número de bancos.**

$$\# b = \frac{H_f}{H_b}$$

Donde;

$H_f$  = Altura del bloque

$H_b$  = Altura de los bancos

$$\# b = \frac{163 \text{ m}}{9}$$

$$\# b = 18,11 \rightarrow 18$$

En total se ejecutarán 18 bancos que partirán desde la cota 1712 hasta 1549 m.s.n.m.

Sin embargo, al tomar en cuenta la elección combinada de los sistemas de explotación de cantera y cortas, la distribución de bancos partirá desde la cota 1712 hasta la 1628 en forma de cantera aprovechando la topografía del terreno ejecutándose hasta aquí 9 bancos descendentes, para luego ejecutarse 9 bancos descendentes tridimensionales con secciones verticales en forma tronco-cónica hasta llegar a la cota 1549 m.s.n.m.

- **Ángulo de talud de los bancos definitivos**

- Primera profundidad**

Al analizar las condiciones geológico-mineras del material presente en la superficie del Bloque Carmen, se observa que este material se encuentra en un estado de alteración avanzado en comparación con las profundidades más bajas. Este grado de alteración superficial es un factor clave a considerar en un diseño minero.

Desde el punto de vista geológico, la alteración de las rocas en la superficie suele implicar la degradación de sus propiedades físico-mecánicas. Esto se debe a la exposición prolongada a los agentes intempéricos, como la oxidación, la meteorización y los procesos de lixiviación. Como resultado, el material superficial tiende a presentar una menor resistencia y estabilidad que el material menos alterado en profundidad.

Dadas estas características geológicas del depósito, un ángulo más tendido, acorde a la resistencia del material alterado, será necesario para garantizar la estabilidad de los taludes y minimizar los riesgos de inestabilidad y deslizamientos.

Para determinar el ángulo de talud final adecuado para la primera profundidad, se utilizó como herramienta clave los resultados arrojados en el ensayo del esclerómetro, donde la muestra 2 expuso un resultado promedio de 25.32 MPa.

$$\alpha = \tan^{-1} x (f)$$

Donde:

$$f = \frac{\text{RCS (MPa)}}{10}$$

$$f = \frac{25.32 \text{ MPa}}{10}$$

$$f = 2.53 \rightarrow 3$$

$$\alpha = \tan^{-1} x (3)$$

$$\alpha = 71.56 \rightarrow 72^\circ$$

## Segunda y tercera profundidad

Para el cálculo del coeficiente de Protodyakonov (f), se tomó el promedio de los datos resultantes del ensayo de resistencia a la compresión simple, siendo 59,53 MPa.

$$\alpha = \tan^{-1} x (f)$$

Donde:

$$f = \frac{\text{RCS (MPa)}}{10}$$

$$f = \frac{59,53 \text{ MPa}}{10}$$

$$f = 5,95 \rightarrow 6$$

$$\alpha = \tan^{-1} x (6)$$

$$\alpha = 80,53 \rightarrow 81^\circ$$

El ángulo de trabajo final referente a la segunda y tercera profundidad será de  $81^\circ$  debido que el material presente son rocas suficientemente resistentes.

- **Ángulo de talud de trabajo**

$$\alpha_t = \frac{\alpha}{k_1}$$

$$\alpha_t = \frac{81^\circ}{1,24}$$

$$\alpha_t = 65,32^\circ \rightarrow 65^\circ$$

**Nota.** Se toma el coeficiente K1 con el valor de 1,24 por normas de seguridad.

- **Plataforma de trabajo**

**Ancho de berma**

$$B = \frac{H_b}{3}$$

Donde;

$H_b$  = Altura de los bancos

$$B = \frac{9}{3}$$

$$B = 3 \text{ m}$$

**Ancho de vía.**

$$A = a(0.5 + 1.5 n)$$

Donde:

a= Ancho del vehículo.

N = Número de carriles.

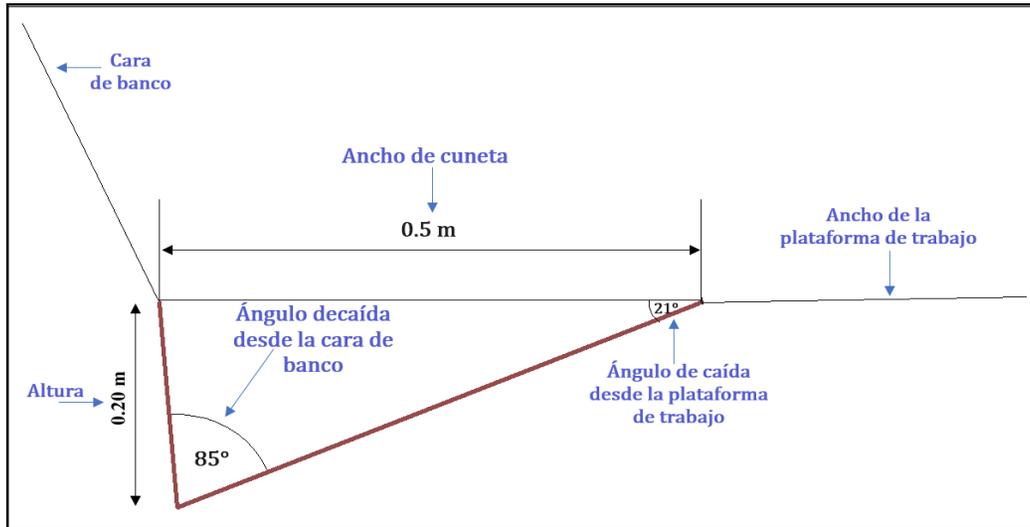
$$A = 2,5 \text{ m} (0.5 + 1.5 (1))$$

$$A = 5 \text{ m}$$

- **Desagüe.**

La cuneta será excavada en la base de los taludes con el propósito de captar y drenar el agua lluvia hacia la quebrada Los Guineales. Se estima que la cuneta tendrá un ancho de 0,5 metros para garantizar un flujo adecuado y rápido de agua. (Ver *Anexo 22*)

**Figura 61.** *Diseño de la cuneta de desagüe*



- **Ancho de la plataforma de trabajo.**

$$T = C + A + B$$

Donde:

T = Ancho de la plataforma de trabajo

C = Espacio de maniobra de la pala cargadora (1.5 veces su longitud)

A = Ancho de la vía.

B = Berma de seguridad

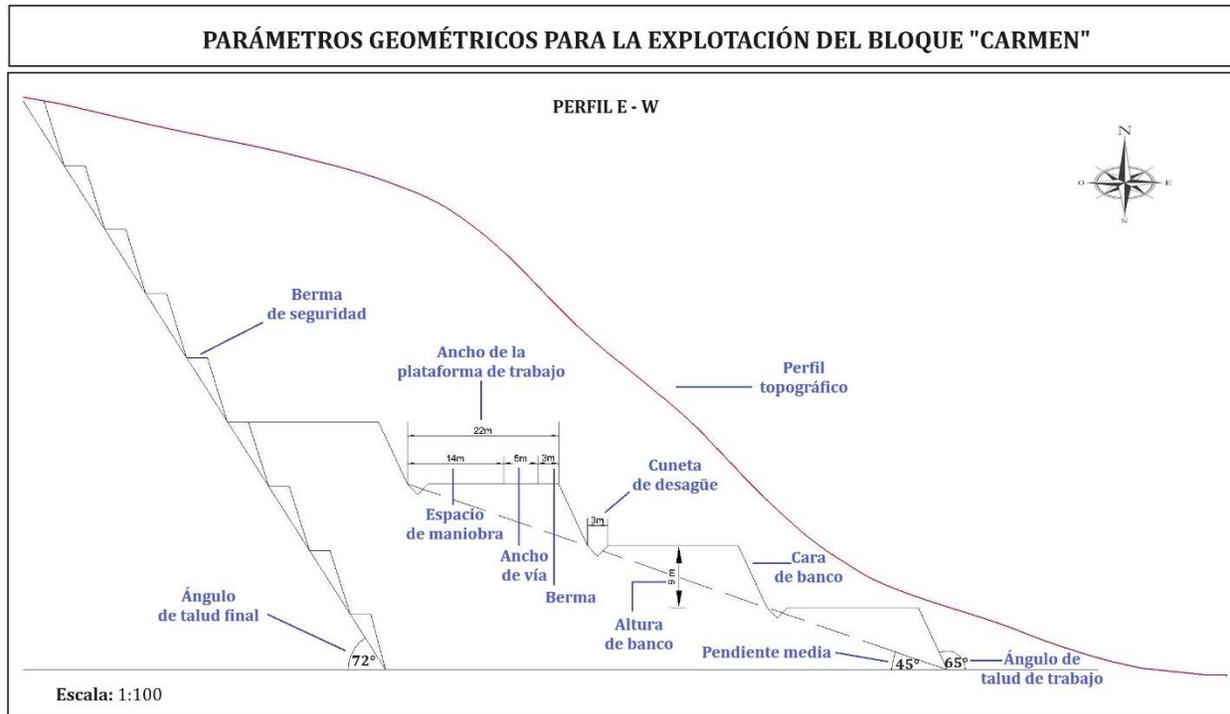
$$T = (1,5 \times 9,5) + 5\text{m} + 3\text{m}$$

$$\mathbf{T = 22,25\text{ m} \rightarrow 22\text{ m}}$$

El ancho de la plataforma de trabajo será de 22 m considerando que el ancho de vía siendo de un solo carril será de 5m, mientras que la berma de seguridad calculada será de 3 m de tal forma que queda un espacio de maniobra para de excavadora de 14 m.

Finalmente, la figura 62 plasma gráficamente los parámetros geométricos calculados que conllevará el diseño de explotación a cielo abierto del Bloque “Carmen”. (Ver *Anexo 25*)

**Figura 62.** Parámetros geométricos para la explotación del Bloque “Carmen”



- **Volumen del mineral**

El volumen mineral se tomó el que posee más mineralización expuesto en el punto de cálculo de reservas.

$$\text{Vol m: } 1596347.88 \text{ m}^3$$

- **Volumen de estéril**

Este volumen será calculado a través de los volúmenes considerados estéril.

$$\text{Vol e: } V_1 + V_2 \rightarrow \text{m}^3$$

$$\text{Vol e: } 1188783.06 \text{ m}^3 + 1258658.16 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol e: } 2447441.22 \text{ m}^3$$

- **Coefficiente de destape**

$$C_d = \frac{V_e}{V_m}$$

Donde:

$V_e$  = Volumen del estéril

$V_m$  = Volumen del mineral

$$C_d = \frac{2447441.22 \text{ m}^3}{1596347.88 \text{ m}^3}$$

$$C_d = 1.53$$

- **Producción**

**Tabla 47. Producción**

<b>Producción</b>	<b>Tiempo (días)</b>	<b>Cantidad (tn)</b>	<b>En función a:</b>
Diaria	8 h = 1 día	12	La capacidad de almacenamiento de la maquinaria de transporte Volquete Mercedes Benz, siendo de 12 ton.
Mensual	176 h = 22 días	2112	
Anual	264 días	3168	

- **Tiempo de vida**

$$T_v = \frac{Q * n}{P}$$

Donde:

$T_v$ = Tiempo de vida

Q= reservas probadas + probables

N= Peso volumétrico del mineral

P= producción anual

$$T_v = \frac{4043789.103 \text{ m}^3}{3840 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 264 \text{ días}}$$

$$T_v = 3.4 \text{ años} \rightarrow 3 \text{ años y medio}$$

### 6.3.2 Determinación del ciclo de trabajo.

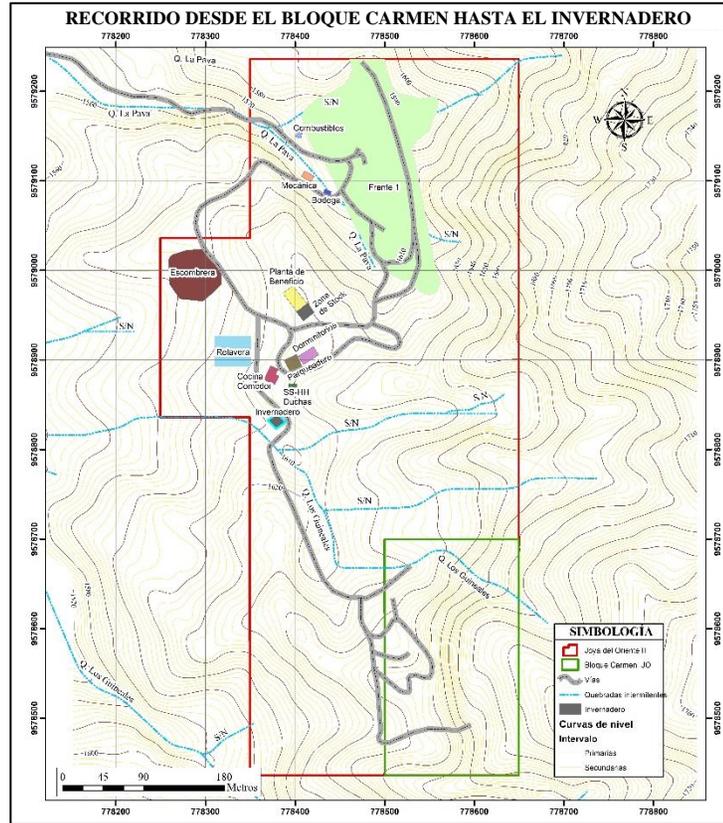
- **Destape.**

La remoción del suelo será ejecutada mediante la excavadora XGMA XG822EL que se muestra en la (Figura 64) la cual cargará el material de destape a 3 volquetes Mercedes Benz, los cuales transportaran el material hacia el invernadero existente en la concesión, mismo que abarca un área de 200 m<sup>2</sup>. El recorrido de los volquetes será de 268 m. La maquinaria descrita se encuentra en el *Anexo 23*.

- **Arranque.**

Al considerar la resistencia el macizo rocoso presente en el bloque Carmen, el arranque se efectuará de forma mecanizada y directa iniciando desde el banco superior en explotación mediante la excavadora XGMA XG822EL (Figura 64) en turnos de 8 horas diarias durante 264 días al año. La excavadora ejecutará la construcción de los bancos para abordar la explotación, donde el material resultante se transportará hacia la zona de stock mediante 3 volquetes Mercedes Benz. La maquinaria descrita se encuentra en el *Anexo 23*

**Figura 63.** Recorrido desde el bloque Carmen hasta el invernadero



- **Carga.**

La carga estará potenciada por la misma excavadora XGMA XG822EL (Figura 64) utilizada en la operación de arranque, su acción consistirá en el arranque del material del Frente de explotación y la carga directa a los volquetes Mercedes Benz para su continua operación. La maquinaria descrita se encuentra en el **Anexo 23**.

**Figura 64.** Excavadora XGMA XG822EL





### 6.3.2.1 Calculo de rendimiento de la maquinaria

- **Maquinaria de arranque y carga excavadora XGMA XG822EL**

$$R = \frac{V_c * 3600 * F_e * E_c * C_t}{T_c} \rightarrow \left( \frac{m^3}{h} \right)$$

La tabla adjunta, muestra los datos recopilados en campo que serán usados para el cálculo del rendimiento de la excavadora mediante la expresión matemática propuesta por Chiriboga et al., (2011).

**Tabla 48.** Datos de rendimiento de la excavadora XGMA XG822EL

<b>V<sub>c</sub></b>	Capacidad del cucharón	1.1 m <sup>3</sup>
<b>F<sub>e</sub></b>	Factor de eficiencia de la maquina	85%
<b>E<sub>c</sub></b>	Factor de eficiencia del cucharón	0.82
<b>C<sub>t</sub></b>	Coefficiente de transformación	0.95
<b>T<sub>c</sub></b>	Tiempo de duración del ciclo	11 s
<b>R</b>	Rendimiento	236 m <sup>3</sup> /h

- **Maquinaria de transporte volquete Mercedes Benz**

$$R = \frac{V_c * 60 * F_e}{T_c} \rightarrow \left( \frac{m^3}{h} \right)$$

La tabla adjunta, muestra los datos recopilados en campo que serán usados para el cálculo del rendimiento del volquete.

**Tabla 49.** Datos de rendimiento del volquete Mercedes Benz

<b>V<sub>c</sub></b>	Capacidad del valde	12 m <sup>3</sup>
<b>F<sub>e</sub></b>	Factor de eficiencia de la maquina	85 %
<b>T<sub>c</sub></b>	Tiempo de duración del ciclo	12,18 min
<b>R</b>	Rendimiento	50.25 m <sup>3</sup> /h

### 9.3.2.2 Producción diaria

**Tabla 50.** Cálculo de la producción diaria

Tiempo de 1 ciclo completo	12.18 min
Jornada de trabajo	8 horas
Numero de ciclos	40
Producción diaria	3840 m <sup>3</sup>
Tiempo de vida	3.99 años – 4 años

El cálculo de la producción diaria permite proyectar la duración del proyecto minero. Para ello, se consideró la capacidad del cucharón de la excavadora, el volumen del volquete y el tiempo requerido para completar un ciclo de trabajo. Es importante destacar que la producción real está sujeta a diversos factores como las condiciones climáticas, aspectos operativos, posibles fallos en la maquinaria, entre otros.

### 6.3.3 Identificación de impactos ambientales

La identificación de impactos que producirá la explotación minera en el Bloque “Carmen” se detalla en la siguiente matriz de Leopold.

**Tabla 51.** Matriz de Leopold

Bloque "Carmen" de la Concesión Minera Joya del Oriente II Cód. 501381			Actividades del proyecto				
			Explotación				
			Destape	Arranque	Carga	Transporte	Zona de stock
Medio Físico	Aire	Ruido	x	x	x	x	x
		Gases	x	x	x	x	x
		Polvo	x	x	x	x	x
		Olores	x	x		x	x
	Agua	Calidad					
	Suelo	Topografía y geomorfología	X	x			
		Erosión	x	x		x	x
Estabilidad			x				
Calidad		x					
Medio Biótico	Flora	Cobertura vegetal	x	x			
		Diversidad					
	Fauna	Diversidad					
		Migración	x	x			
	Paisaje	Paisaje natural	x	x			
Medio Socioeconómico	Uso de suelo	Forestal y agrícola	x	x			
	Infraestructura	Red vial	x	x	x	x	x
		Salud	x	x	x	x	x
	Humanos	Seguridad	x	x	x	x	x
		Empleo	x	x	x	x	x

La tabla 51 presenta una serie de impactos ambientales que surgirán como resultado de la futura explotación minera, los cuales afectarán al medio físico, biótico y socioeconómico. Estos impactos abarcan aspectos relacionados con la calidad del aire, del agua y del suelo, así como la flora, fauna, diversidad biológica, y aspectos socioeconómicos como empleo, infraestructura y seguridad.

En el proceso de destape, la remoción de la capa vegetal conlleva impactos significativos, incluyendo ruido, emisiones de gases, generación de polvo, presencia de olores, alteraciones en la topografía y geomorfología, erosión del suelo, cambios en la estabilidad del terreno, afectación de la calidad del suelo, pérdida de cobertura vegetal, migración de especies, impacto en el paisaje natural y en las zonas forestales y agrícolas, influencia en la red vial, así como efectos en la salud, seguridad y empleo.

En la etapa de arranque, la conformación de bancos, cunetas, bermas y rampas genera impactos similares, incluyendo ruido, emisiones de gases, generación de polvo, presencia de olores, alteraciones en la topografía y geomorfología, erosión del suelo, cambios en la estabilidad del terreno, pérdida de cobertura vegetal, migración de especies, impacto en el paisaje natural y en las zonas forestales y agrícolas, influencia en la red vial, así como efectos en la salud, seguridad y empleo.

Finalmente, en la actividad de carga, transporte y almacenamiento se identifican impactos como ruido, emisiones de gases, generación de polvo, presencia de olores, erosión del suelo, cambios en la estabilidad del terreno, influencia en la red vial, así como efectos en la salud, seguridad y empleo

#### 6.3.4 Costos económicos de operación

- Costo por insumos de la maquinaria usada para la explotación del yacimiento

**Tabla 52.** Costos unitarios de insumos

Insumo	Cantidad	Costo Unitario	Costo total (\$/mes)	Costo total (\$/anual)
Lubricantes	1	35	230	2760
Diésel	1	90	1980	23760
Repuestos	1	8.18	179.96	2159.52
<b>Subtotal</b>				<b>28679.52</b>

**Nota.** Concesión Minera Joya del Oriente II

- **Depreciación de la maquinaria para la explotación del yacimiento**

**Tabla 53.** *Depreciación de maquinaria por año*

Descripción	Cantidad	Vida útil años	Costo unitario \$	Costo total \$	Depreciación anual \$
Excavadora XGMA XG822EL	1	5	140000	140000	28000
Volquetes Mercedes Benz	3	5	120000	360000	72000
<b>Subtotal</b>					100000

- **Costo de personal para la explotación del yacimiento**

**Tabla 54.** *Costos unitarios de personal*

Cantidad	Cargo	Costo unitario (USD)	Sueldo mensual (USD mensual)	Costo total (USD anual)
1	Operador de excavadora	800	800	9600
3	Operador de volquete	733	1466	26388
1	Ing. en minas	900	900	10800
<b>Subtotal</b>				46788

**Nota.** Concesión Minera Joya del Oriente II

- **Costo unitario del personal encargado de procesar el material**

**Tabla 55.** *Costo unitario del personal*

Cantidad	Cargo	Costo unitario (USD)	Sueldo (USD mensual)	Costo total (USD anual)
2	Molinero	526	1052	12624
2	Obrero	526	1052	12624
1	Ing. en metalurgia	900	900	10800
<b>Subtotal</b>				36048

**Nota.** Concesión Minera Joya del Oriente II

- **Costo de beneficio por una tonelada de mineral**

**Tabla 56.** *Costo de beneficio por una tonelada de mineral*

Bloque	Reservas ton	Costo de proceso \$	Total
1	3257265.58	80.84	40292.7
2	3448723.36	80.84	42661.1
3	4373993.2	80.84	54106.8
<b>Suma</b>			137060.6

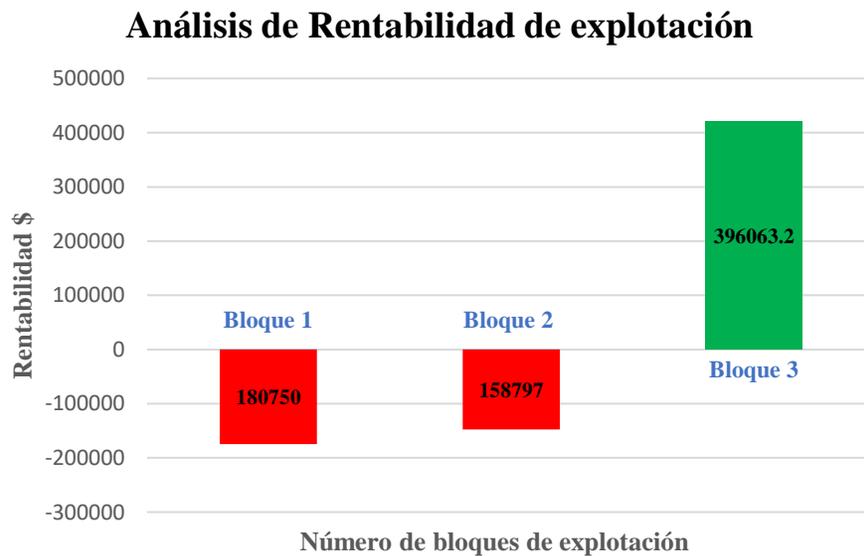
Después de analizar las tablas pertinentes, se ha determinado que el costo total de operación es de 348576.2 \$. Es importante destacar que la maquinaria a utilizarse en la futura explotación pertenece a la concesión minera Joya del Oriente II, lo que resulta en la resta del valor total, dejando un saldo positivo de 248576.2 \$. Esto tiene un impacto favorable en el cálculo del análisis económico de rentabilidad de la explotación por cada bloque.

### 6.3.5 Análisis económico de rentabilidad de explotación por cada bloque

**Tabla 57.** Análisis económico de rentabilidad de explotación por cada bloque

Bloque	Reservas de Au (g)	%Recup. Planta	Recup. Au (g)	Precio de venta (\$)	Total \$	Tiempo de vida (años)	Costos de operación	Rentabilidad
1	1172.45	89%	1043	65	67826	1	248576.2	-180750.0
2	1551.93	89%	1381	65	89779.2	1	248576.2	-158797.0
3	15440.2	89%	13742	65	893216	2	497152.4	396063.2
<b>Total</b>	<b>18164.58</b>				<b>1050821.0</b>			<b>56516</b>

**Figura 67.** Distribución de los datos de rentabilidad de explotación por cada bloque

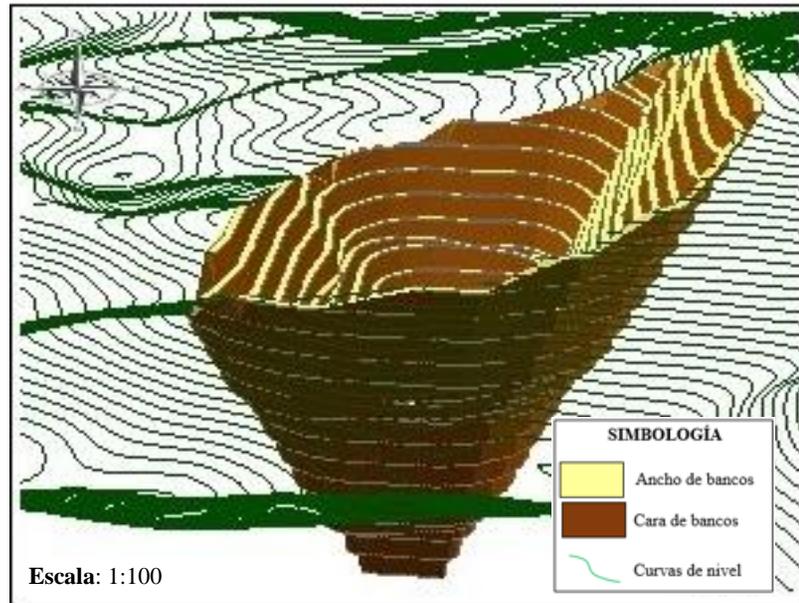


Según el análisis económico de rentabilidad por cada bloque, se determinó que la explotación de oro en el Bloque Carmen a cielo abierto no es económicamente viable, ya que sus valores se encuentran por debajo del umbral de rentabilidad debido a la baja ley de oro existente en el bloque.

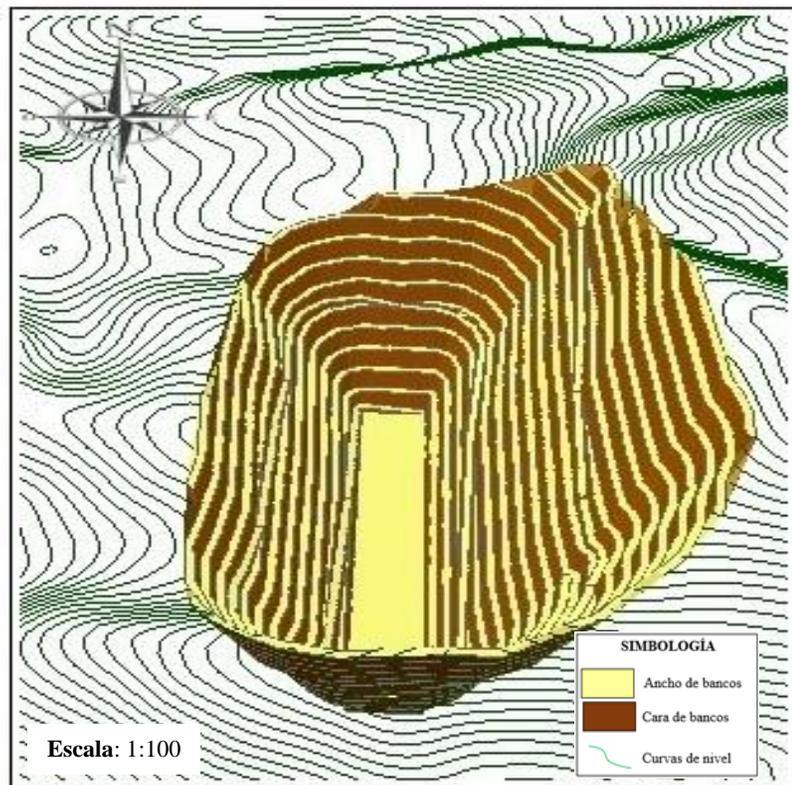
### 6.3.6 Diseño del sistema de explotación a cielo abierto.

Finalmente, se procedió a plasmar el diseño en planos 2D y 3D en el software Recmin.  
(Ver *Anexos 26 y 27*)

**Figura 68.** *Implantación del sistema de explotación del Bloque Carmen*



**Figura 69.** *Vista 3D del sistema de explotación del Bloque Carmen*



Una vez que se implantó el diseño del sistema de explotación en el software Recmin, se procedió a ejecutar el cálculo de volumen de material a explotar, para lo cual se realizó 8 cortes con una distancia de 20 m en dirección S-N (Ver *Anexo 28*)

**Tabla 58.** Áreas y volúmenes del material a extraer

Perfiles	Área m <sup>2</sup>	Volumen m <sup>3</sup>
1	25796.6	515932.4
2	25480.6	509612.1
3	13870	277400.1
4	4091.4	81828.7
5	2092.2	41843.2
6	9283.2	185664.3
7	16095.2	321904
8	23350	467000.6
<b>Total</b>	<b>120059.2</b>	<b>4076164.1</b>

El volumen resultante de los perfiles realizados dio como resultado 4076164.1 m<sup>3</sup> de material a extraer, el cual se relaciona con el acápite del cálculo de reservas el cual fue de 4077580 m<sup>3</sup>

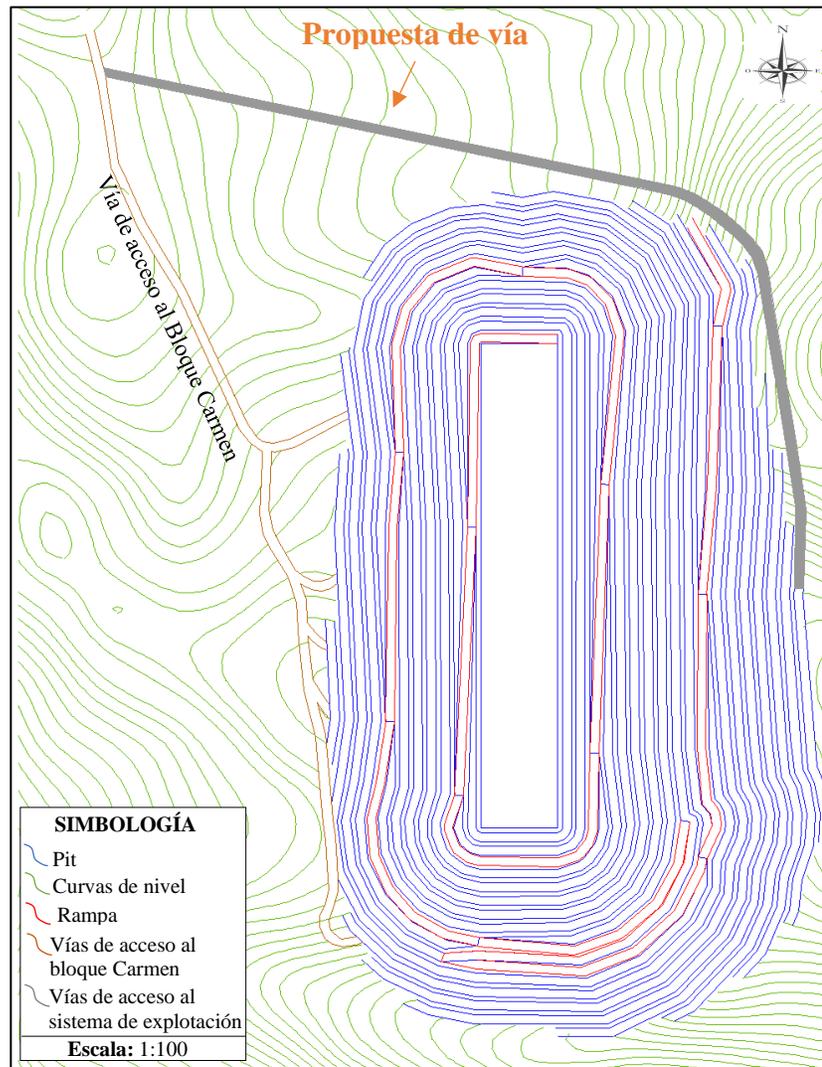
- **Propuesta de vía de acceso al sistema de explotación del bloque Carmen**

Finalmente se diseñó una vía de acceso hacia los bancos de explotación, la cual cuenta con un ancho de 5 m y una pendiente máxima del 10%, con el objetivo de permitir que los volquetes realicen su trabajo de manera eficiente y segura.

La vía se ha planificado considerando las cotas más altas hacia las cotas más bajas, evitando la generación de pendientes excesivas que puedan obstaculizar el ciclo de trabajo.

Esta vía se conecta con la vía principal de ingreso al bloque Carmen. (Ver *Anexo 29*)

**Figura 70.** Propuesta de vía de acceso al sistema de explotación del bloque Carmen



## 7. Discusión

Los resultados obtenidos en la investigación han permitido el diseño de un sistema de explotación que contempla 3 bloques mineralizados, para lo que se determinó características geológico mineras y minero técnicas, así como los costos económicos y el análisis de rentabilidad por cada una de las profundidades y finalmente, mediante el software Recmin diseñar el sistema de explotación a cielo abierto. Dicho esto, se determina que:

La investigación ha permitido realizar la caracterización geológica del bloque "Carmen"; donde la litología predominante corresponde a una roca ígnea de origen volcánico, específicamente andesita, la cual presenta una textura afanítica (cristales microscópicos). Esta roca andesítica exhibe diferentes grados de alteración, llegando a transformarse en un material arcillo-limoso en la superficie. La andesita presente en el área de estudio pertenece a la Formación Misahuallí, la cual subyace de manera concordante bajo la Formación Hollín. Esta relación estratigráfica indica que el material geológico del bloque "Carmen" comparte las mismas características con el material proveniente del Frente 1 de la concesión minera, estableciendo una relación de concordancia con lo mencionado por Cuenca (2023) en su trabajo de titulación sobre la "Caracterización físico-química y mineralógica del material de mena del área minera Joya del Oriente II".

La cuantificación de reservas se ejecutó mediante los métodos de perfiles y de bloques, que de acuerdo a los autores Bustillo y López, (1997) estos métodos se emplean en proyectos de exploración con el fin de obtener resultados rápidos, principalmente en yacimientos metálicos masivos que son potencialmente explotables a cielo abierto evaluados a partir de sondeos que en este caso fueron calicatas.

Alvarado et al., (2019) en su trabajo monográfico realizan el cálculo de reservas a un yacimiento de oro mediante el método de perfiles; el cual basa en calcular la ley y toneladas del bloque mineral delimitadas por una serie de secciones transversales construidas a partir de sondeos, donde el volumen total lo determinan promediando los datos de las secciones adyacentes, tal es así que sus cálculos contemplan un error mínimo en la extracción. Este método fue ejecutado en la primera profundidad del bloque en el que se trazaron 12 perfiles a una distancia de 22 m cada uno obteniendo un total de 1172.45 g de oro.

Por otro lado, Hernández, (2016) menciona que, el cálculo de reservas por el método de bloques, plantea la división del cuerpo mineral en bloques homogéneos de acuerdo a consideraciones esencialmente geológicas, pudiendo ser aplicado de forma exitosa en cuerpos

minerales de cualquier morfología, explorados según una red regular o irregular donde las reservas totales del yacimiento se obtienen de la sumatoria de las reservas de los bloques individuales. El método en cuestión se aplicó a las dos profundidades consecutivas marcadas en la zona de estudio, en donde se calculó su área, ley media, potencia media, volumen, densidad de mena y tonelaje para finalmente obtener 1551.9 y 15440.2 g de oro respectivamente.

Ordeñana, (2017), en su proyecto de grado titulado “Diseño de planificación minera a cielo abierto de un yacimiento aurífero considerando la incertidumbre geológica”, señala que la roca que conforma el yacimiento presenta una notable resistencia mecánica, lo cual ha generado inestabilidades y deslizamientos en las labores subterráneas poniendo en riesgo la continuidad de la explotación. Ante esta problemática geotécnica, propone la implementación de un diseño de explotación a cielo abierto (open pit o tajo abierto) como la alternativa más adecuada. Esta elección lo fundamenta en la necesidad de abarcar la totalidad del material mineralizado y garantizar la estabilidad y seguridad de las operaciones. En este sentido, dada las condiciones geológico mineras del macizo rocoso (roca de resistencia media) presente en el bloque “Carmen” y la necesidad de aprovechar de manera óptima el recurso mineral distribuido en las 3 profundidades definidas, se propone la implementación de un sistema de explotación combinado, integrando métodos de cantera y corta. Esta implementación se puede observar en el Frente 1 de la concesión minera.

Las variables analizadas anteriormente respaldan la viabilidad de aplicar el método de explotación a cielo abierto mediante un open pit en el Bloque "Carmen". Esto se debe a las características geológicas favorables del bloque, como tener una roca de resistencia media, lo que facilita su extracción mediante medios mecánicos. Además, el hecho de que el mineral se encuentre desde la superficie permite una combinación apropiada de sistemas de cantera y corta. Esta combinación de sistemas es clave para mantener la eficiencia en el ciclo de trabajo y obtener una rentabilidad de extracción estimada del 95% en torno a los valores calculados en la investigación.

Finalmente, la inversión requerida para la implementación del sistema de explotación a cielo abierto (open pit) en el Bloque Carmen asciende a 735,610.2 dólares. Tras la finalización de la vida útil del proyecto (4 años), se obtiene una rentabilidad mínima de 56,516 dólares. Es importante destacar que la generación de esta ganancia se sustenta principalmente en las reservas minerales identificadas en el tercer bloque, lo que significa que, durante los dos primeros años, que corresponden a la explotación de los dos bloques iniciales, no se registrarían ganancias.

Sin embargo, los estudios de viabilidad económica no siempre tienen que ser favorables, depende exclusivamente de las características técnico mineras del yacimiento que deben ser evaluadas de manera económica.

## 8. Conclusiones

- Se concluye que del levantamiento topográfico se obtuvo 3,750 hectáreas del bloque estudiado al sur de la concesión con altitudes que van desde 1628 a 1712 m.s.n.m.
- En base a la caracterización geológica del bloque Carmen se concluye que, este se compone por roca ígnea volcánica andesita perteneciente a la formación Misahuallí; dentro de esta formación existe mineralización tipo stocwork visualizada en los afloramientos y calicatas que se ejecutaron.
- La concesión minera Joya del Oriente II se compone esencialmente de un yacimiento masivo de intermedia sulfuración de oro y plata.
- El análisis geo mecánico determinó que la operación de arranque se ejecutará por vía mecánica además de que los taludes no requerirán sostenimiento ni presentaran fallos de desplazamiento debido a que la clase de macizo presente en el bloque de estudio es considerada como buena según la clasificación de Bieniawski, (1989)
- El cálculo de reservas por el método de perfiles para el primer bloque con profundidad de 22 m promedio determinó la cantidad de 1140.04 g de oro en un volumen de 1188783.06  $m^3$ , mientras que por el método de bloques para el segundo bloque con la profundidad de 36 m se determinó la cantidad de 1551.93 g en un volumen de 1258658.16  $m^3$  y en el tercer bloque con la profundidad de 49 m fue de 15440.20 g en un volumen de 1596347.88  $m^3$ . Lo que permite concluir que a mayor profundidad la mineralización aumenta.
- Para la elección del sistema de explotación se consideró parámetros geológico mineros y minero técnicos lo que concluyó en la combinación de un sistema de cantera con el de corta, donde en base a la maquinaria y la diferencia de cotas se determinó la altura total del pit de 163 m, en el cual se planteó la elaboración de bancos descendentes cada 9 m de altura con un ancho de plataforma de 22 m, misma que cuenta con la realización de cunetas para el desagüe, el espacio de maniobra de la excavadora, el ancho de vía y la berma de seguridad; así también se calculó un ángulo de taludes de trabajo de 65 ° que al final de la explotación la primera profundidad contemplará un ángulo de talud final de 72°, mientras que las dos siguientes será de 81°.
- El material a extraerse será evacuado de cada banco mediante un trabajo cíclico de arranque, carga y transporte, donde el arranque y la carga será realizada por la excavadora XGMA XG822EL, mientras que el transporte será ejecutado por 3 volquetes Mercedes

Benz de  $12 m^3$  de capacidad, los cuales llevaran el material hacia la zona de stock para su respectivo beneficio.

- Finalmente, el análisis económico de rentabilidad realizado para cada uno de los bloques de explotación ha revelado que la explotación a cielo abierto en el Bloque Carmen no es rentable desde el punto de vista económico. La principal razón detrás de esta falta de viabilidad radica en las características geológicas. En el caso del Bloque Carmen, los estudios geológicos han demostrado que las leyes minerales, particularmente del mineral de oro, son insignificantes (ley 0.35, 0,45, 3.53 g/tn).

## **9. Recomendaciones**

- La recomendación más apropiada es la no explotación del Bloque Carmen mediante el método de explotación a cielo abierto. Esta decisión se sustenta en las características geológicas del depósito mineral, las cuales han determinado que las reservas minerales, particularmente del metal oro, no cuentan con las leyes suficientes para generar una ganancia óptima que justifique la inversión en caso de poner en marcha la fase de explotación.
- Se recomienda la ejecución de una campaña de sondajes para el modelamiento del yacimiento en la concesión minera Joya del Oriente II.
- Realizar un permanente muestreo minero para el control de leyes minerales con la finalidad de mejorar del proceso de beneficio.

## 10. Bibliografía

- Aguilar, J. B. (7 de marzo de 2022). La Minería Arrinconó a Zamora Chinchipe. *Fondo de Periodismo de la Selva Tropical*.
- Alfaro, M. A. (2007). Estimación de Recursos Mineros (Vol. 3). Obtenido de [http://www.cg.ensmp.fr/bibliotheque/public/ALFARO\\_Cours\\_00606.pdf](http://www.cg.ensmp.fr/bibliotheque/public/ALFARO_Cours_00606.pdf)
- Amstrong, J., & Menon, R. (2000). Minas y Canteras. 74, *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*, 1-64.
- Andrés, J. (28 de julio de 2022). *MECAPEDIA*. Obtenido de Coeficiente de Poisson: [http://www.mecapedia.uji.es/pages/coeficiente\\_de\\_Poisson.html](http://www.mecapedia.uji.es/pages/coeficiente_de_Poisson.html)
- Arias, A. P. (14 de octubre de 2014). *Scribd*. Obtenido de Esponjamiento: <https://es.scribd.com/doc/242283260/ESPONJAMIENTO-doc>
- Arzapalo, E. C. (2013). Elección de métodos de explotación minera. *Seguridad Minera*(9). doi:<https://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/eleccion>
- Bada, J. C. (9 de mayo de 2018). Equipo de Transporte en Minería Superficial [Diapositivas]. (U. N. Piura, Ed.) Facultad de Ingeniería de Minas.
- Banco Central del Ecuador. (2015).
- Barcos, M. (2017). Contaminación por metales pesados en el sur del Ecuador asociada a la actividad minera. Ecuador.
- Barrera, C. E. (2017). Estudio de Tiempos y Movimientos del Proceso de Transporte en una Mina y Propuesta para Mejorar su Eficiencia. [Trabajo de grado, Ingeniería en Minas y Metalurgia]. Universidad Autónoma de México.
- Benavente, D., Bernabéu, A., & Cañaveras, J. (2004). Estudio de Propiedades Físicas de las Rocas. *Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 12, 62-68.
- Berenguer, T. A. (2010). Apuntes de Modelación- Estimación de Reservas. [Archivo pdf].
- Boanerges, A. (6 de marzo de 2023). *Geotecnia Fácil*. Obtenido de ¿Qué es una roca?
- Bustillo Revuelta, M., & López Jimeno, C. (1997). *Manual de Evaluación y Diseño de Explotaciones Mineras*. Entorno Gráfico.
- Castilhos, W. (19 de septiembre de 2022). *Sci Dev Net*.
- CCRR. (2018). Estandar Colombiano para el Reporte Público de Resultados de Exploración, Recursos y Reservas Minerales.

- Concha, E. (2017). Minería global contemporánea o financiarizada. México: Unidad Académica en Estudios del Desarrollo de la Universidad Autónoma de Zacatecas.
- Córdova Aguirre, J., & Pardo Jaramillo, W. (2010). Optimización del sistema de explotación para oro en el área minera La Tigrera Parroquias Progreso y Pucara, Cantones Pasaje – Pucara, Provincias de El Oro Y Azuay. [Trabajo de grado, Ingeniería de Minas]. Universidad Nacional de Loja-dspace.
- Cruz, L. V. (2017). El despojo de los territorios indígenas y las resistencias al extractivismo minero en México. *e-cadernos*. doi:<https://doi.org/10.4000/eces.2291>
- Cuenca, D. (2019). Fortaleza de Las Rocas-Ing. Geológica [Archivo PDF]. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/431516099/Fortaleza-de-Las-Rocas-Ing-Geologica>
- Dannemann, V. (11 de septiembre de 2019). América Latina: no hay desarrollo sostenible. *América Latina: riqueza minera y conflicto social*, pág. 1.
- Equipo editorial, Etecé. (07 de marzo de 2019). *Enciclopedia Humanidades*. Obtenido de Minería: <https://humanidades.com/mineria/>
- Equipo editorial, Etecé. (2023). Oro. Concepto. Obtenido de <https://bibliografias.org/como-citar-enciclopedias-en-el-estilo-apa/>
- Estupiñan, R., et al. (2021). *La minería en Ecuador. Pasado, presente y futuro*. Ecuador. doi:[https://www.igme.es/boletin/2021/132\\_4/BGM\\_132-4\\_Art-10.pdf](https://www.igme.es/boletin/2021/132_4/BGM_132-4_Art-10.pdf)
- Fernández, R., & Tessone, M. (2015). *Actividades de Exploración Minera*. Cátedra de Geología de Minas.
- Fuertes, D. (27 de enero de 2023). El impacto de la minería en la reducción de la pobreza. *Mundo minero*.
- García, H. R. (1982). Clasificación de los Recursos Minerales. *Instituto Nacional de Investigaciones Geológico - Mineras*, 25(2).
- Geonext. (s.f.). Obtenido de Muestreo Geológico: <https://www.geoxnet.com/muestreo-geologico/#>
- Geonext. (15 de septiembre de 2019). *Geología*. Obtenido de Geología Estructural: <https://post.geoxnet.com/geologia-estructural/>
- Geostrat S.A. (marzo de 2023). Obtenido de Breve Introducción a la Minería en Ecuador: <http://geostrats.com/miner%C3%ADa-en-ecuador>

*Geotecnia.*\_(s.f.)\_Obtenido de Definición y tipos fallas geológicas:  
<https://geotecniafacil.com/tipos-fallas-geologicas/>

González de Vallejo, L. (2002). *Ingeniería Geológica*. Madrid: Pearson.

González, D. (2023). Diseño del sistema de explotación para yeso del área minera “Manuel Salvador Vega”, código 690344, ubicada en la parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio Digital de la Universidad Nacional de Loja.

González, R. (2021). Diseño de una Mina a Cielo Abierto utilizando Redes Neuronales de Base Radial. [Trabajo de grado, Ingeniero de Minas]. Universidad de Talca - dspace. Obtenido de <http://dspace.utalca.cl/bitstream/1950/12825/3/2021A000515.pdf>

Grupo Hidráulica. (15 de agosto de 2022). *Minería*. Obtenido de ¿Qué es la minería sostenible y cuáles son sus beneficios?

Herbert, J. H. (2006). *Métodos de Minería a Cielo Abierto*. Universidad Politécnica de Madrid.

Ingeoexpert. (19 de enero de 2018). *Ingeoexpert*. Obtenido de Minería a cielo abierto: ¿Qué es, cuáles son sus ventajas y qué tipos hay?

*Ingeoexpert*. (24 de Noviembre de 2021). Obtenido de ¿Qué es la topografía y cuáles son sus objetivos?

Judith. (Agosto de 2016). Los minerales. *Hoja tecnica de divulgacion cientifica*, 4-6.

Julio. (25 de abril de 2011). *Ingeniería en Minas*. Obtenido de Funcionamiento: <http://julio-ingenieriaminas.blogspot.com/2011/04/funcionamiento.html>

Lexis FINDER. (17 de marzo de 2016). Artículo 13 de 2016. Reglamento de Calificación de Recurso y Reservas Mineras.

Madrid, M. (14 de marzo de 2022). *Portal del Petróleo*. Obtenido de Porosidad: Clasificación, Fuentes de Medición e Importancia

Maldonado, Y. (27 de octubre de 2021). *Geologiaweb*. Obtenido de Características y Propiedades de las Rocas

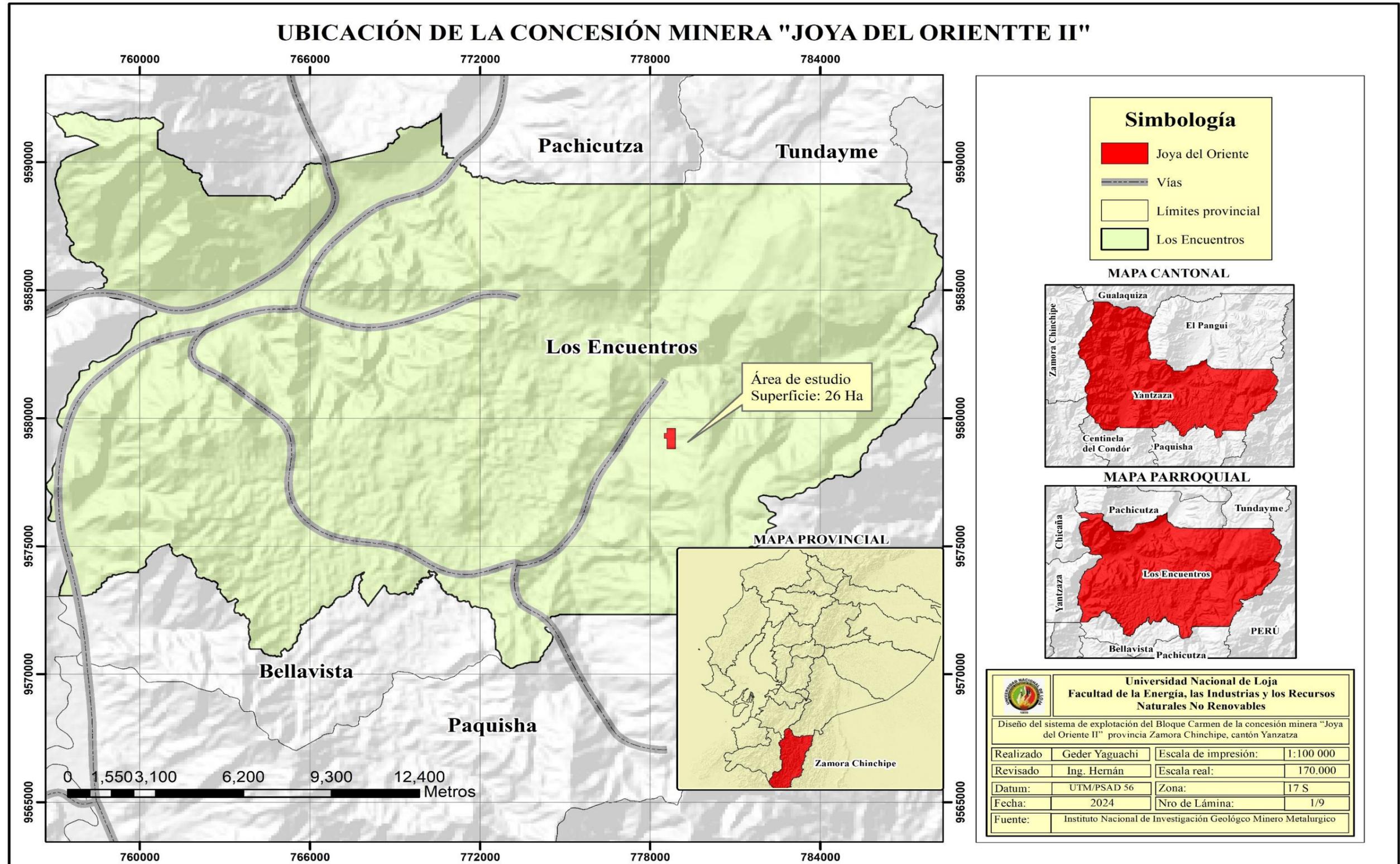
Mantxo, M. (01 de diciembre de 2010). *Ecologistas en accion*. Obtenido de Minería a cielo abierto en Latinoamérica

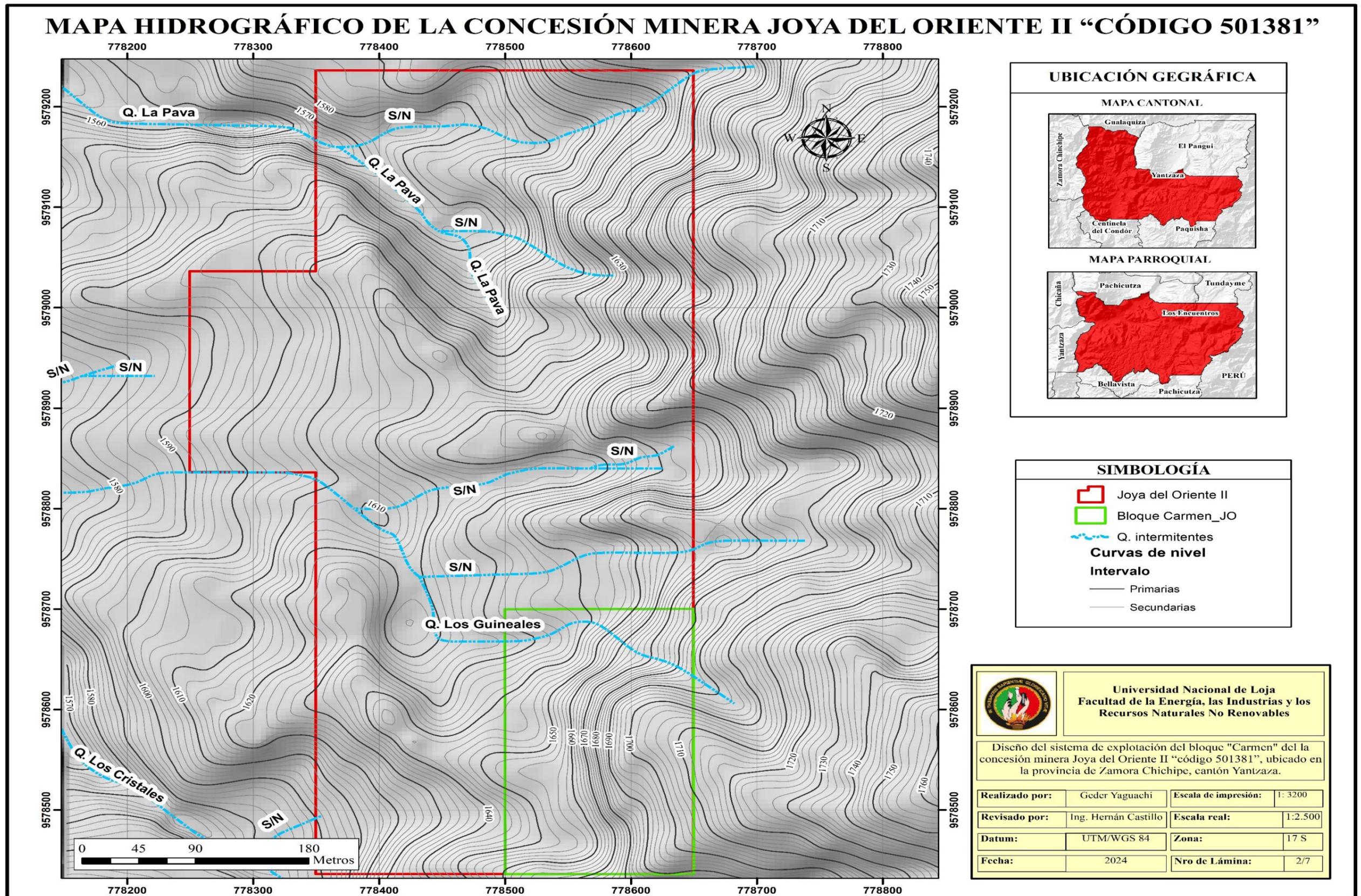
Miranda, J. C. (4 de enero de 2017). *Apuntes de Ingeniería Mecánica*. Obtenido de Maquinas minerales móviles - Generalidades

- Mirna, S. (2013). Historias de extracción. Minería, trabajadores y medio ambiente. *Perspectivas de RCC*, 86. Obtenido de <https://www.jstor.org/stable/26241171>
- Montalar, E. (16 de Diciembre de 2009). *Geotecnia*. Obtenido de La Clasificación Geomecánica de Protodyakonov
- Mora, J. C. (11 de marzo de 2021). *Scribd*. Obtenido de Metodo de Explotacion por Contornos
- Morales, W., & López, D. (2015). *Texto Basico Autoinformativo de Topografía General*. Universidad Nacional Agraria.
- Obando, T. (junio de 2010). Trincheras o Excavaciones Geológicas en el Área de la Ciudad de Managua [Diapositivas]. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua - Managua, Doctorado en Geología y Gestión Ambiental.
- ONU. (25 de Septiembre de 2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>
- Plan Nacional de Creación de Oportunidades*. (18 de Octubre de 2021).
- Recalde, e. (2000). Metodología de Planificación Minera a Corto Plazo y Diseño Minero a Plazo en la Cantera Pifo. *ESPOL*.
- Rojas, M. (2009). Descripción Cuantitativa de los Procesos de Extracción y Reducción del Mineral en la Mina de Cobre en la Mina a Cielo Abierto. [Trabajo de grado, Ingeniería Civil]. Universidad de Chile - Repositorio UChile.
- Sánchez, J. (1 de septiembre de 2020). *Ecología verde*. Obtenido de ¿Cómo afecta al medio ambiente la extracción de minerales?: <https://www.ecologiaverde.com/como-afecta-al-medio-ambiente-la-extraccion-de-minerales-1118.html>
- Servicio Geológico Mexicano. (s.f.). *gob.mx*. Obtenido de ¿Qué es la Geología?: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/157537/Que-es-la-Geologia.pdf>
- Servicio Geológico Mexicano. (22 de marzo de 2017). *Gobierno de México*.
- Shenshko., A. (2010). *Método de explotación a Cielo Abierto* .
- Tarbuck, E., & Lutgens, F. (2005). *Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física* (Octava ed.). Pearson.
- Universidad Arturo PRAT*. (s.f.). Obtenido de ¿Que es un Mineral?: [https://www.unap.cl/prontus\\_unap/site/artic/20141029/pags/20141029155908](https://www.unap.cl/prontus_unap/site/artic/20141029/pags/20141029155908).
- Valdepeña, M. A. (2020). Stockwrks [Dispositivas de Power Point]. Stodocu.
- Wolf, P., & Ghilani, C. (2016). *Topografía* (Décimo Cuarta ed.). Alfaomega.

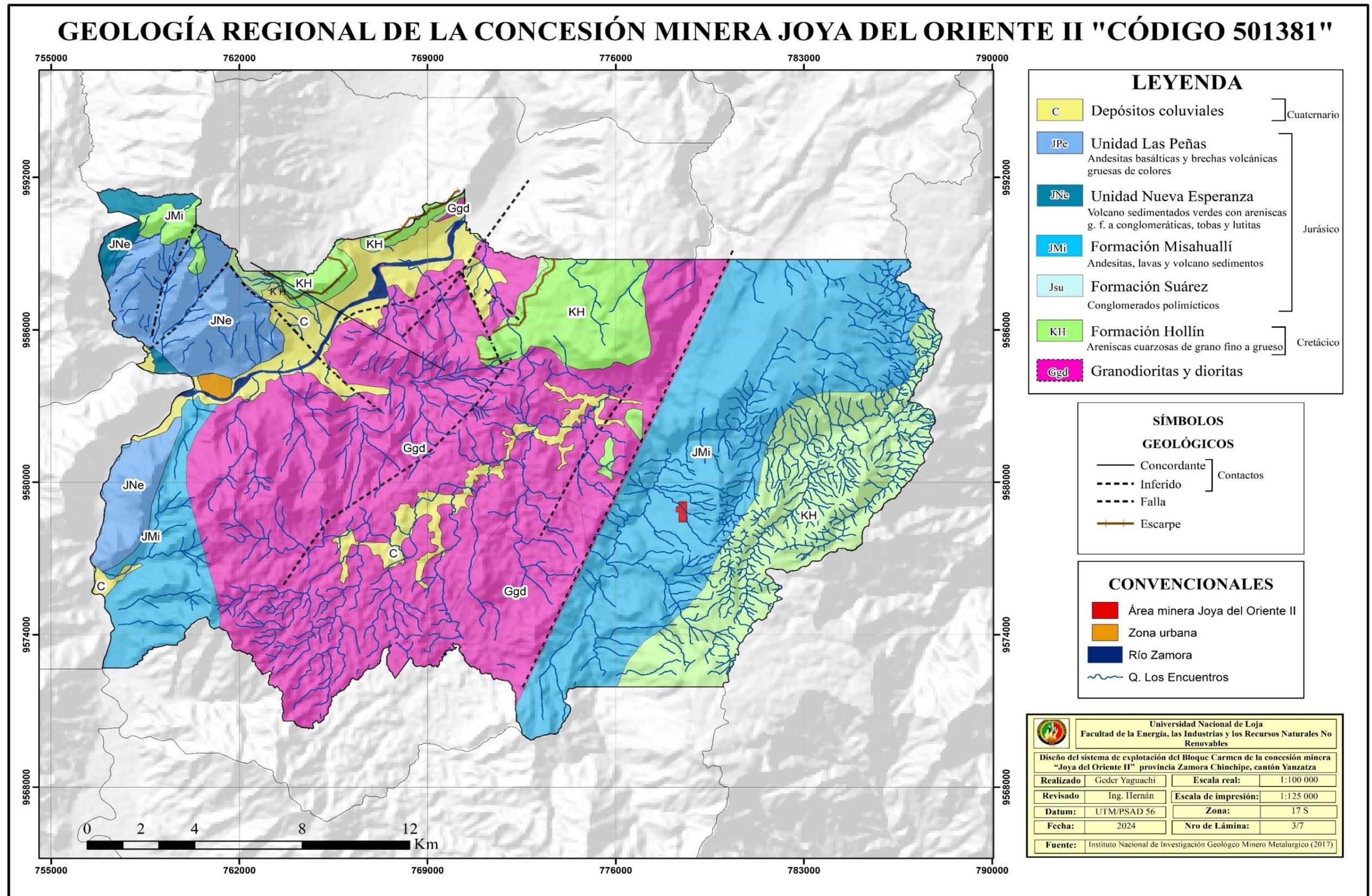
11. Anexos

Anexo 1. Mapa de ubicación

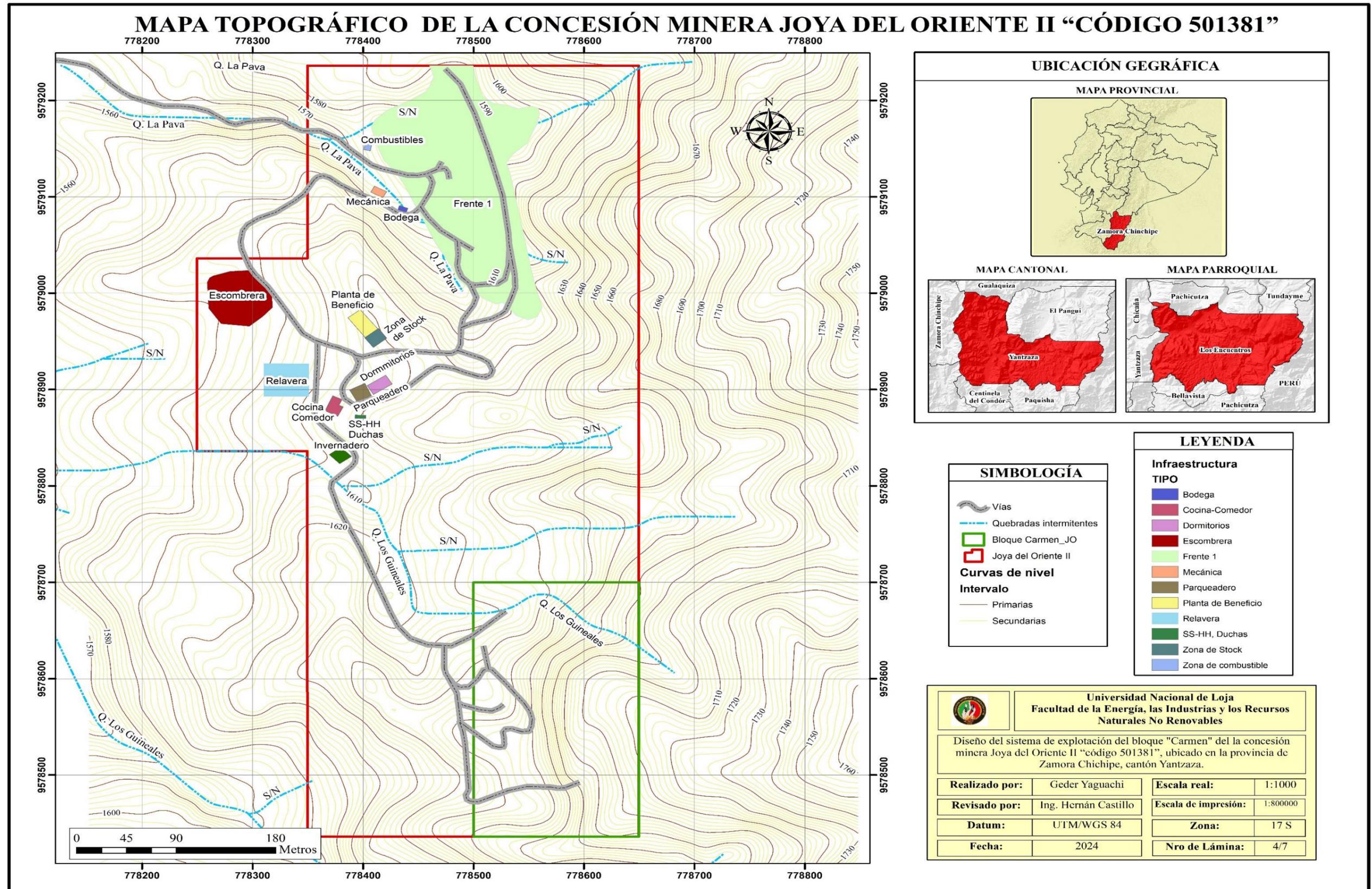


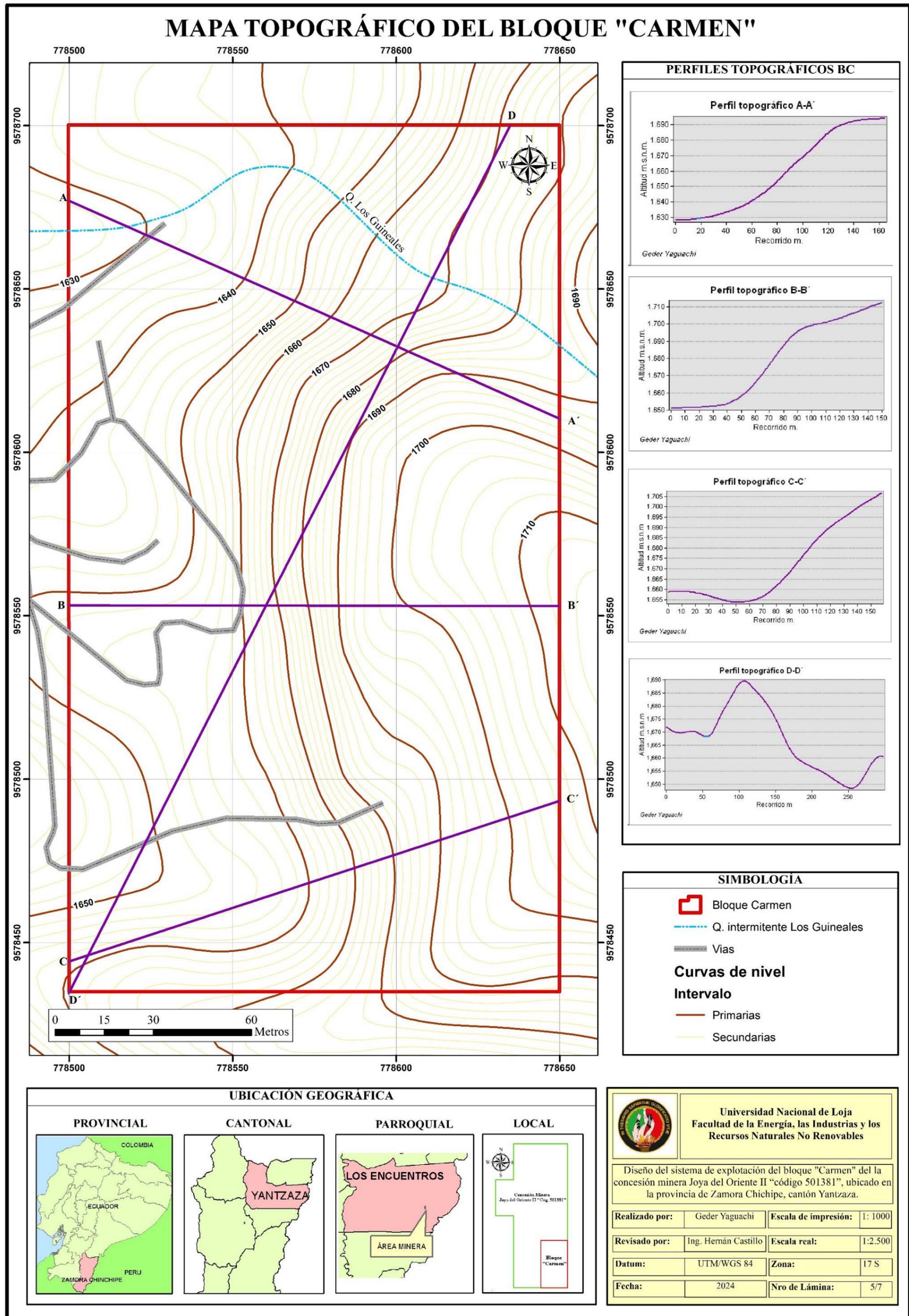


Anexo 3. Mapa de geología de regional



Anexo 4. Mapa topográfico de la concesión minera Joya del Oriente II





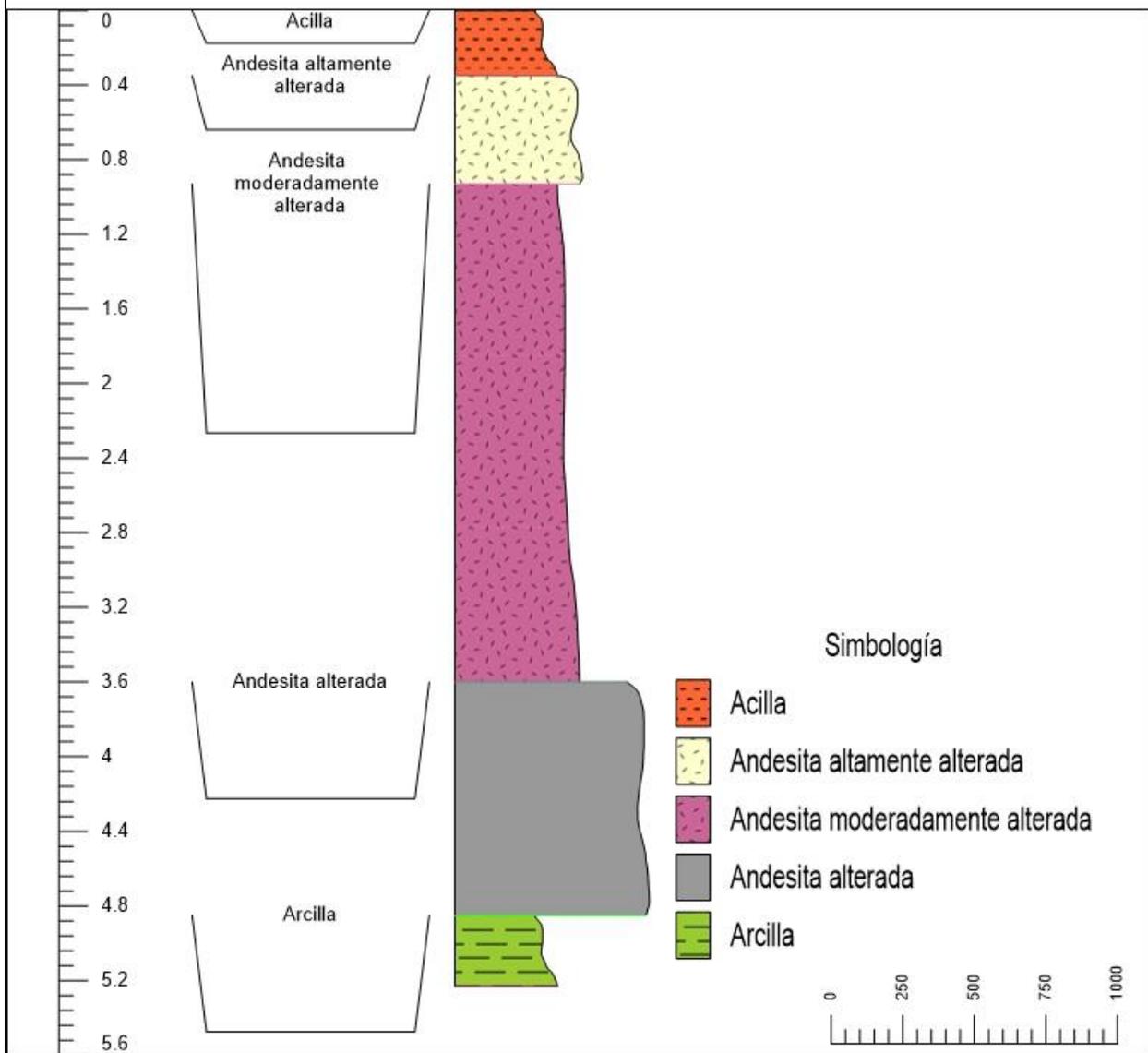
Anexo 6. Ficha para la descripción de afloramientos

FICHA TÉCNICA PARA AFLORAMIENTOS					
<b>Nro.de afloramiento</b>	2	<b>Ubicación</b>	Límite de la concesión		
<b>Coordenadas WGS84:</b>	<b>X</b>		<b>Y</b>		<b>Z</b>
	778650		9578667		1659
<b>Realizado por:</b>	Geder Yaguachi		<b>Formación/unidad</b>		Misahuallí
<b>Dimensiones:</b>	<b>Ancho:</b>	6 m	<b>Altura:</b>	2 m	
<b>Descripción:</b>	Afloramiento andesita altamente meteorizada.				
<b>Litología:</b>					
<b>Medidas estructurales</b>	<b>Rumbo</b>		<b>Buzamiento</b>		<b>DD</b>
	218 °		38° SE		
<b>Hidrogeología</b>	<b>Sin presencia de agua</b>	<b>Seco (sin señales de agua)</b>	<b>Húmedo</b>	<b>Goteo</b>	<b>Flujo</b>
			x		
<b>Grado de meteorización</b>	<b>Inalterada</b>	<b>Ligeramente alterada</b>	<b>Moderadamente alterada</b>	<b>Muy alterada</b>	<b>Compl Meteorizada</b>
			x		
<b>Esquema del afloramiento</b>					
MATRIZ ROCOSA					
<b>Descripción:</b>	Presencia de material meteorizado, donde la meteorización pertenece a una transformación química de la roca provocando la pérdida de cohesión y alteración de la roca.				
<b>Tipo de Roca:</b>	Ígnea				
<b>Nombre de la Roca</b>	Andesita altamente meteorizada				
<b>Color</b>	Blanco rosáceo				
<b>Textura</b>	Fanerítica				

Anexo 7. Ficha para la descripción de calicatas

FICHA TÉCNICA PARA CALICATAS						
Nro. de Calicata	1	Ubicación	Costado de la vía			
Coordenadas WGS84	X		Y		Z	
	778494		9578495		1657	
Realizado por:	Geder Yaguachi		Formación/Unidad:	Misahuallí		
Dimensiones:	Ancho:	1 m	Largo:	1.38 m	Prof:	5.23 m
	Columna Estratigráfica			Características litológicas		
Nro.	Simbología	Profundidad	Muestra			
1	Arcilla	0.21 m	M1-C1	En su estructura contiene clastos de irregulares de 8 mm.		
2	Andesita altamente alterada	0.58 m	M2-C1	Material meteorizado de fácil disgregación al apretar con la mano		
3	Andesita moderadamente alterada	2.74 m	M3-C1	Presencia de fracturas en la roca y oxidación de hierro y manganeso		
4	Andesita alterada	1.25 m	M4-C1	Gris claro con mezcla de gris oscuro, en su estructura contiene partículas de pirita de 3 mm promedio.		
5	Arcilla verde limosa	0.38 m	M5-C1	Verde con venillas de oxidación, además de contener pirita de 3 mm promedio		
Referencia fotográfica						
 <p>0,58 m de Andesita altamente alterada</p> <p>2,67 m de Andesita moderadamente alterada</p> <p>1,25 m de Andesita alterada</p> <p>0,38 m de arcilla</p> <p>0,35 m de arcilla</p>						

# Litología de la Calicata 1 del Bloque Carmen



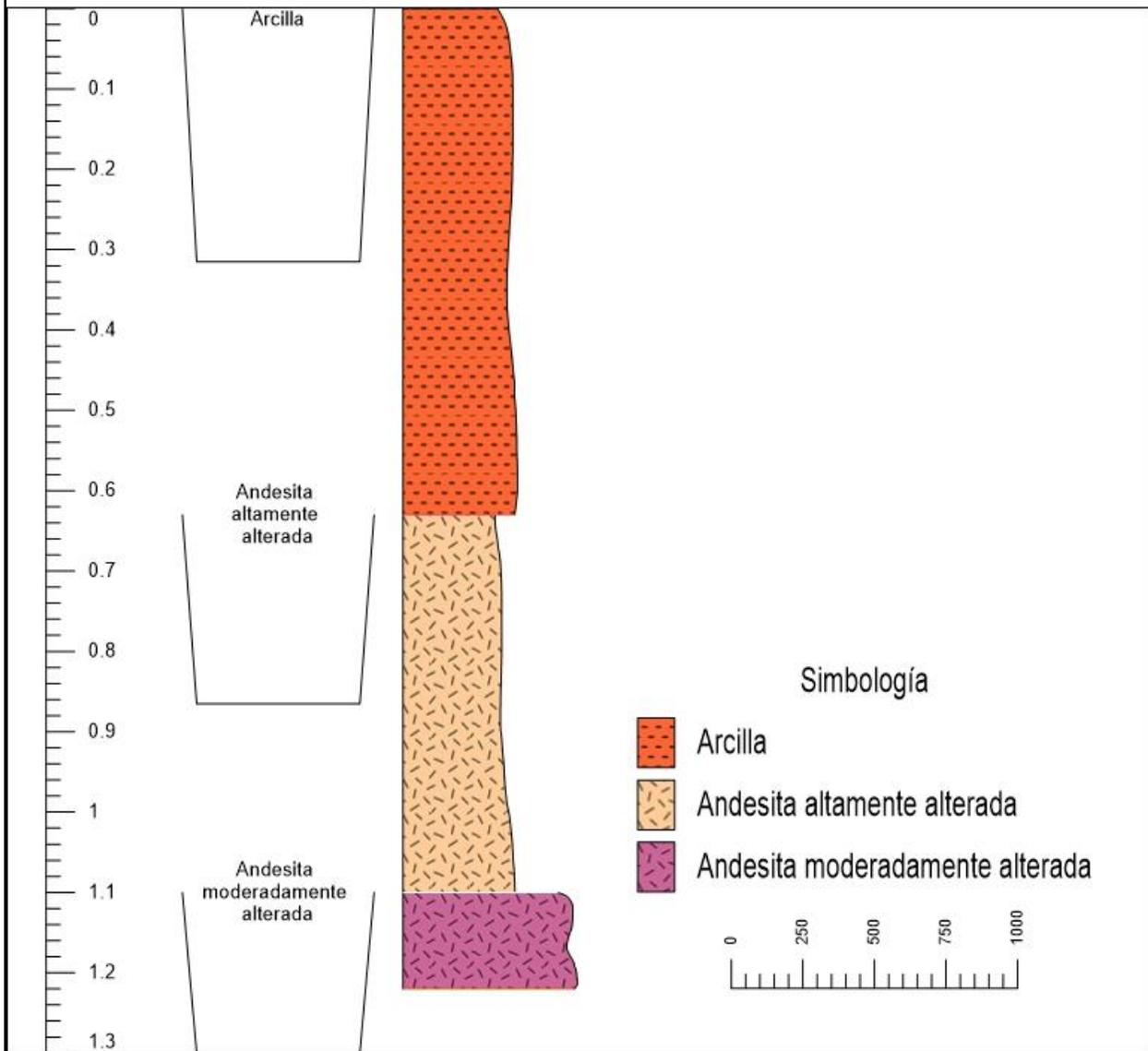
Universidad Nacional de Loja  
Facultad de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables

Diseño del sistema de explotación del Bloque "Carmen" de la concesión minera Joya del Oriente II "Cód. 501381" ubicado en la provincia de Zamora Chinchipe, cantón Yantzaza

Elaborado: Geder Yaguachi

Director: Ing. Herán Castillo

# Litología de la Calicata 2 del Bloque Carmen



Universidad Nacional de Loja  
Facultad de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables

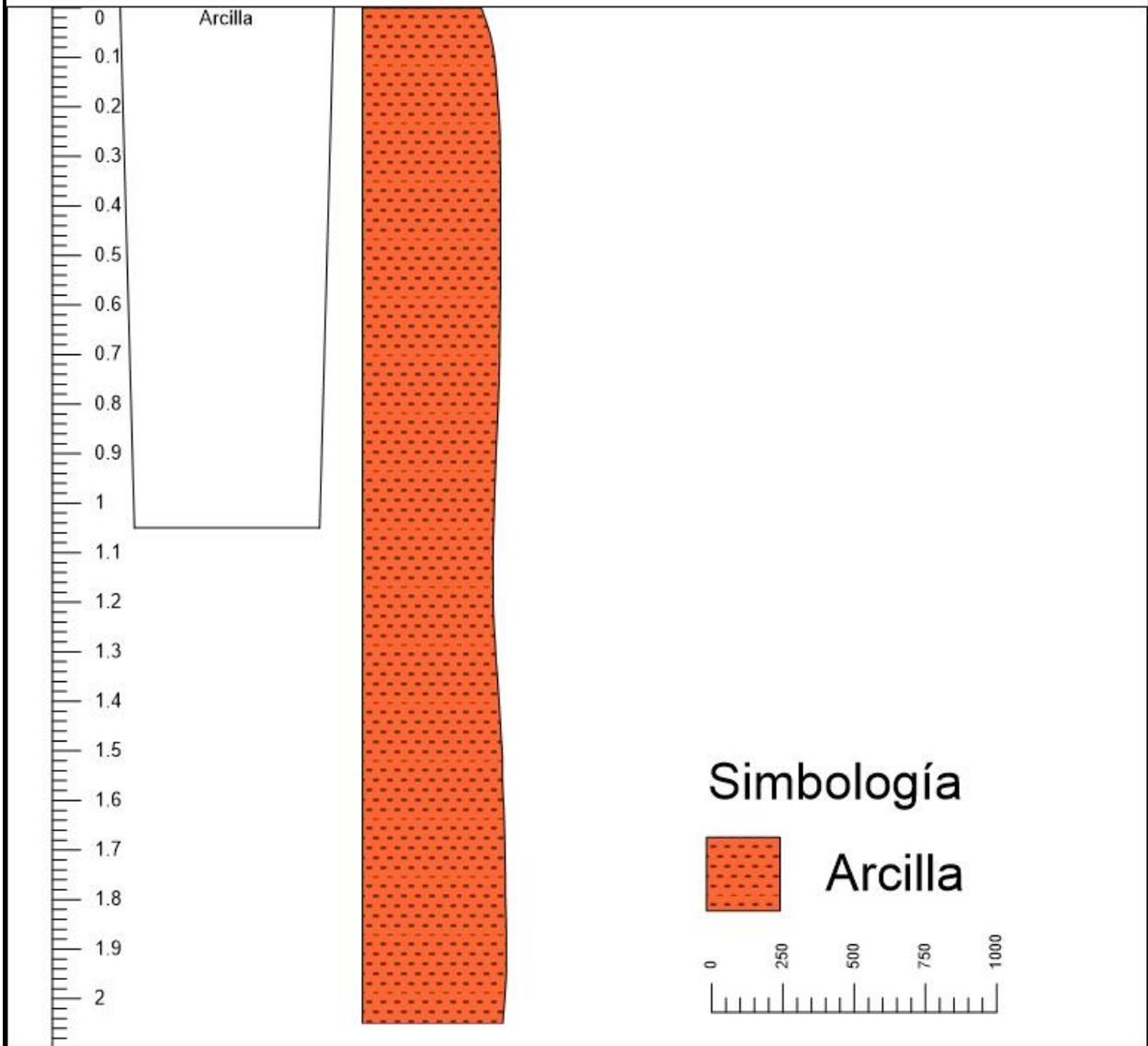
Diseño del sistema de explotación del Bloque "Carmen" de la concesión minera Joya del Oriente II "Cód. 501381" ubicado en la provincia de Zamora Chinchipe, cantón Yantzaza

Elaborado: Geder Yaguachi

Director: Ing. Herán Castillo

Anexo 10. Litología de la calicata 3 Bloque "Carmen"

# Litología de la Calicata 3 del Bloque Carmen



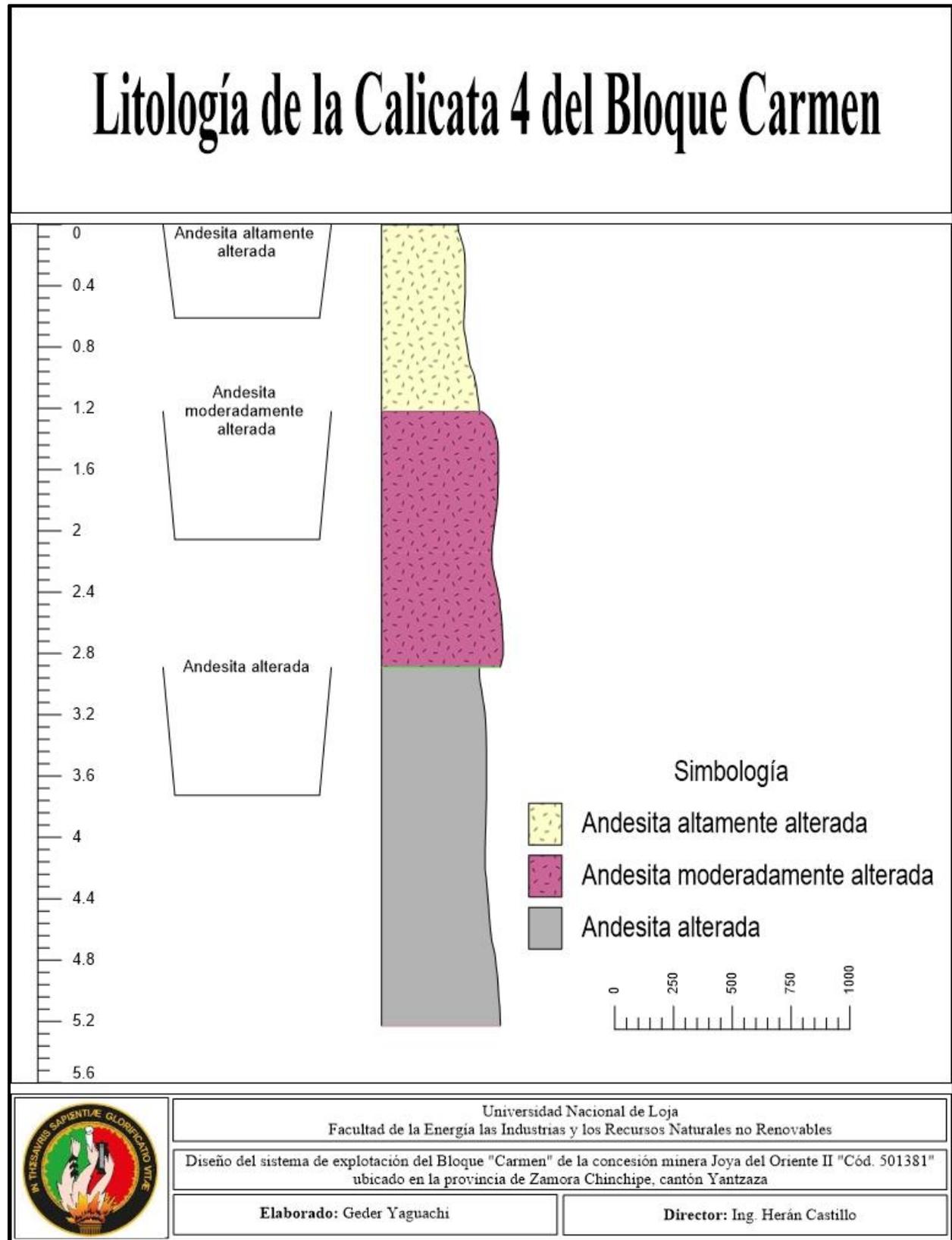
Universidad Nacional de Loja  
Facultad de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables

Diseño del sistema de explotación del Bloque "Carmen" de la concesión minera Joya del Oriente II "Cód. 501381" ubicado en la provincia de Zamora Chinchipe, cantón Yantzaza

Elaborado: Geder Yaguachi

Director: Ing. Herán Castillo

Anexo 11. Litología de la calicata 4 Bloque "Carmen"



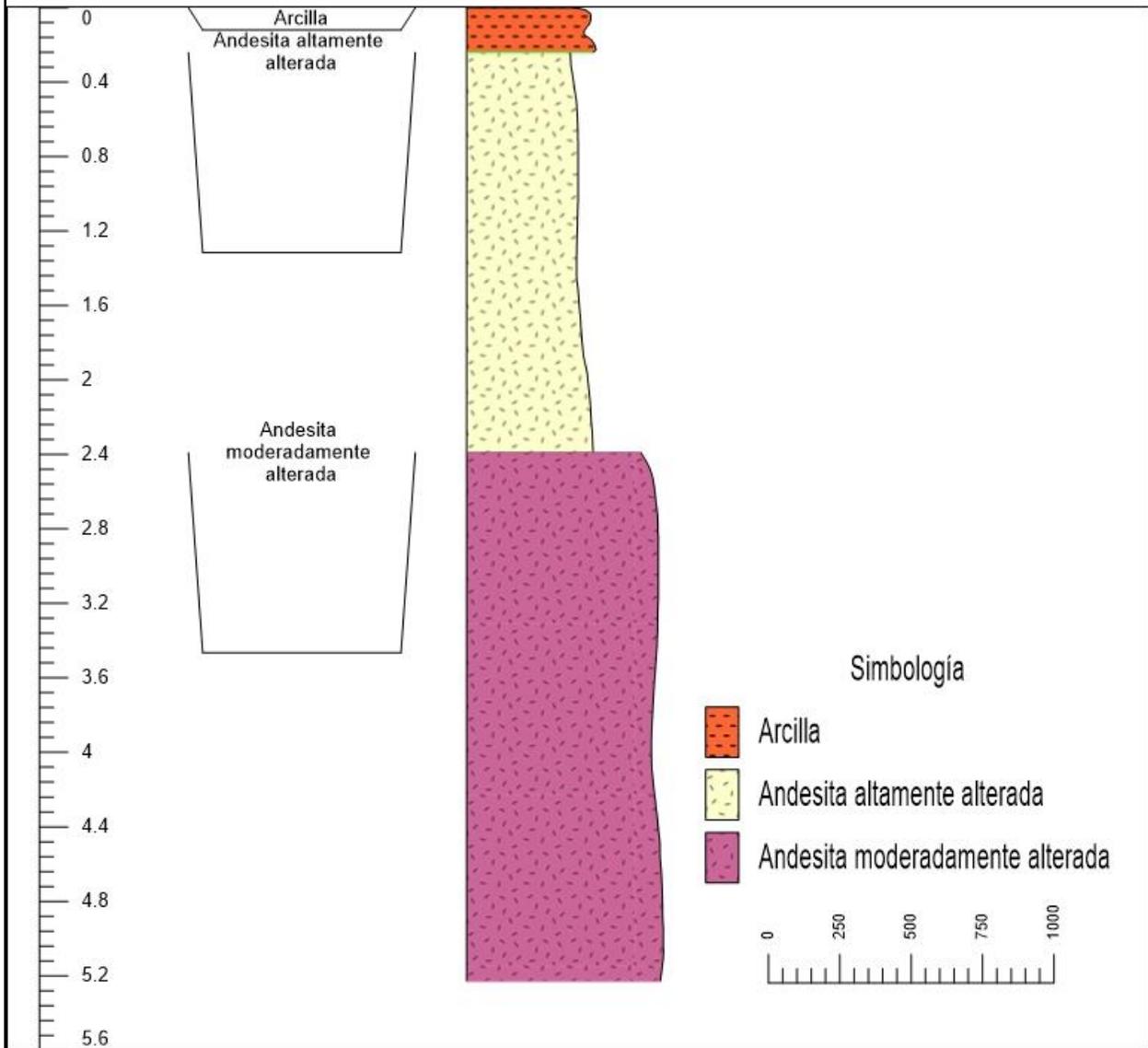
Universidad Nacional de Loja  
Facultad de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables

Diseño del sistema de explotación del Bloque "Carmen" de la concesión minera Joya del Oriente II "Cód. 501381" ubicado en la provincia de Zamora Chinchipe, cantón Yantzaza

**Elaborado:** Geder Yaguachi

**Director:** Ing. Herán Castillo

# Litología de la Calicata 5 del Bloque Carmen



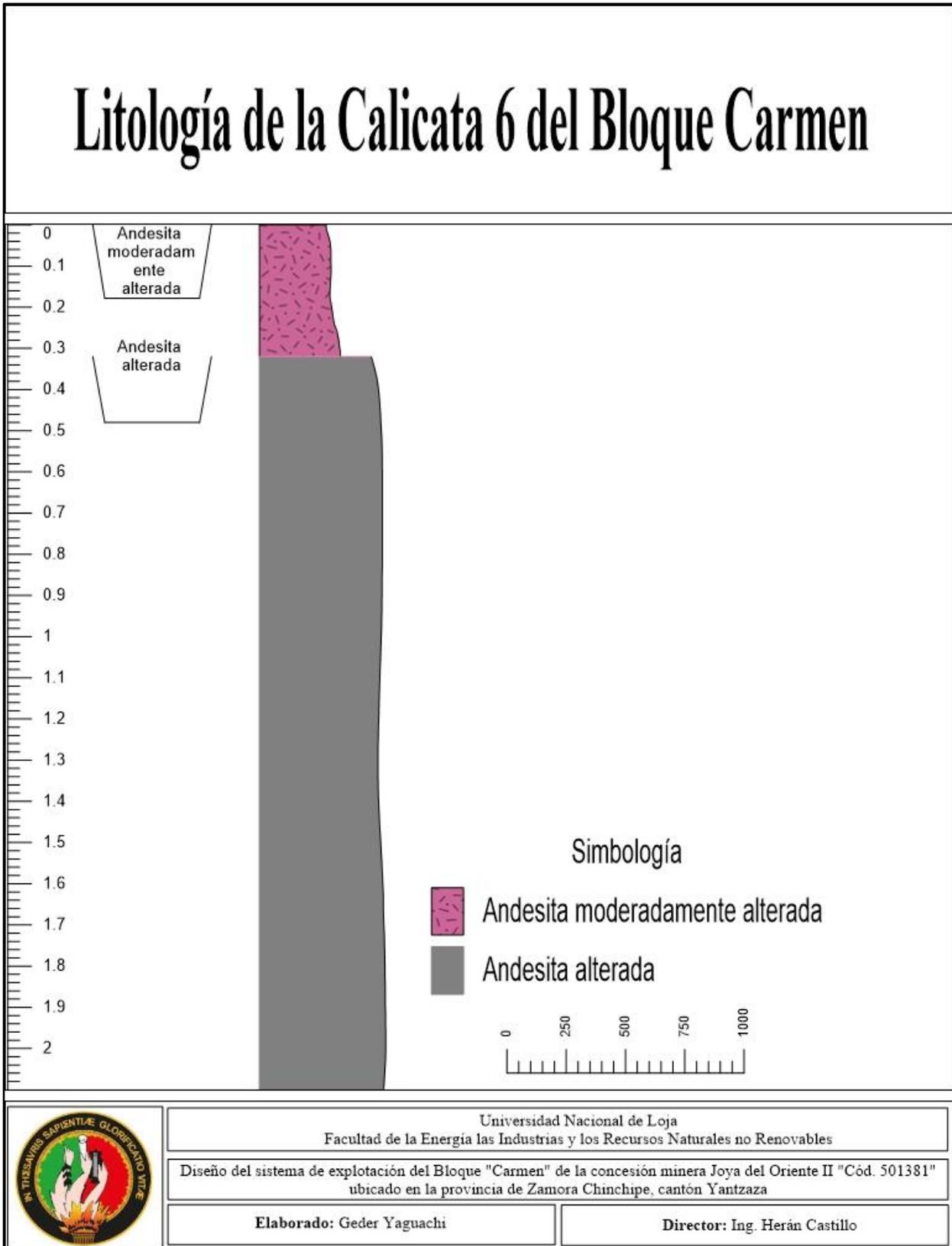
Universidad Nacional de Loja  
Facultad de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables

Diseño del sistema de explotación del Bloque "Carmen" de la concesión minera Joya del Oriente II "Cód. 501381" ubicado en la provincia de Zamora Chinchipe, cantón Yantzaza

Elaborado: Geder Yaguachi

Director: Ing. Herán Castillo

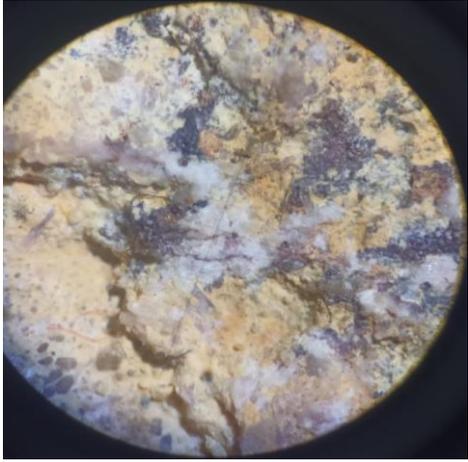
Anexo 13. Litología de la calicata 6 Bloque "Carmen"

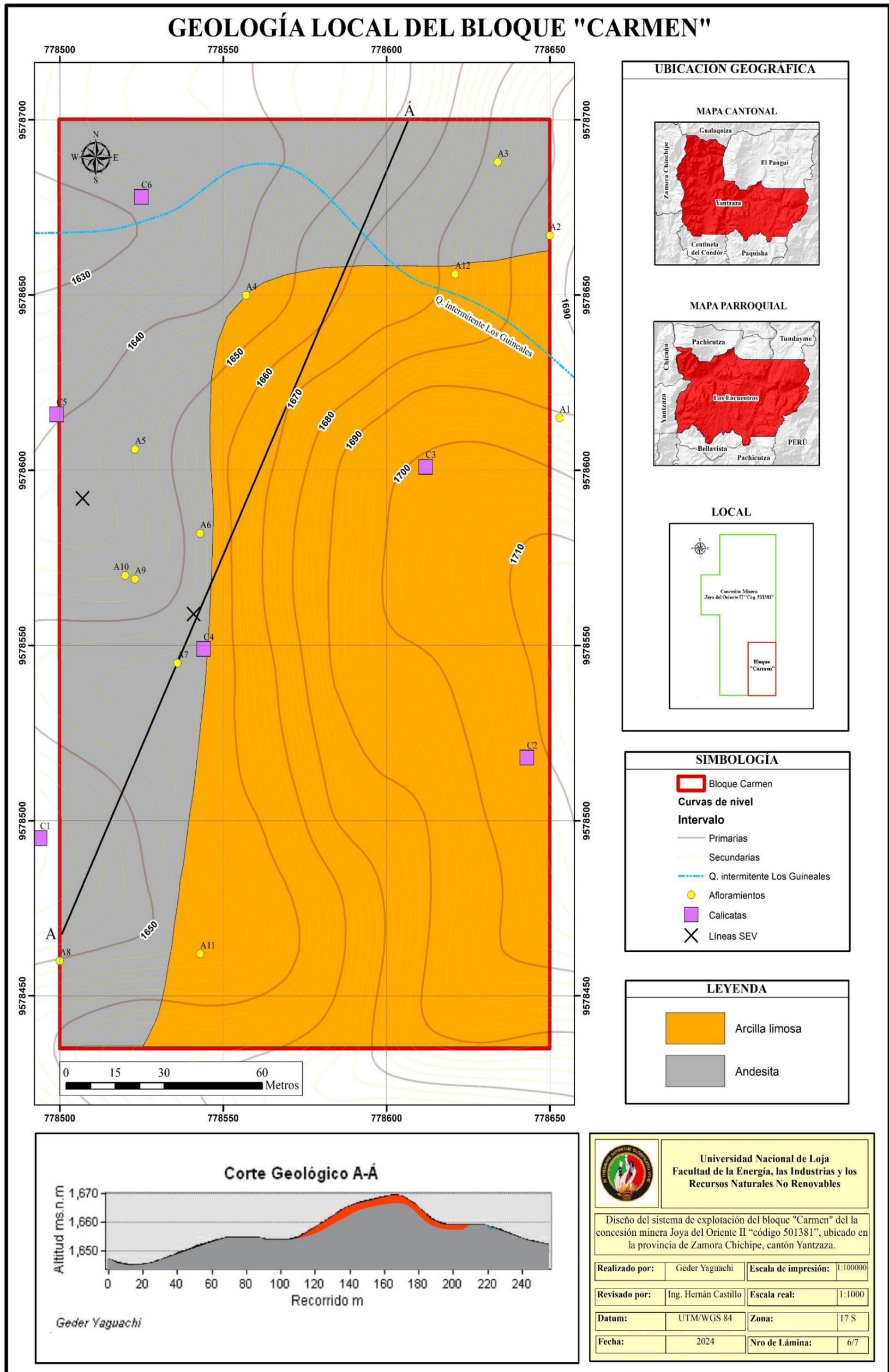


Anexo 14. Ficha para la toma de datos de SEVS

 <span style="margin-left: 150px;"><b>Universidad Nacional de Loja</b></span> 					
<b>Sondaje Geofísico: Métodos Eléctricos.</b>					
<b>“Resistividad Verdadera “SCHUMBERGER”</b>					
<b>Nombre del sondaje:</b>		<b>2</b>			
<b>Fecha:</b>		Noviembre del 2023			
<b>Operador:</b>		Geder Yaguachi			
<b>Coordenadas:</b>		<b>X:</b> 778507	<b>Y:</b> 9578592	<b>Z:</b> 1643	
<b>Dirección:</b>		320°			
DISPOSITIVO SCHLUMBERGER					
B		M O N		A	
				1 <sup>era</sup> LECTURA	
ESTACIÓN	ABERTURA	ABERTURA	CONSTANTE	RESISTENCIA	RESISTIVIDAD
PUNTO	AB/2	MN/2	k	R (Ohm)	(ohm-m)
1	1	0.2	7.54	46.45	350.233
2	1.47	0.2	16.66	61.54	1025.2564
3	2.15	0.2	35.99	83.97	3022.0803
4	3.16	0.2	78.11	93.37	7293.1307
5	4.64	0.2	168.78	100.15	16903.317
6	4.64	0.5	86.85	97.86	8499.141
7	6.81	0.2	363.92	83.98	30562.0016
8	6.81	0.5	144.91	81.46	11804.3686
9	10	0.5	313.37	62.02	19435.2074
10	14.7	0.5	678.08	49.79	33761.6032
11	14.7	2	166.58	50.27	8373.9766
12	21.5	0.5	1454.42	56.18	81709.3156
13	21.5	2	359.91	56.67	20396.0997
14	31.6	2	781.13	60.02	46883.4226
15	46.4	2	1687.79	60.05	101351.7895
16	46.4	5	668.52	62.45	41749.074
17	68.1	2	3639.24	70.1	255110.724
18	68.1	5	1449.1	71.97	104291.727
<b>19</b>	<b>100</b>	<b>5</b>	<b>3133.75</b>	<b>75.73</b>	<b>237318.8875</b>
<b>20</b>	<b>100</b>	<b>10</b>	<b>1555.09</b>	<b>98.57</b>	<b>153285.2213</b>

**Anexo 15. Ficha para la descripción petrológica.**

FICHA DE PETROLOGÍA			
<b>Localización</b>	Afloramiento 2	<b>Autor</b>	Geder Yaguachi
DESCRIPCIÓN			
<b>Nombre</b>	Andesita altamente alterada		
<b>Grupo</b>	Igneo por la presencia de minerales visibles		
<b>Origen</b>	Volcánico		
<b>Grado de meteorización</b>	Alto, poco resistente al golpe del martillo geológico		
PROPIEDADES			
<b>Color</b>	20% en base al porcentaje de los minerales oscuros		
<b>Textura</b>	Piroclástica		
<b>Composición mineralógica</b>	Cuarzo: 30% Feldespatos (blanco rosado):30% Plagioclasa (amarillo): 20% Hornoblenda (negro): 2% Hematita (rojiza):5%		
IDENTIFICACIÓN			
<p>Se identifica como una andesita altamente alterada que referente a la clasificación de los tipos de rocas pertenece al grupo ígneo de origen volcánico, de textura piroclástica, con tonalidades claras,</p>			



Anexo 17. Ficha para la caracterización geomecánica

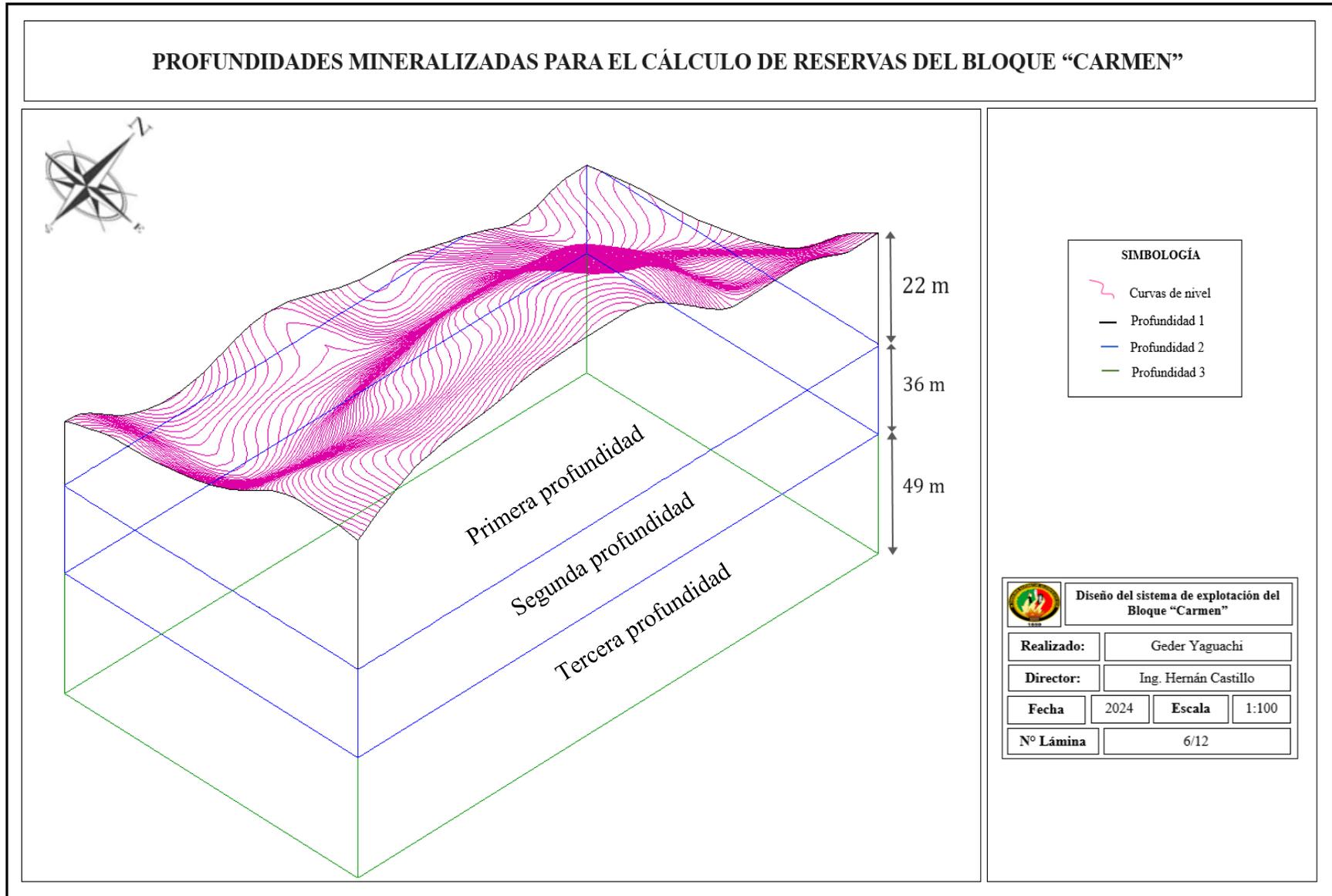
Realizado:				Geder Yaguachi												Fecha:			14 de Septiembre de 2023								Observaciones															
N°	Hoja N°	1	Separación(m)					Longitud (m)					Abertura (mm)				Rugosidad					Relleno				Alteración				Estado General												
	Tipo de plano	Dirección de Buzamiento	Buzamiento	<2m	0.6-2m	0.2-0.6m	0.06-0.2m	<0.06m	<1m	1-3m	3-10m	10-20m	>20m (0)	Nada	<0.1mm	0.1-1mm	1-5mm	>5mm	Muy Rugosa	Rugosa	Ligeramente	Ondulada	Suave	Ninguno	Relleno duro <5mm	Relleno duro >5mm		Relleno suave <5mm	Relleno suave >5mm	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta	Seco	Ligeramente humedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo			
Puntuación			20	15	10	8	5	6	4	2	1	0	6	5	3	1	0	6	5	3	1	0	6	4	2	2	0	6	5	3	1	0	15	10	7	4	0					
1	J1	223	43		0.27			0.28									13	X									X				X					X						
2	J1	219	39		0.33			0.41									10	X									X			X						X						
		221	41		0.3			0.35									12																									
	J2	246	66		0.19			0.7									6	X									X			X							X					
	J2	242	62		0.22			0.68									7	X									X			X							X					
	J2	242	62		0.34			0.61									6	X									X			X							X					
		243	63		0.25			0.66									6.3																									
	J3	189	9		0.13				1.1								8	X									X			X								X				
	J3	190	10		0.17				1.21								10	X									X			X								X				
	J3	187	7		0.15				1.28								7	X									X			X								X				
	J3	185	5		0.26				1.3								7	X									X			X								X				
		188	7.8		0.18				1.22								8																									

Anexo 18. Parámetros de clasificación RMR

PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN									
1	Resistencia de la Matriz Rocosa	Ensayo de Carga Puntual	>10	10-4	4-2	2-1	Compresión Simple (MPa)		
		Compresión Simple (MPa)	>250	250-100	100-50	50-25	25-5	5	<1
	Puntuación		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD		100-90%	90-75%	75-50%	50-25%	<25%		
	Puntuación		20	17	13	6	3		
3	Separación entre diaclasas		> 2m	0.6-2m.	0.2-0.6m.	0.06-0.2m.	< 0.06m.		
	Puntuación		20	15	10	8	5		
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	<1m	1-3m	3-10m	10-20m	>20m		
		Puntuación	6	4	2	1	0		
		Abertura	Nada	<0.1mm	0.1-1mm	1-5mm	>5mm		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Rugosidad	Muy Rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Relleno	Ninguno	Relleno duro <5mm	Relleno duro >5mm	Rellenos suave <5mm	Relleno suave >5mm		
		Puntuación	6	4	2	2	0		
5	Agua Freática	Caudal por 10m de túnel	Nulo	<10litros/min	10-25 litros/min	25-125 litros/min	>125 litros/min		
		Relación Presión de agua	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
		Estado general	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo		
Puntuación		15	10	7	4	0			
ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL									
Dirección Perpendicular al eje del túnel				Dirección Paralela al eje del túnel			Buzamiento 0°- 20° Cualquier dirección		
Excavación a favor del Buzamiento		Excavación en contra del buzamiento							
Buz. 45°-90°	Buz. 20°-45°	Buz. 45°-90°	Buz. 20°-45°	Buz. 45°-90°	Buz. 20°-45°				
Muy Favorable	Favorable	Media	Desfavorable	Muy desfavorable	Media	Desfavorable			
CORRECCIÓN POR ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES									
Dirección y Buzamiento		Muy Favorable	Favorable	Media	Desfavorable	Muy Desfavorable			
Puntuación	Túnel	0	-2	-5	-10	-12			
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25			
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60			
CLASIFICACIÓN DEL MACIZO ROCOSO SEGÚN EL RMR									
Valoración del RMR		100-81	80-61	60-41	40-21	<20			
Clase		I	II	III	IV	V			
Calidad		Muy Buena	Buena	Media	Mala	Muy Mala			
Cohesión		> 4 Kp/cm <sup>2</sup>	3 - 4 Kp/cm <sup>2</sup>	2 - 3 Kp/cm <sup>2</sup>	1 - 2 Kp/cm <sup>2</sup>	< 1 Kp/cm <sup>2</sup>			
Ángulo de rozamiento		> 45°	35° - 45°	25° - 35°	15° - 25°	< 15°			
Tiempo de Autosoporte		10 años	6 meses	1 semana	10 horas	30 minutos			
Longitud sin sostener		15m	8m	5m	2.5m	1m			

Nota. Bieniawski, (1989)

Anexo 19. Profundidades mineralizadas para el cálculo de reservas



Anexo 20. Resultados de ley de oro, plata y cobre de las calicatas 1, 2 y 4



PLANTA DE BENEFICIO  
"JESUS DEL GRAN PODER 1"  
EXTRACCION EN GRANITO  
CALLE: PORTOVELO 1000  
TEL: 0997623273  
El Poder - Portovelo - El Oro

Ref. N° 000379

LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO

Información del Cliente	
Nombre:	Geder Yaguachi Neira
Teléfono:	0997623273
Dirección:	Loja

Fecha de ingreso: 8/12/2023

Fecha de entrega: 9/12/2023

INFORME DE ENSAYO

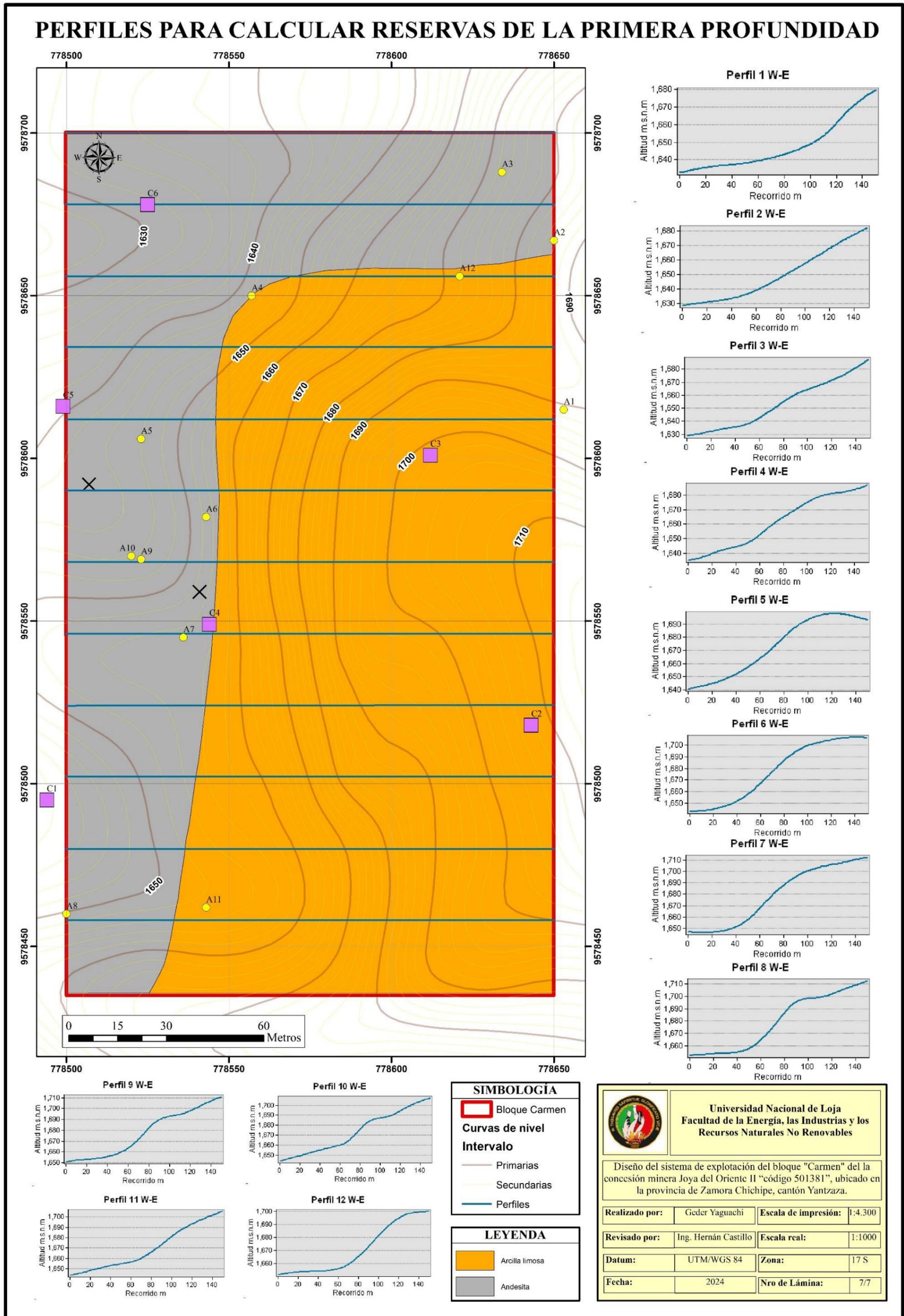
Detalle de la muestra	Oro	Plata	Cobre
	g/Tm	g/Tm	%
C1 - MC	0.45	1.00	0.038
C2 - MC	0.25	0.50	0.006
C4 - MC	0.35	0.85	0.035

Información del método

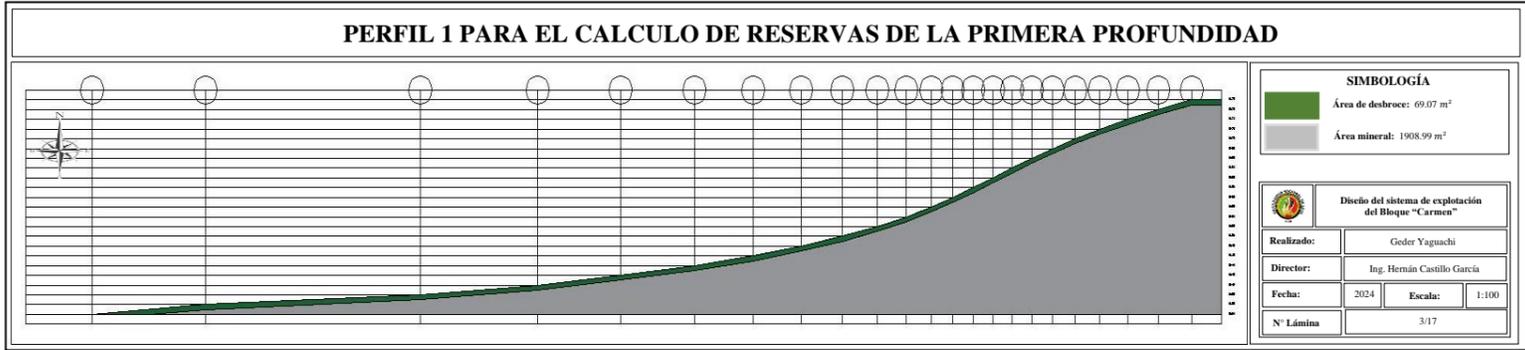
Determinación de oro y plata en mineral y concentrado por ensayo al fuego y AA  
Determinación de Cu por digestión ácida y espectroscopia de absorción atómica



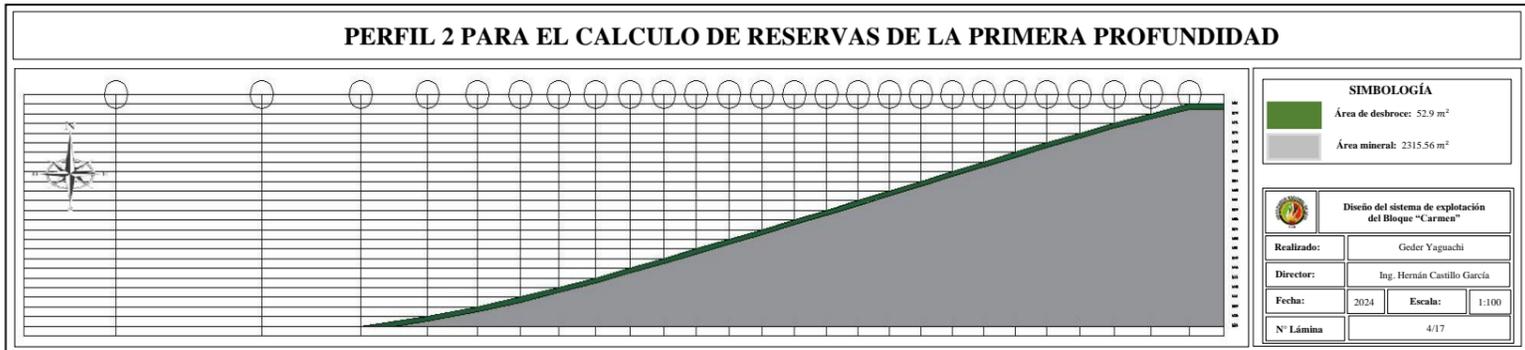
Ing. Joselyne Parra Pérez  
Jefe de Laboratorio



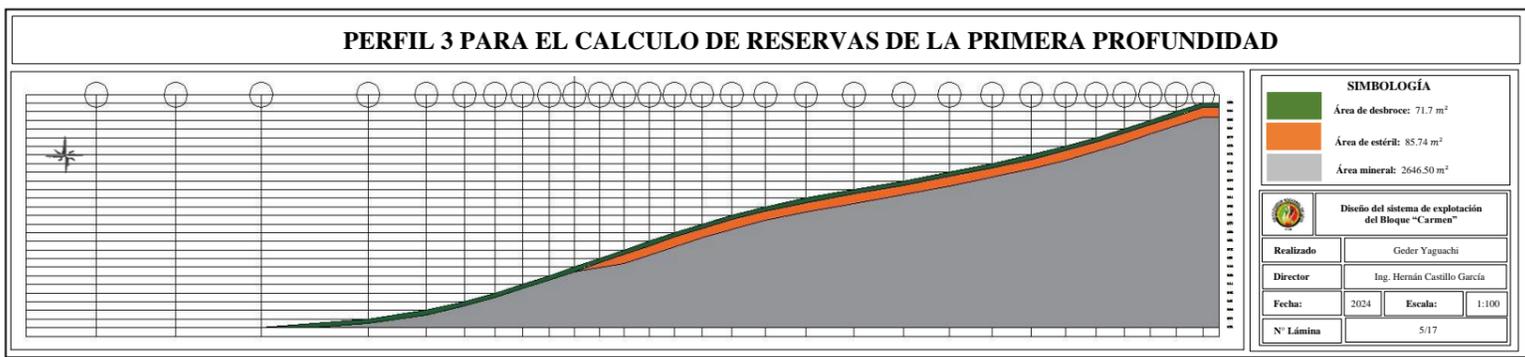
Perfil 1



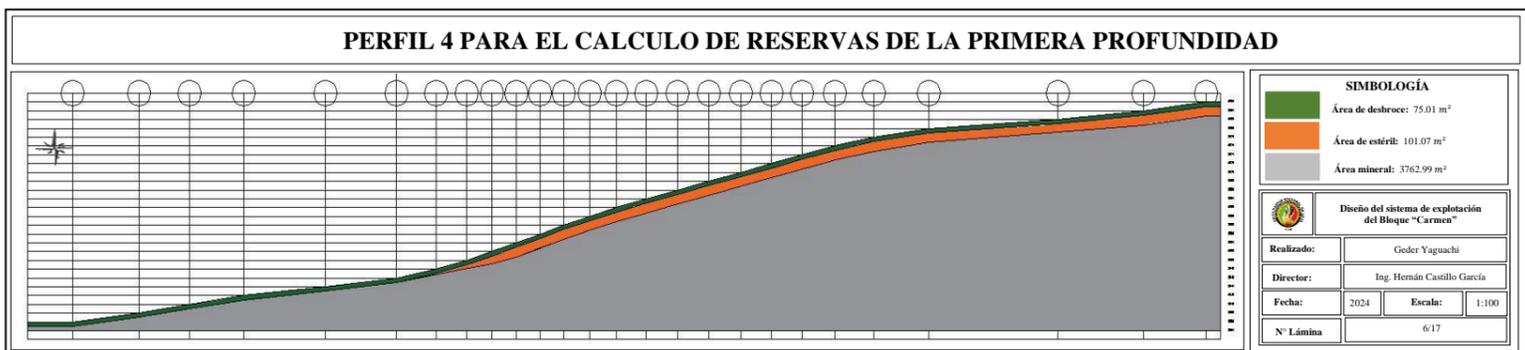
Perfil 2



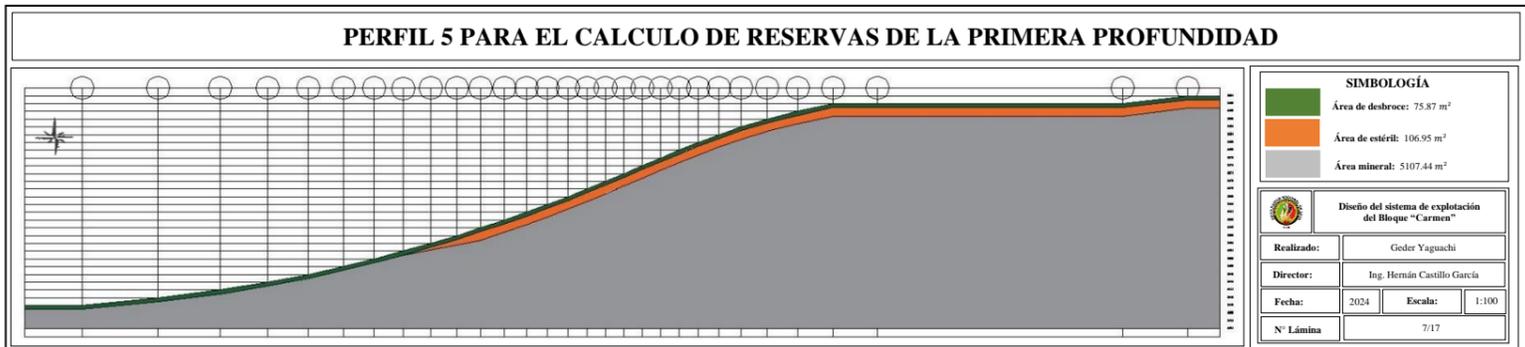
Perfil 3



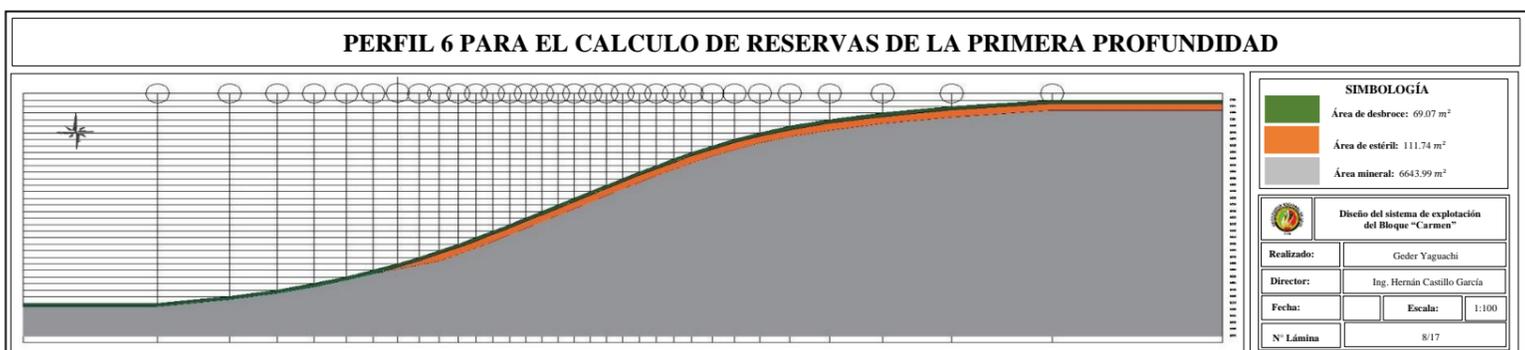
Perfil 4



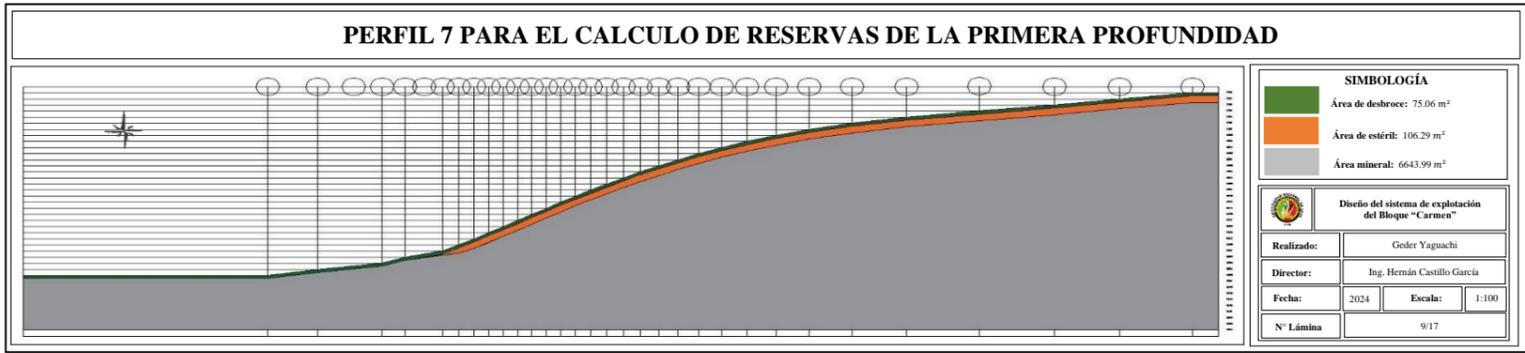
Perfil 5



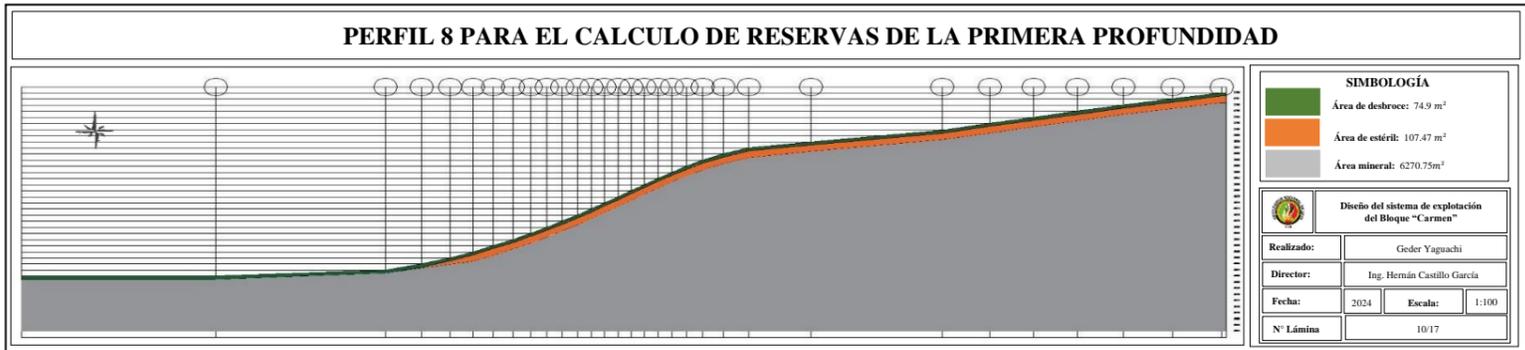
Perfil 6



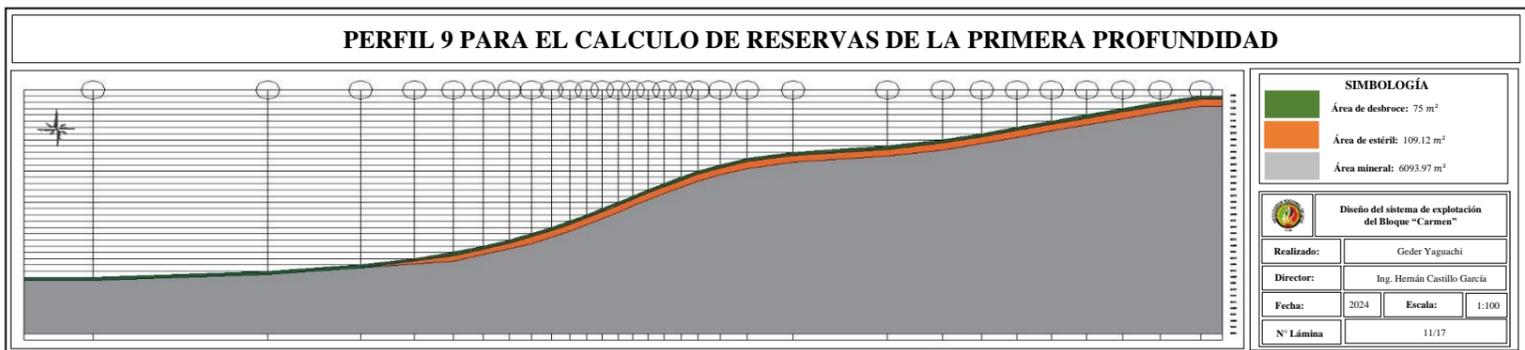
**Perfil 7**



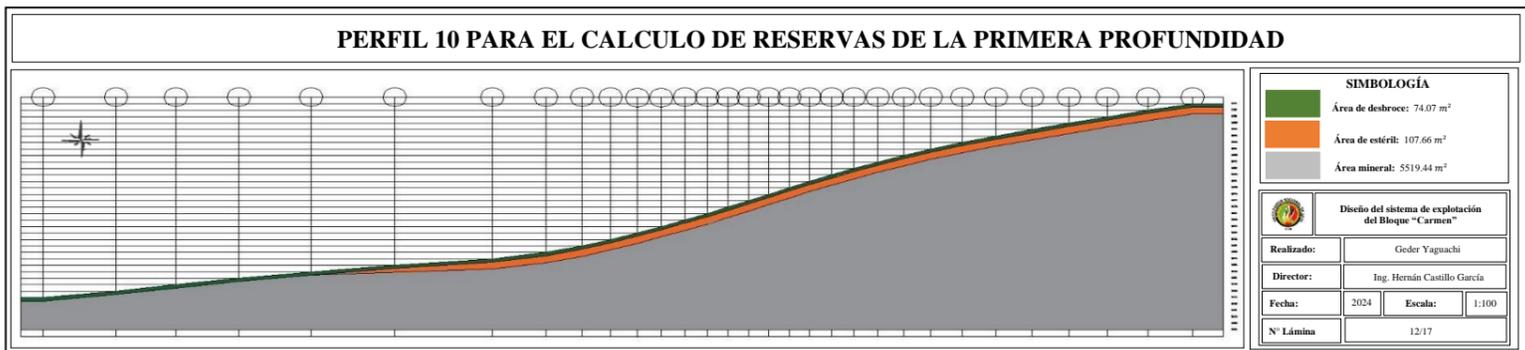
**Perfil 8**



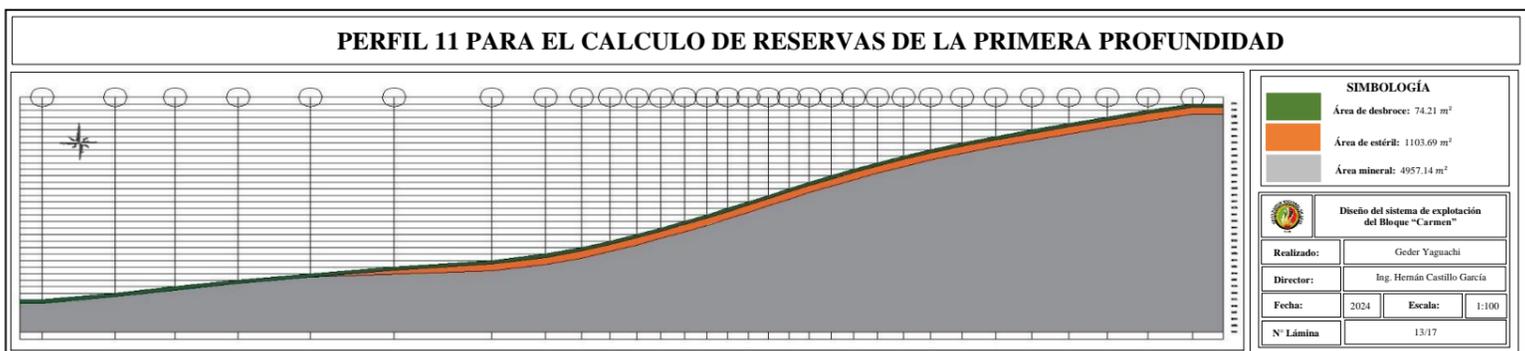
**Perfil 9**



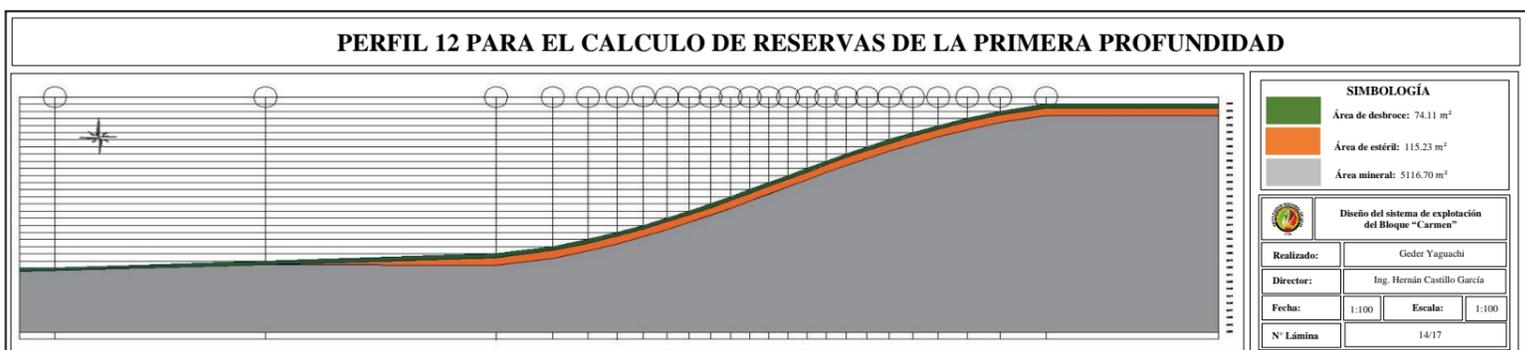
**Perfil 10**



**Perfil 11**

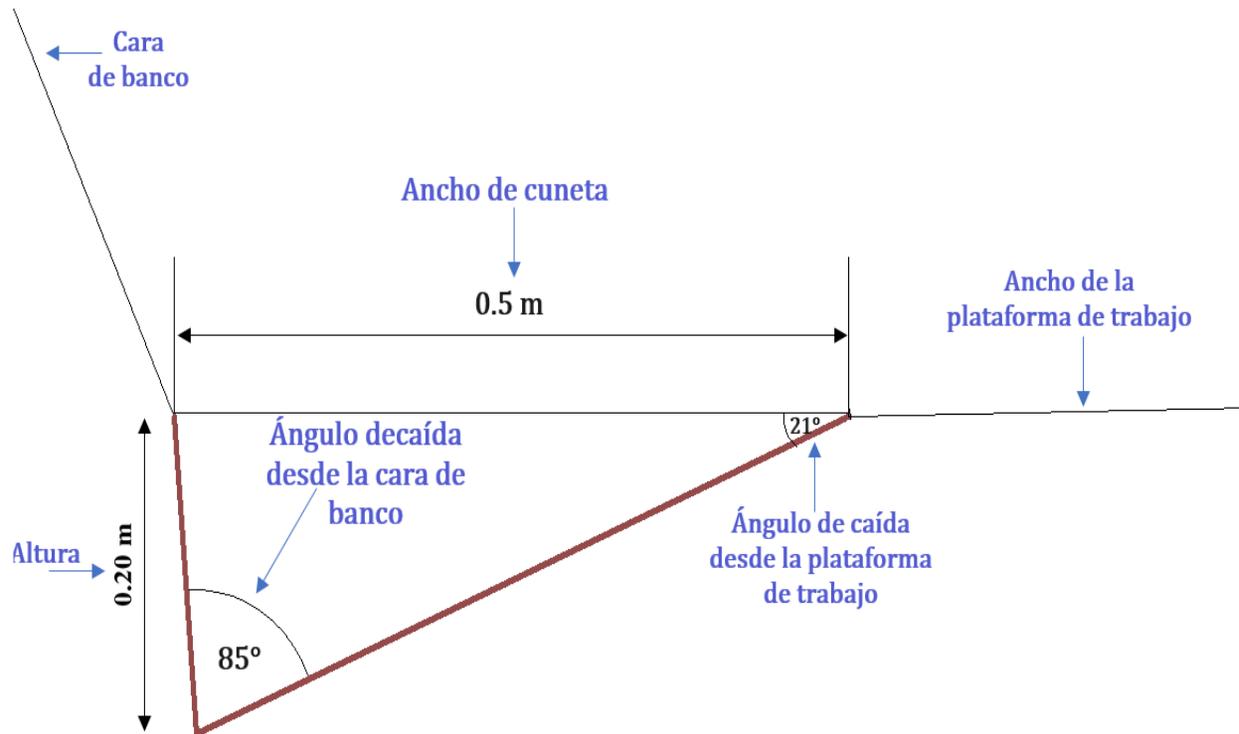


**Perfil 12**



Anexo 22. Diseño de la cuneta de desagüe

DISEÑO DE LA CUNETA DE DESAGÜE PARA LA PLATAFORMA DE TRABAJO



	Diseño del sistema de explotación del Bloque "Carmen"		
Realizado:	Geder Yaguachi		
Director:	Ing. Hernán Castillo		
Fecha	2024	Escala	1:100
Nº Lámina	8/12		

**Anexo 23. Maquinaria utilizada para el destape, arranque y carga.**

---

**Maquinaria utilizada para el destape, arranque y carga**

---



---

**Motor**

Motor:	ISUZU CC-6BG1TRP.
Aspiración:	Turbocargador.
Potencia:	160 Hp / 1800 Rpm.
Fuerza de Tracción:	582,5 Nm.

---

**Brazo Excavador**

Capacidad Balde:	0,91 m3
Máxima Fuerza de Excavación:	137 kN
Máxima Profundidad Excavación:	6.670 mm
Máximo Alcance Excavación:	10.290 mm
Máxima Altura de Corte:	9.600 mm.
Máxima Altura de Volteo:	6.780 mm.

---

**Componentes**

Cabina:	Cerrada Rops-Fops con AC.
Caudal Bomba:	2 por 200 Lts/min
Velocidad de Traslado:	5,1 - 3,5 Km/hr.

---

**Características Físicas**

Altura Máquina:	2.920 mm.
Anchura Máquina:	2.990 mm.
Longitud Máquina:	9.500 mm.
Peso de la Máquina:	21.900 Kg.

---

Anexo 24. Maquinaria utilizada para el transporte.

---

**Maquinaria utilizada para el transporte**

---



---

**Motor**

<b>Tipo:</b>	Diésel
<b>Potencia:</b>	350 CV
<b>Par motor:</b>	1.400 Nm
<b>Cilindrada:</b>	12.800 cc
<b>Número de cilindros:</b>	6
<b>Disposición de los cilindros:</b>	En línea
<b>Alimentación:</b>	Inyección directa como rail
<b>Transmisión:</b>	Automática de 12 velocidades

---

**Dimensiones**

<b>Longitud:</b>	8.800 mm
<b>Anchura:</b>	2.550 mm
<b>Altura:</b>	3.700 mm
<b>Distancia entre ejes: 5.100 mm</b>	5.100 mm

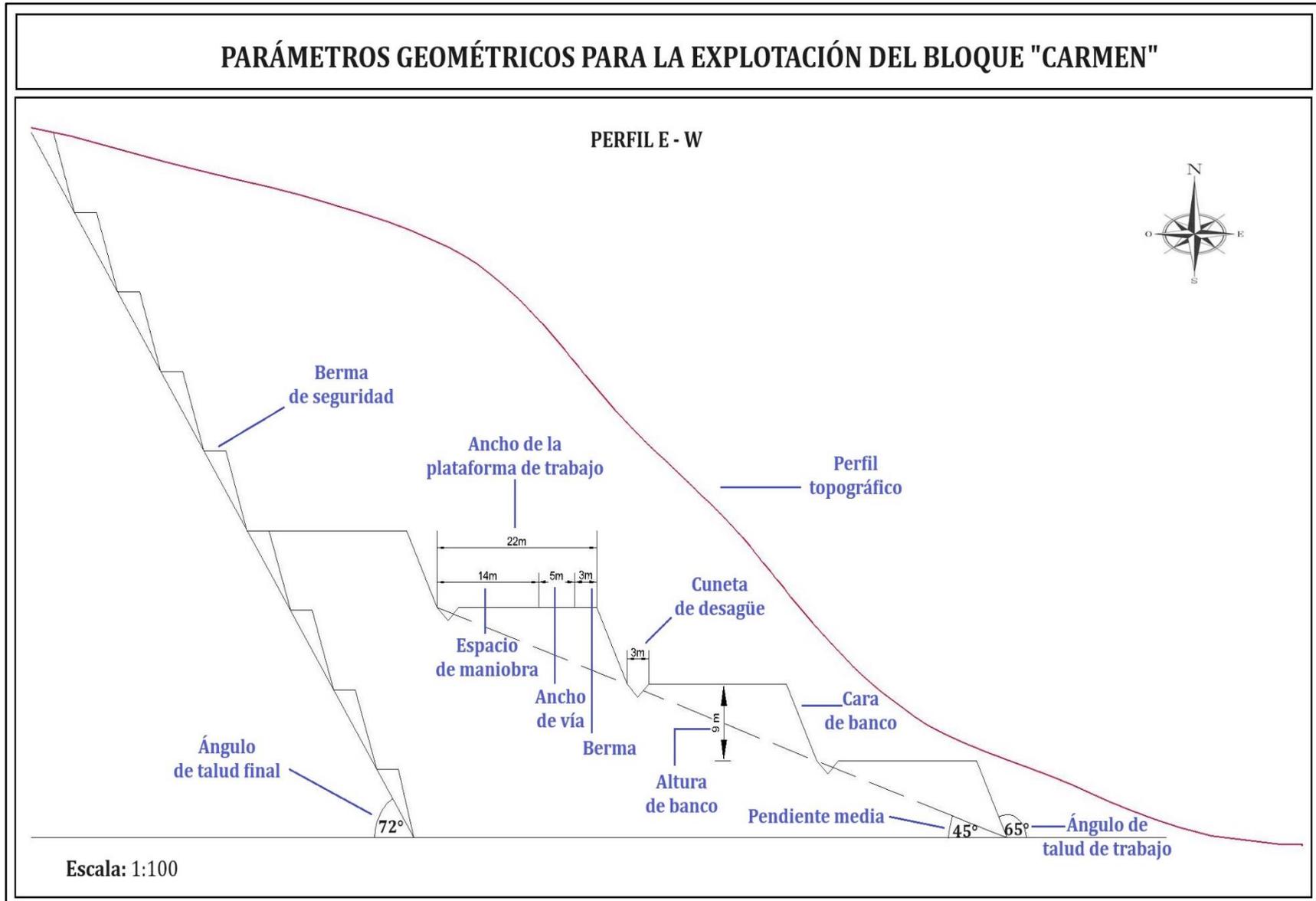
---

**Características**

<b>Capacidad de carga:</b>	12 m <sup>3</sup>
<b>Velocidad máxima:</b>	85 km/h
<b>Consumo de combustible:</b>	35 litros/100 km

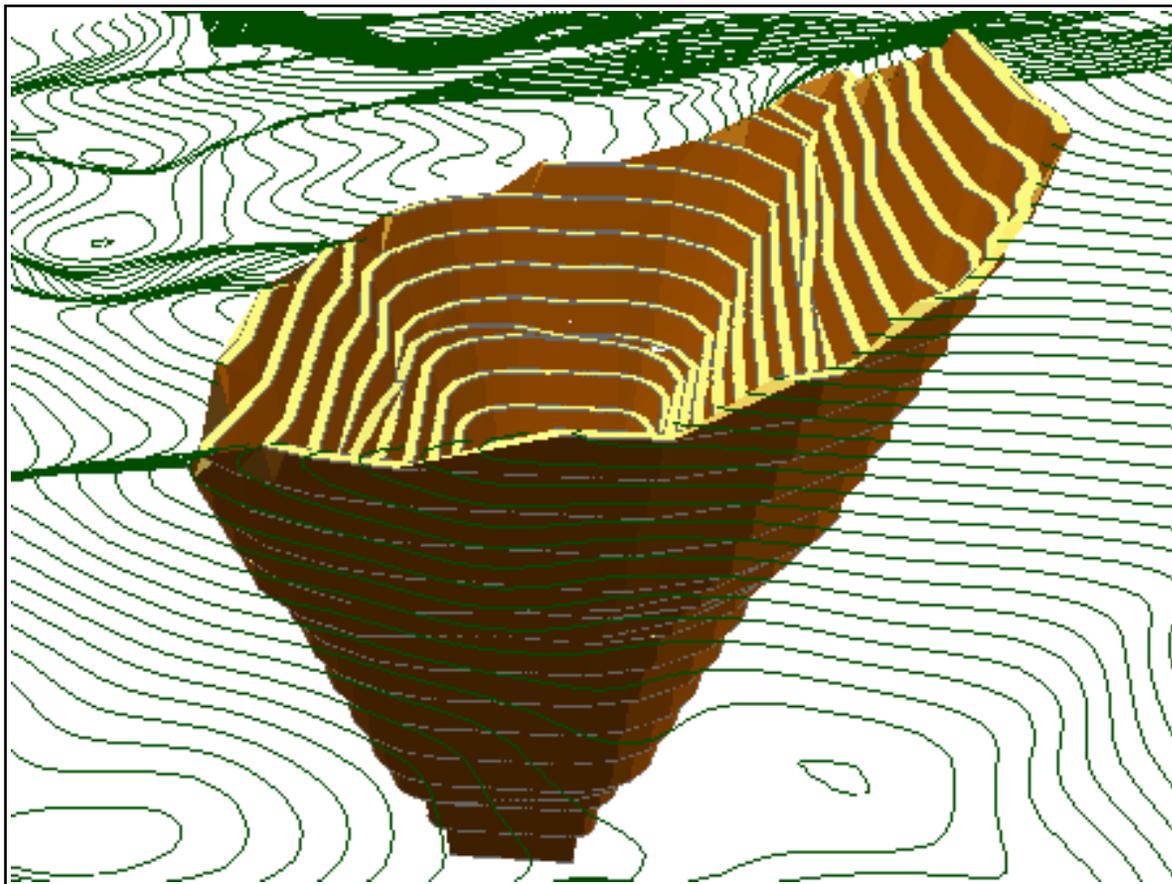
---

Anexo 25. Parámetros geométricos para la explotación del Bloque "Carmen"



Anexo 26. Implantación del sistema de explotación del Bloque “Carmen”

### IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN DEL BLOQUE “CARMEN”

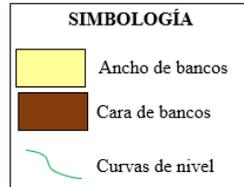
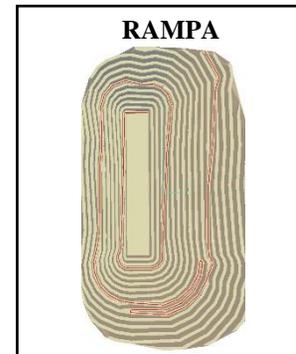
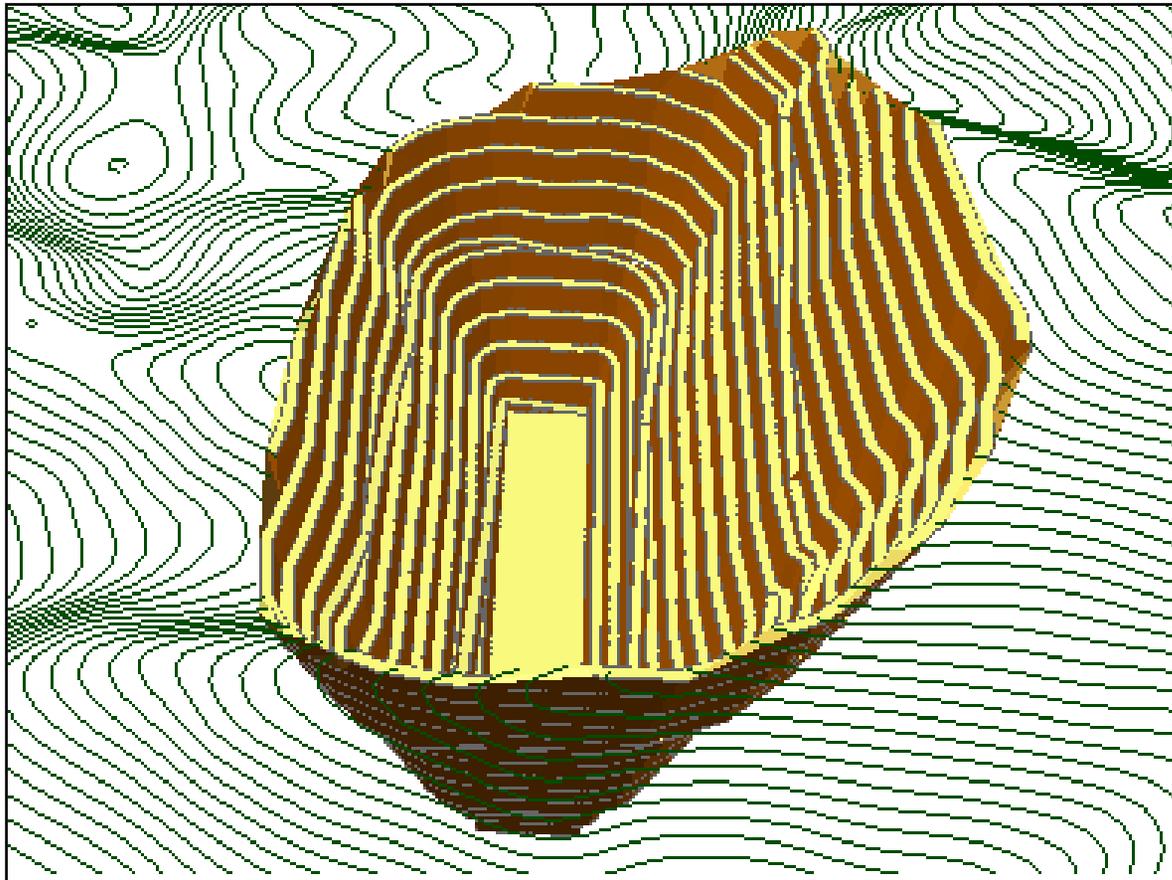


SIMBOLOGÍA	
	Ancho de bancos
	Cara de bancos
	Curvas de nivel

	<b>Diseño del sistema de explotación del Bloque “Carmen”</b>		
<b>Realizado:</b>	Geder Yaguachi		
<b>Director:</b>	Ing. Hernán Castillo		
<b>Fecha</b>	2024	<b>Escala</b>	1:100
<b>N° Lámina</b>	10/12		

Anexo 27. Vista 3D del sistema de explotación del Bloque Carmen

### VISTA 3D DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN DEL BLOQUE CARMEN

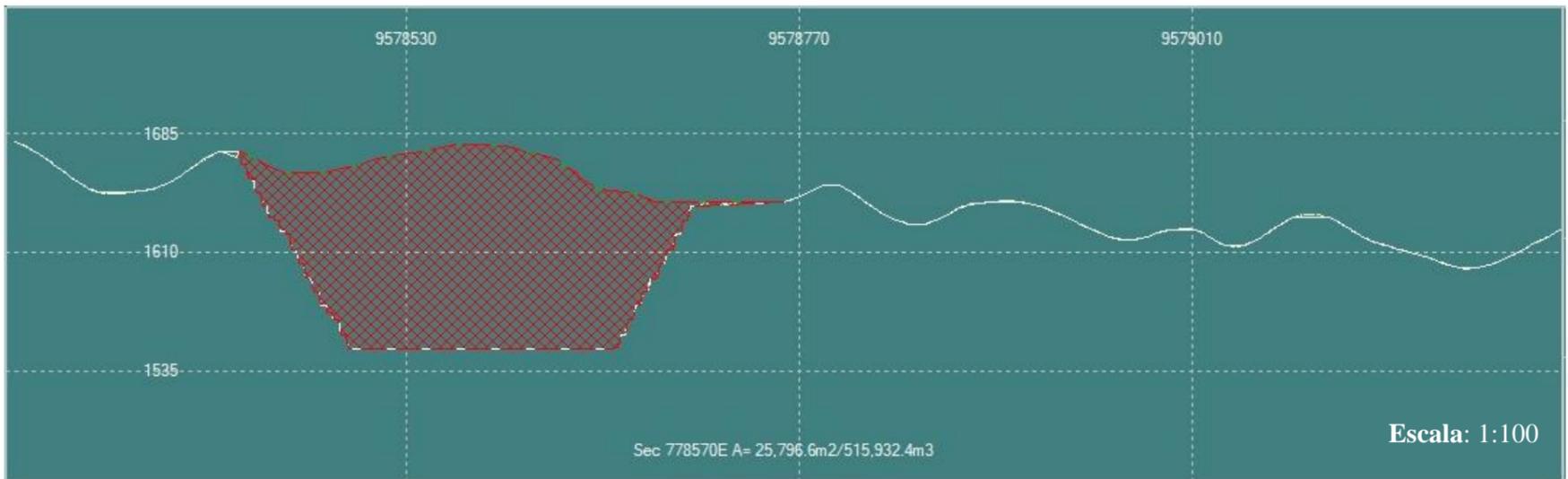


Diseño del sistema de explotación del Bloque "Carmen"

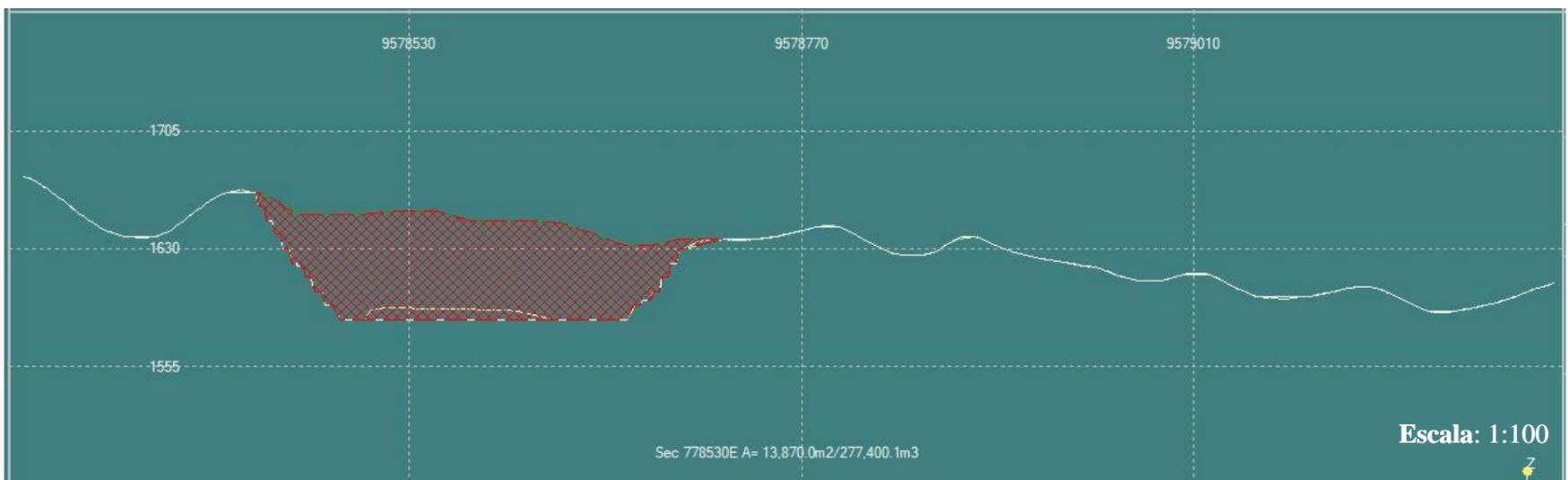
Realizado:	Geder Yaguachi		
Director:	Ing. Hernán Castillo		
Fecha	2024	Escala	1:100
Nº Lámina	11/12		

Anexo 28. Perfiles para el cálculo del material a extraer en el software Recmin

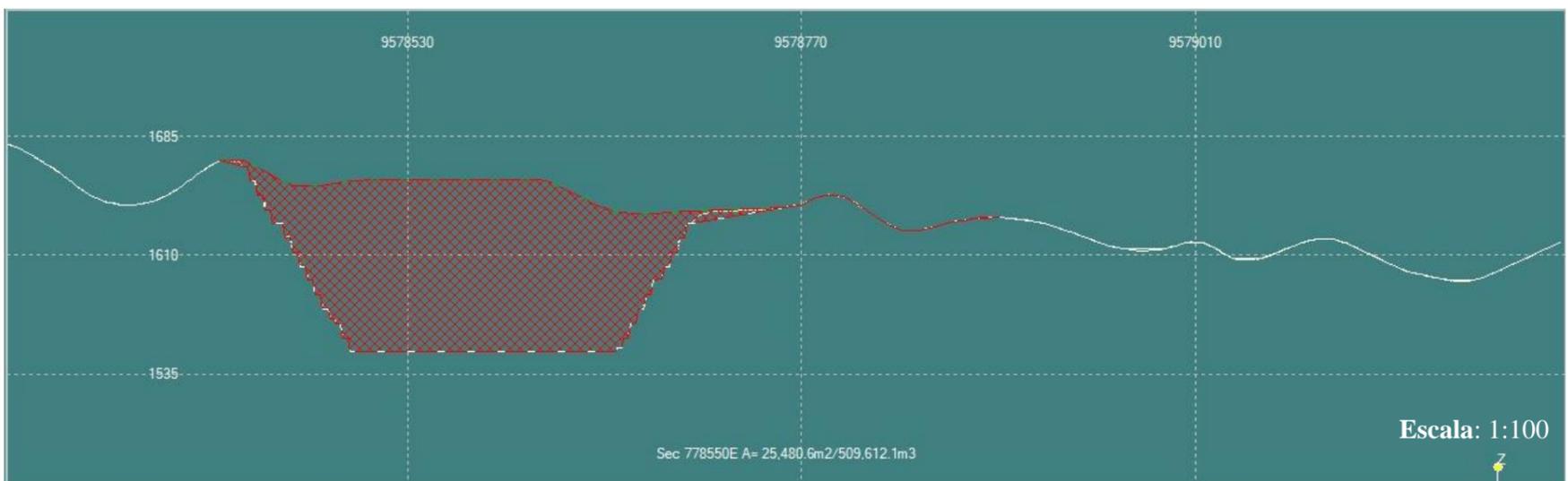
Perfil 1



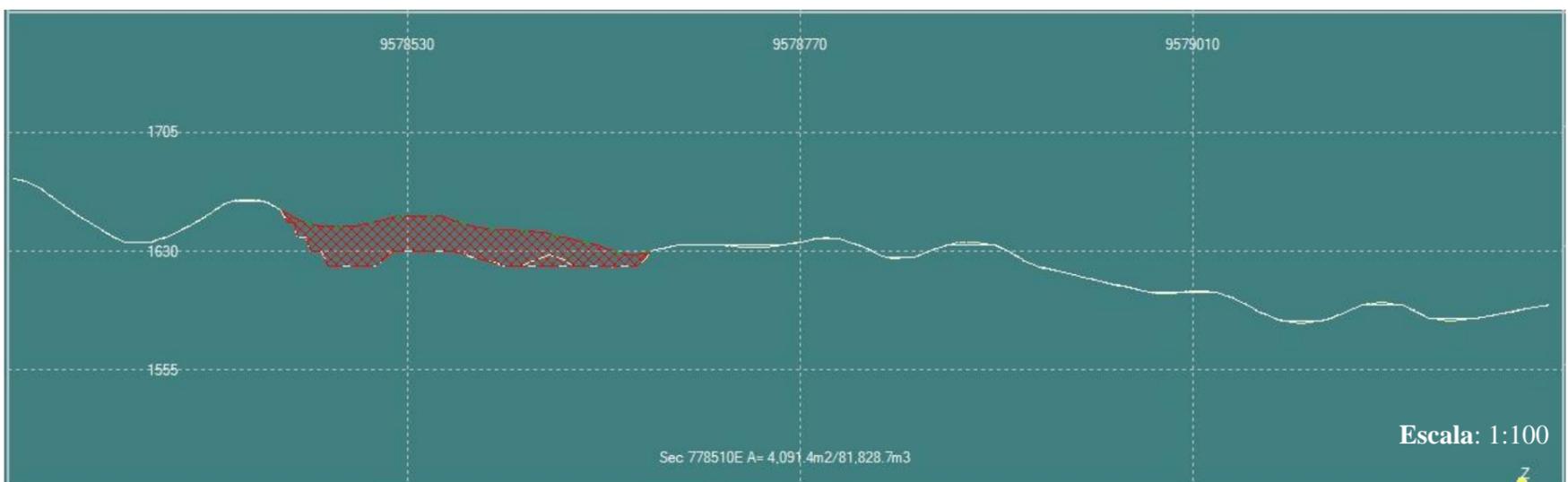
Perfil 2



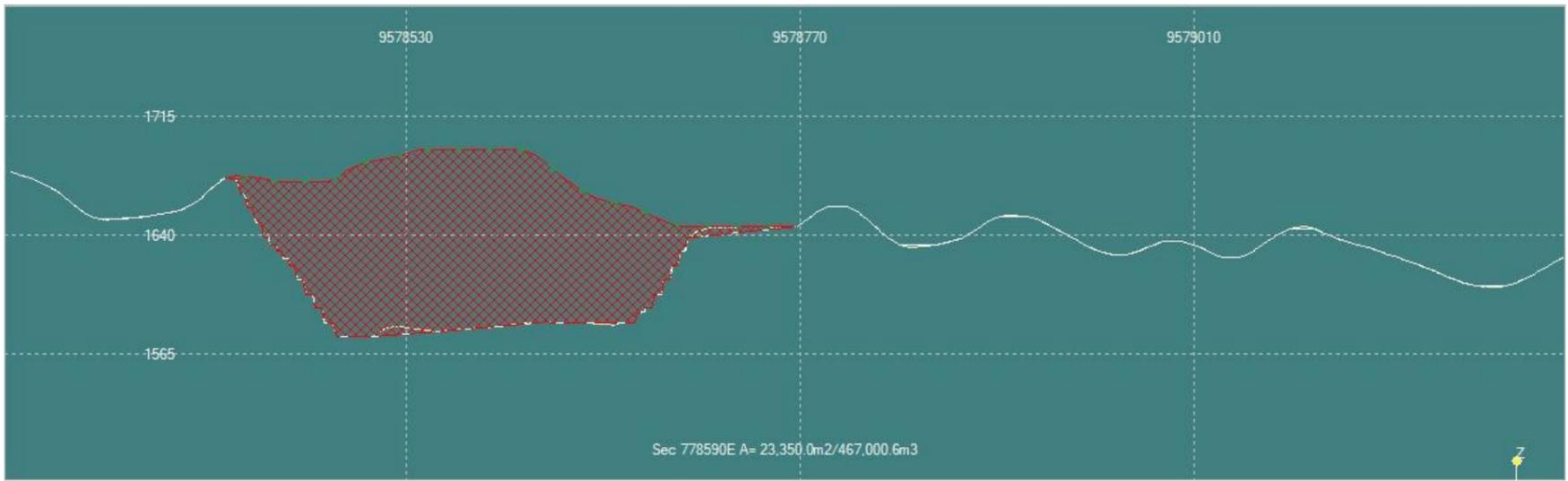
Perfil 3



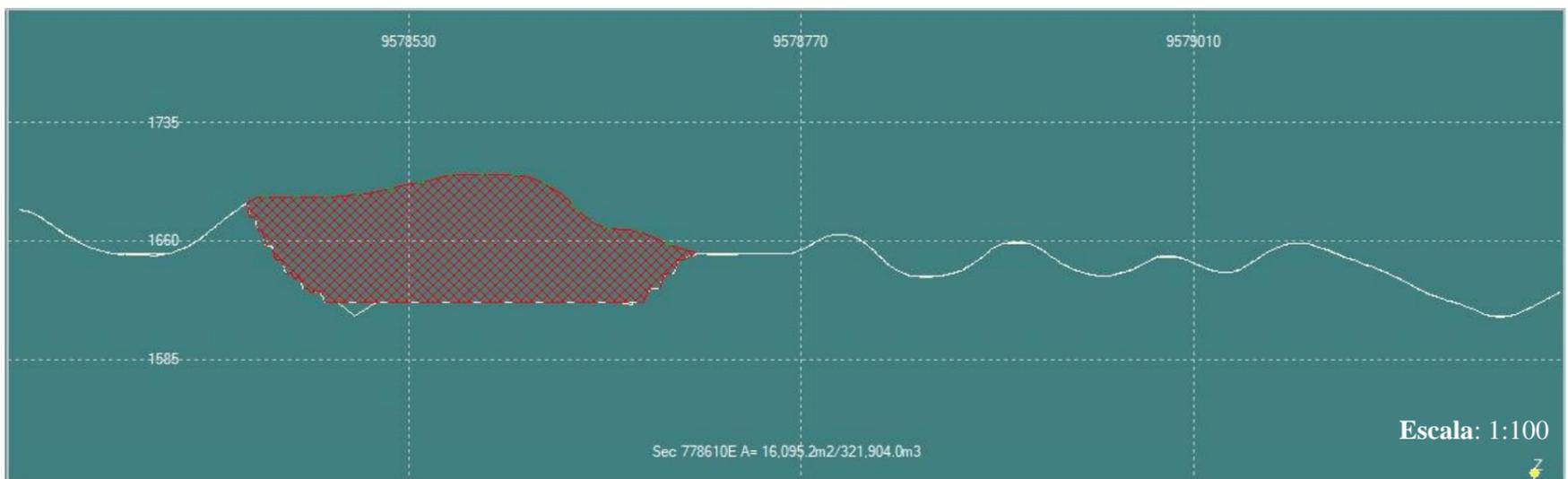
Perfil 4



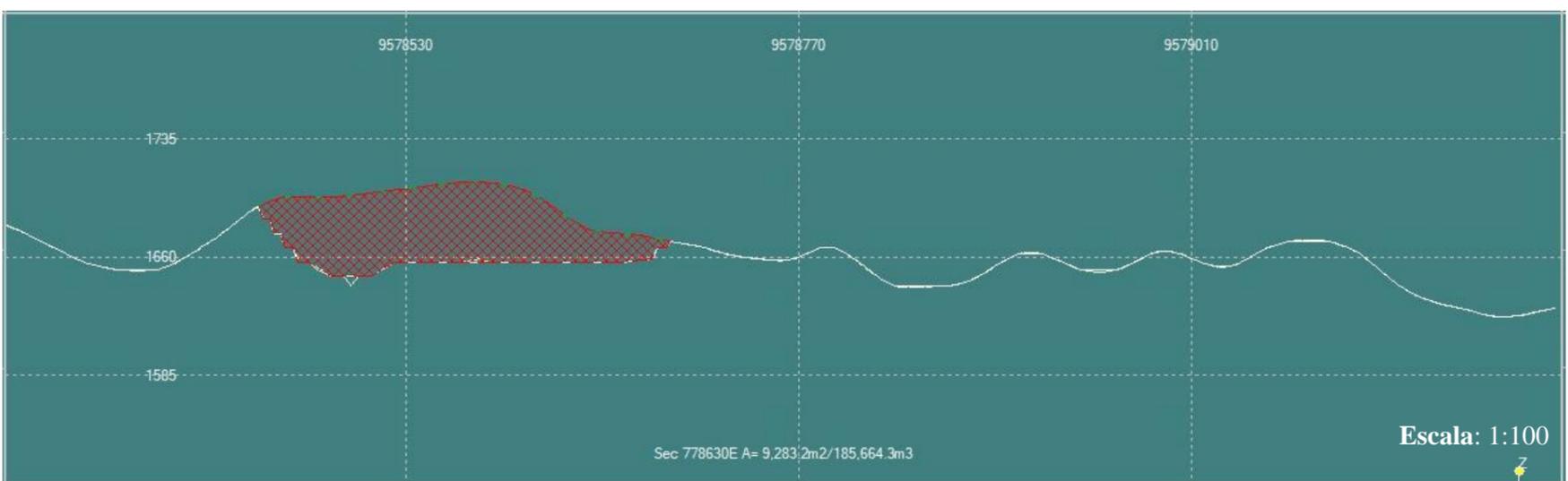
**Perfil 5**



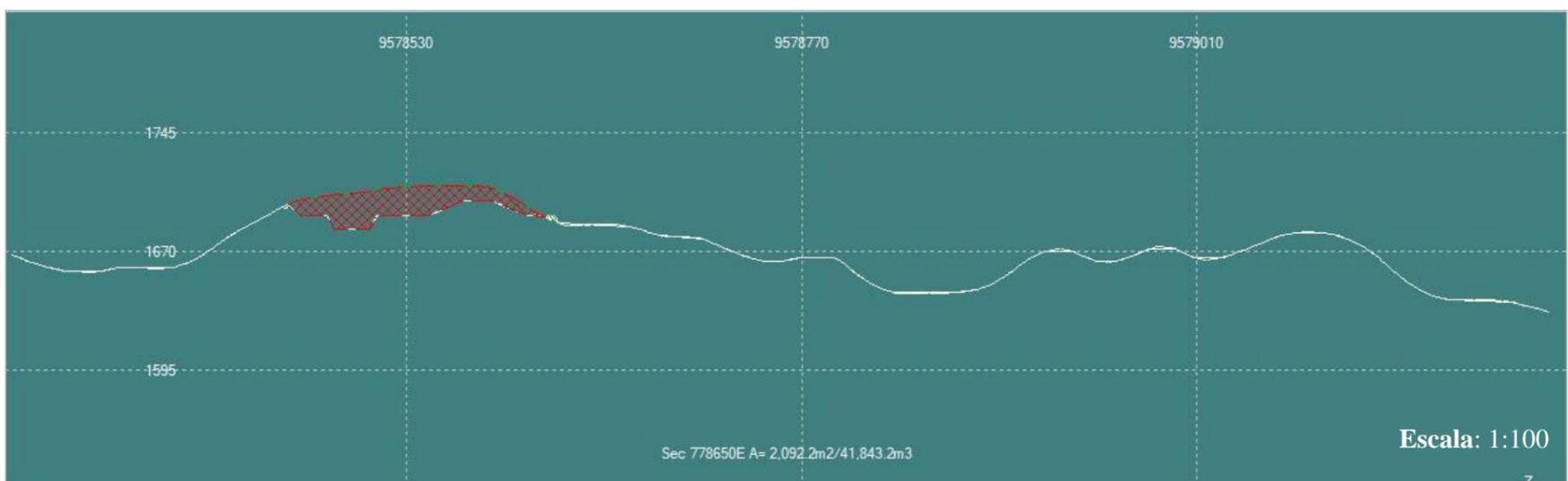
**Perfil 6**



**Perfil 7**



**Perfil 8**



Anexo 29. Propuesta de vía de acceso al sistema de explotación del bloque Carmen



**Anexo 30. Certificación de traducción del resumen**

Loja, 12 de junio de 2024

Yo **Andrea Ivanova Carrillo Jaramillo**, con cédula de identidad **1104691108**, con el **“Certificate of Proficiency in English”** otorgado por Fine Tuned English, por medio del presente tengo el bien de **CERTIFICAR**: Que he revisado la traducción del trabajo de integración curricular denominado: **Diseño del sistema de explotación del bloque “Carmen” de la Concesión Minera Joya de Oriente II código 501381, ubicado en la Provincia de Zamora Chinchipe, cantón Yantzaza.**, cuya autoria la estudiante **Geder Lizbeth Yaguachi Neira**, con cedula **1105207490**, aspirante al título de Ingeniera en minas, por lo que a mi mejor saber y entender es correcto.



**Lic. Andrea Ivanova Carrillo Jaramillo**

**C.I. 1104691108**