**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA EN MINAS**

# “Propuesta técnica para el cierre y abandono del área de libre aprovechamiento Guarcurina, Remigio Crespo, Gualaceo - Azuay”

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

**INGENIERO EN MINAS**

**Autores:**

GERARDO ANDRÉS PERALTA HERMIDA

CHRISTIAN ISMAEL SIAVICHAY LEÓN

**Director:**

ING. LEONARDO NÚÑEZ RODAS

**CUENCA, ECUADOR**

**2025**

Gerardo Andrés Peralta Hermida

Christian Ismael Siavichay León

Ing. Leonardo Aníbal Núñez Rodas

Marzo 2025

**“Propuesta técnica para el cierre y abandono del área de libre aprovechamiento Guarcurina, Remigio Crespo, Gualaceo - Azuay”**

## DEDICATORIA

En primer lugar, quiero dedicar mi trabajo de tesis a mis padres, quienes con mucho esfuerzo y sacrificio me permitieron arribar a este grato momento académico; a Jhoeli y Raffaella que día a día me ha estado apoyando para salir adelante en los momentos buenos y malos, siempre estaré agradecido por su amor y su apoyo incondicional.

**Gerardo Andrés Peralta Hermida**

El presente trabajo va dedicado en primer lugar a mis padres que siempre estuvieron apoyándome y aconsejándome, a mis hermanas que buscaban la mejor manera de acompañarme en este duro camino de mi formación.

**Christian Ismael Siavichay León**

# AGRADECIMIENTOS

A Dios principalmente por concedernos la salud y la fuerza necesaria para afrontar todos y cada uno de los obstáculos que se nos presentaron a lo largo de nuestra maravillosa carrera.

A nuestras familias que siempre han sido un pilar fundamental en apoyo y aliento, mediante, siempre mediante el ejemplo de esfuerzo dedicación, perseverancia y sobre todo a nunca rendirnos hasta conseguir cualquiera de nuestras metas.

Al Ing. Leonardo Núñez Rodas, nuestro tutor de tesis por su tiempo y paciencia otorgados a lo largo de la realización de nuestro trabajo de titulación, puesto que sin sus consejos y sabiduría no hubiésemos podido llegar hasta este punto, así como también al Ing. Patricio Feijoo y al Ing. Eduardo Luna por siempre ofrecernos su apoyo para sobrellevar cualquier duda que se nos presentaba en este camino.

A nuestros compañeros y futuros colegas con quienes compartimos día tras día maravillosos recuerdos y enseñanzas que nos ayudaran a crecer en esta nueva etapa de nuestra vida profesional.

# RESUMEN

Los materiales pétreos son elementos que provienen de rocas y minerales no metálicos utilizados en diversas áreas como: la construcción, la ingeniería y el arte; por todo esto es necesario la explotación de este material; sin embargo, no debemos dejar atrás la remediación ambiental al finalizar los proyectos.

Por este motivo se propuso un plan de cierre al finalizar la explotación del libre aprovechamiento, el cual contempla rediseñar los taludes de explotación, ya que los que ya existen no cumplen con los requerimientos para su estabilidad; además de implementar un espacio que sea de relevancia turística para el lugar.

El resultado fue un diseño final de explotación con taludes que presentan las siguientes especificaciones: 5m de alto, 5.5m de berma y 46˚ de ángulo de fricción interna; y en estos taludes se implementó Glampings (llamado también camping con comodidades) en cada banco lo cual hará que sea una zona turística y se obtenga una nueva forma de ingresos.

**Palabras clave:** Libre aprovechamiento, remediación ambiental, pétreos, explotación, glampings.

## ABSTRACT

Stone materials are elements that come from rocks or stones and are used in various areas, such as construction, engineering, and art; For all these reasons, it is necessary to exploit such a precious material, however, we must not leaving environmental remediation behind at the end of the project.

For this reason, it was thought to carry out an environmental remediation at the end of the exploitation of the Guarcurina free use, which contemplates improving the final design of exploitation and implementing a space that is of tourist relevance for the place.

This resulted in the final design of exploitation slopes with the following specifications: 5m high, 5.5m berm and 46° internal friction angle; and on these slopes, glampings were implemented in each bank, which will make it a tourist area and obtain a new form of income.


**Keywords:** Free use, environmental remediation, stone, exploitation, glampings.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

**DEDICATORIA……..iii**

**AGRADECIMIENTOS……..iv**

**RESUMEN……v**

**ABSTRACT……vi**

**ÍNDICE DE CONTENIDOS……vii**

**ÍNDICE DE FIGURAS……...ix**

**ÍNDICE DE TABLAS……xi**

**ÍNDICE DE ANEXOS……...xii**

**INTRODUCCIÓN……1**

**1.Generalidades……2**

1.1 Antecedentes……2

1.2 Marco legal……..2

1.3 Datos generales……5

1.4 Coordenadas de la ubicación del libre aprovechamiento……6

1.5 Vías de acceso……..6

1.6 Geología……...7

1.7 Topografía……...9

1.8 Características geomecánicas del macizo rocoso……..10

**2.Marco teórico……...16**

2.1 Definición cantera……..16

2.2 Áridos……16

2.3 Estabilidad de taludes……16

2.4 Cierre de mina……...16

2.5 Software de modelamiento……17

**3.Propuesta de diseño de cierre…….19**

3.1 Aspectos importantes para el diseño……..19

3.1.1 Maquinaria necesaria……..20

3.1.2. Retroexcavadora CAT 320…….20

3.1.3. Volquete de 8$m^3$…….23

3.2 Factor de seguridad……27

3.3 Diseño de bancos de liquidación……...29

3.3.1 Ancho de la plataforma para arranque y liquidación de la cantera……29

3.3.2 Ángulo de liquidación de la cantera……...31

3.3.3 Ángulo del talud del borde de la cantera en trabajo……...32

3.4 Alternativas de diseño previas al diseño óptimo……33

**4.Análisis de resultados……..41**

4.1 Análisis de los diseños ejecutados…….41

4.2 Remediación……..42

4.3 Reacondicionamiento de la zona……...45

**CONCLUSIONES……..56**

**RECOMENDACIONES……57**

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS…….58**

**ANEXOS…….59**

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estado actual de la zona de explotación…….2

Figura 2. Vías de acceso de la concesión Guarcurina……7

Figura 3. Geología de la zona de estudio……...8

Figura 4. Topografía del área de estudio……9

Figura 5. Veleta de bolsillo……..11

Figura 6. Penetrómetro……12

Figura 7. Ángulo de fricción interna del suelo…….14

Figura 8. Retroexcavadora CAT320 (Capacidad de cucharon de 1.9 $m^3$)……...20

Figura 9. Especificaciones técnicas de la retroexcavadora CAT 320……..22

Figura 10. Volquete de 8m3 de capacidad de balde…….23

Figura 11. Especificaciones técnicas del volquete……...24

Figura 12. Cálculo del factor de seguridad……...28

Figura 13. Fase 1.1 de explotación……...33

Figura 14. Fase 1.2 de explotación……...33

Figura 15. Fase 1.3 de explotación……...34

Figura 16. Fase 1.4 de explotación……...34

Figura 17. Fase 1.5 de explotación……...35

Figura 18. Fase 1.6 de explotación……...35

Figura 19. Fase 1.7 de explotación……...36

Figura 20. Fase 1.8 de explotación……...36

Figura 21. Fase 1.9 de explotación……...37

Figura 22. Fase 1.10 de explotación…….37

Figura 23. Fase 1.11 de explotación…….38

Figura 24. Diseño final de fase 1 de explotación…….39

Figura 25. Fase 2 de explotación…….39

Figura 26. Diseño final de explotación……40

Figura 27. Diseño de talud (1)……..42

Figura 28. Diseño de talud (2)……..42

Figura 29. Croquis de ubicación de infraestructuras……52

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos generales del libre aprovechamiento “Guarcurina”...……5

Tabla 2. Coordenadas de la zona de estudio .....6

Tabla 3. Resultados del ensayo de cohesión con veleta de bolsillo.....11

Tabla 4. Resultados de los ensayos de corte con penetrómetro de bolsillo .....13

Tabla 5. Características de la retroexcavadora CAT 320 .....21

Tabla 6. Características del Volquete .....23

Tabla 7. Volumen por fase de explotación .....38

Tabla 8. Volumen y área a explotar.....39

Tabla 9. Características para el diseño de bancos.....41

Tabla 10. Platas con amenaza de extinción .....43

Tabla 11. Tipos de glampings.....46

Tabla 12. Costos de amoblar el glamping.....48

Tabla 13. Costos totales de infraestructura .....49

Tabla 14. Comida a ofrecer en el glamping.....50

Tabla 15. Servicios a la naturaleza .....51

Tabla 16. Leyenda de croquis .....53

Tabla 17. Dimensiones de las estructuras a implementar.....54

# ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Levantamiento topográfico con estación total……..59

Anexo 2. Toma de datos del levantamiento…….59

Anexo 3. Levantamiento topográfico con dron……60

Anexo 4. Prueba de resistencia material "Guarcurina"……60

Anexo 5. Trituración del material del libre aprovechamiento “Guarcurina”……...61

Anexo 6. Cuarteo del material triturado……...61

Anexo 7. Pesaje de las muestras del material obtenido in situ, previamente triturado……62

Anexo 8. Material siendo Tamizado……...62

Anexo 9. Pesaje del material tamizado……63

Anexo 10. Materiales utilizados……...63

# INTRODUCCIÓN

El proyecto fue desarrollado por la necesidad de brindar una propuesta técnica de cierre y abandono del libre aprovechamiento Guarcurina, Remigio Crespo, Gualaceo – Azuay, en el cual se pudo evidenciar una propuesta de explotación de material con ciertos errores y una ausente propuesta de cierre para la misma.

Para poder llevar a cabo este proyecto se tuvo que definir algunos objetivos a cumplir al finalizar la actividad como, rediseñar los bancos de explotación del libre aprovechamiento, siendo este uno de los más importantes a la hora de mantener la estabilidad de los taludes, dando como resultado unos bancos de 5,5m de altura, 5m de ancho y 46˚, además se implementó glampings (es una forma de hospedaje que une la experiencia de acampar en la naturaleza con el lujo y la comodidad de un hotel) que serán utilizados, además de conservar las especies de flora y fauna de la región, así como integrar a la comunidad en la creación y fortalecimiento del mismo.

Este proyecto fue compuesto por cuatro capítulos, en el cual, el primero trata sobre las generalidades del proyecto, el segundo capítulo habla sobre el marco teórico utilizado para poder llevarlo a cabo, el tercero sobre cuál es la propuesta que se tiene para realizar el cierre de mina y el cuarto que nos dice sobre el análisis de los resultados obtenidos una vez finalizado nuestro proyecto.

# CAPÍTULO 1

## 1. Generalidades

### 1.1 Antecedentes

El libre aprovechamiento “Guarcurina”, con código 10000916 cuenta con un área registrada de 6 hectáreas mineras; es una cantera nueva que va a ser usada por GAD parroquial Remigio Crespo Toral para el mejoramiento y mantenimiento vial. Está ubicada en el sector Gualag, en la parroquia Remigio Crespo Toral, cantón Gualaceo, provincia del Azuay. Se encuentra inscrita desde el 16 de septiembre del 2021 con un plazo de 24 meses. Se encuentra en su fase inicial por lo que, es necesario tener una buena planificación minera para garantizar la seguridad de toda la comunidad.

*Figura 1. Estado actual de la zona de explotación*

***Fuente*:** Elaboración propia

### 1.2 Marco legal

Según la Ley de minería vigente en el Ecuador, los libres aprovechamientos se deben regir al Art.144 de dicha ley. Este artículo cita lo siguiente:

> "El Estado directamente o a través de sus contratistas podrá aprovechar libremente los materiales de construcción para obras públicas en áreas no concesionadas o concesionadas".

Considerando la finalidad social o pública del libre aprovechamiento, estos serán autorizados por el Ministerio Sectorial. La vigencia y los volúmenes de explotación se regirán y se extenderán única y exclusivamente por los requerimientos técnicos de producción y el tiempo que dure la ejecución de la obra pública.

Dicho material podrá emplearse, única y exclusivamente, en beneficio de la obra pública para la que se requirió el libre aprovechamiento. El uso para otros fines constituirá explotación ilegal que se someterá a lo determinado para este efecto en la presente ley.

El contratista del Estado, no podrá incluir en sus costos los valores correspondientes a los materiales de construcción aprovechados libremente. En caso de comprobarse la explotación de libre aprovechamiento para otros fines será sancionado con una multa equivalente a 200 remuneraciones básicas unificadas y en caso de reincidencia con la terminación del contrato para dicha obra pública.

Las autorizaciones de libre aprovechamiento, están sujetas al cumplimiento de todas las disposiciones de la presente ley, especialmente las de carácter ambiental.

Los contratistas que explotaren los libres aprovechamientos, están obligados al cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental."(Asamblea Nacional del Ecuador, 2009, p.23).

Los requerimientos necesarios para la implementación de infraestructura, manejo de desechos, explosivos, combustibles y señalética se encuentran en el Reglamento de Salud y Seguridad en el Trabajo del Ámbito-Minero(ARCOM, 2014).

El reglamento de seguridad y salud en el trabajo en el ámbito minero, cita en su Art.-2 cita lo siguiente:

> "El presente Reglamento tiene por objeto establecer normas para la aplicación de la Ley de Minería, a fin de precautelar la seguridad y salud en el trabajo de las personas en todas las fases de la actividad minera como lo señala el Capítulo VII, Art.27 de la Ley de Minería. A partir de este reglamento se dispondrá de los lineamientos generales para realizar la actividad de prevención de riesgos laborales bajo los regímenes especiales de minería artesanal, pequeña, mediana y gran minería"(ARCOM, 2014, p.3).

### 1.3 Datos generales

*Tabla 1. Datos generales del libre aprovechamiento "Guarcurina"*

| **Ficha de inspección y control de Libre Aprovechamiento** | | | |
|---|---|---|---|
| **Datos generales** | | | |
| **Nombre del Proyecto** | Guarcurina | **Presidente del Gad** | José Mauricio Guaraca Vázquez |
| **Fecha Resolución del LA** | 16/09/2021 | **Teléfono** | 2101044 |
| **Provincia** | Azuay | **Correo** | gadrct@hotmail.com |
| **Cantón** | Gualaceo | **Responsable técnico** | - |
| **Parroquia** | Remigio Crespo Toral | **Teléfono** | - |
| **Sector** | Gualag | **Correo** | - |
| **Código catastral** | 10000916 | | |
| **Titular** | Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural Remigio Crespo Toral | | |
| **Tipo de solicitud** | Libre aprovechamiento | | |
| **Fecha de inscripción** | 16/09/2021 | | |
| **Material de interés** | Áridos y Pétreos | | |
| **Estado actual** | Inscrita | | |
| **Superficie** | 6 hectáreas | | |
| **Tipo de material** | Material de construcción | | |
| **Resolución** | Nro. MERNNR-CZCS-2021-0160-RM | | |

***Fuente*:** Elaboración Propia

### 1.4 Coordenadas de ubicación del libre aprovechamiento

La concesión del libre aprovechamiento “Guarcurina” está delimitada por las siguientes coordenadas:

*Tabla 2. Coordenadas de la zona de estudio*

| **COORDENADAS DEL ÁREA CONCESIONADA** | | |
|---|---|---|
| **Punto** | **X** | **Y** |
| **1** | 749200 | 9679000 |
| **2** | 749400 | 9679000 |
| **3** | 749400 | 9678700 |
| **4** | 749200 | 9678700 |

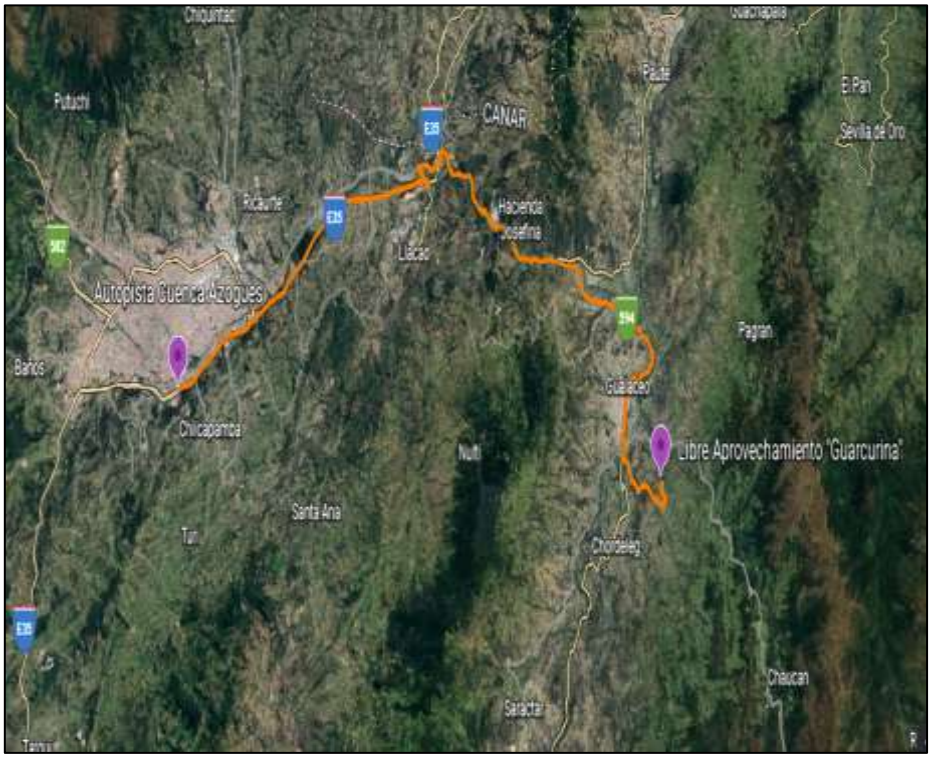
***Fuente:*** (Coordinación Zonal 6 de Minería, 2020)

### 1.5 Vías de acceso

El recorrido hacia el libre aprovechamiento “Guarcurina”, con código catastral 10000916, efectuado desde la ciudad de Cuenca, es por la autopista Cuenca-Azogues (km 9,5) hasta llegar a una rampa, en donde se gira hacia la derecha con dirección a la Panamericana Norte E40, luego se debe seguir hasta llegar al redondel de Paute, se toma la 1ª salida en dirección a la vía Guarumales - Méndez, continuar hasta llegar al inicio de la carretera a Gulag – Remigio Crespo Toral. Seguir la carretera Gulag – Remigio Crespo Toral hasta llegar a la parroquia Remigio Crespo Toral, posteriormente se toma la carretera Gualaceo-Zhinquil-

Remigio Crespo Toral y se recorre hasta llegar a una separación, se gira hacia la izquierda y se recorre más o menos unos 300 m hasta llegar a una entrada, se gira hacia la derecha y se recorre unos 200 m y finalmente se llega hacia el libre aprovechamiento.

*Figura 2. Vías de acceso de la concesión Guarcurina*

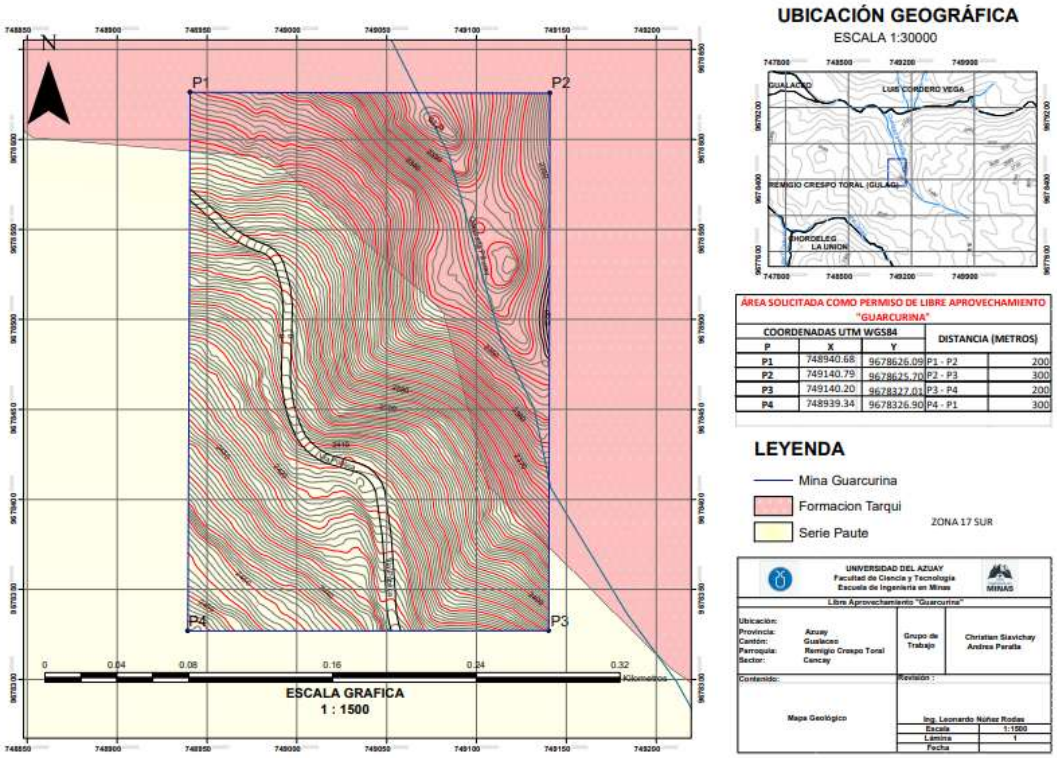



***Fuente:*** Elaboración Propia

## 1.6 Geología

De acuerdo a la cartografía geológica nacional, el libre aprovechamiento “Guarcurina” se encuentra ubicada sobre la Serie Paute, del cretácico mesozoico y la formación Tarqui, del pleistoceno y holoceno cuaternario.

*Figura 3. Geología de la zona de estudio*




***Fuente:*** Elaboración Propia

## Formación Tarqui

La formación Tarqui esta superpuesta sobre formaciones del Mioceno en el sur del Ecuador. La cual, está constituida por una variedad de litologías como: tobas de composición riolítica a andesítica volcánica, brechas, flujos piroclásticos. Igualmente, se caracteriza por poseer eventos de caída de ceniza, junto a conglomerados, areniscas y limolitas ricas en cuarzo. (Flores, 2018).

## Serie Paute

La Serie Paute se caracteriza por tener rocas metamórficas, conjuntamente con enlaces de filitas negras, esquistos verdes, y meta-volcánicas. (Bristow, 1973)

## 1.7 Topografía

Para el levantamiento topográfico del proyecto “Guarcurina” se utilizó dos tipos de equipos:

- Estación total
- Dron

La metodología usada para el levantamiento topográfico fue la siguiente:

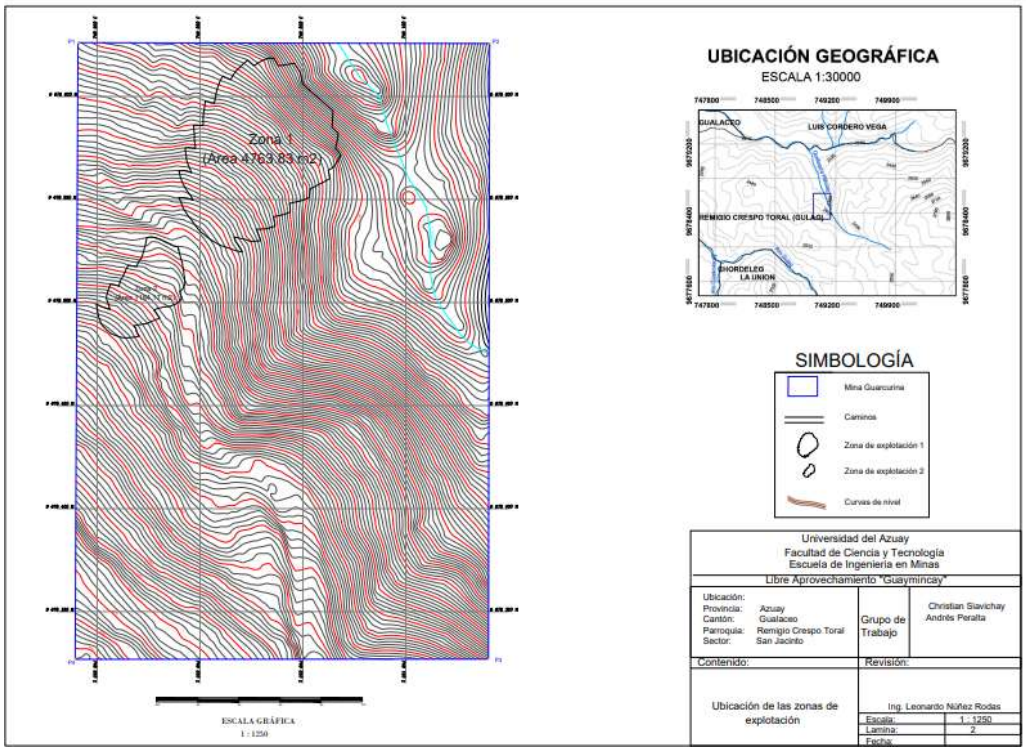
Inicialmente, se levantó una topografía inicial con la Estación Total.

Se establecieron 8 puntos de control, los cuales estaban dispersos por toda la concesión.

Finalmente, se procedió a volar el Dron por toda el área de estudio.

Los datos generados por el vuelo del Dron fueron corregidos y orto-rectificados en base a los puntos de control mediante el software Pix4D. Finalmente, se obtuvieron tanto la Ortofoto como las curvas de nivel.

*Figura 4. Topografía del área de estudio*




***Fuente:*** Elaboración Propia

## 1.8 Características geomecánicas del macizo rocoso

La geomecánica es una rama de la ingeniería que estudia el comportamiento mecánico de los materiales terrestres, como suelos y rocas, bajo diversas condiciones de carga y estrés. Su objetivo principal es comprender cómo estos materiales interactúan con las estructuras construidas sobre o dentro de ellos, así como su respuesta a factores ambientales y geológicos.

La geomecánica es fundamental para garantizar la seguridad y estabilidad de las estructuras construidas, así como para la gestión sostenible de los recursos naturales. Su estudio permite prever problemas potenciales y diseñar soluciones efectivas, minimizando riesgos para las personas y el medio ambiente.

**Ensayo de cohesión**

La cohesión es una característica que tienen los materiales al presentar una resistencia al corte, bajo un esfuerzo normal nulo o resistencia intrínseca al corte, el cual puede estimarse como la mitad de la resistencia a la compresión simple.

El ensayo de cohesión se lo realiza por medio de la Veleta Manual o “Hand Held Shear Vane Test” en inglés. El cual permite determinar la resistencia al corte de suelos cohesivos. La manera en que se determina la resistencia con la Veleta Manual es mediante la relación esfuerzo de corte necesario para generar falla y las divisiones que posee el instrumento en su parte superior. (Morales, 2013)

*Figura 5. Veleta de bolsillo*

***Fuente:*** Elaboración Propia

## Procedimiento

Se realizaron 40 ensayos en la zona de estudio usando la veleta de bolsillo para determinar su cohesión, distribuyéndolos cada 2 m aproximadamente en la ladera.

*Tabla 3. Resultados del ensayo de cohesión con veleta de bolsillo*

| **Ensayo de cohesión con veleta de bolsillo (kg/cm$^2$)** | | | |
|---|---|---|---|
| 2 | 1.9 | 1.8 | 1.8 |
| 1.8 | 2.3 | 2 | 2.1 |
| 1.9 | 2.3 | 1.9 | 1.9 |
| 2.3 | 2.2 | 1.8 | 1.8 |
| 2 | 1.9 | 2.2 | 1.9 |
| 2.1 | 2 | 2.2 | 2.3 |
| 2 | 2.1 | 1.9 | 1.9 |
| 1.8 | 2.2 | 1.9 | 2.2 |
| 2.3 | 2 | 2.1 | 2.2 |
| 2 | 1.9 | 2 | 2.3 |

***Fuente:*** Elaboración Propia

Al realizar los cálculos pertinentes se obtuvo una cohesión de 2 $kg/cm^2$

**Ensayo de corte con penetrómetro de bolsillo**

El penetrómetro es un instrumento para medir, registrar y analizar la compactación del suelo. Ayuda a tomar decisiones con respecto a las áreas del campo que requieren labranza, cambios en la rotación de cultivos y plantación de cultivos de cobertura.

*Figura 6. Penetrómetro*

***Fuente:*** Elaboración Propia

**Procedimiento**

Se realizaron 40 ensayos en la zona de estudio con el uso del penetrómetro de mano, distribuyéndolo cada 3 m en la zona de estudio.

*Tabla 4. Resultados de los ensayos de corte con penetrómetro de bolsillo*

| **Ensayos de corte con penetrómetro de bolsillo** | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 1.2 | 1 | 0.8 |
| 1.2 | 1.1 | 1.1 | 1 |
| 0.9 | 0.9 | 1.2 | 0.9 |
| 1 | 1 | 0.9 | 1 |
| 1.1 | 0.9 | 1 | 0.8 |
| 1 | 1.2 | 0.8 | 1.1 |
| 1.2 | 1.1 | 1 | 1.2 |
| 1 | 0.9 | 0.9 | 1.1 |
| 1.2 | 1.1 | 1.1 | 0.9 |
| 0.9 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |

***Fuente:*** Elaboración Propia

Al realizar los cálculos aritméticos se pudo determinar que la resistencia al corte, dando un resultado de 1 $kg/cm^2$

## Ángulo de fricción

El ángulo de fricción es una propiedad que representa el coeficiente de rozamiento. Generalmente este ángulo se representa con un ángulo de la tangente en los círculos de Mohr los cuales fueron construidos por el ultimo estado de tensión. Los valores del ángulo de fricción dependen de factores como:

- Tamaño de los granos
- Forma de los granos

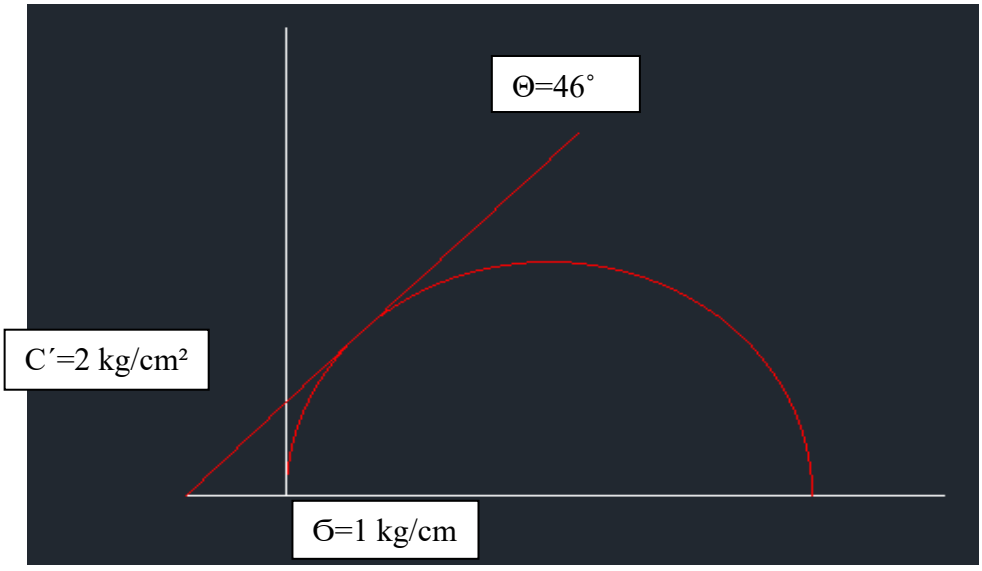
- Distribución del tamaño de los granos
- Densidad

El ángulo de fricción es una representación matemática del coeficiente de rozamiento de un suelo, la cual es posible determinarla mediante la cohesión y la resistencia al corte de dicho suelo.

**Procedimiento**

**S**e debe graficar en un plano la cohesión en el eje vertical, como un punto de corte en el eje de una recta tangente a una semicircunferencia trazada en el eje horizontal con diámetro igual al valor de la resistencia al corte. El resultado obtenido es el ángulo de fricción.

*Figura 7. Ángulo de fricción interna del suelo*




***Fuente:*** Elaboración Propia

El ángulo de fricción o rozamiento interno ϕ resultante es de 46°.

**Resistencia a la compresión simple**

La resistencia a la compresión simple es una característica mecánica principal, la cual se conoce como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, se puede expresar en términos de esfuerzo, principalmente en kg/cm$^2$ y MPa.

El cálculo de la resistencia a la compresión simple no se la realizo ya que este parámetro fue realizado por los técnicos del libre aprovechamiento. Dándoles como resultado un RSC de 50 MPa.

**Peso específico**

El peso específico se define como la unidad de volumen de un material o la relación existente entre el peso y el volumen de una sustancia. Para la obtención del peso específico se tomó 100g de muestra del libre aprovechamiento "Guarcurina" y se la deposito en una probeta con 500ml de agua. Finalmente, se lo dejo reposar 24 horas.

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Donde:

$\rho$: peso específico (g/cm$^3$)

m: peso de la muestra (g)

v: volumen (m$^3$)

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = \frac{100}{40}$$

$$\rho = 2{,}5 \ (\frac{g}{cm^3})$$

# CAPÍTULO 2

## 2. Marco teórico

### 2.1 Definición cantera

Una cantera es un área geográfica específica donde se lleva a cabo la extracción de materiales naturales, principalmente rocas y minerales, que son esenciales para diversas aplicaciones en la construcción, la ingeniería civil y la industria. Las canteras pueden proporcionar materiales como granito, mármol, caliza, arena y grava, entre otros. (García, 2006)

### 2.2 Áridos

Los áridos son materiales inertes que se utilizan en la construcción, principalmente en la fabricación de hormigón, morteros y otros productos de construcción. Estos materiales incluyen grava, arena, piedra triturada y otros fragmentos de roca. (Gonzalez, 2010)

### 2.3 Estabilidad de taludes

La estabilidad de taludes se refiere a la capacidad de un talud o pendiente para resistir deslizamientos y colapsos. Es un aspecto crítico en la ingeniería civil y geotécnica, ya que afecta la seguridad de estructuras y terrenos.

> "La estabilidad de taludes es el estudio de la resistencia de las pendientes frente a los diferentes tipos de fuerzas que pueden provocar su inestabilidad, como el peso del material, la saturación por agua y las vibraciones." (Bishop, 1955)

### 2.4 Cierre de mina

El cierre de mina se refiere al proceso de finalizar las operaciones mineras y rehabilitar el sitio para minimizar el impacto ambiental y restaurar el área a un estado seguro y sostenible.

Este proceso es crucial para garantizar que las actividades mineras no dejen efectos negativos a largo plazo en el medio ambiente y en las comunidades circundantes.

**Proceso de Cierre de Mina**

El cierre de mina típicamente incluye varias etapas:

**Planificación:** Desarrollo de un plan de cierre que aborde la rehabilitación del sitio, la gestión de residuos y la restauración del paisaje.

**Desmantelamiento:** Retiro de infraestructura, maquinaria y equipos utilizados en la minería.

**Rehabilitación del Terreno:** Relleno de excavaciones, estabilización de taludes y reforestación con especies nativas.

**Monitoreo:** Supervisión continua del sitio para asegurar que las medidas de cierre sean efectivas y que no haya impactos ambientales persistentes. (López, 2012)

## 2.5 Software de modelamiento

El software minero se refiere a aplicaciones y sistemas informáticos diseñados específicamente para apoyar la planificación, operación, gestión y monitoreo de actividades en la industria minera. Estas herramientas pueden abarcar desde la exploración geológica y la modelación de yacimientos hasta la gestión de operaciones, la seguridad y el cumplimiento normativo.

Para este proyecto se usó RecMin que es un software especializado en la gestión y planificación de operaciones mineras. Este software permite optimizar la extracción de materiales, mejorar la eficiencia operativa y facilitar el cumplimiento normativo en la industria de canteras.

**Características de RecMin para Canteras**

**Planificación de Extracción:** Permite diseñar y planificar la extracción de áridos de manera eficiente, considerando aspectos geológicos y económicos.

**Modelado Geológico:** Facilita la creación de modelos 3D del yacimiento, ayudando a identificar las mejores áreas para la extracción.

**Gestión de Inventarios:** Ayuda a llevar un control preciso de los materiales extraídos y disponibles.

**Análisis de Costos:** Proporciona herramientas para evaluar la rentabilidad de las operaciones y optimizar los costos.

**Cumplimiento Normativo:** Incluye funcionalidades para asegurar que las operaciones cumplan con las regulaciones ambientales y de seguridad. (Perez, 2020)

# CAPÍTULO 3

## 3. Propuesta de diseño de cierre

### 3.1 Aspectos importantes para el diseño

El diseño de cierre de mina es un proceso crítico que requiere una planificación cuidadosa para minimizar el impacto ambiental y garantizar la seguridad a largo plazo. Algunos aspectos importantes a considerar son:

- Evaluación ambiental: Realizar un estudio de impacto ambiental para identificar los efectos potenciales de la actividad minera y el cierre.
- Planificación y diseño: Desarrollar un plan de cierre que incluya la rehabilitación del terreno, el manejo de residuos y la restauración del paisaje.
- Restauración de ecosistemas: Implementar medidas para restaurar la flora y fauna local, utilizando especies nativas y técnicas de reforestación.
- Estabilidad de taludes: Asegurar que los taludes y áreas excavadas sean estables para prevenir deslizamientos y colapsos.
- Gestión de agua: Diseñar sistemas para el manejo de aguas pluviales y drenajes para evitar la contaminación y la erosión.
- Monitoreo y mantenimiento: Establecer un programa de monitoreo a largo plazo para evaluar la efectividad de las medidas de cierre y realizar ajustes si es necesario.
- Compromiso con la comunidad: Involucrar a las comunidades locales en el proceso de cierre, asegurando que sus preocupaciones y necesidades sean consideradas.
- Cumplimiento normativo: Asegurarse de que el plan de cierre cumpla con todas las regulaciones y normativas ambientales vigentes.
- Aspectos económicos: Evaluar los costos asociados con el cierre y la rehabilitación, asegurando que haya financiamiento disponible para llevar a cabo el plan.

- Educación y capacitación: Proporcionar capacitación a los trabajadores y a la comunidad sobre la importancia del cierre y la rehabilitación.

Además de todo esto también es necesario conocer qué tipo de maquinaria será utilizada, ya que será uno de los puntos más importantes a la hora de diseñar la explotación del libre aprovechamiento.

### 3.1.1 Maquinaria necesaria

Debido a que las operaciones de extracción de material son ocasionales, el libre aprovechamiento ha optado por el alquiler de la misma. Las maquinarias empleadas para las labores extractivas son:

#### 3.1.1.1 Retroexcavadora CAT 320

*Figura 8. Retroexcavadora CAT320 (Capacidad de cucharon de 1.9 m3)*

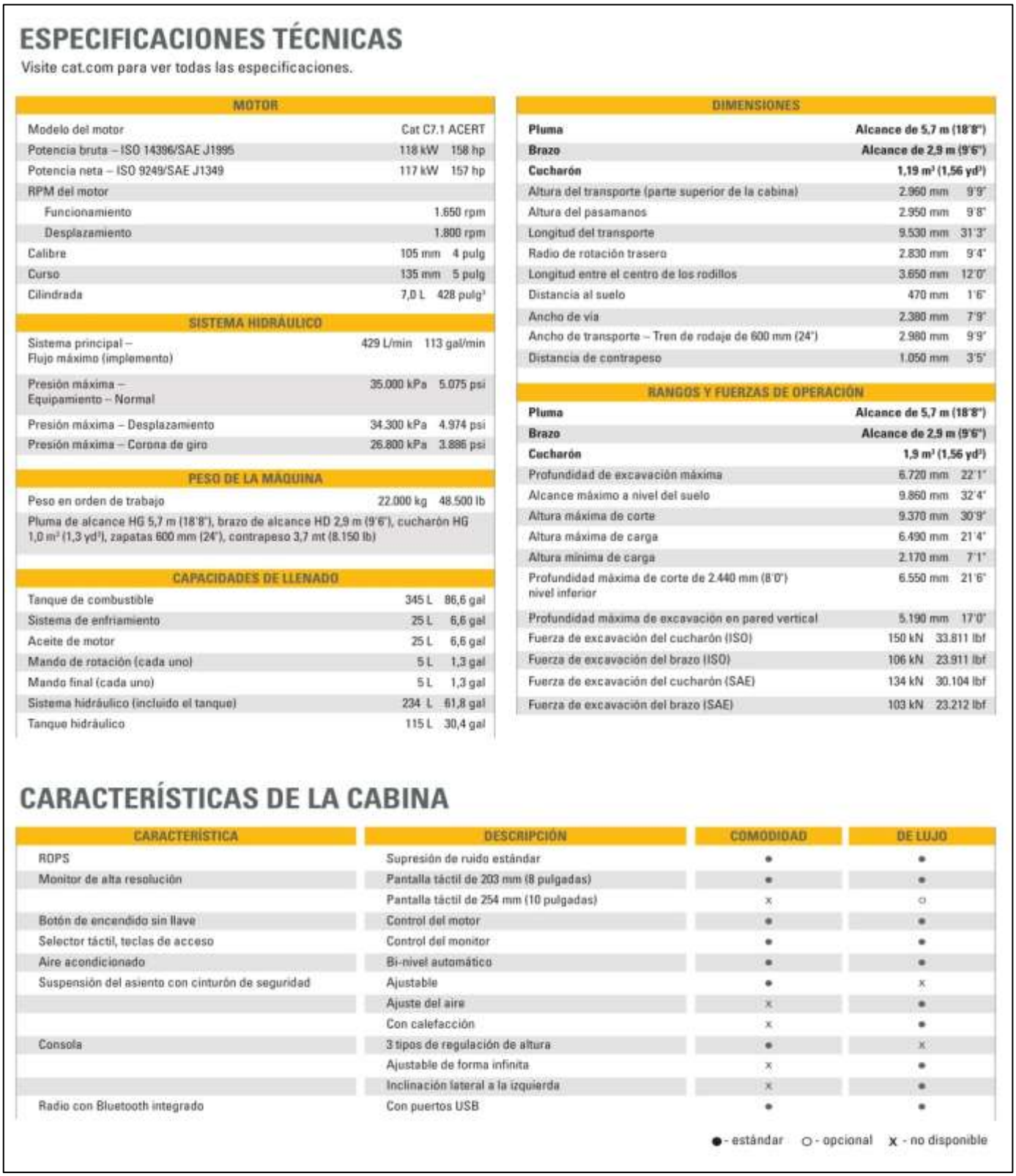
***Fuente:*** Elaboración Propia

*Tabla 5. Características de la retroexcavadora CAT 320*

| | |
|---|---|
| Profundidad máxima de excavación | 6.72m |
| Capacidad de cucharon | 1.19 $m^3$ |
| Alcance máximo a nivel de suelo | 9.86m |
| Profundidad máxima de excavación en frente vertical | 5.0 m |

***Fuente:*** (Rojas,2021)

*Figura 9. Especificaciones técnicas de la retroexcavadora CAT 320*



## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Visite cat.com para ver todas las especificaciones.

| MOTOR | | |
|---|---|---|
| Modelo del motor | Cat C7.1 ACERT | |
| Potencia bruta – ISO 14396/SAE J1995 | 118 kW | 158 hp |
| Potencia neta – ISO 9249/SAE J1349 | 117 kW | 157 hp |
| RPM del motor | | |
| Funcionamiento | 1.650 rpm | |
| Desplazamiento | 1.800 rpm | |
| Calibre | 105 mm | 4 pulg |
| Curso | 135 mm | 5 pulg |
| Cilindrada | 7,0 L | 428 pulg³ |

| SISTEMA HIDRÁULICO | | |
|---|---|---|
| Sistema principal – Flujo máximo (implemento) | 429 L/min | 113 gal/min |
| Presión máxima – Equipamiento – Normal | 35.000 kPa | 5.075 psi |
| Presión máxima – Desplazamiento | 34.300 kPa | 4.974 psi |
| Presión máxima – Corona de giro | 26.800 kPa | 3.886 psi |

| PESO DE LA MÁQUINA | | |
|---|---|---|
| Peso en orden de trabajo | 22.000 kg | 48.500 lb |
| Pluma de alcance HG 5,7 m (18'8"), brazo de alcance HD 2,9 m (9'6"), cucharón HG 1,0 m³ (1,3 yd³), zapatas 600 mm (24"), contrapeso 3,7 mt (8.150 lb) | | |

| CAPACIDADES DE LLENADO | | |
|---|---|---|
| Tanque de combustible | 345 L | 86,6 gal |
| Sistema de enfriamiento | 25 L | 6,6 gal |
| Aceite de motor | 25 L | 6,6 gal |
| Mando de rotación (cada uno) | 5 L | 1,3 gal |
| Mando final (cada uno) | 5 L | 1,3 gal |
| Sistema hidráulico (incluido el tanque) | 234 L | 61,8 gal |
| Tanque hidráulico | 115 L | 30,4 gal |

| DIMENSIONES | | |
|---|---|---|
| **Pluma** | **Alcance de 5,7 m (18'8")** | |
| **Brazo** | **Alcance de 2,9 m (9'6")** | |
| **Cucharón** | **1,19 m³ (1,56 yd³)** | |
| Altura del transporte (parte superior de la cabina) | 2.960 mm | 9'9" |
| Altura del pasamanos | 2.950 mm | 9'8" |
| Longitud del transporte | 9.530 mm | 31'3" |
| Radio de rotación trasero | 2.830 mm | 9'4" |
| Longitud entre el centro de los rodillos | 3.650 mm | 12'0" |
| Distancia al suelo | 470 mm | 1'6" |
| Ancho de vía | 2.380 mm | 7'9" |
| Ancho de transporte – Tren de rodaje de 600 mm (24") | 2.980 mm | 9'9" |
| Distancia de contrapeso | 1.050 mm | 3'5" |

| RANGOS Y FUERZAS DE OPERACIÓN | | |
|---|---|---|
| **Pluma** | **Alcance de 5,7 m (18'8")** | |
| **Brazo** | **Alcance de 2,9 m (9'6")** | |
| **Cucharón** | **1,9 m³ (1,56 yd³)** | |
| Profundidad de excavación máxima | 6.720 mm | 22'1" |
| Alcance máximo a nivel del suelo | 9.860 mm | 32'4" |
| Altura máxima de corte | 9.370 mm | 30'9" |
| Altura máxima de carga | 6.490 mm | 21'4" |
| Altura mínima de carga | 2.170 mm | 7'1" |
| Profundidad máxima de corte de 2.440 mm (8'0") nivel inferior | 6.550 mm | 21'6" |
| Profundidad máxima de excavación en pared vertical | 5.190 mm | 17'0" |
| Fuerza de excavación del cucharón (ISO) | 150 kN | 33.811 lbf |
| Fuerza de excavación del brazo (ISO) | 106 kN | 23.911 lbf |
| Fuerza de excavación del cucharón (SAE) | 134 kN | 30.104 lbf |
| Fuerza de excavación del brazo (SAE) | 103 kN | 23.212 lbf |

## CARACTERÍSTICAS DE LA CABINA

| CARACTERÍSTICA | DESCRIPCIÓN | COMODIDAD | DE LUJO |
|---|---|---|---|
| ROPS | Supresión de ruido estándar | ● | ● |
| Monitor de alta resolución | Pantalla táctil de 203 mm (8 pulgadas) | ● | ● |
| | Pantalla táctil de 254 mm (10 pulgadas) | x | ○ |
| Botón de encendido sin llave | Control del motor | ● | ● |
| Selector táctil, teclas de acceso | Control del monitor | ● | ● |
| Aire acondicionado | Bi-nivel automático | ● | ● |
| Suspensión del asiento con cinturón de seguridad | Ajustable | ● | x |
| | Ajuste del aire | x | ● |
| | Con calefacción | x | ● |
| Consola | 3 tipos de regulación de altura | ● | x |
| | Ajustable de forma infinita | x | ● |
| | Inclinación lateral a la izquierda | x | ● |
| Radio con Bluetooth integrado | Con puertos USB | ● | ● |

● - estándar ○ - opcional x - no disponible

***Fuente:*** (Rojas, 2021)

### 3.1.1.2 Volquete de 8m$^3$

*Figura 10. Volquete de 8m3 de capacidad de balde*

***Fuente:*** (Teojama Comercial, 2021)

*Tabla 6. Características del Volquete*

| | |
|---|---|
| Capacidad del balde | 8 m$^3$ |
| Velocidad máxima | 80 km/h |
| Cilindraje | 5307 cc |
| Torque máximo (Kg/rpm) | 51 / 1500 |
| Sistema de combustión | Inyección directa |

***Fuente:*** (Hino, 2018)

*Figura 11. Especificaciones técnicas del volquete*

***Fuente:*** (Hino, 2018)

Una vez que tenemos establecido cual será la maquinaria a usarse, procedemos a hacer diversos cálculos que nos ayudarán a conocer cuál puede ser nuestra producción diaria de material y el tiempo en el cual vamos a poder recuperar dicho material.

**Cálculo de excavadora hidráulica**

$$\text{Número de palas} = \frac{\text{Capacidad de volquete}}{\text{Capacidad de cargadora}}$$

$$\text{Np} = \frac{7.8\ \text{t}}{1.19\ \text{t}} = 6\ \text{cucharadas}$$

**Cálculo de volquetes**

- El volquete tiene una eficiencia del 90%.
- El volquete tiene tiempo de subida del balde de 22 segundos.
- Tiempo de bajada 15 segundos.
- Tiempo de estacionamiento 25 segundos.
- Tiempo de espera 0 segundos.

**Tiempo de carga**

$$\text{Tiempo de carga} = \frac{\text{Capacidad de volquete}}{\text{Capacidad de la Excavadora hidraulica}} * 0.75$$

$$\text{tc} = \frac{7.8\ \text{t}}{1.19\ \text{t}} * 0.75$$

$$\text{tc} = 5\ \text{min}\ 31\ \text{s.}$$

**Tiempo de ida**

$$\text{ti} = \frac{\text{Distancia}}{\text{velocidad}}$$

$$\text{ti} = \frac{10\ \text{km}}{17.1 \frac{\text{km}}{\text{h}}} * 60$$

$$\text{ti} = 35.08\ \text{min}$$

**Tiempo que demora en volver**

$$\text{tv} = \frac{\text{Distancia}}{\text{velocodad retorno}}$$

$$\text{tv} = \frac{10\ \text{km}}{31.2\ \frac{\text{km}}{\text{h}}} * 60$$

$$\text{tv} = 19.23\ \text{min}$$

$$\text{tc} = \text{tiempodeida} + \text{tiempoderetorno} + \text{tiempoextra}$$

$$\text{tc} = 35.08 + 19.23 + 1.25 = 55.56\ \text{min.}$$

**Cálculo de la producción de un volquete**

$$\text{pv} = \frac{60 * \text{cap. carga} * \text{eficiencia volquete}}{\text{tc}}$$

$$\text{pv} = \frac{60 * 7.8 * 0.9}{55.56}$$

$$\text{pv} = 7.6\ \text{toneladas}$$

**Producción horaria necesaria**

$$\text{p} = \frac{117.21\ \text{toneladas}}{8\ \text{horas}}$$

$$\mathbf{p = 14.65\ \frac{toneladas}{horas}}$$

**Número de volquetes necesarios**

$$\text{Nv} = \frac{\text{Producción necesaria x hora}}{\text{Producción de la volqueta x hora}}$$

$$\text{Nv} = \frac{14.65\ \frac{\text{t}}{\text{h}}}{7\ \frac{\text{t}}{\text{h}}}$$

$$\text{Nv} = 2\ \text{volquete}$$

### 3.2 Factor de seguridad

Para realizar el cálculo del factor de seguridad se utilizó los ábacos de Hoek y Bray, en este caso se escogió el gráfico No. 1 “Pendiente totalmente drenada” ya que no se encuentra agua subterránea en la pendiente.

Para proceder con los cálculos se cuentan con los siguientes datos:

C= 0.1 kg/cm²

ɣ=1.89g/cm³

H= 5m

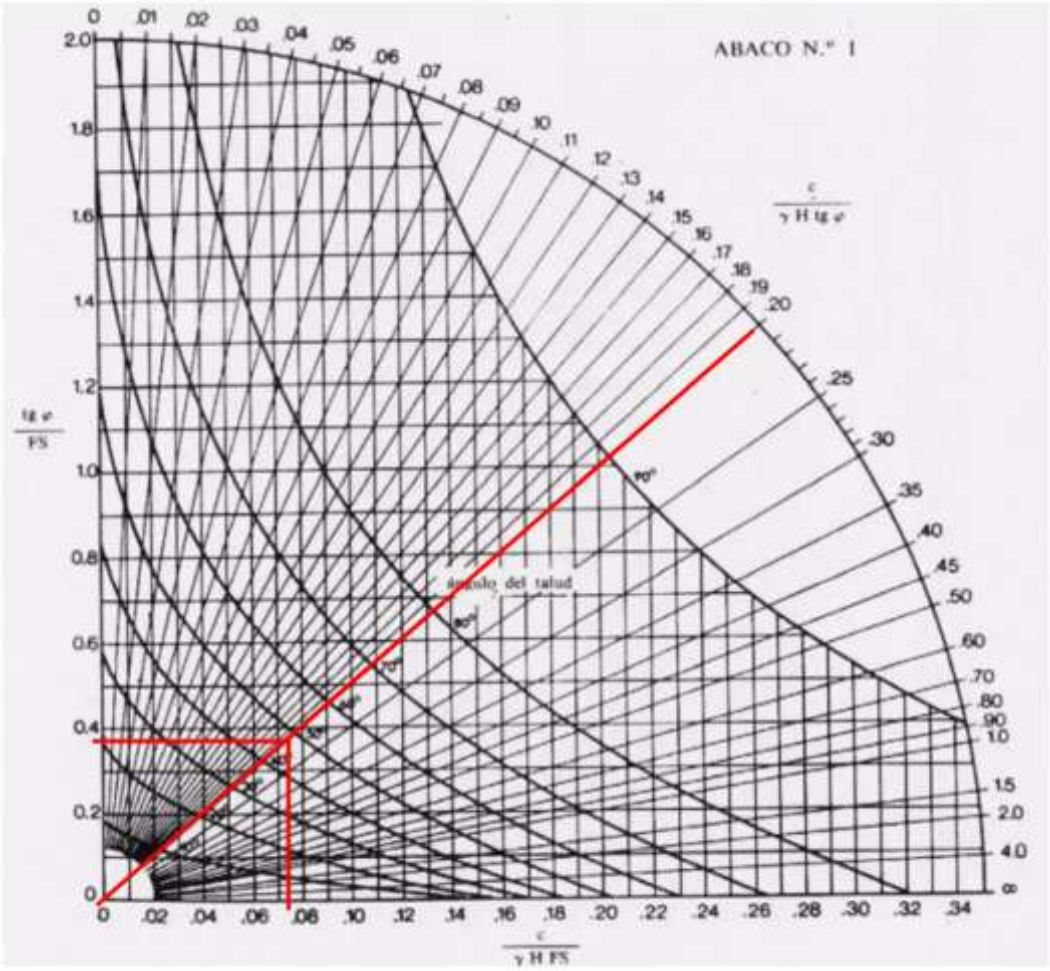
Φ= 46°

$$\frac{C}{\gamma * H * \tan(\Phi)}$$

$$\frac{0.2 kg/cm^2}{0.00189 \frac{kg}{cm^3} * 500 cm * \tan(46°)} = 0.204$$

Una vez encontrado el valor de 0.067, se procede a buscar en el ábaco No. 1 de Hoek y Bray siguiendo la parte de la línea radial, se traza una línea recta desde dicho valor hasta el punto 0 y al final de busca la intersección con el ángulo de la pendiente.

*Figura 12. Cálculo del factor de seguridad*




***Fuente:*** Elaboración Propia

Finalmente se calcula el factor de seguridad F con los datos obtenidos anteriormente.

$$\frac{\tan(\Phi)}{F} = 0.38$$

$$F = \frac{\tan(46)}{0.38} = 2.73$$

Analizando el factor de seguridad de 2.73, podemos considerar que el talud se mantendrá estable y seguro para el diseño de explotación.

## 3.3 Diseño de bancos de liquidación

Para poder realizar el diseño óptimo se tuvo tomar en cuenta algunos factores como los son:

### 3.3.1 Ancho de la plataforma para arranque y liquidación de la cantera

Es uno de los aspectos más importantes, ya que se puede calcular la berma que debe tener nuestro proyecto para explotar nuestro material deseado y a la vez dejarlo estable al finalizar el mismo.

#### 3.3.1.1 Berma de seguridad

Se la calcula con la siguiente fórmula:

$$B = 0.2Hb + 4.5$$

Donde:

Hb= altura de banco (m)

B= Ancho de la berma (m)

En este caso en ancho de berma va a ser el mismo para los diseños que se tienen planteados ya que la altura del banco es la misma.

$$B = 0.2(5) + 4.5$$

$$B = 5.5\ m$$

#### 3.3.1.2 Ancho de vía

Es donde se va a llevar a cabo el carguío y transporte de material extraído. Se lo calcula con la siguiente fórmula:

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

Donde:

T= Ancho de vía

a= ancho de vehículo de mayor dimensión

n= número de carriles (n=1)

$$T = 3 * (0.5 + 1.5 * 1)$$

$$T = 6\,m$$

### 3.3.1.3 Espacio de maniobra para la excavadora

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$C = 1.5 * Ae$$

Donde:

C= Espacio de maniobra para la excavadora

Ae= Ancho de la excavadora

$$C = 1.5 * 3$$

$$C = 4.5$$

### 3.3.1.4 Ancho de prisma de deslizamiento

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$Pd = \frac{Hb}{\tan(46)}$$

$$Pd = 4.8\,m$$

Donde:

Pd= Ancho de prisma de deslizamiento

Hb= Altura de banco

#### 3.3.1.5 Ancho de la plataforma de trabajo

Para poder calcular es necesario sumar todos los incisos anteriores.

$$Bpt = A + C + T + B + Pd$$

Donde:

A= Ancho de pila de material (4m)

C= Espacio para maniobra de excavadora

T= Ancho de vía

B= Berma de seguridad

Pd= Ancho de prisma de deslizamiento

$$Bpt = 4 + 4.5 + 6 + 5.5 + 4.8$$

$$Bpt = 24.8m$$

Se necesita tener un ancho de plataforma para llevar a cabo el trabajo de 24.8m, más unos 0.20m cuneta para desfogue de aguas lluvias lo que daría un total de 25m.

### 3.3.2 Ángulo de liquidación de la cantera

Está en función del coeficiente de seguridad y del ángulo de trabajo. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$\propto f = \frac{\Phi}{Ks}$$

Donde:

∝f=Ángulo de liquidación

Φ= Ángulo de trabajo

Ks= (1.4 - 1.9)

Se escogió para el primer diseño el valor de Ks= 1.4 y, para el segundo diseño el valor de Ks= 1.85.

$$(1) \propto f = \frac{46}{1.4}$$

$$(1) \propto f = 32.85 = 33°$$

$$(2) \propto f = \frac{46}{1.85}$$

$$(2) \propto f = 24.86 = 25°$$

### 3.3.2 Ángulo del talud del borde de la cantera en trabajo

Este parámetro se obtiene de la siguiente ecuación:

$$\theta = arctg = \frac{Hb}{Hb * \cot(\phi) + Bpt}$$

Donde:

$\phi$: Ángulo del borde de la cantera en trabajo.

Hb: Altura del banco.

α: Ángulo de talud del banco.

Bpt: Ancho de la plataforma de trabajo.

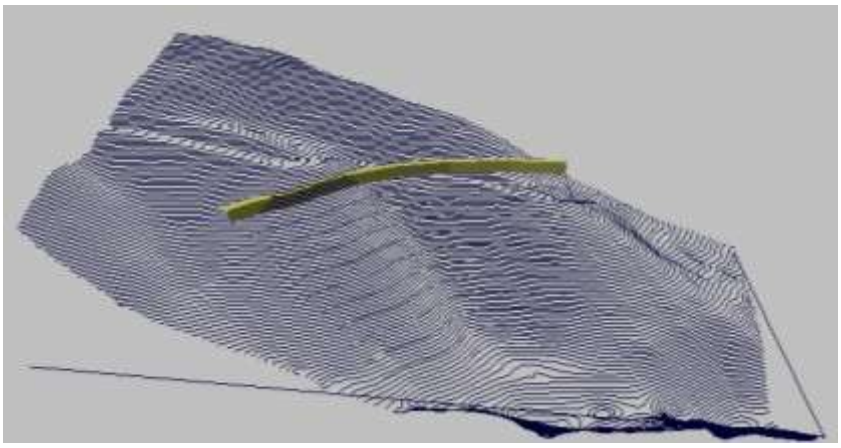
$$\theta = arctg = \frac{5}{5 * \cot(46) + 25}$$

$$\theta b = 15.14°$$

### 3.4 Alternativas de diseño previas al diseño óptimo

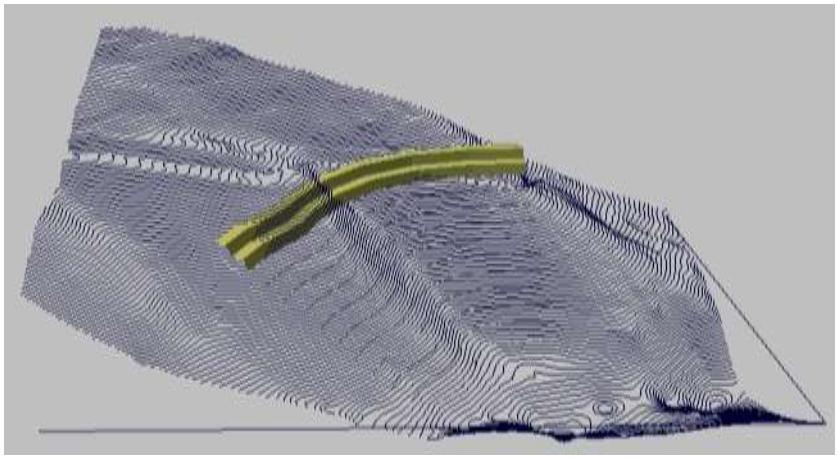
En este caso no se pueden tener diferentes alternativas de explotación, ya que, si variamos tan solo un poco los diferentes índices antes planteados se pueden llegar a tener graves problemas de estabilidad, así como de perdida de material útil.

*Figura 13. Fase 1.1 de explotación*



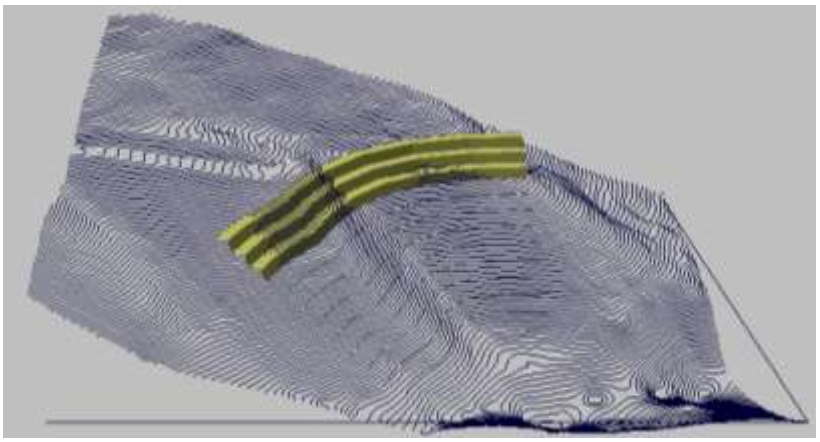
**Fuente***: Elaboración propia.*

*Figura 14. Fase 1.2 de explotación*



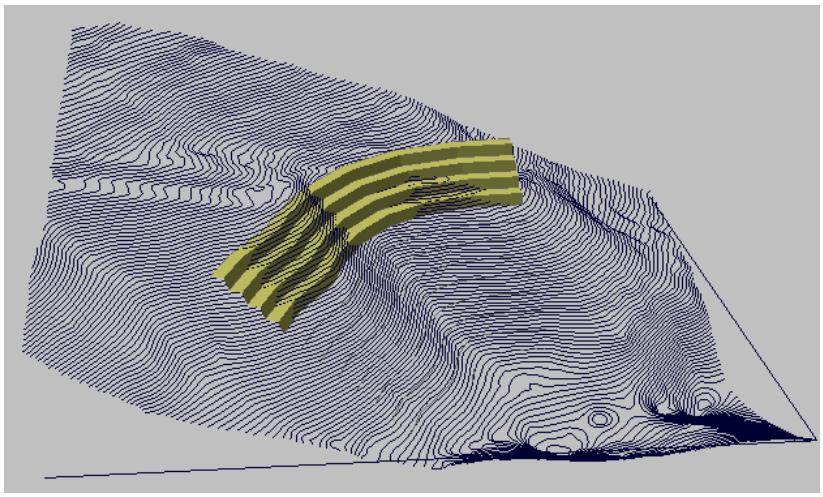
***Fuente:*** Elaboración propia

*Figura 15. Fase 1.3 de explotación*



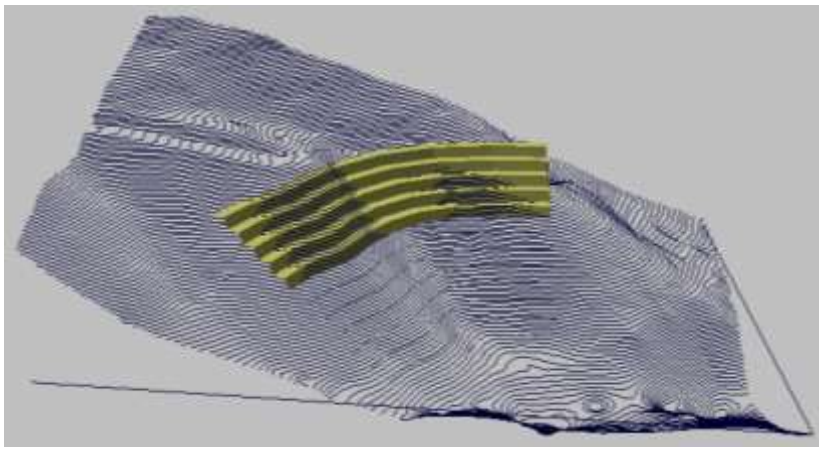
***Fuente:*** Elaboración propia

*Figura 16. Fase 1.4 de explotación*



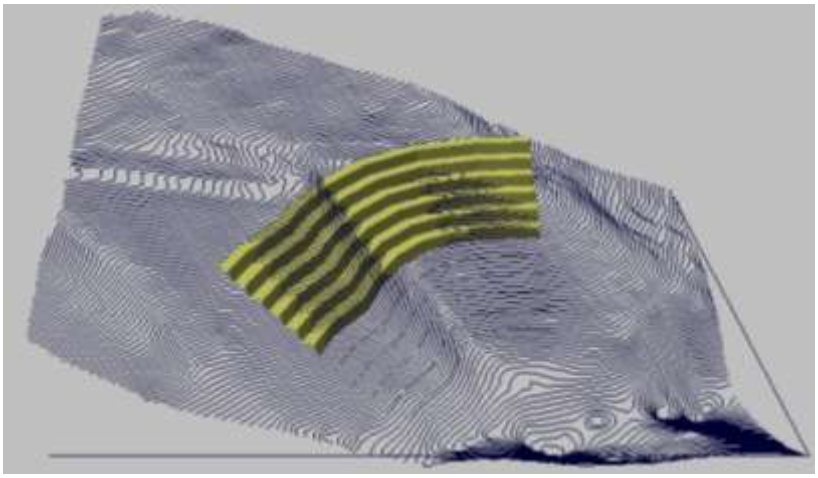
***Fuente:*** Elaboración propia

*Figura 17. Fase 1.5 de explotación*



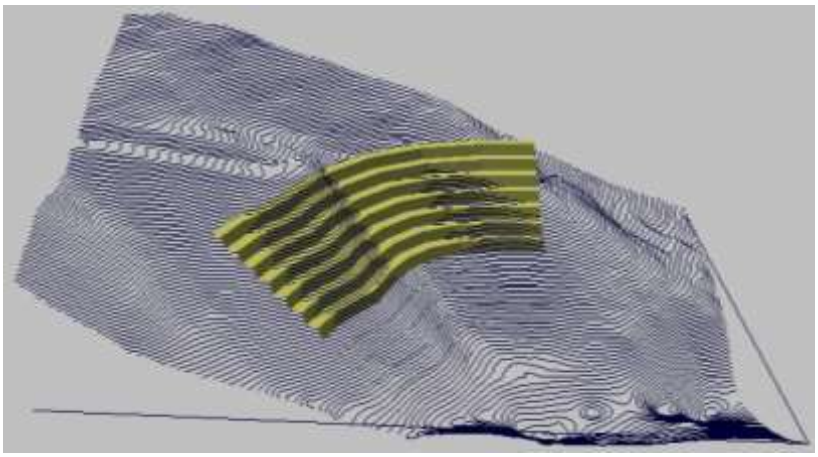
***Fuente:*** Elaboración propia

*Figura 18. Fase 1.6 de explotación*



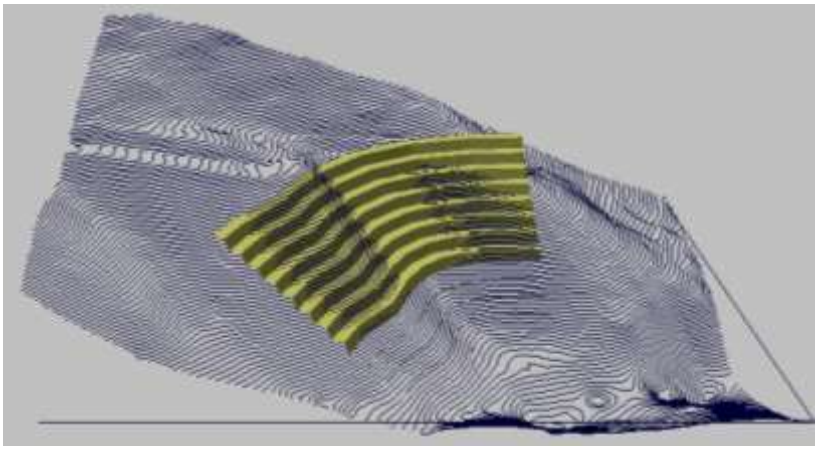
***Fuente:*** Elaboración propia

*Figura 19. Fase 1.7 de explotación*



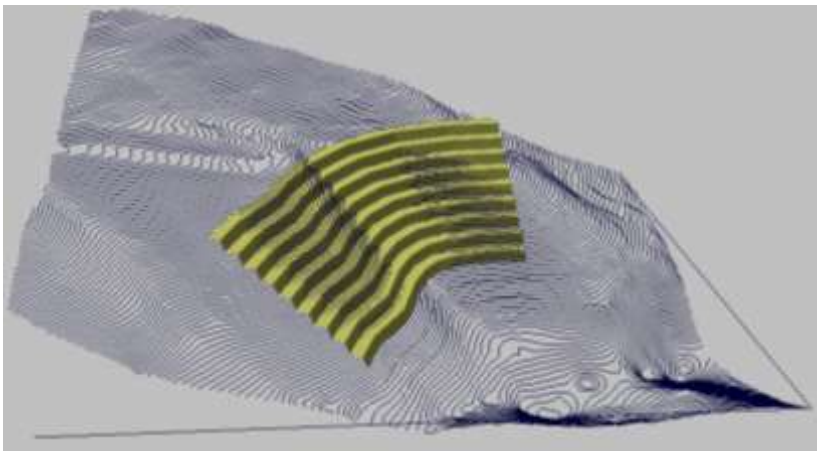
***Fuente:*** Elaboración propia

*Figura 20. Fase 1.8 de explotación*



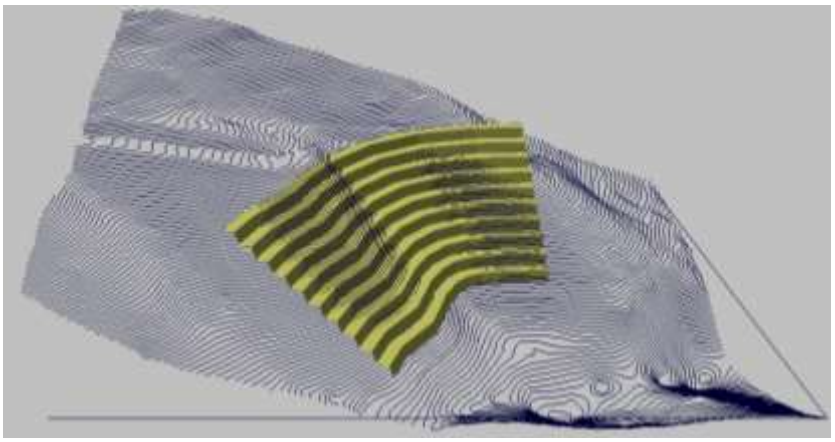
***Fuente:*** Elaboración propia

*Figura 21. Fase 1.9 de explotación*



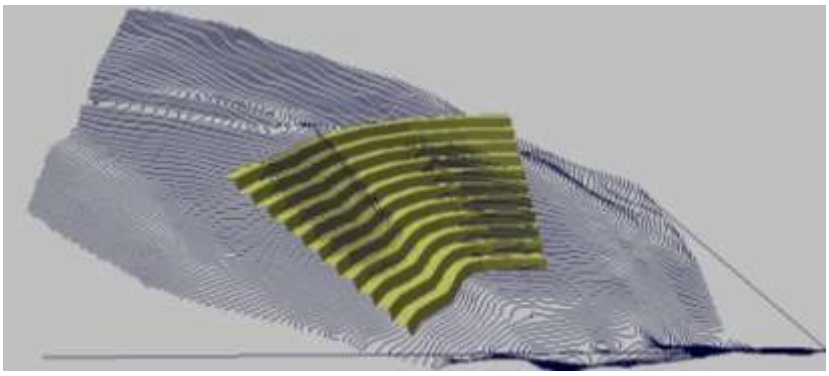
***Fuente:*** Elaboración propia

*Figura 22. Fase 1.10 de explotación*



***Fuente:*** Elaboración propia

*Figura 23. Fase 1.11 de explotación*



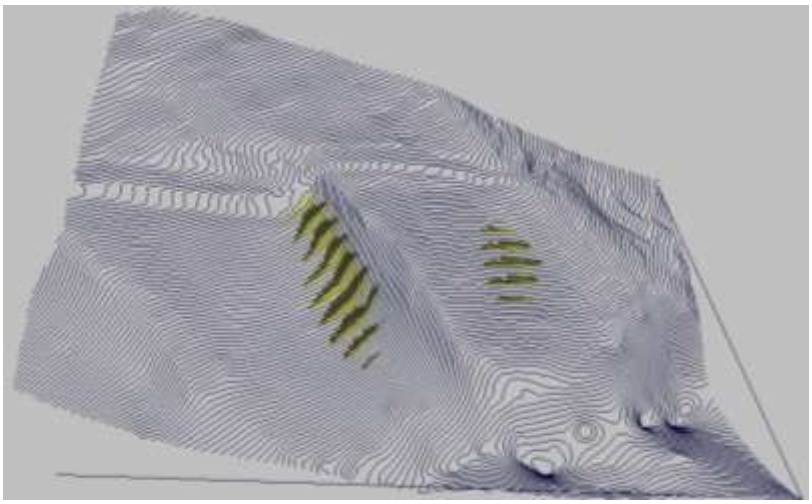
***Fuente:*** Elaboración propia

*Tabla 7. Volumen por fase de explotación*

| **Fase** | **Volumen (m³)** |
|---|---|
| Fase 1.1 | 199.82 |
| Fase 1.2 | 295.42 |
| Fase 1.3 | 398.89 |
| Fase 1.4 | 614.66 |
| Fase 1.5 | 778.51 |
| Fase 1.6 | 157.74 |
| Fase 1.7 | 98.68 |
| Fase 1.8 | 15.25 |

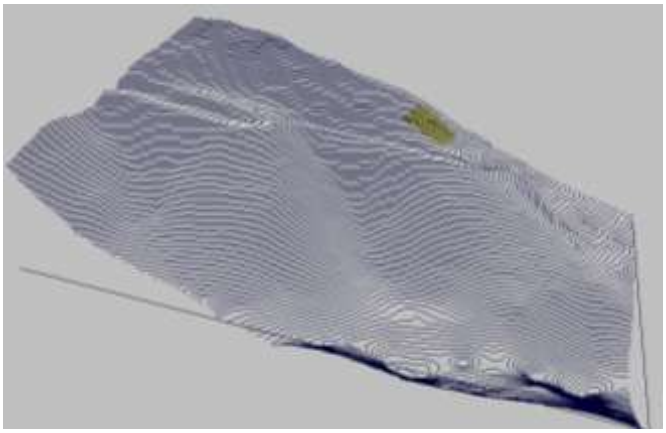
***Fuente:*** Elaboración propia

*Figura 24. Diseño final de fase 1 de explotación*



***Fuente:*** Elaboración propia

*Figura 25. Fase 2 de explotación*



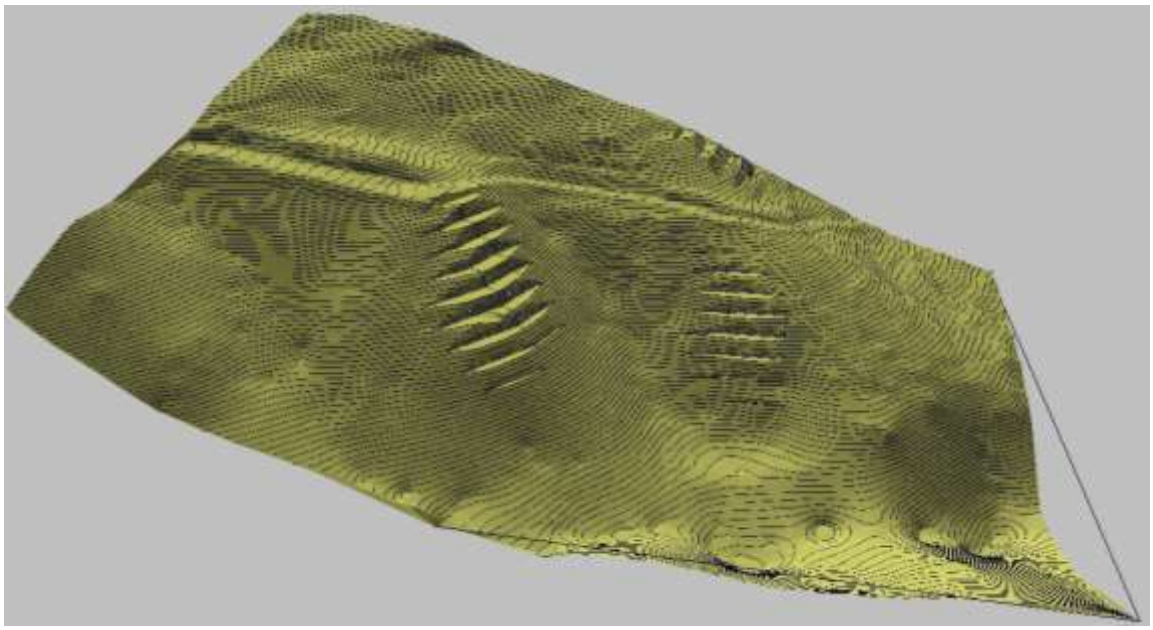
***Fuente:*** Elaboración propia

*Tabla 8. Volumen y área a explotar*

| FASE | VOLUMEN A EXPLOTAR ($m^3$) | ÁREA A EXPLOTAR ($m^2$) |
|---|---|---|
| **FASE 1** | 2558.97 | 2315.9 |
| **FASE 2** | 967.85 | 764.4 |

***Fuente:*** Elaboración propia

*Figura 26. Diseño final de explotación*



***Fuente:*** Elaboración Propia

# CAPÍTULO 4

## 4. Análisis de resultados

### 4.1 Análisis de los diseños ejecutados

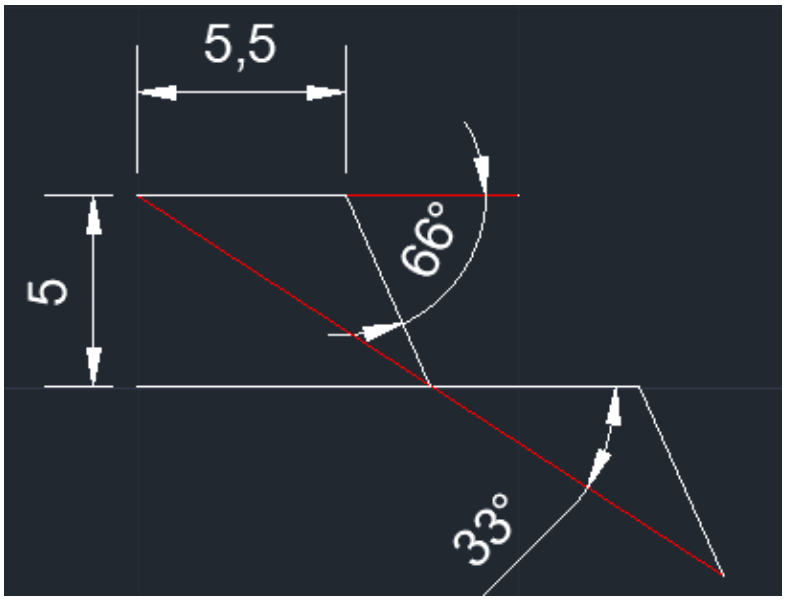
Como se había explicado anteriormente no se pueden llevar a cabo diferentes diseños de explotación por diversos factores ya expuestos; por lo cual se tuvo que imponer ciertas características a nuestro proyecto para poder obtener los mejores resultados tanto en la parte de seguridad como económica de la explotación.

*Tabla 9. Características para el diseño de bancos*

| CARACTERÍSTICAS PARA EL DISEÑO DE BANCOS | |
|---|---|
| Altura de banco | 5m |
| Ancho de berma | 5.5m |
| Ancho de plataforma de trabajo | 25m |
| Ángulo de liquidación (diseño 1) | 33° |
| Ángulo de liquidación (diseño 2) | 25° |
| Ángulo de trabajo (diseño 1) | 66° |
| Ángulo de trabajo (diseño 2) | 43.8° |
| Número de bancos (diseño 1) | 9 |
| Número de bancos (diseño 2) | 4 |

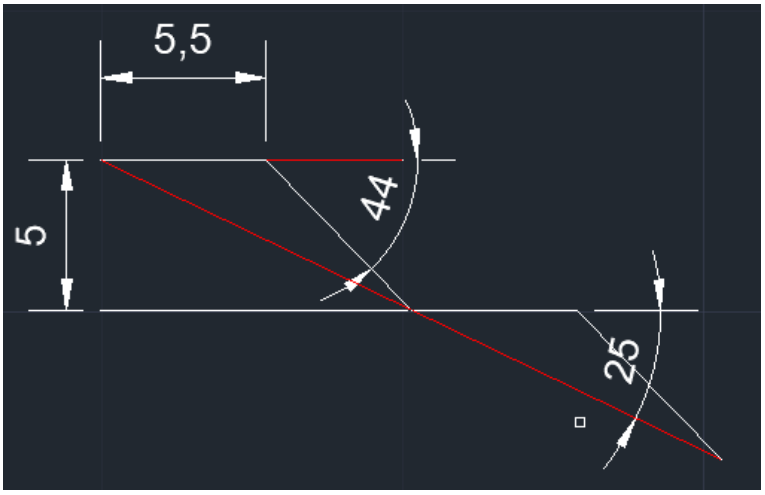
***Fuente:*** Elaboración Propia

*Figura 27. Diseño de talud (1)*




***Fuente:*** Elaboración propia

*Figura 28. Diseño de talud (2)*




***Fuente:*** Elaboración propia

## 4.2 Remediación

La remediación es el proceso de limpiar y restaurar un sitio contaminado a un estado seguro y saludable. En el contexto de una mina, la remediación se lleva a cabo para abordar los

impactos ambientales negativos que pueden resultar de la extracción de minerales, como la contaminación del suelo, agua y aire.

Por todo esto se planteó realizar una evaluación del estado del lugar y pudimos darnos cuenta que se había retirado una gran capa vegetal de la zona y había ciertos indicios de basura orgánica e inorgánica en el lugar.

Con estos antecedentes empezamos una investigación para conocer cuál es la vegetación propia del lugar, dándonos como resultado que hay especies de árboles las cuales se encuentran amenazadas su existencia, por cual se planteó cultivar de estas especies en nuestro proyecto.

*Tabla 10. Platas con amenaza de extinción*

| **PLANTAS CON AMENAZA DE EXTINCIÓN** | |
|---|---|
| Gynoxys rimbachii | |
| Gynoxys validifolia | |

| | |
|---|---|
| Nogal | |
| Valeriana buxifolia | |
| Plutarchia ecuadorensis | |

***Fuente:*** GAD Gualaceo.

Con todo esto se espera que la vegetación del lugar siga creciendo y la fauna presente pueda encontrar un nuevo lugar en el cual poder vivir.

### 4.3 Reacondicionamiento de la zona

Una vez que tenemos claro que se va a hacer en la remediación de nuestro proyecto podemos dar el siguiente paso a lo que sería el reacondicionamiento de la zona, en la cual, estableceremos que tipo de estructuras, vías de acceso, áreas de descanso, etc., serán utilizadas.

El tipo de estructuras que serán utilizadas en este proyecto serán de Glampings, ya que se ha visto la gran acogida que ha llegado a tener este tipo de lugares para poder pasar un momento de relajación, tranquilidad y rodeado de naturaleza ya sea con la pareja o con la familia.

Hay una serie de características que hacen que el Glamping sea mucho más cómodo y agradable que una acampada convencional como:

- Tienda o construcción más robusta que una tienda de campaña.
- Mobiliario propio del hogar (camas, mesita de noche, perchero, plantas.)
- Acceso a electricidad, agua e internet)
- Suelo con cremallera para evitar insectos.
- Duchas y baños de calidad.
- Cocina propia o barbacoa.

Entre estos se cuenta con una gran variedad como lo son:

*Tabla 11. Tipos de glampings*

| | |
|---|---|
| **Tiendas Pabellón y Safari:** Son tiendas con estructuras metálicas mucho más robustas y pesadas que las tiendas de camping normales. | |
| **Tiendas tipo Chalet y Remolque Tienda:** Son tiendas de algodón muy grandes, muy pesadas, con varias habitaciones interiores, normalmente una sala de estar, mesa, comedor o para juegos de mesa y un par de dormitorios dobles. | |
| **Tiendas Tipi:** El concepto de tienda tipi se refiere a las tiendas que fabricaban los indios indígenas mediante un cruce de palos o mástiles y pieles de animales envueltas a su alrededor. | |

| | |
|---|---|
| **Cúpulas y domos:**<br>Las cúpulas son habitaciones esféricas tipo igloo, normalmente compuestas por estructuras de triángulos. Suelen tener capacidad para 2 personas y ventanas cenitales, convirtiendo el domo en una experiencia única en la que camping y glamour se funden bajo las estrellas. | |
| **Hoteles Burbuja:**<br>Pero si lo que quieres es disfrutar de las estrellas, la mejor opción son los hoteles burbuja. Estas esferas hinchables son habitaciones privadas con vistas panorámicas al cielo y rodeadas de pura naturaleza. Suelen disponer de un módulo lateral con un baño completo. | |

***Fuente:*** Camping sport

Sin embargo, para nuestro proyecto utilizaremos las Tiendas Tipi y los Domos, ya que nos parece que son los más adecuados para cualquier tipo de ocasión, ya sea una reunión de familia o amigos, hasta una velada con tu pareja.

Este tipo de glampings tienen un costo variado dependiendo de las características de cada uno, además, se tiene que tomar en cuenta que se debe equipar cada una con camas, mesas, sillones, etc.

*Tabla 12. Costos de amoblar el glamping*

| **Artículos** | **Tienda Tipi**<br>**$950** | **Domo**<br>**$1500** |
|---|---|---|
| **Cama, cobijas, cojines, sábanas, almohadas, etc.** | 400 | 400 |
| **Muebles** | 500 | 500 |
| **Alfombras** | 100 | 100 |
| **Televisión** | 0 | 500 |
| **Equipo de sonido** | 100 | 100 |
| **Cocina con equipamiento** | 0 | 600 |
| **Baño con equipamiento** | 400 | 600 |
| **Juegos de sala** | 150 | 150 |
| **TOTAL** | $2600 | $4450 |

***Fuente:*** Elaboración Propia

Todos estos costos nos dan un total de $2600 dólares para cada una de las tiendas Tipi y $4450 para cada uno de los domos. Se va a incluir también en este proyecto un patio de

comidas, corredor ecológico, estanques, juegos para niños y un mirador lo que aumentaría nuestro capital a invertir.

Por lo que el total de nuestra inversión sería:

*Tabla 13. Costos totales de infraestructura*

| **COSTOS TOTALES** | |
|---|---|
| 2 tiendas Tipi con mueblería | $5200 |
| 2 domos con mueblería | $8900 |
| Patio de comidas | $2000 |
| Corredor ecológico | $1000 |
| Estanques | $3000 |
| Juegos para niños | $3000 |
| Mirador | $1500 |
| **TOTAL** | $24600 |

***Fuente:*** Elaboración Propia

También, se piensa incluir a la comunidad cercana para que puedan ofrecer platos típicos, comida rápida y demás para la degustación de la clientela.

Algunos de estos podrían ser:

*Tabla 14. Comida a ofrecer en el glamping*

| **PLATOS A OFRECER** | |
|---|---|
| **El Rosero:** Una de las bebidas tradicionales gualaceñas es el rosero o colada de maíz a la que se le agrega el jugo y trozos de frutas (piña, manzana, babaco). Ésta suele acompañarse con las quesadillas, bizcochuelos, tortillas de maíz o de choclo. | |
| **Hornado:** El chancho hornado, acompañado con mote, tortillas de papa (llapingacho) y curtido (ensalada). | |
| **Tortillas de choclo, maíz y trigo:** Las tortillas de choclo, maíz y trigo acompañadas de un vaso de chocolate o morocho caliente. | |

| | |
|---|---|
| **Cuy Asado:** El cuy es adobado y asado al carbón, además es acompañado con papas cocinadas, salsa de maní, ensalada de lechuga y tomate y en ocasiones con mote. | |

***Fuente:*** Elaboración Propia

Además de estos servicios, se crearán también corredores ecológicos y estanques para que le fauna local pueda revivir dentro de este lugar.

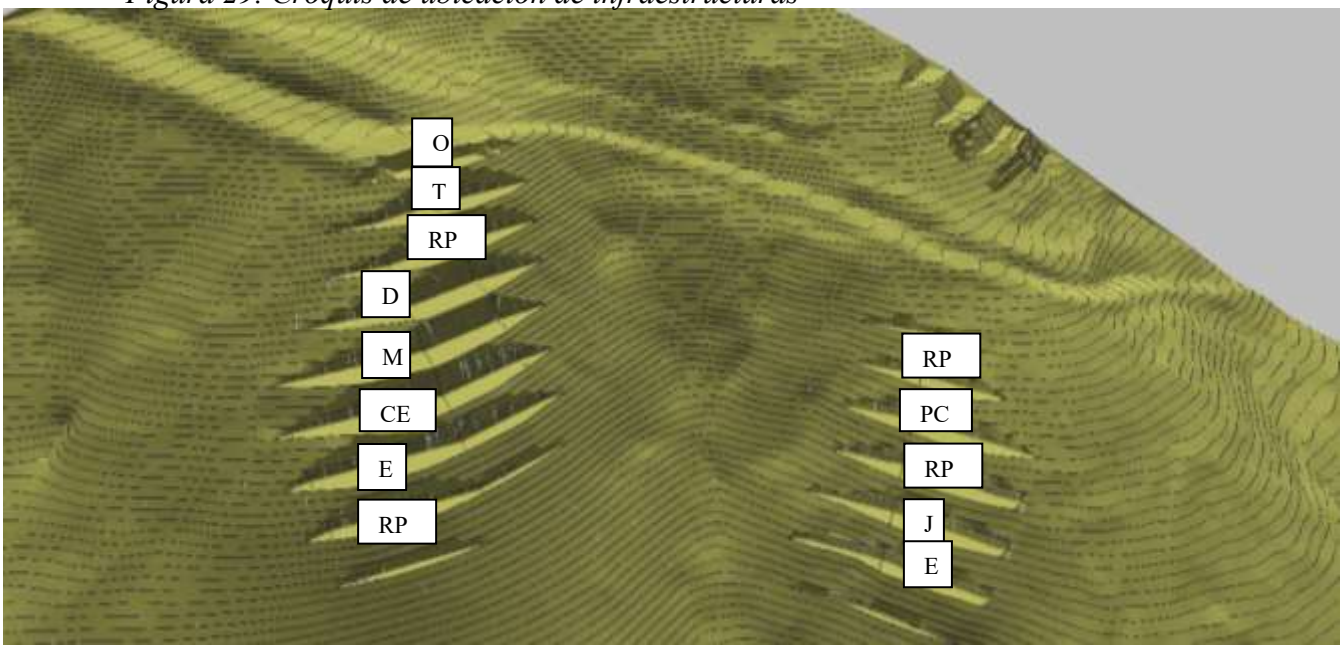
*Tabla 15. Servicios a la naturaleza*

| | |
|---|---|
| **Corredores ecológicos** | |
| **Estanques** | |

***Fuente:*** Elaboración Propia

Entonces para tener una idea más clara de todo lo que se piensa implementar y cual va a ser su ubicación se realizó este croquis.

*Figura 29. Croquis de ubicación de infraestructuras*




***Fuente:*** Elaboración Propia

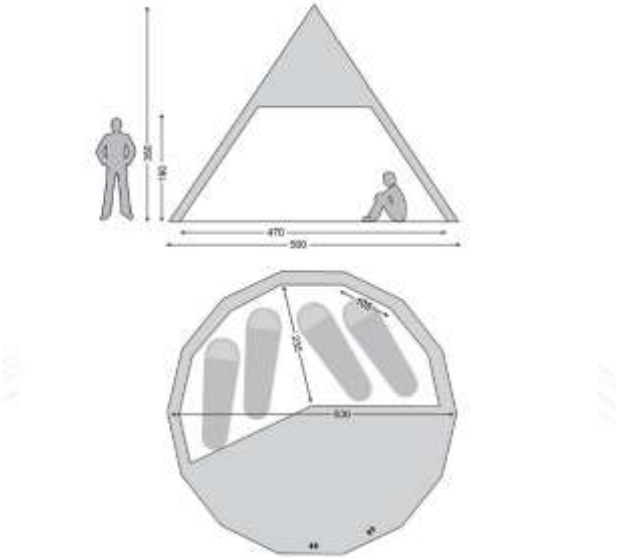
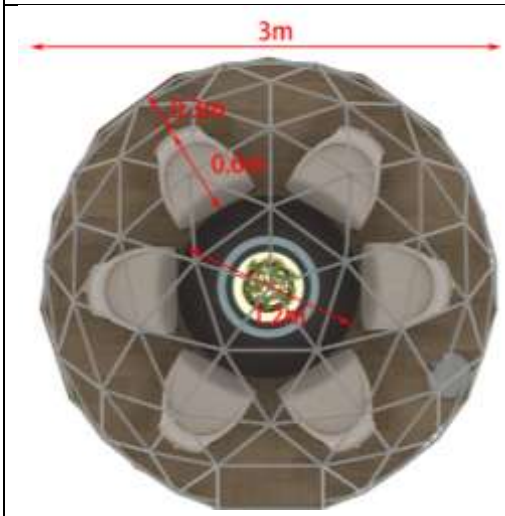
*Tabla 16. Leyenda de croquis*

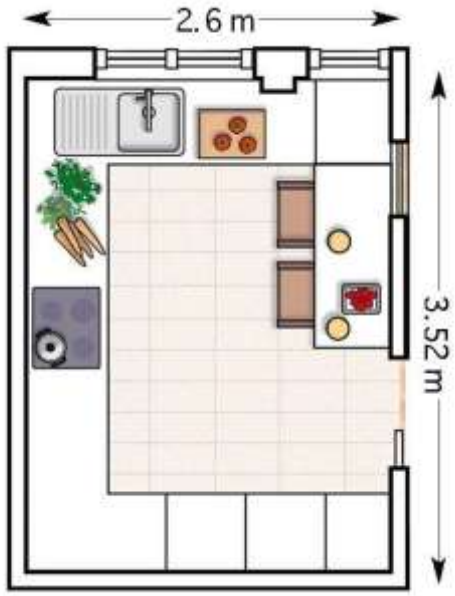
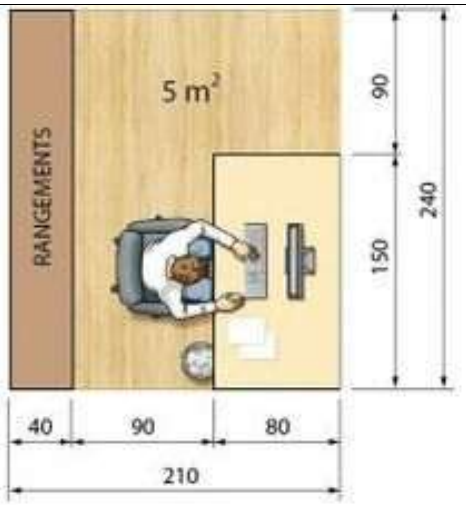
| **LEYENDA** | |
|---|---|
| **O** | Oficina |
| **T** | Tiendas Tipi |
| **D** | Domos |
| **PC** | Patio de comidas |
| **J** | Juegos para niños |
| **CE** | Corredor ecológico |
| **E** | Estanque |
| **M** | Mirador |
| **RP** | Revegetación de plantas |

***Fuente:*** Elaboración Propia

Una vez que ya tenemos designados los espacios para ubicar cada una de las tiendas y demás espacios para entretenimiento debemos tener en cuenta cuales serían las dimensiones que ocuparan cada una de ellas; siendo esto algo muy importante a tomar en cuenta ya que tenemos ciertas restricciones como lo serían el ancho y alto que serían máximo de 5m y 4m respectivamente, esto porque nuestro talud tiene una berma de 5,5m y una altura de 5m.

*Tabla 17. Dimensiones de las estructuras a implementar*

| DIMENSIONES DE LAS ESTRUCTURAS A IMPLEMENTAR | |
|---|---|
|  | Tienda Tipi |
|   | Domo |

| | |
|---|---|
|  | Cocina<br>Para el patio de comidas se contruirá una cocina con las dimensiones señaladas y se colocará mesas y sillas de una manera en la cual no exceda los limites de los taludes. |
|  | Oficina |

***Fuente:*** Elaboración propia.

Todos estos espacios van a ser cuidados y protegidos para que no sea una nueva fuente de contaminación hacia el medioambiente, conjuntamente con la gente del lugar se llegará a buenos acuerdos de cooperación.

Para poder captar la atención de la gente se hará publicidad mediante las redes sociales, indicando cuales serían los beneficios y las comodidades que le ofrecería este lugar en comparación de otros.

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## Conclusiones

- Fue necesario volver a hacer un cálculo de factor de seguridad para el diseño anteriormente propuesto.
- Volver a diseñar los bancos que se van a usar en el proyecto para que se adapten de mejor manera a condiciones de estabilidad permanente.
- Las nuevas medidas que deben tener los bancos de explotación son, para la fase 1: 5m de altura, 5,5m de berma y un ángulo de talud de banco de 66˚ y para la fase 2: 5m de altura, 5,5m de berma y ángulo de talud de banco de 44˚.
- En la fase 1 se explotarán 2558.97 $m^3$ de material en un área de 2315.9 $m^2$.
- En la fase 2 se explotarán 967.85 $m^3$ de material en un área de 764.4 $m^2$.
- Se realizó un proyecto para el cierre de mina, tomando en cuenta diferentes aspectos como flora, fauna y otros.
- Se planteó un plan de reforestación con plantas nativas de la zona como la gynoxys rimbachii, gynoxys validifolia, nogal, valeriana buxifolia, plutarchia ecuadorensis para no crear más afecciones al medio ambiente.
- Con la implementación de glampings de tipo domo y tienda tipi en los taludes, ya no se verá como una zona explotada sino como un lugar turístico para la ciudadanía.
- Con la aplicación de corredores ecológicos y estanques, la fauna natural volverá a su auge.
- Los servicios de comida y distracción que se dispongan aumentarán la economía de la zona.
- El costo total para implementar este nuevo proyecto será de $24600.
- Concientizar a las personas a cuidar el medio ambiente ya que es lo más preciado que tenemos.

**Recomendaciones**

- Realizar diseños de explotación que vayan de acuerdo a la zona en la que se va a trabajar, ya que caso contrario podría causar grandes afecciones.
- Realizar un estudio geomecánico para obtener otro punto de comparación a la hora de realizar el diseño de talud.
- Buscar implementar nuevos estilos de negocios en lugares que hayan sido yacimientos de materiales pétreos.
- Utilizar materiales reciclables y que no sean contaminantes con el medio ambiente.
- Buscar ayudar a la flora y fauna de la región para poder mantener esta diversidad en cada lugar.
- Crear nuevos lugares de atracción turística para así ayudar al crecimiento económico de la comunidad.
- Brindar charlas de cuidado ambiental a todas las personas que sean parte del proyecto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bishop, A. (1955). *The Use of the Slip Circle in the Stability Analysis of Slopes.*

García, J. L. (2006). *Geología de la construcción.*

Gonzalez, J. (2010). *Materiales de construcción.*

López, J. (2012). *Cierre de minas: Estrategias y Prácticas.*

Perez, R. (2020). *Gestión de Canteras: Herramientas y Tecnologías.*

Rojas, C. (5 de Agosto de 2021). *Manejo técnico de materiales de construcción de libre aprovechamiento.* Obtenido de El ORIENTE : https://www.eloriente.com/articulo/manejo-tecnico-de-materiales-de-construccion-de-libre-aprovechamiento/17402

# ANEXOS

**Anexo 1.** Levantamiento topográfico con estación total

**Anexo 2.** Toma de datos del levantamiento

**Anexo 3.** Levantamiento topográfico con dron

**Anexo 4.** Prueba de resistencia material "Guarcurina"

**Anexo 5.** Trituración del material del libre aprovechamiento “Guarcurina”

**Anexo 6.** Cuarteo del material triturado

**Anexo 7.** Pesaje de las muestras del material obtenido in situ, previamente triturado

**Anexo 8.** Material siendo Tamizado

**Anexo 9.** Pesaje del material tamizado

**Anexo 10.** Materiales utilizados