



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA EN MINAS**

**“Propuesta técnica para el cierre y remediación de la cantera ubicada en el sector San  
Juanpamba del cantón Cuenca”**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

**INGENIERO EN MINAS**

**Autores:**

ADRIANA ALEXANDRA MENDIETA ARIAS

ELIANA ARACELY SAN ANDRÉS BECERRA

**Director:**

EDUARDO ANDRÉS LUNA MÉNDEZ

**CUENCA, ECUADOR**

**2024**

Adriana Alexandra Mendieta Arias

Eliana Aracely San Andrés Becerra

Ing. Eduardo Andrés Luna Méndez

Septiembre 2024

**“Propuesta técnica para el cierre y remediación de la cantera ubicada en el sector San  
Juanpamba del cantón Cuenca”**

## **DEDICATORIA**

A Dios y la vida porque te da lo justo en el momento exacto

Xavier, Alexandra mis papás porque nunca dejaron de creer en mí a pesar de todo me hicieron resurgir.

Pancho y Dodo mis hermanos siempre voy con ustedes a donde vayan yo les amo.

A mis abuelitos Alejandro, Margarita y Olga me llena de gratitud aún poder abrazarlos, Abuelito Manuel y Mami Chochi sé que desde el cielo me acompañan y están orgullosos de mí.

Para mis gordos: Teo, Lucas, Thomas, Blue, Federico y Cookie.

Y para mí; porque supe lo que es rendirse y volverse a levantar.

**Adriana Alexandra Mendieta Arias**

Para mi persona, teniéndolo como prueba de perseverancia, esfuerzo y dedicación; a mis padres por el apoyo incondicional.

**Eliana Aracely San Andrés Becerra**

## **AGRADECIMIENTOS**

Le agradezco mucho a Diosito porque sé que él me acompañó y me cuidó en todo este largo camino; A la vida, por los duros, pero hermosos caminos que me tocó recorrer para llegar hasta aquí. Hoy es el inicio de algo mejor.

Papi y mami, nunca me voy a cansar de agradecerles primero por la paciencia que a lo largo de mi vida me han tenido, y segundo por el amor más grande que he sentido gracias infinitas por eso.

A mi querida Eli porque nos la gozamos armando este trabajo de titulación y nos hicimos grandes amigas en el trayecto, estuvimos en el momento adecuado.

Karina, Juana, Andrés, Cris y Eve porque a pesar de que la vida tiene preparada cosas para cada uno, logramos coincidir, muchas gracias, siempre van a estar en mi corazón.

**Adriana Alexandra Mendieta Arias**

A mí con mucho amor, por haber mantenido la esperanza, y por todo lo que he logrado hasta ahora, a mis padres por el apoyo y el cariño que me han brindado en todo este transcurso, a mis hermanos por el ánimo que me han sabido brindar, a mi compañero y parte importante de mi vida Rick, por estar presente en cada paso que he dado; le agradezco de todo corazón a mi amiga y compañera Adriana, por permitirme compartir con ella esta experiencia, llena de alegrías, a mi amiga Mayra por acompañarme en mi vida universitaria y personal.

**Eliana Aracely San Andrés Becerra**

Al ingeniero Eduardo Luna le agradecemos de todo corazón por el conocimiento impartido y el apoyo brindado en todo este transcurso.

**Adriana y Eliana**

## **RESUMEN**

El objetivo del presente trabajo fue evaluar una propuesta acorde a las condiciones actuales de una cantera abandonada, en el sector San Juanpamba; por esta razón se realizó una visita in situ a la zona, recolectando información técnica y fotográfica. En base de aquello se propuso alternativas de cierre y remediación del área teniendo en cuenta la flora y la topografía del terreno. En función de la topografía se plantearon dos diseños para el cierre de la misma, descartando el primero debido a que no cumplió con el factor de seguridad adecuado; sin embargo, el segundo diseño presentó un factor de seguridad idóneo.

Basados en el diseño óptimo se presentaron dos alternativas para la remediación, la primera consistió en una revegetación absoluta del área, con plantas existentes en la zona; la segunda opción fue la revegetación de los taludes y la implementación de un área recreativa. De las alternativas se optó por aquella que implica una revegetación absoluta, siendo la que brinda mejor impacto visual, ajustándose a las condiciones naturales del entorno.

**Palabras clave:** Cierre de minas, remediación, ley ambiental, topografía, revegetación

## **ABSTRACT**

The objective of this study was to evaluate a proposal suitable for the current conditions of an abandoned quarry in the San Juanpamba sector; for this reason, an on-site visit was conducted to the area, collecting technical and photographic information. Based on this, alternatives for the closure and remediation of the area were proposed, taking into account the flora and topography of the land. Based on the topography, two designs were proposed for the closure of the quarry, the first of which was discarded due to the fact that it did not meet the adequate safety factor; however, the second design presented a suitable safety factor.

Based on the optimal design, two alternatives were presented for remediation, the first consisting of an absolute revegetation of the area, with existing plants in the area; the second option was the revegetation of the slopes and the implementation of a recreational area. Of the alternatives, the one that implies an absolute revegetation was chosen, being the one that provides the best visual impact and adjusting to the natural conditions of the environment.

**Keywords:** Mine closure, remediation, environmental law, topography, revegetation

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>III</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>IV</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>VI</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>XII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>XIII</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS .....</b>	<b>XV</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>2</b>
<b>ANTECEDENTES.....</b>	<b>2</b>
1.1 Marco legal .....	2
<b><i>1.1.1 Ley minera.....</i></b>	<b>2</b>
<b><i>1.1.2 Tulsma (Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente).....</i></b>	<b>3</b>
<b><i>1.1.3 Reglamento Ambiental de Actividades Mineras.....</i></b>	<b>4</b>
1.2 Datos generales .....	7
1.3 Ubicación de la cantera.....	7
1.4 Vías de acceso .....	8
<b><i>1.4.1 Ubicación Regional .....</i></b>	<b>9</b>
1.5 Geología.....	10
<b><i>1.5.1 Terrazas Aluviales .....</i></b>	<b>11</b>



1.5.2	<i>Depósitos Coluviales</i> .....	11
1.5.3	<i>Formación Llacao</i> .....	12
1.5.4	<i>Formación Mangán</i> .....	12
1.5.5	<i>Formación Biblián</i> .....	12
1.5.6	<i>Formación Loyola</i> .....	12
1.5.7	<i>Formación Azogues</i> .....	13
1.5.8	<i>Relieve</i> .....	13
1.6	Morfología.....	15
<b>CAPÍTULO 2</b> .....		<b>16</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....		<b>16</b>
2.1	Explotación.....	16
2.2	Cantera .....	16
2.3	Banqueo descendente.....	19
2.4	Áridos y pétreos.....	20
2.4.1	<i>Áridos</i> .....	20
2.4.2	<i>Pétreos</i> .....	22
2.5	Lastres .....	22
2.6	Topografía .....	23
2.7	Estabilidad de taludes.....	24
2.8	Cierre de mina.....	25
2.9	Criterios a tomar en consideración para el cierre de cantera.....	25
2.10	Software para modelamiento .....	26
2.10.1	<i>Arcgis</i> .....	26

2.10.2. <i>Agisoft</i> .....	26
2.10.3 <i>Pix4d capture</i> .....	27
2.10.4. <i>AutoCAD</i> .....	27
2.10.5. <i>CivilCAD</i> .....	28
2.11 Remediación .....	28
2.12 Técnicas de remediación .....	29
2.13 Alternativas de cierre .....	30
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>31</b>
<b>PROPUESTAS DE CIERRE</b> .....	<b>31</b>
3.1 Estado actual de la cantera .....	31
3.1.1 <i>Topografía</i> .....	32
3.2 Variables a tomar en cuenta .....	34
3.2.1 <i>Resistencia a la compresión simple (RCS)</i> .....	34
3.2.2 <i>Ángulo de trabajo y receso</i> .....	35
3.3.3 <i>Factor de seguridad (FS)</i> .....	35
3.3.4 <i>Profundidad de la cantera</i> .....	38
3.3.5 <i>Altura de banco</i> .....	38
3.3.6 <i>Número de Bancos</i> .....	43
3.3.7 <i>Berma de seguridad (BS)</i> .....	43
3.3.8 <i>Ancho de la vía</i> .....	44
3.3.9 <i>Espacio de maniobras para la excavadora</i> .....	44
3.3.10 <i>Ancho del prisma de deslizamiento</i> .....	44
3.3.11 <i>Ancho de la plataforma de trabajo</i> .....	45

3.3.12 <i>Ángulo de liquidación</i> .....	45
3.3.13 <i>Ancho de las bermas de liquidación</i> .....	45
3.4 Alternativas de cierre previas al diseño óptimo.....	47
3.4.1 <i>Alternativa #1</i> .....	47
3.4.2 <i>Alternativa #2</i> .....	51
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>57</b>
<b>ANÁLISIS Y PROPUESTAS</b> .....	<b>57</b>
4.1 Análisis de las alternativas de cierre.....	57
4.2 Determinación del cierre optimo .....	57
4.3 Reutilización del lugar .....	57
4.3.1 <i>Revegetación</i> .....	58
4.3.2 <i>Área recreativa</i> .....	59
4.2 Modelamiento 3d.....	60
4.2.1 <i>Alternativa #1</i> .....	60
4.2.2 <i>Alternativa #2</i> .....	61
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>62</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>63</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>64</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>68</b>

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Coordenadas de ubicación .....	7
Tabla 2. Coordenadas de ubicación .....	8
Tabla 3. Clasificación de áridos según su tamaño .....	21
Tabla 4. Criterio de aceptación; estabilidad de taludes.....	24
Tabla 5. Características del macizo rocoso .....	35
Tabla 6. Características de la roca según el grado de talud de borde .....	37
Tabla 7. Especificaciones excavadora caterpillar 320C.....	39
Tabla 8. Especificaciones excavadora caterpillar 320C (Tren de Rodaje y Motor).....	39
Tabla 9. Características excavadora caterpillar 320C.....	40
Tabla 10. Características excavadora caterpillar 320C.....	41
Tabla 11. Características excavadora caterpillar 320C.....	42
Tabla 12. Parámetros para el diseño de cierre de cantera .....	46
Tabla 13. Propiedades físico mecánicas de la roca.....	48
Tabla 14. Volumen explotado primera fase .....	53
Tabla 15. Volumen explotado segunda fase.....	55
Tabla 16. Volumen explotado tercera fase .....	56
Tabla 17. Volúmenes totales .....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1. Vías de acceso.....	8
Figura. 2. Ubicación regional .....	9
Figura. 3. Mapa geológico.....	10
Figura. 4. Leyenda mapa geológico.....	10
Figura. 5. Mapa de relieve.....	13
Figura. 6. Leyenda mapa de relieve .....	14
Figura. 7. Mapa de morfología .....	15
Figura. 8. Leyenda mapa de morfología .....	15
Figura. 9. Cantera de lastre.....	17
Figura. 10. Elementos de una cantera .....	19
Figura. 11. Banqueo descendente .....	20
Figura. 12. Áridos .....	22
Figura. 13. Topografía.....	23
Figura. 14. Software ArcGis.....	26
Figura. 15. Agisoft .....	27
Figura. 16. Pix4D capture pro .....	27
Figura. 17. AutoCAD.....	28
Figura. 18. Civil 3D .....	28
Figura. 19. Estado actual.....	31
Figura. 20. Topografía actual (total).....	32
Figura. 21. Topografía actual (zona intervenida) .....	33
Figura. 22. Modelo topográfico 3D .....	34

Figura. 23. Vista lateral excavadora caterpillar 320C.....	40
Figura. 24. Vista frontal excavadora caterpillar 320C.....	41
Figura. 25. Vista lateral y brazo excavadora caterpillar 320C .....	42
Figura. 26. Medidas del talud .....	47
Figura. 27. Abaco factor de seguridad .....	49
Figura. 28. Alternativa #1.....	51
Figura. 29. Alternativa #2 fase#1.....	52
Figura. 30. Modelo 3D primera fase .....	53
Figura. 31. Alternativa #2 fase#2.....	54
Figura. 32. Modelo 3D segunda fase .....	54
Figura. 33. Alternativa #2 fase#3.....	55
Figura. 34. Modelo 3D tercera fase .....	56
Figura. 35. Sigse .....	59
Figura. 36. Retama amarilla .....	59
Figura. 37. Revegetación alternativa #1.....	60
Figura. 38. Ejemplo alternativa #2 (parque).....	61

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Estado actual de la cantera .....	68
Anexo 2 Estado actual de la cantera .....	68
Anexo 3 Estado actual de la cantera .....	69
Anexo 4 Muestras de roca obtenidas de la cantera .....	69
Anexo 5 Compresión uniaxial en la muestra.....	70
Anexo 6 Análisis de la compresión uniaxial en la muestra.....	71
Anexo 7 Topografía total de la cantera .....	72
Anexo 8 Topografía actual zona intervenida.....	73
Anexo 9 Alternativa #1 .....	74
Anexo 10 Alternativa #2 (fase 1).....	75
Anexo 11 Alternativa #2 (fase 2).....	76
Anexo 12 Alternativa #2 (fase 3).....	77
Anexo 13 Plano de ubicación de perfiles (fase 1) .....	78
Anexo 14 Plano de perfiles 000-080 (fase 1) .....	79
Anexo 15 Plano de perfiles 120-20 (fase 1) .....	80
Anexo 16 Plano ubicación de perfiles (fase 2) .....	81
Anexo 17 Plano perfiles 000-080 (fase 2).....	82
Anexo 18 Plano perfiles 120-200 (fase 2).....	83
Anexo 19 Plano de ubicación de perfiles (fase 3) .....	84
Anexo 20 Plano de perfiles 000-080 (fase 3) .....	85
Anexo 21 Plano de perfiles 120-200 (fase 3) .....	86
Anexo 22 Alternativa de remediación #1 (fase 1) .....	87

Anexo 23 Alternativa de remediación #1 (fase 2).....	88
Anexo 24 Alternativa de remediación #1 (fase 3).....	89
Anexos 25 Alternativa de remediación #1 (fase 4).....	90



## INTRODUCCIÓN

Dentro de la explotación minera existe el método de explotación por cantera, generalmente esta actividad se caracteriza por ser a cielo abierto, donde se obtienen materiales áridos y pétreos, generando un crecimiento en el desarrollo industrial de los países, teniendo una notoria evolución en el sector de la construcción.

A pesar de la influencia que tienen esta actividad en el crecimiento de la sociedad se ha visto opacada por la falta de responsabilidad de los concesionarios y por el abandono de las entidades competentes, esta apatía ha ocasionado que se pase por alto las leyes reguladoras, que se deben seguir, para gestionar un correcto manejo de mina y por ende su correcto cierre.

El resultado de dejar a la deriva una explotación minera desencadena pasivos ambientales y técnicos tales como: inestabilidad de taludes (derrumbes, socavones, etc), contaminación visual, erosión, contaminación al aire. Es por ello que, en Ecuador existe la ley de minería cuyo propósito es regularizar el sector estratégico minero para así lograr una sostenibilidad adecuada de acuerdo a las necesidades vigentes.

En la zona de San Juanpamba se encuentra una cantera abandonada, la misma que no acató con las normas y reglamentos impuestos por la ley minera actual, en consecuencia, a esto el presente trabajo tuvo como finalidad analizar, evaluar y plantear un proyecto que contenga planes de cierre y remediación con propuestas que se aproximen al entorno a sus condiciones endémicas, compensando las afecciones al ambiente y así evitar daños futuros.

## CAPÍTULO 1

### ANTECEDENTES

#### 1.1 Marco legal

##### 1.1.1 Ley minera

**Art. 27.-** Fases de la actividad minera. - Para efectos de aplicación de esta ley, las fases de la actividad minera son: h) Cierre de Minas, que consiste en el término de las actividades mineras y el consiguiente desmantelamiento de las instalaciones utilizadas en cualquiera de las fases referidas previamente, si no fueren de interés público, incluyendo la reparación ambiental de acuerdo al plan de cierre debidamente aprobado por la autoridad ambiental competente.

En todas las fases de la actividad minera, está implícita la obligación de la reparación y remediación ambiental de conformidad a la Constitución de la República del Ecuador, la ley y sus reglamentos. (Ley Minera,2009)

**Art.80** Revegetación y Reforestación. - Si la actividad minera requiere de trabajos a que obliguen al retiro de la capa vegetal y la tala de árboles, será obligación del titular del derecho minero proceder a la revegetación y reforestación de dicha zona preferentemente con especies nativas, conforme lo establecido en la normativa ambiental y al plan de manejo ambiental. (Ley Minera,2009).

**Art.82** Conservación de la flora y fauna. - Los estudios de impacto ambiental y los planes de manejo ambiental, deberán contener información acerca de las especies de flora y fauna existentes en la zona, así como realizar los estudios de monitoreo y las respectivas medidas de mitigación de impactos en ellas. (Ley Minera, 2009)

**Art.84** Protección del ecosistema. - Las actividades mineras en todas sus fases, contarán con medidas de protección del ecosistema, sujetándose a lo previsto en la Constitución de la República del Ecuador y la normativa ambiental vigente. (Ley Minera,2009)

**Art. 85** Cierre de operaciones mineras. - Los titulares de concesiones mineras deberán incluir en sus programas anuales de actividades referentes al plan de manejo ambiental, información de las inversiones y actividades para el cierre o abandono parcial o total de operaciones y para la rehabilitación del área afectada por las actividades mineras de explotación, beneficio, fundición o refinación.

Asimismo, en un plazo no inferior a dos años previo al cierre o abandono total de operaciones para las actividades mineras de explotación, beneficio, fundición o refinación, el concesionario minero deberá presentar ante el Ministerio del Ambiente, para su aprobación, un Plan de Cierre de Operaciones que incluya la recuperación del sector o área, un plan de verificación de su cumplimiento, los impactos sociales y su plan de compensación y las garantías indicadas en la normativa ambiental vigente; así como, un plan de incorporación a nuevas formas de desarrollo económico.( Ley Minera,2009)

### **1.1.2 TULSMA (Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente)**

**Art.43** Del cierre de operaciones y abandono del área o proyecto. - Los sujetos de Control que por cualquier motivo requieran el cierre de las operaciones y /o abandono del área, deberán ejecutar el plan de cierre y abandono conforme lo aprobado en el Plan de Manejo Ambiental respectivo; adicionalmente, deberán presentar Informes Ambientales,

Auditorías Ambientales u otros, los documentos conformen los lineamientos establecidos por la Autoridad Ambiental Competente. (TULSMA, 2015).

**Art.134** Del Plan de Cierre. - El cierre de una instalación de disposición final deberá hacerse previo aviso a la Autoridad Ambiental Competente, conforme al plan de cierre aprobado, el mismo que una vez ejecutado será verificado por la autoridad que lo aprobó. Este plan deberá contemplar al menos, la descontaminación del sitio, estructuras, equipos, rehabilitación de áreas, así como los procedimientos para la liberación del desecho en cadalso de eliminación posterior. (TULSMA, 2015).

### **1.1.3 Reglamento Ambiental de Actividades Mineras**

**Art. 122.-** Término de operaciones y rehabilitación de áreas afectadas: En cualquiera de las fases, el cierre de operaciones y rehabilitación de áreas afectadas, deberá ser planificado desde la prefactibilidad y factibilidad del proyecto, siendo progresivo en las diferentes etapas de la vida útil del proyecto, para minimizar los efectos de erosión/hundimiento, promover biodiversidad y restaurar el hábitat natural. El objetivo del plan de cierre es de retornar las áreas afectadas a un estado físico, biológico y químico estable y en una condición funcional ecológica que aseguren el restablecimiento de equilibrios, ciclos y funciones naturales. En caso de no contar con los respectivos amparos administrativos emitidos por el Ministerio Sectorial por presuntas actividades ilegales, el sujeto de control deberá contemplar en el plan de cierre las medidas ambientales para remediar o rehabilitar las áreas afectadas. (RAM,2016).

**Art.124** Cierre definitivo y abandono de área.- El Titular Minero, previo a la finalización prevista del proyecto en sus fases de explotación, beneficio, fundición, o

refinación deberá presentar un plan de cierre del proyecto, en un plazo no inferior a dos años y hasta 6 meses antes del cierre definitivo del proyecto; el plan de cierre y abandono incluirá un cronograma detallado de actividades, presupuesto final, procedimientos operativos definiendo específicas acciones de cierre que incluya la recuperación del sector o área, un plan de verificación de su cumplimiento, los impactos ambientales y sociales, plan de compensación y las garantías actualizadas indicadas en la normativa ambiental aplicable, así como, un plan de incorporación a nuevas formas de desarrollo sustentable. Este plan deberá ser aprobado por la Autoridad Ambiental Nacional. De ser requerido, un ajuste financiero será aceptado para satisfacer las necesidades del presupuesto final. (RAM,2016).

**Art.125** Las actividades de cierre deberán incluir medidas destinadas a alcanzar la estabilidad de los terrenos, la rehabilitación biológica de los suelos, la reducción y el control de la erosión, la protección de los recursos hídricos, la integración paisajística, etc. De esta manera, serán objeto de aprobación entre otros, las actividades referentes a:

- Instalaciones de almacenamiento de sustancias y materiales peligrosos.
- Control y mitigación de drenaje ácido.
- Rehabilitación de escombreras y relaveras: Estabilidad física y química, revegetación, otros;
- Manejo de los lagos artificiales producto de las minas a cielo abierto;
- Rehabilitación de taludes y galerías subterráneas;
- Impactos adversos sobre la superficie y la calidad del agua subterránea:
- Remediación de suelos contaminados;
- Diseño y mantenimiento de las estructuras de gestión del agua superficial;
- Las emisiones de polvo;

- Manejo de flora y fauna afectadas,
  - Desmantelamiento y retiro de campamentos, plantas de procesamiento, maquinarias, equipos, obras de infraestructura, servicios instalados, y otros.
- (RAM,2016).

**Art. 126** Daños ecológicos y pasivos ambientales.- Los promotores y ex-promotores del proyecto que hubieren producido daños al sistema ecológico, alteraciones al ambiente o pasivos ambientales serán responsables de la rehabilitación, compensación y reparación de los daños causados por efecto de sus actividades mineras realizadas antes y después del cierre de operaciones de la concesión, respectivamente, sin perjuicio de las responsabilidades administrativas, civiles y/o penales a las que hubiere lugar. Las acciones legales por los daños ambientales producidos en el desarrollo de un proyecto minero son imprescriptibles. (RAM,2016).

La cantera descrita en el presente trabajo, tiene indicios de no haber realizado sus operaciones basadas en leyes, hipotéticamente se asume que fue por la falta de normativa en el momento de su funcionamiento, o por incumpliendo del personal a cargo de la misma.

Es por ello que en este trabajo se dieron propuestas para el cierre y remediación de la cantera, las cuales se rigen a las leyes anteriormente citadas basadas en la normativa actual.

## 1.2 Datos generales

Tabla 1. Coordenadas de Ubicación

DATOS GENERALES	
<b>Provincia</b>	Azuay
<b>Cantón</b>	Cuenca
<b>Parroquia</b>	Nulti
<b>Sector</b>	San Juanpamba
<b>Material de Interés</b>	Lastres
<b>Estado Actual</b>	Abandonada
<b>Superficie</b>	4 Hectáreas
<b>Tipo de Material</b>	Materiales de construcción

*Fuente:* Elaboración Propia

## 1.3 Ubicación de la cantera

Las siguientes coordenadas de ubicación son por elaboración propia bajo consideraciones técnicas mineras.

Tabla 2. Coordenadas de Ubicación

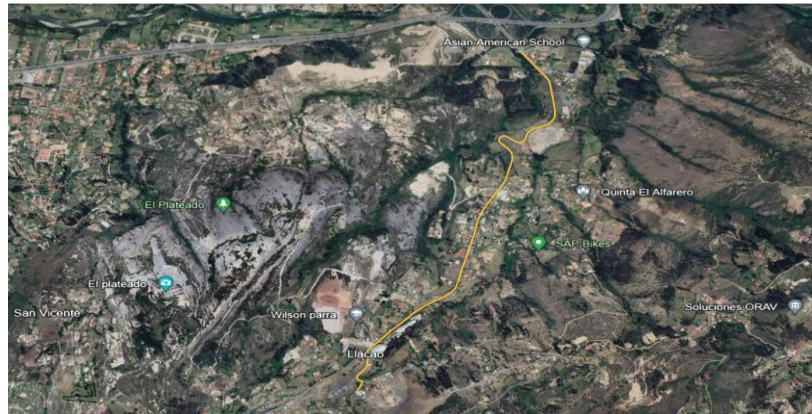
Coordenadas de ubicación				
	PSAT 56		WGS 84	
PUNTOS	X	Y	X	Y
1	735100	9683200	734850	9682835
2	735300	9683200	735050	9682835
3	735300	9683000	735050	9682635
4	735100	9683000	734850	9682635

*Fuente:* Elaboración Propia

#### 1.4 Vías de acceso

Desde el redondel del panamericano norte se accede 4 km por la vía principal hacia Llaqueo, se avanza hasta la “y” por la escuela de mascotas, tomando dirección al camino izquierdo, en la intersección se toma dirección a mano derecha, se recorre de 10 a 15 m para llegar a la cantera.

*Figura. 1. Vías de Acceso*

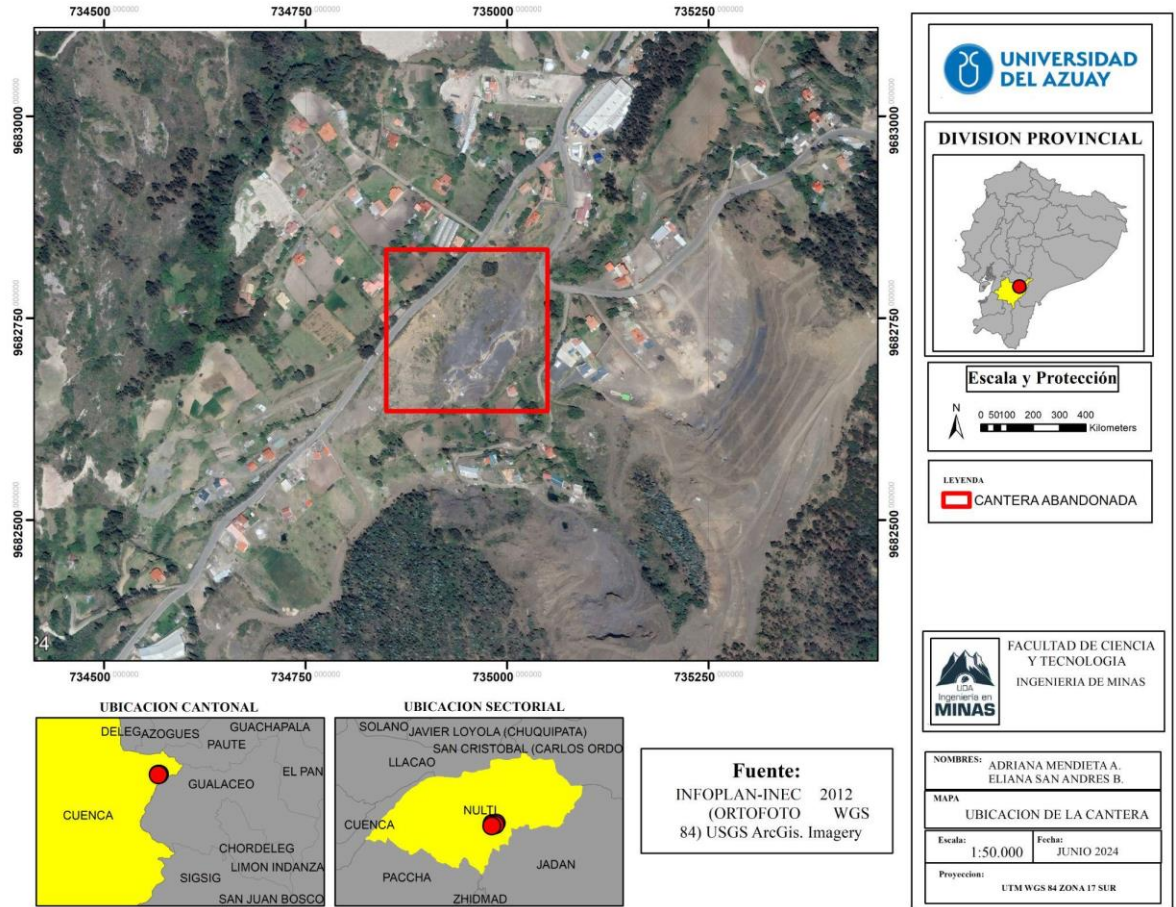


*Fuente:* Elaboración Propia



### 1.4.1 Ubicación Regional

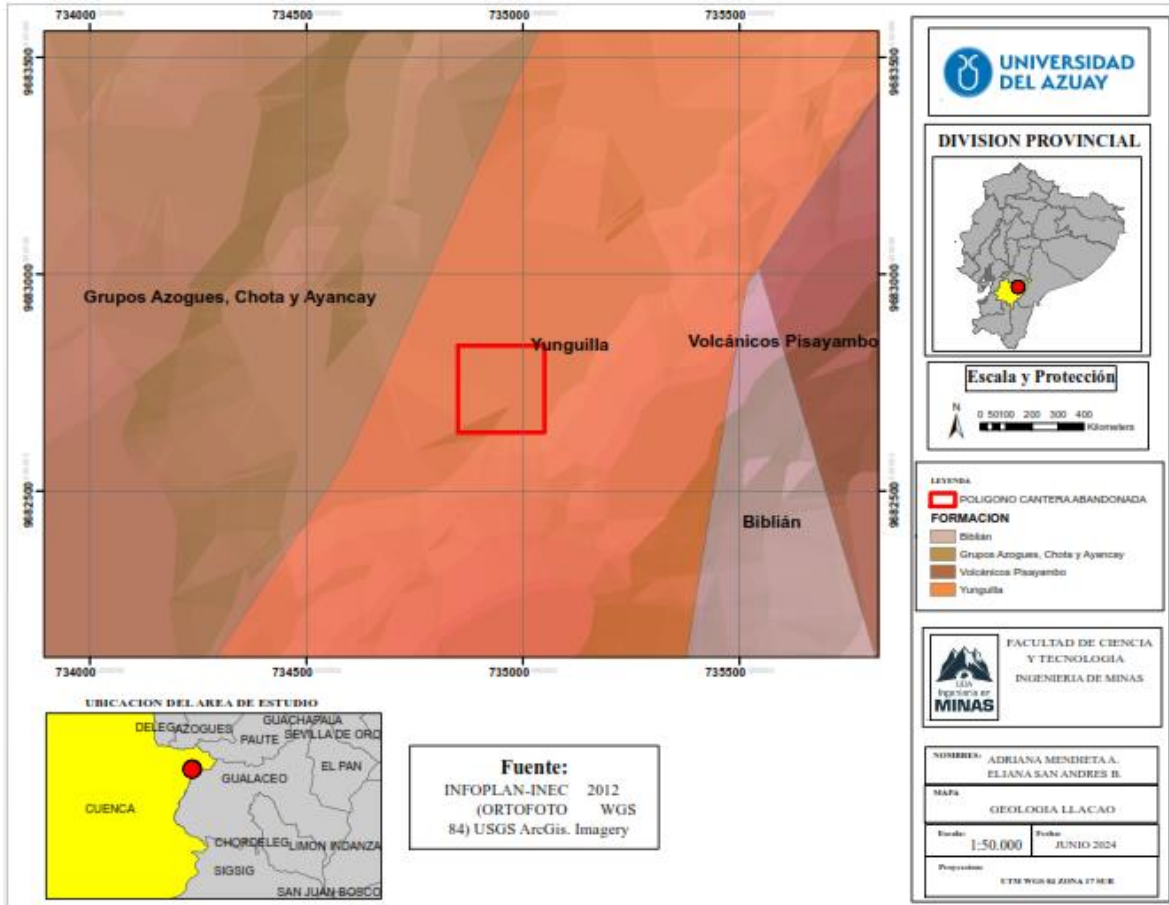
Figura. 2. Ubicación Regional



Fuente: Elaboración Propia

### 1.5 Geología

Figura. 3. Mapa Geológico



Fuente: Elaboración Propia

Figura. 4. Leyenda Mapa Geológico



Fuente: Elaboración Propia

### **1.5.1 Terrazas Aluviales**

Las terrazas aluviales están conformadas por diversos niveles conglomeráticos, compuestos por cantos rodados gruesos en una matriz arenosa y limosa, que varían con estratos lenticulares de arenas limosas.

Se trata de bloques y pequeñas rocas redondeadas en una matriz arenosa ubicadas en la parte sur este de la parroquia. En procesos geodinámicos externos de erosión y colmatación del río Cuenca, se obtiene como resultado superficies planas. La estabilidad que presentan estos taludes se da por su alta permeabilidad y alto ángulo de fricción, gracias a estas características las terrazas aluviales tienen una alta capacidad portante y taludes casi verticales. (GAD Parroquial Llacao,2023)

### **1.5.2 Depósitos Coluviales**

Los grandes deslizamientos de Llacao, Zhiquir, Loma Lajas, Chaullabamba y de Austrogas han dado como resultado grandes extensiones de coluviales, con un grosor considerable de varios metros.

Son depósitos con materiales que han tenido poco recorrido, son producto de deslizamiento, derrumbes o flujos, según la zona de procedencia se estimara su heterogeneidad, el cual está compuestas por bloques y fragmentos angulares y subangulares dentro de un matriz limo arcillosa, son materiales sueltos, fácilmente excavables y propensos a la erosión. (GAD Parroquial Llacao,2023)

### **1.5.3 Formación Llaaco**

Esta formación data del periodo Terciario, constituida por la época del Plioceno y la parte más antigua en el Mioceno. Esta formación es contemporánea a la formación Tarqui y el intrusivo Cojitambo.

Esta formación está compuesta por aglomerados que son inestables y se erosionan con facilidad, presenta una superficie con una topografía ondulada y erosión por procesos hídricos. Por otro lado, las vertientes presentan relieves montañosos muy disectados con pendientes representativas, así como elevaciones de bajas a medias con cárcavas moderadas. (GAD Parroquial Llaaco,2023)

### **1.5.4 Formación Mangán**

La formación Magan están conformada por materiales sedimentarios compuestos por areniscas y lutitas limosas del Mioceno, estos sedimentos han desarrollado relieves altos y muy altos, los cuales son predispuestos a deslizamientos cuando presentan pendientes altas y susceptibles a caídas, derrumbes y erosión diferencial en las zonas escapadas. (GAD Parroquial Llaaco,2023)

### **1.5.5 Formación Biblián**

Son los sedimentos más antiguos de la Cuenca, consisten en sedimentos de mala calidad con fácil erosión, forman parte del pliegue de Azogues y se ven afectados por deformaciones y fallas, lo cual presenta un riesgo de deslizamiento de pequeña magnitud. (GAD Parroquial Llaaco,2023)

### **1.5.6 Formación Loyola**

Esta formación surge en los extremos del anticlinal Biblián y desaparece en la formación Turi, está formada por lutitas intercaladas con areniscas y limolitas, estas se

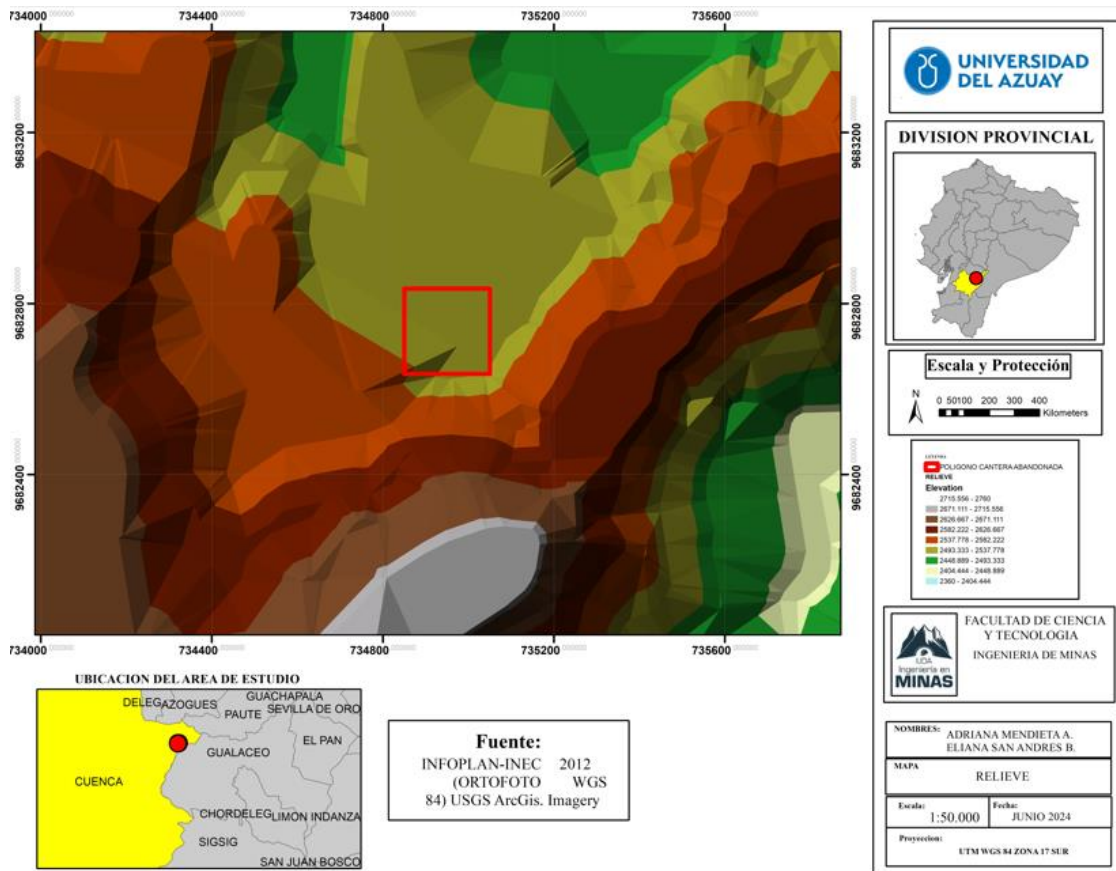
encuentran estratificadamente en las formaciones Biblián y Azogues. (GAD Parroquial Llacao,2023)

### 1.5.7 Formación Azogues

La formación Azogues está constituida por areniscas porosas y permeables, se le considera una zona de recarga de acuíferos profundos que se encuentra afectada por deformaciones post sedimentarias. Por la existencia de arcillolitas y lutitas se considera poco probable la presencia de deslizamientos de gran magnitud. (GAD Parroquial Llacao,2023)

### 1.5.8 Relieve

Figura. 5. Mapa de Relieve



Fuente: Elaboración Propia

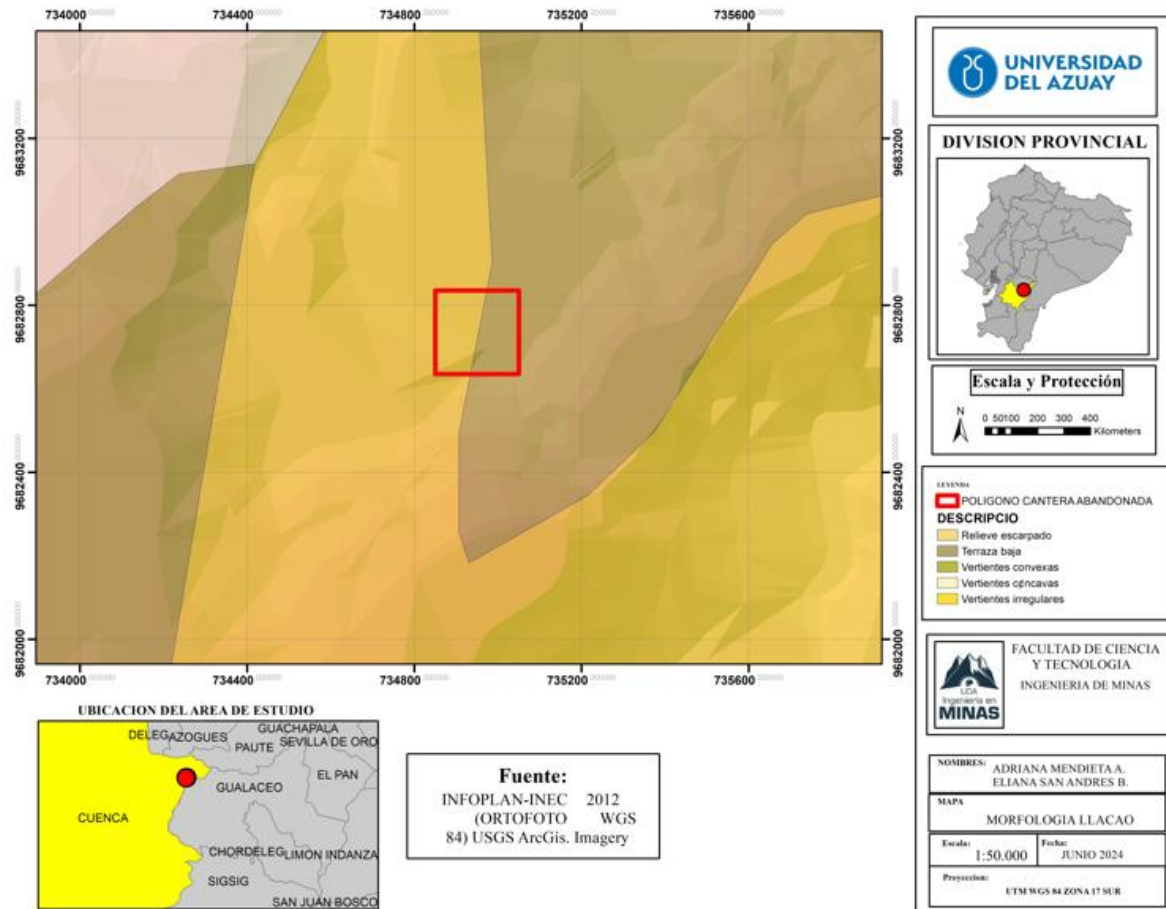
Figura. 6. Leyenda Mapa de Relieve



**Fuente:** Elaboración Propia

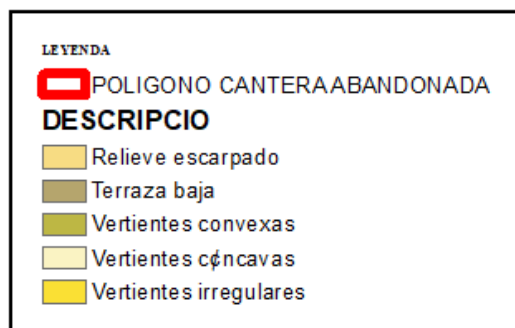
## 1.6 Morfología

Figura. 7. Mapa de Morfología



Fuente: Elaboración Propia

Figura. 8. Leyenda Mapa de Morfología



Fuente: Elaboración Propia

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Explotación**

Comprende el conjunto de actividades para el aprovechamiento, producción de materiales áridos y pétreos extraídos de los lechos de los ríos, lagos, lagunas y canteras, entre estos, los estudios técnicos, operaciones, trabajos y labores mineras, destinados a la preparación y desarrollo de la cantera, a la extracción, transporte de los materiales áridos y pétreos para su procesamiento y la obligatoria restauración ambiental. (MUNICIPALIDAD DE CUENCA, 2016)

Según la cartilla informativa del Banco Central del Ecuador (2015) señala que “la fase de explotación en minería, está compuesta por operaciones, trabajos y labores mineras las cuales son destinadas a la preparación y desarrollo del yacimiento y a la extracción y transporte de los minerales. En las actividades principales se encuentran: la apertura o mejora de vías, instalación de campamentos y equipos de producción, extracción, triturado, transporte, molienda y concentración; construcción y operación de escombreras y depósitos de relaves, transporte de concentrado a puerto marítimo y cierre de mina.” (p.2).

#### **2.2 Cantera**

Una cantera es una explotación minera, generalmente a cielo abierto, en la que se obtienen rocas industriales o áridos. Las canteras suelen ser explotaciones de pequeño tamaño, aunque el conjunto de ellas representa, probablemente, el mayor volumen de la minería mundial. (Mena, 2017). Existen varios tipos de métodos y sistemas de explotación de canteras, entre ellos tenemos:



*Figura. 9. Cantera de lastre*



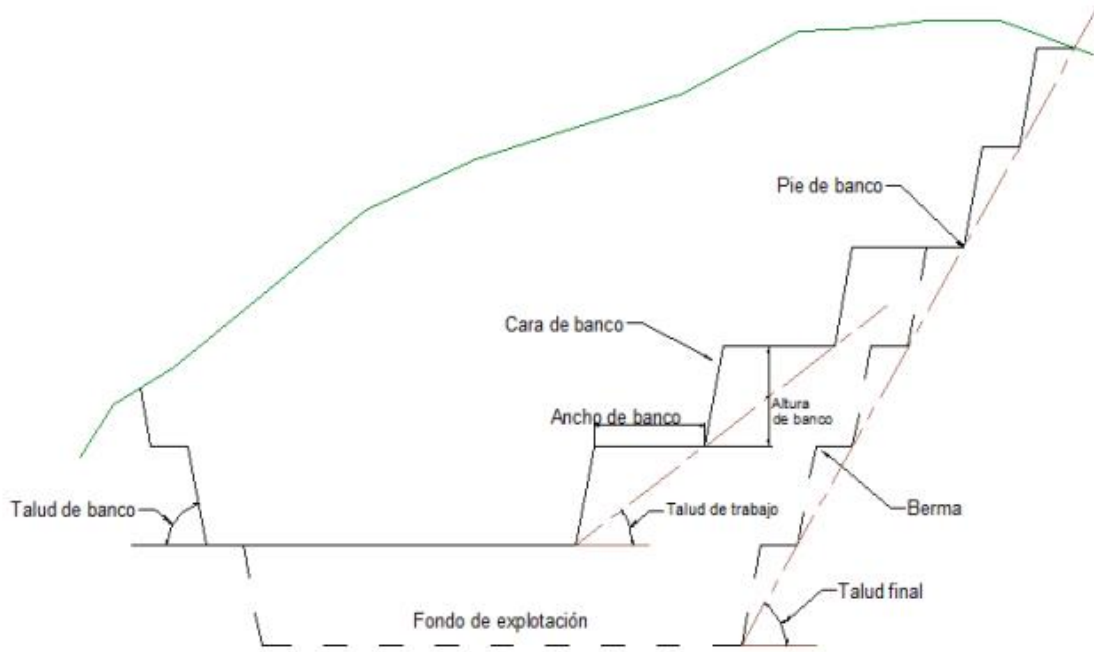
**Fuente:** (Municipio de Loja, 2024).

- Las canteras en terrenos horizontales: Para estas canteras las labores inician en la trinchera, hasta lograr la profundidad deseada del primer nivel, esta actividad continua va a permitir el ensanchamiento del orificio.
- Canteras en laderas: esta depende de la dirección que tomen los trabajos de excavación, tomando varias alternativas de ejecución.
- Super canteras: presentan inversiones grandes de capital, pero su ventaja es la rentabilidad que genera. Se realiza para yacimientos de gran superficie y que tengan una menor calidad ambiental.

El procedimiento para la ejecución de la explotación de canteras está determinado por los criterios de diseño de explotación en los cuales se prioriza la productividad, la rentabilidad económica y las máximas condiciones de seguridad. Así también se tienen en cuenta los parámetros geométricos que conforman el diseño de la cantera, los cuales corresponden a:

- Banco: escalón comprendido entre dos niveles que constituyen el bloque que se explota de mineral y/o estéril, es el objeto de excavación desde un punto hasta una posición final preestablecida. (Ulloa; Espinoza, 2024)
- Talud: es una masa de tierra que se denomina como ladera cuando se da por origen natural y talud cuando se da por origen artificial. Esta masa de tierra se caracteriza por tener una inclinación y variación de alturas.
- Altura del talud: Es la distancia medida de manera vertical, que se toma desde el pie del talud hasta la cabeza o parte superior del talud.
- Ancho de la berma: el ancho del banco o berma es el piso posicionado de forma horizontal, la cual sirve para retener el material que puede caer de niveles superiores.
- Ángulo del talud: es el ángulo que se forma a partir de la berma con respecto al banco.

*Figura. 10. Elementos de una cantera*



**Fuente:** (Herrera J. 2007).

Estos sistemas de explotación minera tienen un tiempo de vida útil, el cual una vez agotado y abandona la actividad puede originar problemas de carácter ambiental, uno de los impactos principales está relacionado con la destrucción del medio paisajístico.

### **2.3 Banqueo descendente**

En minería existe distintos métodos de explotación uno de ellos es la explotación a cielo abierto, del cual se deriva un sub método (canteras) en donde la extracción del material se puede dar mediante una explotación por banqueo descendente, este consiste en

conformar bancos y taludes empezando desde la parte superior y descendiendo de forma continua.

*Figura. 11. Banqueo descendente*



*Fuente:* Elaboración Propia

## 2.4 Áridos y pétreos

### 2.4.1 Áridos

Los materiales áridos son el producto del desgaste y deterioro de las rocas, su principal característica es la estabilidad química, resistencia y tamaño.

Juan Herrera (2006). Señala que “estos materiales toman gran importancia al contribuir en la calidad de vida y el desarrollo socioeconómico de cada país, gracias a la variedad de usos a los cuales están destinados, sin embargo, menciona que, para que estos

materiales se los considere como áridos de construcción deben cumplir a las siguientes características”:

- Deben ser minerales de origen natural o artificial
- Sólidos e inertes
- Que tengan granulometría y forma adecuada
- Que puedan ser mezclados con aglomerantes o ligantes bituminosos para la creación de subproductos

Clasificación de los áridos según su origen y naturaleza.

- Áridos naturales
- Áridos artificiales
- Áridos reciclados
- Áridos ligeros
- Asimilados a áridos

Clasificación según su tamaño

*Tabla 3. Clasificación de Áridos según su tamaño*

<b>Nombre</b>	<b>Tamaño en mm</b>
Escollera	> 200
Cantos gruesos	100 - 200
Cantos medios	20 - 100
Grava	2 - 20
Arena	0,02 - 2
Limo	0,002 - 0,02
Arcilla	< 0,002

**Fuente:** (Herrera J. 2006).

*Figura. 12. Áridos*



*Fuente:* (Hormiglas, 2024).

#### **2.4.2 Pétreos**

Los materiales pétreos son el producto de macizos rocosos, especialmente magmáticos y su principal característica es que son resistentes a agentes atmosféricos.

#### **2.5 Lastres**

Dentro de los materiales de construcción, también se emplea el término “lastre” para designar a aquellos materiales resquebrajados o lastras que se encuentran meteorizados en superficie, siendo los mismos, una combinación de materiales granulares constituidos por grava y arena de mala calidad para hormigones y asfaltos. (Almeida, 2018)

Este tipo de material, por la combinación de sus materiales de diferente granulometría es usado para el lastrado de vías debido al reacomodamiento que adoptan las



partículas al momento de conformar la vía. Este también es usado como material de relleno en obra civil.

## 2.6 Topografía

La Topografía es la ciencia que con el uso de la tecnología fija las posiciones referentes de puntos situados por encima de la superficie de la Tierra, sobre dicha superficie y debajo de ella. Se considera una ciencia que abarca varios métodos para medir y recopilar información física de la tierra. (Wolf & Ghilani, 2016).

*Figura. 13. Topografía*



**Fuente:** (Guzmarcr, 2013-2024).

## 2.7 Estabilidad de taludes

Es una práctica de la ingeniería geotécnica, con el objeto de analizar y modelar matemáticamente las condiciones de estabilidad de los taludes naturales y la seguridad y funcionalidad del diseño en los taludes artificiales (Suarez, 2009).

Los elementos claves a considerar para el análisis de estabilidad de taludes son:

- Factor de seguridad: es la razón entre la resistencia al corte existente y la resistencia a la corte mínima del terreno que es indispensable para mantener el talud en equilibrio. (Bishop, 1955).
- Criterio de aceptabilidad: son el rango al que se puede someter una falla (bajas, moderadas y altas), teniendo un factor mínimo y una probabilidad de falla para cada uno.

*Tabla 4. Criterio de Aceptación; Estabilidad de Taludes*

CRITERIO DE ACEPTACIÓN		
Consecuencia de la falla	Factor de seguridad mínimo	Probabilidad de falla
Bajas	1,2-1,3	15-20%
Moderadas	1,3	10%
Altas	1,3-1,5	5%

*Fuente:* (Bishop, 1955).

- Rotura o fallamiento: Son roturas que se generan en el talud las cuales como consecuencia producen deslizamiento.
- Superficie de falla: Es la superficie en donde se pueden generar posibles fallas o roturas.



## **2.8 Cierre de mina**

Consiste en el término de las actividades mineras y el consiguiente desmantelamiento de las instalaciones utilizadas en cualquiera de las fases mineras: prospección, exploración, explotación, cierre y abandono de mina, incluyendo la reparación ambiental de acuerdo con el plan de cierre debidamente aprobado por la autoridad ambiental competente.

Cierre parcial (depende del interés del mineral)

Cierre total (cierre de todas las operaciones). (Salazar, 2020)

## **2.9 Criterios a tomar en consideración para el cierre de cantera**

La inclusión de criterios para el cierre dentro de una mina aporta minimizando o evitando impactos ambientales, físicos, sociales y económicos que presenten un riesgo a largo plazo, y dejando como resultado un terreno más estable, apto para ser usado posteriormente. Los criterios principales a tener en consideración hacen referencia a los aspectos social, económico y ambiental.

- Social. - Los proyectos deben tener un estudio sobre el impacto que van a producir con su desarrollo sobre los grupos humanos y de igual forma sobre el componente cultural o patrimonial, no solo en cuanto se realiza la actividad, sino también cuando se da fin a la misma.
- Económico. - El aspecto económico en el cierre de una mina predispone los gastos difundidos por el desmantelamiento, cierre de faenas y la recuperación del área.

- Ambiental. - Se estudia el impacto que tiene el proyecto sobre la calidad del agua, tierra y aire y las medidas que se deberán poner en práctica con el fin de minimizar la afección que se produce en todas las etapas de la actividad minera.

## 2.10 Software para modelamiento

### 2.10.1 Arcgis

El software ArcGIS es un sistema que permite recopilar, administrar y almacenar información geográfica, incluye herramientas profesionales, plantillas de aplicación y mapas base. Los mapas que se crean con ArcGIS muestran información que sirve para analizar, planificar y administrar datos siendo una herramienta que comprende patrones para realizar modelamientos en situaciones específicas. (ESRI, 2024)

*Figura. 14. Software ArcGis*



*Fuente:* (esri,2024).

### 2.10.2. Agisoft

Agisoft Meta Shape es un software fotogramétrico que genera **dense** cloud de puntos de forma automática, modelos poligonales con textura y permite generar ortomosaicos y ortofotos georeferenciadas en alta resolución (DSM/DTM). (ACRE Surveying solutions,2024)

*Figura. 15. Agisoft*



*Fuente:* (Metashape,2024).

### **2.10.3 Pix4d capture**

Es una herramienta profesional de mapeo de drones, esta aplicación trabaja conjuntamente con la aplicación del dron (Phantom 4 pro), sirve para la planificación de vuelos dando como resultado cartografía en 3D basados en la nube.

*Figura. 16. Pix4D Capture Pro*



*Fuente:* (Pix4D SA ,2024).

### **2.10.4. AutoCAD**

El software AutoCAD permite crear y manipular modelos geométricos complejos, generar dibujos detallados, realizar diseños bidimensionales y tridimensionales, crear superficies y objetos de malla permitiendo visualizar la creación desde todos los ángulos, el objetivo principal es optimizar el trabajo manual. (AUTODESK, 2024)

*Figura. 17. AutoCAD*

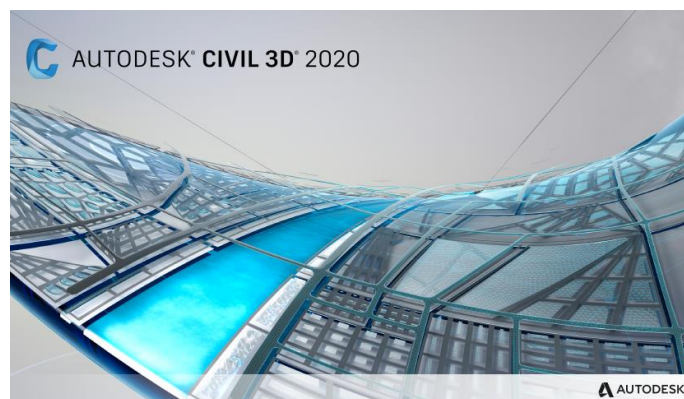


*Fuente:* (AUTODESK ,2024).

### **2.10.5. CivilCAD**

Es un software diseñado como complemento de AutoCAD y de otros softwares de diseño, enfocado en agilizar las labores, entre sus principales funciones se encuentra la creación de curvas de nivel, perfiles, secciones y cuadros de construcción, entre otros. (MP Software técnico S.L)

*Figura. 18. Civil 3D*



*Fuente:* (AUTODESK ,2024).

### **2.11 Remediación**

Es el conjunto de actividades y técnicas que se dedican a la reducción de los niveles de contaminación, donde es indispensable considerar las características de los

contaminantes en el área de estudio. Para elegir una técnica adecuada existen varios lineamientos básicos y alternativas que deben cumplir con ciertos requisitos. (Volke & Velasco, 2002).

## **2.12 Técnicas de remediación**

Las tecnologías de remediación se dividen según el lugar donde se aplica el proceso y el tipo de tratamiento utilizado; en cada tecnología existen técnicas cuyo objetivo es reducir o mitigar los contaminantes que se encuentran presentes en el medio; para la elección de estas se debe considerar las características del mismo y del contaminante, a su vez es importante analizar la rentabilidad en base al tiempo de ejecución y operación. (Candia, 2013).

Entre estas técnicas se encuentra la fitorremediación que es un tratamiento biológico realizado de forma in situ o ex situ, el cual refiere al uso de plantas nativas de la zona u organismos exógenos, para la remoción, estabilización o decadencia de contaminantes orgánicos e inorgánicos que están presentes en el suelo o lodos; este tipo de tratamiento puede ser realizado de forma aerobia y anaerobia (Candia,2013).

Una técnica diferente al uso de plantas, pero de igual eficiencia para la rehabilitación del suelo es la nivelación del terreno para posteriormente usar el mismo como zona recreativa a disposición de la comunidad.

Además de considerar las propiedades del suelo y la de los contaminantes, y para facilitar la selección preliminar de las tecnologías que podrían emplearse para tratar un sitio en particular, es indispensable obtener una descripción detallada en los siguientes aspectos. (Volke & Velasco, 2002)

- Ubicación geográfica y uso del suelo afectado
- Tipo de instalación que dio origen a la contaminación
- Formas de acceso al sitio, ubicación de poblaciones y cuerpos de agua
- Tipo de vegetación, clima y topografía del sitio

### **2.13 Alternativas de cierre**

Son propuestas que serán valoradas con respecto a las características de la superficie, cuyo objetivo será identificar las oportunidades y potenciales beneficiosos para el desarrollo local y el bienestar de las comunidades aledañas y de los ecosistemas circundantes.

Emplear estas alternativas implica:

- Cierre técnico
- Revegetación
- Construcción de áreas recreativas

## CAPÍTULO 3

### PROPUESTAS DE CIERRE

#### 3.1 Estado actual de la cantera

Dentro del sector San Juanpamba se encuentra la cantera, la cual, según información recopilada por moradores del sector, consideramos estaría abandonado desde hace 10 años, dentro de este tiempo no se aplicó un cierre y remediación de minas que cumpla con la normativa regente por lo que en la actualidad el terreno se encuentra en estado de erosión e inestabilidad evidenciando los vestigios de una antigua cantera. Dentro del área de afección se visualiza el funcionamiento fábrica de bloques.

*Figura. 19. Estado Actual*



*Fuente:* Elaboración propia

### 3.1.1 Topografía

Los datos para realizar el levantamiento topográfico fueron obtenidos mediante un vuelo realizado con dron, el cual dio como resultado la ortofoto del terreno de 4 hectáreas, en donde se generaron curvas de nivel las cuales indican la topografía actual desde donde se partirá para realizar la evaluación y remediación del área.

En (plano 1) se muestra la topografía total del área. Dentro (plano 2) se muestra a detalle la topografía del área minera.

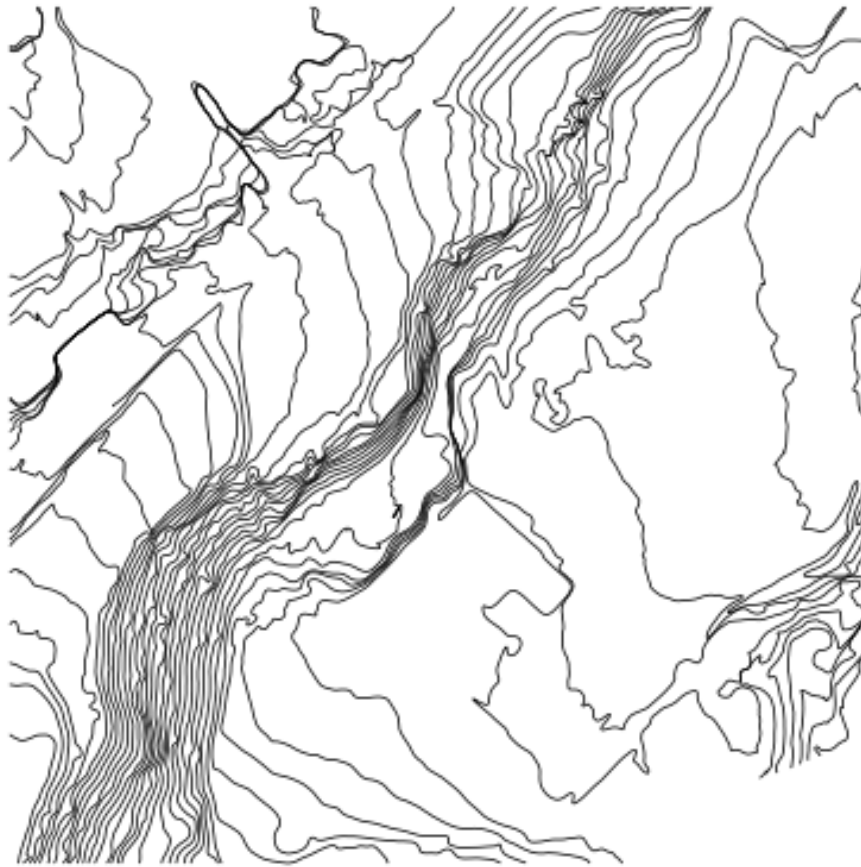
*Figura. 20. Topografía Actual (Total)*



**Fuente:** Elaboración propia

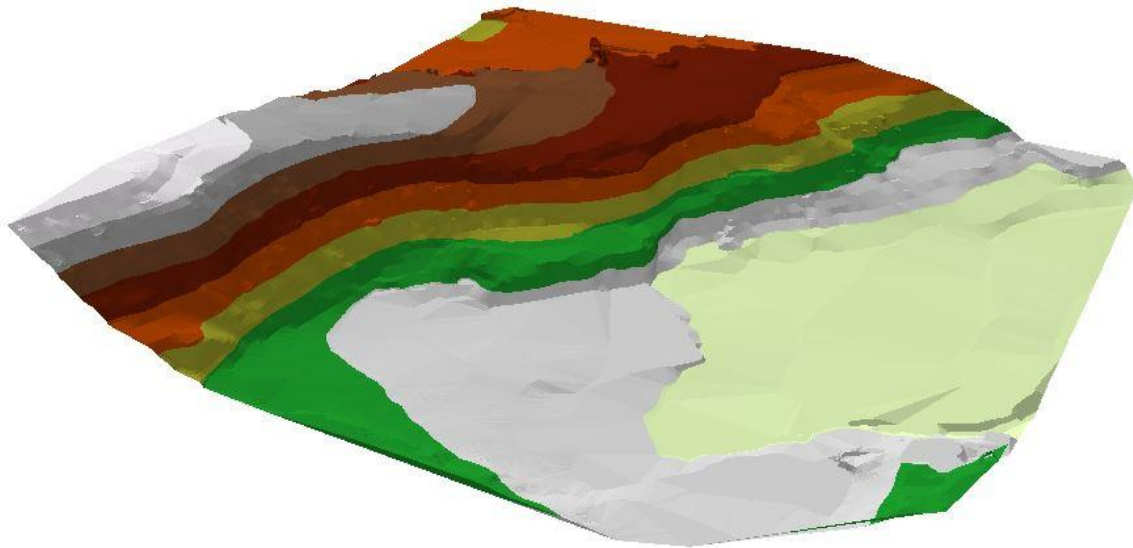


*Figura. 21. Topografía Actual (Zona Intervenida)*



**Fuente:** Elaboración propia

*Figura. 22. Modelo Topográfico 3D*



*Fuente:* Elaboración propia

## **3.2 Variables a tomar en cuenta**

### **3.2.1 Resistencia a la compresión simple (RCS)**

La resistencia a la compresión simple o también conocida como la resistencia a la compresión uniaxial de la roca se define como la capacidad que tienen las rocas para soportar una carga asignada de manera técnica; es una variable que permite clasificar al macizo rocoso y determinar la estabilidad de los sistemas mineros. (Feijoo,2020).

Para el cálculo de esta variable se empleó una muestra de la lutita obtenida de la cantera y la prensa hidráulica del laboratorio de la Universidad, dando como resultado un RCS de 44.6 MPa. Ver anexo 6

### 3.2.2 Ángulo de trabajo y receso

Esta variable hace referencia al ángulo que deben presentar los taludes tanto de trabajo como de receso para que presenten mayor estabilidad y seguridad, para ello se utilizó la siguiente tabla. Dando un ángulo de talud del banco de 60°.

Tabla 5. Características del macizo rocoso

GRUPO DE ROCAS	CARACTERÍSTICAS DEL MACIZO ROCOSO	ALTURA DE UN BANCO EN TRABAJO (m)	ÁNGULO DE TALUD DE LOS BANCOS (°)		
			EN TRABAJO	EN RECESO	
				PARA UN BANCO	PARA 2-3 UNIDADES
Rocas Peñascosas. $\sigma_{comp} = 8 \times 10^7 \text{ Pa}$ $f > 8$	Rocas altamente resistentes, sedimentarias, metamórficas y efusivas.	15 -20	HASTA 90°	70 -75°	65-70°
	Rocas resistentes poco fracturadas y débilmente meteorizadas, sedimentarias, metamórficas y efusivas.	15 -20	HASTA 80°	60 -75°	55-60°
	Rocas resistentes fracturadas y débilmente meteorizadas, sedimentarias, metamórficas y efusivas.	15 -20	HASTA 75°	55 -60°	50-55°
Rocas poco resistentes peñascosas y semipeñascosas	$f > 8$ Rocas sedimentarias, metamórficas y efusivas de la zona meteorizada, calizas relativamente estables en los taludes, areniscas, alebrolitas y otras rocas sedimentarias con cemento silíceo. Conglomerados, gneis, porfiritas, granitos y tobas.	10 - 15	70 -75°	50 -55°	45 -50°
	$1 > f > 8$ Rocas sedimentarias, metamórficas y efusivas altamente meteorizadas todas las rocas intensamente meteorizadas en los taludes (argilitas, alebrolitas y esquistos)	10 - 15	60 -70°	35 -45°	35 -40°
Rocas suaves y granuladas (pulverulentas) $f < 1$	Rocas arcillosas, así como también todas las rocas totalmente desintegradas (descompuestas)	10 - 15	50 -60°	40 -45°	35 -40°
	Rocas arcillo arenosas	10 - 15	40 -50°	35 -45°	30 -40°
	Rocas gravo - arenosas	10 - 15	hasta 40°	30 -40°	25 -35°

Fuente: (Yepes Piqueras,2020)

### 3.3.3 Factor de seguridad (FS)

El factor de seguridad concierne a la razón entre la resistencia del material y las fuerzas actuantes sobre el mismo. Por tanto, si el FS es mayor que 1.0 se considera que se tiene una condición estable, si el FS es igual a 1.0 se contempla un estado de equilibrio límite o falla incipiente, por el contrario, si el FS es menor que 1.0 ya se presenta una inestabilidad y riesgo. (Quispe,2017)

En este caso el factor de seguridad es 1.45 por ende se lo considera estable, este valor se determinó en base a la siguiente ecuación.

$$\eta = \sqrt[N]{\frac{T + b}{a}}$$

En donde:

- n: Coeficiente de estabilidad del talud del bando
- N: índice de dependencia de la roca y grado de meteorización
- T: Tiempo de existencia de borde de la cantera
- a,b: coeficientes de dependencia de la calidad de la roca.

Los valores a,b y N los obtenemos a partir de la tabla (6) en donde los datos están basados en la caracterización del macizo y de los ángulos de trabajo.

Tabla 6. Características de la roca según el grado de talud de borde

Características de la Roca	Ángulo de talud del borde, grado								
	10°-30°			30°-60°			>60°		
	a	B	N	A	B	N	a	b	N
Homogéneas, frágiles sin debilitamiento	1.2	0.9	6	1.17	0.92	5.2	1.15	0.95	4.8
Continuas poco fracturadas con cohesión, poco frágil	1.15	0.88	5.5	1.08	0.87	4.8	1.1	0.86	4.2
Continuas fracturadas con ligazón estructural, frágil moderada	1.05	0.8	5.5	1.03	0.82	4.6	1.05	0.8	4.2
Heterogéneas de estructura blocosa con distribución muy irregular de las tensiones en el macizo	1.05	0.8	4.5	1.02	0.75	4.3	1	0.7	4

Fuente: (Sosa,1980)

Datos:

$$\eta = \sqrt[4.6]{\frac{5 + 0.82}{1.03}}$$

$$\eta = 1.45$$

El factor de seguridad resultante fue de 1.45

### 3.3.4 Profundidad de la cantera

Esta variable hace referencia a la distancia existente entre la cota superior o máxima y la cota inferior o más baja, estos valores se toman en consideración a la topografía y la geotecnia de la misma. La profundidad de la mina se calcula en base a la siguiente ecuación. Donde la cota superior es de 2504 y la cota inferior 2488.

Datos:

$$Hc = Cota\ superior - Cota\ Inferior$$

$$Hc = 2504 - 2488$$

$$Hc = 16\ m$$

La profundidad de la cantera fue de 16 m.

### 3.3.5 Altura de banco

Esta hace alusión a la distancia que existe entre las bermas del banco. El valor se establece a partir de las dimensiones de la maquinaria escogida y de las características del macizo rocoso, en este caso la altura será de 6m.

#### 3.3.5.1 Especificaciones de la maquinaria

Consiste en una máquina autopropulsada, sobre orugas, con una estructura capaz de girar al menos 360° (en un sentido y en otro, y de forma ininterrumpida) que excava, o carga, eleva, gira y descarga materiales por la acción de la cuchara, fijada a un conjunto formada por pluma y brazo o balancín, sin que la estructura portante o chasis se desplace, (Maquqam, 2016).

A continuación, se pueden detallar en las siguientes figuras las características de la excavadora:

*Tabla 7. Especificaciones Excavadora Caterpillar 320C*

Excavadora		
<b>Marca</b>	Caterpillar	
<b>Modelo</b>	320C	
<b>Capacidad de cucharón</b>	1 m <sup>3</sup>	
<b>Tipo de Combustible</b>	Diésel	

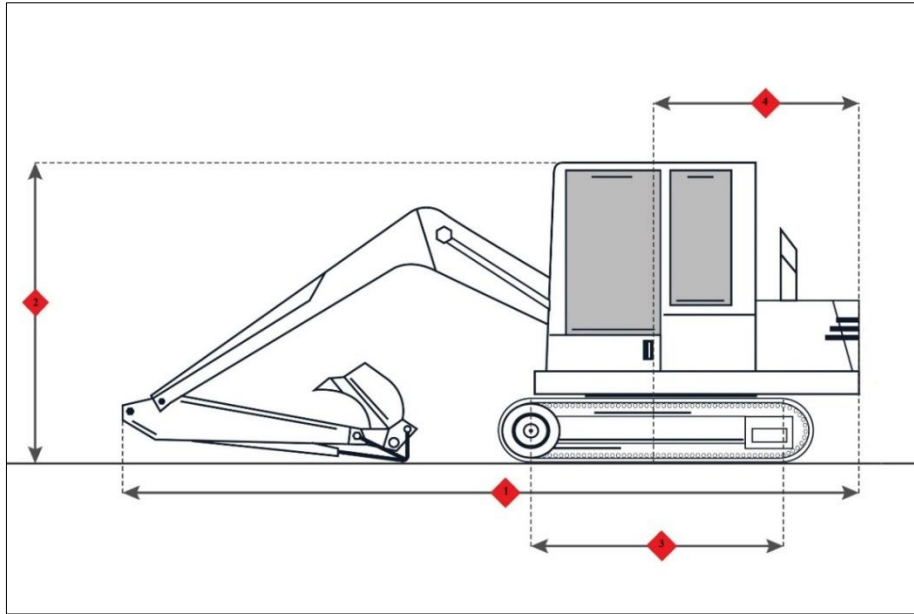
*Fuente:* (Maquqam)2016.

*Tabla 8. Especificaciones Excavadora Caterpillar 320C (Tren de Rodaje y Motor)*

Tren de rodaje		Motor	
<b>Tamaño de zapata</b>	60 mm	Fabricante	Caterpillar
<b>Velocidad máxima de transporte</b>	5.5 Km/h	Modelo	ATAAC motor 2066
<b>Fuerza de tracción del gancho</b>	196KN	Potencial total	102.9 Kw
<b>Ancho de vía</b>	2200 mm		

*Fuente:* (Maquqam)2016.

Figura. 23. Vista Lateral Excavadora Caterpillar 320C



Fuente: (Maquqam)2016.

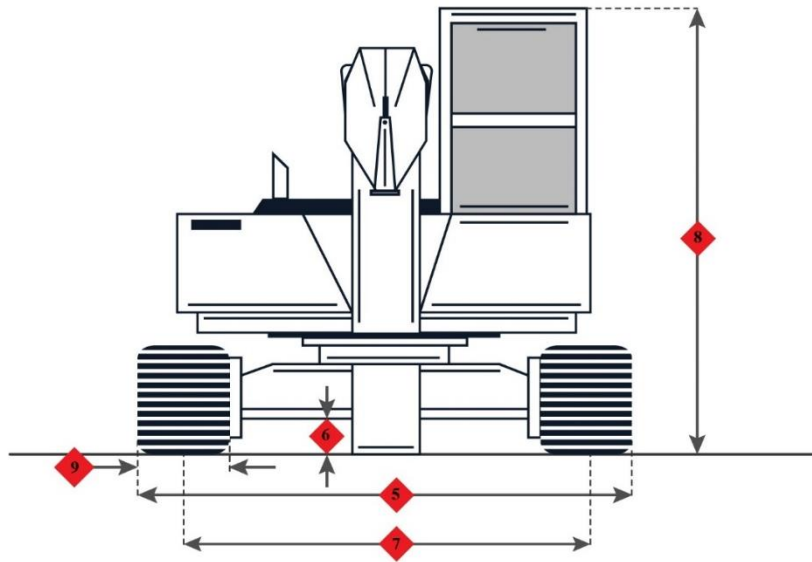
Tabla 9. Características Excavadora Caterpillar 320C

Características		
1	Longitud para el transporte	9710 mm
2	Altura para el transporte	3011 mm
3	Longitud de la cadena de oruga a nivel del suelo	3260 mm
4	Radio de giro de la parte trasera de la plataforma	2770 mm

Fuente: (Maquqam)2016.



Figura. 24. Vista Frontal Excavadora Caterpillar 320C



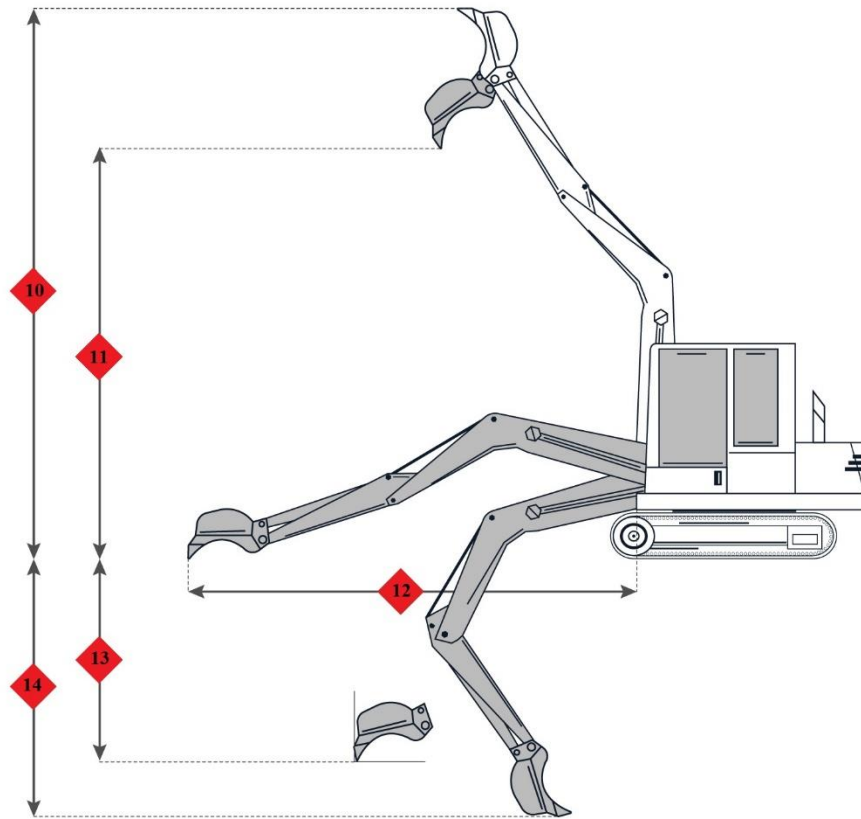
Fuente: (Maquqam)2016.

Tabla 10. Características Excavadora Caterpillar 320C

Características		
5	Ancho hasta el lado exterior de la cadena de oruga	2800 mm
6	Despeje sobre suelo	460 mm
7	Ancho de vía	2200 mm
8	Altura hasta la parte superior de la cabina	2950 mm
9	Tamaño de la zapatera	600 mm

Fuente: (Maquqam)2016.

Figura. 25. Vista Lateral y brazo Excavadora Caterpillar 320C



Fuente: (Maquqam)2016.

Tabla 11. Características Excavadora Caterpillar 320C

Características		
<b>10</b>	Altura máxima de corte	2800 mm
<b>11</b>	Altura máxima de carga	460 mm
<b>12</b>	Alcance máximo a lo largo del nivel del suelo	2200 mm
<b>13</b>	Profundidad máxima de excavación de una pared vertical	2950 mm
<b>14</b>	Profundidad máxima de excavación	600 mm

Fuente: (Maquqam)2016.

### 3.3.6 Número de Bancos

El número de bancos se calcula a partir de la siguiente ecuación, en donde influye la altura del banco ( $H_b$ ) y la profundidad de la cantera ( $P_f$ ).

$$Nb = \frac{P_f}{H_b}$$

$$Nb = \frac{16}{6}$$

$$Nb = 2.66$$

$$Nb = 3 \text{ Bancos}$$

El número de bancos que se hicieron fueron 3 bancos.

### 3.3.7 Berma de seguridad (BS)

La berma de seguridad es la superficie horizontal que hay entre el filo de la cresta del talud y la vía. El cálculo y diseño de esta variable se realiza bajo la probabilidad existente de vibraciones que se producen por la maquinaria, lo cual puede derivar al colapso o deslizamiento del macizo rocoso.

El ancho de la berma está ligado a la altura del banco ( $H_b$ ) y se calcula con la siguiente ecuación.

$$B = 0.2H_b + 4.5$$

$$B = 0.2(6) + 4.5$$

$$B = 5.7 \text{ m}$$

El ancho de la berma de seguridad es de 5.7m

### 3.3.8 Ancho de la vía

El ancho de la vía depende del ancho de la maquinaria de mayor dimensión, que se emplea.

$$T = a * (0.5 + 1.5 * n)$$

$$T = 2.8 \text{ m} * (0.5 + 1.5 * 1)$$

$$T = 5.6 \text{ m}$$

En este caso al ser el ancho de la vía menor que el de la berma de seguridad y teniendo en cuenta las características geotécnicas, además de la seguridad, se recomienda trabajar con un ancho de 7 m.

### 3.3.9 Espacio de maniobras para la excavadora

Este valor se obtiene a partir de la siguiente ecuación, teniendo en cuenta la dimensión de la excavadora.

$$C = 1.5 * Ae$$

$$C = 1.5 * 2.8 \text{ m}$$

$$C = 4.2 \text{ m}$$

El espacio requerido para la maniobra fue de 4.2 m

### 3.3.10 Ancho del prisma de deslizamiento

Donde Hb (altura del banco);  $\emptyset$  (ángulo de talud de bancos)

$$Pd = \frac{Hb}{\text{Tan}\emptyset}$$

$$Pd = \frac{6}{\text{Tan}(60^\circ)}$$

$$Pd = 3.46 \text{ m}$$

### 3.3.11 Ancho de la plataforma de trabajo

El ancho de la plataforma de trabajo debe posibilitar la buena manipulación de la maquinaria, el cálculo se da de la siguiente manera:

$$B_{pt} = A + C + T + B + Pd$$

$$B_{pt} = 3 + 4.2 + 7 + 5.7 + 3.46$$

$$B_{pt} = 23.36 \sim 24 \text{ m}$$

### 3.3.12 Ángulo de liquidación

El ángulo de liquidación se calcula con la siguiente fórmula.

Donde:

$\Phi$ : ángulo de trabajo

$K_s = 1.1 - 1.2$

$K_s \text{ (final)} = 1.7 - 2$

$$\alpha_f = \frac{\Phi}{K_s}$$

$$\alpha_f = \frac{60}{1.7}$$

$$\alpha_f = 35.29^\circ$$

El ángulo de liquidación resultante fue de  $35.29^\circ$

### 3.3.13 Ancho de las bermas de liquidación

$$Bl = \frac{1}{3} * (Hb)$$

$$Bl = \frac{1}{3} * (6)$$

$$Bl = 2 \text{ m}$$

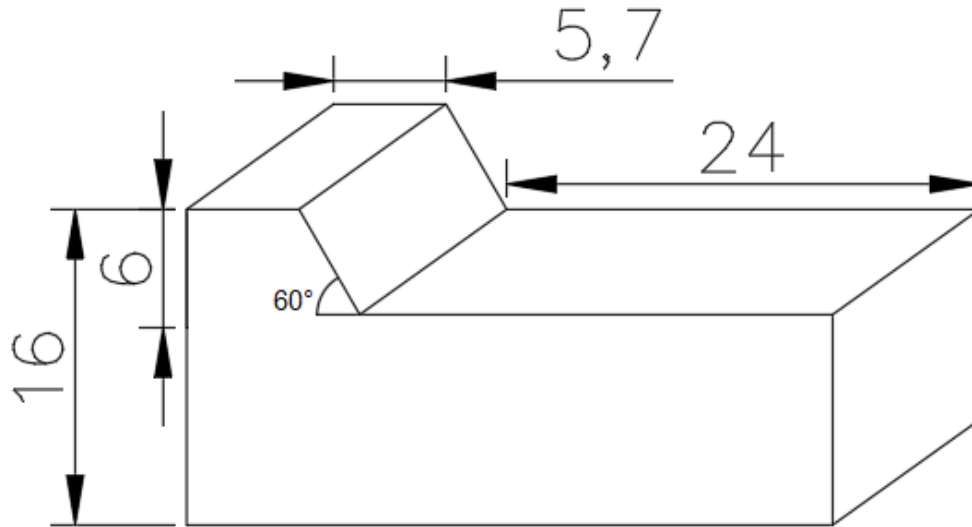
Para el ancho de las bermas de liquidación se obtuvo un resultado de 2m.

Tabla 12. Parámetros para el diseño de cierre de cantera

<b>RESULTADOS DE LOS PARAMETROS PARA EL DISEÑO DEL CIERRE DE LA CANTERA</b>		
Estabilidad de taludes	$\eta$	1,45
Profundidad de la cantera	Hc	16 m
Ángulo de talud de los bancos	$\phi$	60°
Altura del banco	Hb	6 m
Número de bancos	Nb	3
Berma de seguridad	B	5,7 m
Ancho de vía	T	7 m
Espacio de maniobras para la excavadora	C	4,2
Ancho del prisma de deslizamiento	Pd	3,46 m
Ancho de la plataforma de trabajo	BPT	24 m
Ángulo del talud del borde de la cantera	$\theta_b$	12 °
Ángulo de liquidación	$\alpha_f$	35,29 °
Ancho bermas liquidación	Bl	2 m

*Fuente:* Elaboración propia.

Figura. 26. Medidas del Talud



*Fuente:* Elaboración Propia

### 3.4 Alternativas de cierre previas al diseño óptimo

Después de haber realizado todos los cálculos correspondientes se procedió a tomar en cuenta dos alternativas que podrían ser viables.

#### 3.4.1 Alternativa #1

Para la alternativa # 1, se realizó cálculos mediante datos obtenidos basados en el estudio de las lutitas, los mismos que fueron escogidos por medio de interpolación.

Para el cálculo del peso específico de la roca se tomó en cuenta la siguiente formula:

$$\text{Peso específico de la roca} = \frac{\text{Peso de la muestra}}{\text{Volumen de la muestra}}$$

$$\text{Peso específico de la roca} = \frac{310N}{14.1m^3}$$

$$\text{Peso específico de la roca} = 22 \text{ N/m}^3$$

Las propiedades físicas mecánicas de la roca de la concesión son las siguientes:

Tabla 13. Propiedades físico mecánicas de la roca

*PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LA ROCA*

<i>Peso Específico (<math>\gamma</math>)</i>	22N/m <sup>3</sup>
<i>Resistencia a la compresión uniaxial (RCU)</i>	35 MPa
<i>Cohesión (C)</i>	28 MPa
<i>Angulo de Fricción Interna (<math>\phi</math>)</i>	27°
<i>Angulo de potencial de ruptura</i>	47°

**Fuente:** Elaboración Propia

Con las propiedades mecánicas de la roca, los datos fueron reemplazados en la siguiente formula, para calcular la función del ángulo del talud, donde se consideró condiciones climáticas malas, haciendo que el nivel freático sea alto.

$$X = 2 * \sqrt{(I - \beta) * [(\beta - \phi) * (1 - 0.5) * \left(\frac{Hw}{H}\right)^2]}$$

Dónde:

X: Función ángulo del talud

$\phi$  : ángulo de fricción interna

I: ángulo de inclinación del talud

w : altura del nivel freático

$\beta$  : ángulo de potencial rotura

H : altura del talud



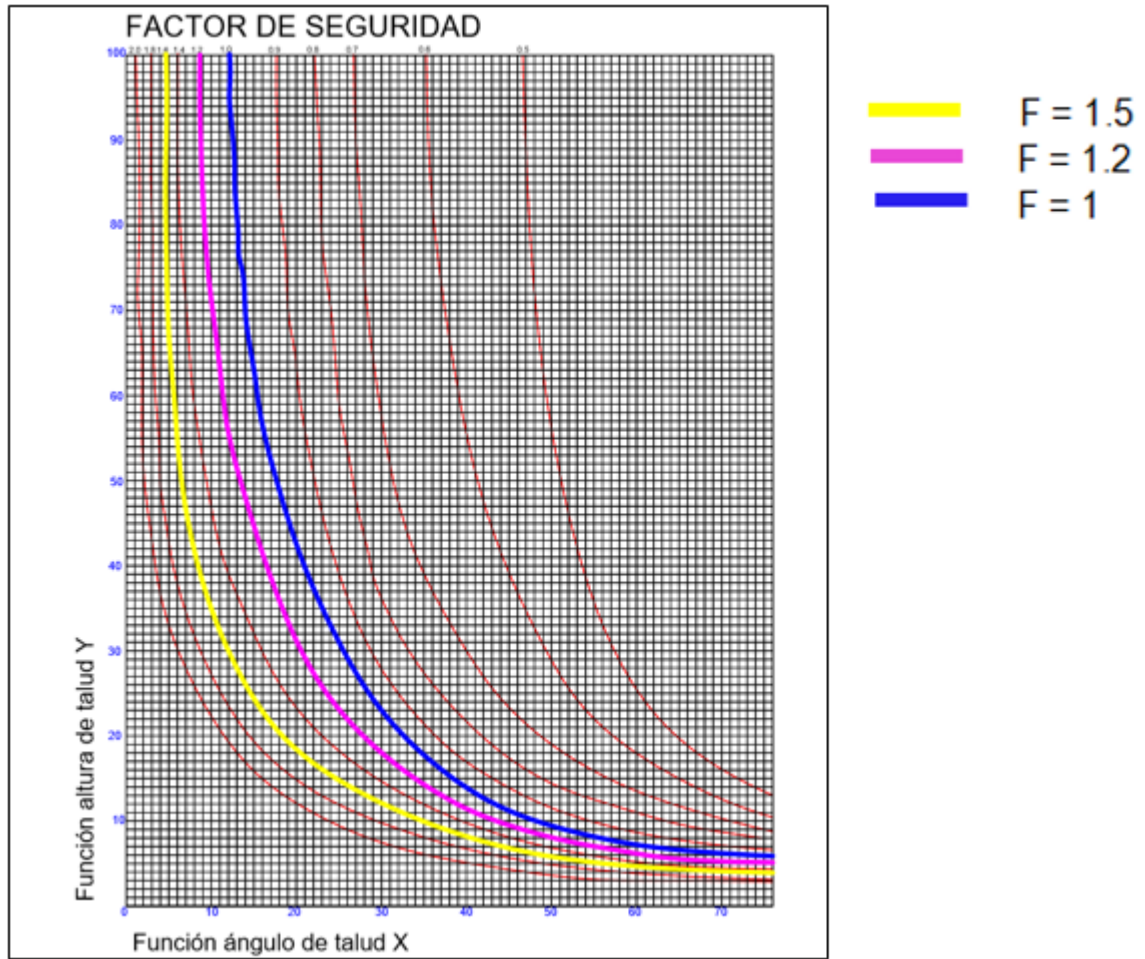
Los parámetros que se analizarán estarán en función de un talud con una altura de 6 metros de alto con un ángulo de  $50^{\circ}$ .

$$X = 2 * \sqrt{(50 - 47) * [(47 - 27) * (1 - 0.5) * \left(\frac{4}{6}\right)^2]}$$

$$X = 15.39$$

Función del ángulo del talud = 15.39

Figura. 27. Abaco Factor de Seguridad



Fuente: (Universidad de Madrid) 2007

Por medio del ábaco, con un factor de seguridad de 1.5 y con el valor de x de 15.39

nos arroja el dato en Y de 16 y se prosigue el cálculo aplicando la siguiente formula

$$H = \frac{Y * C}{\gamma}$$

$$H = \frac{16 * 28}{22}$$

$$H = 20.36 \text{ m}$$

Y: Función altura de talud

$\gamma$ : Peso específico

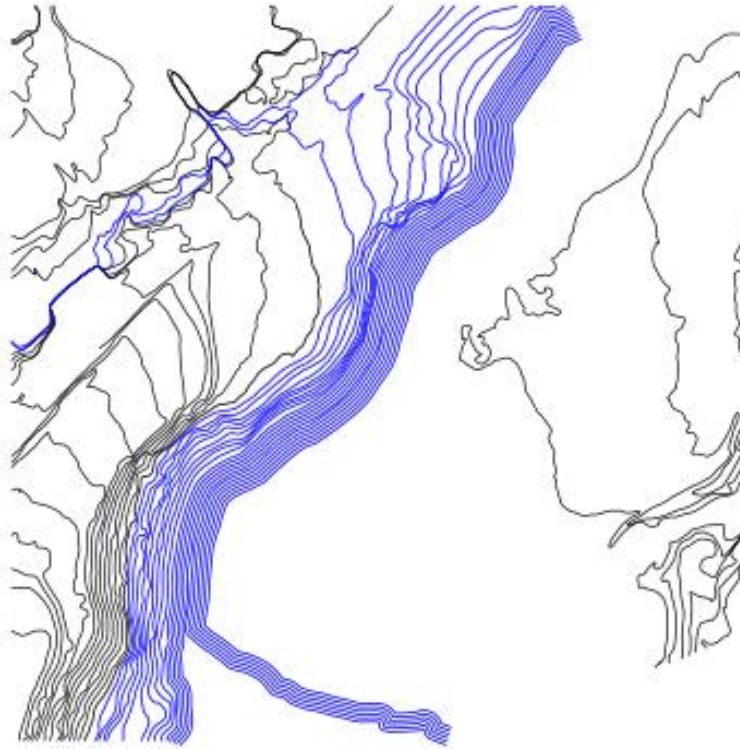
c: cohesión

H: Altura del talud

En base a los datos calculados se determinó que la altura del talud puede llegar a ser de 20m.

Contemplando la primera opción de cierre de cantera, donde se tomó en cuenta los cálculos antes mencionados, se determinó que no es el diseño óptimo ya que solo presenta un talud, el cual no es apto para ser implementado debido a que la altura del mismo que es de 20 metros, esta altura al ser pronunciada, compromete la estabilidad y seguridad del talud, por lo tanto, se considerara la segunda alternativa de cierre.

*Figura. 28. Alternativa #1*



*Fuente:* Elaboración Propia

### **3.4.2 Alternativa #2**

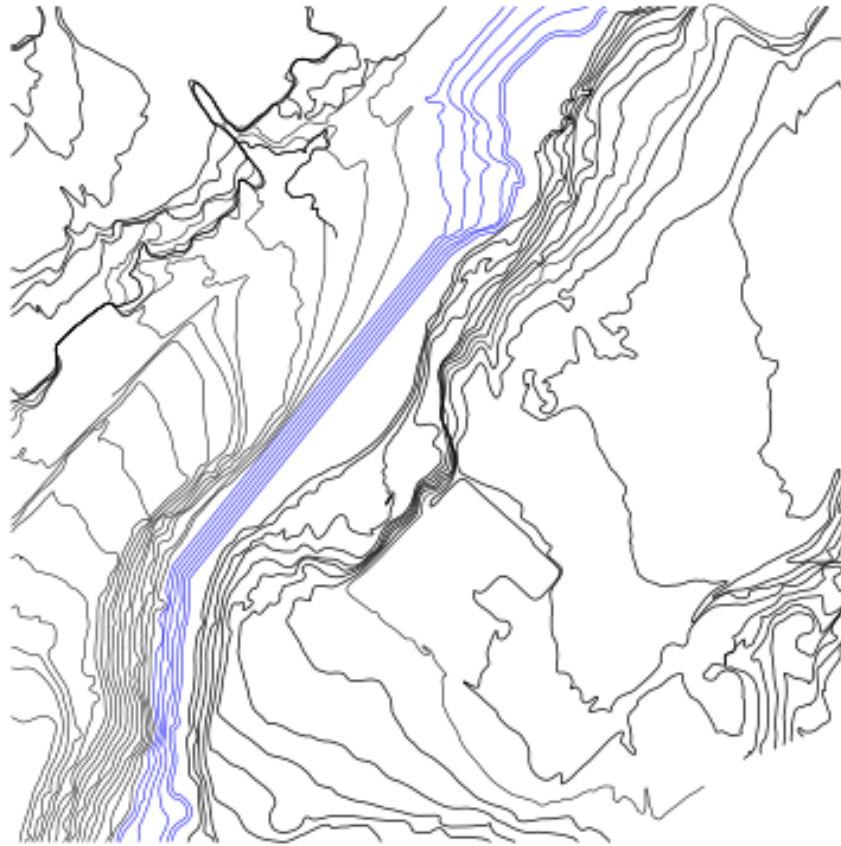
Dentro de la segunda alternativa de cierre, habiendo tomado en cuenta todos los parámetros calculados, se presenta una solución viable y segura, respaldada mediante los mismos, la altura y el ángulo propuesto permitirán una estabilización efectiva del terreno, asegurando un cierre adecuado de cantera.

A esta alternativa se la dividió en 3 fases.

### 3.4.2.1 Fase #1

En la etapa inicial del diseño de cierre de cantera, se determinó un talud de 6 m de alto, empezando desde la cota 2504 hasta la cota 2499. El volumen explotado en esta fase es de 8945.04m<sup>3</sup>

*Figura. 29. Alternativa #2 Fase#1*



**Fuente:** Elaboración Propia

*Figura. 30. Modelo 3D Primera Fase*

**Fuente:** Elaboración Propia

*Tabla 14. Volumen explotado Primera Fase*

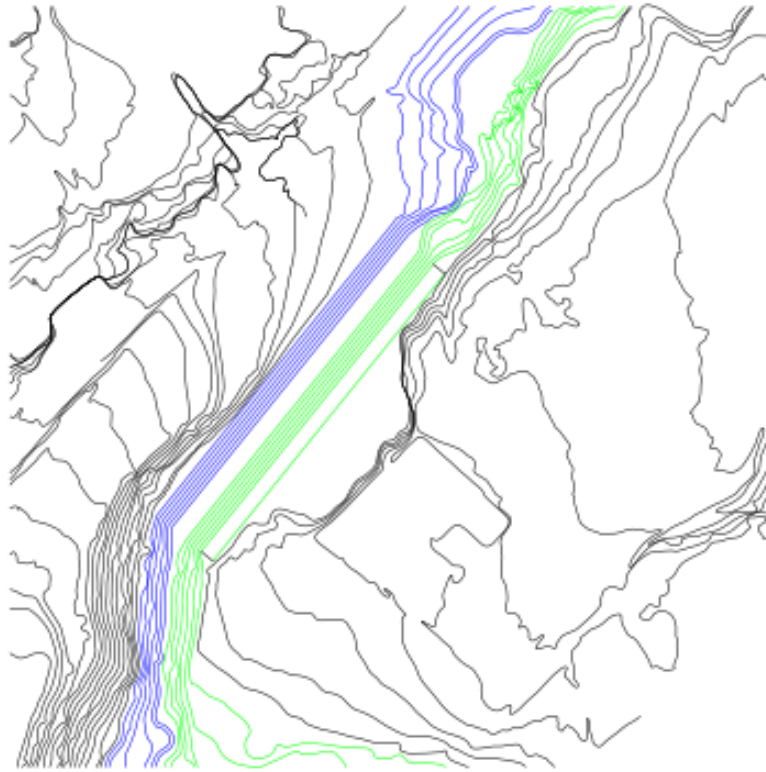
VOLUMEN EXPLOTADO PRIMERA FASE	8945.04m <sup>3</sup>
--------------------------------	-----------------------

**Fuente:** Elaboración Propia

### 3.4.2.2 Fase #2

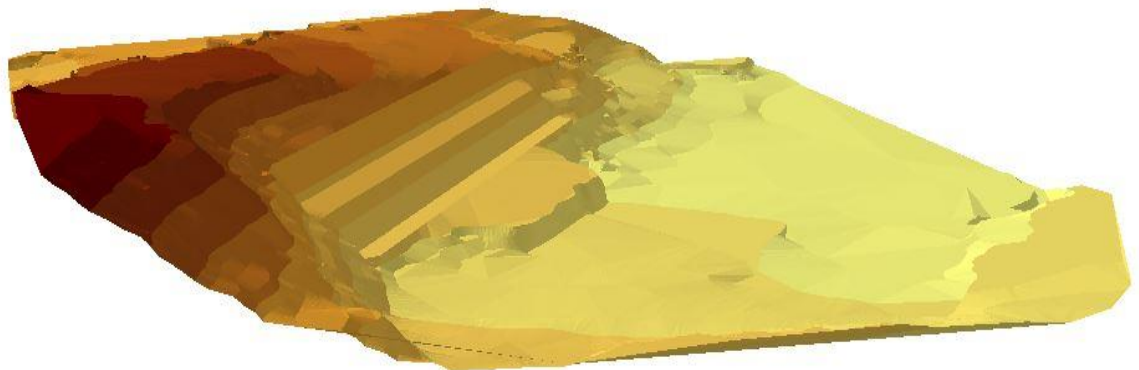
En la segunda fase del diseño, se definió un talud de 6 metros de altura, que se extiende desde la cota 2498 hasta la cota 2493. El volumen extraído durante esta fase fue de 12323.85 m<sup>3</sup>.

*Figura. 31. Alternativa #2 Fase#2*



**Fuente:** Elaboración Propia

*Figura. 32. Modelo 3D Segunda Fase*



**Fuente:** Elaboración Propia

*Tabla 15. Volumen explotado Segunda Fase*

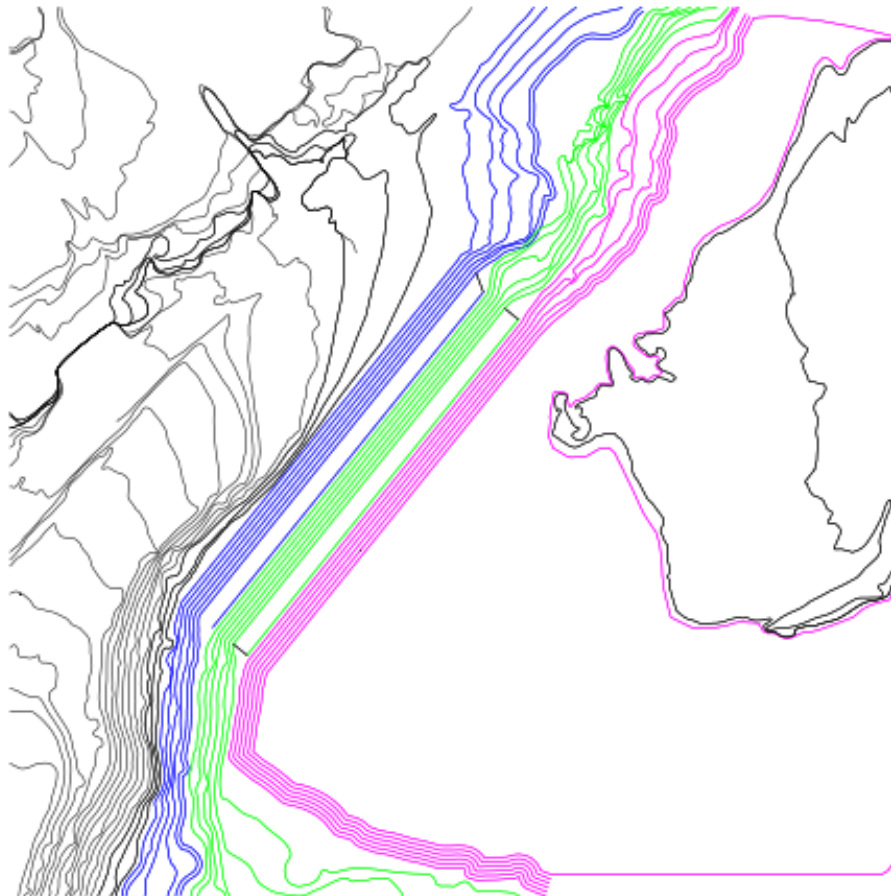
VOLUMEN EXPLOTADO SEGUNDA FASE	12323.85m <sup>3</sup>
--------------------------------	------------------------

*Fuente:* Elaboración Propia

### 3.4.2.3 Fase #3

En la tercera y última fase del diseño de cierre de la cantera, se realizó un talud de 6 metros de altura, yendo desde la cota 2493 hasta la cota 2488. Durante esta fase, se llevó a cabo la extracción de 28557.32 m<sup>3</sup> de material, realizando así a la recuperación del terreno y a la estabilidad del área.

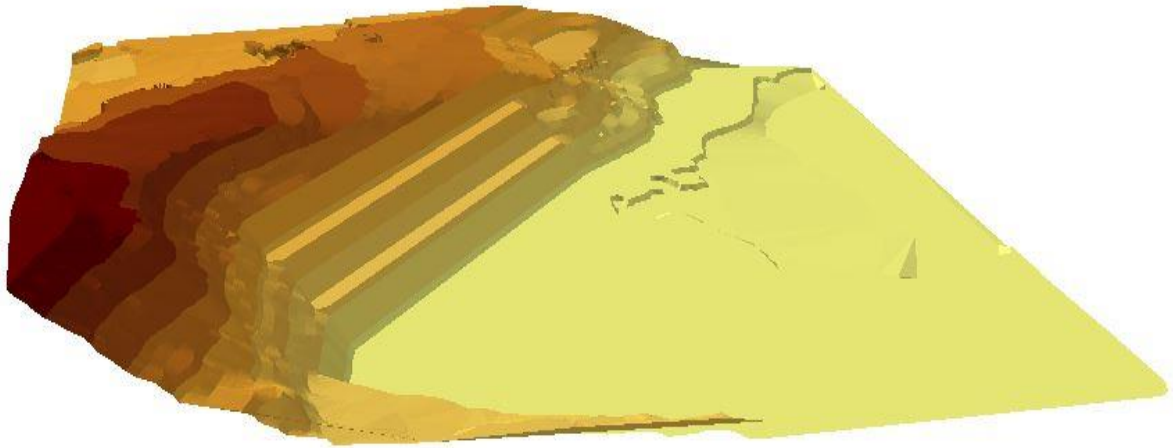
*Figura. 33. Alternativa #2 Fase#3*



*Fuente:* Elaboración Propia



Figura. 34. Modelo 3D Tercera Fase



*Fuente:* Elaboración Propia

Tabla 16. Volumen explotado Tercera Fase

VOLUMEN EXPLOTADO TERCERA FASE	28557.32 m <sup>3</sup>
--------------------------------	-------------------------

*Fuente:* Elaboración Propia

#### 3.4.2.4 Volúmenes Totales

Tabla 17. Volúmenes Totales

<b>Primera Fase</b>	8945.04m <sup>3</sup>
<b>Segunda Fase</b>	12323.85m <sup>3</sup>
<b>Tercera Fase</b>	28557.32m <sup>3</sup>
<b>VOLUMEN TOTAL</b>	<b>49826.21m<sup>3</sup></b>

*Fuente:* Elaboración Propia



## CAPÍTULO 4

### ANÁLISIS Y PROPUESTAS

#### 4.1 Análisis de las alternativas de cierre

Luego de presentar las alternativas para el cierre de la cantera, se examinó cada una de ellas en base a las características del macizo rocoso, optando por aquella que mejor se adecue a las necesidades que presenta la zona.

#### 4.2 Determinación del plan de cierre óptimo

Una vez que se analizaron las propuestas presentadas con anterioridad, se consideró que alternativa #1 es la que mejor se adapta y cumple con los requerimientos de seguridad y estabilidad. A si también es la que presenta un óptimo resultado, minimizando el impacto visual conforme a las condiciones del entorno que lo rodea.

#### 4.3 Reutilización del lugar

Las alternativas para la reutilización se realizan en base a las características de la zona una vez establecido el diseño óptimo de cierre, por ello como primera opción se considera la revegetación absoluta con plantas que contribuyan con la estabilidad y conservación del suelo; la segunda posibilidad refiere al uso de la zona como área recreativa, para ambos casos es primordial recolectar información sobre las especies que conforman el ecosistema original.

La flora del área de estudio ubicada en el sector San Juanpamba, está compuesta por arbustos como: chilca, retama (introducida), sigse, moras silvestres, también cuenta con especies de árboles introducidas como el eucalipto y pino. (GAD parroquial Llacao,2023)

### **4.3.1 Revegetación**

La revegetación de áreas degradadas por la actividad minera es de primordial importancia en los proyectos de rehabilitación, y debe ser planificada para que al cierre de la mina exista una mayor probabilidad de que sea auto sostenible a largo plazo. (Guevara et al, 2005).

Según la información recopilada sobre la fauna de la zona, las plantas que más predominan son la retama amarilla y el sigse; ambas especies se adaptan a las características medioambientales del área, por una parte la retama amarilla se caracteriza por ser indiferente al tipo de sustrato, y soportar la sequía así como por ser buena colonizadora de suelos secos y degradados, enriqueciendo el suelo de forma progresiva (Diputación de Málaga, 2024), por otro lado está el sigse que de igual modo es apto para zonas secas y ayuda al mejoramiento de los factores nutricionales del suelo gracias a la acumulación de la necromasa. (Sarmiento et al, 2008).

En base a las características de dichas especies y del diseño final, se propone revegetar únicamente la zona de los taludes, y en la parte baja se pretende nivelar con el material que se extrajo del diseño de los bancos.

*Figura. 35. Sigse*



*Fuente:* Elaboración Propia

*Figura. 36. Retama Amarilla*



*Fuente:* Elaboración Propia

#### **4.3.2 Área recreativa**

También se puede considerar la idea de disponer el espacio como área recreativa, lo cual implica una preparación del terreno, más allá de la nivelación, se requerirá principalmente la pavimentación de la zona, con ello, quedará habilitado el espacio para beneficio de la comunidad, en el que se podría poner en funcionamiento por ejemplo: una

casa comunal, un parque, etc.); según la disposición final del área se deberá implementar una revegetación con especies tolerantes al tráfico peatonal así como a las condiciones ambientales.

## 4.2 Modelamiento 3d

### 4.2.1 Alternativa #1

*Figura. 37. Revegetación Alternativa #1*



**Fuente:** Elaboración Propia

#### 4.2.2 Alternativa #2

*Figura. 38. Ejemplo Alternativa #2 (Parque)*



*Fuente:* Elaboración Propia

## CONCLUSIONES

Se desarrolló el estudio de la cantera abandonada en el sector San Juanpamba, analizando su estado actual y las posibles alternativas para su remediación.

Mediante el levantamiento topográfico realizado, se plantearon propuestas para el cierre óptimo de la cantera.

El primer diseño realizado no fue tomado en consideración, debido a que la dimensión del talud no es adecuada ni adaptable para la topografía del terreno, presentando un riesgo de deslizamiento del mismo.

Se concluyó que el segundo diseño es el más idóneo, este denota una mayor estabilidad por ende mayor seguridad tomando en consideración de las características geomecánicas de la roca.

A partir del segundo diseño, se realizaron dos escenarios para la remediación, el primero consistió en una revegetación total. Por otra parte, el segundo escenario presenta la creación la de un área recreativa.

Se optó por el primer escenario, siendo este la revegetación total que contempla los taludes y la plataforma, se concluyó que esta es la mejor opción por brindar mejor impacto visual, ajustándose a las condiciones naturales del entorno.

## **RECOMENDACIONES**

Tener en consideración varios diseños los cuales puedan cumplir los objetivos deseados.

Realizar un estudio previo sobre la flora de la zona y anteponiendo aquella vegetación favorable.

Instaurar una remediación con revegetación que apoye al enriquecimiento del suelo.

Monitoreo constante dentro de la zona intervenida, supervisando el avance del desarrollo de la flora.

Las autoridades competentes tendrán la posibilidad de aprovechar el espacio ya rehabilitado a favor de la comunidad.

Sensibilizar y concientizar a la población aledaña sobre el uso y cuidado de la nueva zona establecida.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Banco Central del Ecuador, (2015). *Cartilla informativa*. Sector Minero.

<https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/cartilla00.pdf>

Herrera Herbert, J. (2007). *Diseño de explotaciones de cantera*. Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Explotación de Recursos Minerales y Obras Subterráneas. Madrid

<https://doi.org/10.20868/UPM.book.21839>.

Herrera Herbert, J. (2006). *Métodos de minería a cielo abierto*. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela técnica superior de ingenieros de minas. Madrid.

[https://oa.upm.es/10675/1/20111122\\_METODOS\\_MINERIA\\_A\\_CIELO\\_ABIERTO\\_2.pdf](https://oa.upm.es/10675/1/20111122_METODOS_MINERIA_A_CIELO_ABIERTO_2.pdf)

Wolf, P., Ghilani, C. (2015). *Topografía*. Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., México.

<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=g7F1EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=que+es+la+topografia+de+un+terreno+&ots=jSuLZS57j9&sig=sAyrof-tiZ5bBnKnURasGYNg1mk#v=onepage&q&f=false>

*Software que genera ortofotos Agisoft MetaShape*. (s/f). Grupo ACRE Perú.

<https://grupoacre.pe/catalogo-productos/agisoft-metashape/#:~:text=Agisoft%20MetaShape%20es%20una%20soluci%C3%B3n,%C3%ADndices%20DSM%20%2F%20DTM%20de%20im%C3%A1genes>.

Autodesk AutoCAD: software de diseño y dibujo. (2024)



[https://www.google.com/aclk?sa=l&ai=DChcSEwj2xL63hNyIAxU8B60GHcDJAEU YABAAGgJwdg&co=1&ase=2&gclid=Cj0KCQjwxsm3BhDrARIsAMtVz6MIRKQU CH2CR8lpaz6gjzJ672dIA4rvLkHk6j5PrbUsjGGKuyUK3oUaAsf8EALw\\_wcB&ei=Zu3yZtzyDPyyptQPr5XogAU&sig=AOD64\\_14OaW7LpGxAKUPn4WDAJSPdBPLvg &q&sqi=2&nis=4&adurl&ved=2ahUKEwjcvbO3hNyIAxV8mYkEHa8KGIAQ0Qx6 BAgJEAE](https://www.google.com/aclk?sa=l&ai=DChcSEwj2xL63hNyIAxU8B60GHcDJAEU YABAAGgJwdg&co=1&ase=2&gclid=Cj0KCQjwxsm3BhDrARIsAMtVz6MIRKQU CH2CR8lpaz6gjzJ672dIA4rvLkHk6j5PrbUsjGGKuyUK3oUaAsf8EALw_wcB&ei=Zu3yZtzyDPyyptQPr5XogAU&sig=AOD64_14OaW7LpGxAKUPn4WDAJSPdBPLvg &q&sqi=2&nis=4&adurl&ved=2ahUKEwjcvbO3hNyIAxV8mYkEHa8KGIAQ0Qx6 BAgJEAE)

Pix4D. (2024)

<https://www.pix4d.com/es/producto/pix4dcapture/>

GAD Parroquial Llacao, (2023). *Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia Llacao*. Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Llacao. Ecuador.

<https://gadllacao.gob.ec/azuay/wp-content/uploads/2020/06/PDOT-LLACAO.pdf>

La Provincia, (2024). *Retama Amarilla (Retama Sphaerocarpa)*. Diputación provincial de Málaga. España

[https://www.malaga.es/es/laprovincia/naturaleza/lis\\_cd-13119/retama-amarilla-retama-sphaerocarpa](https://www.malaga.es/es/laprovincia/naturaleza/lis_cd-13119/retama-amarilla-retama-sphaerocarpa)

Belmonte, F. Romero, A. (2009). *La cubierta vegetal en las regiones áridas y semiáridas: consecuencias de la interpretación de la lluvia en la protección del suelo y los recursos hídricos*. Departamento de geografía física. Universidad de Murcia, España.  
file:///C:/Users/User/Downloads/DialnetLaCubiertaVegetalEnLasRegionesAridasYSemiarias-109755.pdf

Ley minera, (2009). *Registro oficial, órgano del Gobierno del Ecuador*. Tribunal constitucional del Ecuador.

<https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/06/Ley-de-Mineria.pdf>

TULSMA, (2015). *Reforma del libro VI del texto unificado de legislación secundaria*.

Acuerdo No.61. Ministerio del Ambiente.

<https://faolex.fao.org/docs/pdf/ecu155124.pdf>

RAM, (2016). Reglamento Ambiental de actividades mineras, ministerio del ambiente.

Acuerdo ministerial No. 37.

[https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento\\_Reglamento-Ambiental-Actividades-Mineras.pdf](https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Reglamento-Ambiental-Actividades-Mineras.pdf)

Feijoo, P, Padrón, J. (2020). *La resistividad de rocas y su relación con la resistencia a compresión simple en mina*. Universidad del Azuay, facultad de ciencia y tecnología, escuela en ingeniería en minas.

file:///C:/Users/User/Downloads/296-article-881-1-10-20200418.pdf

Quispe, J. (2017). *Análisis de estabilidad y sensibilidad del factor de seguridad con respecto al nivel de embalse del dique torata*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, facultad de geología, geofísica y minas.

<https://es.scribd.com/document/657823903/468201-pdf>

Catálogo caterpillar, (2024).

[https://www.cat.com/es\\_MX/products/new/equipment/excavators.html?page=4](https://www.cat.com/es_MX/products/new/equipment/excavators.html?page=4)

Zúñiga. (2022). *Propuesta de mejora de la gestión de la seguridad y salud ocupacional en una organización del sector minero, Condominio minero Caizan, Tumbaco*. Escuela de postgrado Newman. Ecuador

[https://repositorio.epnewman.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12892/401/TRABAJO\\_DE\\_INV\\_MGM\\_ZUNIGA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.epnewman.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12892/401/TRABAJO_DE_INV_MGM_ZUNIGA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Guevara, R., Rosales, J., Sanoja, E. (2005). *Vegetación pionera sobre rocas, un potencial biológico para la revegetación de áreas degradadas por la minería de hierro*. Interciencia. Caracas.

[https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442005001000011](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442005001000011)

Sarmiento, M., Torres, M. (2008). *Restauración en explotaciones de minas caliza*. Luna azul.

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S190924742008000200006&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S190924742008000200006&script=sci_arttext)

Morales, A. Hantke, M. (2020). *Guía metodológica de cierre de minas*. Documentos de proyectos. Naciones Unidas CEPAL.

<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/766a85c7-5ac4-4cd4-874a-f06c6c2060c6/content>

**ANEXOS**

**ANEXO 1 *ESTADO ACTUAL DE LA CANTERA***



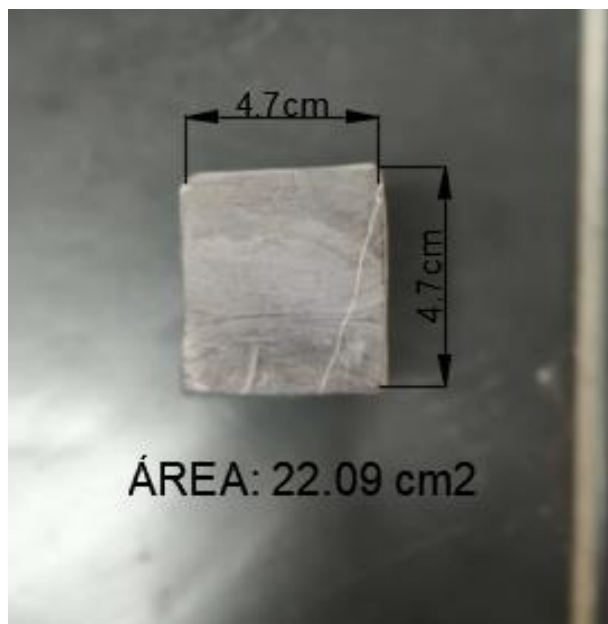
**ANEXO 2 *ESTADO ACTUAL DE LA CANTERA***



**ANEXO 3 ESTADO ACTUAL DE LA CANTERA**



**ANEXO 4 MUESTRAS DE ROCA OBTENIDAS DE LA CANTERA**



**ANEXO 5 COMPRESIÓN UNIAxIAL EN LA MUESTRA**



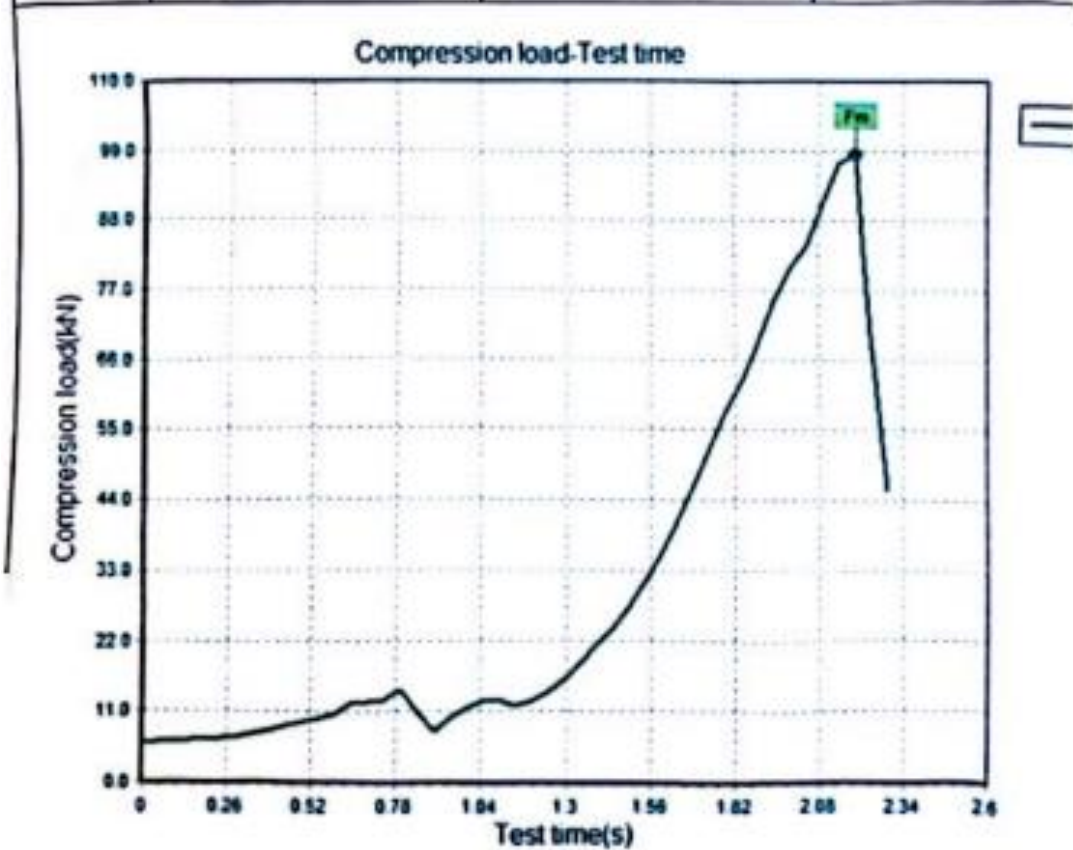


**ANEXO 6 ANÁLISIS DE LA COMPRESIÓN UNIAXIAL EN LA MUESTRA**

**Concrete compression test report**

GroupNo	diseol	Executive standard	GB/T 50081-2
Testing unit		Age	17
Size Infor(mm)	47	Area(mm <sup>2</sup> )	2209.0
Strength grade	30MPa	Conversion ratio	1.0

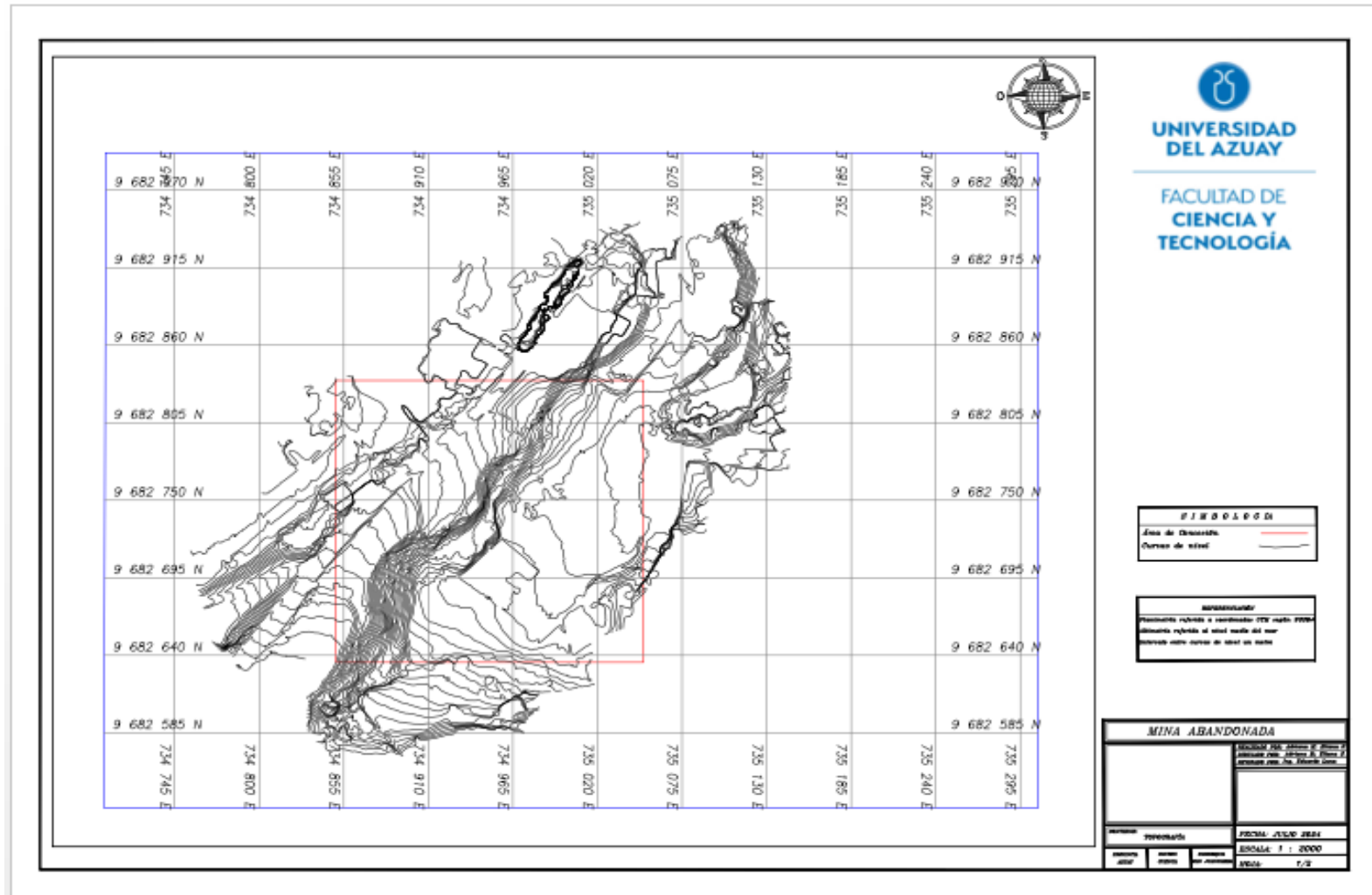
Statistical items	Serial number	Breaking load (kN)	Compressive stress (MPa)
	1	98.50	44.6
Valid		Invalid results	Invalid results



Tester:            Tester           

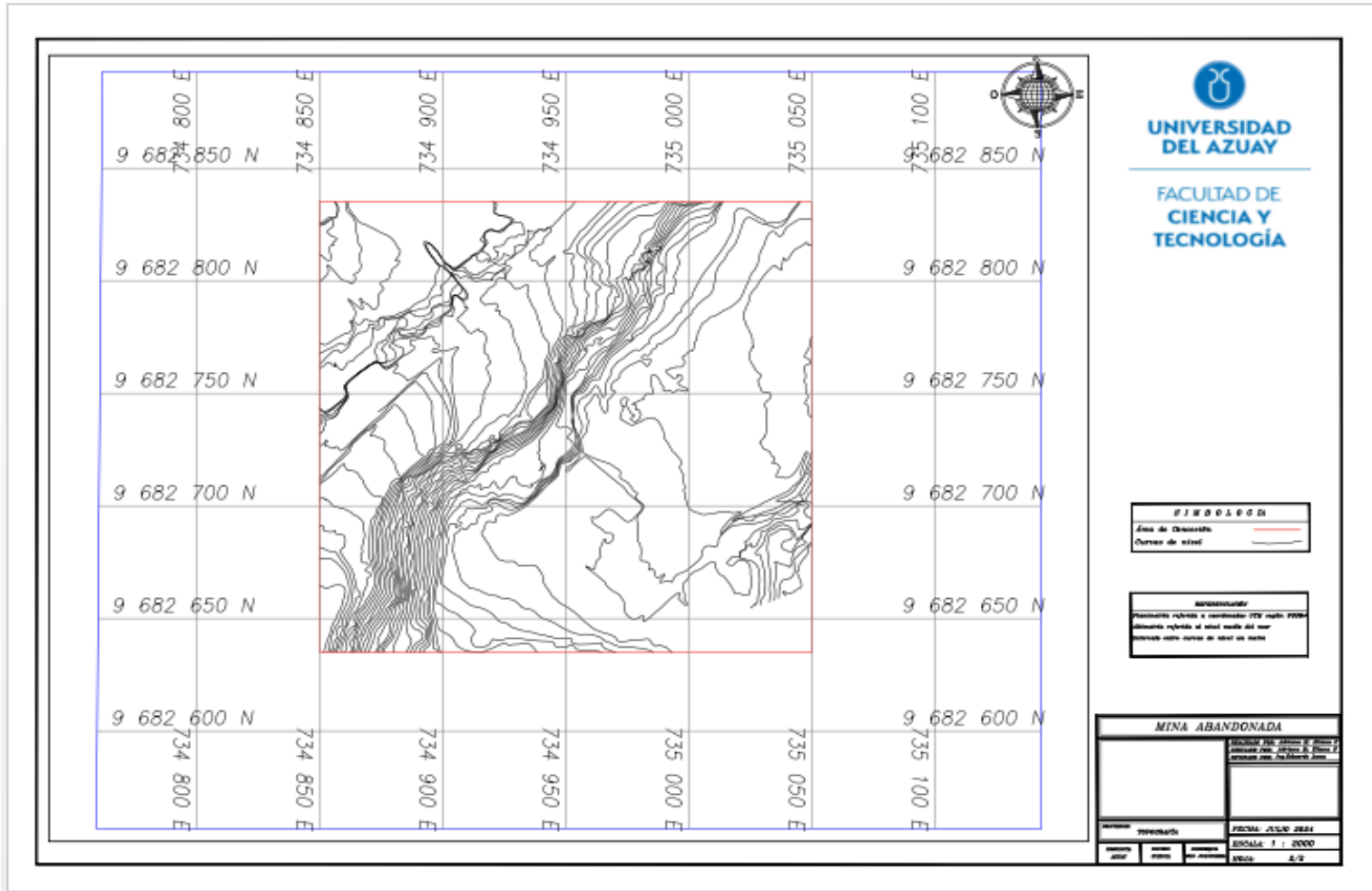
Test time: 9/12/2024 3:09:1

ANEXO 7 TOPOGRAFÍA TOTAL DE LA CANTERA

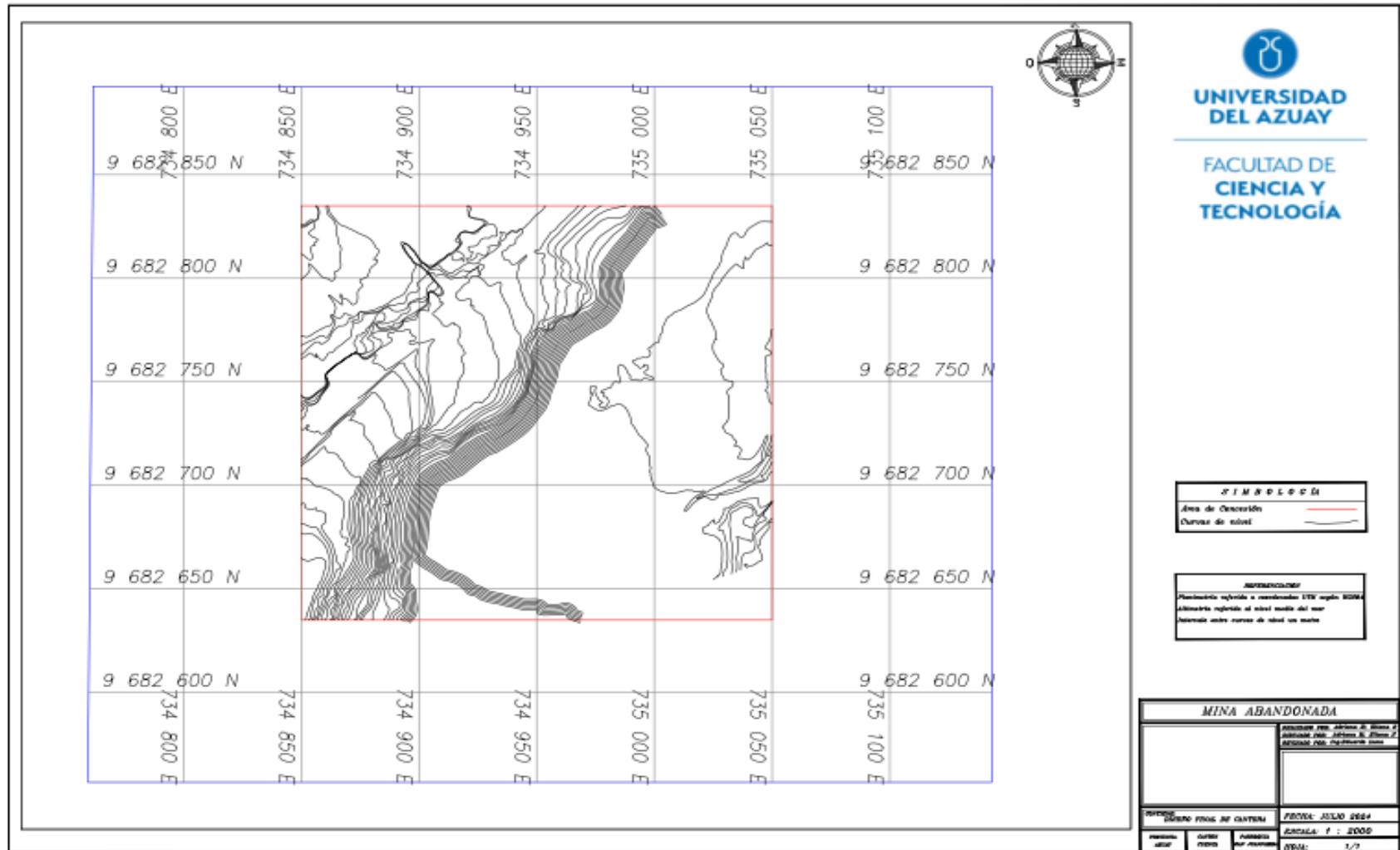




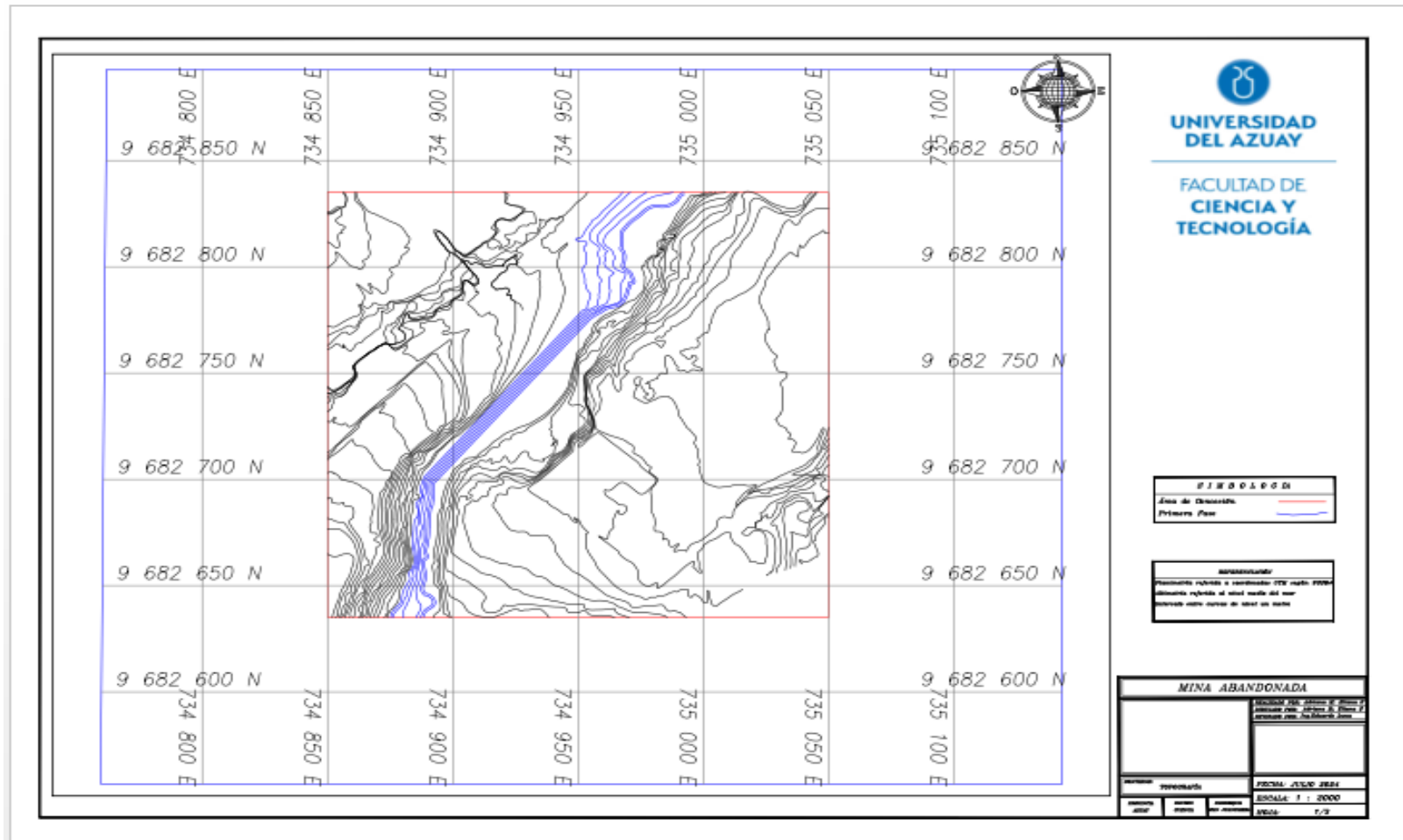
**ANEXO 8 TOPOGRAFÍA ACTUAL ZONA INTERVENIDA**



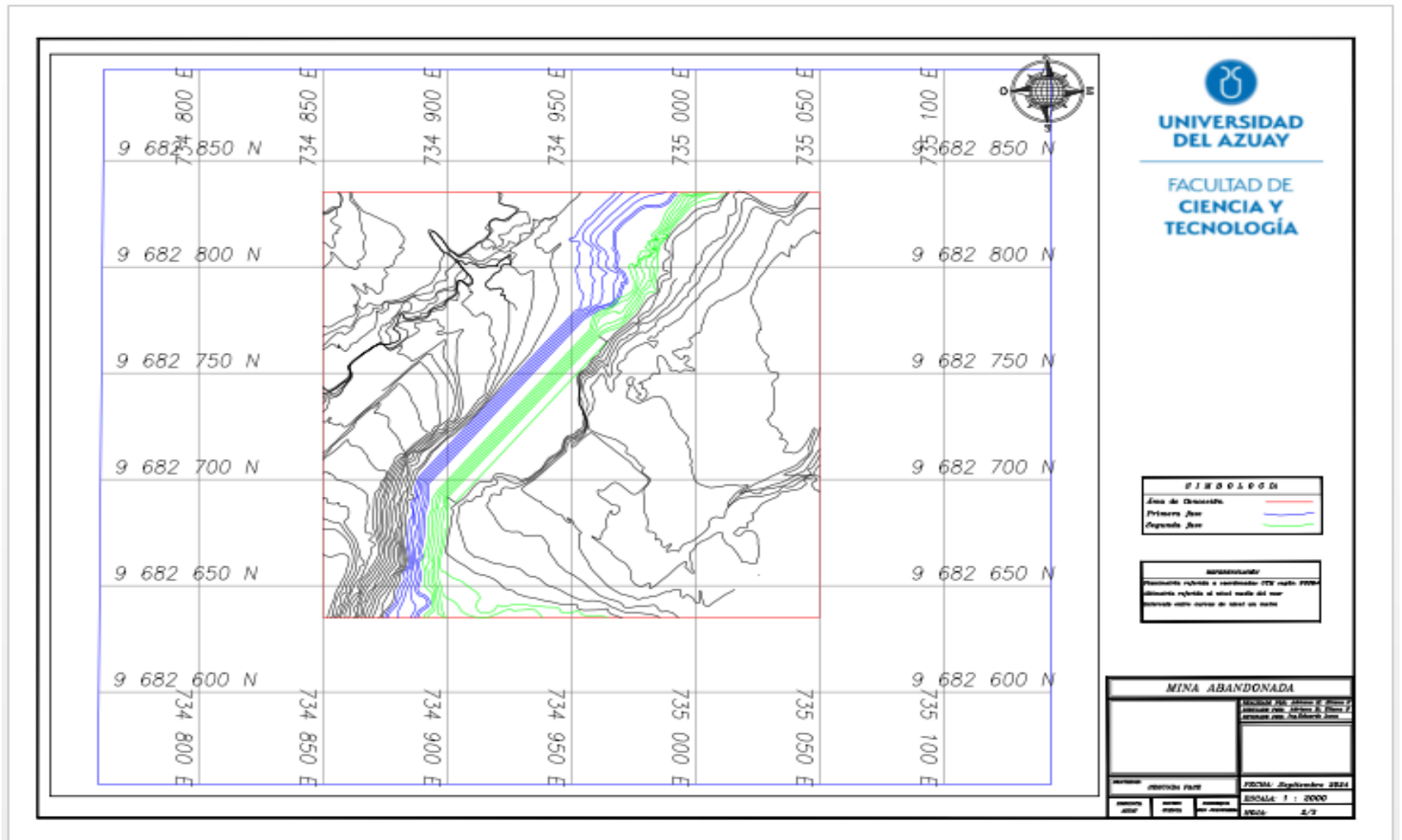
ANEXO 9 ALTERNATIVA #1



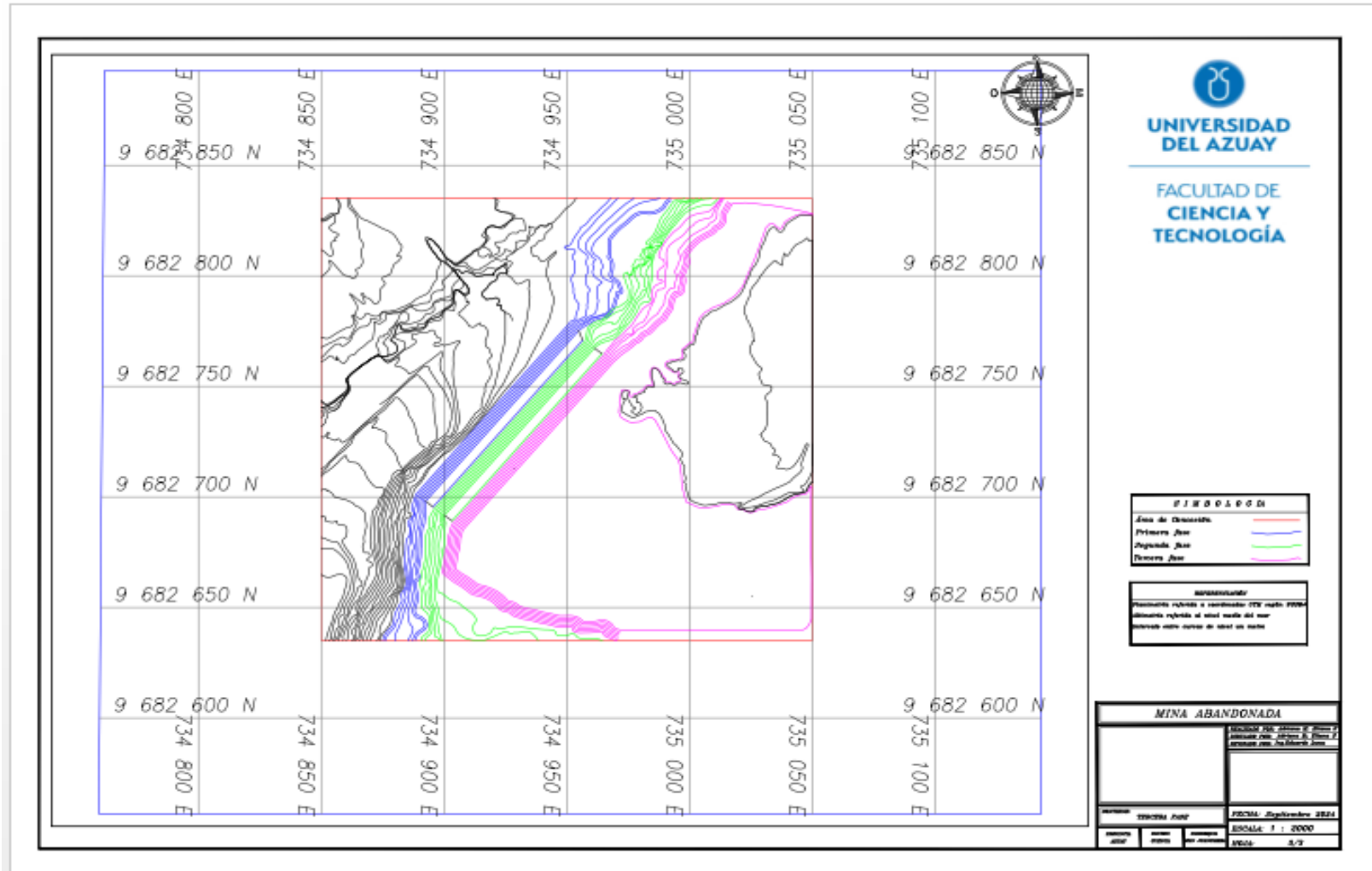
**ANEXO 10 ALTERNATIVA #2 (FASE 1)**



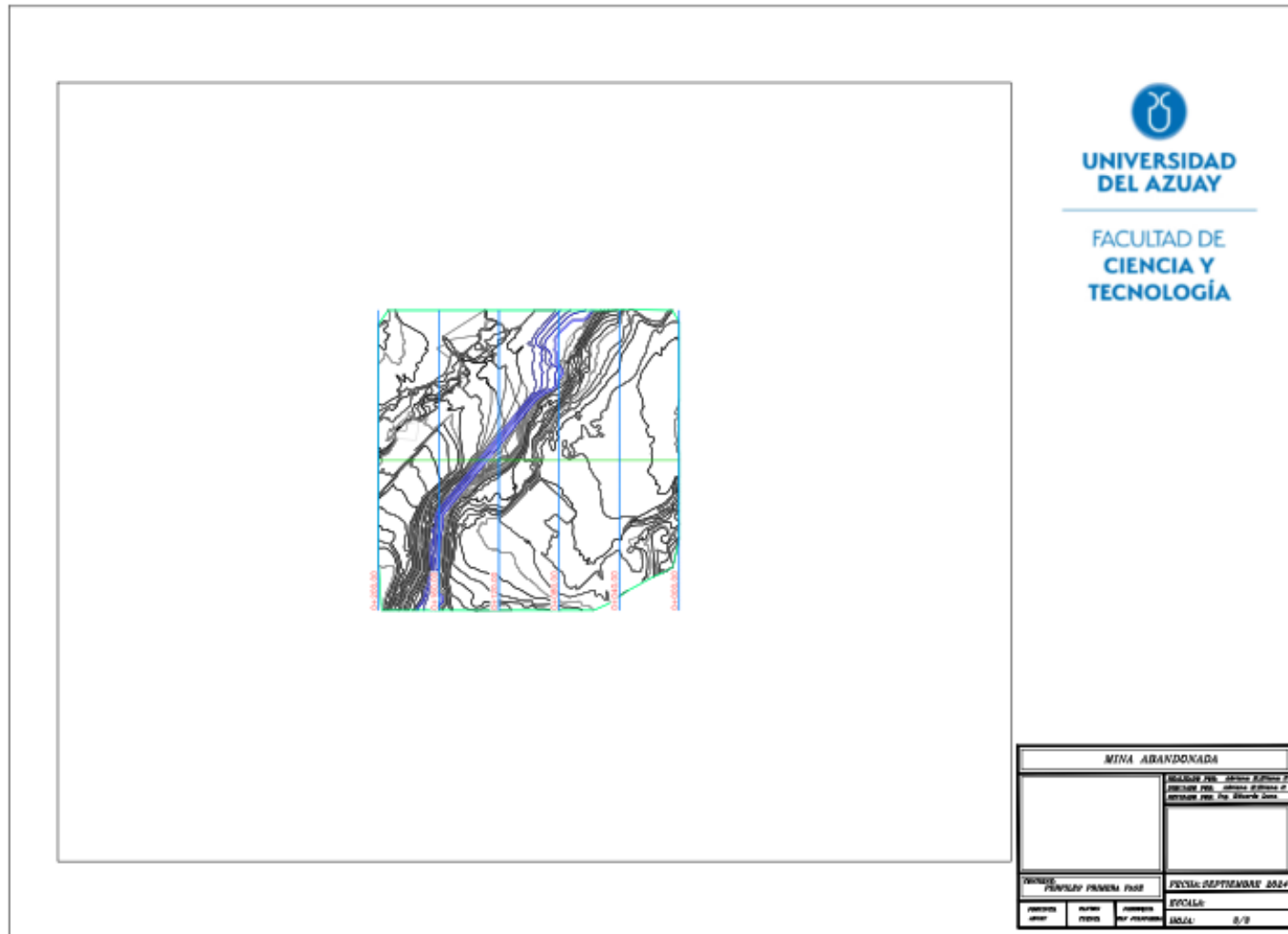
**ANEXO 11 ALTERNATIVA #2 (FASE 2)**



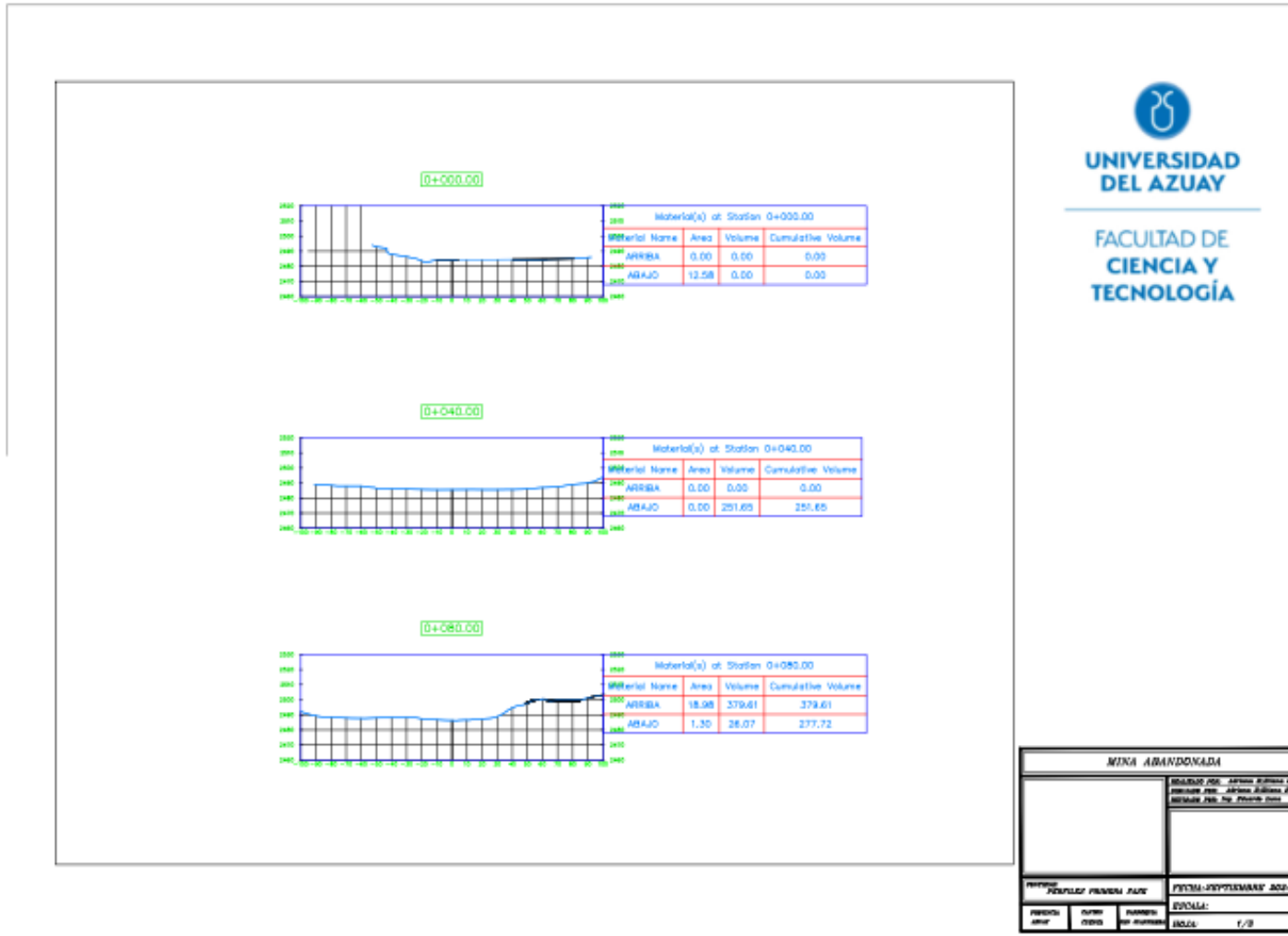
**ANEXO 12 ALTERNATIVA #2 (FASE 3)**



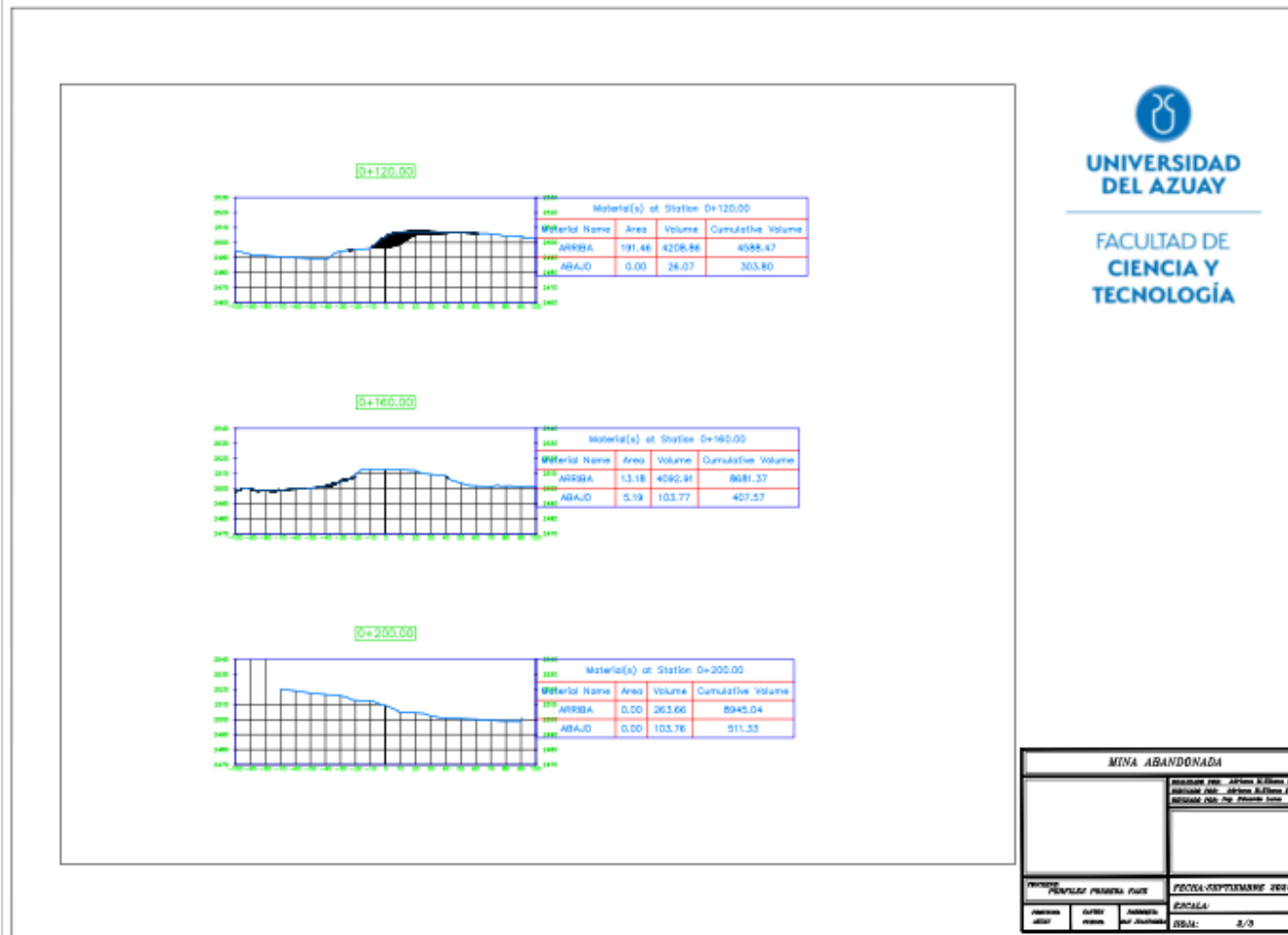
*ANEXO 13 PLANO DE UBICACIÓN DE PERFILES (FASE I)*



**ANEXO 14 PLANO DE PERFILES 000-080 (FASE 1)**



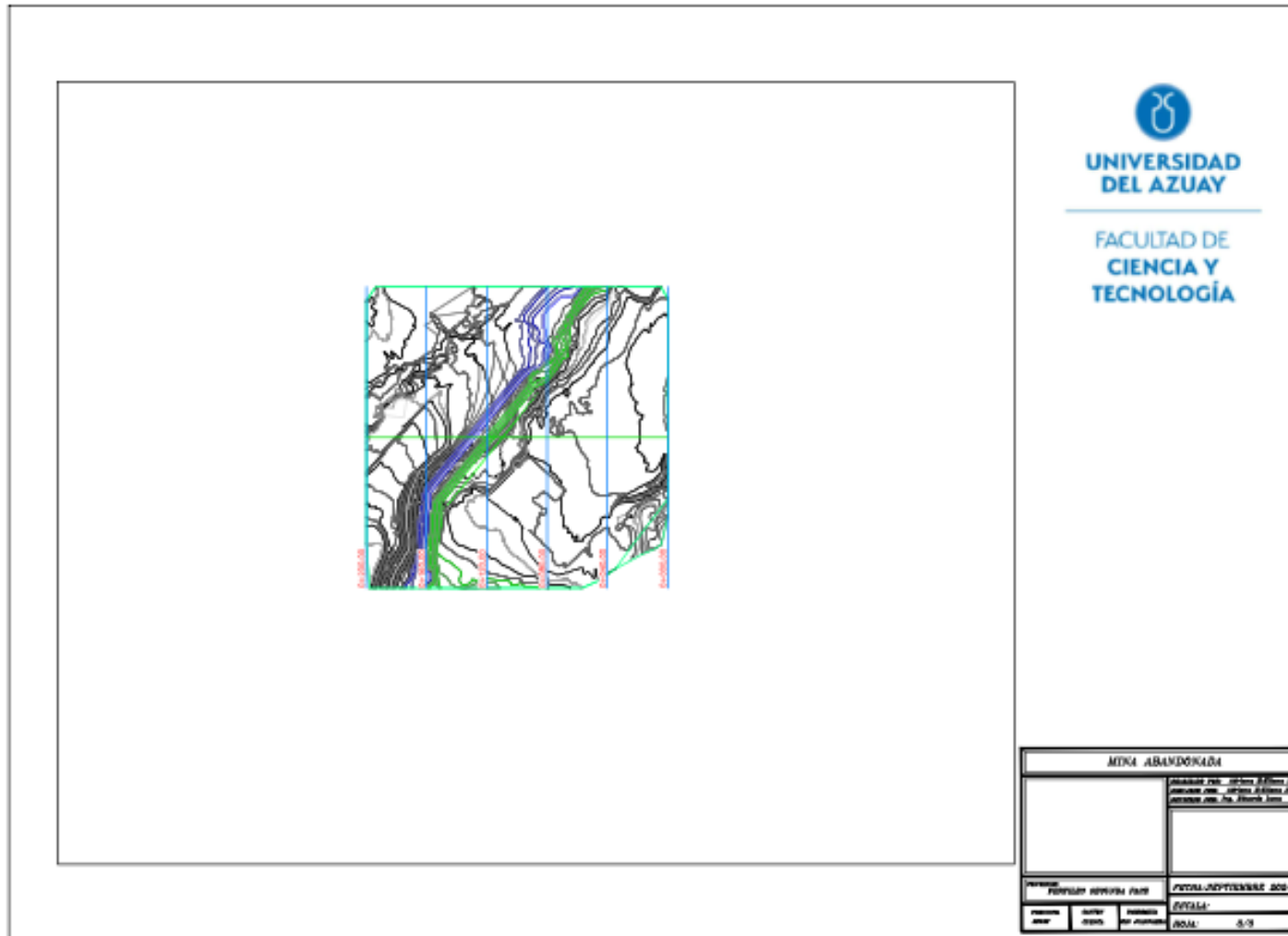
ANEXO 15 PLANO DE PERFILES 120-20 (FASE 1)



MINA ABANDONADA			
PROYECTO		FECHA: SEPTIEMBRE 2024	
PERFILES PRIMERA FASE		Escala:	
Autores	Autores	Autores	Autores
2023	2023	2023	2023
PÁGINA		DE: 2/3	



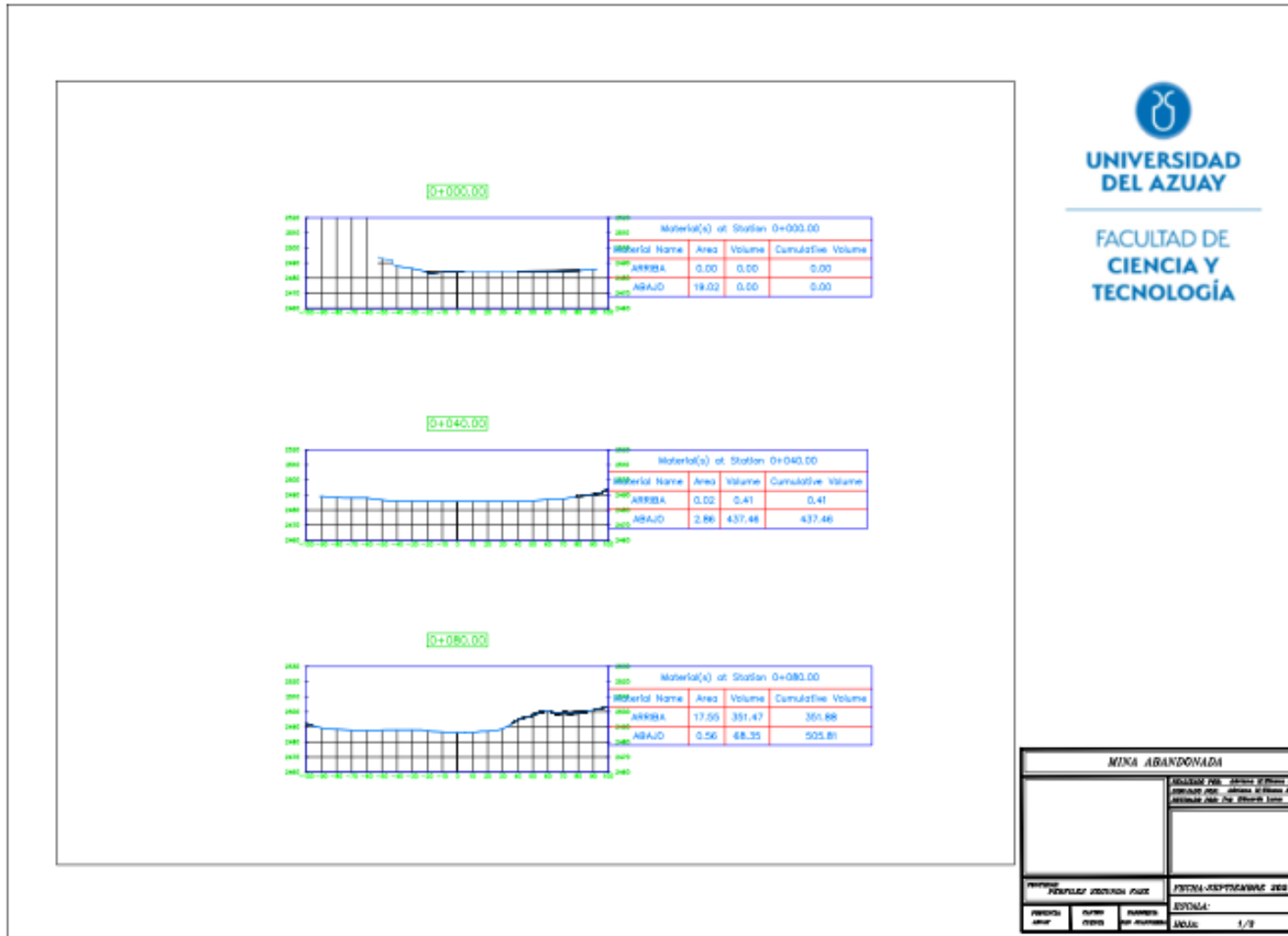
**ANEXO 16 PLANO UBICACIÓN DE PERFILES (FASE 2)**



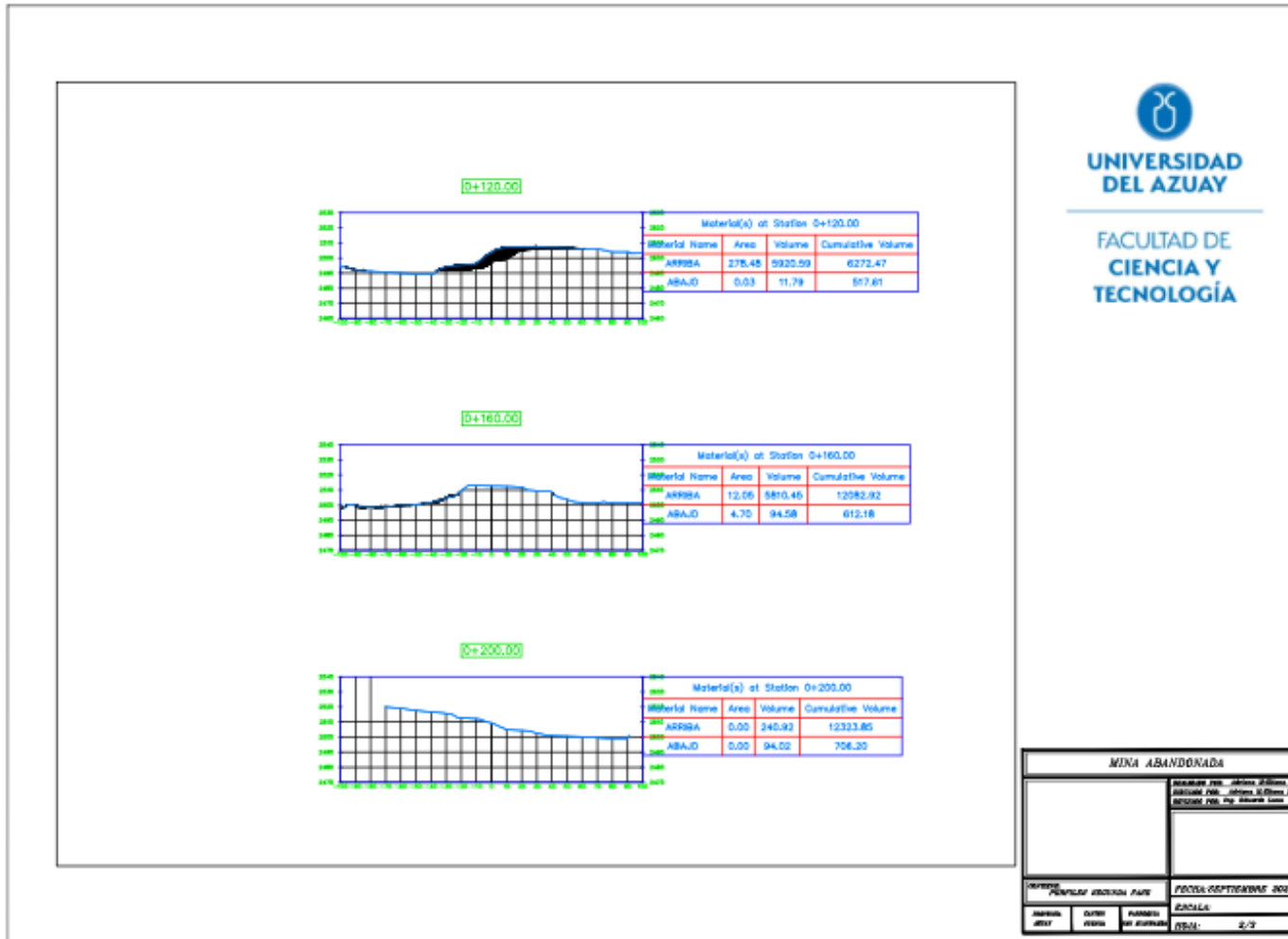
  
**UNIVERSIDAD  
DEL AZUAY**  
FACULTAD DE  
**CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA**

MINA ABANDONADA			
AUTOR		FECHA	
TÍTULO		ESCALA	
LUGAR		HOJA	

**ANEXO 17 PLANO PERFILES 000-080 (FASE 2)**



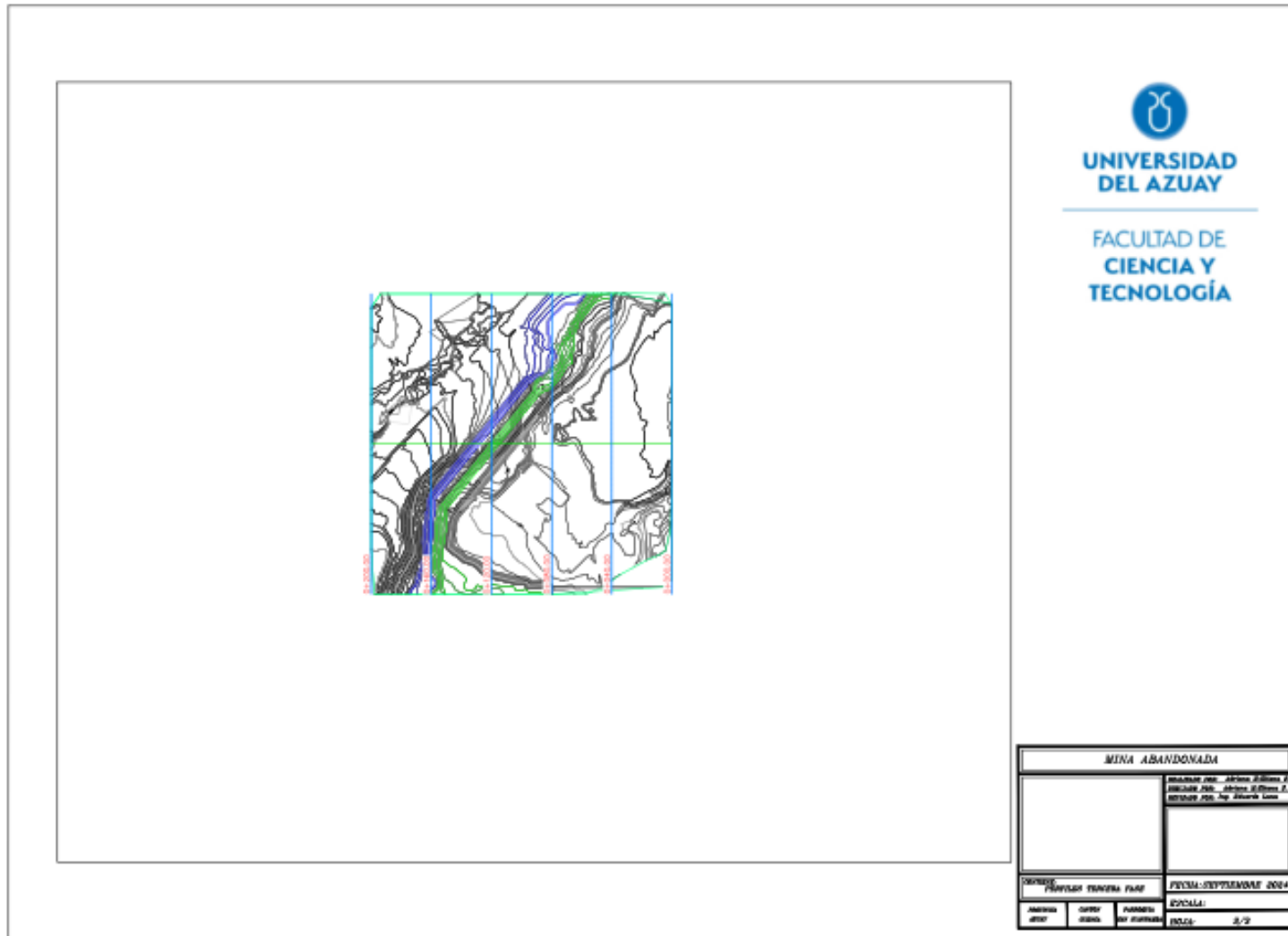
**ANEXO 18 PLANO PERFILES 120-200 (FASE 2)**



  
**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**  
 FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

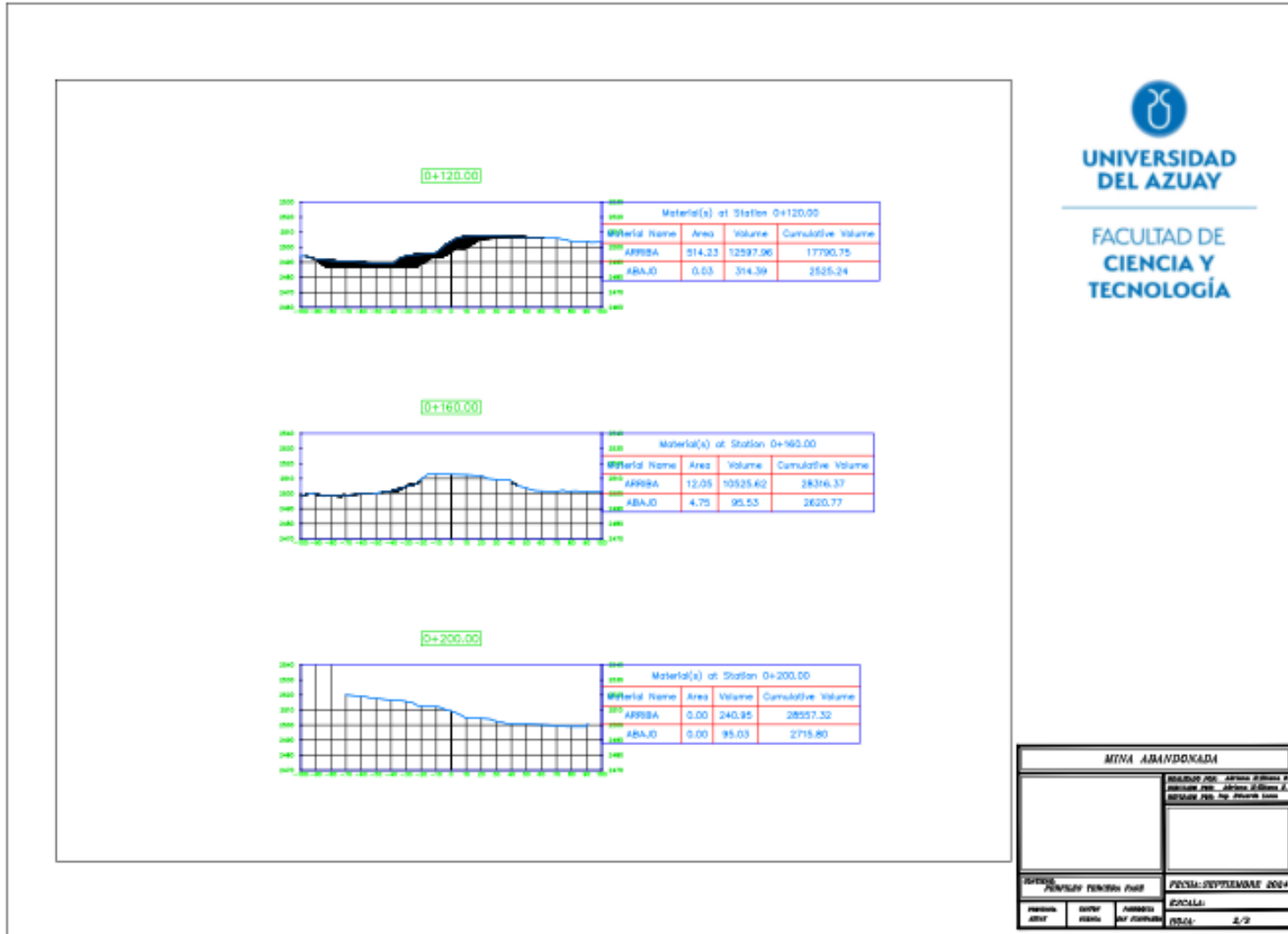
<b>MINA ABANDONADA</b>	
<small>           ANEXO 18 - Planos de Perfiles de la Mina Abandonada            Elaborado por: Mendieta Arias, S. Becerra A.            Fecha: 2024         </small>	
<small>           PROYECTO: PERFILES SECCIONES PLANO            FECHA: SEPTIEMBRE 2024         </small>	
<small>           AUTORA:            MENDIETA ARIAS, S. BECERRA A.         </small>	<small>           ESCALA:            1:50         </small>
<small>           DISEÑO:            MENDIETA ARIAS, S. BECERRA A.         </small>	<small>           FOLIO:            2/3         </small>

### ANEXO 19 PLANO DE UBICACIÓN DE PERFILES (FASE 3)

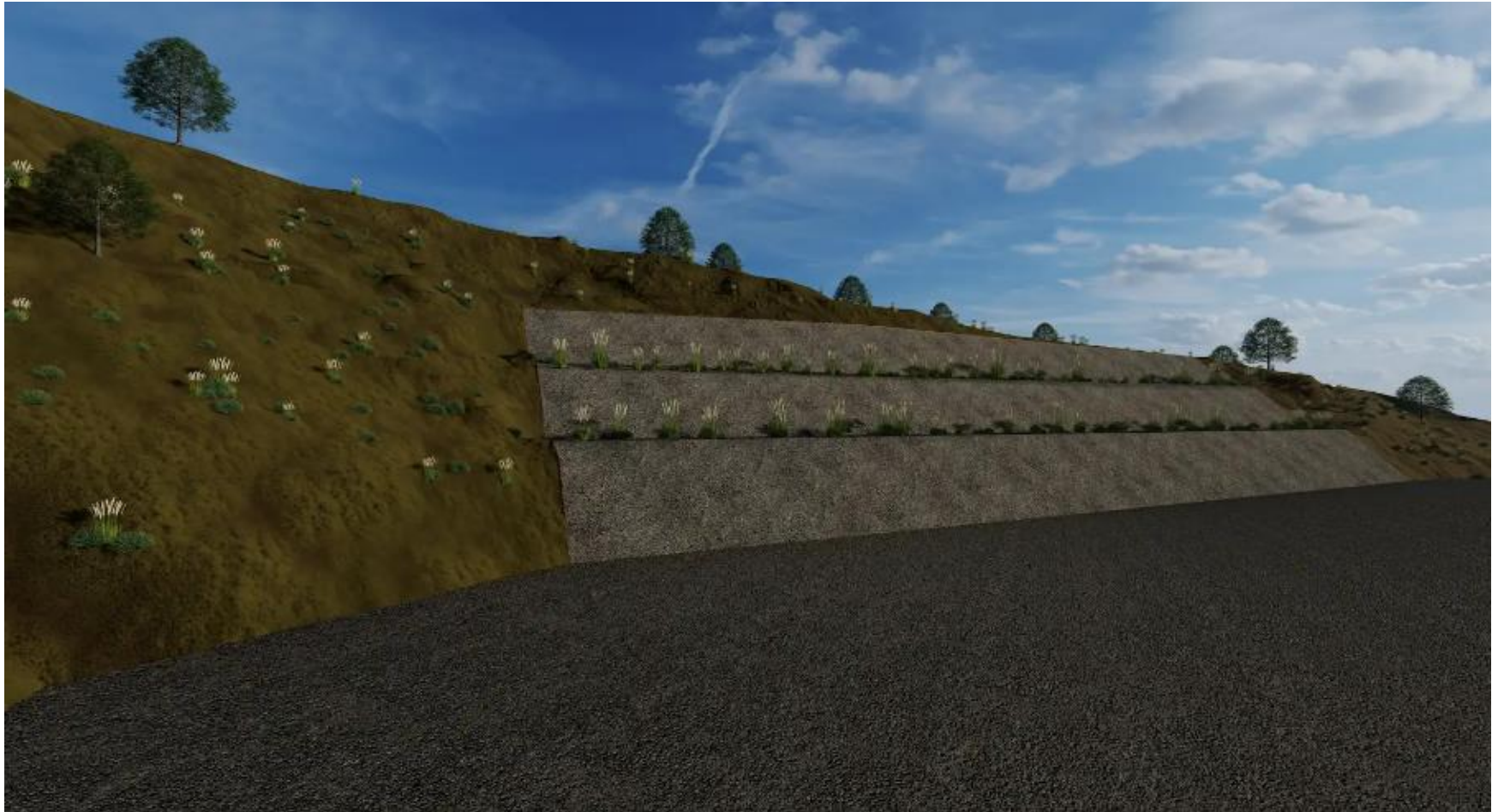




**ANEXO 21 PLANO DE PERFILES 120-200 (FASE 3)**

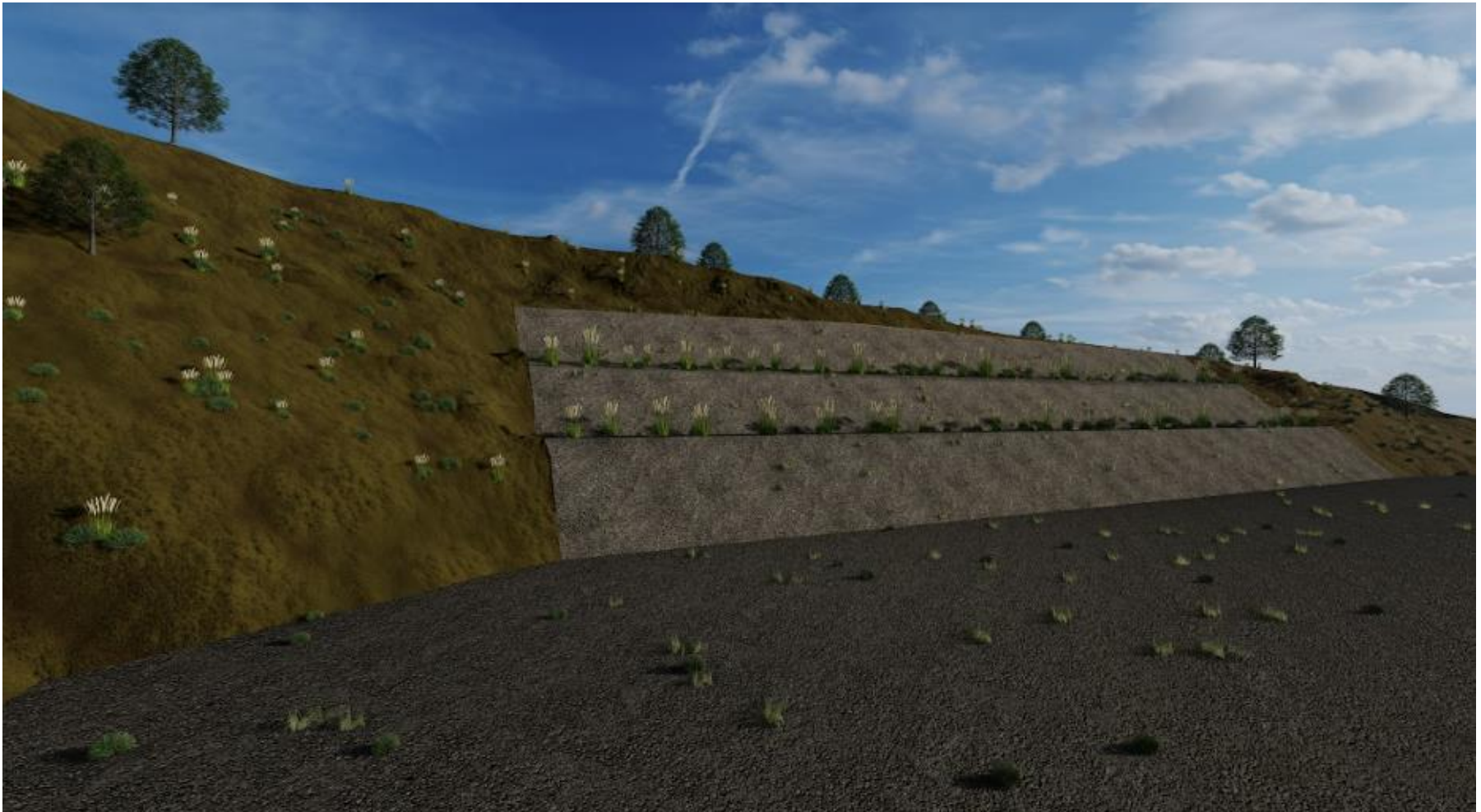


**ANEXO 22 ALTERNATIVA DE REMEDIACIÓN #1 (FASE 1)**



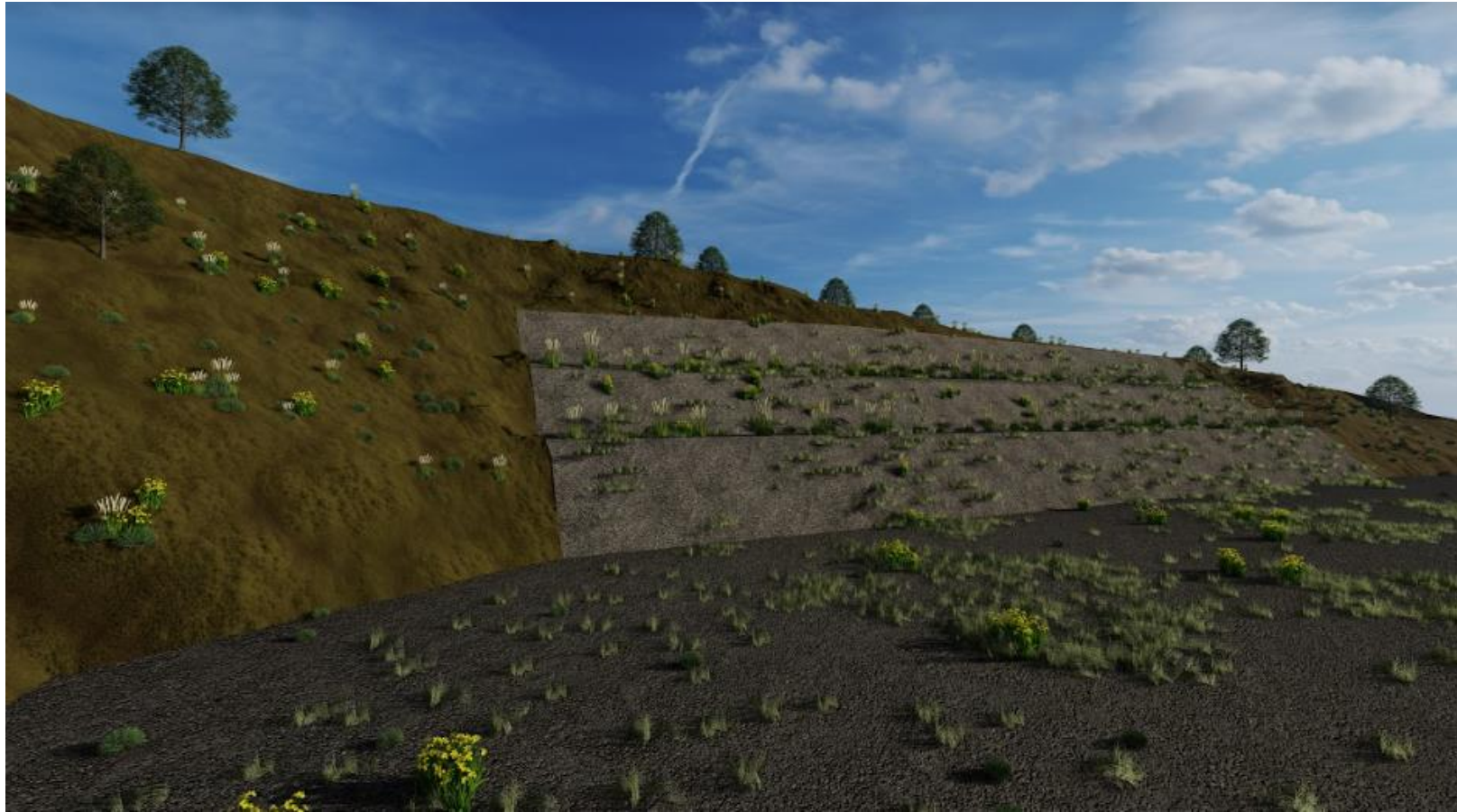


**ANEXO 23 ALTERNATIVA DE REMEDIACIÓN #1 (FASE 2)**





**ANEXO 24 ALTERNATIVA DE REMEDIACIÓN #1 (FASE 3)**



**ANEXOS 25 ALTERNATIVA DE REMEDIACIÓN #1 (FASE 4)**



