ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

SEDE MORONA SANTIAGO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

CARRERA MINAS

ANÁLISIS TÉCNICO DEL LIBRE APROVECHAMIENTO PARA OBRA PÚBLICA DENOMINADO "PROAÑO", UBICADO EN EL CANTÓN MORONA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO.

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de

INGENIERA EN MINAS

AUTORA:

THALÍA SAMANTA MALDONADO MALDONADO

Macas – Ecuador

2023

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

SEDE MORONA SANTIAGO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

CARRERA MINAS

ANÁLISIS TÉCNICO DEL LIBRE APROVECHAMIENTO PARA OBRA PÚBLICA DENOMINADO "PROAÑO", UBICADO EN EL CANTÓN MORONA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO.

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de

INGENIERA EN MINAS

AUTORA: THALÍA SAMANTA MALDONADO MALDONADO

DIRECTOR: Ing. Julio López Ayala Mgs.

Macas – Ecuador

2023

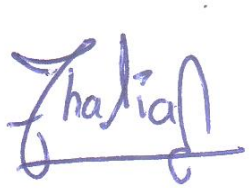
© 2023, Thalía Samanta Maldonado Maldonado

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Thalía Samanta Maldonado Maldonado, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Macas, 27 de noviembre del 2023



Thalía Samanta Maldonado Maldonado
140050257-9

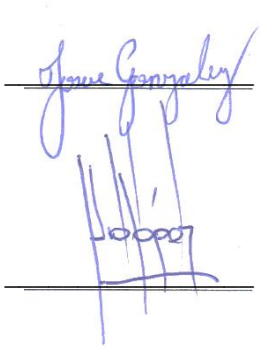
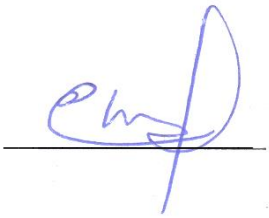
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

SEDE MORONA SANTIAGO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

CARRERA MINAS

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto Técnico, **ANÁLISIS TÉCNICO DEL LIBRE APROVECHAMIENTO PARA OBRA PÚBLICA DENOMINADO "PROAÑO", UBICADO EN EL CANTÓN MORONA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO**, realizado por la señorita: **THALÍA SAMANTA MALDONADO MALDONADO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	**FECHA**
Ing. Josué David González Coronel, MSc. **PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**		2023-11-27
Ing. Julio Cesar López Ayala, Mgs. **DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**		2023-11-27
Ing. Ernesto Reyes Céspedes, MSc. **ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**		2023-11-27

DEDICATORIA

Este trabajo le dedico primero a Dios, a mis padres Franco y Patricia, que me apoyaron en cada momento en los que ya estaba a punto de sucumbir, gracias por su paciencia, comprensión, empeño, fuerza, amor, y sobre todo mi agradecimiento a mis hijos Kenneth y Eithana, por ser mi motivación de cada día y compartir su tiempo conmigo y la universidad.

Samanta

AGRADECIMIENTO

Gracias a mi director, asesor del trabajo de titulación, maestros de la carrera y sobre todo al ingeniero Marco Mejía quien fue mi mentor, por entregar el conocimiento necesario para llegar hasta aquí, sin ellos, los conceptos serían solo palabras huecas que se llevaría el viento, a mis compañeros Mateo, Anderson y Antony, quienes fueron piezas fundamentales en la culminación de mi proyecto.

Samanta

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....xiv
RESUMEN
.....
xvi
ABSTRACT.....xvii
INTRODUCCIÓN.....1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....2
1.1. Planteamiento del Problema.....2
1.2. Justificación del Proyecto.....2
1.3. Objetivos.....3
1.3.1. ***Objetivo General***.....3
1.3.2. ***Objetivo Específico***.....3
1.4. Generalidades.....3
1.4.1. ***Ubicación y Acceso***.....3
1.4.2. ***Clima y temperatura***.....4
1.5. Topografía.....5
1.6. Geología.....5
1.6.1. ***Geología Regional***.....5
1.6.2. ***Geología Local***.....6

CAPITULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....9
2.1. Libre aprovechamiento.....9
2.1.1. ***Base legal***.....9
2.1.2. ***Requisitos obligatorios para la obtención de un libre aprovechamiento***.....9
2.1.3. ***Pasos a seguir para la obtención de un libre aprovechamiento***.....12
2.2. Explotación a cielo abierto.....13
2.3. Diseño de explotación.....13

2.3.1. ***Método de explotación*** 13
2.3.2. ***Definición de "método minero"*** 13
2.3.3. ***Elementos de la explotación a cielo abierto*** 14
2.3.4. ***Sistemas de explotación*** 14
2.4. **Métodos mineros y sistemas de explotación** 15
2.3. **Materiales de construcción** 19
2.3.1. ***Lastre*** 20
2.4. **Cálculo de reservas** 20
2.4.1. ***Métodos de estimación de las reservas*** 21
2.5. **Planificación minera** 22
2.6. **Diseño de taludes y bermas** 22
2.6.1. ***Método de estabilización de taludes*** 23
2.7. **PLAN DE CIERRE** 24

CAPITULO III

3. **MARCO METODOLÓGICO** 26
3.1. **Topografía** 26
3.1.1. ***Toma de puntos*** 26
3.2. **Ensayo de compresión simple** 30
3.3. **Cálculo de reservas** 34
3.4. **Diseño de explotación** 36
3.4.1. ***Profundidad límite de la cantera (H)*** 37
3.4.3. ***Números de bancos*** 38
3.4.4. ***Ancho de la plataforma de trabajo*** 39
3.4.5. ***Bermas de seguridad*** 39
3.4.6. ***Ancho de la vía*** 40
3.4.7. ***Espacio de maniobra para el equipo*** 40
3.4.8. ***Ángulo de talud final o de liquidación de la cantera*** 41
3.5. **Cálculo de volúmenes de las etapas de explotación** 42
3.5.1. ***Etapa 1 de explotación*** 43
3.5.2. ***Etapa 2 de Explotación*** 44
3.6. **Elementos de producción** 45
3.6.1. ***Maquinaria disponible*** 46
3.6.2. ***Proceso de Explotación*** 46
3.6.3. ***Capacidad de explotación*** 46
3.6.4. ***Tiempos de producción*** 47

3.6.5. ***Ciclo de operación de los camiones*** 47
3.6.6. ***Número de ciclos de los volquetes*** 48
3.7. **Plan de cierre** 48

CAPITULO IV

4. **RESULTADOS** 49
4.2. **Levantamiento Topográfico** 49
4.3. **Ensayo de compresión simple** 50
4.4. **Estimación de reservas** 51
4.5. **Estimación de la cobertura vegetal** 51
4.6. **Diseño de explotación** 53
4.6.1. ***Cálculo de volúmenes de las etapas de explotación*** 54
4.6.2. ***Ciclo de operación de los camiones*** 54
4.6.3. ***Numero de ciclos de los volquetes*** 54
4.6.4. ***Capacidad de explotación*** 54
4.6.5. ***Maquinaria para el arranque*** 55
4.6.6. ***Maquinaria para el carguío y transporte*** 55
4.6.7. ***Tiempos de producción*** 56
4.7. **Diseño de cierre de mina** 57
4.7.1. ***Cierre de acceso y caminos*** 57
4.7.2. ***Estabilización de taludes*** 57
4.7.3. ***Revegetación de la zona*** 58
4.7.4. ***Manejo de las aguas por escurrimiento superficial*** 59

CONCLUSIONES 60
RECOMENDACIONES 62
BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Coordenadas del Libre Aprovechamiento "Proaño"…….....……...10

Tabla 1-3: Resumen del marco metodológico…….....……..…33

Tabla 2-3: Medidas de las probetas…….....38

Tabla 3-3: Resumen del Factor Geométrico…….....44

Tabla 4-3: Capacidad de explotación…….....……...54

Tabla 5-3: Tiempo de producción……..…….....…..55

Tabla 1-4: Ensayo de compresión simple…….....58

Tabla 2-4: Factores operativos…….....…….62

Tabla 3-4: Cálculo de Explotación por Etapas…….....…….63

Tabla 4-4: Capacidad de explotación…….....63

Tabla 5-4: Especificaciones técnicas de Excavadora Komatsu PC-200LC-8….....…..64

Tabla 6-4: Especificaciones técnicas de Volqueta Nissan modelo CBW459 Capacidad $12m^3$ …….....…….65

Tabla 7-4: Tiempo de ciclo para 6 viajes por volquete…….....…….....65

Tabla 8-4: Cierre de Mina…….....…….....67

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1: Ubicación del Libre Aprovechamiento “Proaño”…….…….....4
Ilustración 2-1: Mapa geológico Regional……..…….…….....6
Ilustración 3-1: Afloramiento del Libre Aprovechamiento “Proaño”…..…….....7
Ilustración 4-1: Vista microscópica de la muestra del afloramiento del Libre Aprovechamiento “Proaño…..…….....8
Ilustración 1-2: Solicitud de derechos mineros…….....12
Ilustración 2-2: Explotación de minería por Cortas…….....16
Ilustración 3-2: Explotación de minería por Descubiertas…….....17
Ilustración 4-2: Explotación de minería por terrazas…….....18
Ilustración 5-2: Explotación de minería por Canteras…….....19
Ilustración 6-2: Método de perfiles…….....22
Ilustración 7-2: Objetivos de cierre de mina…….....26
Ilustración 1-3: Dron marca DJI modelo Phantom 4 Pro V2…….....28
Ilustración 2-3: Clasificación de puntos…….....29
Ilustración 3-3: Puntos de paso…….....29
Ilustración 4-3: Nube de puntos densa …….....30
Ilustración 5-3: Curvas de nivel del libre aprovechamiento “Proaño”…….....30
Ilustración 6-3: Probetas de areniscas…….....31
Ilustración 7-3: Frecuencia del ensayo de compresión simple probeta N°1….....…32
Ilustración 8-3: Frecuencia del ensayo de compresión simple probeta N°2…….....33
Ilustración 9-3: Frecuencia del ensayo de compresión simple probeta N°3…….....33
Ilustración 10-3: Frecuencia del ensayo de compresión simple probeta N°4….....…34
Ilustración 11-3: Frecuencia del ensayo de compresión simple probeta N°5….....…34
Ilustración 12-3: Vista en Planta de las Secciones…….....36
Ilustración 13-3: Perfiles Cálculo de Reserva…….....36
Ilustración 14-3: Cálculo de Reservas…….....37
Ilustración 15-3: Ángulo para taludes en trabajo y en receso de canteras en función del coeficiente de Protodiakonov……..…..……....39
Ilustración 16-3: Esquema del ancho de plataforma…….....42
Ilustración 17-3: Parámetros de los bancos del Libre Aprovechamiento “Proaño”…….....43
Ilustración 18-3: Etapas de Explotación: Vista de Perfil……..……..44
Ilustración 19-3: Vista en Planta Perfiles Explotación Primera Etapa……..……..45
Ilustración 20-3: Perfiles del Terreno en la Primera Etapa……..……...45
Ilustración 21-3: Perfiles de Explotación Segunda Etapa……..…….....46

Ilustración 22-3: Perfiles de Explotación Segunda Etapa……...…...47
Ilustración 23-3: Modelado del Plan de Cierre del Libre Aprovechamiento "Proaño"…..…...50
Ilustración 1-4: Mapa topográfico del área del Libre Aprovechamiento "Proaño"……..……51
Ilustración 2-4: Calculo de Reserva de Material…….……..53
Ilustración 3-4: Calculo de Material de Descapote……..54
Ilustración 4-4: Perfiles Material de Descapote……...54
Ilustración 5-4: Diseño de explotación…….....55
Ilustración 6-4: Diseño de cierre de Mina del Libre Aprovechamiento "Proaño" …….60

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: COLOCACIÓN DE PUNTOS PARA EL VUELO DEL DRON
ANEXO B: TOMA DE DATOS ESTRUCTURALES DEL AFLORAMIENTO
ANEXO C: MÁQUINA DE CORTE DE HOJA ROTATIVA - GEOCUT 302
ANEXO D: ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE PROBETA 1
ANEXO E: ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE PROBETA 2
ANEXO F: ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE PROBETA 3
ANEXO G: ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE PROBETA 4
ANEXO H: ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE PROBETA 5
ANEXO I: TABLA DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE PROBETA 1
ANEXO J: TABLA DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE PROBETA 2
ANEXO K: TABLA DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE PROBETA 3
ANEXO L: TABLA DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE PROBETA 4
ANEXO M: TABLA DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE PROBETA 5
ANEXO N: RESERVA DEL LIBRE APROVECHAMIENTO “PROAÑO”
ANEXO O: RESERVA DEL LIBRE APROVECHAMIENTO “PROAÑO” SIN SOBRECARGO
ANEXO P: RESERVA DEL LIBRE APROVECHAMIENTO “PROAÑO” VISTA LATERAL
ANEXO Q: DISEÑO DE EXPLOTACIÓN VISTA FRONTAL
ANEXO R: DISEÑO DE EXPLOTACIÓN VISTA LATERAL IZQUIERDA
ANEXO S: DISEÑO DE EXPLOTACIÓN VISTA LATERAL DERECHA
ANEXO T: DISEÑO DE EXPLOTACIÓN VISTA SUPERIOR
ANEXO U: MODELO DIGITAL DE LA PRIMERA ETAPA
ANEXO V: MODELO DIGITAL DE TERRENO SEGUNDA ETAPA
ANEXO W: CATÁLOGO DE UNA EXCAVADORA KOMATSU PC200LC-8
ANEXO X: CATÁLOGO DE UNA EXCAVADORA KOMATSU PC200LC-8
ANEXO Y: CATÁLOGO DE UNA EXCAVADORA KOMATSU PC200LC-8
ANEXO Z: MAPA TOPOGRÁFICO DEL LIBRE APROVECHAMIENTO “PROAÑO”
ANEXO AA: DISEÑO DE EXPLOTACIÓN DEL LIBRE APROVECHAMIENTO

“PROAÑO”

ANEXO AB: SOLICITUD DE LIBRE APROVECHAMIENTO

RESUMEN

Este trabajo tuvo como objetivo realizar el análisis técnico de libre aprovechamiento para obra pública en la parroquia de Proaño, cantón Morona, provincia de Morona Santiago, resolviendo la necesidad de disponer regularmente con material para las obras viales en el sector norte del cantón, para vías de segundo orden, por lo tanto, se trabajó con los siguientes enfoques: investigación cualitativa, la misma que se basará en la recopilación bibliográfica esto incluye: páginas web, ensayos, tesis, revistas científicas, libros, información física y digital preexistente de la zona; además de un enfoque cuantitativo en donde se recopilara datos con el ayuda del trabajo de campo: levantamiento topográfico, toma de muestras y finalmente la interpretación de dichos datos con programas especializados (Civil 3D y AutoCAD). Se logró determinar el plan de explotación minera el cual consiste en: el destape de la capa de cobertura vegetal, extracción del material de interés mediante el arranque mecánico por medio de excavadora, cuenta con 2 etapas con tres bancos de 11 metros de altura, una plataforma de explotación de 16 metros, un ángulo de inclinación de talud de 45grados, para su posterior carguío y transporte, con una producción diaria de 216 m3. Una vez finalizada la etapa de explotación de la mina se procederá al cierre de mina con el cierre definitivo de los accesos y caminos que se encuentran dentro de la concesión minera, estabilización de taludes, el manejo del agua por escurrimiento superficial se dará por medio de cunetas de coronación las cuales cumplirán con la función de guiar el agua hacia el afluente más cercano evitando la acumulación de las mismas en los taludes afectando así su estabilidad.

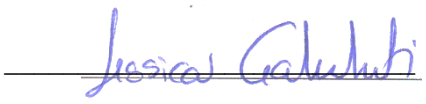
Palabras clave: <LIBRE APROVECHAMIENTO>, <CIELO ABIERTO>, <MÉTODO DE BANCOS DESCENDENTES>, <TOPOGRAFÍA CON DRON>, <MORONA (CANTÓN)>.

0167-DBRA-UPT-2024

ABSTRACT

This thesis aimed to carry out a technical analysis of free use for public works in the civil parish of Proaño, Morona canton, Morona Santiago province, resolving the need to regularly provide material for road works in the northern sector of the canton, for second order roads. Therefore, it has been worked based on the following approaches: qualitative research, which will be based on a consolidated bibliography, including web pages, essays, theses, scientific journals, books, physical and digital pre-existing information of the area; in addition to a quantitative approach through which data were collected during field work: topographic survey, sampling and finally the interpretation of mentioned data with specialized software (Civil 3D and AutoCAD). It was possible to determine the mining exploitation plan which consists of the uncovering of the vegetation cover layer, extraction of relevant material by mechanical removal through an excavator. It involves two stages with three benches of 11 meters high, a 16-meters exploitation platform, a slope inclination angle of 45 degrees, for subsequent loading and transportation, with a daily production of 216 m3. Once the exploitation stage is completed, the mine will be closed permanently in correspondence with the accesses and roads within the mining concession, slopes stabilization, water management by surface runoff will be done by means of coronation ditches which will guide water to the nearest tributary avoiding the accumulation of it on the slopes, thus affecting its stability.

Keywords: <FREE USE>, <OPEN SURFACE (PIT)>, <DESCENDING BANK METHOD>, <DRONE SURVEYING>, <MORONA (CANTON)>.



Lic. Jessica Galimberti Mg.

CI 175646848-2

INTRODUCCIÓN

Los Gobiernos Autónomos Descentralizados tienen como competencia el mantenimiento de las vías, la facultad de aprovechar libremente los materiales de construcción para destinarlos a la obra pública; de este modo, por medio de los denominados “Libres Aprovechamientos”, establecidos en el art. 144 de la Ley de Minería, los materiales pétreos podrían utilizarse en la obra pública a fin de realizar el mantenimiento de las vías que utilizan las comunidades de su jurisdicción.

Para la ejecución del mantenimiento vial se requiere ejecutar una planificación y diseño de proyectos que garanticen y brinden una factibilidad en el cumplimiento de la obra pública.

Dentro del cantón Morona, se encuentran afloramientos de materiales útiles para la construcción, como es el caso del sector del paso lateral localizado dentro de las coordenadas (9746420 N, 821006 S) , el cual tiene potencialidad para el lastrado de vías ubicadas en la parte norte de la parroquia Macas, Proaño y San Isidro; el mismo que se encuentra libre de concesión; de tal manera se hace propicio el ANÁLISIS TÉCNICO DE LIBRE APROVECHAMIENTO PARA OBRA PÚBLICA DENOMINADO “PROAÑO”, UBICADO EN EL CANTÓN MORONA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO; para mantener la explotación acorde al desarrollo sostenible; abarcando desde la preparación de las etapas de legalización, diseño y planificación de minas hasta el cierre de la misma.

CAPITULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

La necesidad de material pétreo para la obra pública que tiene el GAD municipal del cantón Morona para la ejecución de sus planes maestros, de construcción y mantenimiento de su infraestructura vial; por lo cual hace que sea imprescindible el aprovechamiento de los materiales antes mencionados en cercanía a las zonas de desarrollo.

1.2. Justificación del Proyecto

Los libres aprovechamientos de materiales de construcción para la obra pública tienen como fin hacer uso de los materiales pétreos. En el área de estudio de este proyecto se desea aprovechar el material que se encuentra en el subsuelo para emplearlo como material de lastrado.

La presente investigación se enfocará en el área ubicada en el paso lateral del cantón Morona, en la parroquia de Proaño; dicha área cuenta con seis hectáreas aproximadamente, facilitando la utilización del material para la construcción de obras públicas en la parroquia de Proaño y Norte de Macas.

Este proyecto Técnico de libre aprovechamiento de materiales de construcción, resolverá en gran medida, la necesidad de disponer regularmente con material para las obras viales en el sector norte del cantón, permitiendo el uso de este material para vías de segundo orden, las cuales deben cumplir con un espesor de 30cm de acuerdo a la Norma Ecuatoriana Vial, NEVI-12, que lleva a cabo el GAD de Morona.

El Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Morona debe contar con múltiples libres aprovechamientos debidamente legalizados que cuenten un plan de desarrollo minero dentro de la zona donde se realiza las obras. Este proyecto abarcará aspectos técnicos de gran importancia, ya que la zona de estudio se encuentra dentro de una obra de interés estratégico como es el paso lateral del cantón, lo cual es un factor a tomar en cuenta para el análisis en su etapa de extracción, desarrollo y cierre de mina.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Analizar la factibilidad técnica del área de estudio para el libre aprovechamiento de material de lastrado para uso constructivo en las obras de infraestructura vial del cantón Morona.

1.3.2. Objetivo Específico

- Recopilar los requerimientos legales para el concesionamiento de un libre aprovechamiento.
- Caracterizar el área de estudio realizando un diseño geométrico de explotación del libre aprovechamiento.
- Elaborar un plan de explotación minera proporcionando el diseño geométrico de cierre de mina

1.4. Generalidades

1.4.1. Ubicación y Acceso

La zona de estudio se encuentra ubicada en la parroquia de Proaño del cantón Morona, de la provincia de Morona Santiago.

Se accede a la zona de estudio por la vía Riobamba – Macas desde el Norte, tomando la salida sur del redondel ubicado en el sector de General Proaño, que marca el inicio del paso lateral. Se puede además acceder por el extremo Sur desde la vía Sucúa – Macas, tomando la salida noroeste del redondel ubicado cerca al puente sobre el río Jurumbaino. Ver Ilustración 1-1.

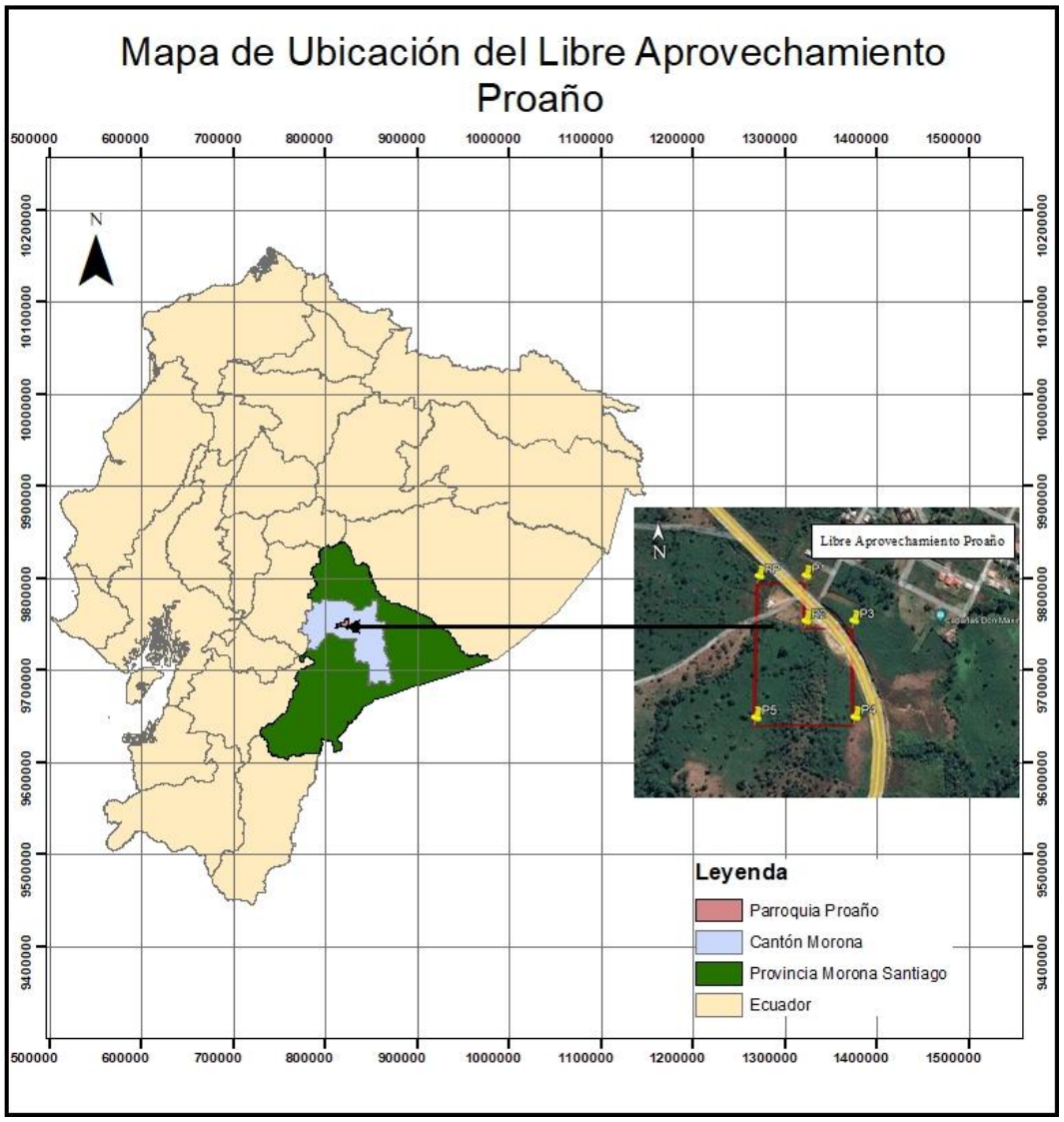


Ilustración 1-1: Ubicación del Libre Aprovechamiento "Proaño"

Realizado por: Maldonado. T. 2022

El área de estudio se enmarca en las siguientes coordenadas WGS_1984_UTM_Zone 17S:

Tabla 1-1: Coordenadas del Libre Aprovechamiento "Proaño"

PUNTOS	COORDENADAS X	COORDENADAS Y
PP	818500	9748900
P1	818600	9748900
P2	818600	9748800
P3	818700	9748800
P4	818700	9748600
P5	818500	9748600

Realizado por: Maldonado. T. 2022

1.4.2. Clima y temperatura

El clima del cantón Morona es cálido – húmedo, la temperatura anual oscila entre los 24 y 25 °C, la precipitación total de la provincia es 2.500 mm/año aproximadamente, con una humedad relativa superior al 80%. En la zona centro y sur de la provincia (Sucúa, Logroño y Gualaquiza) la precipitación fluctúa entre 2.000 a 2.500 mm 14 al año; en la parte Norte de Palora el promedio anual es de 5.449,03 mm; mientras que en las zonas de Macas y Méndez se mantienen precipitaciones similares, con una media de 2.452,1 mm/año y 2.588,63 mm/año respectivamente. INSIGMA (1).

1.5. Topografía

Según el Instituto Geográfico Militar, el cantón Morona cuenta con una topografía irregular, las cordilleras del Abanico, Yungalli, de Domono Alto, del Tigrillo, de Tusumbay y Caoiyacu, forman parte de la orografía con las lomas del Tigrillo, las cotas extremas del cantón son: 2940 y 860 msnm. La zona de estudio posee altitudes que van desde 1070 msnm en la parte superior y en la parte inferior de 1036 msnm, cuenta con una pendiente inclinada al sureste y una pendiente suave al noroeste.

1.6. Geología

1.6.1. Geología Regional

PASATO, J., CUESTA, G., TOAPANTA, N., GRANJA, J. (2) El área de estudio se encuentra ubicada en la Zona Subandina del Ecuador, en la ramificación sur oriental de la Cordillera Real. Correspondiendo al contacto tectónico entre los Andes orientales y la Cuenca Oriente, conformada por una serie de pliegues y cabalgamientos con dirección NNE y vergencia al oeste, aflorando rocas sedimentarias metamorfizadas, incluidas en la formación Hollín (KH), que están exteriorizadas principalmente en el Cerro Quílamo. Estas rocas están sobreyacidas por depósitos de lahares de edad cuaternaria agrupados dentro de la Formación Mera (QM), además de depósitos coluviales ver Ilustración 1.

- *Aluviales Reciente (Da):* se depositan a lo largo de la cuenca del rio Upano en terrazas constituidas de rocas metamórficas, volcánicas, arenas y arcillas y pertenecen al Holoceno. Sus potencias varían de 5 hasta 10 metros.
- *Formación Mera (QM):* de edad cuaternaria son depósitos volcano sedimentarios de tipo lahar provenientes del volcán Sangay con clastos angulosos y sub angulosos de diferente granulometría, estos depósitos consisten en areniscas tobáceas y arcillas.
- *Formación Hollín (KH):* compuesta de areniscas y cuarcitas pertenecen al cretácico inferior, se ubican a lo largo del paso lateral y en el margen derecho del río Jurumbaino.

El área de estudio se encuentra en la parte oriental del mapa geológico regional ver Ilustración 2-1 y forma parte de las siguientes formaciones: Formación Mera, Formación Hollín, depósitos aluviales y coluviales.

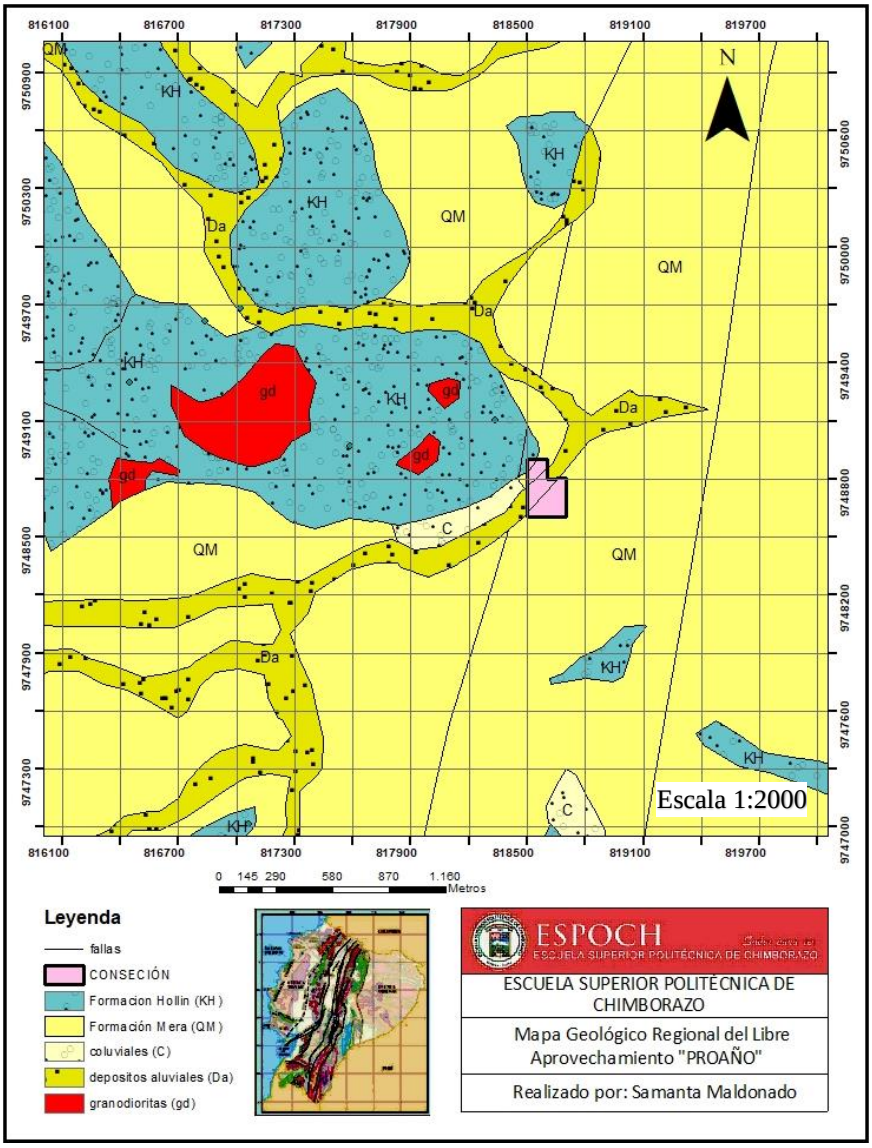


Ilustración 2-1: Mapa geológico Regional

Fuente: Instituto de Investigación Geológico y Energético – Mapa Geológico del Ecuador 2017

Realizado por: Maldonado. T. 2022

1.6.2. Geología Local

El área de libre aprovechamiento denominado Proaño se localiza entre el paso lateral y el flanco occidental del cerro el Quílamo; el afloramiento, Ilustración 3-1, presenta las siguientes dimensiones: 34 m de altura por 230 m de ancho, en el sitio afloran areniscas de grano medio de 0,02mm, con granos subredondeados a redondeados de clasto soportado con una matriz arcillosa. Se identificó 2 planos de diaclasamiento con los siguientes datos estructurales 150°/66° SE y 206°/77° SE.

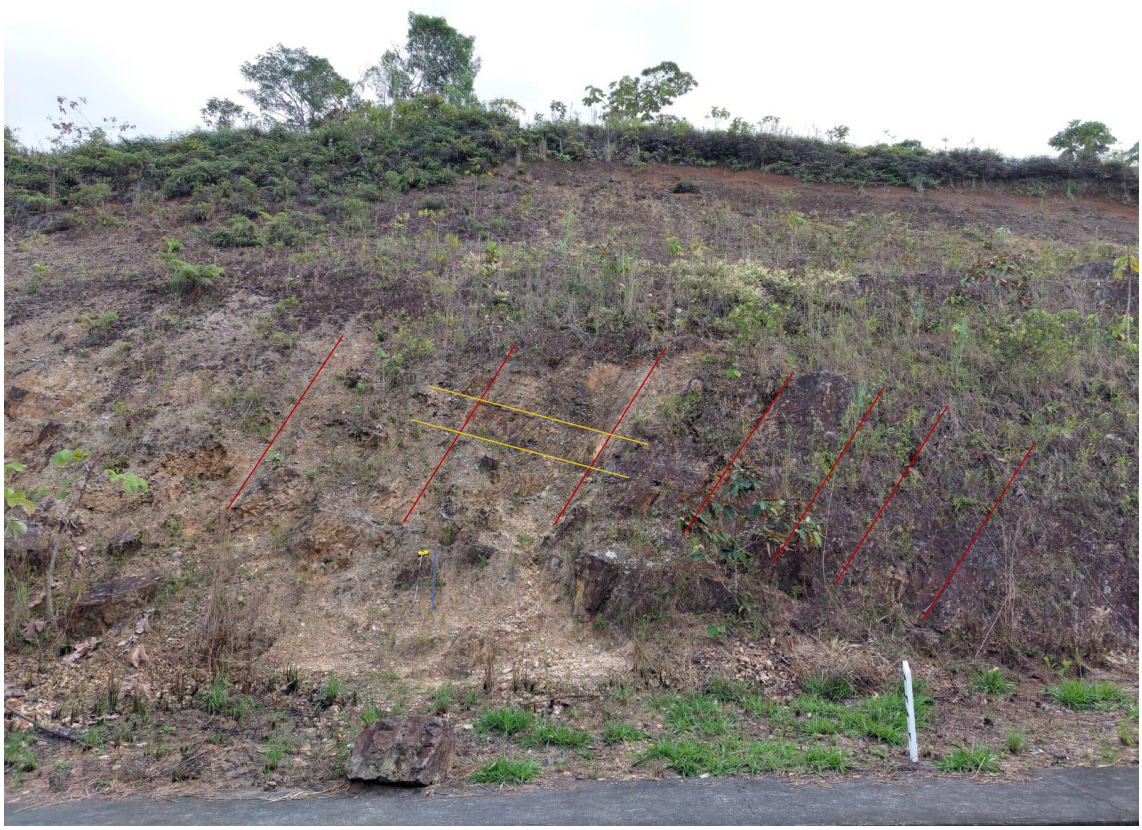


Ilustración 3-1: Afloramiento del Libre Aprovechamiento “Proaño”

Realizado por: Maldonado. T. 2022

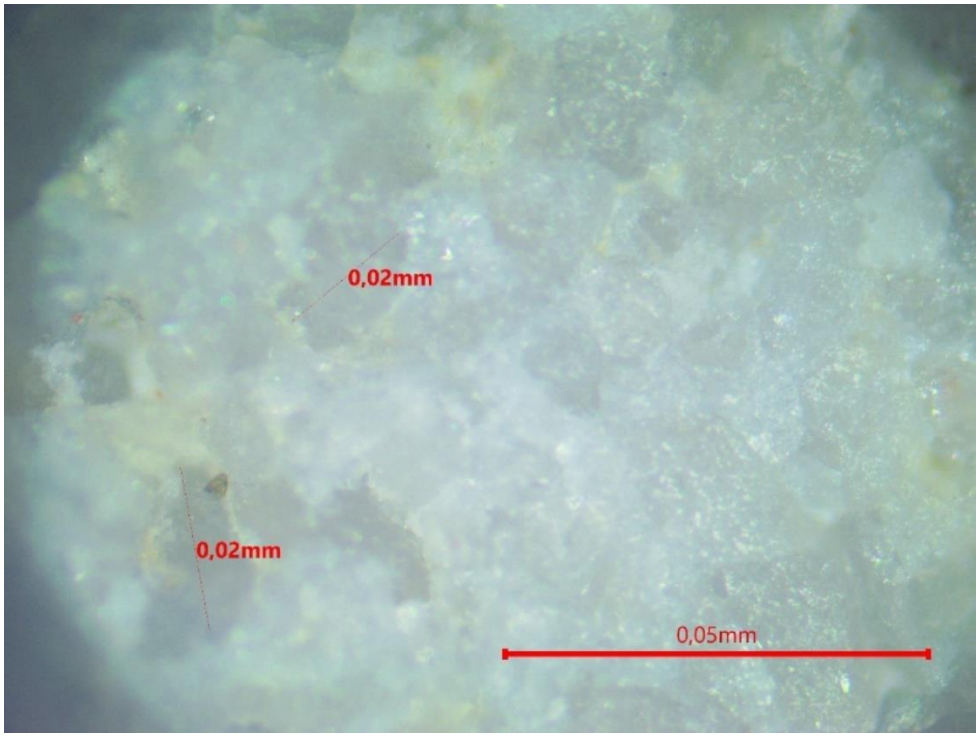


Ilustración 4-1: Vista microscópica de la muestra del afloramiento del Libre Aprovechamiento "Proaño"

Realizado por: Maldonado. T. 2022

CAPITULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Libre aprovechamiento

La autorización temporal de libre aprovechamiento de materiales de construcción para las obras públicas está destinada exclusivamente para entidades gubernamentales, y están regidas por el artículo 144 de la ley de minería y por el Decreto presidencial N° 797, sea por administración directa o bajo contrato de ejecución de obra.

2.1.1. Base legal

De acuerdo a ley de minería vigente en el Ecuador

Art. 144.- Libre aprovechamiento de materiales de construcción para obras públicas. - 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.

2.1.2. Requisitos obligatorios para la obtención de un libre aprovechamiento

De acuerdo con el Decreto No. 797

Art. 5.- Para obtener la autorización de libre aprovechamiento de materiales de construcción para obras públicas, la entidad o institución pública, paralelamente a la preparación de los pliegos contractuales, en función de la obra a contratarse y sin necesidad de que concluya el proceso de contratación de la misma, preparará los documentos necesarios y presentará en forma oportuna una solicitud al Ministerio Sectorial, con la siguiente información:

a) Denominación de la institución del Estado que solicita el libre aprovechamiento, así como nombre del titular o representante legal y copia de su nombramiento.

b) Ubicación del área a explotarse, señalando lugar, parroquia, cantón y provincia.

c) Número de hectáreas mineras solicitadas y plazo de explotación, que deberá coincidir con el plazo de ejecución previsto de la obra pública y/o su mantenimiento.

d) Coordenadas catastrales.

e) Graficación del área solicitada escala 1:50.000, en mapa topográfico que llevará la firma del representante legal de la entidad o institución estatal.

f) Copia certificada del contrato de ejecución de la obra para la cual se requiere el libre aprovechamiento. En caso de que el contrato estuviere en fase precontractual, se detallará el objeto del contrato y las demás características relevantes del mismo que permitan establecer el área y las condiciones de la explotación bajo el régimen de libre aprovechamiento.

g) Volumen diario y total de extracción, maquinaria, equipos y métodos de explotación a utilizarse.

h) Los demás requisitos establecidos en la Ley de Minería y su reglamento general.

En los casos en que los trabajos sean ejecutados por administración directa de cualquier institución del Estado, el Ministerio Sectorial se abstendrá de solicitar el requisito establecido en la letra f) del presente artículo.

MINISTERIO DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

Evaluación de Solicitud de Otorgamiento de Derecho Minero para Libre Aprovechamiento

Solicitud de Libre Aprovechamiento No:	
Código Catastral No:	

Datos del Solicitante

Nombre Institución:			
Tipo de Documento:		**Número de Documento:**	
Representante Legal:		**Casillero Judicial:**	
Correo Electrónico:		**Dirección:.**	
Teléfono Convencional:			
Teléfono Celular:			

Datos del Representante Legal o Procurador Común

Nombres:		**Cédula:**	
Apellidos:		**Cargo:**	

Datos del Abogado Patrocinador

Nombres:		**Cédula:**	
Apellidos:		**Casillero Judicial:**	

Datos del Asesor Técnico

Nombres:		**Cédula:**	
Apellidos:		**Especialidad Asesor:**	

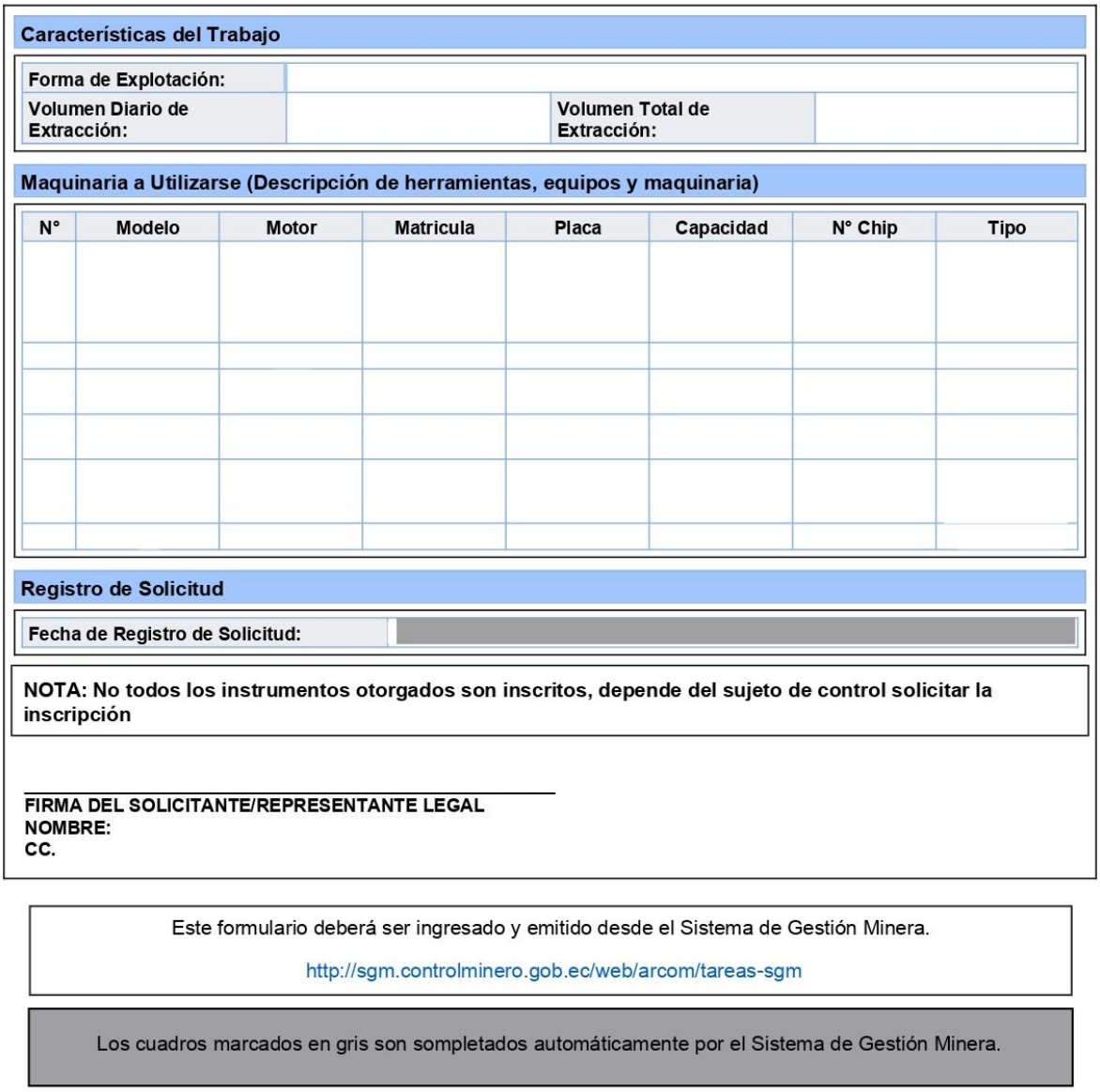
Datos del Área

Nombre del Área:		**Sector:**	
Provincia:		**Regional:**	
Cantón:		**Zona:**	
Parroquia:		**Sistema de Referencia:**	

Coordenadas:

Punto	UTM: Este	UTM: Norte

Área (Hectáreas):	
Plazo (Meses):	
¿Superpuesta Concesión Minera?:	
¿Superpuesta Areas Naturales?:	
¿Concesión Válida?:	
¿Superpuesta Bosque Protegido?:	
¿Superpuesta Patrimonio Forestal?:	
¿Superpuesta Poblaciones?:	
¿Cumple Área Mínima?:	



Características del Trabajo

Forma de Explotación:			
Volumen Diario de Extracción:		**Volumen Total de Extracción:**	

Maquinaria a Utilizarse (Descripción de herramientas, equipos y maquinaria)

N°	Modelo	Motor	Matricula	Placa	Capacidad	N° Chip	Tipo

Registro de Solicitud

Fecha de Registro de Solicitud:	

NOTA: No todos los instrumentos otorgados son inscritos, depende del sujeto de control solicitar la inscripción

FIRMA DEL SOLICITANTE/REPRESENTANTE LEGAL
NOMBRE:
CC.

Este formulario deberá ser ingresado y emitido desde el Sistema de Gestión Minera.

http://sgm.controlminero.gob.ec/web/arcom/tareas-sgm

Los cuadros marcados en gris son sompletados automáticamente por el Sistema de Gestión Minera.

Ilustración 1-2: Solicitud de derechos mineros

Fuente: Ministerio de Minas

Elaborado por: Maldonado. T. 2022

2.1.3. Pasos a seguir para la obtención de un libre aprovechamiento

El trámite se puede realizar de forma presencial o ingresando al Sistema de Gestión Minera, en el cual se debe seguir los pasos y llenar el respectivo formulario, el costo del trámite es gratuito:

1. Ingresar solicitud en el Sistema de Gestión Minera.
2. Ingresar documentos habilitantes de manera física.
3. Recepción de la Resolución.
4. Inscribir en el Registro Minero en la Agencia de Regulación y Control Minero.
5. Entrega de un ejemplar del derecho debidamente registrado

2.2. Explotación a cielo abierto

HERRERA, J. (3) Se caracteriza: por el movimiento de volumen del material a extraer, disposición del yacimiento y el recubrimiento e intercalaciones de material /estéril; este último determina la relación estéril/mineral; un parámetro a considerar es la ratio el mismo que varía dependiendo de cada yacimiento. La viabilidad económica de una explotación dependerá de la cobertura vegetal la misma que determina la relación estéril/mineral (ratio) y que llega a ser muy variable entre los depósitos.

2.3. Diseño de explotación

2.3.1. Método de explotación

HERRERA, J. (3) En las fases de una mina se puede destacar: la selección del método de explotación, el dimensionamiento geométrico de la mina, la determinación del ritmo anual de producción y la ley de corte, la secuencia de extracción, entre otros.

Para la selección de un método se debe tener en cuenta un análisis sistemático y global de los parámetros específicos del yacimiento: geometría del depósito y distribución de leyes, propiedades geomecánicas del mineral y rocas encajantes, factores económicos, limitaciones ambientales, condiciones sociales, entre otros.

Los diferentes parámetros que poseen los yacimientos han impedido generar esquemas precisos de explotación, para aplicar a cada yacimiento particular. Pero gracias a los avances logrados en las diferentes ramas de la ciencia y tecnología en las últimas décadas se ha establecido varios métodos generales de explotación y procesos numéricos de selección, válidos durante la etapa de estudio de viabilidad de un proyecto.

El ritmo de producción anual y la ley de corte son considerados, muy importantes e incluso más que el método minero, y en ocasiones se encuentra ligado con el mismo, si la capacidad de producción es muy pequeña no permite que la economía de la mina crezca dando lugar a que los ingresos se consigan de forma muy lenta, y si el ritmo de producción es acelerado con lleva una inversión inicial muy alta, que puede llegar a no recuperarse durante la explotación de la mina.

La etapa técnica de estudio y la selección del método, en un proyecto es de suma importancia, condicionando los resultados futuros.

2.3.2. Definición de "método minero"

HERRERA, J. (3) Denomina método minero al proceso que permite realizar la explotación minera de un yacimiento empleando un conjunto de procesos y máquinas, que deben operar de una manera ordenada y repetitiva.

Actualmente existen tres métodos que son:

- El método de explotación por minería a cielo abierto
- El método de explotación por minería de interior o minería subterránea
- El método de explotación por sondeos.

2.3.3. Elementos de la explotación a cielo abierto

- **Planificación y diseño de la mina**

HETHMON, T; DOTSON, KYLE. (4) El principal objetivo económico de la minería a cielo abierto es extraer material y obtener una máxima recuperación de la inversión. Para minimizar las inversiones de capital se desarrolla un plan de explotación donde se precisa el método de extracción y de tratamiento al producto de las minas. Independientemente de su tamaño, el plan de la mina incluye el trazado, las infraestructuras, el transporte, maquinaria y los flujos de la producción con la respectiva vida útil.

- **Capa de cobertura de extracción a cielo abierto**

La capa de cobertura está formada por roca residual consolidada y no consolidada, que debe extraerse para dejar descubierto el mineral de interés, en su mayoría las técnicas de eliminación son cíclicas, con interrupción de las fases de perforación, voladura, carga y transporte.

- **Selección del equipo de minería**

La selección del equipo de minería debe ser incluido en el plan de la mina, considerando factores como: la topografía del terreno y del área circundante, la cantidad a producir, la velocidad de excavación. Las operaciones a cielo abierto generalmente se ejecutan con distintos tipos de maquinarias las mismas que pueden ser: dragalina, cargadores, palas excavadoras, rotopala, mototrailla, bulldozer y camión.

2.3.4. Sistemas de explotación

ASAMBLEA NACIONAL (5), Las labores mineras deben planificarse según las características físico-mecánicas, y condiciones geotécnicas de las rocas, por ello, habrá de considerarse:

a. Realizar un estudio geológico y geotécnico donde se establecen los parámetros técnico-mineros en la explotación, determinando el factor de seguridad de los frentes de desmonte y explotación, atendiendo a la naturaleza y estabilidad de los terrenos.
b. Llevar a cabo un estudio hidrológico e hidrogeológico en la explotación, del nivel freático en los sitios donde el agua pueda afectar las labores mineras.
c. Proveer el mantenimiento periódico y limpieza de las cunetas existentes también se restaurará la superficie, accesos y vías.
d. Construir bermas de seguridad como barrera para detener el material suelto de los taludes en los frentes de explotación activos o en receso.

e. Diseñar las plataformas de trabajo se deberán con los parámetros técnicos de la maquinaria para garantizar las correctas maniobras que se realiza en el desarrollo normal del trabajo.
f. La construcción y mantenimiento de vías de circulación.
g. El trabajo simultáneo que permitan distintas alineaciones.
h. Un control permanente para evitar desprendimiento y desmoronamiento de rocas de los bancos.
i. Disponer de especificaciones técnicas de todos los equipos, maquinarias, herramientas e instalaciones, en idioma español.

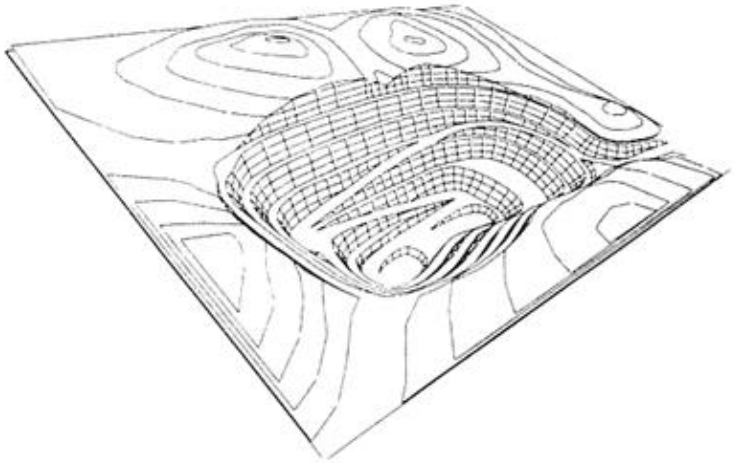
2.4. Métodos mineros y sistemas de explotación

HERRERA J (3) Las características estructurales de cada yacimiento dan lugar a una primera selección de submétodos clásicos de la minería cielo abierto.

1. Cortas
2 Descubiertas
3 Terrazas
4 Canteras
5. Graveras

1. Cortas

HERRERA, J (3) Es un método de explotación de la minería tradicional aplicada a la extracción de metales y con algunas modificaciones ha sido adaptada en los últimos tiempos a los yacimientos de carbón. La extracción se realiza con un banco en uno o varios tajos, con un desfase entre los bancos, para disponer de las plataformas de trabajo en la operación de los equipos.
La profundidad de este método suele ser extensa hasta más de los 300 m con la excepción en los yacimientos de carbón, la vida de estas explotaciones tiene un promedio superior a los 15 o 20 años. Ver Ilustración 2-2.



Esquema de una corta minera

Mina de Palabora.
Cortesía: Rio Tinto

Ilustración 2-2: Explotación de minería por Cortas

Fuente: HERRERA, J (3)

Elaborado por: Maldonado. T. 2022

2. Descubiertas

HERRERA, J (3) Aplicado en yacimientos horizontales o tumbados, con un recubrimiento inferior a los 50 m. La explotación consiste en realizar un avance unidireccional de un módulo con un solo banco efectuándose el arranque de la capa vegetal y el dispersado de éste hacia las fases anteriores. El mineral es extraído desde el fondo de la explotación que coincidirá con el muro del depósito. Ver Ilustración 3-2.

La maquinaria requerida para las diferentes fases de la explotación dependerá del volumen de material extraíble, para las minas de mayor volumen se recomienda el uso de dragalinas y en las

de menor volumen la aplicación de equipos convencionales como: las palas, cargadoras, tractores de orugas, entre otros.

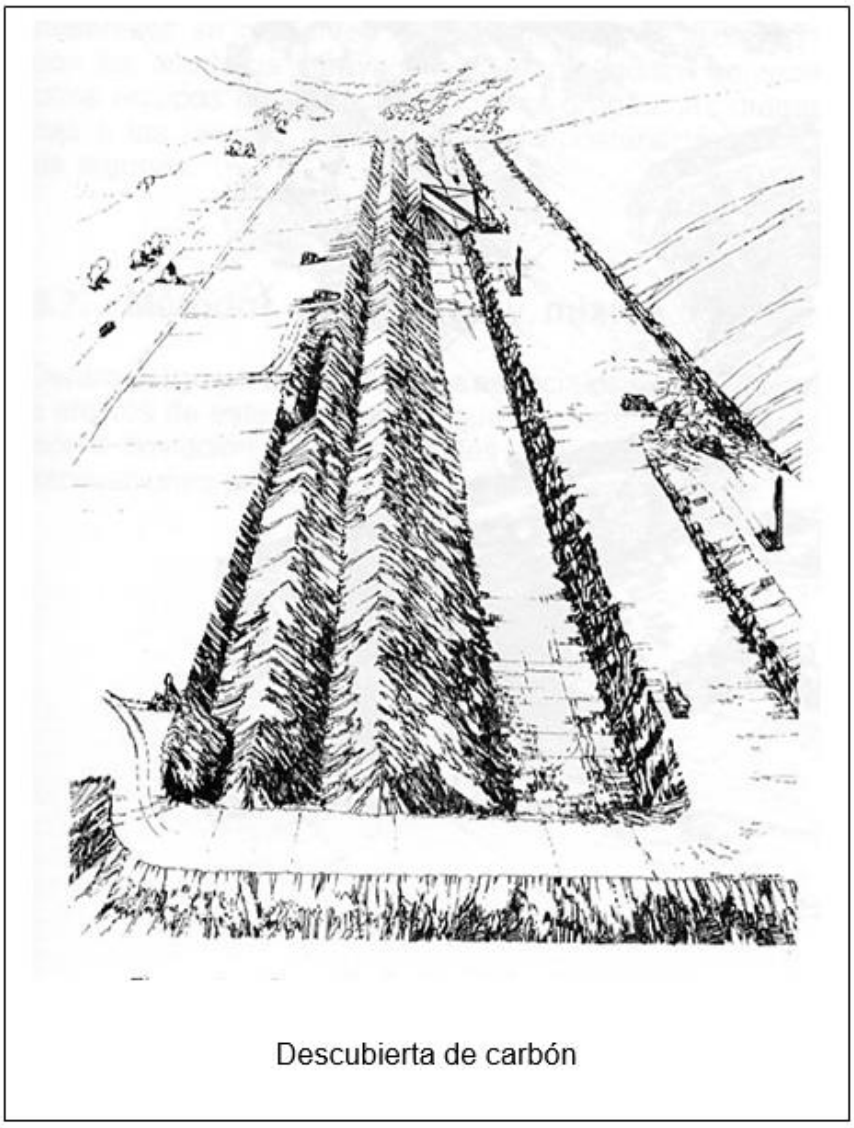


Ilustración 3-2: Explotación de minería por Descubiertas

Fuente: HERRERA, J (3)

Elaborado por: Maldonado. T. 2022

3. Terrazas

DOCSITY (6), define: Relaciona a este método con la minería de banqueo avance unidireccional, en yacimientos relativamente horizontales, que va de uno a varios niveles de material mineralizado y con recubrimientos potentes, esto permite depositar el estéril en un área creada principalmente con la explotación. Ver Ilustración 4-2.

Los equipos destinados para este tipo de explotación son muy variados, desde continuos, como son los de transporte con cintas y trituración o totalmente discontinuos con equipos convencionales de carga y transporte.

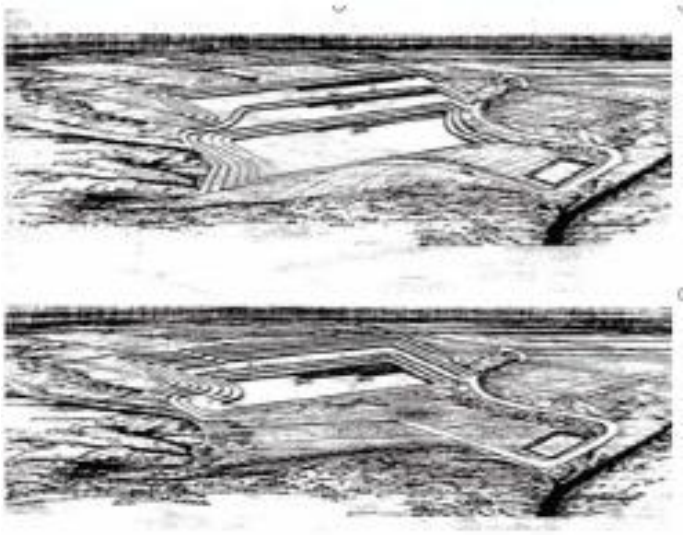


Ilustración 4 - 2: Explotación de minería por terrazas

Fuente: DOCSITY (6)

Elaborado por: Maldonado. T. 2022

Las principales características del método de terrazas son:

- Grandes reservas.
- La generación de un buzamiento menor a 10 grados.
- Rocas blandas de cobertura.
- Alta relación de descapote.
- El establecimiento de uno o varios bancos.
- Posibilidades de implantación de uso de tecnología.

En yacimientos masivos la explotación se lleva a cabo de forma tridimensional por banqueo descendente, en forma trincocónica, y puede adaptarse a las diferentes modificaciones requeridas, de acuerdo al tipo de material a extraer. La explotación por terrazas es definida por:

- La extracción, en cada nivel con uno o varios tajos.
- Debe existir un desfase entre bancos para que operen los equipos a su máximo rendimiento.
- Profundidad de hasta más de 300m.
- La vida útil suele ser superior a los 15 o 20 años.
- Este método se basa en una minería de banqueo.
- Se aplica en yacimientos horizontales y con recubrimientos potentes.
- Permiten depositar el estéril en el hueco creado.
- Los equipos y sistemas mineros que se utilizan son muy variados en los diferentes procesos de la explotación

4. Canteras

HERRERA, J (3) Es el término utilizado para referirse a las explotaciones de los materiales de construcción, rocas ornamentales y rocas industriales. Este método constituye el sector más importante en cuanto a número porque desde la antigüedad ha sido el método de extracción y abastecimiento de materias primas con uso en obras de construcción e infraestructura. El método de explotación es aplicado por banqueo, con uno o varios niveles. Ver Ilustración 5-2

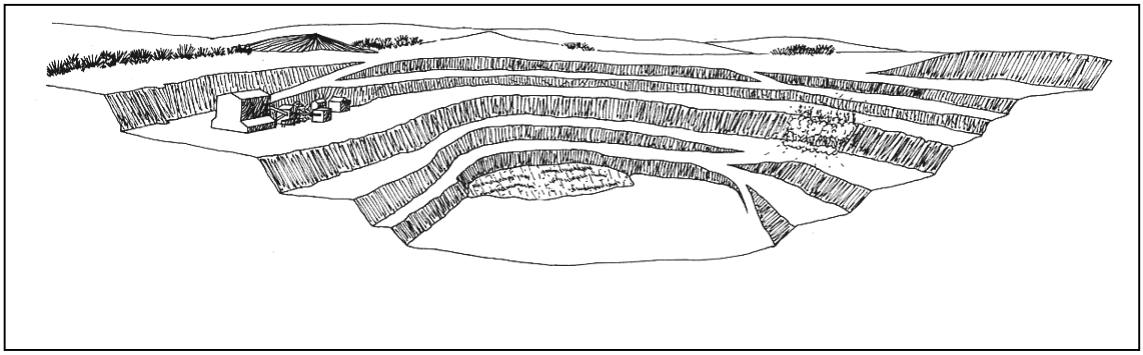


Ilustración 5-2: Explotación de minería por Canteras

Fuente: HERRERA, J (3)

Elaborado por: Maldonado. T. 2022

5. Graveras

HERRERA, J (3) Este método de explotación es aplicado a los materiales detríticos como: arenas y gravas, en depósitos de valle y terrazas de los ríos, tienen una gran demanda por ende una explotación masiva, en el sector de la construcción.

Por la baja cohesión de los materiales detríticos las labores de arranque se efectúan de forma directa con equipos mecánicos, las explotaciones se llevan a cabo en un banco con una altura inferior a los 20 m.

2.3. Materiales de construcción

E-CONSTRUCTOR. (7) Los materiales de construcción son productos, subproductos y materias primas que se utilizan para la construcción de edificaciones y para las obras civiles. Provenientes de la naturaleza y para su empleo no deben pasar por procesos industriales.

MATUS, I., & BLNACO, M. (8)Para la clasificación de los materiales de construcción hubo la necesidad de agruparlos dependiendo de las características propias del material y su uso.

Según sus funciones que desempeñan en la obra, se pueden clasificar en:

- Principales o resistentes: Piedra, cantera, acero.
- Aglomerantes: Cementos, cales, yesos.
- Auxiliares: Vidrio, aluminio, pintura.

Según el orden que intervienen en las obras.

- Cimentación.
- Estructura.
- Cubierta.
- Muros y divisiones.
- Piso y pavimentos.
- Puertas y ventanas.
- Terminaciones.
- Instalaciones.

Según su origen o Clase

- Materiales Pétreos.
    - Naturales: Rocas, arena, grava, arcilla.
    - Artificiales: Piedra triturada, arena, piedra cantera, morteros, Hormigones.
- Aglomerantes: Cemento, Cal, yeso, arcilla, asfalto.
- Materiales Artificiales Aglomerados: Bloques, ladrillos, adoquines, elementos prefabricados, morteros y concretos.

2.3.1. Lastre

HOLCIM (9) Está compuesto por agregados de rocas que se encuentran total o parcialmente triturados, posee una calidad mala, se estabilizan con agregados de rocas finos que proceden de la trituración de este material, o suelos finos, o la combinación de estos.

Características del lastre

- Limpios, resistentes y durables.
- La fracción que pasa el tamiz N°40 es no plástico.
- Esta exentos de material vegetal.

Usos

Mejoramiento de vías secundarias y terciarias

Rellenos viales

2.4. Cálculo de reservas

UNSJ (10), Establece que un recurso mineral o mena es una concentración natural de algún elemento en la corteza terrestre, que puede ser extraído con los medios tecnológicos, los recursos minerales se dividen en metálicos o no metálicos.

Las reservas de mineral son recursos valiosos, económica y técnicamente factibles de extraer, para la estimación de las reservas de un yacimiento se debe determinar la cantidad, calidad y posibilidad de explotación comercial.

HERNANDEZ. R. (11), menciona que: La estimación de reservas se basa en la vida útil de la mina mediante la modelación del yacimiento, se calcula en toneladas métricas, siendo necesario realizar dichos cálculos al final de cada etapa de los trabajos de prospección y exploración de yacimientos, y debe ser presentado en los estudios técnicos.

Antes de comenzar a realizar los cálculos es necesario determinar los valores de la masa volumétrica o densidad aparente de la materia prima mineral, a partir de los datos adquiridos siendo muy importante, pues de su correcta solución depende la precisión de los resultados de la estimación de reservas. Después del levantamiento geológico se puede representar el yacimiento proyectándolo en un plano conveniente.

2.4.1. Métodos de estimación de las reservas

- **Método de los perfiles:**

RIVERA. J (12) Consiste en trazar perfiles verticales del yacimiento y calcular las reservas de los bloques delimitados por perfiles. Se usa cuando se tienen cuerpos mineralizados de desarrollo irregular y que han sido estudiados mediante sondeos distribuidos regularmente de forma que permiten establecer cortes o perfiles en los que se basa el cálculo de reservas. El área de la sección del cuerpo mineralizado interceptado por cada perfil se puede calcular por varios métodos (planímetro, regla de Simpson, entre otros) Ver Ilustración 6-2

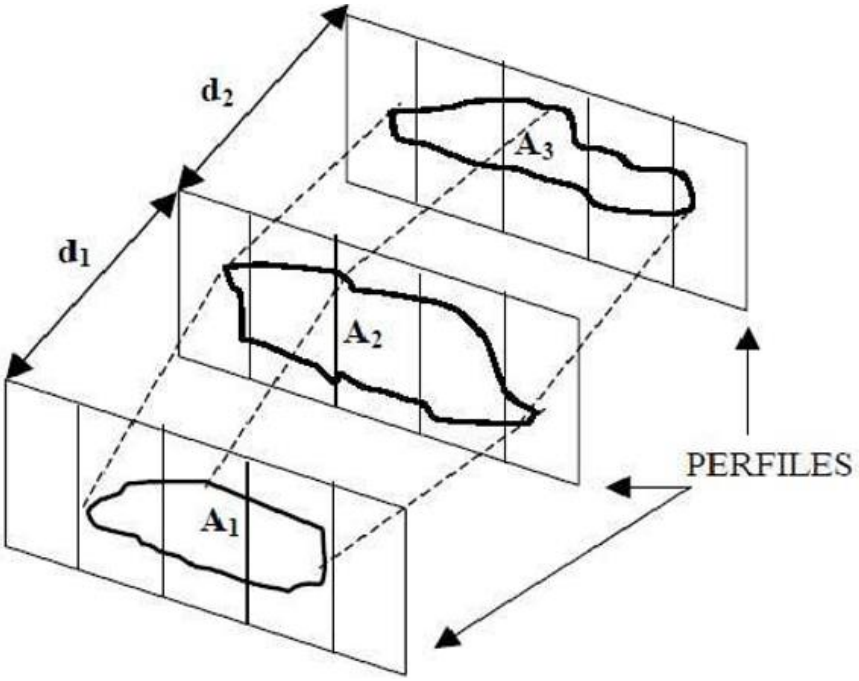


Ilustración 6-2: Método de perfiles

Fuente: RIVERA. J (8)

Elaborado por: Maldonado. T. 2022

- **Método de cálculo**

Construcción de los perfiles

La construcción de perfiles se la realiza de la siguiente forma:

Trazando perpendiculares a la máxima longitud del yacimiento, siendo los perfiles paralelos entre sí, con una distancia regular, con perfiles intermedios con peculiaridades locales, siendo proyectados entre sí.

Cálculo del volumen:

El volumen del bloque comprendido entre perfiles se puede obtener: Multiplicando el área de cada sección por la mitad de la distancia al perfil contiguo a cada lado (cada perfil genera un bloque):

$$V = \left(\frac{A_{1*}d_1}{2}\right) + \left(\frac{A_{2*}d_2}{2}\right)$$

El cálculo de la reserva se puede obtener: Sumando la multiplicación los volúmenes por la densidad del material.

$$Reserva = V_1 * \rho + V_2 * \rho + V_3 * \rho + \cdots + V_n * \rho$$

2.5. Planificación minera

GESTIÓN MINERA Y AMBIENTAL (13), La planificación minera es un elemento fundamental para la toma de decisiones e influye en los resultados de las empresas mineras para lograr tener el éxito esperado; dicha planificación parte de lo siguiente: definición de reservas mineras, de la secuencia de explotación, programas de producción y de la infraestructura requerida.

La planificación empieza con la modelización del yacimiento utilizando software y técnicas que permitan planificar la explotación, evaluar económicamente el proyecto, estudiar el mejor diseño o posibles cambios en el diseño si ya está desarrollado.

La evaluación debe abarcar todos los eslabones de la explotación, diseño de mina, optimización en el proceso de tratamiento, evaluación de la maquinaria móvil y un exhaustivo control de costes. Este último, permitirá analizar con mayor rigor los parámetros económicos como las condiciones del mercado y sus consecuencias en los niveles de precios de los productos principales y los subproductos, los requerimientos de infraestructura y niveles de inversión, los niveles de costes de los procesos y operaciones unitarias, las relaciones insumo productos y las eficiencias de los procesos.

2.6. Diseño de taludes y bermas

DICCIONARQUI (14), un talud es la inclinación del terreno con respecto a la vertical, también se puede definir como la pendiente de un terreno estable.

Un talud puede presentarse de dos formas: natural y artificial; el primero se presenta en un terreno sin alterar y el segundo es cuando interviene la mano del hombre generalmente en los procesos de urbanización o en las obras de ingeniería civil.

Los taludes naturales fallan de acuerdo con: las condiciones geológicas, la resistencia de los materiales presentes y la geometría del talud; a diferencia de los taludes artificiales en donde su falla es de tipo común, simple y definida; esta se da en función de la selección de materiales, control de la construcción, colocación y compactación del suelo que los forma, se llega a una masa relativamente homogénea, en la cual el tipo de movimiento de falla es común, simple y definido.

CARVAJAL. J. (15) define que el modelo de Berma se aplica en excavaciones verticales en suelos finos cohesivos saturados y en condición no drenada bajo carga rápida se puede hacer el análisis considerando los esfuerzos totales y la resistencia al corte. El modelo conserva la simplicidad en la evaluación que caracteriza a los métodos de análisis límite. Las excavaciones de paredes verticales comunes en la construcción de estructuras, es la que define el proceso constructivo, asegurando la estabilidad de los taludes y del fondo de la excavación.

2.6.1. Método de estabilización de taludes

OSEDE (16), los métodos de estabilización de taludes establecen una línea de acción para evitar zonas con falla, reducir las fuerzas motoras, procurar el aumento de las fuerzas resistentes, constituyen los medios para eliminar los problemas de deslizamientos y fallas. El uso de bermas tiende a incrementar la estabilidad del talud, las bermas son masas generalmente del mismo material del propio talud para darle estabilidad,

Para la estabilización de los taludes se emplean los siguientes métodos:

- **Métodos de elusión,** Constituyen medios seguros para eliminar los problemas derivados de deslizamientos y fallas.

- **Métodos de excavación:** Este método va desde excavaciones menores, hasta la remoción total del material inestable. Se puede emplear en fallas, de tal forma que se puede conocer las futuras fallas en una zona de inestabilidad potencial.

- **Abatimiento de taludes:** Este método mejora las condiciones de la estabilidad de los taludes.

MALDONADO. Y. (17), Un talud implica riesgo de inestabilidad, es necesario medidas de estabilización, conlleva al aumento del factor de seguridad, esto se consigue al disminuir las fuerzas desestabilizadoras. Para ello se debe tener en cuenta el comportamiento y propiedades

geomecánicas del terreno, se verifica los mecanismos, tipos de roturas, todos los factores geológicos, y otros tipos de factores.

2.7. PLAN DE CIERRE

SERNAGEOMIN (18) Un plan de cierre es un proyecto de ingeniería en el cual se presentan un conjunto de medidas y acciones destinadas a mitigar los efectos que se derivan del desarrollo de la industria extractiva minera, en los lugares en que ésta se realice, con el fin de asegurar la estabilidad física y química de las instalaciones, en conformidad a la normativa ambiental aplicable.

Objetivos de la Ley de Cierre de Faenas e Instalaciones Mineras son:

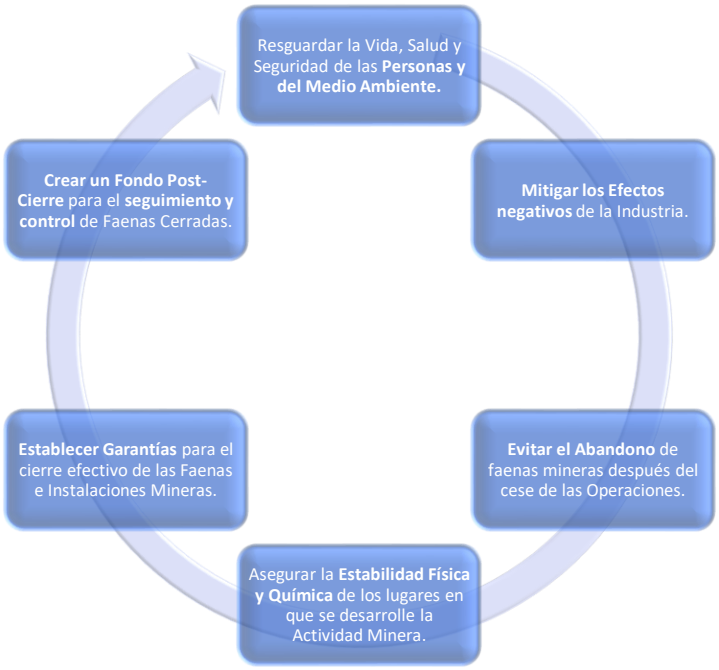


Ilustración 7-2: Objetivos de cierre de mina

Fuente: SERNAGEOMIN (2)

Elaborado por: Maldonado. T. 2022

SERNAGEOMIN (19) El Plan de Cierre de Minas es definido como, “Instrumento de gestión ambiental conformado por acciones técnicas y legales, efectuadas por los titulares mineros, destinado a establecer medidas que se deben adoptar a fin de rehabilitar el área utilizada o perturbada por la actividad minera para que ésta alcance características de ecosistema compatible con un ambiente saludable y adecuado para el desarrollo de la vida y la preservación paisajista. La rehabilitación se llevará a cabo mediante la ejecución de medidas que sean necesarias realizar

antes, durante y después del cierre de operaciones, cumpliendo con las normas técnicas establecidas, las mismas que permitirán eliminar, mitigar y controlar los efectos adversos al ambiente generado o que se pudieran generar por los residuos sólidos, líquidos o gaseosos producto de la actividad minera"

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

Para el presente proyecto técnico se trabajará con los siguientes enfoques: investigación cualitativa, la misma que se basará en la recopilación bibliográfica esto incluye: páginas web, ensayos, tesis, revistas científicas, libros, información física y digital preexistente de la zona; además de un enfoque cuantitativo en donde se recopilara datos con el ayuda del trabajo de campo: levantamiento topográfico, toma de muestras y finalmente la interpretación de dichos datos con programas especializados (Civil 3D y AutoCAD). Ver tabla 1-3.

Tabla 1-3: Resumen del marco metodológico.

Bibliografía	Mapa geológico regional del Ecuador 2017 (IIGE 2017)
Trabajo de campo	Levantamiento topográfico mediante fotografías aéreas, con una escala de 1:2000 y las curvas de nivel en intervalos de 1 y 5 metros. Toma de tiempos de la maquinaria en la carga y transporte del material. Caracterización del material. Toma de muestras del afloramiento para los ensayos de comprensión simple.
Trabajo de oficina	Cálculos de estimación de las reservas mediante el método de perfiles. Modelado del diseño de explotación y cierre de mina mediante el software Civil 3D. Creación de mapas: mapa topográfico, mapa geología local, mapa del diseño de explotación.

Realizado por: Maldonado. T. 2022

3.1. Topografía

3.1.1. Toma de puntos

Para realizar la topografía se localizó el predio por medio de las coordenadas proporcionadas por parte del GAD de Morona; a través de la plataforma Google Earth se ubicó dichas coordenadas delimitando el polígono de estudio.

Se procedió a cargar el polígono en el software del Dron marca DJI modelo Phantom 4 Pro V2, como se puede ver en la Ilustración 1-3, para realizar el sobrevuelo y la toma de fotografías. Al finalizar el vuelo fotogramétrico se descargaron los datos colectados para ser procesados por el software Agisoft Metashape, que transforma las fotografías a pixeles asignando una coordenada georreferenciada con los puntos de control, como se puede ver en la Ilustración 2-3, después se retira la vegetación para dejar un modelo de terreno separando los puntos de paso como se puede observar Ilustración 3-3, obteniendo las ortofotos u ortomosaico que son los datos que deseamos obtener, almacenando en una nube de puntos como se puede ver en la Ilustración 4-3, gracias a este procedimiento se pudo conseguir los modelos de superficie, curvas de nivel, modelo digital del terreno, que fueron procesados en el software Civil 3D.

En la Ilustración 5-3 se puede apreciar las curvas de mayor cota, las cuales están reflejadas de color negro con un intervalo de 5 metros y las curvas de menor cota de color gris están reflejadas cada un metro en el plano, lo que permite tener una mejor apreciación del relieve en el área de estudio.

Ilustración 1-3: Dron marca DJI modelo Phantom 4 Pro V2

Realizado por: Maldonado. T. 2022

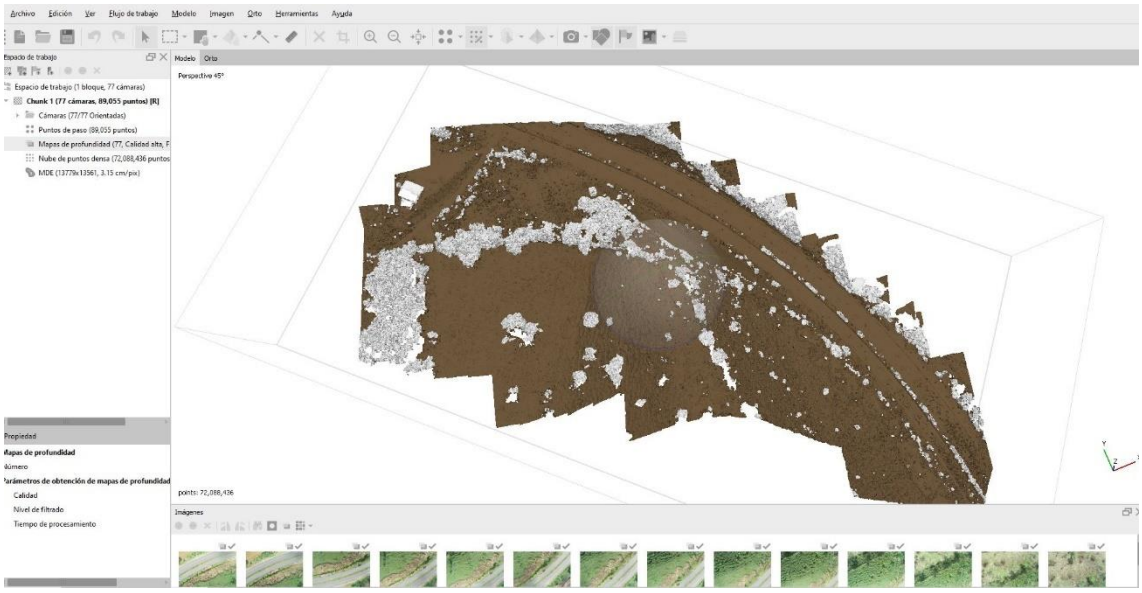


Ilustración 2-3: Clasificación de puntos

Realizado por: Maldonado. T. 2022

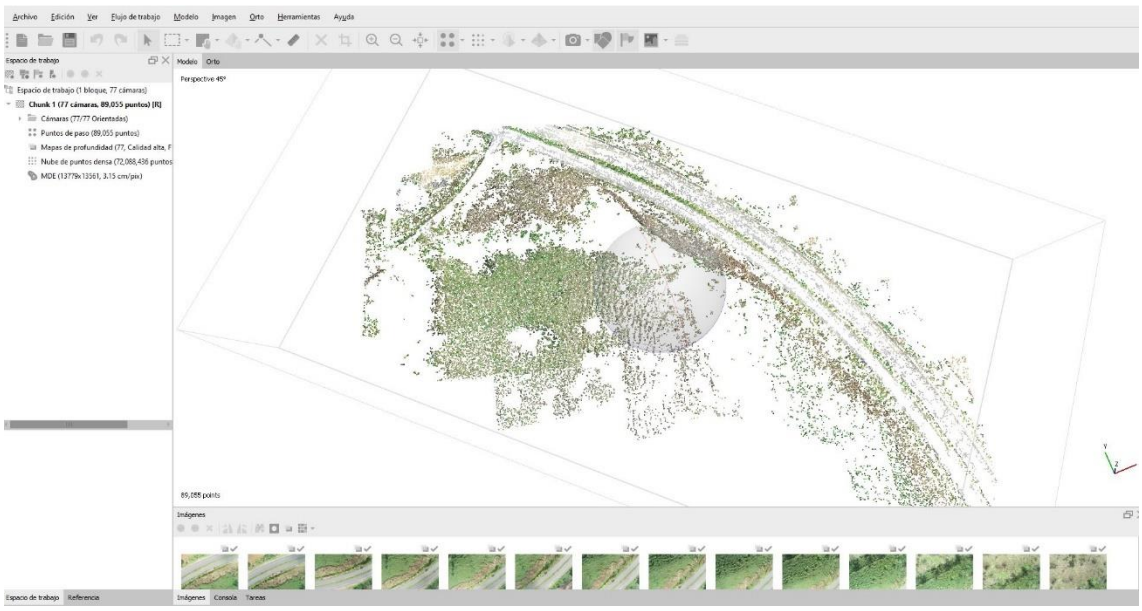


Ilustración 3-3: Puntos de paso

Realizado por: Maldonado. T. 2022

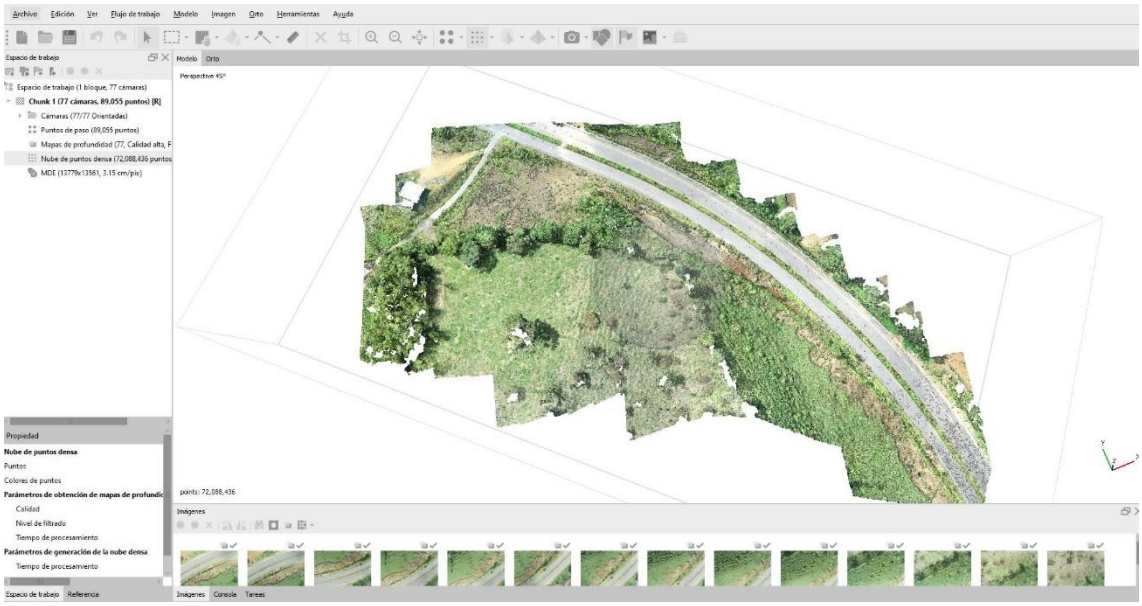


Ilustración 4-3: Nube de puntos densa

Realizado por: Maldonado. T. 2022

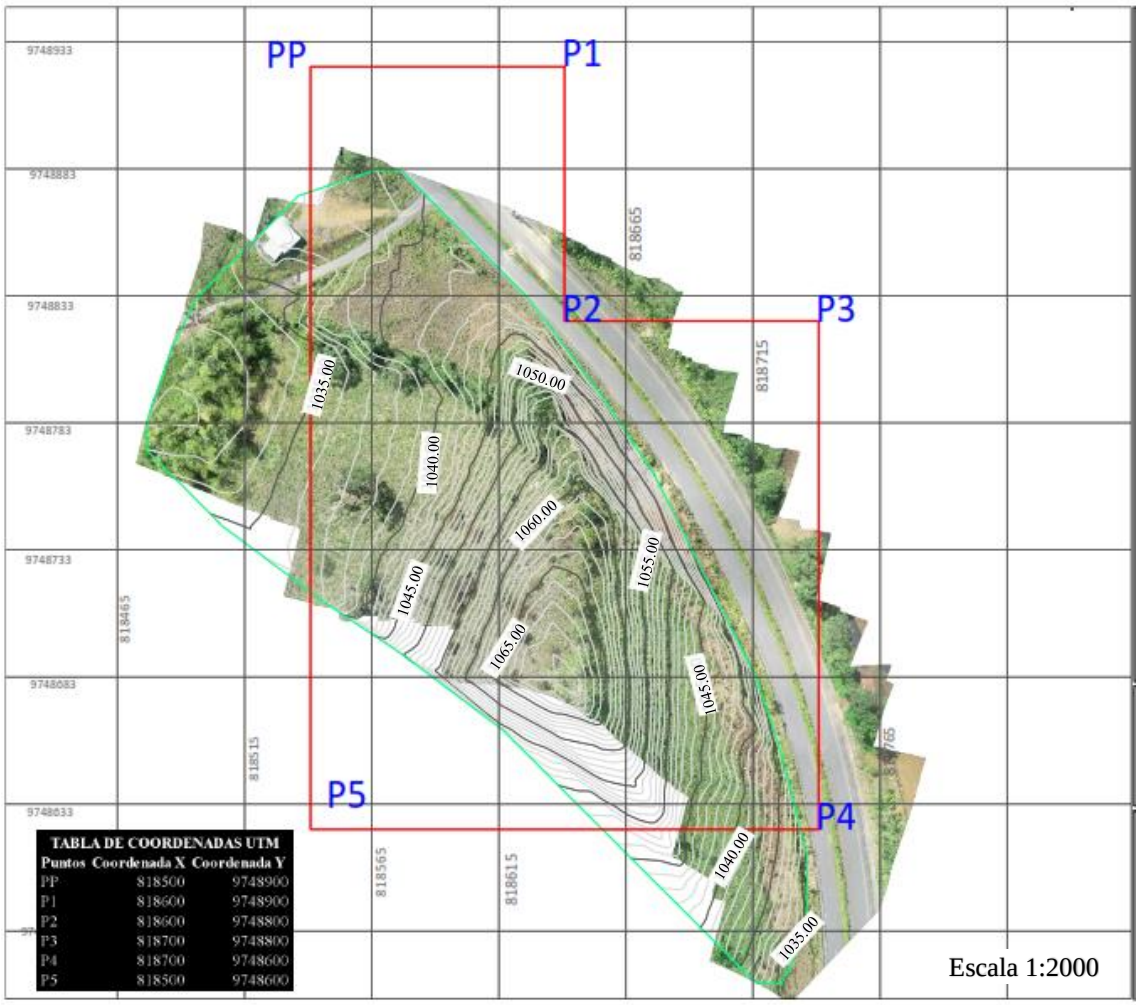


Ilustración 5-3: Curvas de nivel del libre aprovechamiento "Proaño"

Realizado por: Maldonado. T. 2022

3.2. Ensayo de compresión simple

TIERRA, NATHANAEL, MANOSALVAS (20) Resistencia de un material depende de su capacidad para soportar una carga excesiva sin presentar deformación o falla. Esta propiedad es inherente al propio material y debe determinarse mediante la experimentación.

Para el ensayo de compresión simple se tomaron muestras de campo sin alterar, procediendo a disminuir su tamaño al de 5cm por lado aproximadamente en forma cúbica mediante la Máquina de corte de hoja rotativa - GEOCUT 302 (ver anexo C) realizado en el laboratorio de Minas de la ESPOCH (ver tabla 2-3), Una vez obtenida la probeta se sometió la misma a una prensa aplicando una carga cada 15 segundos, hasta que se fracture, luego se realiza el cálculo donde se registra el esfuerzo máximo de cada probeta para poder obtener el esfuerzo medio de las 5 probetas. Las probetas 1 y 2 se encontraban saturadas por más de 48 horas antes de someterlas al ensayo, las probetas 3,4,5 se encontraban secas. Ilustración 6-3

Según la norma ASTM C170/C170M-16 se consideró realizar el ensayo con 5 probetas, siendo un 40 % saturadas y el 60 % secas, estas consideraciones se las realiza para medir la resistencia en medios con afluentes acuosos, y poder comparar los resultados de las propiedades físicas de los materiales cuando estos se encuentran saturados de agua y cuando se encuentran secos.

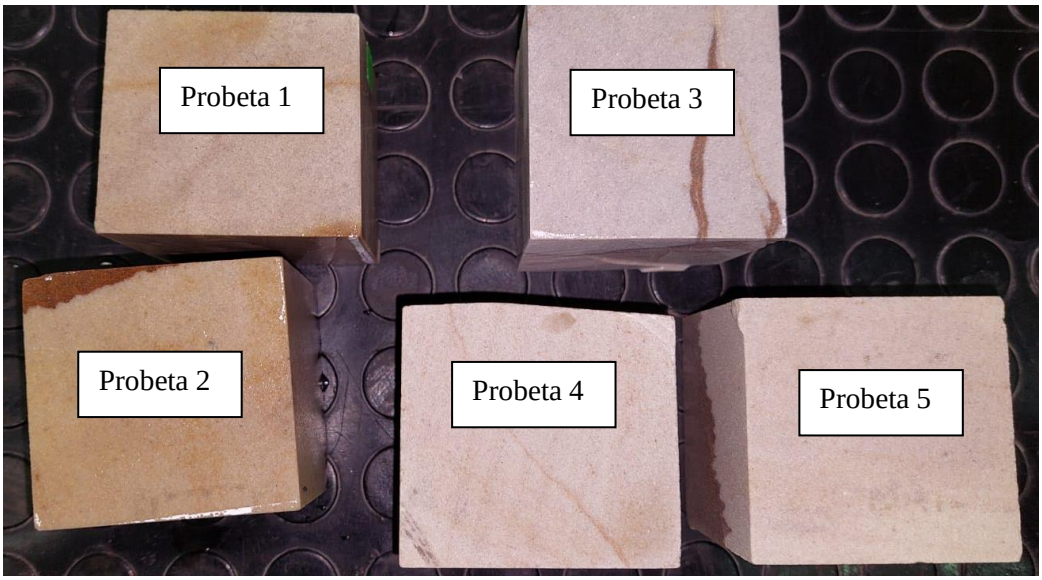


Ilustración 6-3: Probetas de areniscas.

Realizado por: Maldonado. T. 2022

Tabla 2-3: Medidas de las probetas

Medidas Probetas				
N° Probeta	Arista x (cm)	Arista y (cm)	Arista z (cm)	Area (cm2)
1	5,0	4,9	4,9	24,5
2	4,8	4,7	4,8	22,56
3	4,9	4,7	5,0	23,03
4	4,8	4,7	5,0	22,56
5	4,7	4,8	4,9	22,56

Realizado por: Maldonado. T. 2022

El resultado obtenido en el ensayo de laboratorio realizado en la probeta 1 que se encontraba saturada de agua, fue de una fuerza máxima de 18306 Kg con una deformación de 0,755522mm, provocando el momento de rotura de la probeta. (ANEXO I)

ILUSTRACIÓN 7-3: Frecuencia del ensayo de compresión simple probeta N°1

Realizado por: Maldonado. T. 2022

El resultado obtenido en el ensayo de laboratorio realizado en la probeta 2 que se encontraba saturada de agua, fue de una fuerza máxima de 9234,45 Kg con una deformación de 2,2934mm, provocando el momento de rotura de la probeta. (ANEXO J)

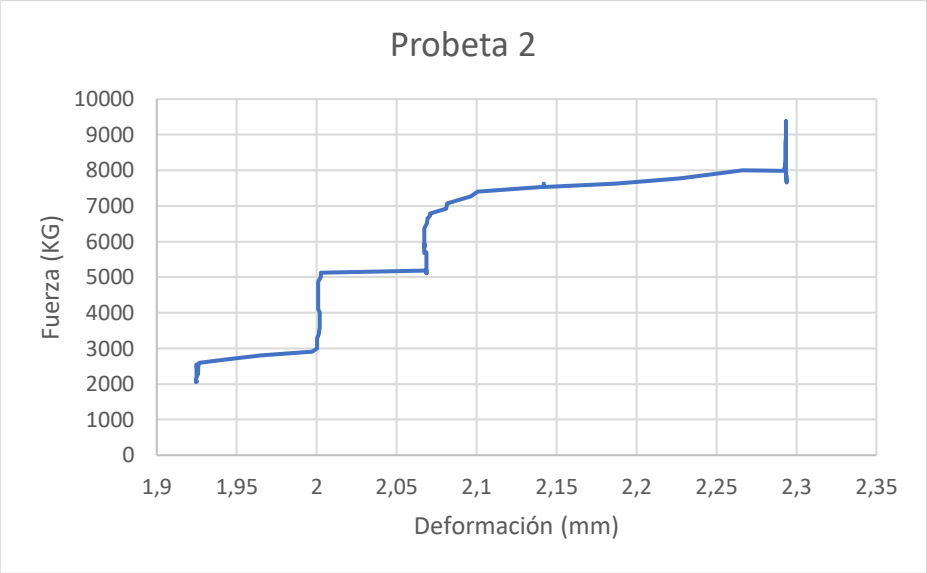


ILUSTRACIÓN 8-3: Frecuencia del ensayo de compresión simple probeta N°2

Realizado por: Maldonado. T. 2022

El resultado obtenido en el ensayo de laboratorio realizado en la probeta 3 que se encontraba seca, fue de una fuerza máxima de 13533,9Kg con una deformación de 4,6578mm, provocando el momento de rotura de la probeta. (ANEXO K)

ILUSTRACIÓN 9-3: Frecuencia del ensayo de compresión simple probeta N°3

Realizado por: Maldonado. T. 2022

El resultado obtenido en el ensayo de laboratorio realizado en la probeta 4 que se encontraba seca, fue de una fuerza máxima de 33030,8Kg con una deformación de 0,669585mm, provocando el momento de rotura de la probeta. (ANEXO L)

ILUSTRACIÓN 10-3: Frecuencia del ensayo de compresión simple probeta N°4

Realizado por: Maldonado. T. 2022

El resultado obtenido en el ensayo de laboratorio realizado en la probeta 5 que se encontraba seca, fue de una fuerza máxima de 21054,1Kg con una deformación de 1,49534mm, provocando el momento de rotura de la probeta. (ANEXO M)

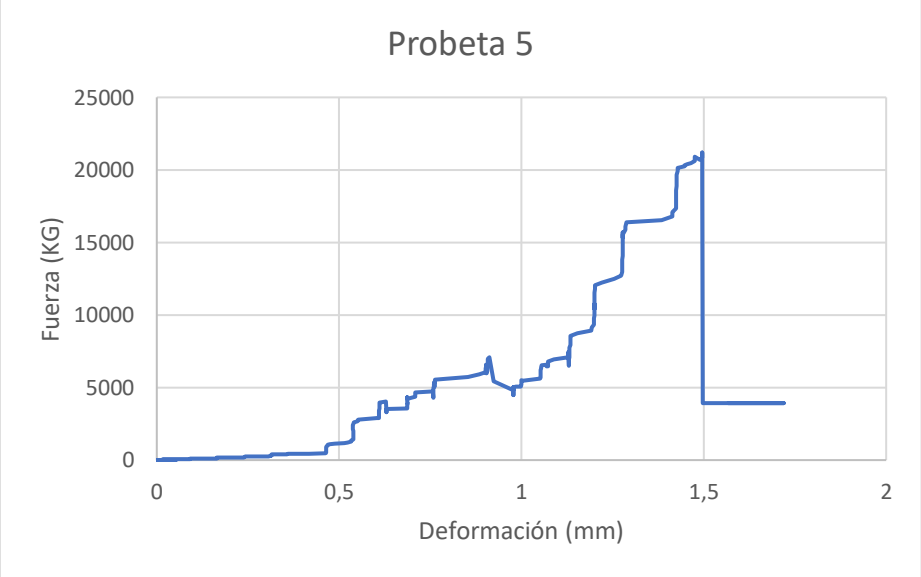


ILUSTRACIÓN 11-3: Frecuencia del ensayo de compresión simple probeta N°5

Realizado por: Maldonado. T. 2022

La resistencia a la comprensión simple es la característica de la roca que presenta resistencia a la rotura con la aplicación de tensiones normales a su superficie.

$\sigma comp = P/A$ (kg/$cm2$)

Donde: P: Magnitud de tensión aplicada a la superficie (kg)

A: Área de aplicación de la tensión ($cm2$).

3.3. Cálculo de reservas

UNSJ (21) Tiene por objeto determinar la cantidad, calidad y posibilidad de explotación comercial del mineral que lo compone. Planificar la explotación y el plan de cierre, son aspectos imposibles de encarar sin un cálculo seguro de las reservas. El cálculo se realiza durante toda la vida útil de una mina a través de un proceso de modelación del yacimiento que se ajuste lo mejor posible a la realidad en estudio. El método de modelación ideal debe ser simple, rápido, confiable, acorde al cuerpo mineralizado, capaz de proporcionar una verificación rápida en cualquier etapa. En la actualidad, los métodos modernos que aplican software ahorran tiempo y dinero, y si bien utilizan algoritmos de cálculo complejos, permiten minimizar el error de estimación.

Para el cálculo de reservas lo realizamos a través del método de perfiles que en este estudio hicimos 11 secciones paralelas a lo largo del área de interés de nuestra cantera, con una distancia de 20 metros entre estas, como se observa en la Ilustración 7-3. Cada sección vista en un corte lateral tiene una determinada área como se ve en la Ilustración 8-3, una vez determina el área de cada sección se procede a calcular el volumen que se obtiene de multiplicar el área cada sección por la suma de las distancias medias de cada lado, como muestra la siguiente ecuación:

$$V = \left(\frac{A_{1*d_1}}{2}\right) + \left(\frac{A_{2*d_2}}{2}\right) + \left(\frac{A_{3*3}}{2}\right) + \left(\frac{A_{4*d_4}}{2}\right) + \left(\frac{A_{5*d_5}}{2}\right)$$

Donde:

V: volumen total

A: área

d: distancia entre perfiles

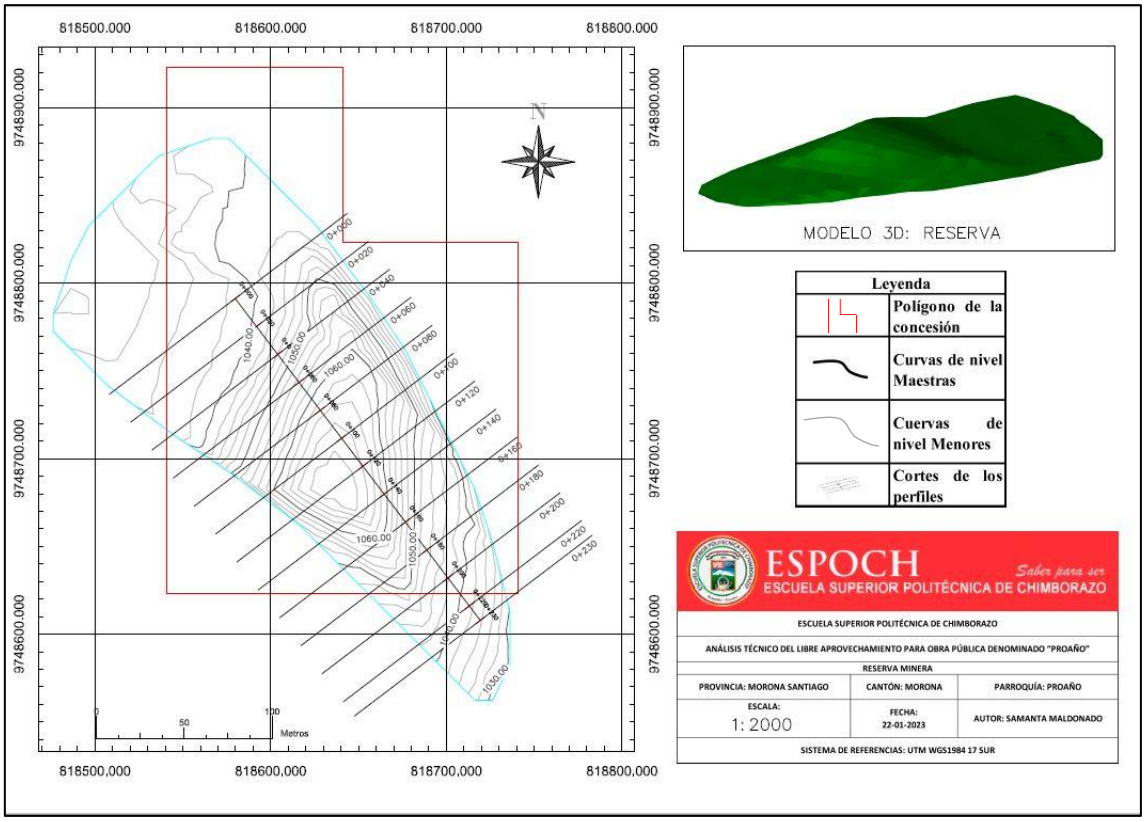


Ilustración 12-3: Vista en Planta de las Secciones.

Realizado por: Maldonado. T. 2022

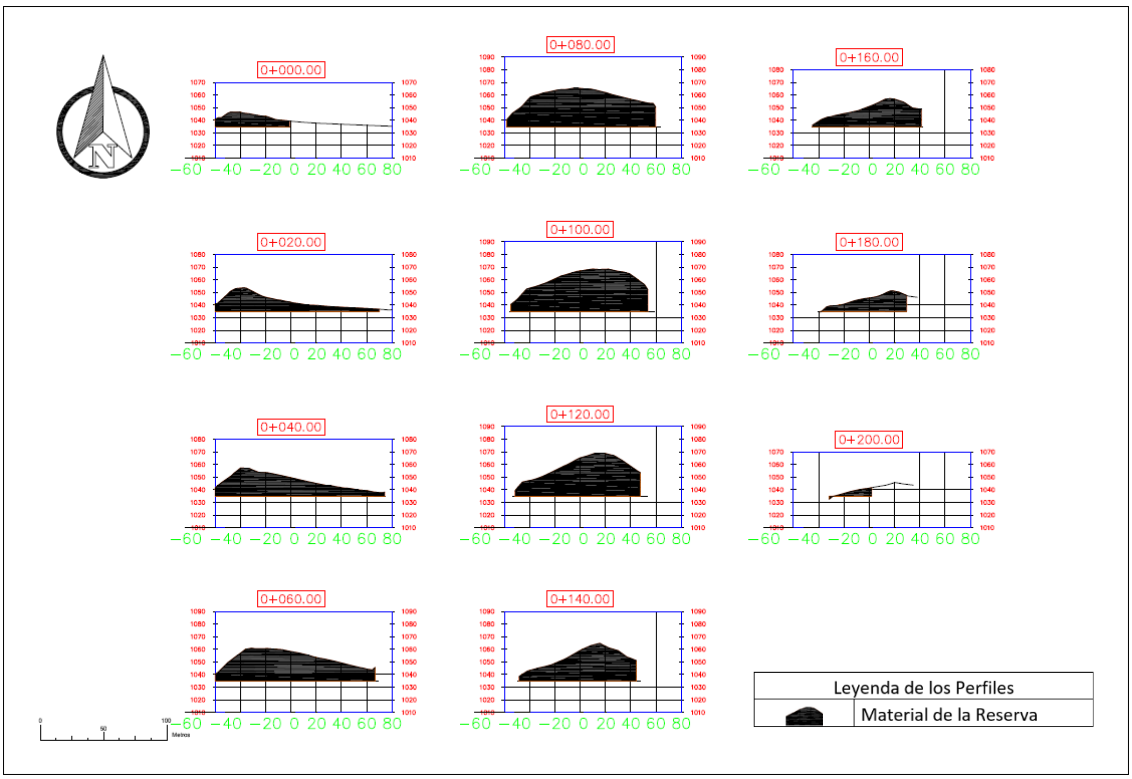


Ilustración 13-3: Perfiles Cálculo de Reserva.

Realizado por: Maldonado. T. 2022

Realizado el cálculo de secciones la cantera cuenta con el siguiente volumen de reservas: 334738.77 m3, véase el volumen en la Ilustración 9-3.

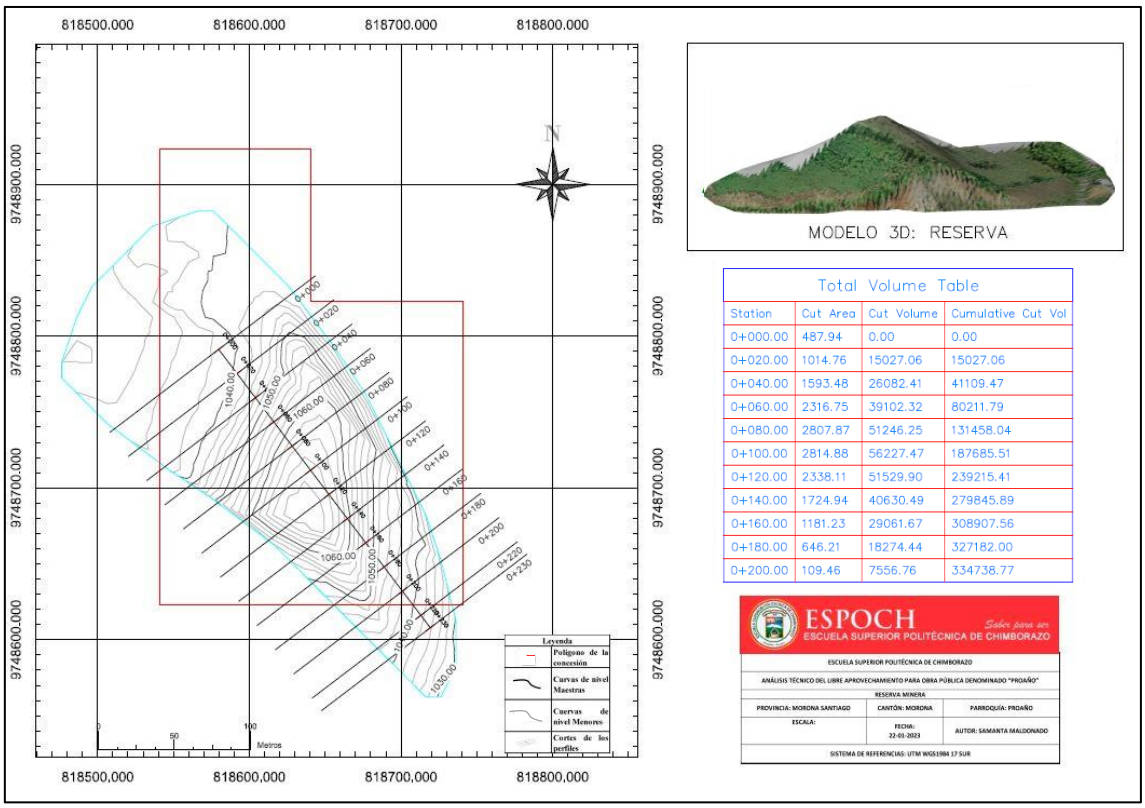


Ilustración 14-3: Calculo de Reservas.

Realizado por: Maldonado. T. 2022

3.4. Diseño de explotación

Para la elección del método óptimo del diseño de explotación se consideró: las características topográficas del área, el volumen de la reserva, forma del yacimiento y propiedades de la maquinaria. Asegurando que los parámetros de explotación faciliten la seguridad en las labores mineras sin poner en riesgo los equipos, la salud de los trabajadores y la seguridad de la zona.

El depósito se caracteriza por tener un relieve irregular con una pendiente de tipo montañosa, el modelo de explotación se realizará a cielo abierto con bancos descendentes, con ángulos de talud y bancos definidos.

El primer paso para iniciar la explotación es la remoción de la capa de cobertura vegetal, la cual fue medida en el afloramiento con una altura de 1 metro, la cual fue calculada mediante el software Civil 3D con el método de las secciones con 13 secciones cada 20 metros, donde se cubica un volumen de 19787.29 m3 de material.

En el área de libre aprovechamiento "PROAÑO" el cuerpo mineral posee un dimensionamiento de 230m de largo (norte a sur), ancho de 128m (este a oeste), con una altura máxima de 34m teniendo en cuenta el metro considerado como capa vegetal y material estéril, con una superficie

de 45348,539 m^2 aproximadamente, calculada por medio del software Civil 3D despreciando la superficie de la capa vegetal.

Tabla 3-3: Resumen del Factor Geométrico

Longitud del cuerpo	230m
Ancho del cuerpo	128m
Altura del cuerpo	33m

Realizado por: Maldonado. T. 2022

3.4.1. Profundidad límite de la cantera (H)

Para la profundidad de la explotación del cuerpo mineral, se consideró las curvas de nivel de la topografía del lugar, en el cual, a través de cortes transversales realizados en el software Civil 3D se observó que el afloramiento cuenta con una cota superior de 1070 y una cota inferior de 1036 siendo estos los límites de la cantera.

$$\boldsymbol{Htotal} = Hs - Hi$$

Htotal = 1070 − 1036

Htotal = 34 -1(altura del estéril)

Htotal = 33m

Donde:

Hi = altura inicial

Hs= altura final

Htotal: altura total

3.4.2. Altura Del Banco

Para establecer la altura de los bancos se parte de las dimensiones de la maquinaria de excavación y carga, características del macizo rocoso, factores geométricos y geomecánicas. Estableciendo los siguientes parámetros para el banco una altura de banco entre 10 a 15 m aconsejable, con un ángulo de banco de 45° a 50° considerando el número de bancos, según Protodiakonov.

Seleccionando en función a las características de la excavadora la altura de 11 metros.

GRUPO DE ROCAS		CARACTERISTICAS DEL MACIZO ROCOSO	ALTURA DE UN BANCO EN TRABAJO (m)	ANGULO DE TALUD DE LOS BANCOS. (°)		
				EN TRABAJO	EN RECESO	
					PARA UN BANCO	PARA 2-3 UNIDADES
Rocas Peñascosas. σcomp =8x107 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°

Ilustración 15-3: Ángulo para taludes en trabajo y en receso de canteras en función del coeficiente de Protodiakonov

Fuente: Tecnología de Explotación de Minerales duros por el Método a Cielo Abierto del Dr. PhD Ing. Galo Humberto Sosa Gonzáles

Elaborado por: Maldonado. T. 2022

3.4.3. Números de bancos

El número de bancos está establecido por la fórmula:

$Nbancos = H/hb$

Dónde:

H= Altura de Cantera

Hb= Altura de banco

$Nbancos$ =33/ 11

$\boldsymbol{Nbancos}$ = 3

3.4.4. Ancho de la plataforma de trabajo

Las plataformas de trabajo en toda labor minera sirven para el libre desenvolvimiento de las actividades a realizarse en el transcurso de la explotación del material, es básicamente la sumatoria de todos los espacios necesarios para tener un movimiento holgado de los equipos y el personal ubicado en ese frente de trabajo, existen factores que se deben tomar en cuenta y se enuncian a continuación:

- Ancho de vía
- Berma de seguridad
- Espacio de maniobra para el equipo de carguío y transporte con su respectivo radio de giro
- Espacio para cunetas
- Espacio donde se coloca la pila del material pétreo arrancado

El ancho de la plataforma de trabajo se calculó mediante la siguiente ecuación:

Bpt = A + bs + C + T + Ac

Donde:

A = espacio de amontonamiento, (en este caso se tomará un valor referencial de 2.5 m)

bs = berma de seguridad, (m)

C = espacio de maniobra del equipo, (m)

T = ancho de la vía, (m)

Ac = ancho de cuneta

3.4.5. Bermas de seguridad

La berma de seguridad es la zona de protección de labores mineras las cuales evitan o sirven para neutralizar cuñas de deslizamiento y dependen básicamente del ángulo y altura de un banco.

El diseño de la berma debe considerar por lo menos la mitad de la rueda del camión más grande de la flota. (Pizarro, 2017)

Normalmente la berma de seguridad debe ser mayor o igual a un tercio de la altura del banco.

$\boldsymbol{bs} \geq (\mathbf{0}.\ \mathbf{3})\boldsymbol{hb}$

bs = (0.3) (11) m

bs = 3.3 m

Donde:

hb = altura del banco

3.4.6. Ancho de la vía

La dimensión de la vía se calculó tomando en cuenta las medidas del equipo de transporte, sumando el margen de seguridad pertinente y que existan las condiciones favorables para el funcionamiento de las demás labores mineras. Se calculó de la siguiente forma:

$\boldsymbol{T} = \boldsymbol{a} \times (\mathbf{0}.\ \mathbf{5} + \mathbf{1}.\ \mathbf{5}\boldsymbol{n})$

$T = 2.5 \times (0.5 + 1.5(1))$

T = 5 m

Donde:

T= ancho de la vía.

a = ancho del vehículo, (m).

n = número de carriles = (1),

Las condiciones y la topografía del terreno nos permitieron diseñar el ingreso principal de entrada y salida considerando un solo carril en la explotación.

3.4.7. Espacio de maniobra para el equipo

RIVERA. J (12). El radio de giro de una excavadora es determinante para calcular el espacio de maniobra, para un mejor arranque y carga del material. Se cálculo con la siguiente expresión matemática:

La longitud la determinaremos según las características de la excavadora

$\boldsymbol{C} = \mathbf{1}.\ \mathbf{5}\ \boldsymbol{Ae}$

$C = 1.5\ (9)$

C = 13.5 m

Donde:

Ae = Ancho de la excavadora, (9m). (ANEXO X)

La longitud la determinaremos según las características de la excavadora

El ancho de la cuneta se lo tomara como 0,5 m según datos empíricos

C=0.50m

Al reemplazar todos los valores obtenidos en la ecuación del Ancho de la plataforma de trabajo obtendremos:

$Bpt = A + bs + C + T$ + Ac

Bpt = 2.5m + 3,3m + 13.5m + 5m + 0,5m

Bpt = 24,8m ≈ 25

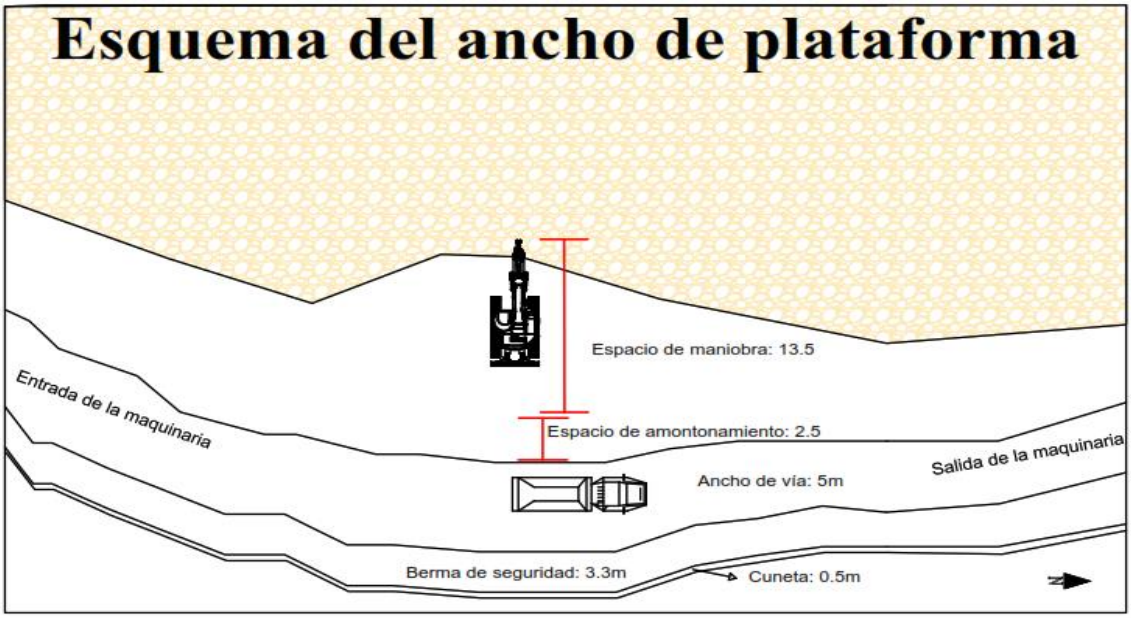


Ilustración 16-3: Esquema del ancho de plataforma

Realizado por: Maldonado. T. 2022

3.4.8. Ángulo de talud final o de liquidación de la cantera

Se utiliza la siguiente expresión:

$\boldsymbol{\theta} = \boldsymbol{arctg}\ (\boldsymbol{h}c/\ \mathbf{Nb}(\boldsymbol{h}^{*}\boldsymbol{cot}\propto+\boldsymbol{BS}))$

$\boldsymbol{\theta} = \boldsymbol{arctg}\ (33/3(11^{*}\cot 45 + 3{,}3))$

$\boldsymbol{\theta} = 37{,}23° \approx 37°$

Donde:

h = altura del banco, (m)

$\propto$ = ángulo de talud del banco de trabajo, (°)

BS = ancho de la berma de seguridad, (m)

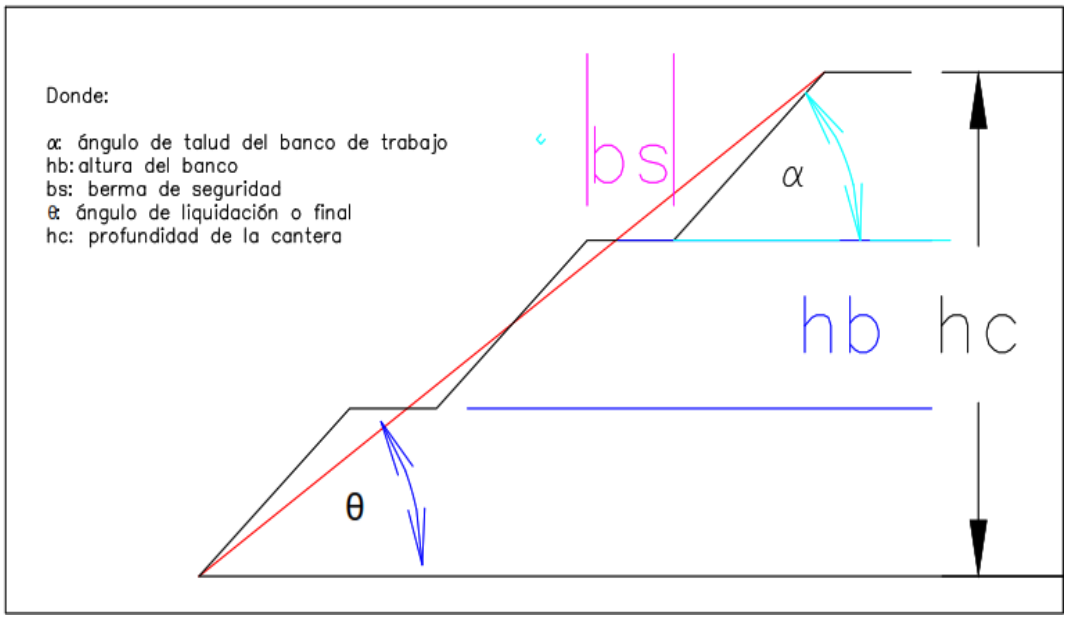


Ilustración 17-3: Parámetros de los bancos del Libre Aprovechamiento "Proaño"

Realizado por: Maldonado. T. 2022

El modelado del diseño de explotación en el software Civil 3d se realizó tomando en cuenta los cálculos que se realizaron para obtener los parámetros de los bancos de la cantera.

3.5. Cálculo de volúmenes de las etapas de explotación.

Con el método de explotación de bancos múltiples descendentes se pretende extraer 3287303.4 metros cúbicos de los 334738.77 m3 metros cúbicos calculados en el inciso anterior.

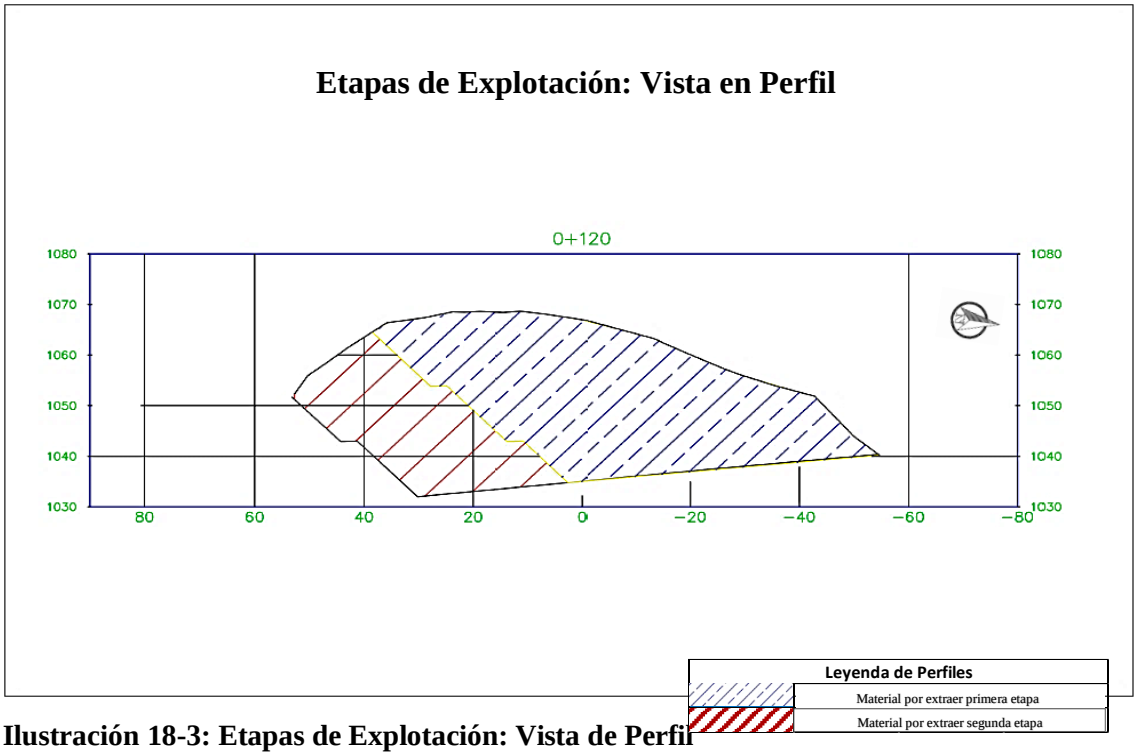


Ilustración 18-3: Etapas de Explotación: Vista de Perfil

Realizado por: Maldonado. T. 2022

3.5.1. Etapa 1 de explotación

En la primera etapa de explotación se plantea estabilizar los frentes de explotación, con el fin de extraer 231093.84 m3, este es el volumen entre la topografía actual y el modelo digital de la Etapa 1 el cual ha sido calculado utilizando el método de las secciones explicado anteriormente. Bajo este criterio se realizó el cálculo de volúmenes para las demás etapas que se presentan a continuación, el valor final presentado es entregado por la comparación de superficies en el software civil 3D, el cual es un valor mucho más aproximado a la realidad.

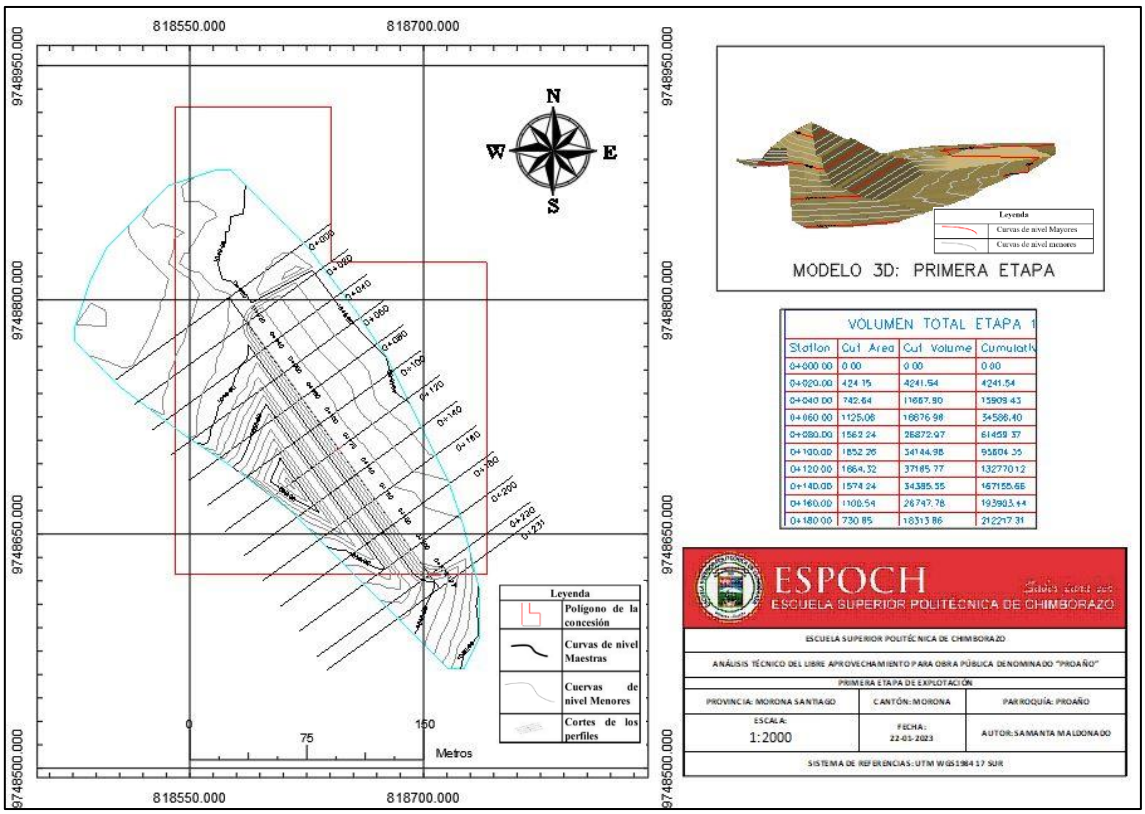


Ilustración 19-3: Vista en Planta Perfiles Explotación Primera Etapa.

Realizado por: Maldonado. T. 2022

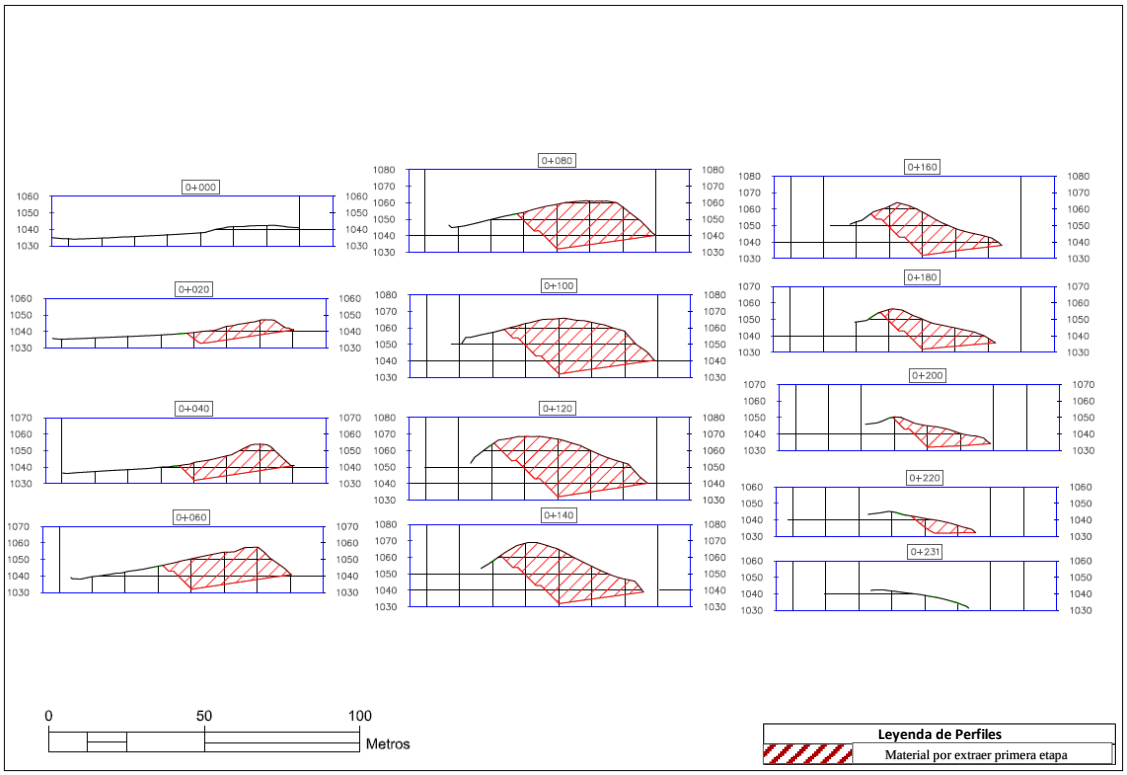


Ilustración 20-3: Perfiles del Terreno en la Primera Etapa.

Realizado por: Maldonado. T. 2022

3.5.2. Etapa 2 de Explotación.

En esta etapa se plantea estabilizar los frentes de explotación, donde se plantea extraer 97636.56 m3, este es el volumen encerrado entre la topografía posterior a la etapa de extracción 1 y el modelo digital de la Etapa 2 el cual ha sido calculado empleando el método de comparación de superficies.

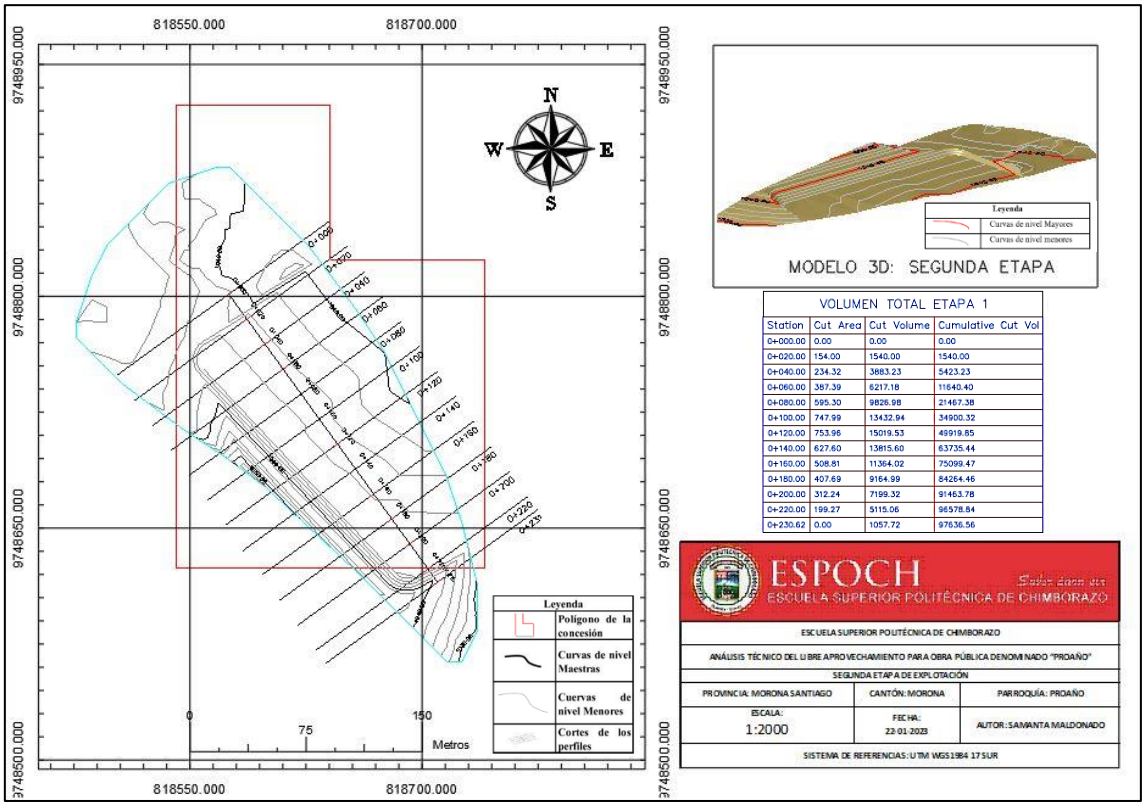


Ilustración 21-3: Perfiles de Explotación Segunda Etapa.

Realizado por: Maldonado. T. 2022

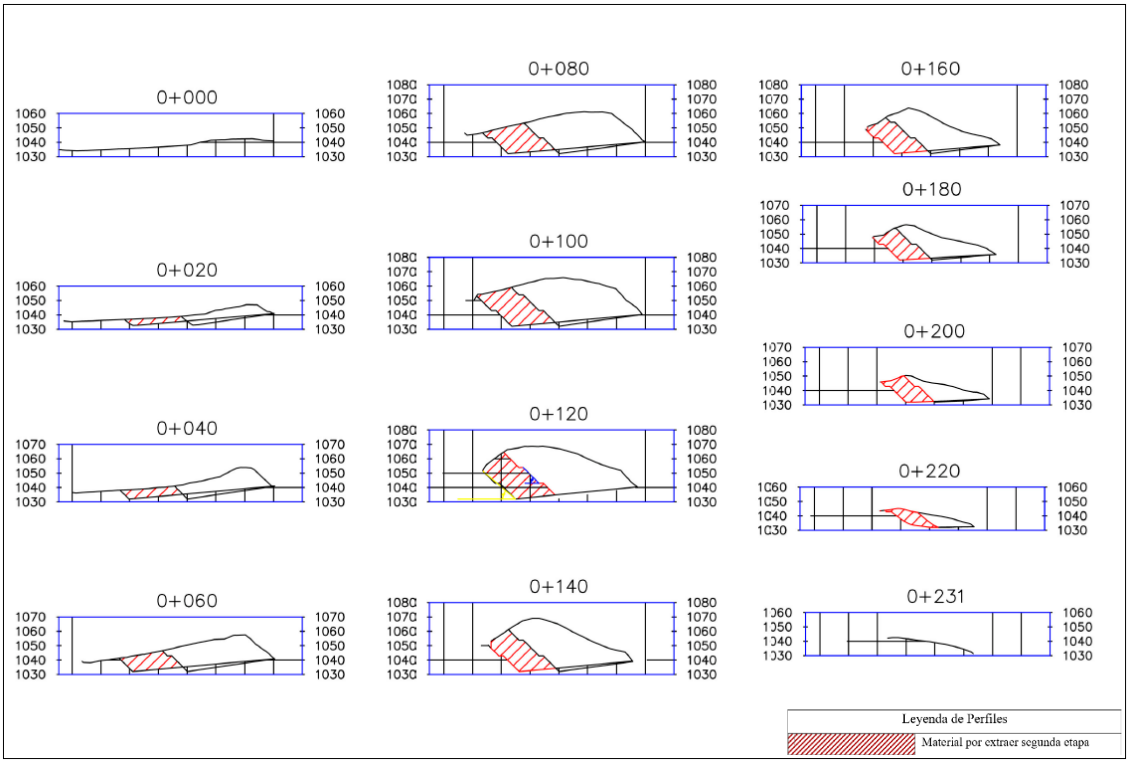


Ilustración 22-3: Perfiles de Explotación Segunda Etapa.

Realizado por: Maldonado. T. 2022

3.6. Elementos de producción

3.6.1. Maquinaria disponible

El departamento de Obras públicas del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Morona designó la información sobre la flota de volquetes y excavadoras disponibles para el proceso de explotación del material, para determinar el número de equipos y la capacidad de estos, desarrollando un proceso productivo acoplado al ritmo de explotación del GAD.

3.6.2. Proceso de Explotación

En el proceso de explotación se determinó el número de excavadoras y volquetas disponibles de acuerdo con la disposición del GAD de Morona para la ejecución de esta explotación. Se tomó en cuenta las capacidades técnicas de la maquinaria como: capacidad de carga, horas laborables, números de acarreos, para determinar el ritmo de explotación diaria.

3.6.3. Capacidad de explotación

En la capacidad de explotación, se consideró las recomendaciones de los técnicos del GAD municipal, los cuales designaron un número de seis volquetas para el transporte del material y para las obras de extracción una excavadora.

Para el cálculo se tomaron en cuenta los siguientes parámetros:

$Pd = N * C * V$

Donde

Pd: Producción diaria

N: Número de Volquetas disponibles

C: Capacidad de las Volquetas

V: Viajes realizados en un día

Pd = 6 * 12m^3 * 3

La estimación de la capacidad de explotación se realizó tomando en cuenta las variables como: la capacidad de las volquetas y número de viajes, con una capacidad de 12 metros cúbicos por volqueta y una excavadora.

Considerando las especificaciones de la ficha técnica del volquete marca Nissan modelo CBW459 y el peso específico del material de 2.8 Ton/m^3 RODRIGUEZ. H (22) a extraer se puede estimar una capacidad aproximada en toneladas de la masa que puede soportar el volquete, para asegurar un correcto funcionamiento de la maquinaria.

$$masa = volumen\ (m^3) * densidad\ (\frac{ton}{m^3})$$

$$masa = 12\ (m^3) * 2{,}8\ \left(\frac{ton}{m^3}\right)$$

$$masa = 33{,}6\ ton$$

Tabla 4-3: Capacidad de explotación

Número de excavadoras	Número de volquetas	Número de viajes	Capacidad	Capacidad de explotación (m^3/d)
1	6	3	12 m^3	216 m^3/d

Realizado por: Maldonado. T. 2022

3.6.4. Tiempos de producción

En el cálculo de los tiempos de producción se tomó en cuenta la distancia entre el centro de acopio y el área de explotación, el tiempo de jornada diaria, los datos tomados son de una explotación que se encuentra ejecutando el GAD Municipal.

El GAD ha dispuesto para esta explotación el siguiente equipo de trabajo:

N° de excavadoras: 1

N° de volquetes: 6

Tabla 5-3: Tiempo de producción

Tiempo de ciclo para 3 viajes por volquete	
Descripción	**Tiempo (min)**
Tiempo de carga	8
Tiempo de ida cargado	90
Tiempo de giro, posicionamiento y descarga	7
Tiempo de regreso descargado	60
Tiempo de posicionamiento de carguío	5
Tiempo imprevisto	10
Tiempo óptimo de producción	180
Tiempo total de los cuatro viajes	480

Realizado por: Maldonado. T. 2022

3.6.5. Ciclo de operación de los camiones.

Para el cálculo del ciclo de operación de los camiones se consideró los datos tomados en campo de explotaciones con características similares y con un número de flota de camiones igual.

Tciclo = tc + tt + td + tr

Donde:

Tc: tiempo de carga

Tt: tiempo de transporte

Td: tiempo de descarga

Tr: tiempo de retorno o regreso

Tciclo = (8 + 90 + 7 + 60) min

3.6.6. Número de ciclos de los volquetes

Para determinar el número de ciclos que efectúan los volquetes se consideró ocho horas diarias de labores por el ciclo de operación de estos.

N de ciclos = horas de labores diarias / Tciclo

N de ciclos = 480 / 165 min

N de ciclos = 2,9

3.7. Plan de cierre

En el diseño de cierre de mina se ha tomado en cuenta los parámetros del último banco de explotación, siendo la altura del último talud de 11 metros con un ángulo final de 41 grados esto se debe a que se opta por dejar una inclinación de 2. 5º en las bermas de seguridad, por lo cual no se necesitaría una estabilización adicional del talud porque se encuentra en términos estables, evitando deslizamientos del material.

Para el modelado del diseño del plan de cierre se ha realizado los mismos pasos que en el diseño de explotación con el software Civil 3d. Ver Ilustración 18-3.

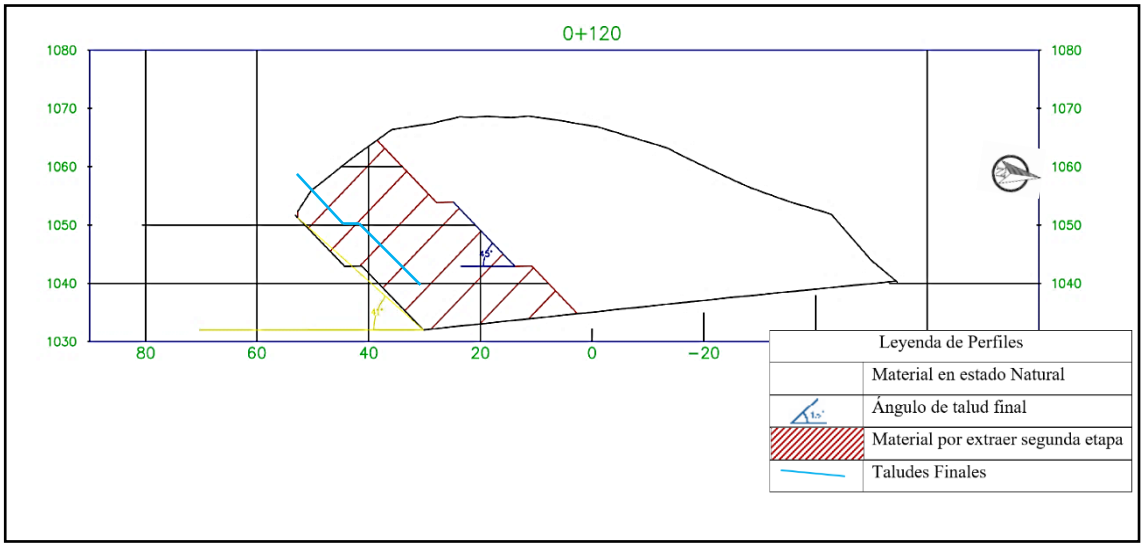


Ilustración 23- 3: Modelado del Plan de Cierre del Libre Aprovechamiento “Proaño”.

Realizado por: Maldonado. T. 2022

CAPITULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Recopilación de los requerimientos legales para el concesionamiento de un libre aprovechamiento

Para la recopilación de los datos del formulario de la agencia se obtuvieron sin dificultad a excepción de los datos de asesor legal ya que este trabajo de integración curricular es un modelo para que lo lleve a cabo el GAD Municipal del cantón Morona, y sus posteriores tramites como: solicitud al Ministerio del Ambiente para el otorgamiento de la licencia ambiental, categorización del proyecto y por último el Trámite administrativo favorable que es emitido por el mismo. (VER ANEXO AB)

4.2. Levantamiento Topográfico

Con el levantamiento topográfico a escala 1: 2000 se pudo establecer las particularidades del área del libre aprovechamiento. La zona cuenta con un área de 6 hectáreas con una sobrecarga de material estéril misma que se encuentra localizada en algunas áreas. En las curvas de nivel, situadas cada 1 metro de color gris y cada 5 metros de color negro, la cota superior de 1070 m.s.n.m. y la cota inferior de 1035 m.s.n.m. Ver Ilustración 1-4

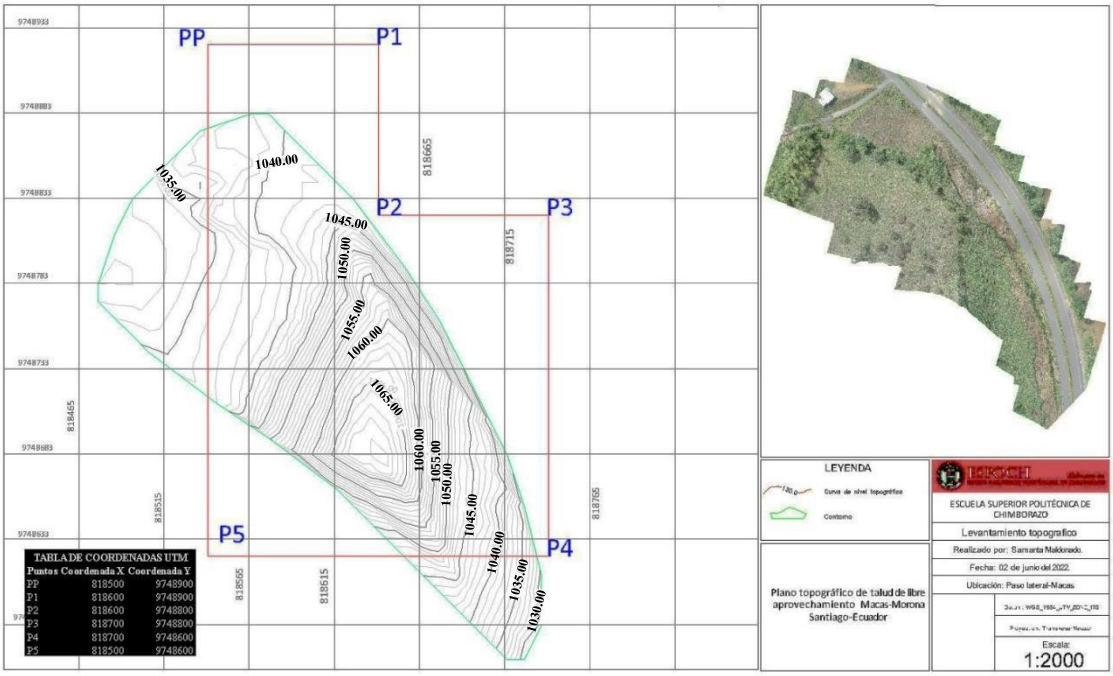


Ilustración 1-4: Mapa topográfico del área del Libre Aprovechamiento "Proaño"

Realizado por: Maldonado. T. 2022

4.3. Ensayo de compresión simple

La probeta 1 se encontraba completamente saturada de agua, en el ensayo de compresión simple, no superó su límite elástico cuando se aplicó una fuerza de 0 hasta 18306 kg siendo la fuerza máxima en la cual la probeta tuvo su momento de rotura con una deformación de 0,755522mm.

La probeta 2 se encontraba completamente saturada de agua, en el ensayo de compresión simple, no superó su límite elástico cuando se aplicó una fuerza de 200 Kg hasta 9234,45 Kg siendo la fuerza máxima en la cual la probeta tuvo su momento de rotura con una deformación de 2,2934mm.

La probeta 3 se encontraba seca, en el ensayo de compresión simple, no superó su límite elástico cuando se aplicó una fuerza de 0 Kg hasta 13533,9Kg siendo la fuerza máxima en la cual la probeta tuvo su momento de rotura con una deformación de 4,6578mm.

La probeta 4 se encontraba seca, en el ensayo de compresión simple, no superó su límite elástico cuando se aplicó una fuerza de 0 Kg hasta 33030,8Kg siendo la fuerza máxima en la cual la probeta tuvo su momento de rotura con una deformación de 0,669585mm.

La probeta 5 se encontraba seca, en el ensayo de compresión simple, no superó su límite elástico cuando se aplicó una fuerza de 0 Kg hasta 21054,1Kg siendo la fuerza máxima en la cual la probeta tuvo su momento de rotura con una deformación de 1,49534mm.

En el ensayo de compresión simple se pudo observar que los comportamientos de las probetas saturadas 1 y 2 experimentaron varias roturas ya que las rocas no son homogéneas y presentan fisuras internas dando varios resultados máximos con diferentes fuerzas y para el cálculo de las cargas compresivas se utilizó la máxima fuerza de cada muestra. En el caso de las probetas secas 3,4,5 experimentaron solo una fuerza máxima de rotura ya que no se produjeron más fisuras internas de las que posee la roca.

El resultado obtenido en los ensayos de laboratorio realizados en lo que se refiere a la compresión simple media es de 82,04 MPa (ver tabla N°1-4), ensayo realizado aplicando cargas compresivas uniaxiales a probetas cilíndricas de roca. Las probetas experimentaron una mayor deformación cuando se encuentran saturadas con agua. Ver ANEXO C

Tabla 1-4: Ensayo de compresión simple.

Ensayo de Compresión Uniaxial ASTMC-170								
Nº Probeta	Arista x (cm)	Arista y (cm)	Arista z (cm)	Área (cm^2)	Kilogramos	kgf/cm^2	RCU (Mpa)	RCU Media
1	5,0	4,9	4,9	24,5	18591,2	758,82	74,42	82,04
2	4,8	4,7	4,8	22,56	9379,96	415,78	40,77	
3	4,9	4,7	5,0	23,03	13533,9	587,66	57,63	
4	4,8	4,7	5,0	22,56	33409,4	1480,91	145,23	
5	4,7	4,8	4,9	22,56	21198,1	939,63	92,15	

Realizado por: Maldonado. T. 2022

4.4. Estimación de reservas

Apoyándose en la topografía, la evaluación de reservas fue comprendida desde las cotas 1070 m.s.n.m. y 1035 m.s.n.m., en primer lugar, se realizó el cálculo del área con 11 cortes transversales del área, este resultado se multiplica por la distancia entre perfiles, y como resultado se obtuvo el volumen de 334738.77 m3. Los volúmenes se multiplicaron por la densidad del tipo de roca existente en el área de estudio, arenisca (2.8 Ton/m3), obteniendo una reserva de 937268.56 Ton; esto se corroboro mediante el cálculo entre superficies en el software civil 3D.

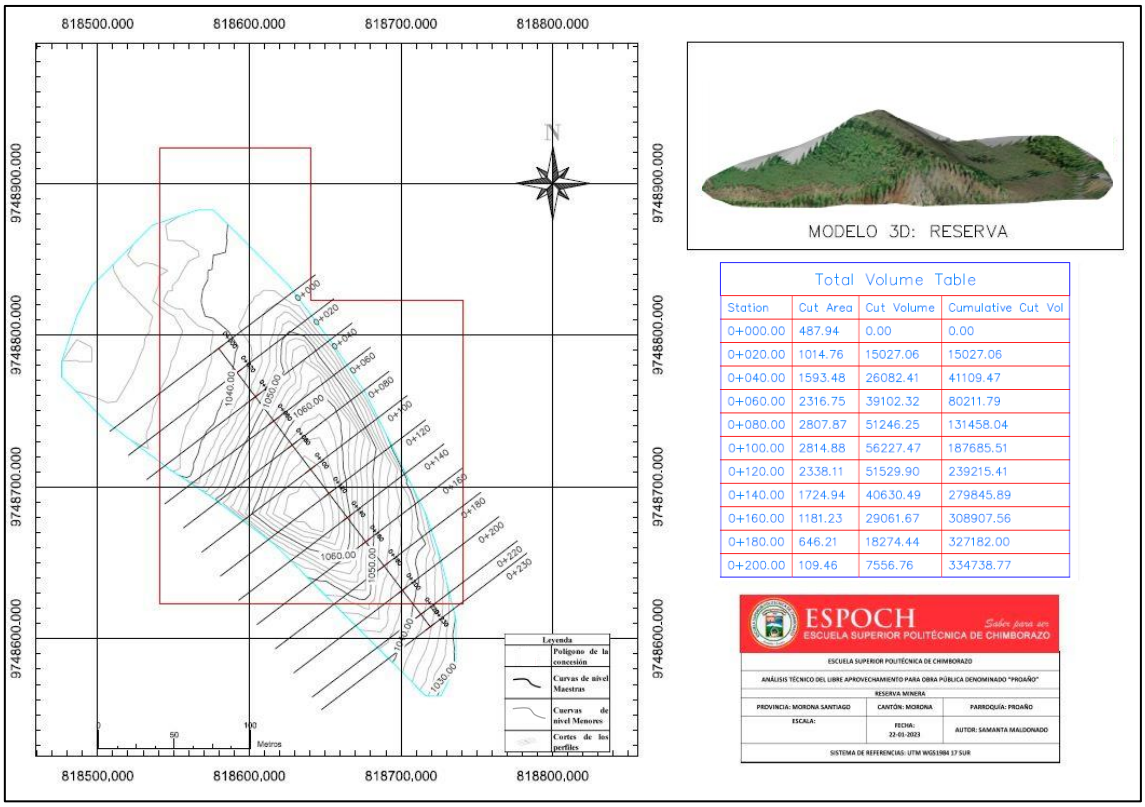


Ilustración 2-4: Calculo de Reserva de Material.

Realizado por: Maldonado. T. 2022.

4.5. Estimación de la cobertura vegetal

La estimación de la cobertura vegetal se realizó mediante el uso de 13 perfiles separados cada 20 metros, considerando las mediciones en campo donde la capa vegetal lleva 1 metro de potencia, se comparó la superficie natural junto a la superficie descapotada, en donde se obtuvo que el material de descapote conlleva un volumen de 19787.29 m3.

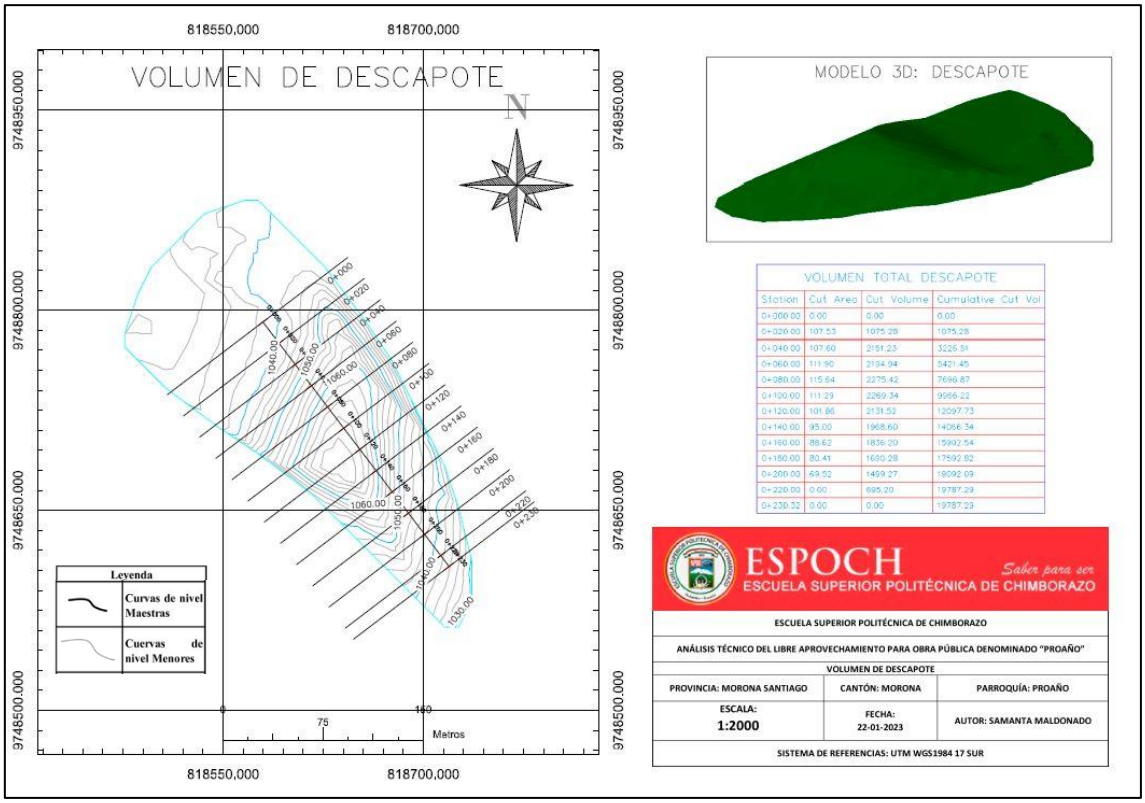


Ilustración 3-4: Calculo de Material de Descapote.

Realizado por: Maldonado. T. 2022.

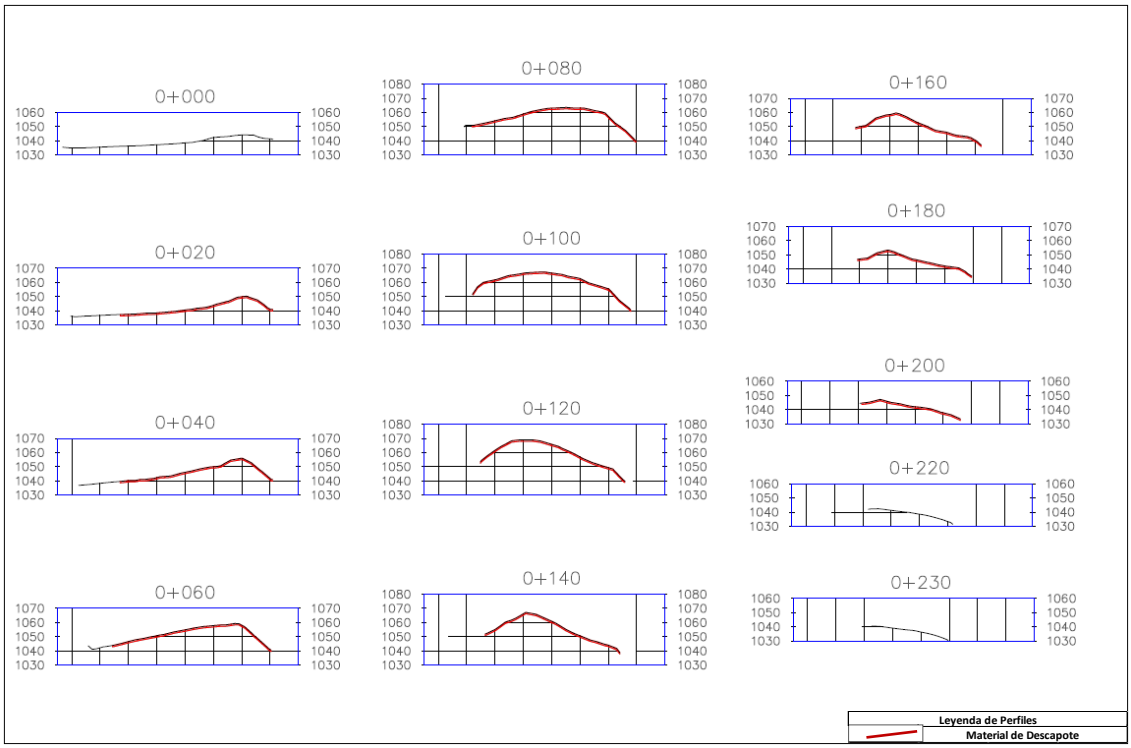


Ilustración 4-4: Perfiles Material de Descapote.

Realizado por: Maldonado. T. 2022.

4.6. Diseño de explotación

El diseño de explotación se llevará a cabo mediante la minería de superficie, por bancos descendentes. El avance será continuo con 3 bancos, desde la cota 1070 hasta la cota 1035, que se encuentra la vía de acceso. Como primer paso se procederá con el arranque de la cobertura vegetal de la reserva la cual mide de 1 m de altura, el siguiente paso a seguir será la extracción del material de interés, realizando 2 etapas de explotación en donde se extrae un total de 334738.77 m3 que en toneladas entrega un total de 937268.56 Toneladas, ver Ilustración 5-4.

El circuito se deberá desarrollar desde la acumulación de material en la zona de amontonamiento para proceder con el carguío y después el transporte del material a los distintos lugares que requieran el material.

El modelado del diseño de explotación se realizó después de haber obtenido los cálculos de los parámetros tanto del alto del banco, número de bancos, ángulo de talud, ancho de plataforma y ángulo de liquidación de la cantera como se detalla en la tabla 2-4, se realizó el modelado con la ayuda del software Civil 3D.

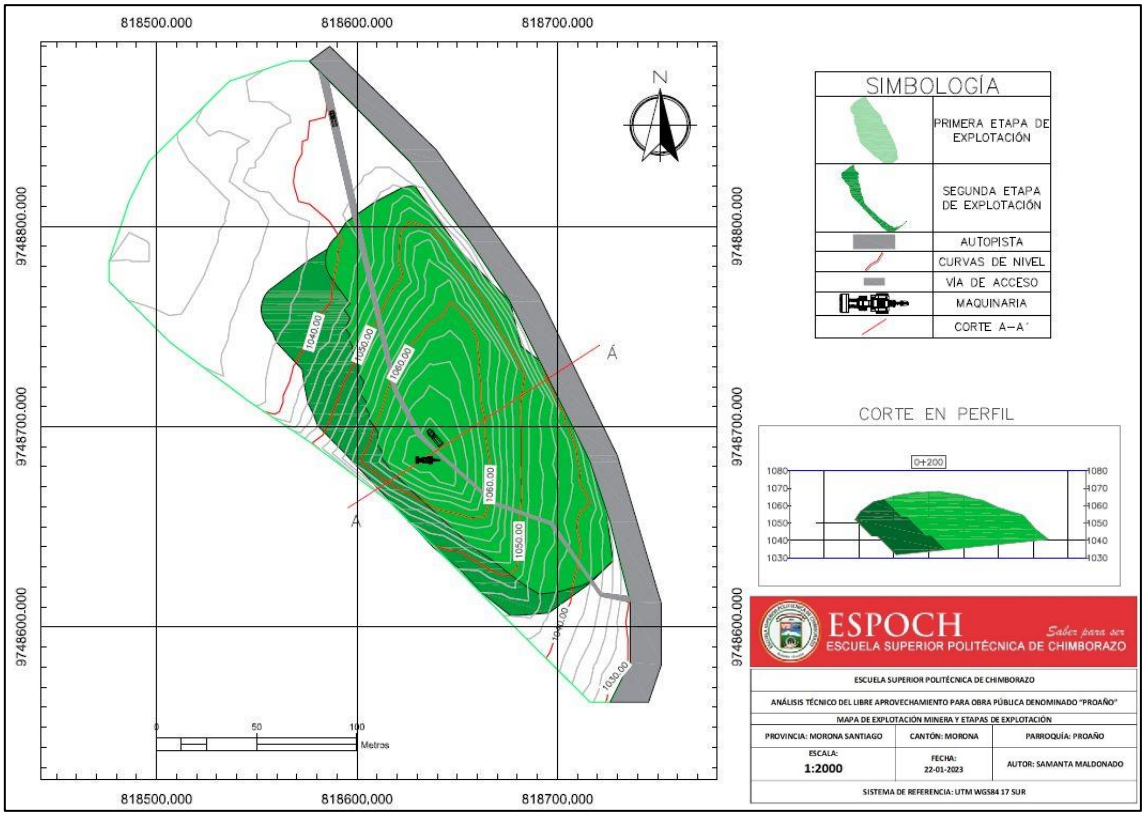


Ilustración 5-4: Diseño de explotación.

Realizado por: Maldonado. T. 2022.

Tabla 2-4: Factores operativos

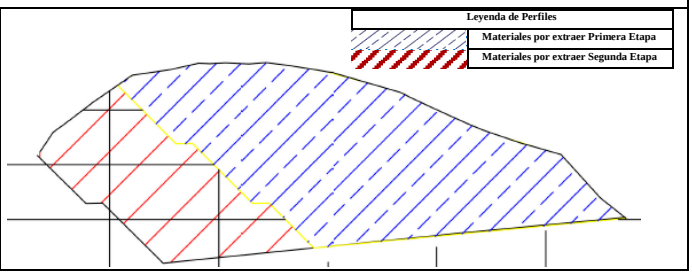
RESUMEN DE FACTORES OPERATIVOS	
Método de explotación	Cielo Abierto bancos descendentes
Altura de bancos	11m
Número de bancos	3
Ángulo de la cantera	45°
Ancho de plataforma de trabajo	25 m
Número de etapas	2

Realizado por: Maldonado. T. 2022

4.6.1. Cálculo de volúmenes de las etapas de explotación

De acuerdo con los cálculos realizado por el método de los perfiles, cada una de las 2 etapas de explotación de la cantera se obtuvo un volumen de material, los cuales se detallan en la tabla 3-4.

Tabla 3-4: Cálculo de Explotación por Etapas

Cálculo de Explotación por Etapas			
Etapa 1	231 093.84 m3	647 062.75 Ton	
Etapa 2	97 636.56 m3	273 382.39 Ton	
Total	328 730.4 m3	920 445.12 Ton	

4.6.2. Ciclo de operación de los camiones

El ciclo de operación de los camiones tiene un estimado de 165 minutos de cada volquete.

4.6.3. Numero de ciclos de los volquetes

El número de ciclos que realizan los volquetes durante las 8 horas de labores diarias tiene un estimado de 3.

4.6.4. Capacidad de explotación

En la siguiente tabla se puede observar la capacidad de explotación determinada según el número de máquinas, capacidad volumétrica y viajes por día, en base a otras obras de explotación realizadas por GAD Municipal.

Tabla 4-4: Capacidad de explotación

CAPACIDAD DE EXPLOTACIÓN				
Número de excavadoras	Número de volquetas	Número de viajes	Capacidad m^3	Capacidad de explotación (m^3/d)
1	6	3	12	216

Realizado por: Maldonado. T. 2022

4.6.5. Maquinaria para el arranque

Para la extracción de material pétreo del área minera se consideró excavadoras, las cuales poseen un tren de rodaje de orugas, estos equipos facilitan la maniobra del equipo y una mejor tracción permitiendo un giro de 360°. Esta maquinaria es ideal para realizar trabajos en terrenos de superficies irregulares y muy utilizados en el campo de la minería.

En el arranque del material en los bancos descendentes de explotación se realizará con la excavadora Komatsu PC-200LC-8, en la tabla 5-4 se muestra las especificaciones técnicas más importantes de la excavadora.

Tabla 5-4: Especificaciones técnicas de Excavadora Komatsu PC-200LC-8

Especificaciones técnicas de Excavadora Komatsu PC-200LC-8	
Tipo:	De orugas
Transmisión:	Hidráulica
Potencia Neta:	148 HP
Potencia Bruta:	155 HP
Capacidad del cucharon:	0,50 – 1,20 m^3
Peso de operación:	19400,00 – 21460,00 Kg
Capacidad de combustible:	400 litros
Longitud:	9,49 m
Ancho:	3,18 m
Altura:	3,19 m
Profundidad máxima de excavación:	6,62 m
Altura máxima de carga:	7,11 m
Alcance máximo a lo largo del suelo:	9,70 m

Realizado por: Maldonado. T. 2022

4.6.6. Maquinaria para el carguío y transporte

La maquinaria que realiza el carguío es la misma excavadora, la cual realiza el arranque del material y procede al llenado de los volquetes de manera inmediata, una vez lleno el balde del volquete proceden al transporte a los diferentes lugares para el vertido del material.

Tabla 6-4: Especificaciones técnicas de Volqueta Nissan modelo CBW459 Capacidad 12m^3

Volqueta Nissan modelo CBW459 Capacidad 12m^3	
Descripción	
Pesos	
Peso bruto vehicular	26000 kg
Capacidad	12 m^3
Motor	
Modelo	PF6TB-22
Potencia Máxima	345 HP
Torque Máximo	1471 Nm
Cilindros	6 en línea
Cilindraje	12,5 L
Estándar de Emisión	Euro 4
Tipo	Turbo cargado
Chasis	
Frenos	100% Aire – todas las ruedas
Sistema Eléctrico	24 voltios
Capacidad Combustible	75 galones

Realizado por: Maldonado. T. 2022

4.6.7. Tiempos de producción

Se consideró la distancia entre el área de explotación y el centro de acopio del material explotado, para la obra pública, que se encuentra a 5 km y cuenta con un área de 5 hectáreas, el cual tiene un alcance de 500 000 m^3 de almacenamiento, se planteó calcular el tiempo óptimo de ciclo operativo de carga y transporte de materiales de construcción, durante una jornada de trabajo de 8 horas por día, realizando cada volqueta cuatro viajes.

Tabla 7-4: Tiempo de ciclo para 6 viajes por volquete

Tiempo de ciclo para 6 viajes por volquete	
Descripción	**Tiempo (min)**
Tiempo de carga	8
Tiempo de ida cargado	90
Tiempo de giro, posicionamiento y descarga	7
Tiempo de regreso descargado	60
Tiempo de posicionamiento de carguío	5
Tiempo imprevisto	10
Tiempo óptimo de producción	180
Tiempo total de los cuatro viajes	480

Realizado por: Maldonado. T. 2022

4.7. Diseño de cierre de mina

En el cierre de mina se ha contemplado varias actividades para las áreas afectadas, estas actividades ayudarán a mitigar los efectos causados por la actividad minera, como, por ejemplo: la erosión de taludes, ruido y el retiro de la capa vegetal.

El cierre total de la mina se ejecutará en un periodo de 1 año y se desarrollarán varias actividades tales como:

- Cierre de acceso y caminos.
- Estabilización de taludes.
- Revegetación de la zona.
- Manejo de las aguas por escurrimiento superficial.

Los taludes y otras áreas alteradas por la minería se restaurarán para que sean similares a las áreas circundantes y reduzcan el impacto visual. La rehabilitación de algunas partes de la mina se realizará gradualmente durante la fase de operación de la mina.

4.7.1. Cierre de acceso y caminos

Una vez finalizada la etapa de explotación de la mina se procederá al cierre definitivo de los accesos y caminos que se encuentran dentro de la concesión minera, para evitar el acceso de vehículos y personas no autorizadas.

4.7.2. Estabilización de taludes

En la estabilización de los taludes serán reconformada de manera tal que sea similar a la zona en su alrededor con el objetivo de afectar lo menos posible el impacto visual del área. Se tomará en cuenta los parámetros del banco de la última etapa de explotación, la altura de del talud será de

11 metros y el ángulo de talud de 41° con una relación 1,15:1, dándole una estabilidad adecuada al talud final y guardando un cuidado con las escorrentías mediante una inclinación 2. 5º para las bermas. Ver Ilustración 6-4

4.7.3. Revegetación de la zona

Inicialmente la cobertura vegetal de la superficie en esta zona en específico se considera como vegetación herbácea, para controlar la erosión de los suelos y mejorar la contaminación visual se utilizará el tipo de siembra directa, al no existir plantas endémicas en el área se tendrá en cuenta el pedido de los dueños de los terrenos para la elección de la vegetación adecuada.

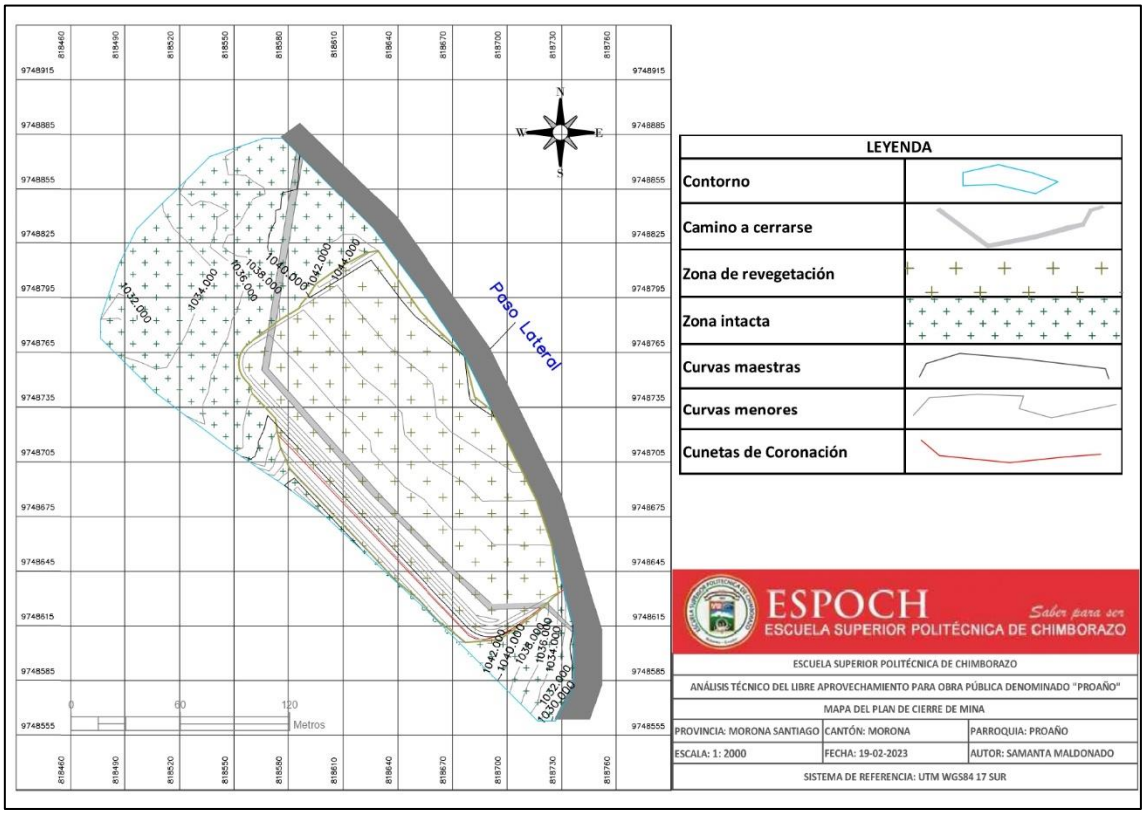


Ilustración 6-4: Diseño de cierre de Mina del Libre Aprovechamiento "Proaño"

Realizado por: Maldonado. T. 2022

Tabla 8-4: Cierre de Mina

Realizado por: Maldonado. T. 2022

Cierre de Mina	
Altura de talud	11m
Angulo final o de liquidación	41°

4.7.4. Manejo de las aguas por escurrimiento superficial.

El manejo del agua por escurrimiento superficial se dará por medio de cunetas de coronación las cuales cumplirán con la función de guiar el agua hacia el afluente más cercano evitando la acumulación de las mismas en los taludes afectando así su estabilidad.

CONCLUSIONES

Los documentos legales y técnicos necesarios para el concesionamiento del libre aprovechamiento Proaño son los siguientes: el formulario de solicitud dirigido a la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables (ARCERNNR) para la obtención del título minero en el que se enmarcan lo siguiente: datos del solicitante, abogado patrocinador, asesor técnico, datos del área el cual debe contener: ubicación, coordenadas, número de hectáreas, plazo de explotación, características del trabajo, volumen de extracción y maquinaria a utilizarse, solicitud al Ministerio del Ambiente para el otorgamiento de la licencia ambiental, categorización del proyecto y por último el Trámite administrativo favorable que es emitido por el mismo, para proceder a protocolizar en presencia de un notario público.

El área de estudio está constituida de areniscas de grano fino con un tamaño de 0.02 mm aproximadamente, las mismas que pertenecen a la formación Mera, el material tiene una resistencia a la compresión simple media de 82,04 MPa, una densidad de 2.8 Ton/m3; siendo un material óptimo para la construcción de vías ya que cumple con las normas NTE INEN 872:201, vale mencionar que la zona de explotación se encuentra en un área de fácil acceso, lo cual facilitará el transporte del recurso pétreo a las áreas donde se requiera dicho material.

El diseño geométrico propuesto para la explotación del libre aprovechamiento denominado "Proaño" se llevará a cabo mediante el sistema de explotación a cielo abierto de tipo continuo por bancos descendentes; se consideró dos etapas para su desarrollo con un volumen total de 328730.4 m3, para los parámetros de diseño se cuenta con tres bancos de 11 metros de altura y una plataforma de explotación de 16 metros, un ángulo de inclinación de talud de 45 grados y un ángulo de liquidación o ángulo final de 41 grados.

El plan de explotación minera para el libre aprovechamiento Proaño consiste en: el destape de la capa de cobertura vegetal, extracción del material de interés mediante el arranque mecánico por medio de excavadora, para su posterior carguío y transporte de acuerdo al cálculo realizado se tiene previsto 18 viajes por día, con una producción diaria de 216 m^3 hacia el centro de acopio ubicado a cinco kilómetros de la cantera.

Para el diseño geométrico del cierre de mina del libre aprovechamiento Proaño se ha contemplado cuatro actividades para mitigar los efectos causados por la explotación minera: cierre de accesos y caminos con la finalidad de evitar el acceso de vehículos y personas no autorizadas al terreno, estabilidad de taludes teniendo en cuenta los parámetros del banco de la última etapa de explotación con una altura de 11 metros y un ángulo de inclinación de 41° generando una estabilidad adecuada, revegetación de la zona al no existir plantas endémicas se tomara en cuenta

el pedido de los dueños de los terrenos para la elección del tipo de plantas a sembrar y por ultimo manejo de las aguas por escurrimiento la cual se dará por medio de la construcción de cunetas de coronación desde la cota más alta del talud hasta la altura de la vía.

RECOMENDACIONES

1. Aplicar el diseño de explotación del libre aprovechamiento propuesto, para la obra pública, que realice el GAD de Morona.

2. Cumplir con los parámetros operativos del proyecto para garantizar una eficiencia productiva de la explotación minera.

3. Se recomienda que dentro de la planificación de ordenamiento territorial del cantón se analice las tendencias de crecimiento poblacional y vial, ya que de esta forma es posible cuantificar la posible demanda optima de material pétreo.

4. Se recomienda aumentar la flota de excavadoras y volquetes para aumentar la productividad diaria de la explotación.

5. Se recomienda que exista un acuerdo entre el GAD de Morona con los dueños del terreno sobre las condiciones del terreno para que no haya la necesidad de efectuar la compra de la propiedad.

6. Realizar un control y monitoreo del plan de cierre que garantice la estabilidad adecuada del talud resultante.

BIBLIOGRAFÍA

1. **INSIGMA.** *Diagnóstico situacional de la Llanura.* Macas : s.n., 2015.

2. *Análisis geológico, estructural y estratigráfico de la ciudad de Macas para la planificación de.* **PASATO, Joao, y otros.** 3.1, s.l. : Ciencia Digital, 2019, Vol. 3.

3. **HERRERA , Juan.** *Métodos de minería a cielo abierto.* Madrid : Universidad Politécnica de Madrid, 2006.

4. **STELLMAN, Jeanne.** ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO. [aut. libro] Thomas HETHMON y KYLE DOTSON. *MINAS Y CANTERAS.* Madrid : Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 1998.

5. **Asamblea Nacional.** Reglamento de seguridad y salud en el trabajo en el {ambito minero. [En línea] 27 de Noviembre de 2020. [Citado el: 18 de Junio de 2022.] https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2020/12/reglamento-SST-MINERIA.pdf?x42051.

6. **DOCSITY.** MÉTODO DE EXPLOTACIÓN POR TERRAZA. [En línea] 2018. [Citado el: 28 de Junio de 2022.] https://www.docsity.com/es/metodo-de-explotacion-por-terraza/4613805/.

7. **E- CONSTRUCTOR.** [En línea] [Citado el: 10 de 08 de 2022.] http://e-construir.com/materiales/.

8. MATUS, Iván y BLANCO, Marvin. *MATERIALES DE CONSTRUCCION.*

9. HOLCIM. HOLCIM ECUADOR . [En línea] [Citado el: 10 de 08 de 2022.] https://www.holcim.com.ec/agregados-material-granular-lastre.

10. UNSJ. Modelación estimación de reservas. [En línea] Mayo de 2020. [Citado el: 19 de Junio de 2022.] http://www.unsj.edu.ar/unsjVirtual/exploracionminas/wp-content/uploads/2020/05/APUNTES-Modelaci%C3%B3n-Estimaci%C3%B3n-de-Reservas.pdf.

11. HERNÁNDEZ, Raúl. Métodos clásicos de Estimación de reservas. [En línea] 2020. [Citado el: 28 de Junio de 2022.] https://www.academia.edu/25040736/M%C3%A9todos_cl%C3%A1sicos_de_Estimaci%C3%B3n_de_reservas.

12. RIVERA, Jóse. Estimación de reservas . [En línea] 2022. https://www.academia.edu/7090200/Estimaci%C3%B3n_de_reservas.

13. GESTIÓN MINERA Y AMBIENTAL. LA IMPORTANCIA DE LA PLANIFICACIÓN MINERA. [En línea] 7 de Agosto de 2018. [Citado el: 13 de Julio de 2022.] http://www.gestionminera.com/es/la-importancia-la-planificacion-minera/.

14. DICCIONARQUI. https://diccionarqui. [En línea] [Citado el: 16 de Julio de 2022.] https://diccionarqui.com/diccionario/talud/.

15. CARVAJAL, Juan y VENTURA, Carlos. MODELO DE LA BERMA DE CORTANTE PARA AN{ALISIS DE ESTABILIDAD A CORTO PLAZO EN CONDICIONES NO DRENADAS DE TALUDES HOMOGÉNEOS Y VERTICALES. [En línea] 2018. [Citado el: 18 de Junio de 2022.] https://www.scipedia.com/wd/images/3/36/Draft_Content_845865900Carvajal_Ventura.pdf.

16. OSEDE. Estabilidad de Taludes. [En línea] 09 de Mayo de 2017. [Citado el: 09 de Junio de 2022.] https://www.osebe.es/2017/05/09/271/.

17. MALDONADO, Yandry. MÉTODOS O MEDIDAS DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES. [En línea] 2020. [Citado el: 28 de Junio de 2022.] https://geologiaweb.com/ingenieria-geologica/metodos-medidas-estabilizacion-taludes/.

18. SERNAGEOMIN. Planes de cierre aplicación general aprobados. [En línea] https://www.sernageomin.cl/planes-de-cierre/.

19. Morales, Ana luisa y Domas, Michael Hantke. *Guía metodológica de cierre.* Santiago : s.n., 2020.

20. TIERRA, Luis, NATHANAEL, Santiago y MANOSALVAS, Antony. *Ensayo de compresión en rocas para determinar la carga máxima que soporta un* Macas : Dominio de las ciencias, 2020.

21. UNSJ. *http://www.unsj.edu.ar.* [En línea] [Citado el: 17 de Julio de 2022.] http://www.unsj.edu.ar/unsjVirtual/exploracionminas/wp-content/uploads/2020/05/APUNTES-Modelaci%C3%B3n-Estimaci%C3%B3n-de-Reservas.pdf.

22. H, Rodriguez. Tablas de Pesos Específicos y Densidades de Materiales. [En línea] [Citado el: 15 de 01 de 2023.] https://ingemecanica.com/tutoriales/pesos.html#materiales.

23. MEXICOMINERO. ¿Qué es la minería? [En línea] 2018. [Citado el: 22 de Junio de 2022.] https://mexicominero.org/ciencia/que-es-la-mineria/.

24. AGENCIA NACIONAL DE MINERÍA. ¿Qué es la minería? [En línea] 2022. [Citado el: 18 de Junio de 2022.] https://www.anm.gov.co/portalninos/Queeslamineria.

25. CUMMINS. Tipos de métodos de minería. [En línea] 2022. [Citado el: 18 de Junio de 2022.] https://www.cummins.com/es/engines/mining/types-of-mining.

26. SÁNCHEZ, Javier. Tipos de minería. [En línea] 2022. [Citado el: 18 de Junio de 2022.] https://economipedia.com/definiciones/tipos-de-mineria.html.

27. ROCAS Y MINERALES. ROCAS Y MINERALES. [En línea] 2018. [Citado el: 20 de Junio de 2022.] https://www.rocasyminerales.net/cantera/.

28. BASANTES, Ana. Minería a cielo abierto ¿qué es? [En línea] 29 de Julio de 2019. [Citado el: 18 de Junio de 2022.] https://gk.city/2019/07/29/mineria-ciel-abierto-mirador/.

29. BANCO CENTRAL DEL ECUADOR. SECTOR MINERO. [En línea] 2018. [Citado el: 19 de Junio de 2022.] https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/cartilla00.pdf.

30. INGEOEXPERT. Minería a cielo abierto: ¿Qué es, cuáles son sus ventajuas y qué tipos hay? [En línea] 19 de Enero de 2018. [Citado el: 19 de Junio de 2022.] https://ingeoexpert.com/2018/01/19/mineria-cielo-abierto/.

31. AMSTRONG, James y MENON, Roji. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. [En línea] 2018. [Citado el: 20 de Junio de 2022.] https://www.insst.es/documents/94886/161971/Cap%C3%ADtulo+74.+Minas+y+canteras.

32. ZULEMA, Cartolin. Estudio de cantera. [En línea] 05 de Noviembre de 2013. [Citado el: 18 de Junio de 2022.] https://es.slideshare.net/zulemarojascartolin/cantera-27927127.

33. GAD MUNICIPALIAD DE CANTÓN DAULE. Guia técnica para la elaboración de informes de producción. [En línea] 2020. [Citado el: 19 de Junio de 2022.] https://www.daule.gob.ec/documents/20124/101474/GUIA_TECNICA_INFORMES_PRODUCCION_GADIMCD.pdf.

34. AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGIA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES. Guia para la elaboración del informe técnico de justificación para la modificación del regimen especial de pequeña minería . [En línea] 2021. [Citado el: 20 de Junio de 2022.] https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/03/GUIA-DE-PEQUENA-MINERIA-A-ETAPA-EXPLORACION-No-010.pdf.

35. AYABACA, César. Diseño de voladuras a cielo abierto. [En línea] 2003. [Citado el: 19 de Junio de 2022.] https://www.aimecuador.org/documentos/capacitacion/curso-de-explotacion-de-canteras-octubre-2003/4-voladura-a-ca/file.html.

36. ÁVILA, Carlos y TOBO, Rafael. DISEÑO DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO PARA LA MINA EL DIAMANTE, DENTRO DEL CONTRATO EN VIRTUD DE APORTE . [En línea] 2014. [Citado el: 18 de Junio de 2022.] https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1515/1/TGT-256.pdf.

37. IMT. N-CTR-PUE-1-02-002/06. [En línea] 2020. [Citado el: 19 de Junio de 2022.] https://normas.imt.mx/normativa/N-CTR-PUE-1-02-002-06.pdf.

38. OCOTECNO. Martillo Schmidt: Todo lo que necesita saber. [En línea] 30 de Abril de 2022. [Citado el: 18 de Junio de 2022.] https://www.cotecno.cl/el-martillo-schmidt/.

39. GEOSENSOR. Martillo de Schmidt. [En línea] 2018. [Citado el: 19 de Junio de 2022.] https://geosenso**r.com.pe/productos/escler%C3%B3metros/martillo-de-schmidt-detail.html.**

40. OSEBE S.A. Métodos de estabilización de taludes. [En línea] 09 de Mayo de 2017. [Citado el: 28 de Junio de 2022.] https://www.osebe.es/2017/05/09/271/.

41. HLCSISTEMAS. ¿Cómo se raliza un estudio de factibilidad de un proyecto minero? [En línea] 19 de Agosto de 2019. [Citado el: 28 de Junio de 2022.] https://www.hlcsac.com/noticias/como-se-realiza-un-estudio-de-factibilidad/.

42. CUMMINS. TIPOS DE MÉTODOS DE MINERÍA. [En línea] [Citado el: 17 de Julio de 2022.] https://www.cummins.com/es/engines/mining/types-of-mining.

43. SEGURIDADMINERA. *https://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/fallas-que-afectan-la-estabilidad-de-taludes/#:~:text=Se%20define%20como%20talud%20a,ladera%20natural%20o%20simplemente%20ladera.* [En línea] [Citado el: 16 de JULIO de 2022.] https://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/fallas-que-afectan-la-estabilidad-de-taludes/#:~:text=Se%20define%20como%20talud%20a,ladera%20natural%20o%20simplemente%20ladera..

44. FLORES, Fabio. *Fundamentos Epistémicos de la Investigación Cualitativa y Cuantitativa: Consensos y Disensos.* Cusco : Docencia universitaria, 2019, Vol. 13.

45. ARTEAGA, Gabriel. Qué es la investigación de campo: Definición, métodos, ejemplos y ventajas. [En línea] 28 de Febrero de 2022. [Citado el: 28 de Julio de 2022.] https://www.testsiteforme.com/investigacion-de-campo/.

46. GUEVARA, G. Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). [En línea] 01 de Julio de 2020. [Citado el: 28 de

Julio de 2022.] file:///D:/descargas/Dialnet-MetodologiasDeInvestigacionEducativaDescriptivasEx-7591592%20(7).pdf.

47. ORTIZ, Juan. Investigación exploratoria: tipos, metodología y ejemplos. [En línea] 2021. [Citado el: 28 de Julio de 2022.] https://www.lifeder.com/investigacion-exploratoria/.

48. ITT Tijuana. Fundamentos de la investigación. [En línea] 2020. [Citado el: 28 de Julio de 2022.] https://sites.google.com/site/fundamentosdelainvestigacion1a/unidad-2-la-investigacion-como-un-proceso-de-construccion-social/2-3-tipos-de-metodos-inductivo-deductivo-analitico-sintetico-comparativo-dialectico-entre-otros.

49. RODRIGUEZ, Javier. *Vienen por el oro, vienen por todo.* Buenos aires : CICCUS, 2009. 1.

50. BELLOTTI, Mirta. MINERÍA A CIELO ABIERTO VERSUS GLACIARES EN ALERTA ROJA EN ARGENTINA. [En línea] https://core.ac.uk/download/33553708.pdf.

51. Catro, Julio y Velez, Martha. *La importancia de la topografía en las ingenierías y arquitectura.* Manta : Polo del Conocimeinto, 2017.

52. GHIA, Oriana. OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA DE MAQUINARIA DE EXCAVACIÓN DE LA MAQUINARIA DE EXCAVACIÓN MEDIANTE LA DETERMINACIÓN DEL FACTOR "m" EN ARENAS NO PLÁSTICAS, PARA LA EXCAVACIÓN DE ZANJAS DE ALCANTARILLADO, EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO. [En línea] 2017. http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13457/OPTIMIZACION%20DE%20LA%20EFICIENCIA%20DE%20MAQUINARIA%20DE%20EXCAVACION%20MEDIANTE%20LA%20DETEMINACION%20DEL%20FACTOR%20M%20E.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

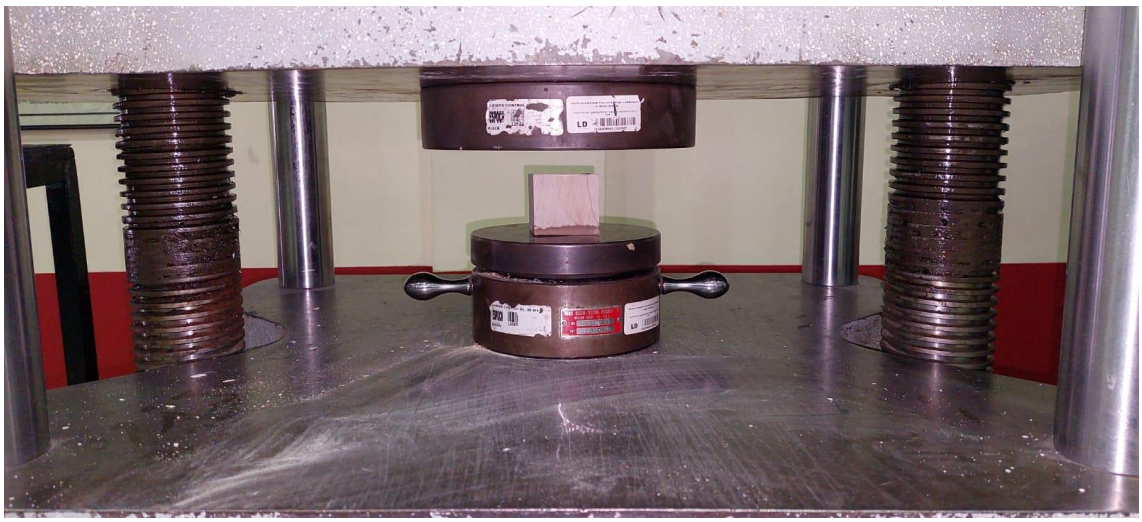
ANEXOS

ANEXO A: COLOCACIÓN DE PUNTOS PARA EL VUELO DEL DRON

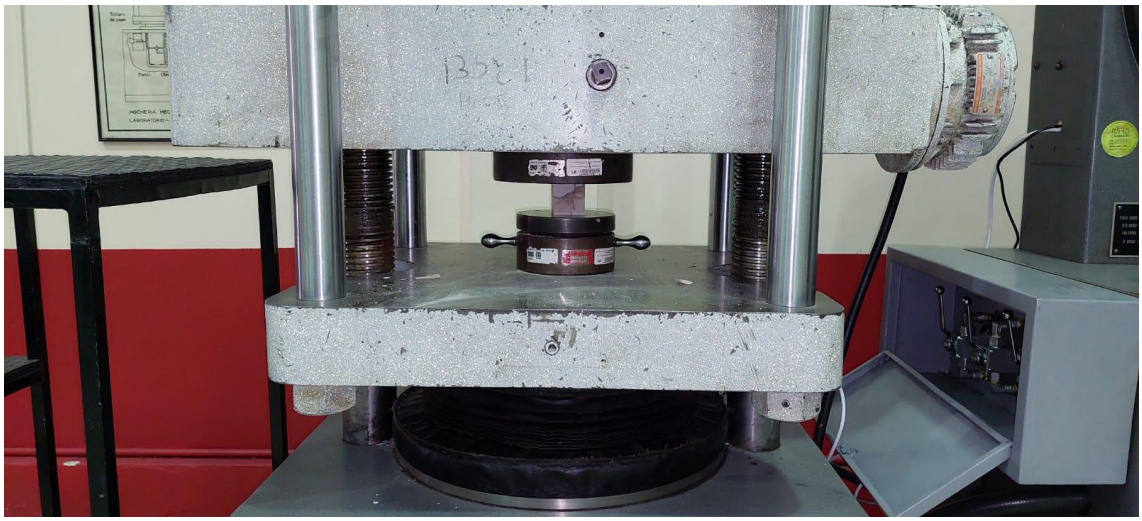
ANEXO B: TOMA DE DATOS ESTRUCTURALES DEL AFLORAMIENTO

ANEXO C: MÁQUINA DE CORTE DE HOJA ROTATIVA - GEOCUT 302

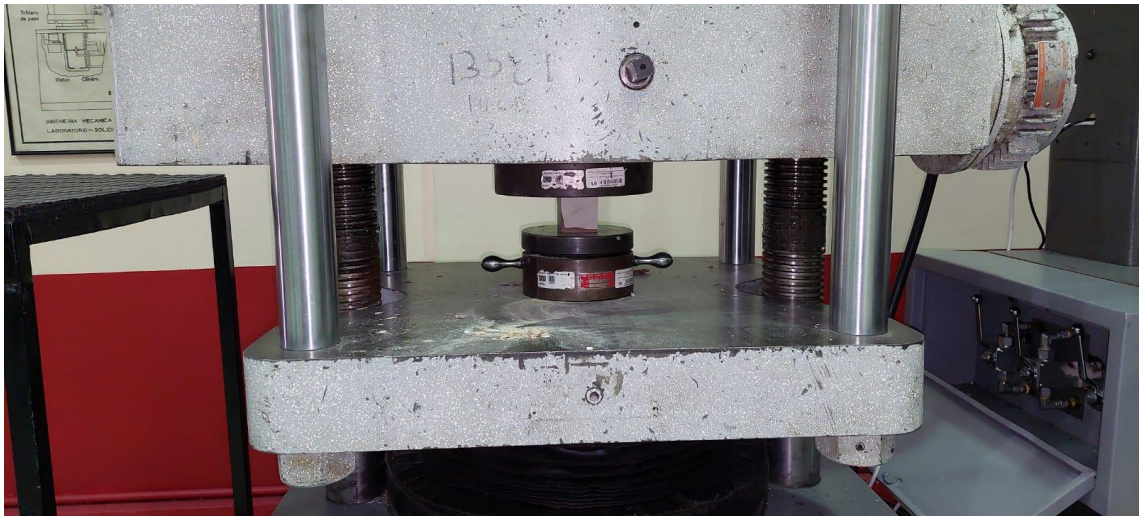
ANEXO D: ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE PROBETA 1



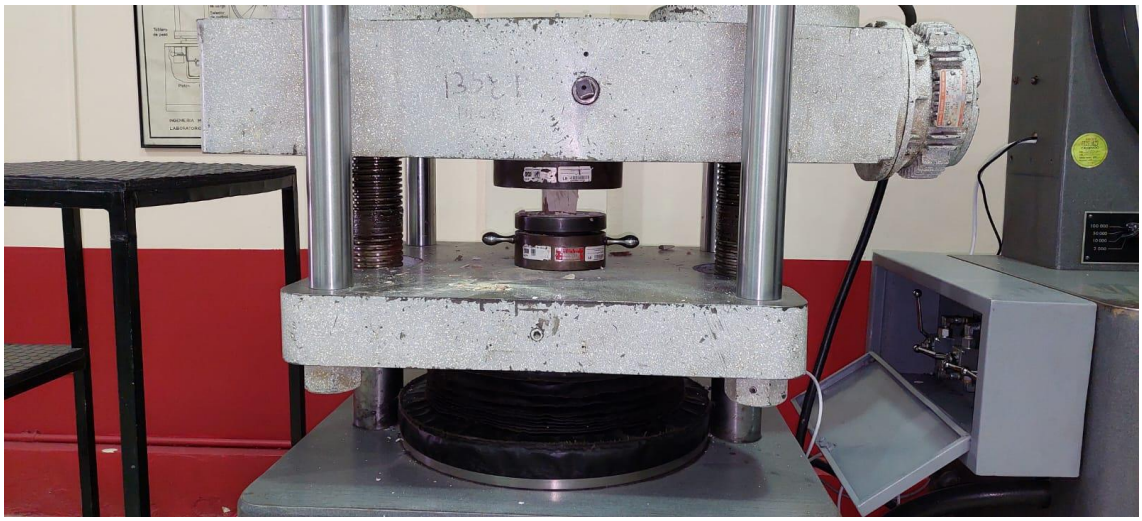
ANEXO E: ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE PROBETA 2



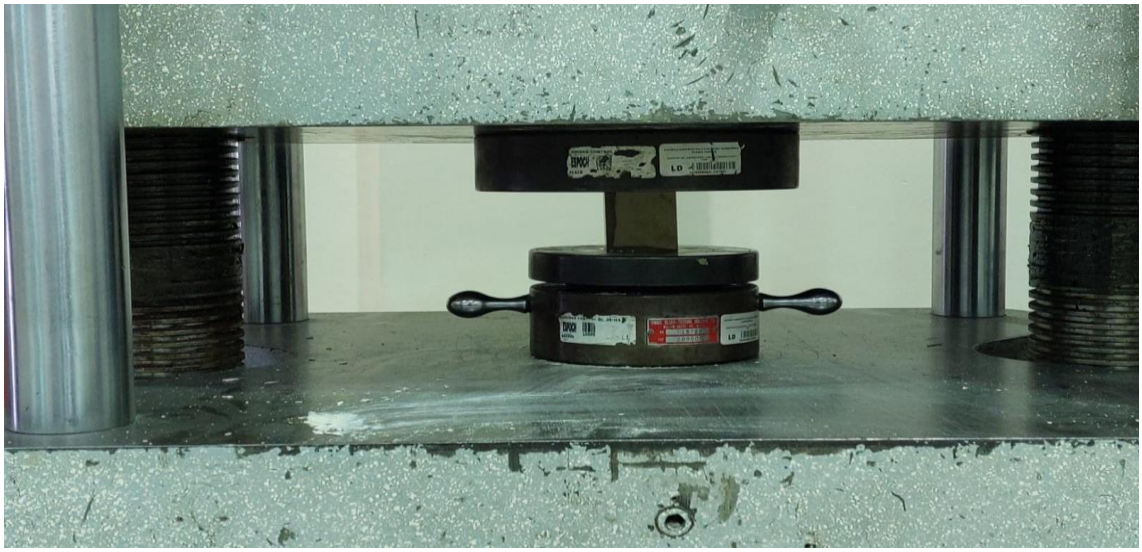
ANEXO F: ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE PROBETA 3.



ANEXO G: ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE PROBETA 4



ANEXO H: ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE PROBETA 5



ANEXO I: TABLA DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE PROBETA 1

Ensayo de compresión simple Probeta 1	
DEFORMACIÓN (mm)	FUERZA (KG)
0,000220111	1,69704
0,000220111	0
0,000220111	0
0,000693031	0
0,000693031	0,42426
0,000693031	0
0,000693031	0
0,000693031	0
0,000693031	1,27278
0,00157166	0
0,00176063	0,84852
0,00176063	1,27278
0,00176063	1,27278
0,00176063	2,1213
0,00176063	1,69704
0,000969973	0,42426
0,000782676	0,42426
0,000255234	1,27278
0,000255234	0,42426
0,000255234	0,84852
0,000255234	0
0,000255234	0,84852
0,000764825	1,27278
0,000764825	0
0,000764825	0,84852
0,000764825	1,27278
0,000764825	0,84852
9,42E-05	0,84852
0,000813209	0,42426
0,000813209	1,69704

0,000813209	0,42426
0,000813209	0
0,000813209	0,42426
0,000813209	0,42426
0,000813209	2,1213
0,000813209	0,42426
0,000813209	0,84852
0,000578608	0,42426
0,000578608	0,42426
0,000578608	2,1213
0,000578608	0,84852
0,000554969	1,27278
0,000554969	0
0,00029022	0,84852

ANEXO J: TABLA DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE PROBETA 2

Ensayo de compresión simple Probeta 2	
DEFORMACIÓN (mm)	FUERZA (KG)
1,92513	2075,06
1,92513	2072,51
1,92515	2072,09
1,92515	2072,09
1,92515	2069,96
1,92515	2069,12
1,92515	2068,27
1,92515	2067,84
1,92515	2066,15
1,92488	2065,3
1,92488	2064,45
1,92449	2065,3
1,92449	2062,33
1,92449	2067,42
1,92449	2094,15

1,92449	2136,15
1,92475	2185,36
1,92475	2307,97
1,92475	2317,73
1,92477	2355,49
1,92477	2383,49
1,92477	2460,71
1,92499	2548,11
1,92543	2255,37
1,92543	2279,97
1,92585	2371,19
1,92585	2476,41
1,92646	2596,05
1,94524	2697,02
1,96505	2806,06
1,99708	2904,48
2,00022	3000,37
2,00022	3087,34
2,00025	3195,1
2,00025	3279,95
2,0011	3383,05
2,00142	3496,33
2,00202	3601,12
2,00202	3706,76
2,00202	3795,43
2,00202	3899,8
2,00202	4009,26
2,00088	4108,3
2,00088	4224,13

ANEXO K: TABLA DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE PROBETA 3

Ensayo de compresión simple Probeta 3

DEFORMACIÓN (mm)	FUERZA (KG)
3,47475	4,2426
3,47475	3,81834
3,47261	3,81834
3,47261	5,09112
3,47261	2,1213
3,44544	4,2426
3,44544	4,66686
3,44544	4,2426
3,43353	3,39408
3,43353	3,81834
3,43353	2,54556
3,43353	3,39408
3,43353	4,66686
3,43353	2,96982
3,43353	3,39408
3,43353	3,39408
3,43353	2,96982
3,43354	2,96982
3,43354	2,96982
3,43354	3,81834
3,43354	4,2426
3,44718	3,39408
3,47474	4,66686
3,47474	3,39408
3,47474	2,54556
3,47474	5,51538
3,47474	2,96982
3,47474	2,1213
3,47486	4,2426
3,47486	4,66686
3,47486	3,39408
3,47612	4,66686
3,47616	3,39408

3,47893	4,2426
3,55338	3,39408
3,61924	4,2426
3,61924	4,66686
3,61924	3,81834
3,61924	2,54556
3,61925	3,81834
3,61925	3,81834
3,61935	3,39408
3,61935	4,2426
3,61935	3,39408

ANEXO L: TABLA DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE PROBETA 4

Ensayo de compresión simple Probeta 4	
DEFORMACIÓN (mm)	FUERZA (KG)
0,00104775	17,8189
0,00104775	18,2432
0,00104775	18,6674
0,00191322	19,516
0,00191322	18,6674
0,00191322	19,0917
0,00191322	19,0917
0,00191322	18,2432
0,000792471	20,3645
0,000792471	20,7887
0,000792471	21,213
0,000792471	21,213
0,000792471	21,6373
0,000792471	21,6373
0,000792471	18,6674
0,00184873	6,78816
0,00184873	22,4858

0,00212775	81,4579
0,00212775	166,734
0,00212775	258,799
0,00212775	352,984
0,00212775	451,413
0,0355284	544,326
0,0539068	619,844
0,0617118	519,718
0,0698442	170,977
0,0709937	150,612
0,0709937	179,038
0,0709937	211,281
0,0712857	10,1822
0,0714763	50,4869
0,0714763	15,6976
0,0714763	48,3656
0,0714763	106,914
0,0722354	114,974
0,0722354	160,795
0,072804	228,252
0,0731887	299,528
0,07386	363,167
0,0745007	453,534
0,0868573	563,842
0,0868573	666,088
0,120338	786,154
0,142081	910,462

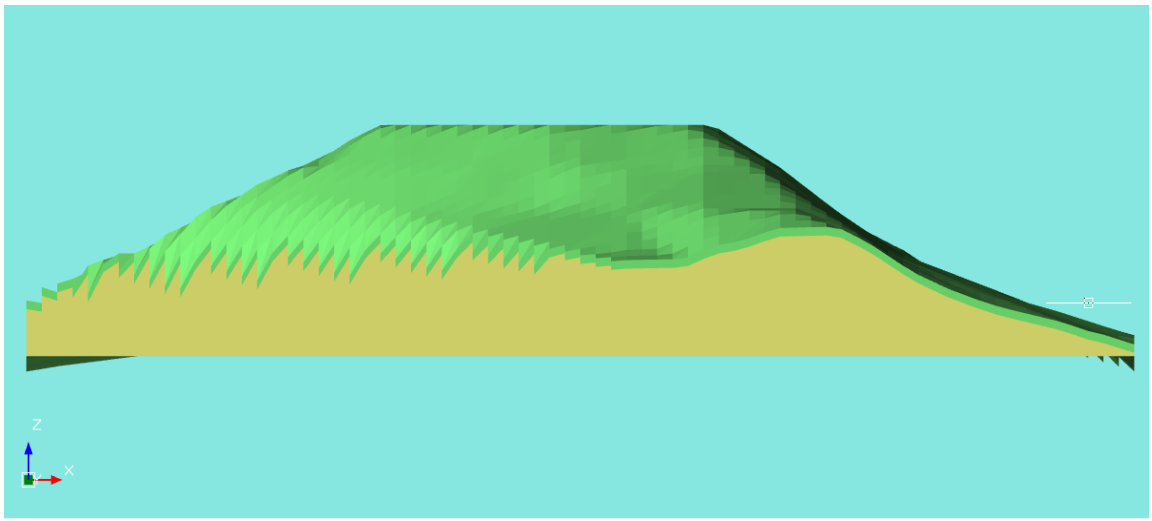
ANEXO M: TABLA DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE PROBETA 5

Ensayo de compresión simple Probeta 5	
DEFORMACIÓN (mm)	FUERZA (KG)
0,0407263	2,1213

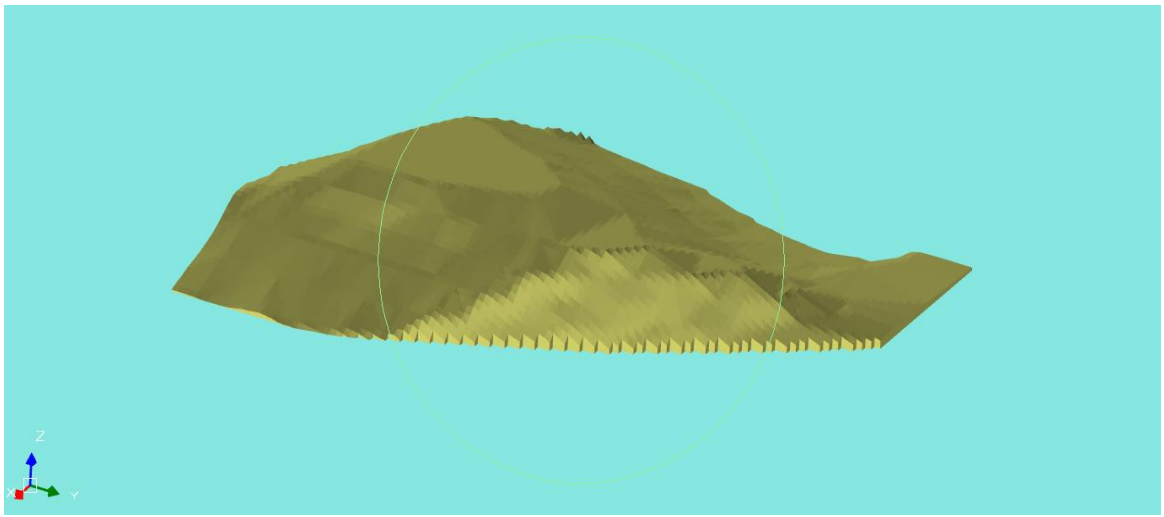
0,0407263	1,27278
0,0407263	2,1213
0,0407263	1,27278
0,0407263	1,69704
0,0407263	2,1213
0,0407263	1,69704
0,0407263	1,69704
0,0407263	2,1213
0,0407263	2,54556
0,0401993	1,69704
0,0401993	2,54556
0,0401993	2,54556
0,0214622	2,54556
0,0214622	0
0,0214622	2,1213
0,0197605	4,66686
0,0197605	6,78816
0,0197605	8,4852
0,0197605	8,06094
0,0268208	8,4852
0,0268208	9,33372
0,0268208	8,4852
0,0268208	7,21242
0,0268208	8,4852
0,0268208	7,21242
0,0268208	8,90946
0,0268208	8,06094
0,0268208	8,06094
0,0268208	8,06094
0,0267777	7,21242
0,0267777	5,93964
0,0254427	8,06094
0,0254427	7,63668
0,0195616	6,3639

0,00283752	7,21242
0,00283752	6,78816
0,0131153	6,78816
0,0215866	6,78816
0,0215866	6,78816
0,0215866	6,78816
0,0215866	6,78816
0,0215866	6,3639
0,0131153	6,3639

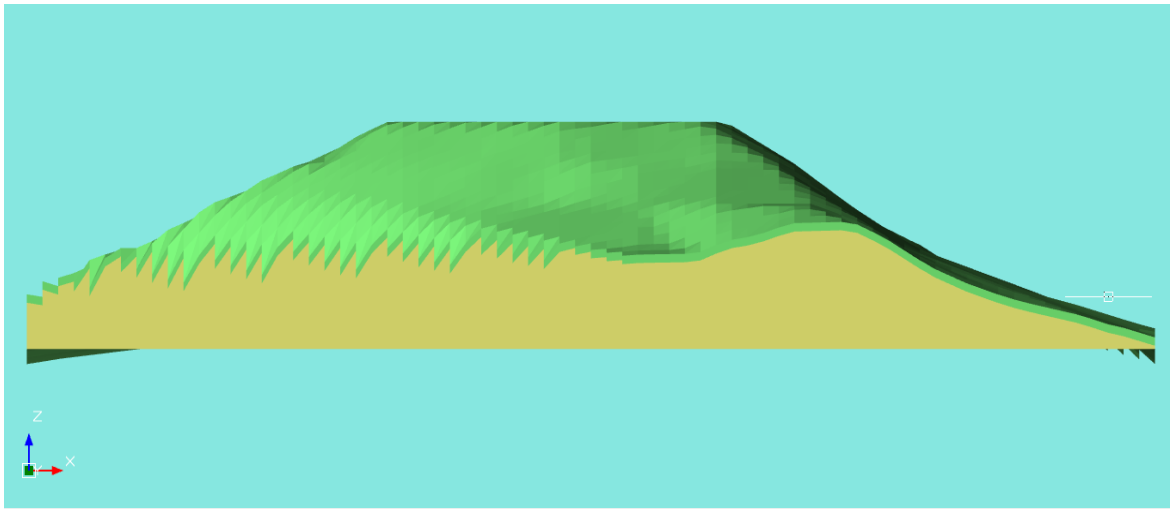
ANEXO N: RESERVA DEL LIBRE APROVECHAMIENTO “PROAÑO”



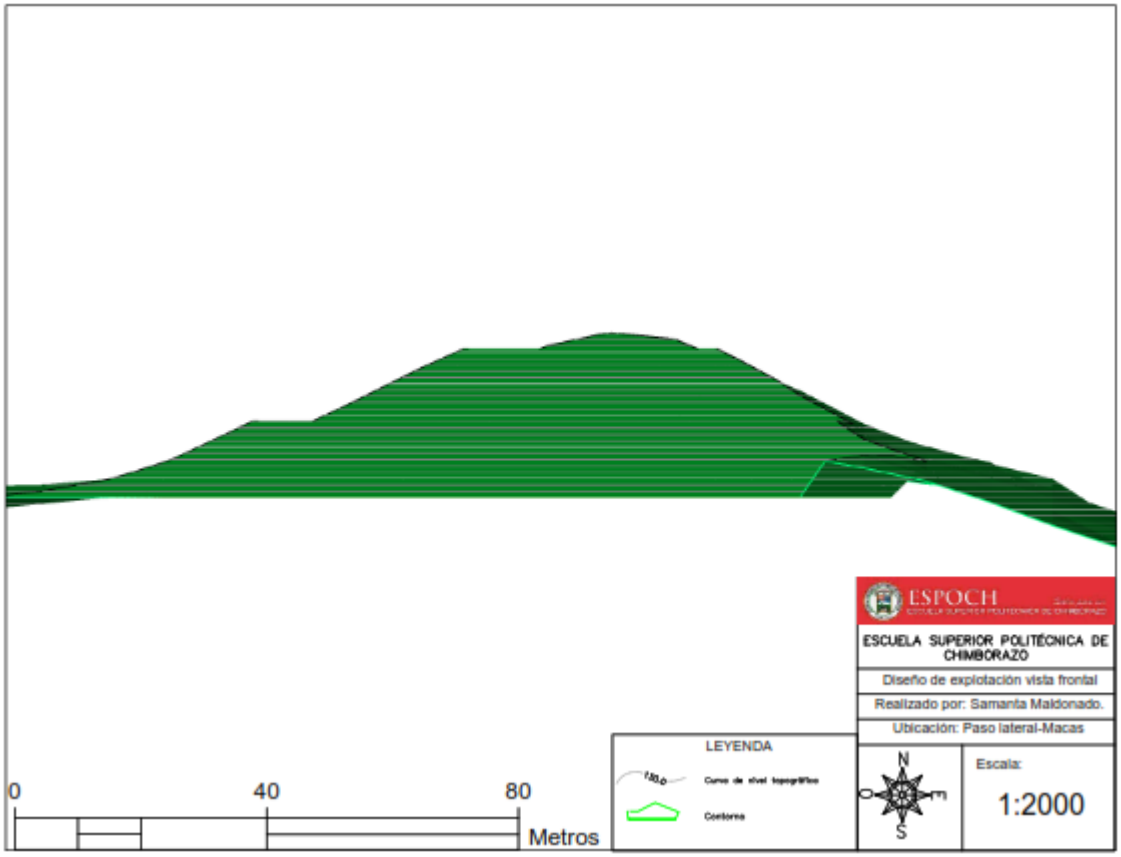
ANEXO O: RESERVA DEL LIBRE APROVECHAMIENTO “PROAÑO” SIN SOBRECARGO.



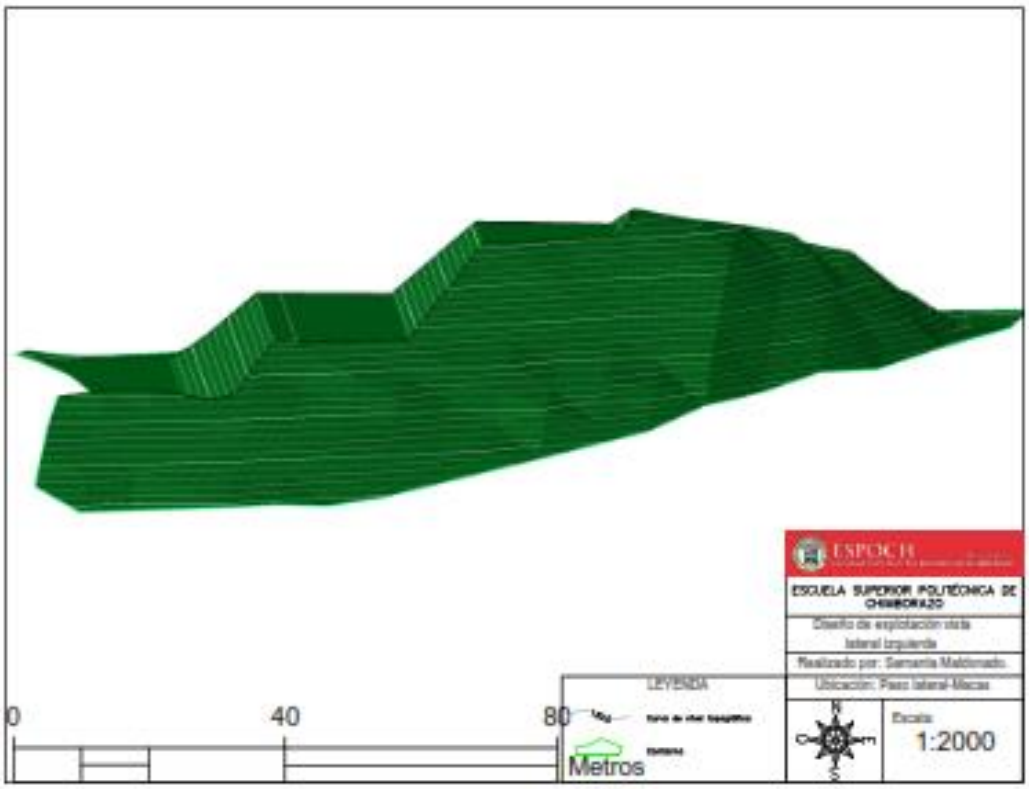
ANEXO P: RESERVA DEL LIBRE APROVECHAMIENTO “PROAÑO” VISTA LATERAL.



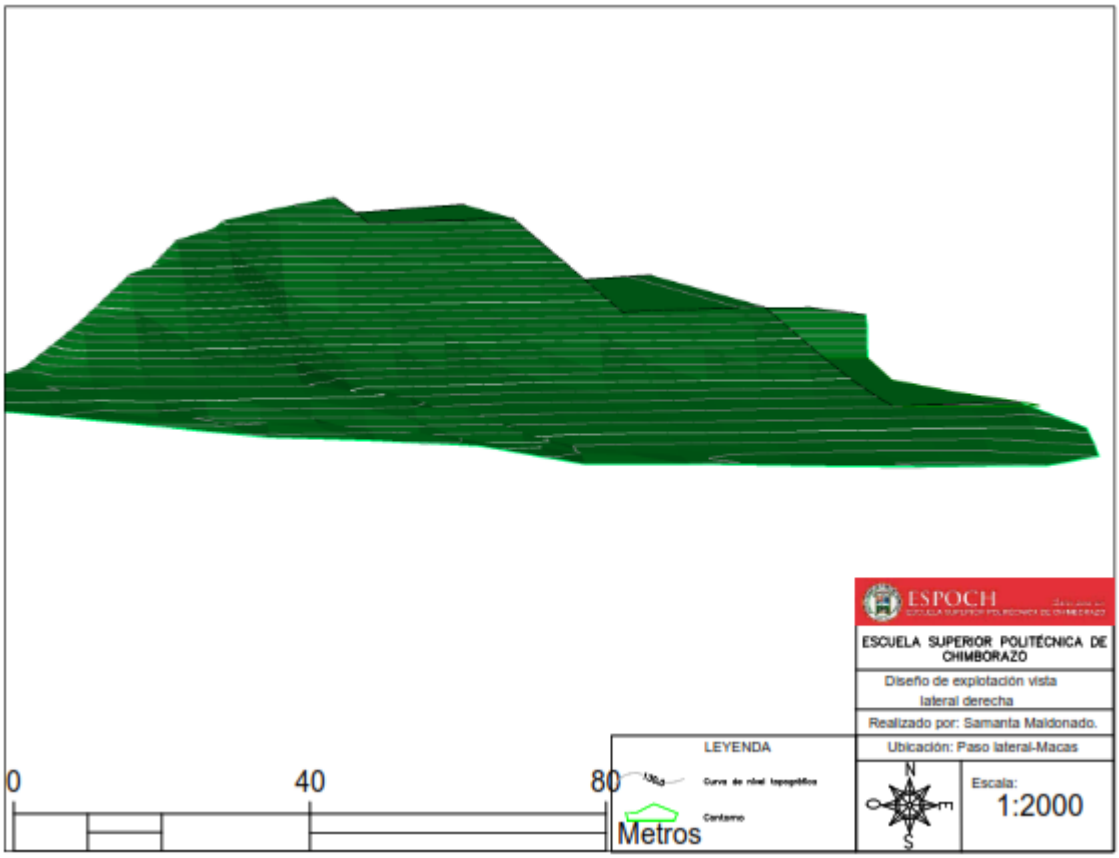
ANEXO Q: DISEÑO DE EXPLOTACIÓN VISTA FRONTAL



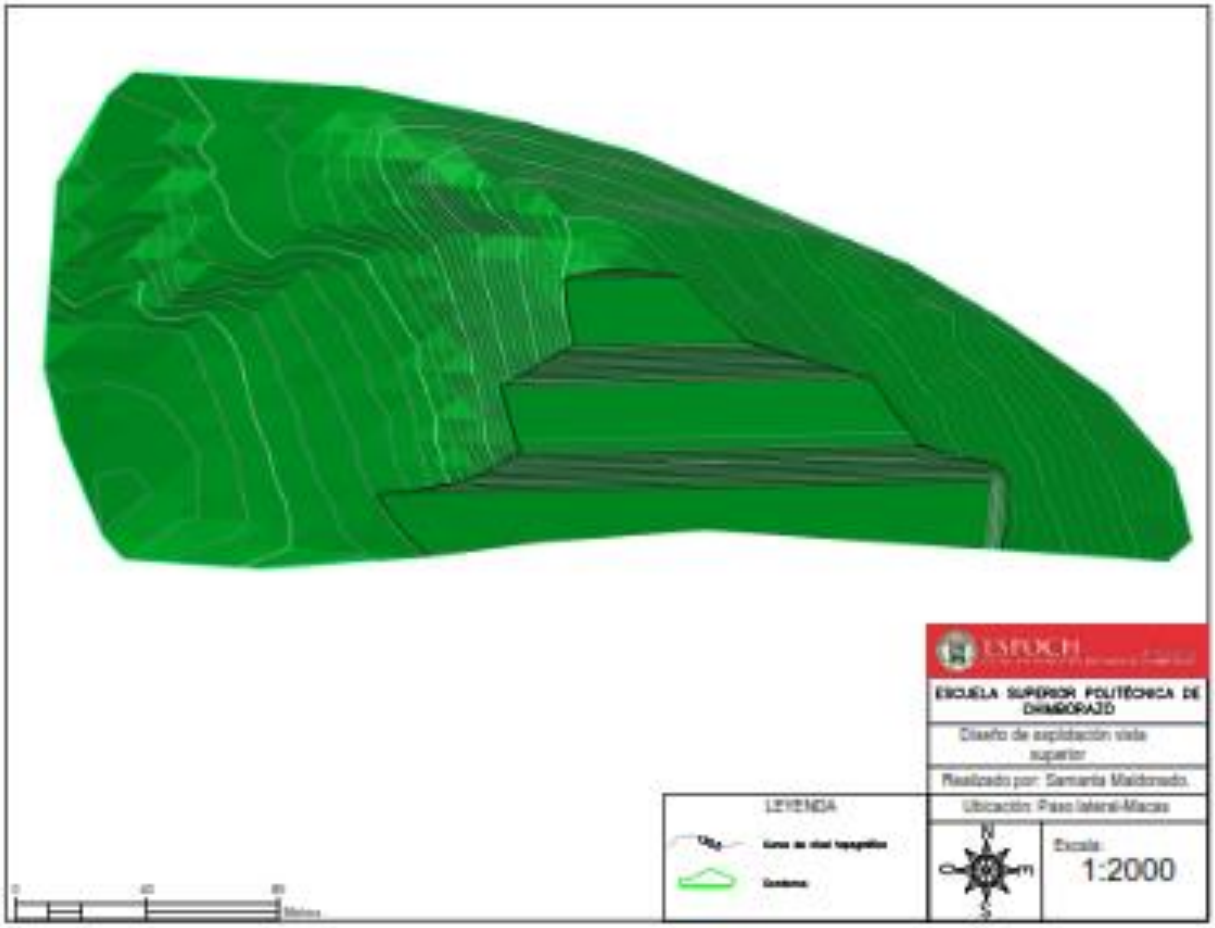
ANEXO R: DISEÑO DE EXPLOTACIÓN VISTA LATERAL IZQUIERDA



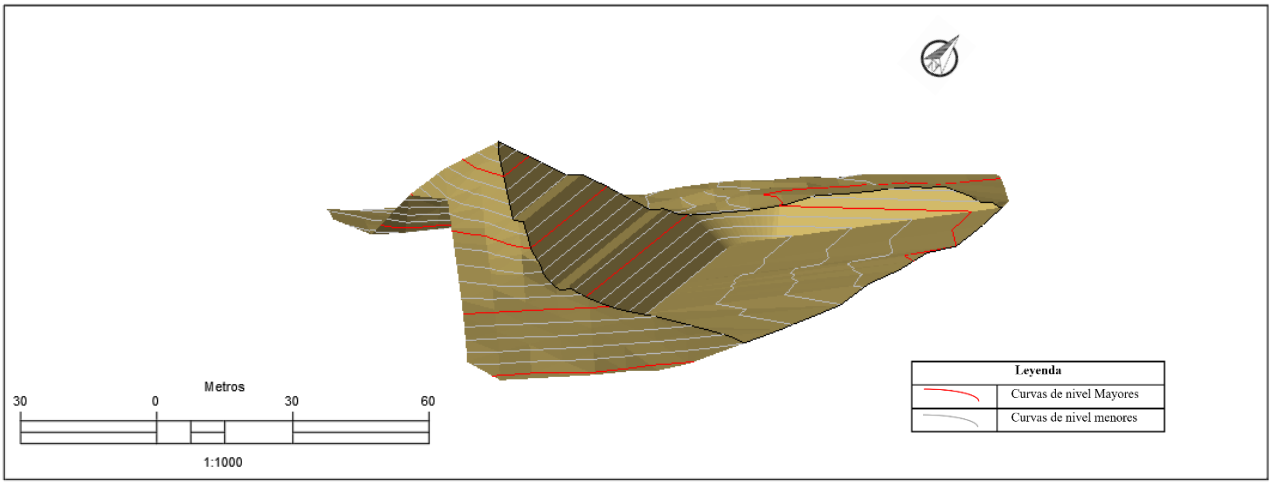
ANEXO S: DISEÑO DE EXPLOTACIÓN VISTA LATERAL DERECHA



ANEXO T: DISEÑO DE EXPLOTACIÓN VISTA SUPERIOR

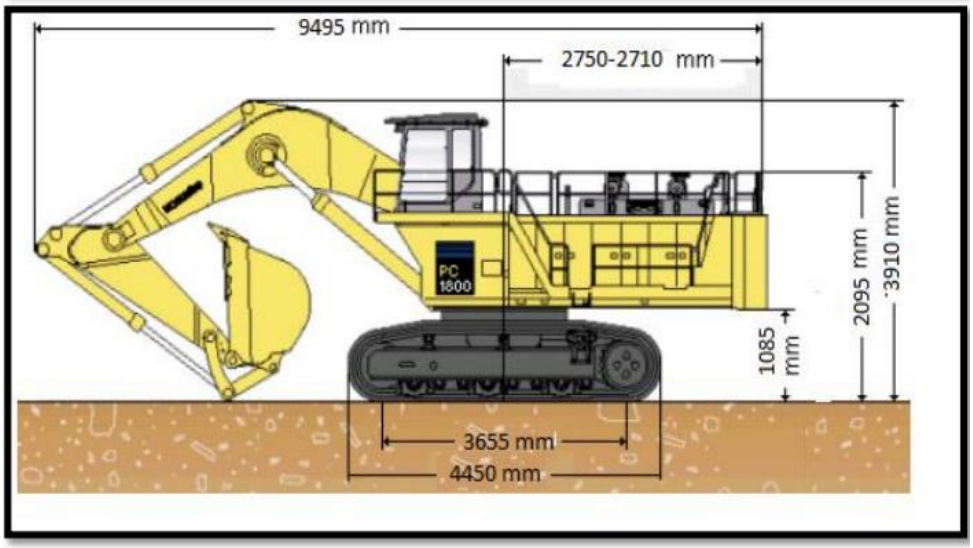


ANEXO U: MODELO DIGITAL DE LA PRIMERA ETAPA

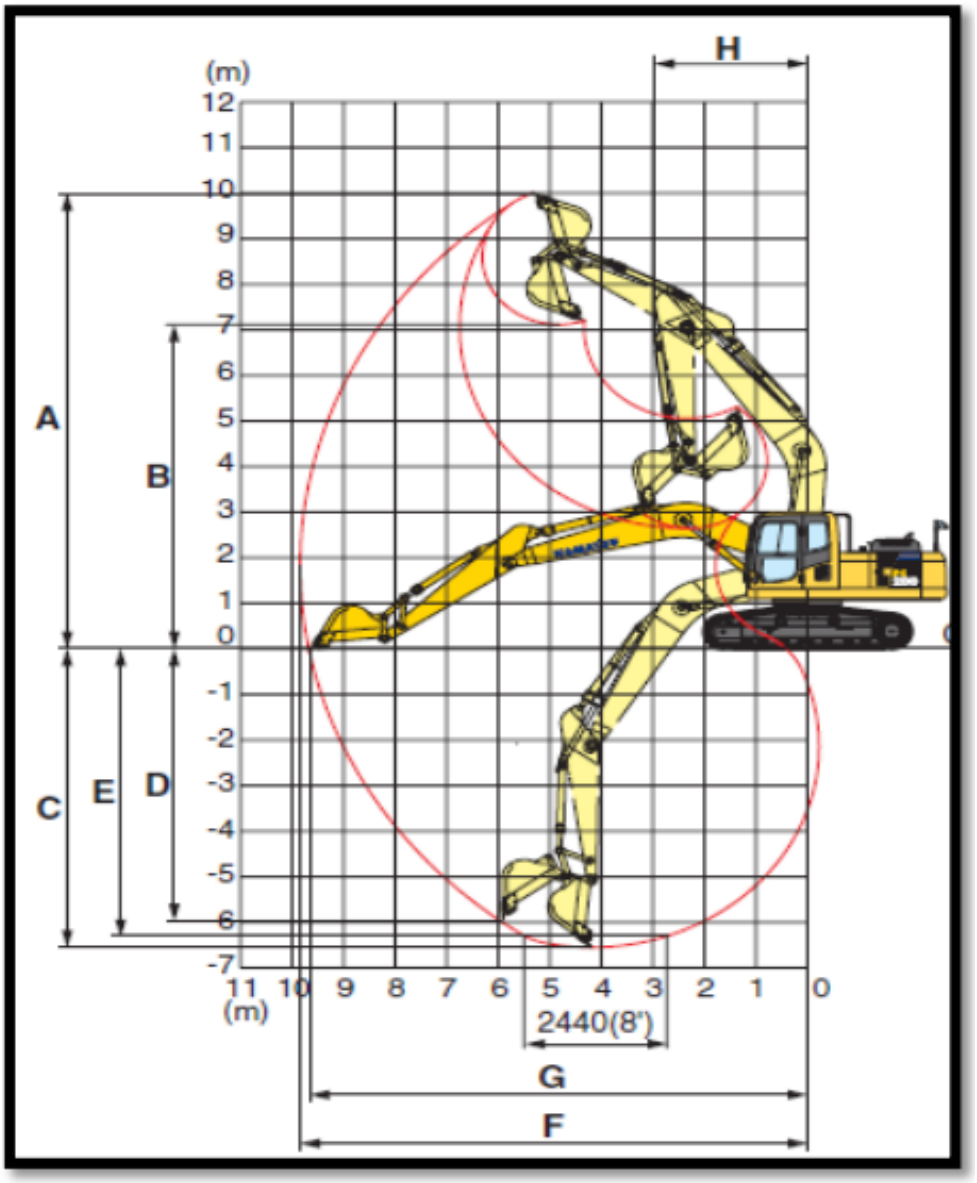


ANEXO V: MODELO DIGITAL DE TERRENO SEGUNDA ETAPA

ANEXO W: CATÁLOGO DE UNA EXCAVADORA KOMATSU PC200LC-8



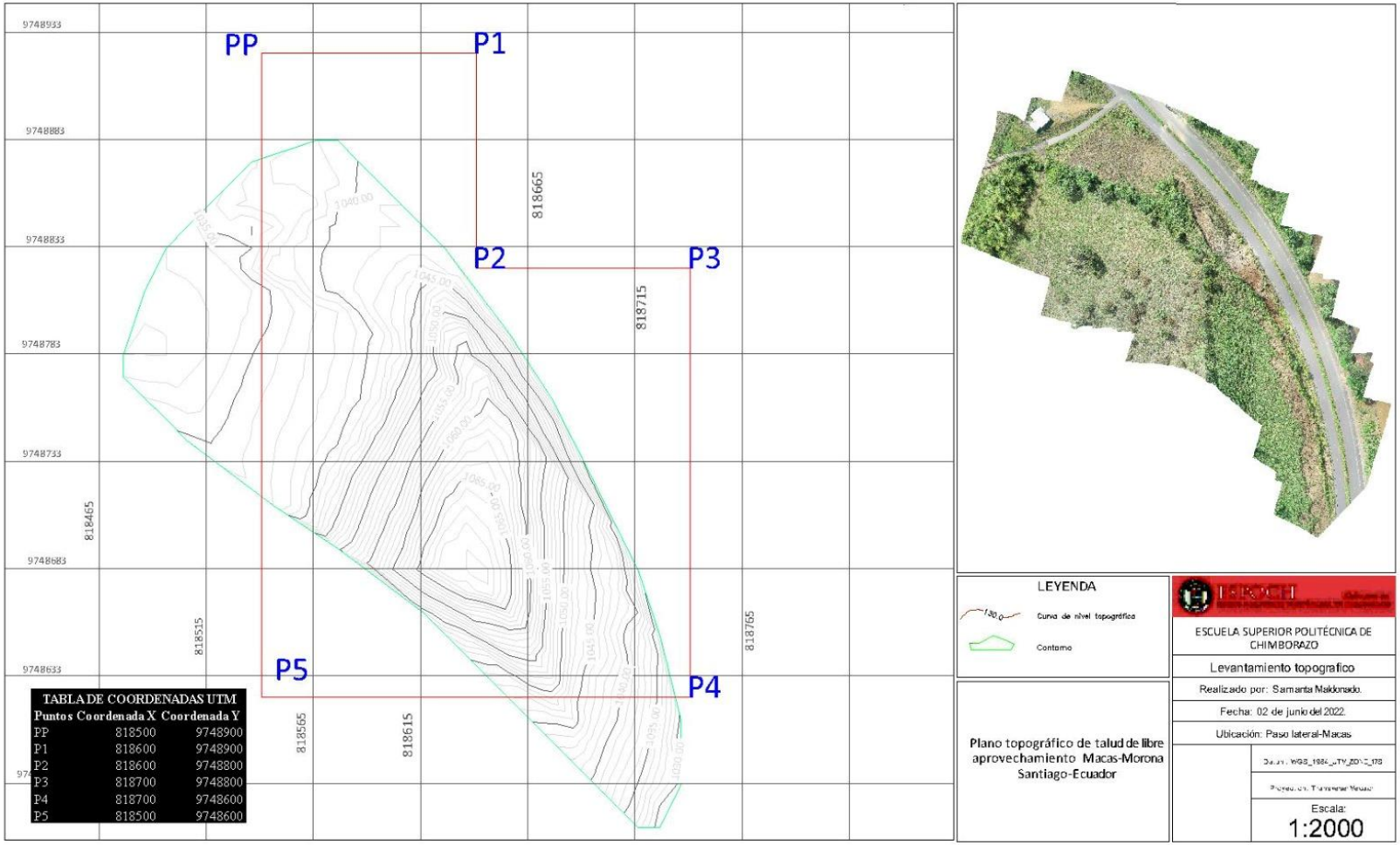
ANEXO X: CATÁLOGO DE UNA EXCAVADORA KOMATSU PC200LC-8



ANEXO Y: CATÁLOGO DE UNA EXCAVADORA KOMATSU PC200LC-8

	Brazo	**1,840 mm** 6'0"	**2,410 mm** 7'11"
A	Máx. altura de excavación	**9,500 mm** 31'2"	**9,800 mm** 32'2"
B	Máx. altura de descarga	**6,630 mm** 21'9"	**6,890 mm** 22'7"
C	Máx. profundidad de excavación	**5,380 mm** 17'8"	**6,095 mm** 20'0"
D	Máx. profundidad de excavación vertical	**4,630 mm** 15'2"	**5,430 mm** 17'10"
E	Máx. profundidad de excavación con fondo plano de 8'	**5,130 mm** 16'0"	**5,780 mm** 19'0"
F	Máx. alcance de excavación	**8,850 mm** 29'1"	**9,380 mm** 30'9"
G	Máx. alcance de excavación a nivel del suelo	**8,660 mm** 28'5"	**9,190 mm** 30'2"
H	Mín. radio de giro	**3,010 mm** 9'11"	**3,090 mm** 10'2"
clasificación SAE	Fuerza de excavación del cucharón at power max.	**157 kN** 16,000 kgf/35,270 lb	**138 kN** 14,100 kgf/31,080 lb
	Fuerza de ataque del brazo at power max.	**139 kN** 14,200 kgf/31,300 lb	**124 kN** 12,600 kgf/27,780 lb
clasificación ISO	Fuerza de excavación del cucharón at power max.	**177 kN** 18,000 kgf/39,680 lb	**149 kN** 15,200 kgf/33,510 lb
	Fuerza de ataque del brazo a "Power Max".	**145 kN** 14,800 kgf/32,630 lb	**127 kN** 13,000 kgf/28,660 lb

ANEXO Z: Mapa topográfico del Libre Aprovechamiento “Proaño



ANEXO AA: Diseño de Explotación del Libre Aprovechamiento “Proaño”

ANEXO AB: Solicitud de libre aprovechamiento

	Solicitud de Libre Aprovechamiento	Código: F-S-03-18 Versión: 00

DATOS DEL AREA

Código:	Nombre del área: PROAÑO

UBICACIÓN

Provincia	Cantón	Parroquia
MORONA SANTIAGO	MORONA	PROAÑO

Lugar/sector: PASO LATERAL Regional:

COORDENADAS CATASTRALES:

	ZONA 17								ZONA 17						
X: PP	8	1	8	5	0	0	Y: PP		9	7	4	8	9	0	0
1	8	1	8	6	0	0		1	9	7	4	8	9	0	0
2	8	1	8	6	0	0		2	9	7	4	8	8	0	0
3	8	1	8	7	0	0		3	9	7	4	8	8	0	0
4	8	1	8	7	0	0		4	9	7	4	8	6	0	0
5	8	1	8	5	0	0		5	9	7	4	8	6	0	0

NOTA: Si la solicitud se encuentra entre las dos zonas geográficas, escribir las coordenadas del área en la zona 17 y 18.

No. has. Mineras 6 HAS **Plazo de explotación (meses)** 36 MESES

NOTA: Adjuntar graficación del área solicitada a escala 1:50.000, en mapa topográfico que llevará la firma del representante legal de la institución y de un asesor colegiado en materia geológica minera.

VOLUMEN DE EXTRACCIÓN:

Volumen diario de extracción:

De la mina se extraerá un promedio de diario de 216 m³ / día

Volumen total de extracción:

328730.4 m³

DESCRIPCIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPOS A UTILIZARSE Y MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN A EMPLEAR:

- Los trabajos de explotación se realizan mediante la minería de superficie, por bancos descendentes. El avance será continuo con 3 bancos, desde la cota 1070 hasta la cota 1035, que se encuentra la vía de acceso. Como primer paso se procederá con el arranque de la cobertura vegetal de la reserva la cual mide de 1 m de altura, el siguiente paso a seguir será la extracción del material de interés, realizando 2 etapas de explotación

ARRANQUE DEL MATERIAL. - Para la extracción de material pétreo del área minera se consideró excavadoras, las cuales poseen un tren de rodaje de orugas, estos equipos facilitan la maniobra del equipo y una mejor tracción permitiendo un giro de 360°. Esta maquinaria es ideal para realizar trabajos en terrenos de superficies irregulares y muy utilizados en el campo de la minería.

CARGUÍO. - La maquinaria que realiza el carguío es la misma excavadora, la cual realiza el arranque del material y procede al llenado de los volquetes de manera inmediata, una vez lleno el balde del volquete proceden al transporte a los diferentes lugares para el vertido del material.

La maquinaria a utilizarse será: Excavadora de orugas, volqueta de hasta 12 m³ de capacidad. Las operaciones mineras serán realizadas en jornadas de trabajo de ocho horas al día.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

SEDE MORONA SANTIAGO

CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 01/ 02 / 2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: THALÍA SAMANTA MALDONADO MALDONADO
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: RECURSOS NATURALES
Carrera: MINAS
Título a optar: INGENIERA EN MINAS
Ing. Julio Cesar López Ayala, Mgs. **Director del Trabajo de Titulación** **Ing. Ernesto Reyes Céspedes, MSc.** **Asesor del Trabajo de Titulación**