



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional De Loja

Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables

Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

Elección de sistema de explotación para el área de libre aprovechamiento de materiales de construcción, El Tablón GMZ; código 592157, sector El Tablón, cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe.

Trabajo de Titulación Previo a la obtención del título de Ingeniera en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial.

AUTOR:

Yulissa Raquel Jiménez Rosales

DIRECTOR:

Ing. Fernando Rengel Jiménez. Mg. Sc

Loja – Ecuador
2023

Certificación

Loja, 30 de mayo de 2023

Ing. Fernando Javier Rengel Jiménez Mg. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Elección de sistema de explotación para el área de libre aprovechamiento de materiales de construcción, El Tablón GMZ; código 592157, sector El Tablón, cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe**, previo a la obtención del título de **Ingeniera en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, de la autoría de la estudiante **Yulissa Raquel Jiménez Rosales, con cédula de identidad N° 1150780425**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

Ing. Fernando Javier Rengel Jiménez Mg. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Yulissa Raquel Jiménez Rosales**, declaro ser la autora del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente, acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Titulación en el Repositorio Digital Institucional - Biblioteca Virtual.



Firma:

Cédula de identidad: 1150780425

Fecha: Loja, 30 de mayo de 2023

Correo electrónico: yulissa.jimenez@unl.edu.ec / jimenezyuly46@gmail.com

Teléfono: 0989123280

Carta de autorización de la autora, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación

Yo, **Yulissa Raquel Jiménez Rosales**, declaro ser autora del Trabajo de Titulación denominado: **Elección de sistema de explotación para el área de libre aprovechamiento de materiales de construcción, El Tablón GMZ; código 592157, sector El Tablón, cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe**, como requisito para optar el título de **Ingeniera en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**; autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar los contenidos de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza del plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los treinta días del mes de mayo del dos mil veintitrés.



Firma:

Autor: Yulissa Raquel Jiménez Rosales

Cédula: 1150780425

Dirección: Loja, Esteban Godoy Primera Etapa

Correo electrónico: jimenezzyuly46@gmail.com

Teléfono: 0989123280

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Titulación: Ing. Fernando Rengel Jiménez. Mg. Sc.

Dedicatoria

El presente trabajo investigativo está dedicado a Dios, por brindarme la sabiduría y fortaleza necesaria para sobrellevar cada adversidad, centrar mi vida y permitirme culminar con éxito esta etapa. A mi eterno ángel, mi querido abuelito Jorge, siempre vivirás en mi corazón.

Con inmenso cariño a mi madre María Edith y mi sobrina Alany Sophia por haber creído en mí siempre, apoyarme en cada decisión tomada y ser mi motivación, sus palabras y afecto me han ayudado en todo momento.

A Yhandry Joel Castillo, por su cariño y apoyo incondicional, gracias por darme la tranquilidad y fortaleza necesaria en los momentos más complicados que se han presentado a lo largo del camino.

A mi incondicional Gowther, por acompañarme desde el día uno que llegó a mi vida en cada madrugada mientras estudiaba y terminaba mis tareas.

Yulissa Raquel Jiménez Rosales

Agradecimiento

A la Universidad Nacional de Loja y al personal docente de la carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, por su gran aporte de conocimientos en mi formación profesional a lo largo de los once ciclos cursados.

Al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Zamora, por permitirme desarrollar el presente trabajo investigativo en una de sus instalaciones y brindarme la información necesaria para el desarrollo del mismo.

Con inmensa gratitud al Laboratorio de Suelos DELTA A+I, de manera especial al Ing. Germán Jiménez e Ing. Pablo Jiménez, por brindarme su amistad, colaboración y predisposición en el desarrollo del presente trabajo investigativo.

Al Ing. Fernando Rengel Jiménez, docente y mentor, por impartir sus conocimientos y brindarme su apoyo, tiempo y paciencia en el desarrollo del presente trabajo investigativo.

A mis padres, Jorge Luis y María Edith, por haber confiado en mí, en mis sueños y apoyarme en este arduo camino.

A mi hermano Jorge Luis, quien ha sido modelo de disciplina, trabajo, responsabilidad y mi ejemplo a seguir, por ser pieza clave desde el primer día en que inicié, a través de sus consejos y apoyo económico para lograr finalizar la carrera. De igual manera a mis hermanas, Andrea y Karla por estar presentes en mis triunfos y derrotas y tener las palabras correctas para no dejarme rendir.

Para finalizar, a mis amigos y todas las personas que pusieron su granito de arena y fueron parte de mi desarrollo personal, académico y profesional, tengan presente que les estaré agradecida enormemente.

Yulissa Raquel Jiménez Rosales

Índice De Contenido

Portada.....	i
Certificación.....	ii
Autoría.....	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de contenido.....	x
Índice de figuras.....	15
Índice de tablas.....	17
Índice de anexos.....	19
1 Título.....	21
2 Resumen.	22
2.1 Abstract.....	23
3 Introducción.	24
4 Marco Teórico.....	26
4.1 Geología.....	26
4.1.1 Petrología	26
4.1.2 Petrografía	26
4.1.3 Geología Estructural.....	26
4.1.4 Tipos De Rocas	27
4.1.5 Ciclo Sedimentario.....	28
4.1.6 Forma Y Características De Los Cuerpos Ígneos	29
4.1.7 Meteorización En Las Rocas Ígneas O Magmáticas	30
4.2 Topografía.....	31
4.2.1 División Operacional De La Topografía	31
4.2.2 Clases De Levantamientos	32

4.2.3	Equipos Topográficos	32
4.2.4	Errores de las Mediciones Topográficas	33
4.2.5	Levantamiento Topográfico Con Dron	33
4.3	Cálculo De Reservas.....	34
4.3.1	Recurso Mineral	35
4.3.2	Reserva Mineral	35
4.3.3	Métodos De Cálculo de Reservas.....	36
4.4	Explotación De Yacimientos.....	40
4.5	Yacimientos No Metálicos.....	40
4.5.1	Características De Los Yacimientos No Metálicos.....	40
4.5.2	Características Extrínsecas Del Yacimiento.....	41
4.5.3	Explotación De Áridos Y Pétreos	41
4.5.4	Importancia Del Método De Explotación	42
4.5.5	Características De Explotación De Áridos Y Pétreos	42
4.5.6	Condiciones Al Elegir El Método De Explotación	42
4.6	Sistemas De Explotación A Cielo Abierto.....	43
4.7	Descripción De Actividades En Una Mina.....	44
4.7.1	Desbroce.....	44
4.7.2	Apertura de vías	44
4.7.3	Preparación De Rampas	45
4.7.4	Preparación De Cunetas	47
4.7.5	Perforación Y Voladura.....	48
4.7.6	Carga Y Acarreo.....	48
4.7.7	Transporte.....	49
4.7.8	Preparación De Escombrera	49
4.7.9	Preparación De Zona De Stock	51
4.8	Labores De Preparación, Fases Y Requerimientos En Áridos.....	51

4.9	Métodos De Ensayos Para Áridos.....	51
4.10	Marco Legal Regulatorio Para Materiales De Construcción.....	52
5	Metodología.....	54
5.1	Área De Estudio.....	54
5.1.1	Ubicación	55
5.1.2	Acceso	55
5.1.3	Topografía	56
5.1.4	Geología Regional.....	56
5.1.5	Geología Estructural.....	58
5.1.6	Geomorfología	59
5.1.7	Hidrografía	59
5.1.8	Sísmica	60
5.1.9	Clima.....	60
5.2	Materiales Y Equipos.....	61
5.3	Procedimiento.....	62
5.3.1	Fase De Pre-campo.....	62
5.3.2	Metodología Para El Primer Objetivo	62
	• Topografía.....	62
	• Geología	64
	• Estimación De Reservas.....	66
5.3.3	Metodología Para El Segundo Objetivo.....	69
	• Descripción De Actividades.....	69
	• Análisis Económico.....	72
5.3.4	Metodología Para El Tercer Objetivo	73
6	Resultados.....	81
6.1	Resultados Del Primer Objetivo.....	81
6.1.1	Topografía	81

6.1.2	Geología	83
6.1.3	Delimitación Del Área De Explotación.....	87
6.1.4	Cálculo De Reservas	89
6.2	Resultados Del Segundo Objetivo.....	95
6.2.1	Descripción De Actividades.....	95
6.2.2	Ciclos De Trabajo.....	99
6.2.3	Análisis Económico De La Explotación Actual En El Área De Estudio	104
6.3	Resultados Para El Tercer Objetivo	106
6.3.1	Características Geométricas	106
6.3.2	Características Geomecánicas	106
6.3.3	Elección Del Sistema De Explotación.....	107
6.3.4	Implementación del sistema de explotación.....	110
6.3.5	Cálculos Para El Diseño De La Cantera.....	118
6.3.6	Diseño Final De La Cantera	120
6.3.7	Estabilización del talud de los bancos.....	123
6.3.8	Ciclo de trabajo del sistema de explotación propuesto	124
7	Discusión.....	129
8	Conclusiones.....	131
9	Recomendaciones.....	133
10	Referencias Bibliográficas	134
11	Anexos.....	140

Índice de Figuras:

Figura 1. Ubicación del Área de Libre Aprovechamiento “El Tablón GMZ”	55
Figura 2. Mapa geológico regional del área de estudio.....	57
Figura 3. Levantamiento topográfico	63
Figura 4. Descripción de primer afloramiento	65
Figura 5. Realización de calicatas	66
Figura 6. Ubicación de las secciones transversales	67
Figura 7. Realización de perfiles por cada sección	68
Figura 8. Determinación del área ocupada por material disgregado	68
Figura 9. Entrevista a la Ing. Carlota Ramírez; analista ambiental del GAD Zamora	70
Figura 10. Descripción de actividades en campo	70
Figura 11. Recolección de muestras para laboratorio	73
Figura 12. Realización de ensayos en Laboratorio DELTA	74
Figura 13. Vista de la superficie de la cantera recortada a la topografía	79
Figura 14. Afloramiento 1	84
Figura 15. Afloramiento 2	84
Figura 16. Afloramiento 3	85
Figura 17. Muestra de mano del área de estudio	86
Figura 18. Mapa Geológico del Área de Libre Aprovechamiento “El Tablón GMZ”, código 592157	87
Figura 19. Mapa topográfico del frente de explotación	88
Figura 20. Mapa geológico del frente de explotación	89
Figura 21. Calicata 1	90
Figura 22. Columna estratigráfica de calicata 1	91
Figura 23. Calicata 2	91
Figura 24. Columna estratigráfica de calicata 2	92
Figura 25. Calicata 3	93
Figura 26. Columna estratigráfica de calicata 3	94
Figura 27. Correlación entre las calicatas realizadas	94
Figura 28. Actividades de ciclo de trabajo	97
Figura 29. Excavadora Caterpillar 324.....	97
Figura 30. Cargadora Frontal John Deere 544G	98
Figura 31. Volquete HINO FS700	99
Figura 32. Gráfico del tiempo promedio de las actividades en el área de estudio	101

Figura 33. Ortofoto del área de estudio.....	110
Figura 34. Representación del peralte en una vía.....	112
Figura 35. Geometría de pila de material	113
Figura 36. Diseño de Instalaciones.....	115
Figura 37. Señalética informativa de seguridad	116
Figura 38. Mapa general del área de estudio.....	117
Figura 39. Excavadora Caterpillar 324D LN	118
Figura 40. Parámetros geométricos de la cantera.....	120
Figura 41. Diseño de la cantera en el área.....	121
Figura 42. Perfiles de cantera en el software RecMin.....	122
Figura 43. Perfil de cantera	123
Figura 44. Factor de seguridad por rotura circular de pie	124

Índice de Tablas:

Tabla 1. Coordenadas WGS-84 área minera "EL Tablón GMZ"	54
Tabla 2. Estaciones Meteorológicas Del Cantón Zamora	60
Tabla 3. Lista de materiales, softwares y equipos utilizados	61
Tabla 4. Clasificación de pendientes según DEMEK, 1972	64
Tabla 5. Información de perfiles topográficos	69
Tabla 6. Análisis económico en relación con el personal que labora en el área	72
Tabla 7. Análisis económico en relación con la maquinaria utilizada	72
Tabla 8. Análisis multicriterio de los sistemas de explotación	75
Tabla 9. Clasificación Geomecánica de Rocas de Protodyakonov	75
Tabla 10. Ángulo de Taludes por tipo de roca según coeficiente de Protodyakonov	76
Tabla 11. Modelo de tabla para resumen de los cálculos de producción y vida útil del sistema de explotación actual y el propuesto	80
Tabla 12. Rangos de Pendientes del Área de Libre Aprovechamiento "El Tablón GMZ",	82
Tabla 13. Resultado de cálculo de reservas preliminares del área	95
Tabla 14. Personal que labora en el área	96
Tabla 15. Características de excavadora Caterpillar 324D LN	98
Tabla 16. Características de la cargadora Frontal John Deere 544G	98
Tabla 17. Características técnicas volquete HINO FS 700	99
Tabla 18. Ciclos de trabajo en el área de estudio	99
Tabla 19. Tiempo promedio de las actividades en el área de estudio	100
Tabla 20. Salarios del personal del área de estudio.....	104
Tabla 21. Costos por insumos de combustibles y mantenimiento de maquinaria.....	105
Tabla 22. Características geométricas del área.....	106
Tabla 23. Resultados del análisis granulométrico	106
Tabla 24. Resultados de ensayos de Compactación de Proctor y C.B.R.....	107
Tabla 25. Análisis multicriterio de los sistemas de explotación	108
Tabla 26. Clasificación de los colores en señales de seguridad Norma ISO 7010.....	115
Tabla 27. Características de excavadora	117
Tabla 28. Promedio de las actividades con el sistema de explotación propuesto	125
Tabla 29. Resumen de los cálculos de producción y vida útil del sistema de explotación actual y el propuesto	125
Tabla 30. Salarios del personal del área de estudio.....	126

Tabla 31. Costos por insumos de combustibles y mantenimiento de maquinaria con la propuesta	126
Tabla 32. Análisis económico en el área de libre aprovechamiento "El Tablón"	127

Índice de Anexos:

Anexo 1. Autorización del GAD Municipal de Zamora para el levantamiento de información en el área.....	140
Anexo 2. Monografía del punto IGM	141
Anexo 3. Ficha para descripción de afloramientos	142
Anexo 4. Ficha de registro de calicatas.....	143
Anexo 5. Entrevista para la descripción de actividades del área de estudio	144
Anexo 6. Ficha de descripción de actividades	146
Anexo 7. Ficha de campo del afloramiento 1	147
Anexo 8. Ficha de campo del afloramiento 2	148
Anexo 9. Ficha de campo del afloramiento 3	149
Anexo 10. Ficha de campo de registro de calicata 3.....	150
Anexo 11. Resultados análisis granulométrico	151
Anexo 12. Resultados de contenido de humedad	152
Anexo 13. Resultados de límites de consistencia.....	153
Anexo 14. Resultados clasificación método S.U.C.S Y AASHTO	154
Anexo 15. Resultados CBR	155
Anexo 16. Resultados Curvas de carga unitaria - penetración.....	156
Anexo 17. Resultado Ensayo de compactación de Proctor.....	157
Anexo 18. Resultados de determinación de CBR	158
Anexo 19. Datos de ensayo de Corte Directo	159
Anexo 20. Datos de ensayo de Corte Directo 2/2	160
Anexo 21. Resultados de ensayo de Corte Directo	161
Anexo 22 Mapa geológico regional del área de estudio	162
Anexo 23. Mapa topográfico del Área de Libre Aprovechamiento "El Tablón GMZ", código 592157.....	163
Anexo 24. Mapa de pendientes del Área de Libre Aprovechamiento "El Tablón GMZ", código 592157.....	164
Anexo 25. Mapa Geológico del Área de Libre Aprovechamiento "El Tablón GMZ", código 592157.....	165
Anexo 26. Mapa topográfico del frente de explotación.....	166
Anexo 27. Mapa geológico del frente de explotación.....	167
Anexo 28. Cálculo de reservas aprovechables por el método de perfiles topográficos.....	168
Anexo 29. Perfiles de cantera del área	169

Anexo 30. Mapa general del área de estudio	170
Anexo 31. Diseño del sistema de explotación propuesto.....	171
Anexo 32. Certificado de traducción del resumen	172

1 Título.

Elección de sistema de explotación para el área de libre aprovechamiento de materiales de construcción, El Tablón GMZ; código 592157, sector El Tablón, cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe.

2 Resumen.

El presente trabajo investigativo consiste en una propuesta técnica de elección del sistema de explotación para el área de libre aprovechamiento de materiales de construcción, El Tablón GMZ; código 592157, ubicada en el sector El Tablón, cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe, que cuenta con una extensión de 5 hectáreas mineras, donde el material árido a explotar es el granito disgregado, perteneciente al Batolito de Zamora, compuesto principalmente por cuarzo, plagioclasa y feldespatos, que es utilizado principalmente para el mantenimiento y relleno de las celdas de disposición final del relleno sanitario y para mantenimiento de las vías del cantón.

El trabajo de investigación se realizó en tres fases: primero la fase pre-campo en donde se realizó la recolección de información bibliográfica del área, documentación legal, etc.; fase de campo en la que se corroboró la información in situ como: topografía, geología, ciclos de trabajo, etc., haciendo uso de las fichas de trabajo elaboradas, la fase de laboratorio, que permitió conocer las características geomecánicas del material árido explotado en el área y su comparación con la normativa vigente y por último la fase de oficina que consistió en el procesamiento de información, realización de mapas, análisis multicriterio para definir el sistema de explotación adecuado al área, cálculos de rendimiento de maquinaria, identificación de tiempos ocupados en cada una de las actividades realizadas, además del modelamiento del sistema de explotación propuesto, a partir de las fórmulas planteadas.

Los resultados obtenidos permitieron determinar que el método de explotación es a cielo abierto y el sistema de explotación óptimo para el área es cantera en ladera a través de bancos ascendentes, esto considerando la seguridad de los trabajadores del GAD Zamora que laboran en el área minera, además de la ubicación de una zona de stock dentro del área, donde su beneficio radica en la reducción de los tiempos en los ciclos de trabajo, mayor rendimiento de la maquinaria utilizada y por consiguiente aumento de la producción diaria del área de libre aprovechamiento.

Palabras Clave: *Sistema de explotación, reservas de material, ciclos de trabajo, características geomecánicas.*

2.1 Abstract

This research work consists of a technical proposal of choice of the exploitation system for the free-use area about building materials, 'El Tablón GMZ'; code 592157, located in the 'El Tablon' area, canton of Zamora, province of Zamora Chinchipe, which has an area of 5 mining hectares, where the arid material to be exploited is the disaggregated granite. This belongs to the 'Batholith of Zamora', is mainly made up of quartz, plagioclase and feldspars, is mainly used for maintenance and filling of the final disposal cells of the landfill and for maintenance of the roads of the canton.

The investigation work was developed in three stages: first, the pre-field stage, where the collection of bibliographic information of the area, legal documentation, etc. were carried out. Second, the field stage, where the information on site such as topography, geology, work cycles, etc. was corroborated. In function of using of the worksheets elaborated and the laboratory period, which allowed to know the geo-mechanical characteristics of the arid material mined in the area and its comparison with current regulations. Lastly, the office stage that consisted in the information processing, map making, multi-criteria analysis to define the exploitation system suitable for the area, calculations of machinery performance, identification of time used on each of the activities completed, in addition to the modeling of the exploitation system proposed, based on the raised formulas.

The outcomes obtained allowed us to determine that the mining method is open pit and the optimal exploitation system for the area is quarry on hillside. through uphill banks, this considering the safety of the workers of 'GAD Zamora' who work in the mining area, in addition to the location of a stock zone inside the area, where its benefit lies in the reduction of work cycle times, greater performance of the machinery used and consequently increased daily production of the area of free use.

Keywords: *Exploitation system, material reserves, working cycles, geomechanical characteristics.*

3 Introducción.

Zamora es un cantón perteneciente a la provincia de Zamora Chinchipe, reconocida entre varios aspectos por la actividad minera que se desarrolla en la misma, parte de esta actividad se encuentran las áreas de libre aprovechamiento de materiales de construcción, las cuales son mención de estudio en la presente investigación.

La explotación de áreas de libre aprovechamiento se viene dando desde tiempos pasados, pues son indispensables para el desarrollo de pueblos en cuanto a su infraestructura, sin embargo, por mucho tiempo la explotación de dichos materiales ha sido llevada anti técnicamente, debido a la falta de un sistema de explotación que permita realizar un trabajo ordenado, lo que, a su vez, se ve reflejado en la reducción de la producción diaria al tener ciclos de trabajo más extensos.

El área de libre aprovechamiento de materiales de construcción, El Tablón GMZ; Código 592157, ubicada en el sector del mismo nombre, perteneciente al cantón Zamora, actualmente ejecuta trabajos de extracción de áridos, utilizados para el mantenimiento y relleno de las celdas de disposición final del relleno sanitario y para mantenimiento de las vías del cantón.

La importancia de la elección de un sistema de explotación para el área de libre aprovechamiento radica su enfoque en los aspectos geomecánicos y geométricos, además del análisis de las distintas actividades que se llevan a cabo en el ciclo de trabajo, con ello se prevé dar solución a algunos inconvenientes que presenta el área.

La presente investigación permite agrandar los conocimientos referentes al área de estudio, para lograr definir un sistema de explotación que se adecue a las características del área como son: topografía, geología, volumen de material aprovechable, además de las características de la maquinaria con la que cuentan y los ciclos de trabajo que llevan a cabo.

La elección del sistema de explotación se planteó con el fin de: mejorar las condiciones laborales de los trabajadores, aumentar la productividad, lo que a su vez permite una rentabilidad social del proyecto.

La problemática que antecede al presente proyecto consiste en que el área de libre aprovechamiento, no tiene un sistema de explotación definido; en el ámbito social, ha generado malestar en la población por los constantes deslizamientos que se producen en el lugar, lo que a su vez, provoca obstrucción en la vía que sirve de acceso al Parque Nacional Podocarpus, mismo que es considerado como pieza clave en el desarrollo turístico del cantón y provincia de Zamora Chinchipe.

Así mismo, el presente proyecto se justifica en que la decisión de elegir un sistema de explotación para el área considerando sus características geométricas y geomecánicas, se da por la necesidad de una explotación tecnificada que permita mejorar su ritmo de producción, a partir de un proceso de explotación más ordenado y técnico.

Los objetivos que ayudaron a la determinación de las características del área de estudio y para la obtención de información para la elección del sistema de explotación se describen a continuación:

Objetivo General

- Elegir el sistema de explotación adecuado para el área de libre aprovechamiento de materiales de construcción, El Tablón GMZ; Código 592157, sector El Tablón, cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe.

Objetivo Específico

- Realizar el levantamiento de información topográfica y geológica del área minera para la estimación de reservas de material existente.
- Describir las operaciones y labores mineras que se llevan a cabo en el área de libre aprovechamiento El Tablón GMZ.
- Proponer la elección del sistema de explotación técnicamente adecuado, considerando las condiciones geométricas y geomecánicas del depósito.

4 Marco Teórico.

4.1 Geología

La geología según varios autores se precisa como:

Según Servicio Geológico Mexicano (SGM s.f, párr.1), la palabra geología deriva del griego "geo" que significa tierra, y "logos" tratado o conocimiento, por lo tanto, se define como la ciencia de la tierra y tiene por objeto entender la evolución del planeta y sus habitantes, desde los tiempos más antiguos hasta la actualidad mediante el análisis de las rocas.

Para Tarbuck y Ludgens (2005), la geología contribuye de gran manera la comprensión del planeta Tierra. Se percibe como una ciencia que se realiza en el exterior, lo cual es correcto. Una gran parte de la Geología se basa en observaciones y experimentos llevados a cabo en el campo (p. 28).

4.1.1 Petrología

De acuerdo con Castillo et ál (2021), “La petrología es la ciencia que estudia los materiales de la corteza terrestre en sus diferentes aspectos como son: la génesis, la composición mineralógica, la textura y la estructura, las ubicaciones, las alteraciones (diagénesis, metamorfismo), yacimientos rocosos, relaciones entre los diferentes tipos de rocas, los usos o aplicaciones” (p.3).

4.1.2 Petrografía

La petrografía es la rama de la geología que se ocupa del estudio e investigación de las rocas, en especial en cuanto respecta a su aspecto descriptivo, su composición mineralógica y su estructura. Se complementa así con la petrología, disciplina que se centra en la naturaleza y origen de las rocas (Duarte, 2017, p 1).

Para el SGM (2017, párr.1), la petrografía es un campo de la petrología que se ocupa de la descripción y clasificación de las rocas mediante la observación microscópica de secciones o láminas delgadas derivadas de las rocas en estudio, en un microscopio petrográfico, clasificándolas según su textura y composición mineralógica.

4.1.3 Geología Estructural

Según Geoxnet (2019), “la Geología Estructural se dedica al estudio e interpretación de las estructuras generadas en la corteza terrestre producto de movimientos propios de la dinámica terrestre, mayormente entendidos y tratados por la Tectónica de Placas”.

La geología estructural tiene relación directa con disciplinas geológicas como la mecánica de suelos, mecánica de rocas y la geotecnia. Es bastante importante en

geología para entender el origen y la formación de yacimientos, entender cómo se formó el actual modelo topográfico de la superficie terrestre; en ingeniería civil es la base de proyectos de construcción (edificaciones, puentes, carreteras, represas, etc.) y como herramienta de prevención para la mitigación y control de riesgos geológicos (párr. 1).

Para Molina y Nitescu (2018), la geología estructural también es definida como la disciplina científica que se ocupa del estudio de la deformación de la corteza tanto a escala pequeña como a gran escala. Su alcance es grande, cubriendo desde el estudio de los defectos en los arreglos atómicos de los cristales hasta la estructura de las fallas y sistemas de pliegues en la corteza de La Tierra. La misma, tiene el principal objetivo de medir la deformación en la corteza para entender cuál fue la historia de deformación registrada por las rocas y cómo, cuándo y por qué se acumuló esta deformación. (párr.1)

La geología estructural incluye a todos los procesos y elementos cuales están relacionados a las fuerzas tectónicas presentes en la corteza terrestre. En la geología estructural se analiza estructuras geológicas especialmente tectónicas para aclarar la acción de fuerzas dirigidas durante la historia geológica. Estos análisis, a parte de un alto interés científico en general, pueden apoyar la prospección o exploración (Griem, 2020, párr.1).

4.1.4 Tipos De Rocas

Para el SGM (2017, párr.1), una roca es un agregado de uno o más minerales sólidos, con propiedades físicas y químicas definidas, que se agrupan de forma natural. Forman la mayor parte de la Tierra y su importancia, en el área geocientífica, radica en que contienen el registro del ambiente geológico del tiempo en el que se formaron.

Existen tres grandes grupos de rocas, estas

- **Rocas Ígneas O Magmáticas.-** Las rocas ígneas se forman a partir del magma. El proceso da inicio cuando se produce la fusión de materiales de la corteza o el manto, lo que da origen al magma, que es una masa fundida que contiene gases disueltos y algunos materiales sólidos suspendidos. El magma suele subir hacia la superficie, y como durante este proceso se enfría, posteriormente se cristaliza y se vuelve sólido. (GeoEnciclopedia, 2021, párr.4)
- **Rocas Metamórficas.-** El (Instituto de Geociencias [CSIC-UCM], s.f.) menciona que estas rocas, se generan a partir de rocas preexistentes que, como consecuencia de sufrir un aumento importante de temperatura y de presión por procesos geológicos como: enterramiento, intrusión de magmas, etc., sufren reajustes. Ejemplo de ellas son: milonita, cuarcita, pizarra, etc. (p. 4).

- **Rocas Sedimentarias.** - Se forman cuando los sedimentos arrastrados de las rocas por meteorización o erosión se unen entre sí y forman cúmulos que alcanzan considerable espesor hasta que se convierten en nuevas rocas. Ejemplos: Evaporita, arenisca, etc. (GeoEnciclopedia, 2021, párr.9)

4.1.5 Ciclo Sedimentario

Los procesos que participan en la formación de rocas sedimentarias, según Castillo et ál, (2021), son los siguientes

- **Intemperismo.** La historia de las rocas sedimentarias comienza con los procesos de intemperismo, porque el producto del intemperismo físico y químico constituye la materia prima de las rocas sedimentarias. Existen dos tipos de intemperismo:
 - Intemperismo químico.- Es la forma de destrucción de la roca mediante reacciones químicas que tienen lugar sobre la superficie y a cierta profundidad de la misma, alterando su naturaleza química y la composición de las rocas pre-existentes. Los cambios químicos realizados sobre las rocas se llevan a cabo por el contacto de reactivos atmosféricos como el agua, el oxígeno y el dióxido de carbono principalmente (p. 107).
 - Intemperismo físico. - Es un proceso mecánico que conduce a la desintegración de las rocas formando fracciones de menor tamaño. Aquí no ocurre ningún proceso químico, las sustancias de las rocas permanecen sin cambio alguno, pero se verán roturas de la materia misma (p. 107).
- **Transporte.** Las rocas que han sido destruidas por el intemperismo tienden siempre a ser transportadas por: la gravedad, corrientes hídricas superficiales y subterráneas, olas y corrientes costaneras, vientos y organismos. En su tránsito los materiales están sujetos a desgaste, redondeo y por consiguiente, la disminución en tamaño, forma y densidad (p. 108).
- **Depósito.** El proceso de depósito ocurre, prácticamente, cuando la velocidad del transporte se hace nula, o disminuye tanto, que la fuerza de la gravedad es mayor lo que hace que los materiales se detengan y sedimenten. Esta sedimentación puede ocurrir en tierra (cuencas, depresiones, llanuras, etc.) y se forman los depósitos continentales; cuando los materiales se sedimentan en el mar forman los llamados depósitos marinos. Los materiales clásticos se depositan según la siguiente consecutividad desde la línea de costa hasta el mar abierto: canto rodado, grava, arena y material fino. Los depósitos continentales, se caracterizan generalmente por

la ausencia de fósiles, por ejemplo los depósitos fluviales, eólicos, lacustres, palustres y de pie de montaña (p. 109).

- **Litificación O Diagénesis.** Los procesos de litificación o diagenéticos convierten a los materiales sin consolidar en rocas consolidadas y coherentes. Estos procesos según Castillo et ál, (2021, p. 110), son los siguientes:
 - Compactación.- Los espacios porosos entre los granos individuales se reducen gradualmente por la presión de las capas de sedimentos superyacentes o por presiones resultantes de movimientos de la Tierra. Los depósitos gruesos de arena y grava sufren alguna compactación, pero los de grano fino, limo y arcilla responden con mayor rapidez a este fenómeno. A medida que las partículas individuales se comprimen, se reduce el espesor del depósito y aumenta su coherencia.
 - Desecación.- El agua que originalmente llenaba los espacios vacíos de los depósitos arcillosos y limo es forzado a salir. En muchos casos es el resultado directo de la compactación, cuando el depósito queda expuesto al aire y el agua se evapora.
 - Cementación.- Los espacios entre las partículas individuales de un depósito sin consolidar se rellenan con algún material que los liga. Entre los muchos minerales que sirven como agentes cementantes, los más comunes son la calcita, la dolomita y el cuarzo.
 - Re-cristalización.- Algunos minerales originales son disueltos en las soluciones intersticiales y el material disuelto es fijado en otros cristales. La estructura original del sedimento es completamente modificada. La cristalización sirve también para endurecer los depósitos asentados por procesos mecánicos de cementación.

4.1.6 Forma Y Características De Los Cuerpos Ígneos

Castillo et ál, (2021) menciona que de acuerdo a la forma de emplazamiento al tamaño y forma de los cuerpos ígneos rocosos, estos se denominan: diques concordantes, lacolitos, facolitos, lopolitos, diques, diques circulares, batolitos, stocks y plutones.

- Diques concordantes.- Se solidifican concordantemente con la estratificación de las rocas encajantes o de la estructura principal; generalmente en forma horizontal.
- Lacolitos. - Son masas extendidas con el techo plano y que se curvan junto a los estratos en la parte inferior.

- Facolitos. -Son masas lenticulares curvadas concordantes en los sinclinales y anticlinales.
- Lopolitos. - Son masas laminadas cóncavas por el hundimiento de las rocas subyacentes.
- Diques. - Son extensiones tubulares verticales que atraviesan la dirección de estructura rocosa.
- Batolitos. - Son grandes masas intrusivas con contactos fuertemente inclinados. Están constituidos principalmente por rocas ácidas, como el granito, la granodiorita, etc.
- Stocks. - Son semejantes en forma y composición a los batolitos, pero de menor tamaño.
- Plutones. - Es un término genérico que comprende todas las masas intrusivas de las rocas ígneas. (p, 20-24)

4.1.7 Meteorización En Las Rocas Ígneas O Magmáticas

La meteorización es la desintegración del material geológico de la superficie terrestre; esta puede ser física, química o biológica. Se da de forma distinta dependiendo el tipo de roca, en las rocas ígneas por lo general al ser sólidas son más resistentes a la meteorización. Las rocas ígneas intrusivas se meteorizan lentamente debido a que es difícil que el agua las penetre. (Castillo et ál, 2021)

En rocas compuestas de diferentes minerales de grano grande, la meteorización ataca al primero el mineral más débil. Especialmente los enlaces entre los minerales pierden estabilidad. Al final la roca se descompone a un conjunto de granos sueltos. Este tipo de meteorización además puede formar estructuras características redondas. El otro factor es el clima: Generalmente temperaturas elevadas y la presencia de agua aceleran el proceso. (Griem W. , 2020)

La meteorización del granito afecta a la roca de forma gradual, acabando por disgregarla. En climas húmedos o fríos actúa la meteorización física, que debido a la compacidad e impermeabilidad del granito apenas ataca la capa superficial. La meteorización química, que actúa oxidando e hidrolizando los feldespatos es mucho más eficaz, y puede disgregar espesores considerables de roca. El cuarzo es el mineral que más se resiste a la meteorización. En general los granitos sufren frecuentemente una desagregación. (Griem W. , 2020)

4.2 Topografía

Al igual que la geología, diversos autores tienen conceptos relacionados respecto a la topografía, en los cuales se puede citar:

La topografía (del griego “topos”, lugar y “graphein”, describir) es una ciencia aplicada que trata de la obtención de información física y su procesamiento numérico, para lograr la representación geométrica, ya sea en forma gráfica o analítica, del espacio físico que nos rodea (Medina, 2010).

De acuerdo a López Cuervo (1996), la topografía es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie de la Tierra, con sus formas y detalles, tanto naturales como artificiales.

4.2.1 División Operacional De La Topografía

Para el estudio de esta ciencia, Navarro H (2008) analiza las siguientes ramas:

- Planimetría

Es la representación horizontal de los datos de un terreno que tiene por objeto determinar las dimensiones de este, en el cual no se considera las elevaciones. Es decir, estamos representando el terreno visto desde arriba o planta.

- Altimetría

Tiene por objeto principal determinar la diferencia de alturas entre puntos situados en el terreno.

- Altiplanimetría

Es la combinación de las ramas anteriores, por lo que se puede realizar un trabajo mediante planimetría y otro por altimetría y después fusionar ambas.

- Batimetría

Una batimetría es el levantamiento del relieve de superficiales subacuático, pudiendo ser esta el fondo del mar, de los lagos o de un embalse. Para complementar esta definición podríamos decir que es la cartografía de los fondos cubiertos de agua, tal y como si se tratara de una superficie o terreno seco. (Gruista, 2019)

La batimetría, aplicada al medio marino, según Monica Campillos (2017) es la medición de las profundidades marinas para determinar la topografía del fondo del mar. Su medición implica la obtención de datos con los valores de la profundidad y la posición de cada uno de los puntos muestreado. Estos puntos de posición, al igual que ocurre con la altimetría, están formados por coordenadas de puntos X, Y, Z (párr. 2).

A partir de los puntos muestreados, se pueden definir líneas con el mismo valor de profundidad, estas líneas reciben el nombre de isóbatas. El conjunto de todas las isóbatas de una determinada zona daría lugar al modelo batimétrico que determinará cómo se estructura el fondo marino. (Monica Campillos, 2017, párr.3)

4.2.2 Clases De Levantamientos

Las clases de levantamientos según Gámez Morales (2015) pueden ser topográficos o geodésicos:

- **Levantamiento Topográfico**

Son aquellos que por abarcar superficies reducidas pueden hacerse despreciando la cobertura terrestre, sin error apreciable.

- **Levantamiento Geodésico**

Son levantamientos en grandes extensiones que hacen necesario considerar la curvatura de la Tierra.

4.2.3 Equipos Topográficos

Dentro de los más utilizados Ofiteat (2017), menciona:

- **Cinta métrica**

La cinta métrica desempeña la función de medir cortas y largas distancias. Están fabricadas en lámina de acero o de aluminio y, por lo general, las más usadas son las de 50 y 100 metros.

- **Niveles**

Podríamos apostar a que has visto uno de estos en la caja de herramientas del hogar. Los niveles son utilizados para determinar si una superficie vertical, horizontal o incluso inclinada, está nivelada. ¡Exacto! Es esa herramienta que tiene una burbuja en su interior. Esta herramienta se ramifica en muchas otras, siendo los niveles de manguera, los niveles de mano, os niveles fijos, los niveles automáticos y los niveles laser los más comunes.

- **Plomada**

La plomada es una pesa de metal de forma cilíndrica o cónica. Algunos topógrafos la utilizan para realizar una línea vertical y otros la utilizan para medir la profundidad del agua.

- **Estaciones**

Las estaciones son lo más avanzado en tecnología topográfica. Constan de una pantalla de LCD y algunos funcionan con luz solar. Posee una calculadora, seguidor de trayectorias, un

distanciómetro, etc. Su uso es esencial a la hora de calcular coordenadas y para replantear puntos y cálculos de distancia.

4.2.4 Errores de las Mediciones Topográficas

Todas las operaciones en topografía están sujetas a las imperfecciones, que tienen diversos orígenes, ya sean propias de los aparatos, dispositivos o elementos, a la capacidad propia de los operadores o incluso a las condiciones atmosféricas. Estos errores según Ecoméxico (s.f) son:

- Instrumentales

Debido a la imperfección en la construcción de los aparatos o elementos de medida, tales como la aproximación de las divisiones de círculos horizontales o verticales, arrastre de graduaciones de un tránsito o teodolito, etc.

- Personales

Debido a limitaciones de los operadores, tales como deficiencia visual, mala apreciación de fracciones o interpolación de medidas, etc.

- Naturales

Debido a las condiciones ambientales imperantes durante las mediciones tales como el fenómeno de refracción atmosférica, el viento, la temperatura, la gravedad, la declinación magnética, etc.

- Sistemáticos o Acumulativos

Son los que para condiciones de trabajo fijas en el campo son constantes y por lo tanto son acumulativos, tales como la medición de ángulos con teodolitos mal graduados, cuando hay arrastre de graduaciones. En la medición de distancias y desniveles con cinta mal graduadas, cintas inclinadas, errores en la alineación, errores por temperatura tensión en las mediciones con cinta, etc.

- Accidentales, aleatorios o compensatorios

Son los que se cometen indiferentemente en un sentido o en otro, están fuera del control del observador, es decir que las mediciones pueden resultar mayores o menores a las reales. Tales errores se pueden presentar en los siguientes casos: apreciación de fracciones en lecturas angulares en graduaciones de nonios o vernieres, visuales descentradas de la señal por oscilaciones del cordel de la plomada, etc. (Errores de Mediciones..., 2012, párr. 3)

4.2.5 Levantamiento Topográfico Con Dron

El avance de la tecnología ha logrado obtener resultados más precisos en cuanto a la topografía, muestra de ello es el uso de vehículos no tripulados o también conocidos como

Dron, los cuales según lo indica Global (2018), permiten obtener modelos digitales del terreno mucho más detallados y precisos y de mejor calidad que las técnicas topográficas tradicionales. La probabilidad de cometer errores en el levantamiento topográfico con la información que han obtenido los drones es mínima.

Los drones, equipados con cámaras fotográficas recorren el terreno que se quiere estudiar en cuestión de minutos, con niveles de precisión óptimos. Además, si hay zonas poco accesibles o seguras para las personas, son un elemento perfecto para llegar a ellas sin problemas. Las imágenes que han captado las cámaras del dron son procesadas mediante programas y herramientas específicas. Así se obtienen nubes de millones de puntos reflejando la realidad. Estas imágenes se pueden georreferenciar y escalar, además se puede extraer coordenadas, distancias, volúmenes, perfiles, entre otros, y a partir de ello realizar modelos 3D y ortofotos,

4.3 Cálculo De Reservas

Conforme Meza (2017), existe un propósito fundamental en el cálculo de reservas, el cual consiste en determinar la cantidad de material presente y, con ello, estimar la factibilidad de realizar la explotación.

La estimación de recursos/reservas se considera un proceso continuo que se inicia con la exploración y recopilación de la información, seguida de la interpretación geológica y la estimación de recursos. Posteriormente se consideran los factores modificadores (mineros, metalúrgicos, ambientales, legales etc.) y se arriba a la estimación de reservas. Durante las operaciones de la mina los estimados previamente calculados son modificados por los resultados del control de ley y los estudios de reconciliación. (Torres, 2020) La vida útil de un proyecto depende de las Reservas Mineras.

La categoría asignada a una estimación de reservas minerales depende de:

- El nivel de confianza en la información geológica disponible.
- A calidad y la cantidad de datos disponibles en el depósito.
- El nivel de detalle de la información técnica y económica.
- La interpretación de los datos y la información. (González et ál, 2008)

Ahora bien, para realizar el cálculo de reservas, se debe conocer y definir en primera instancia que es un recurso y una reserva mineral, lo cual se explica a continuación:

4.3.1 Recurso Mineral

De acuerdo a ARCOM (2016), el recurso mineral como mineralizaciones y materiales naturales de interés económico intrínseco los cuales han sido identificados y estimados a través de actividades de exploración, reconocimiento y muestreo.

Según la Corporación Nacional de Cobre de Chile (CODELCO, 2016), los recursos geológicos que se clasifican en recursos medidos, indicados e inferidos son el resultado del proceso de exploración y son estimados usando modelos geo científicos. Cuando estos recursos geológicos presentan un interés económico con una perspectiva razonable de una eventual extracción, se denominan recursos minerales.

- **Clasificación De Recursos Minerales.** De acuerdo con ARCOM (2016), los recursos minerales pueden ser clasificados en:
 - Recurso Inferido. - Es aquella porción del Recurso Mineral para el cual el tonelaje y ley se estiman basándose en una limitada evidencia geológica y de muestreo. La evidencia geológica es suficiente para dar a entender la existencia de una mineralización, pero no garantiza la continuidad geológica y de los contenidos (Leyes) de la misma.
 - Recurso Indicado. - Es aquella porción del Recurso Minero para el cual el tonelaje, ley o calidad, densidad, forma y características físicas son estimadas o interpretadas con suficiente certeza, que permiten aplicar los "factores modificatorios" lo suficientemente detallados para apoyar la planificación minera y la evaluación de la viabilidad económica del depósito.
 - Recurso Medido. - Es aquella porción del Recurso Minero para el cual el tonelaje, ley o calidad, densidad, forma y características físicas son estimadas o interpretadas con suficiente certeza, que permiten aplicar los "factores modificatorios" para respaldar la planificación minera detallada y la evaluación final de la viabilidad económica del depósito.

4.3.2 Reserva Mineral

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

Las reservas minerales que se clasifican en probadas y probables, representan el subconjunto del recurso mineral medido e indicado y que es extraíble de acuerdo a un plan minero sustentable técnica y económicamente, inserto en un escenario productivo. (CODELCO, 2016)

- **Clasificación De Reservas.** Las reservas al igual que los recursos también cuentan con una clasificación, la cual según ARCOM (2016) queda definida como:
 - Reserva Probable. - Es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral Indicado y en algunas circunstancias Recurso Mineral Medido. Incluye los materiales de dilución y tolerancias por pérdidas que puedan producirse cuando se explota el material.
 - Reserva Probada. - Es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral Medido. Incluye los materiales de dilución y tolerancias por pérdidas que se pueden producir cuando se explota el material.

4.3.3 Métodos De Cálculo de Reservas

Como menciona Castillo en su presentación (Estimación de Recursos y Reservas, 2020), las reservas de un depósito no metálico se calculan con base a reconocimientos geológicos y al desarrollo de labores exploratorias propias para alcanzar dicho objetivo, e incluso cuando se trata de material árido in situ.

El éxito de cualquier negocio minero depende directamente de la calidad de las estimaciones de los recursos y reservas realizadas a partir de la información generada durante las campañas de exploración.

La finalidad de la cubicación de reservas es determinar las zonas de extracción de materiales áridos, es por ello que surge la necesidad de establecer clasificaciones de recursos que indican los riesgos de las estimaciones realizadas. El método va a determinar los volúmenes exactos de una determinada área, en donde, la superficie del terreno influye mucho para que se desarrolle de manera eficaz y concreta dicho método.

Los principales sistemas de clasificación que se emplean hoy en el mundo se fundamentan en la confianza geológica y en la viabilidad económica. Es por ello que Valenzuela (2020), refiere a que existen algunos métodos tradicionales, que son utilizados debido a la confianza que brindan, estos son:

- **Media Aritmética.** - El método de la media aritmética estima la ley media de un conjunto S promediando las leyes de los datos (Z_i) que están dentro de S. Su fórmula general es:

$$Z_S = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i}{n}$$

Entre sus ventajas destaca que todos los datos tienen el mismo peso $1/n$, además es un método bastante simple y fácil de calcular. Sin embargo, su limitación es que produce malos resultados cuando hay agrupaciones de datos.

- **Método De Perfiles.** – Se aplica a depósitos no tabulares o a los que tienen un contorno irregular.

El método consiste en trazar perfiles verticales del yacimiento, cada par consecutivo de los que se delimita un bloque. Los perfiles deben estar orientados perpendicularmente a la máxima longitud del yacimiento. De ser posible estarán separados entre sí a una equidistancia regular entre sí.

El primer paso es construir los perfiles por los sondeos que han cortado el depósito determinado, además, los contornos internos y externos. De este modo, se trazan perfiles que permitan dividir el yacimiento en bloques de cubicación.

El volumen de cada uno de estos bloques se calcula superficiando por cualquiera de los procedimientos existentes:

$$V_B = \frac{(F_1 + f_{i+1}) * D_i}{2}$$

Donde:

$F_1 + f_{i+1}$ = Áreas de los dos perfiles consecutivos

D_i = Distancia que los separa

De esta manera, repitiendo el proceso para cada bloque, se conoce el volumen existente entre los perfiles del depósito.

Método De Bloques De Explotación. - Este método es también una variante del método de la media aritmética y fue desarrollado esencialmente para los yacimientos filonianos, los cuales son divididos en bloques por los laboreos de preparación para la explotación.

Según este método, específico de la minería subterránea, las reservas del yacimiento se calculan por la acumulación de las reservas parciales obtenidas en bloques de explotación individuales. Los bloques de cálculo son porciones del depósito delimitadas por 2, 3 y 4 lados por excavaciones mineras de exploración y desarrollo (piques, galerías, corta vetas, trincheras etc.)

La forma real del cuerpo dentro del bloque se reemplaza con un paralelepípedo cuya altura es igual a la potencia media del cuerpo mineral en el bloque. El cálculo se

realiza en el plano o en la proyección vertical longitudinal, sobre los cuales se proyectan las muestras con los resultados de los análisis y los espesores particulares. Para el cálculo de la potencia y el contenido medio dentro de cada bloque, se calcula el valor medio del bloque a través de la media aritmética de las leyes si las potencias son aproximadamente iguales, en caso contrario se ponderan las leyes por las potencias. La ventaja del método radica en la sencillez del contorno y la posibilidad de usar los resultados directamente en la proyección y planificación de la extracción del mineral útil. Su debilidad principal radica en la división formal del cuerpo en bloques heterogéneos por la potencia y calidad (pp. 7 - 8).

- **Modelación Por Polígonos. Método De Los Polígonos.** - Este método se basa en el hecho de que cada muestra tiene un área de influencia en el interior del cual, teóricamente el depósito permanece con las mismas características observadas en la muestra, lo que equivale a considerar que las modificaciones de valores entre dos muestras consecutivas se hace de manera uniforme, o sea siguiendo el Criterio del vecino más próximo (pp. 8-9).

Polígonos resultantes de una distribución irregular de sondeos. Esta modelación se basa en generar polígonos de influencia alrededor de cada sondeo o muestra. Cada polígono de influencia queda definido por las mediatrices trazadas sobre los segmentos que unen los sondeos o datos próximos. Tanto el espesor como la ley del mineral se consideran constantes dentro de cada polígono e iguales a la potencia y ley media del sondeo correspondiente. A cada sondeo corresponde un polígono del modelo.

En este proceso, el cálculo del tonelaje de mineral y de metal de un bloque se efectúa con las expresiones siguientes:

$$T = S. P. \rho$$

$$Q = T. z$$

Donde:

T es el tonelaje del bloque; S es la superficie del área de influencia;

P es la potencia del yacimiento;

ρ es el peso específico del mineral;

Q es la cantidad de metal del bloque y

z es la ley del mineral.

Consecuentemente, el tonelaje total del depósito y la cantidad total de metal en el depósito o sector en estudio será la sumatoria de los valores encontrados en cada bloque (p. 9).

- **Modelación por triangulación o Método de los Triángulos.** - Se basa en unir los sondeos o datos mediante líneas rectas formando un mallado triangular. Cada triángulo es la base de un prisma imaginario con una potencia determinada. La ley de cada prisma se calcula como la media aritmética de las leyes medias en los tres sondeos de los vértices del triángulo, o como la ley media ponderada por las potencias en cada una de las tres muestras. Este método se basa en el Criterio de Variación Gradual.

Además, es fundamental mantener la equilateralidad de los triángulos caso contrario este procedimiento puede llegar a originar errores considerables en las evaluaciones. A continuación, se presenta la Ley media ponderada de cada prisma de base triangular.

$$Z_{123} = \frac{\sum_{123} Z_i l_i}{\sum_{123} l_i}$$

En general es más adecuado que el método de polígonos porque en la estimación de la ley de cada bloque de base triangular interviene la información de tres sondeos (p. 10).

- **Modelación Por Secciones.** - Este método es de uso común en yacimientos mantiformes. Se establecen secciones perpendiculares al eje principal del yacimiento en las cuales se efectúan los sondeos. Dos secciones contiguas definen un bloque y la integración de éstos determinan el modelo del prospecto.

El volumen total del yacimiento se determina mediante la sumatoria de todos los bloques delimitados por las secciones. (p.10)

- **Método de la distancia ponderada o de la Inversa de la Distancia.** - Este se basa en la hipótesis de que el peso de un dato aislado responde a una función inversa de la distancia, que está relacionada con el control específico de la mineralización. Se basa en la Ley de Variación Gradual.

El objetivo de los métodos de la distancia ponderada consiste en asignar un valor a un bloque o a un punto mediante la combinación lineal de los valores de los puntos más próximos. Es intuitivo suponer que la influencia potencial de un valor sobre un punto decrece cuando el valor se aleja de dicho punto, el atributo estimado cambiará

como una función inversa de la distancia. En otras palabras, se dará mayor peso a los valores más próximos y menor peso a los más alejados del punto de estimación.

Es importante recalcar que para el cálculo de reservas es conveniente utilizar cuerpos geométricos que se asemejen al depósito mineral y con ello mejorar la interpretación visual.

4.4 Explotación De Yacimientos

Vinculado a la explotación de yacimientos, el SGM (2017), hace mención a que después de que un depósito ha sido descubierto, explorado, delineado y evaluado, el siguiente paso será la selección del método de minado que física, económica y ambientalmente se adapte para la recuperación del mineral comercialmente valioso.

Según, Banco Central del Ecuador (BCE, 2015) la explotación, es el conjunto de operaciones, trabajos y labores mineras destinadas a la preparación y desarrollo del yacimiento y a la extracción y transporte de los minerales. Entre sus principales actividades se encuentran: apertura y/o mejora de vías; instalación de campamentos y equipos de producción; extracción, triturado, transporte, molienda y concentración; construcción y operación de escombreras y depósito de relaves; transporte de concentrados a puerto marítimo; y cierre de la mina.

4.5 Yacimientos No Metálicos

Existen cuatro grandes tipos de explotación mineral en la Tierra: las de metálicos, energéticos, piedras preciosas y no-metálicos. Esta última categoría incluye una diversidad de elementos de la corteza terrestre. (Palacios, 2018)

La minería no metálica comprende las actividades de extracción de recursos minerales que, luego de un adecuado tratamiento, se transforman en productos aplicables en diversos usos industriales y agrícolas, gracias a sus propiedades físicas y/o químicas. De allí que el interés público y privado por su desarrollo se orienta tanto a su fase productiva como en el uso final de sus productos. (Cochilco, 2021)

Algunos de estos minerales no metálicos son: la arcilla, arenas y areniscas, baritina, bentonita, caolín, cuarcitas, dolomita, feldespatos, granito, mármol, gravas, caliza, pirofilitas, sal común, sílice, talco, yeso, rocas fosfáticas, azufre, limonitas, pizarras, esquistos, micas, carbón, entre muchos otros. (Palacios, 2018)

4.5.1 Características De Los Yacimientos No Metálicos

De acuerdo con Palacios (2018), las cualidades que todo mineral no metálico debe presentar, es como su nombre lo indica, no poseer metales en su composición; dicho de otra

manera, se caracterizan por tener enlaces químicos covalentes o iónicos con otros elementos químicos.

Otra característica es que no presentan brillo y por lo general, cuando se presentan en forma sólida son frágiles (no en todos los casos). Estos minerales también son conocidos por ser malos conductores de calor y electricidad, por lo cual son empleados como aislantes, por último, su densidad es menor a las de los minerales metálicos.

4.5.2 Características Extrínsecas Del Yacimiento

- Situación respecto del centro de consumo.
- Tipo de instalaciones, flexibilidad, rendimiento, etc.
- Tipo de demanda.
- Impacto ambiental, suelo edificable en proximidades a áreas urbanas.
- Características climáticas de la zona en la que se ubica la obra.

Es a partir de la consideración de este conjunto de factores que se podrá tomar una decisión respecto a la explotación o no de una masa rocosa para la obtención de materiales de libre aprovechamiento (Palacios, 2018).

4.5.3 Explotación De Áridos Y Pétreos

Al hablar de materiales de construcción se hace referencia a materiales áridos y pétreos ocupados en su mayoría en la obra civil.

- **Áridos.** - El término “árido” para Fernández (s.f), engloba a un conjunto de materiales granulares inertes comúnmente conocidos con terminologías como arenas, gravas, gravillas, balasto, etc. Se clasifican en:
 - Áridos naturales granulares: se obtienen en graveras, utilizándose después de un tratamiento que incluye: lavado y clasificación.
 - Áridos naturales de machaqueo: en canteras, arranque del material, procesos de trituración y clasificación.
- **Pétreos.** - Por otra parte (Minería, 2015, p. 4) los pétreos (del latín Petreus;) es aquél material proveniente de la roca y se utilizan sin apenas sufrir transformaciones, regularmente se encuentran en forma de bloques, losetas o fragmentos de distintos tamaños (canteras y gravas).

Dentro de la clasificación de los materiales pétreos podemos encontrar 3 tipos:

- Naturales. - Localizados en yacimientos naturales, para utilizarlos sólo es necesario que sean seleccionados, refinados y clasificados por tamaños. Comúnmente se hallan en yacimientos, canteras y/o graveras.

- Artificiales. - Se localizan en macizos rocosos, para obtenerlos se emplean procedimientos de voladura con explosivos, posteriormente se limpian, machacan y clasifican y con ello se procede a utilizarlos.
- Industriales. - Son aquellos que han pasado por diferentes procesos de fabricación, tal como productos de desecho, materiales calcinados, procedentes de demoliciones o algunos que ya han sido manufacturados y mejorados.

4.5.4 Importancia Del Método De Explotación

En el pasado la selección de un método minero para explotar un yacimiento nuevo estaba basado en la revisión de las técnicas aplicadas en otras minas y en las experiencias conseguidas sobre depósitos similares, dentro de un entorno próximo. (Castillo, Estimación de Recursos y Reservas, 2020)

Actualmente, como las inversiones de capital que se precisan para abrir una nueva mina o para cambiar el método de explotación existente son muy elevadas, y la influencia que estos tienen sobre los costes de extracción son muy importantes, es necesario que dicho proceso de selección responda a un análisis sistemático y global de todos los parámetros específicos del yacimiento, dentro de lo cual Herrera Herbert y Pla Ortiz de Urbina (2006) mencionan:

- Geometría del depósito
- Propiedades geomecánicas del depósito
- Factores económicos
- Limitaciones ambientales
- Condiciones sociales, etc.

4.5.5 Características De Explotación De Áridos Y Pétreos

Para que un material sea considerado como explotable dentro de un depósito de áridos o pétreos, este debe cumplir con las siguientes características:

- Composición química y mineralógica que lo hagan resistentes a la meteorización.
- Alta resistencia a la compresión simple
- Bajo coeficiente de absorción de agua
- Densidades altas
- Alta resistencia al desgaste. (Fernández, s.f)

4.5.6 Condiciones Al Elegir El Método De Explotación

Un método de explotación viene condicionado por una serie de parámetros que permiten direccionar las ideas y características del mismo en busca de la mejor alternativa para explotar el material de interés, dentro de estos parámetros se menciona:

- Dificultad de arranque
- Influencia del buzamiento del yacimiento sobre la extracción, especial sobre el sentido de avance del arranque.
- Avance del arranque y avance de la explotación
- Magnitud y forma adecuada del tajo
- Separación entre pisos
- Tamaño de los sectores de explotación
- Laboreo en avance o en retirada.
- Explotación ascendente, descendente o en dirección
- Posibilidad de poder transportar a las explotaciones todas las herramientas necesarias
- Posibilidad de poder transportar también a las explotaciones maquinas grandes y pesadas. (Castillo, Estimación de Recursos y Reservas, 2020)

4.6 Sistemas De Explotación A Cielo Abierto

Referente al tema, Herrera Herbert y Pla Ortiz de Urbina (2006) mencionan que por las naturales diferencias que imponen sus características estructurales y sus aplicaciones, se pueden varias clases de materiales que darán lugar a una primera selección de los sistemas clásicos de la minería a cielo abierto:

- Cortas
- Transferencia
- Descubiertas
- Terrazas
- Contorno
- Canteras
- Graveras
- Especiales o mixtos

Las minas a cielo abierto son económicamente rentables cuando los yacimientos afloran en superficie, se encuentran cerca de la superficie, con un recubrimiento pequeño o la competencia del terreno no es estructuralmente adecuada para trabajos subterráneos (como ocurre con la arena o la grava). Cuando la profundidad del yacimiento aumenta, la ventaja económica del cielo abierto disminuye en favor de la explotación mediante minería subterránea. (Palacios Rodríguez, 2017)

4.7 Descripción De Actividades En Una Mina

4.7.1 Desbroce

Este trabajo como menciona SERCOP (s.f), consiste en efectuar algunas o todas las operaciones siguientes: cortar, desenraizar, quemar y retirar de los sitios de construcción, los árboles, arbustos, hierbas o cualquier vegetación comprendida dentro de las áreas de construcción que se indicados en los planos o que orden desbrozar el ingeniero Fiscalizador de la obra.

Estas operaciones pueden ser efectuadas indistintamente a mano o mediante el empleo de equipos mecánicos.

El material aprovechable proveniente del desbroce será propiedad del contratante, y deberá ser estibado en los sitios que se indique; no pudiendo ser utilizados por el Constructor sin previo consentimiento de aquel.

Todo material no aprovechable en la concesión será dirigido hacia una escombrera en donde se efectuará su disposición final, que será en la construcción de terraplenes y en caso de que el material contenga gran cantidad de materia orgánica, será dispuesto para la revegetación de zonas con poca cobertura vegetal.

4.7.2 Apertura de vías

En una operación minera a cielo abierto las vías cobran vital importancia dentro del proceso de producción, pues es través de ellos que se desplazan lo grandes camiones de carguío con el preciado mineral. Josán (2018) indica que diseñar estas vías requiere de mucha experiencia en la precisión de los cálculos pues un mal proyecto podría ocasionar cuantiosas pérdidas.

Se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos técnicos más relevantes como son el diseño geométrico, estructural y funcional, los mismo que estarán regidos por las dimensiones de los camiones principalmente y otras variables particulares como las limitaciones topográficas; el objetivo principal en el diseño de caminos mineros es la búsqueda de una alta eficiencia en los tiempos de carga, descarga y transporte y lograr la eficiencia operativa de la flota mayor durante el transporte del mineral y desmonte y de esta manera conseguir que se favorezca directamente la productividad de la operación.

Un cálculo errado traería como consecuencia: la disminución de la producción estimada incrementaría los costos de operación y mantenimiento de los equipos. Además, disminuiría la vida útil de los neumáticos de los camiones de carguío, aumentaría el

consumo de combustible y generaría peligros en el tránsito de los equipos, que a la vez elevarían el costo de mantenimiento y reparación de vías por deterioro prematuro.

Para las vías se debe tener en cuenta dos consideraciones importantes: la seguridad y la eficiencia en la operación. Esas dos premisas son el punto de partida para establecer un buen diseño que comprende: el diseño geométrico (que tiene por finalidad determinar el mejor trazo posible de la vía sobre el terreno), el diseño estructural (en donde se especifican las cargas que va a soportar el camino); y por último el diseño funcional.

Un buen diseño, debe considerar el desplazamiento cómodo y seguro de un camión a una velocidad moderada. Las curvas deben tener el ancho, peralte y el radio de giro de acuerdo con el equipo de acarreo. Otras consideraciones técnicas son la distancia de visibilidad para curvas verticales u horizontales, la distancia de frenado más larga de la flota que permita maniobrar correctamente al operador para detener su equipo de forma segura antes de contactarse con algún obstáculo o condición imprevista.

4.7.3 Preparación De Rampas

Dentro de la preparación de rampas, Díaz (2018) hace mención a que algunas veces las minas se encuentran en lugares remotos, de difícil acceso, por lo que las rampas en minería facilitan el acceso de equipos y maquinarias pesadas, ya sea para perforar, transportar, o rellenar. Este ingreso de dichos equipos se realiza sobre llantas, desde la superficie o también entre los diferentes niveles de las minas. Permite unir labores horizontales que se encuentran en diferentes cotas o profundidades, así como también se realiza la extracción del mineral de una forma rápida y flexible con equipos de bajo perfil.

La mina a cielo abierto requiere coordinar la ejecución de sus actividades productivas diarias con la ejecución de actividades de construcción y habilitación de rampas de acceso, las que deben satisfacer las siguientes restricciones:

- Permitir el acceso libre, seguro y a tiempo a una zona determinada, de acuerdo con el programa de producción. Esta tarea no es tan sencilla, especialmente en condiciones en que se realizan variadas actividades en el mismo sector, por lo que su planificación debe generar el menor impacto negativo en el resto de la operación.
- Cumplir con las restricciones geométricas de los equipos y las actividades de transporte, de modo de garantizar que los equipos que circulen por las rampas lo hagan en condiciones seguras para su operación, y evitando su deterioro prematuro.
- Cumplir con las restricciones geomecánicas del sector, ya que se debe estar exento de cualquier riesgo de inestabilidad en la mina.

- Permitir la extracción de todo el material relacionado con el sector.
- Permitir la realización de actividades paralelas en completa seguridad.

Por su parte, Atkinson (1992) menciona que, el diseño de rampas en minas a cielo abierto es un paso clave en el proceso de planificación minera, en el que las envolventes económicas obtenidas por técnicas y algoritmos de optimización se transforman en volúmenes operativos (fases) aptos para la extracción.

Las dimensiones de las rampas de una mina estarán determinadas por las máquinas que se desplazarán por la misma. Estas máquinas se desplazan sobre llantas, por lo que generalmente las hace más anchas. Se recomienda que las rampas en minería tengan un ancho 4 veces mayor que el equipo más grande que vaya a transitar por la misma.

Las rampas son desarrolladas sobre la roca o material estéril del yacimiento, con una considerable pendiente a fin de ganar longitud y altura. Estas rampas son creadas con el fin de conectar dos o más bancos de niveles diferentes del proyecto.

A su vez Thompson (2011), refiere que para la construcción adecuada de las rampas se debe tener en cuenta los siguientes criterios:

- **Pendiente:** es la inclinación del terreno respecto al plano horizontal; se recomienda que esta sea del 8%. Debe asegurarse que los camiones no presentarán problemas al transitar cargados o descargados. Es importante mantener la pendiente tan constante como sea posible para hacer la operación del camión más fácil y eficiente.
- **Ancho:** La rampa debe conservar un ancho mínimo de 3 ½ veces el ancho del vehículo de mayor capacidad que transite en la mina. El ancho de las rampas que se recomienda puede estimarse con la siguiente expresión:

$$A = a(0,5 + 1,5n)$$

Donde:

- A= Anchura total de la vía (m)
- a= Anchura del vehículo en (m)
- n = Número de carriles deseados

El ancho de rampa debe permitir suficiente espacio para el número requerido de caminos de transporte y todas las características asociadas de seguridad y drenaje. Los vehículos más anchos propuestos determinan el ancho de la rampa; las dimensiones de las bermas de seguridad y canales de drenaje también se añaden al ancho de la rampa para determinar el ancho de construcción requerido.

- **Peralte:** Es la sobreelevación del lado exterior de la curva que se utiliza para contrarrestar la fuerza centrífuga que aparece en las curvas, originando deslizamientos transversales e incluso vuelcos, el cual se calcula a partir de la formula siguiente (Ortiz, 2018):

$$e = \frac{V^2}{127,14 * R} - f$$

Donde:

- e = Tangente del ángulo del plano horizontal de la vía
- V = Velocidad (Km. / h)
- R = Radio de la curva (m)
- f = Coeficiente de fricción
- **Drenaje:** Son zanjas longitudinales ubicadas a ambos lados del banco o, en su defecto, a un solo lado, revestidas o no revestidas, el objeto de captar, conducir, y evacuar en forma adecuada los flujos de agua superficial. se construye con el fin de canalizar las aguas de drenaje. Pueden tener dimensiones: ancho 1 m y profundidad 50 cm.
- **Altura interrampa:** altura proyectada en la vertical entre la pata del banco inferior y la cresta del banco superior, para el segmento de bancos contenidos entre: rampas, la base del pit y la intercepción del talud con la superficie topográfica original.
- **Ángulo interrampa:** inclinación medida entre la pata del banco inferior y la pata del banco superior, para el segmento de bancos contenidos entre: rampas, la base del pit y la intercepción del talud con la superficie topográfica original. (Thompson , 2011)

4.7.4 Preparación De Cunetas

Son zanjas que se hacen a ambos lados del bando o, en su defecto, a un solo lado, revestidas o no revestidas. Las cunetas se construyen para contener a los vehículos en caso de emergencia; esa es la razón que la cuneta o berma que está en la cresta del talud es más alta. La altura de ésta es generalmente la mitad del diámetro de las ruedas de los camiones que transitan por el camino.

Las bermas de seguridad o de contención de derrames se diseñan en función de la probabilidad que ocurra algún siniestro geomecánico. El ángulo de talud final de la zona estudiada, que depende del criterio de beneficio económico, dependerá del ancho de la berma recomendada. El ancho variará en las distintas zonas de la explotación según las condiciones y características geomecánicas de cada sector. Puede variar entre 8 y 12 m.

Es por ello que las cunetas tienen por objetivo detener o contener a los vehículos en caso de emergencia, por ello la cuneta que está hacia el rajo tendrá que ser más alta de modo que pueda detener efectivamente a cualquier vehículo en una emergencia sin que caiga. Comúnmente se utiliza como altura de cuneta hacia el rajo la mitad del diámetro de las ruedas en los equipos que transitan en el camino (camiones). Lo ideal es definir la altura considerando la pendiente del tramo, la resistencia a la rodadura, el tamaño de los equipos y en lo posible tener de referencia una prueba empírica de la situación. (Castellanos , 2004)

4.7.5 Perforación Y Voladura

El propósito principal de esta operación minera según (Alonso et ál, 2013) es la fragmentación de la roca a ser extraída con interés mineral, para lo cual se requiere de una gran cantidad de explosivos, así como su correcto diseño y aplicación.

La perforación y voladura es una técnica aplicable a la extracción de roca en terrenos competentes, donde los medios mecánicos no son aplicables de una manera rentable. Así, partiendo de esta definición, este método es aplicable a cualquier método de explotación, bien en minería, bien en obra civil, donde sea necesario un movimiento de tierras.

La técnica de perforación y voladura se basa en la ejecución de perforaciones en la roca, donde posteriormente se colocarán explosivos que, mediante su detonación, transmiten la energía necesaria para la fragmentación del macizo rocoso a explotar. De esta forma, se tienen dos tecnologías claramente diferenciadas: la tecnología de la perforación y la tecnología de diseño y ejecución de voladuras.

Existe una relación intrínseca entre la perforación y la voladura, ya que puede afirmarse categóricamente que “una buena perforación posibilita una buena voladura, pero una mala perforación asegura una mala voladura”.

4.7.6 Carga Y Acarreo

Una vez que se haya hecho la selección del método aplicable a la explotación, es necesario establecer el sistema de explotación apropiado que va a ser utilizado y constituido por los diferentes equipos de arranque, carga y transporte.

Para (Herrera, 2007), según la continuidad del ciclo básico, se diferencian los siguientes sistemas:

- Sistema totalmente discontinuo.

La operación de arranque, con o sin voladura, se lleva a cabo con equipos discontinuos y el transporte se efectúa con volquetes mineros. Es el sistema más implantado debido a su gran flexibilidad y versatilidad.

- Sistema mixto con trituradora estacionaria dentro de la cantera.

Una parte de la operación se realiza con medios semejantes al sistema anterior, hasta una trituradora instalada dentro de la explotación con la que se consigue una granulometría adecuada para poder efectuar desde ese punto el transporte continuo por cintas.

- Sistema mixto con trituradora semimóvil dentro de la cantera.

Conceptualmente es igual al sistema anterior, pero con mayor flexibilidad, ya que la trituradora puede cambiarse de emplazamiento cada cierto tiempo, invirtiendo en estos traslados varios días o semanas.

- Sistema continuo con trituradora móvil y arranque discontinuo.

En este sistema se prescinde del transporte con volquetes, ya que la trituradora móvil acompaña constantemente por el tajo el equipo de arranque y carga discontinuo.

- Sistema de transporte mixto y arranque continuo.

Es una variante de la tercera alternativa, donde se sustituye el arranque discontinuo por un minador continuo. Es un sistema poco utilizado, aunque algunas canteras lo aplican.

- Sistema de arranque y transporte continuos.

Es el sistema que presenta mayor porcentaje de electrificación, puesto que todas las unidades a excepción de las auxiliares van accionadas por motores eléctricos.

A su vez, en cada uno de esos sistemas, la maquinaria utilizada puede ser distinta pues, por ejemplo, en el arranque continuo es posible emplear minadores y, en el transporte continuo, cintas transportadoras convencionales, cintas de alta pendiente, etc.

4.7.7 Transporte

Una vez que el mineral es arrancado del macizo rocoso mediante el uso de explosivos, se procede al carguío (excavadora-volqueta) y posterior transporte hasta el stock Pile lugar donde se almacena el mineral que será transportado. (Ortiz Juya, 2017)

4.7.8 Preparación De Escombrera

Los depósitos de estériles se pueden describir atendiendo, normalmente, a los siguientes criterios que menciona Andalucía (2015):

- a) Por sus dimensiones

Se considera escombrera cualquier acumulación de materiales que sobrepase los 25000 m³ de volumen, los 15 m de diferencia de altura entre su pie y la parte superior del depósito, o bien cuyo espesor de estéril sea superior a 10 m. En condiciones normales de homogeneidad y humedad del material, se dividen en:

- Grandes. Aquellas cuya altura sea superior a 30 m.
- Medianas. Aquellas cuya altura sea superior a 20 m e inferior a 30 m.
- Pequeñas. Aquellas cuya altura sea superior a 15 m e inferior a 20 m.

b) Por su emplazamiento

Se dividen en:

- De vaguada, fondo de valle o cauce.
- De ladera. Situadas sobre pendientes con inclinaciones de hasta el 8 %.
- De divisoria.
- En llanura o exenta.
- De relleno de corta o hueco minero.

c) Por el tipo o sistema de vertido.

Se dividen en:

- De vertido libre o por gravedad. En general, no reglamentario, excepto en el caso de escombreras de pequeñas dimensiones o en el interior de minas activas siempre y cuando no exista riesgo de deslizamiento o inestabilidad.
- De vertido libre por fases adosadas. Método más recomendable debido a su mayor estabilidad.
- Escombreras con dique de retención en pie o tacón de escollera. Recomendable cuando los estériles a verter presentan diferentes litologías.
- De vertido por fases ascendentes retranqueadas y superpuestas. Implican tongadas horizontales compactadas.
- Estructuras mixtas. Aquellas que combinan algunos de los métodos anteriores.

d) Por el método constructivo

Se dividen en:

- Por basculamiento final. Da lugar a franjas de material inclinadas de acuerdo con el ángulo de rozamiento interno del mismo.
- Por tongadas horizontales compactadas. Método más general y recomendable debido a su mayor estabilidad.

e) Por su grado de riesgo potencial, estabilidad y coeficiente de seguridad.

Debido a su posible deslizamiento, se dividen en:

- Clasificación por riesgo (Tipo A):
 - Escombreras Tipo AI. Sin riesgos para personas, bienes, etc.
 - Escombreras Tipo AII. Presentan riesgo moderado para personas, bienes, etc.
 - Escombreras Tipo AIII. Presentan un riesgo elevado para personas, bienes, etc.
- Clasificación por seguridad ligada a la presencia de agua y problemas del cimientado (Tipo B):
 - Escombreras normales (Tipo BI). Sin efecto de aguas freáticas y en cuya estabilidad no interviene el cimientado.
 - Escombreras sometidas a filtración (Tipo BII). Agua en grietas o fisuras y riesgo de deslizamiento por la cimentación.
 - Escombreras en situación de inundación, inestabilidad por riesgo sísmico, etc. (Tipo BIII).

4.7.9 Preparación De Zona De Stock

Mineral fragmentado y amontonado en pilas en la superficie a la espera de tratamiento de beneficio o de embarque. Se destina un sitio en específico en donde se almacena el material extraído de la mina para ser analizado caracterizado y preparado para entregar al comprador. En el centro de acopio, se almacena el material extraído de la mina donde el proceso de este inicia cuando la volqueta llega al lugar de acopio de material. (Castellanos , 2004)

4.8 Labores De Preparación, Fases Y Requerimientos En Áridos

Así mismo (Herbert, 2007), hace mención de que el diseño preliminar de una explotación en áreas de libre aprovechamiento y su planificación operativa a corto, medio y largo plazo debe tener cuantificado el volumen de recubrimiento en forma de tierras y suelos o en su caso, de formaciones litológicas no interesantes, que es necesario remover anualmente en operaciones de específicas de desmonte.

La importancia del correcto desarrollo de las operaciones de desmonte no está solo en conseguir un coste bajo, sino en también en permitir que los frentes sean lo más estables posible dándoles un talud apropiado en función de sus características geomecánicas, y protegiéndolos de la acción erosiva de las aguas mediante la construcción de cunetas de escorrentía y de drenajes para la infiltración (p.30).

4.9 Métodos De Ensayos Para Áridos

De acuerdo a (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2011), y al libro amarillo del Ministerio de Transportes y Obras Públicas del Ecuador, se debe ensayar los áridos de

acuerdo a la NTE INEN y norma ASTM, en donde se incluyen los ensayos de laboratorio para material de préstamo y relleno de vía como:

Granulometría por tamizado con la norma AASHO-T.11.

Límites de Atterberg; Límite plástico de un suelo e índice de plasticidad de acuerdo a la norma NTE INEN 692 o a su vez ASTM D 4318.

Límites de Atterberg; Ensayo Límite Líquido de acuerdo a la norma NTE INEN 691 o ASTM D 4318.

Contenido de humedad de la muestra de acuerdo con la norma NTE INEN 690 o ASTM D 2216.

California Bearing Ratio (CBR) de acuerdo con la norma ASTM 1883.

PROCTOR ESTÁNDAR con la norma ASTM D-698

Corte Directo (UU) con la norma ASTM D2850

Densidad relativa con la norma ASTM D854

Cabe recalcar que los ensayos que se realizan al material árido, responden al uso que se les da a los mismos.

4.10 Marco Legal Regulatorio Para Materiales De Construcción

- ***Constitución de la República del Ecuador***

Art. 264.- Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley:

“12. Regular, autorizar y controlar la explotación de materiales áridos y pétreos, que se encuentren en los lechos de los ríos, lagos, playas de mar y canteras.” (Constitución de la República del Ecuador, 2008, p.131)

- ***Código Orgánico Ambiental (COA)***

Art. 1.- Las disposiciones de este Código regularán los derechos, deberes y garantías ambientales contenidos en la Constitución, así como los instrumentos que fortalecen su ejercicio, los que deberán asegurar la sostenibilidad, conservación, protección y restauración del ambiente, sin perjuicio de lo que establezcan otras leyes sobre la materia que garanticen los mismos fines. (COA, 2017, párr. 2, p.11)

- ***Ley de Minería***

Art. 142.- Concesiones para materiales de construcción.- El Estado, por intermedio del Ministerio Sectorial, podrá otorgar concesiones para el aprovechamiento de arcillas superficiales, arenas, rocas y demás materiales de empleo directo en la industria de la construcción, con excepción de los lechos de los ríos, lagos, playas de mar y canteras que se

regirán a las limitaciones establecidas en el reglamento general de esta ley, que también definirá cuales son los materiales de construcción y sus volúmenes de explotación. (Ley de Minería, 2018)

- ***Reglamento Ambiental Actividades Mineras (RAAM)***

Art. 100.- Explotación de materiales de construcción en lechos de ríos, playas fluviales y terrazas.- En la explotación de materiales pétreos, arena, grava, entre otros, en los lechos de los ríos, playas fluviales y terrazas se deberá observar lo establecido en este Reglamento para la explotación de placeres y captación de agua. (RAAM, 2016, p.31)

- ***Registro Oficial N° 347***

Material árido y pétreo. - Se considera material árido aquel que resulta de la disgregación y desgaste de las rocas y se caracteriza por su estabilidad química, resistencia mecánica y tamaño; y, se consideran materiales pétreos, los agregados minerales que son suficientemente consistentes y resistentes a agentes atmosféricos, provenientes de macizos rocosos, generalmente magmáticos. Tanto los materiales áridos como los materiales pétreos pueden ser utilizados como materia prima en actividades de construcción. (Ministerio de Energía y Recursos Naturales Renovables, 2021, p.8)

- ***Ordenanza Municipal Cantón Zamora: para regular, autorizar y controlar la explotación de materiales áridos y pétreos***

Art. 1.- La presente ordenanza tiene por objeto establecer la normativa y el procedimiento para asumir e implementar la competencia para regular, autorizar y controlar la explotación de materiales áridos y pétreos, que se encuentren en los lechos de los ríos, lagos y canteras, dentro de la jurisdicción del Cantón y en sujeción a los planes de ordenamiento territorial y de desarrollo del cantón; desarrollar los procedimientos para la consulta previa y vigilancia ciudadana; y prever la remediación de los impactos ambientales, sociales y de la infraestructura vial, que fueren provocados por la explotación de dichos materiales áridos y pétreos. (GAD Municipal de Zamora, 2015, párr. 20)

5 Metodología

Para el desarrollo de la presente investigación y con la finalidad de dar cumplimiento a los objetivos propuestos, se apoyó en métodos de investigación experimental y no experimental.

El método experimental cuantitativo permitió identificar las variables relevantes, que determinaron la validez de la hipótesis por medio del análisis numérico, proporcionando resultados específicos. En este caso, fue el cálculo para la determinación de reservas de material existente, así como las fórmulas para determinar la producción diaria del área de libre aprovechamiento “El Tablón GMZ, código 592157”

Por otro lado, el método no experimental que según Tipos de Investigación no experimental (2018), hace referencia a un tipo de investigación carente de una variable independiente, es decir, este método está apoyado bajo la observación en campo de la actividad que se analiza, haciendo una comprobación de los procesos sujetos a estudio. En este caso, el método no experimental fue aplicado en las visitas de campo para comprobar los ciclos de trabajo que se llevan a cabo en el área, así como corroborar información geológica y topográfica en la misma.

5.1 Área De Estudio

La zona de estudio del presente proyecto corresponde al área de libre aprovechamiento de materiales de construcción para obras públicas, “El Tablón GMZ” con código catastral 592157.

El área de libre aprovechamiento se encuentra bajo la dirección del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Zamora, cuenta con una extensión de 5 hectáreas mineras. El material extraído de la misma, que corresponde a áridos es utilizado principalmente para mantenimiento vial de las calles del cantón Zamora; mantenimiento, adecuación y ampliación en los sistemas de agua potable, alcantarillado sanitario y pluvial del cantón y para el recubrimiento de las celdas de disposición final en el relleno sanitario.

Tomando como referencia el Registro Ambiental (2016) del área de libre aprovechamiento “El Tablón GMZ” las coordenadas del área de estudio en WGS-84 son las siguientes:

Tabla 1. Coordenadas WGS-84 área minera "EL Tablón GMZ"

Punto	Este (X)	Norte (Y)	Altitud
1	726838,59	9548299,08	940
2	726938,17	9548299,04	940
3	726938,82	9548100,42	940
4	726838,05	9548100,42	940

5	726838,82	9547900,87	940
6	726738,66	9547900,31	940
7	726738,66	9548199,5	940
8	726838,59	9548199,43	940
9	726838,59	9548299,08	940

Fuente: Ministerio del Ambiente (2016); **Modificado:** El autor (2022)

5.1.1 Ubicación

El área de libre aprovechamiento “el Tablón GMZ” Se ubica en el Sector El Tablón, perteneciente al cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe. Como referencia, se encuentra tras del complejo turístico Las Ballenas del río Bombuscaro.

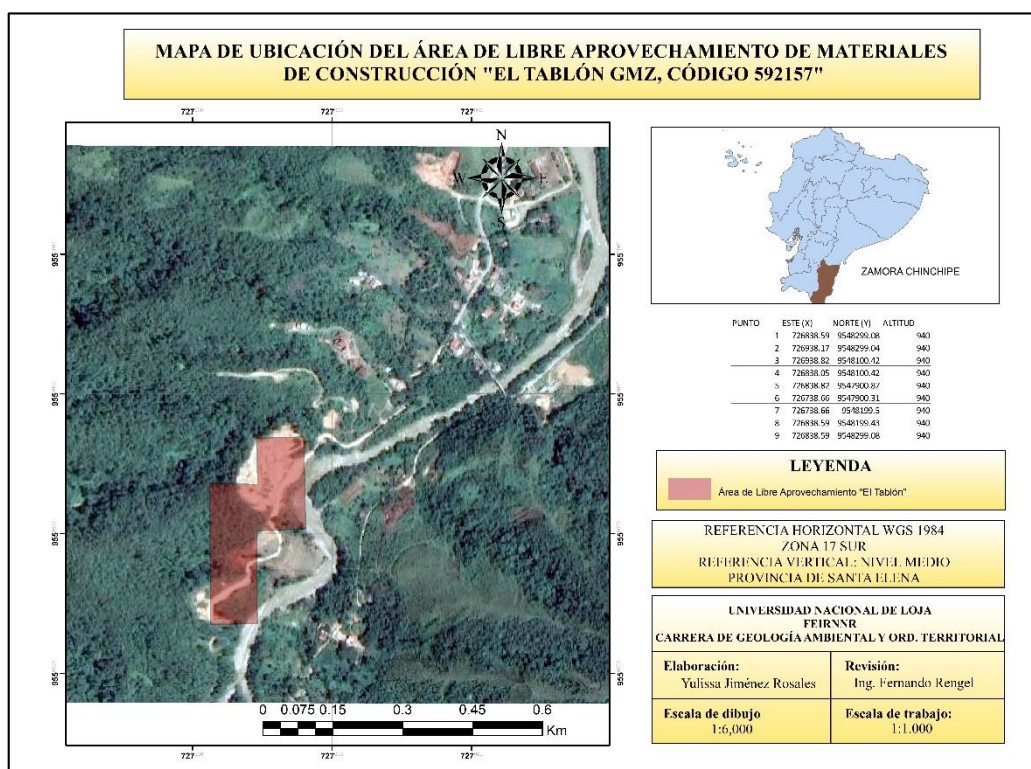


Figura 1: Ubicación del Área de Libre Aprovechamiento “El Tablón GMZ”.

Fuente: Google (s.f)

Modificado por: El autor, 2022

5.1.2 Acceso

Desde la capital de la República hasta el Área de Libre Aprovechamiento “El Tablón GMZ” existe una distancia de 723 Km por vía terrestre, tomando la ruta Panamericana/Troncal Amazónica, en un viaje de aproximadamente 13 horas y 16 minutos. En la siguiente figura se detalla la ruta desde la Capital de la República.

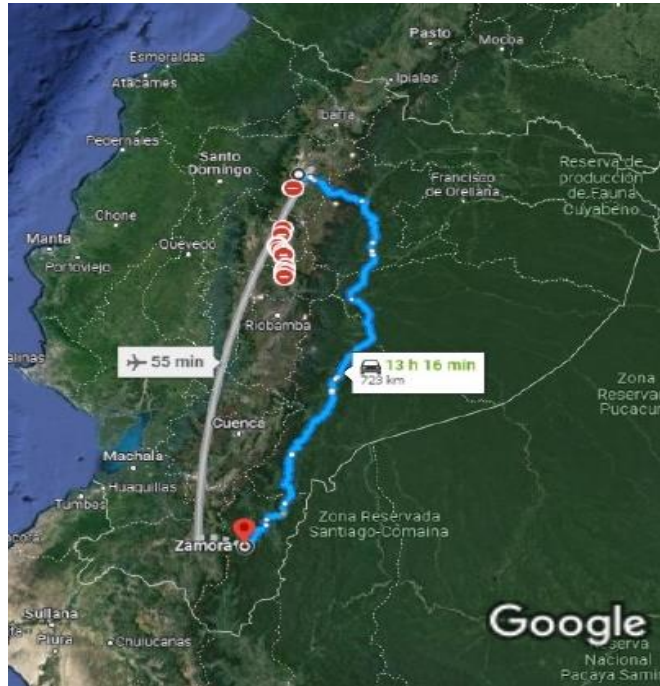


Figura 2 Acceso al Área de Libre Aprovechamiento “El Tablón GMZ” desde Quito.

Fuente: Google (s.f)

Modificado por: El autor, 2022

Además, el área de libre aprovechamiento “El Tablón GMZ” tiene como ruta de acceso, la vía que conduce al Parque Nacional Podocarpus.

5.1.3 Topografía

Tomando como referencia la metodología de la operación minera, que se encuentra disponible en el informe semestral de producción del GAD Zamora (2016, p.3), la topografía del área de libre aprovechamiento “El Tablón GMZ” va desde la cota 1000 hasta la cota 1080, la cual es caracterizada por poseer pendientes abruptas que superan los 25° de inclinación, sin embargo, por la cantidad de vegetación existente en el área no se evidencia fácilmente zonas erosionadas.

5.1.4 Geología Regional

En el contexto geológico regional, apoyados en la Carta Geológica de Zamora, escala 1:100.000, el área de estudio está constituida por rocas graníticas con feldespatos potásicos y pórfidos granodiorítico horblendíticos y granodioritas correspondientes a edades jurásicas. Y según GAD Zamora (2016, p.3), se detallan las formaciones geológicas a continuación:

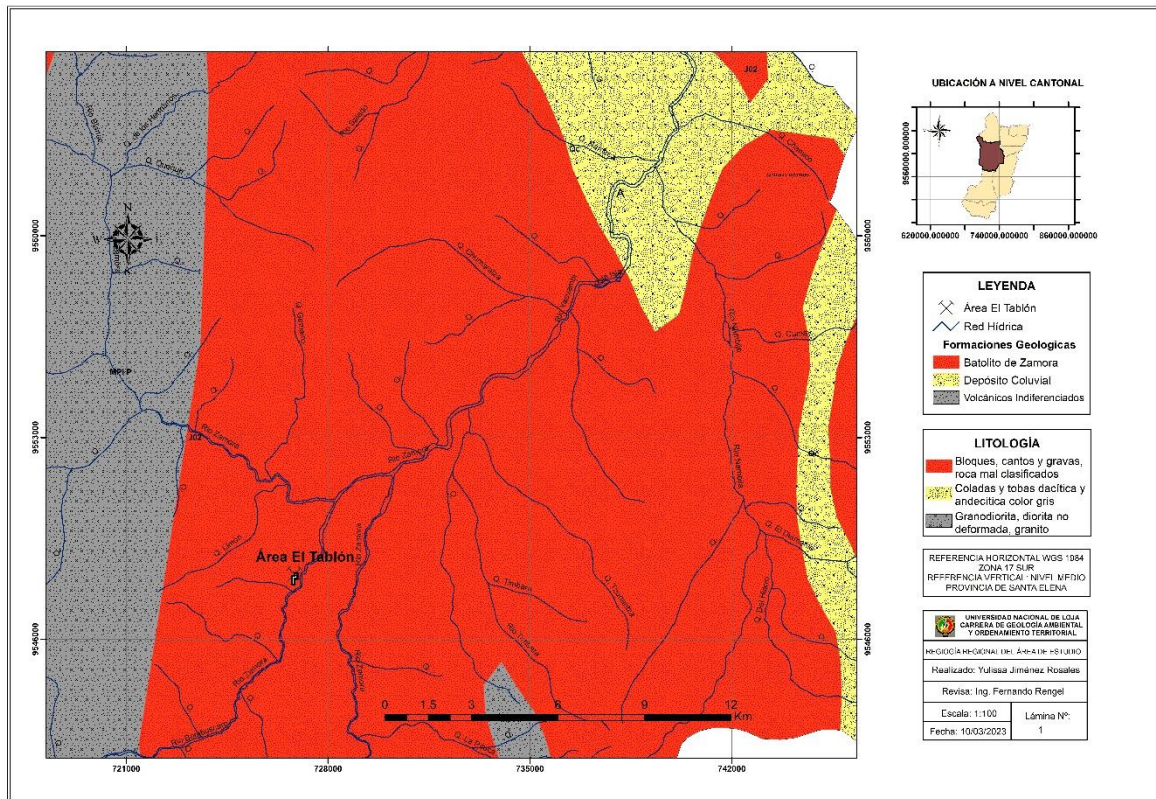


Figura 2 Mapa geológico regional del área de estudio

Fuente: El autor, 2023

- Batolito de Zamora

Localizado al sur del país, en la Provincia de Zamora Chinchipe, tiene una extensión mínima de 1.800 km², este cuerpo intrusivo se extiende con una dirección norte-sur formando parte de la cordillera del cóndor que penetra al Perú. Constituye el elemento generador del metasomatismo de la zona.

Existen otros batolitos y plutones cercanos que probablemente están genéticamente relacionados, estos son los batolitos de Zumba y Portachuelo y el Plutón del Río Numbala. Según la Carta Geológica de Zamora (1996), en la parte centro y oeste de la hoja geológica, las rocas ígneas intrusivas tienen una composición en donde predominan los minerales félsicos como son: cuarzo, feldespato y moscovita, lo que les da colores claros a las rocas graníticas.

El Batolito de Zamora se presenta de forma elongada, tiene aproximadamente 200km de largo por 50 km de ancho, la litología presente en este complejo intrusivo se caracteriza por estar compuesta de leucogranodioritas, granitos con feldespatos y pórfidos granodiorítico horbléndico. En el área de libre aprovechamiento “El Tablón” aflora únicamente el granito compuesto de minerales félsicos que le dan los colores claros a la roca.

- Depósitos Coluviales

Formado por material meteorizado y transportado por acción de la gravedad hacia las partes bajas; se encuentra constituido por cantos angulosos de rocas intrusivas y volcánicas. Este depósito aflora en la ladera occidental de la cuenca del Bombuscaro.

Los depósitos coluviales se forman por fenómenos de remoción en masa, en sitios donde existen pendientes fuertes o a su vez donde exista cambio de pendiente, cercano a nuestra área de estudio, se los puede observar en las orillas del río Bombuscaro. Su litología presenta fragmentos de bloques y gravas mal clasificados de distinto tamaño.

- Volcánicos Indiferenciados

Se trata de coladas y tobas de composición andesíticas y dacítica de color gris. Predominan en su composición cristales de oligoclasa-andesina, con magnetita y máficos alterados en las coladas. La toba dacítica está constituida por granos de cuarzo y albita, contenidos en una matriz de grano fino, cuarzo feldespático, con biotita, anfíboles cloritizados, magnetita y óxidos secundarios de hierro como accesorios. Estas rocas están en contacto discordante con las metamórficas paleozoicas.

En cuanto a los volcánicos indiferenciados, estos refieren a pórfidos, que como su nombre lo indica presentan una textura porfirítica, de grano grueso y básicamente en el cantón Zamora se identifican tres pórfidos diferenciados por su composición que son: pórfidos dacíticos, andesíticos y riolíticos.

5.1.5 Geología Estructural

El batolito de Zamora está limitado al Este por la falla El Cóndor de tendencia NNE-SSW en contacto tectónico con la Formación Misahuallí. Las estructuras principales en el Distrito de Zamora de acuerdo con (PRODEMINCA, 2000) son:

- Estructuras regionales con dirección andina (N-S y NNE - SSW) las cuales delimitan terrenos litotectónicos y además constituyen el principal control del magmatismo y la metalogénesis en la región.
- Fallas secundarias con dirección NE - SW a ENE - WSW que se relacionan con la mineralización.
- Fallas secundarias con lineamientos WNW los cuales son complementarios al sistema de fallas NE a ENE.

Además, es importante mencionar la falla de cabalgamiento regional que atraviesa la zona de Sur a Norte, para luego dirigirse con rumbo Noroeste valiéndose de contacto entre el metamórfico del grupo Zamora y el Batolito del mismo nombre. (IGM, 1996)

5.1.6 Geomorfología

De acuerdo con SIGTIERRAS (2015), el cantón Zamora se encuentra geográficamente ubicado en los flancos externos de la cordillera oriental de los Andes, formando parte de la hoya del río Zamora, a una altitud entre los 840 y 3382 m.s.n.m., aproximadamente, con una variación muy importante en su rango altitudinal de más de 2500 metros. Las pendientes encontradas en el cantón van de pendientes muy fuertes en su parte más alta y pendientes medias en las zonas más bajas. El tipo de materiales, su geología, el clima, y la ubicación geográfica dan como resultado las distintas geoformas del terreno, mismas que son representativas en las estribaciones de la cordillera oriental.

El estudio del rango de pendientes es un determinante que limita o no, tanto la aptitud del suelo, como su uso, pudiendo ser estos usos agropecuarios, de conservación, forestales, otros. Al analizar las pendientes del cantón Zamora, se pudo evidenciar que aproximadamente el 50% de su territorio se encuentra en una pendiente fuerte (>40 – 70%), el 35% del cantón se encuentra en una pendiente muy fuerte, y, entre otros, el 6% del territorio únicamente posee pendientes menores al 40%, lo que es un limitante para las actividades y los usos que se pueden dar en el territorio cantonal.

5.1.7 Hidrografía

De acuerdo con la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA), en los documentos remitidos por el GAD Zamora, todos los cauces de ríos y quebradas del cantón Zamora, son parte de la cuenca hidrográfica del río Santiago y la subcuenca del río Zamora, el drenaje de las aguas se encausan en uno solo que forma parte de esta gran cuenca.

El cantón presenta 31 microcuencas de distinto tamaño, la más representativa es la microcuenca del río sabanilla con 18486 hectáreas, lo que representa cerca del 10% del territorio cantonal, seguida de la microcuenca del río Jambue con 18075 hectáreas, que representa el 9,5% del territorio. La tercera microcuenca más grande es la del río Bombuscaro (12748 ha), río Tambo Blanco (11435 ha), río Nambija (10975 ha), río San Francisco (8531 ha). Los drenajes menores pertenecen a la vertiente del río Zamora que nace en la ciudad de Loja, los mismos representan el 21% del territorio cantonal y, sumados a las microcuencas ya nombradas, representan en total el 63% del cantón Zamora. Los restantes 37% son la suma de las otras 24 microcuencas de agua.

5.1.8 Sísmica

Durante el año 2022, la Red Nacional de Sismógrafos del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (RENSIG), localizó 6647 eventos de origen tectónico en el Ecuador de los cuales 62 tuvieron una magnitud igual o superior a 4 MLv (magnitud local). (IGEPN, 2022)

En la provincia de Zamora Chinchipe se registraron 22 sismos que superaban los 35km de profundidad y 8 sismos con una profundidad menor a los 35km. Refiriéndonos al área de estudio a pesar de encontrarse dentro del radio del epicentro sísmico, no se han generado o notificado afectaciones como deslizamientos de material o caída de rocas motivadas por este fenómeno natural.

5.1.9 Clima

El cantón Zamora es parte de la región natural de la Amazonía, por lo cual tiene un clima tropical húmedo, caracterizado por sus temperaturas cálidas, humedad y elevadas precipitaciones, lo que significa que no existe una temporada seca en el año. Cuenta con las siguientes estaciones meteorológicas activas:

Tabla 2 Estaciones Meteorológicas Del Cantón Zamora

Nombre	Tipo	Código	Estado	Coordenadas	
Yanzatza	CO	M0190	Activa	749844	9575506
San Francisco (Zamora)	PV	M0503	Activa	714074	9561615

Elaborado: INAMHI (2014) **Modificado:** Autor (2023)

- **Temperatura**

Las temperaturas en el cantón varían desde los 18 grados Celsius hasta los 23 grados en promedio en las zonas más calientes. Las zonas más frías se encuentran en el área referente a las Lagunas de los Compadres en la parroquia Zamora, las zonas altas de las parroquias de Sabanilla e Imbana, presentan de igual manera temperaturas bajas en referencia a todo el cantón Zamora. Las zonas bajas de Zamora como lo son las parroquias de Cumbaratza y Guadalupe presentan las temperaturas más altas en promedio, entre 21 y 22 grados Celsius. Se puede observar que existe una variación de temperatura presente en todas las parroquias. (GAD Zamora, 2019)

La temperatura media anual en el cantón es de 21,9 °C, el mes más cálido es noviembre, donde su temperatura fluctúa entre los 23 °C en promedio y el mes más frío teóricamente es considerado el mes de julio con una temperatura promedio de 20,7°C.

- **Precipitaciones**

De acuerdo con GAD Zamora (2019), en donde se analiza la precipitación media que se presenta en el cantón Zamora, observando que la misma fluctúa entre 1000 milímetros de precipitación anual, hasta los 3000 milímetros. Cerca del 57% del área del cantón presenta precipitaciones medias entre los 1750 a 2500 milímetros al año. Las épocas con mayor pluviosidad en el cantón Zamora, corresponden a los meses de febrero-marzo y junio-septiembre, ambos periodos seguidos por épocas más secas especialmente en los meses octubre-enero, sin embargo, así sea en el mes considerado como el más seco se presentan precipitaciones promedio de 115 mm.

5.2 Materiales Y Equipos

Tabla 3. Lista de materiales, softwares y equipos utilizados

Materiales y equipos de campo	
Drone DJI modelo PHAMTOM 4PRO+ V2.0	RTK GPS geodésico, marca “EMLID REACH” RS+.
Escalímetro	Cámara fotográfica
Sacos de yute	Cintas de seguridad
Carta geológica de Zamora 2019	Combo
Lupa	Spray
Papel fill	Equipos de protección personal
Fundas herméticas	Libreta de campo
Pala	Estacas de madera
Clavos	Marcadores
Piqueta	GPS Garmin
Materiales y softwares de oficina	
Información bibliográfica del área	Software Emlid Studio
Carta geológica de Zamora 2019	Software Leica Infinity
Hojas papel boom A4 y A3	Software ArcGis
Impresora	AutoCAD
Computadora	Google Earth Pro
Excel	RecMin
PIX 4D	
Equipos de laboratorio	
Serie de tamices	Equipo de Casa Grande
Base de vidrio para realizar el límite plástico	Equipo de corte directo

Espátulas	Equipo de Proctor
Balanza	Equipo de CBR
Picnómetro	Horno

Nota: Elaborado por el autor (2022)

5.3 Procedimiento

5.3.1 Fase De Pre-campo

La fase de pre-campo es la primera de las etapas de investigación, la cual es de gran importancia pues consiste en la recolección de información del área de estudio y sirve como punto de partida en la investigación.

En esta fase se recolectó información legal del área de estudio, en la que se incluyen los permisos ambientales, estudios de idoneidad e informes semestrales de producción. Este último es de importancia para conocer la producción actual que tiene el área de estudio.

5.3.2 Metodología Para El Primer Objetivo

“Realizar el levantamiento de información topográfica y geológica del área minera para la estimación de reservas de material existente”

- **Topografía**

5.3.2.1 Fase De Campo

En lo que corresponde a esta fase, debido a las condiciones que presenta el área como son pendientes de alto grado, y difícil acceso a algunas zonas, se realizó el levantamiento topográfico utilizando un sistema GPS de alta precisión, el cual es RTK GPS geodésico de la marca “EMLID REACH” RS+. De igual forma, para la obtención de la ortofoto se hizo uso de sistemas aéreos no tripulados, en este caso, Drone DJI modelo PHAMTOM 4PRO+ V2.0.

Además, es importante recalcar que el levantamiento realizado está enlazado a la red geodésica nacional y el Post – Proceso se lo llevó a cabo con los softwares Emlid Studio, Leica Infinity y la corrección diferencial a través de los datos de la base permanente ubicada en la provincia de Loja, Cantón Loja (LJEC), U.T.P.L, cuya monografía del punto se encuentra en el (Anexo 2. Monografía del punto IGM). El lapso de tiempo que se utilizó para la toma de puntos en modo estático fue de una hora en ambos casos y luego se hizo el Postproceso siguiendo el procedimiento regular con el uso del software Leica Infinity.



Figura 3: Levantamiento topográfico

Fuente: El autor, 2022

5.3.2.2 Fase De Oficina

Para la fase de oficina se elaboró el mapa topográfico a partir de la nube de puntos resultante del geoprocesamiento de las ortofotos, descrito en el acápite anterior. Para la elaboración del mapa topográfico se utilizó la metodología de Sanmartín Peña & Sanz Méndez (2005) que se describe en el “Manual de prácticas de topografía y cartografía” en la que hace mención a las fases previo la obtención del mapa topográfico, las cuales dictan lo siguiente:

- Como información previa a la obtención del Modelo Digital del Terreno (DEM), se debe contar con la nube de puntos definidos en espacio con sus respectivas coordenadas y alturas.
- Una vez creada la superficie se debe dotar a la misma de los puntos de control.
- Como siguiente paso es realizar la triangulación de la superficie, la cual una vez generada se obtienen las curvas de nivel.
- Una vez creadas las curvas de nivel, se tiene la base para crear los mapas posteriores, y a su vez dibujar los perfiles transversales y longitudinales necesarios para el desarrollo del proyecto.

La topografía es el punto inicial en el desarrollo de los objetivos planteados en la presente investigación, para poder elaborar los mapas geológicos, de pendientes y cubicación del material a través del método establecido.

En este caso se siguió la metodología del Instituto Geográfico Militar (IGM, 2013), en donde se debe considerar los elipsoides y proyecciones, en los mismos se reconoce al Elipsoide utilizado, Datum vertical, Proyección que en el presente proyecto se utilizó Universal Transversa de Mercator (UTM,) WGS-84, y Cuadrícula. Todos estos forman una parte crítica al momento de representar un mapa.

A partir del mapa topográfico, se realizó un mapa de pendientes, que permite conocer los rangos entre las cuales se encuentran las elevaciones en el área. Para determinar el rango de las pendientes se hizo uso de la clasificación de Demek (1972), en donde se clasifican las pendientes según los siguientes rangos:

Tabla 4. Clasificación de pendientes según DEMEK, 1972

Término de la Pendiente	Categoría (°)
Ligeramente inclinado	0 – 5
Fuertemente inclinado	>5- 15
Muy inclinado	>15 – 35
Empinado	>35 – 55
Vertical	55 - 90

Fuente: Hidalgo (2016); **Modificado:** El autor (2022)

- **Geología**

5.3.2.3 Fase De Campo

La metodología para la fase de campo radicó en la toma de datos in-situ, apoyados a su vez de información previa obtenida de la Carta Geológica de Zamora (2019), a escala 1:100.000 y de los informes de producción del área. De acuerdo con lo citado, en el trabajo de campo se realizó un reconocimiento in situ, a través de la descripción de afloramientos.



Figura 4: Descripción de primer afloramiento
Fuente: El autor, 2022

En este caso, con la ayuda de la ficha de afloramientos (**Anexo 3.** Ficha para descripción de afloramientos), se realizó la descripción del talud del frente de explotación del área de libre aprovechamiento para materiales de construcción “El Tablón GMZ”, además de dos afloramientos más encontramos dentro del polígono de estudio.

5.3.2.4 Fase De Oficina

Para la fase de oficina, la recopilación de la información en campo sirvió como base para la elaboración de fichas resumen de los afloramientos encontrados, estas a su vez, son

utilizadas para la creación del mapa geológico, mismo que se realiza bajo la metodología de Martínez - Álvarez (1980), en la que menciona que el mapa geológico resulta de la proyección en un plano la extensión de los distintos materiales geológicos y las relaciones geológicas existentes. Además como se explica en esta metodología, se hace uso de la topografía previamente obtenida a escala 1:100.

Para la determinación del tipo de roca presente en el área de libre aprovechamiento “El Tablón GMZ”, se realizó una observación macroscópica apoyados de una lupa con aumento X20, en donde se evidenciaban los minerales componentes de la roca, así mismo se utilizó instrumentos para conocer la dureza.

- **Estimación De Reservas**

5.3.2.5 Fase De Campo

La estimación de reservas nos permite determinar la cantidad y posibilidad de explotación económicamente rentable de un yacimiento. Al tratarse de un libre aprovechamiento no existe un beneficio económico sino social, es por ello la importancia de conocer las reservas aprovechables del material árido en el área. Dentro de la fase de campo para el cálculo de reservas aprovechables en el frente de explotación del área, se realizaron 3 calicatas, haciendo uso de (**Anexo 4. Ficha de registro de calicatas**). Los puntos de excavación de las calicatas fueron previamente definidos, es así como se decidió realizarlas en la parte baja del frente de explotación, en una zona intermedia y en la parte alta.



Figura 5: Realización de calicatas
Fuente: El autor, 2022

La excavación fue realizada de forma mecanizada, utilizando una retroexcavadora Caterpillar 426C. La profundidad de la excavación se dio hasta llegar a roca firme, donde ya no era posible el seguir avanzando con la maquinaria.

5.3.2.6 Fase De Oficina

En la fase de oficina se tabularon los datos de las calicatas realizadas y se procedió a hacer el cálculo de reservas utilizando el método de perfiles.

- **Método de los perfiles**

Para determinar las reservas aprovechables, se utilizó la metodología de B. Patterson, (1993), y traducida por Erikson y Gianfranco (2014), el método de los perfiles es aplicable a los depósitos y yacimientos que tienen un contorno irregular. Además de ser uno de los métodos de mayor confianza al momento de estimar y calcular reservas. Este método consiste en trazar secciones o perfiles transversales a las curvas de nivel a lo largo del frente de explotación del área, con una separación equidistante entre ellos.

En el caso de nuestra área de estudio, se trazaron un total de 8 perfiles, en el frente de explotación, a una distancia de 20 metros de separación entre ellos. Además, se ubicaron los puntos donde se realizó la excavación de las calicatas en campo, para determinar el área aprovechable, obteniendo el siguiente mallado:

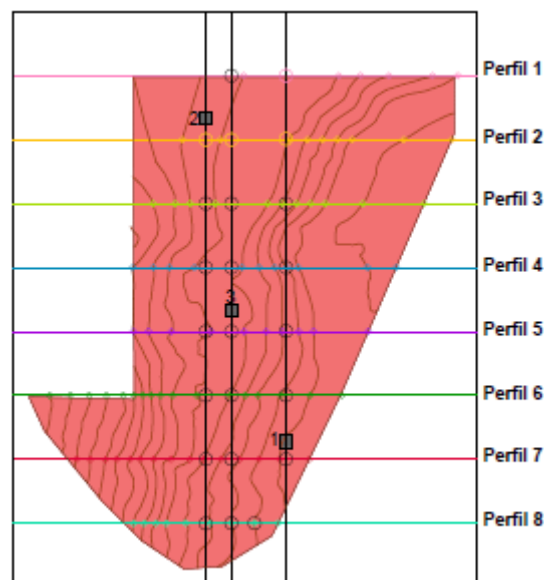


Figura 6 Ubicación de las secciones transversales

Fuente: El autor, 2023

Una vez ubicadas las secciones en el mapa, se procedió a realizar los perfiles de cada una de ellas, obteniendo un total de ocho perfiles topográficos.

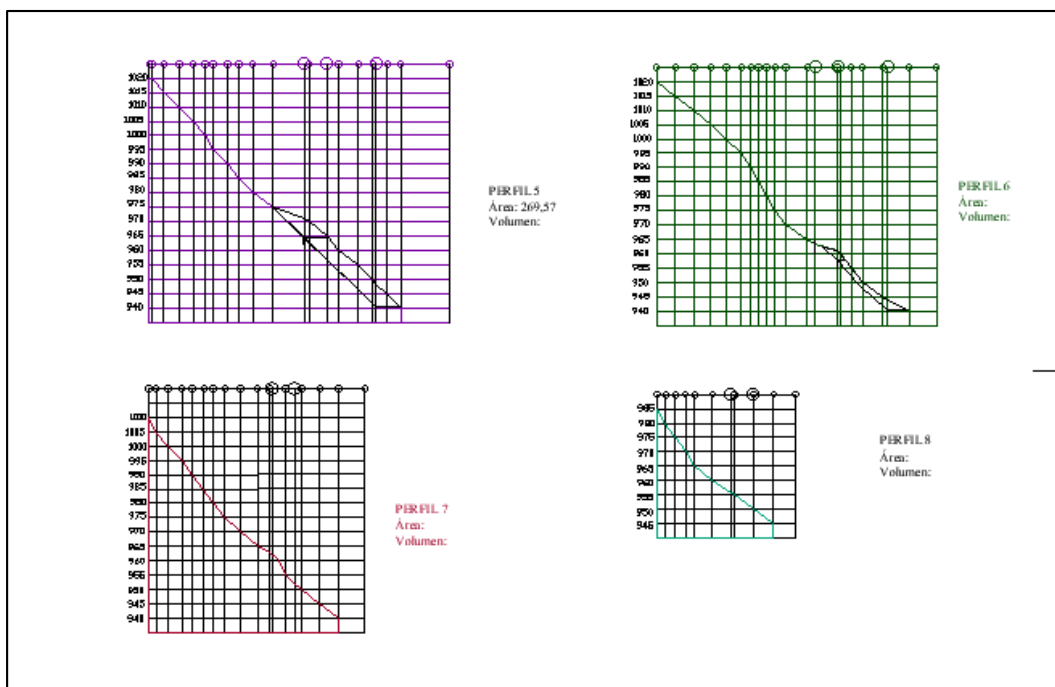


Figura 7 Realización de perfiles por cada sección
Fuente: El autor, 2023

Con los perfiles topográficos obtenidos y la información de las calicatas realizadas, se calculó el área ocupada por el material disgregado en cada perfil.

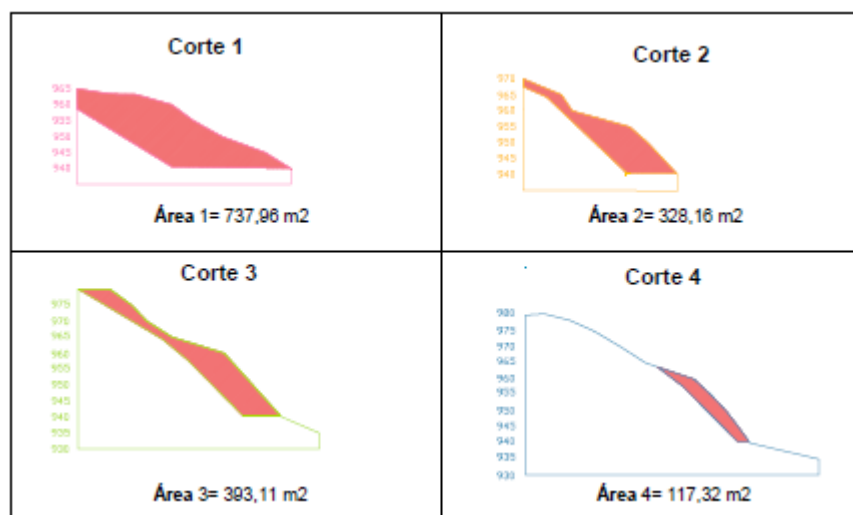


Figura 8 Determinación del área ocupada por material disgregado
Fuente: El autor, 2023

Finalmente se aplicaron las fórmulas correspondientes para determinar el volumen, las cuales son:

$$V_n = \frac{(A_1 + A_2) * D_i}{2}$$

Donde:

A_n = Áreas de los dos perfiles consecutivos

D_i = Distancia que los separa

De esta manera, repitiendo el proceso para cada bloque, se conoce el volumen existente entre los perfiles. Y para obtener el volumen final, se realiza una sumatorio de los volúmenes obtenidos en cada sección:

$$V_{Total} = V_1 + V_2 + V_n$$

Los valores obtenidos, son ubicados en la siguiente tabla:

Tabla 5. Información de perfiles topográficos

Perfil	Área (m ²)	Distancia (m)	Sumatoria área	Volumen
1				
2				
Volumen Total m³				

Nota: Elaborado por el autor (2022)

5.3.3 Metodología Para El Segundo Objetivo

“Describir las operaciones y labores mineras que se llevan a cabo en el área de libre aprovechamiento El Tablón GMZ”

- **Descripción De Actividades**

5.3.3.1 Fase De Campo

Para la descripción de operaciones y labores mineras que se llevan a cabo en el área de libre aprovechamiento El Tablón GMZ, se aplicó una entrevista a los responsables del manejo ambiental, transporte y analistas del área minera (**Anexo 5.** Entrevista para la descripción de actividades del área de estudio). Los entrevistados para el cumplimiento de este objetivo fueron:

- Ing. Mariuxi Cobos, directora de Gestión Ambiental del GADMZ.
- Ing. Carlota Ramírez, analista ambiental de áridos y pétreos del GADMZ.
- Ing. Darío Veintimilla, jefe de transportes del GADMZ.
- Ing. Neison Ordóñez, técnico de áridos y pétreos del GADMZ.
- Operador del área de libre aprovechamiento “EL Tablón GMZ”.

Las personas mencionadas anteriormente, supieron brindan información clara en cuanto a los procesos que se llevan a cabo en el área, como también, los tiempos empleados en la realización de cada actividad.

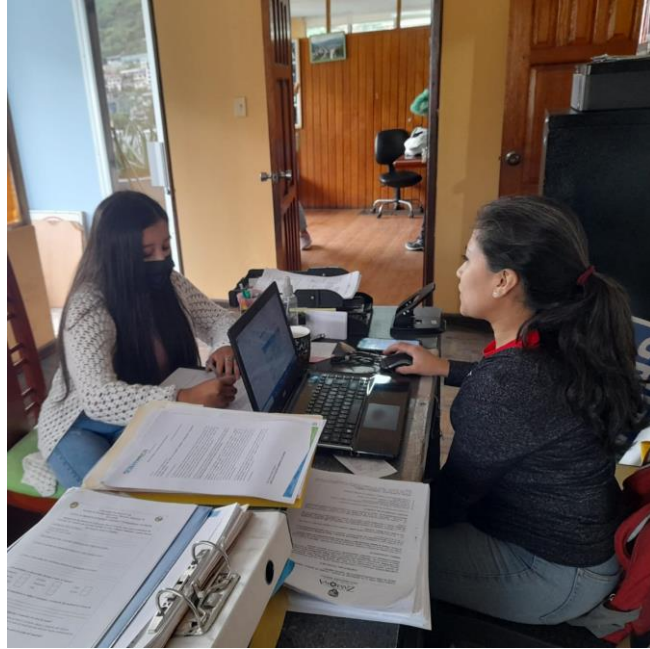


Figura 9: Entrevista a la Ing. Carlota Ramírez; analista ambiental del GAD Zamora
Fuente: El autor, 2022

Además de la información recolectada a través de la entrevista, se hizo un reconocimiento en campo de las actividades de arranque, carga y transporte a través de una ficha de descripción de actividades (**Anexo 6.** Ficha de descripción de actividades). En el caso del acopio temporal del material, este se ubica en una concesión cercana perteneciente al GAD Zamora, cuyo nombre es “Bombuscaro GMZ”.



Figura 10: Descripción de actividades en campo
Fuente: El autor, 2022

5.3.3.2 Fase De Oficina

Terminada la fase de campo con las fichas de descripción de actividades y la entrevista realizada, se procedió a realizar los cálculos correspondientes para determinar los ciclos de trabajo en el área, los cuales corresponden a las actividades de arranque, carga y transporte del material.

Las fórmulas utilizadas para los cálculos del ciclo de trabajo son las siguientes:

- **Tiempos De Producción**

$$\text{Ciclo por hora} = \frac{60 \text{ minutos}}{1 \text{ Ciclo de trabajo en minutos}}$$

- **Rendimiento de la maquinaria - Excavadora**

Rendimiento teórico:

$$QT = 3600 * \left(\frac{E}{Tc} \right)$$

Donde:

- QT = Rendimiento teórico de la excavadora (m^3/h)
- E = Capacidad del cucharón
- 3600 = Factor de conversión de segundos a horas
- Tc = Tiempo de ciclo de la excavadora (Excavación-giro-descarga-giro)

Rendimiento efectivo (práctico):

$$QTEX = QT \times KLL \times KT * \left(\frac{Tt}{Tt + Tp} \right)$$

Donde:

- QTEX = Rendimiento práctico de la excavación (m^3/h)
- QT = Rendimiento teórico de la excavación (m^3/h)
- KLL = Coeficiente de llenado del cucharón
- KT = Peso específico considerando el coeficiente de esponjamiento del material
- Tt = Tiempo de trabajo ininterrumpido por turno
- Tp = Tiempo pérdida inevitable en un turno

- **Rendimiento de la maquinaria - Volqueta**

$$Rve = \frac{60 * Cv * E}{Tc}$$

Donde:

- Rve = Rendimiento de la volqueta (m^3/h)

- Cv = Capacidad del balde de la volqueta
- E= Factor de eficiencia operativa
- Tc= Tiempo de ciclo
- 60= Factor de conversión de min a horas

A su vez, se realizó el cálculo de la vida útil del proyecto utilizando la siguiente fórmula:

- **Vida útil de la mina**

$$Vida\ útil = \frac{Reservas\ explotables\ (m^3)}{Producción\ diaria}$$

- **Análisis Económico**

Se realizó un análisis económico para conocer en resumen los costos mensuales por salarios al personal que labora en el área, así como el insumo de combustibles y mantenimiento de maquinaria, haciendo uso de las siguientes tablas.

Tabla 6. Análisis económico en relación con el personal que labora en el área

Personal del área de trabajo					
Nº Personas	Cargo	Días laborables	Sueldo Mensual Unificado	Sueldo por días laborados en el área al mes	Sueldo por día laborado en el área
Costo total de personal en el área					

Nota: Elaborado por el autor, 2022

Tabla 7. Análisis económico en relación con la maquinaria utilizada

Insumo de combustibles						
Nº	Descripción	Cantidad	Galón/Hora	Costo/Galón	Costo/Hora	Costo Total Día
1	Costo total diario de insumo de combustible					
Costo total mensual de insumo de combustible						
Mantenimiento de la maquinaria						
Nº	Descripción	Cantidad	Costo/Día	Costo/Mes		
2	Costo total mensual de mantenimiento de maquinaria					

Fuente: Tamayo (2016); **Modificado:** El autor (2022)

- **Costo por metro cúbico de material extraído**

En este apartado se toma en consideración la inversión mensual del GAD Zamora en el área de estudio, la cual es la resultante de la sumatoria de los costos de personal, insumos y mantenimiento de maquinaria. A su vez, se divide este valor para la cantidad de material extraído al mes, según lo indica la siguiente fórmula.

$$\text{Costo } m^3 = \frac{\text{Inversión mensual}}{\text{Cantidad de material extraído al mes}}$$

La fórmula anterior indica el costo por metro cúbico que tiene actualmente el material extraído del área de estudio.

5.3.4 Metodología Para El Tercer Objetivo

“Proponer la elección del sistema de explotación técnicamente adecuado, considerando las condiciones geométricas y geomecánicas del depósito”

5.3.4.1 Fase De Campo

En la fase de campo, se realizó la recolección de muestras que posteriormente fueron enviadas al laboratorio para su análisis. El proceso de muestreo se llevó a cabo, utilizando la metodología determinada en la norma ASTM D75/AASHTO T2, la cual cubre el muestreo de áridos para finos y gruesos.

El número de muestras, según la norma depende de las propiedades que se requiera medir, pero es aconsejable y para obtener resultados de mayor credibilidad utilizar mínimo 10 Kg de muestra. En este caso con la ayuda de una pala, manualmente se obtuvo un total de 4 sacos de yute con un 35% de capacidad de llenado del frente de explotación, en las coordenadas: X = 727138; Y = 9548665, a una altitud de 929 m.s.n.m., cuyo peso total es de aproximadamente 40Kg.



Figura 11 Recolección de muestras para laboratorio
Fuente: El autor, 2022

En este caso, como se trata de árido fino, se retira la capa superior, de esta manera evitamos recoger material segregado, y se procede a tomar las muestras correspondientes.

A las muestras recolectadas se les identificó con la respectiva ficha de registro para facilitar su lectura e identificación en laboratorio. Una vez identificadas fueron trasladadas al laboratorio geotécnico de la empresa DELTA A+I, ubicado en la ciudad de Yantzaza.

5.3.4.2 Fase De Laboratorio

Dentro del desarrollo del tercer objetivo, con las muestras recolectadas en campo, se procedió a realizar los debidos ensayos en el laboratorio de Suelos y Pavimentos “DELTA CÍA. LTDA”, ubicados en el cantón Yantzaza.

Con la realización de los ensayos determinó las características geomecánicas del material existente en el área, considerando para ello los siguientes ensayos:

- Análisis granulométrico, límites de consistencia bajo la norma AASHTO 90-56. A su vez, la clasificación según las normas AASHTO Y S.U.C.S.
- California Bearing Ratio (CBR) de acuerdo con la norma ASTM 1883.
- PROCTOR ESTÁNDAR con la norma ASTM D1557
- Corte Directo (Cohesivos, No Cohesivos) con la norma ASTM D3080.



Figura 12 Realización de ensayos en Laboratorio DELTA

Fuente: El autor, 2022

Cabe recalcar que los ensayos realizados al material árido responden al uso que se les da a los mismos, de acuerdo con los permisos correspondientes.

5.3.4.3 Fase De Oficina

- **Análisis Multicriterio**

Una vez obtenidos los resultados de los ensayos de laboratorio, se procede a hacer una comparación entre sistemas de explotación que mejor se adaptan a la geometría del área de estudio. Para ello, a través de un análisis multicriterio, se presentó las ventajas y desventajas de los sistemas de explotación y a partir de ello, se escogió el que mejor se adapta y proporciona un mayor rendimiento en producción y costos.

Tabla 8. Análisis multicriterio de los sistemas de explotación

Sistema de explotación	Ventajas	Desventajas
1	Ventaja 1	Desventaja 1
2	Ventaja 2	Desventaja 2

Elaborado: El autor (2022)

- **Cálculo De Parámetros Técnicos**

A continuación, se presentan los cálculos para el diseño del sistema de explotación:

1. Ángulo de talud de los bancos en trabajo y definitivo

El cálculo del ángulo de talud de cada banco del open pit, será realizado mediante el uso de la siguiente formula:

$$\alpha = \arctan(f) \quad (1)$$

La expresión matemática utilizada para el presente cálculo relaciona el ángulo de talud en función al coeficiente de resistencia de la roca.

Donde:

α : ángulo de talud (°, grados)

f : coeficiente de resistencia de la roca

Se determinó de forma analítica el ángulo de talud, considerando que el valor calculado toma en cuenta el factor de seguridad equivalente a 1 lo cual significa que el banco se encuentra en equilibrio límite.

Tabla 9. Clasificación Geomecánica de Rocas de Protodyakonov

Categoría	Descripción	f
Excepcional	Cuarcita, Basalto y rocas de resistencia excepcional	20
Alta resistencia	Granito, areniscas silíceas y calizas muy competentes	15-20
Resistencia media	Calizas, granito algo alterado y areniscas	8-6

	Areniscas medias y pizarras	5
	Lutitas, areniscas flojas y conglomerados friables	4
	Lutita, esquistos y margas compactas	3
Resistencia baja	Calizas, lutitas blandas, margas areniscas friables, gravas, bolos cementados	2
	Lutitas fisuradas y rotas, gravas compactas y arcillas preconsolidadas	1.5
Resistencia muy baja	Arcillas y gravas arcillosas	1
	Suelos vegetales, turbas y arenas húmedas	0.6
	Arenas y gravas finas	0.5
	Limos y loess	0.3

Fuente: Santana Suárez (2019); **Elaborado:** Protodyakonov (1962); **Modificado:** El autor (2022)

Para la determinación de los ángulos de talud en trabajo y receso se utiliza dos métodos que son aplicando un coeficiente de estabilidad (K1 y K2) y ángulo de taludes para bancos, los coeficientes de estabilidad toman en cuenta la seguridad en el desarrollo de la actividad laboral, teniendo valores de 1,5 y 1,7 respectivamente.

2. Ángulo de talud en trabajo

Garantizando la seguridad ocupacional durante las jornadas de trabajo, el cálculo del ángulo de talud se divide para la relación 1.1, el mismo que corresponde a un coeficiente (K1) el cual considera posibles eventos sísmicos de ocurrencia en el área de influencia del área de estudio.

$$\alpha_{trabajo} = \frac{\alpha_{talud}}{K1}$$

Tabla 10. Ángulo de Taludes por tipo de roca según coeficiente de Protodyakonov

Clase de rocas	Características de macizo	Altura del banco Solitario m	Ángulo de talud para bancos, grados		
			De trabajo	De liquidación	
				solitario	Doblado o triple
	Rocas muy duras sedimentarias metamórficas y volcánicas	15 -20	Hasta 90	70-75	65-70
Duras Op > 8x10	Rocas sedimentarias duras poco fracturadas, metamórficas y volcánicas.	15-20	Hasta 80	60-75	55-60
	Rocas sedimentarias, duras, fracturadas y metamórficas y volcánicas	15-20	Hasta 75	55-60	50-55

Duras de poca resistencia y semiduras Op = 8x10	Rocas sedimentarias, metamórficas y volcánicas, areniscas y limonitas estables en taludes, gneis, granito y etc.	10-15	70-75	50-55	45-50
	Rocas meteorizadas y suaves para meteorización	10-15	60-70	35-45	35-40
Suaves y pulverulentas Op < 8x10	Rocas arcillosas	10-15	50-60	40-45	35-40
	Rocas arenosas - arcillas	10-15	40-50	35-45	30-40
	Rocas arenoso graveladas	10-15	Hasta 40	30-40	25-35

Fuente: Santana Suárez (2019) **Elaborado:** Dr. Sosa González Galo Humberto - Libro de Tecnología de Explotación de Minerales duros por el Método a Cielo Abierto **Modificado:** El autor (2022)

Considerando las propiedades físico - mecánicas de las rocas y la altura de banco definitivo, en la tabla 5, se determina el ángulo de talud de trabajo; en donde por seguridad ocupacional en comparación al ángulo calculado y el determinado en tabla se escoge el ángulo más bajo.

3. Pendiente media

Para el cálculo de la pendiente media hicimos uso de la siguiente fórmula:

$$Pend. Media = Sen^{-1} \left(\frac{Cota mayor - cota menor}{Longitud de línea} \right)$$

Donde:

Cota mayor: Cota más alta del frente de explotación.

Cota menor: Cota más baja del frente de explotación

Longitud de línea: es la medida de la línea de corte entre las dos cotas

4. Altura de los bancos temporales de trabajo

La altura de los bancos está definida por las características de la maquinaria a emplear en los trabajos mineros y se lo calcula mediante la siguiente expresión:

$$hb = 0,9 * ab; m$$

Donde:

hb: Altura del banco.

ab: Alcance del brazo de la excavadora

5. Número de bancos

El número de bancos a desarrollarse durante la explotación minera se la calcula con la siguiente expresión:

$$Nb = \frac{Hc}{Hb}$$

Donde:

Nb: Número de bancos.

Hc: Profundidad de la cantera.

hb: Altura de los bancos.

6. Ancho de la plataforma de trabajo

Para el dimensionamiento de la plataforma de trabajo se debe garantizar el tránsito adecuado de vehículos para ello utilizamos la siguiente fórmula matemática:

$$T = a * (0,5 + 1,5 * n); (m)$$

Donde:

T: Ancho de la vía de transporte, m.

a: Ancho del vehículo, m.

n: Número de carriles

Las volquetas que realizan el transporte del material tienen capacidad de carga de 14m³.

7. Desagüe

La cuneta es construida al borde de la plataforma con el objetivo de recibir y evacuar la máxima cantidad posible de agua lluvia en el menos tiempo posible y a su vez evitar cualquier filtración de esta dentro del frente de explotación; para ello el ancho de la cuneta diseñada será de 0.5 metros.

• Diseño Final De La Cantera

Para realizar el modelado de la cantera, hicimos uso del software RecMin, tomando en cuenta la topografía levantada con el Dron y apoyados en la ortofoto, de este modo se delimitó el frente de explotación y se procedió a realizar el diseño final.

El procedimiento consiste en generar superficies de bancos, según las características determinadas en las fórmulas antes mencionadas.

El programa nos permite diseñar la cantera, de tal manera que los bancos tengan una geometría estable para evitar deslizamientos de material.

Una vez generada la superficie de la cantera, se procede a recortarla acorde a la topografía levantada. En este caso, quedó delimitada como media cantera, para aprovechar la cantidad de material disgregado que se encuentra en el frente.

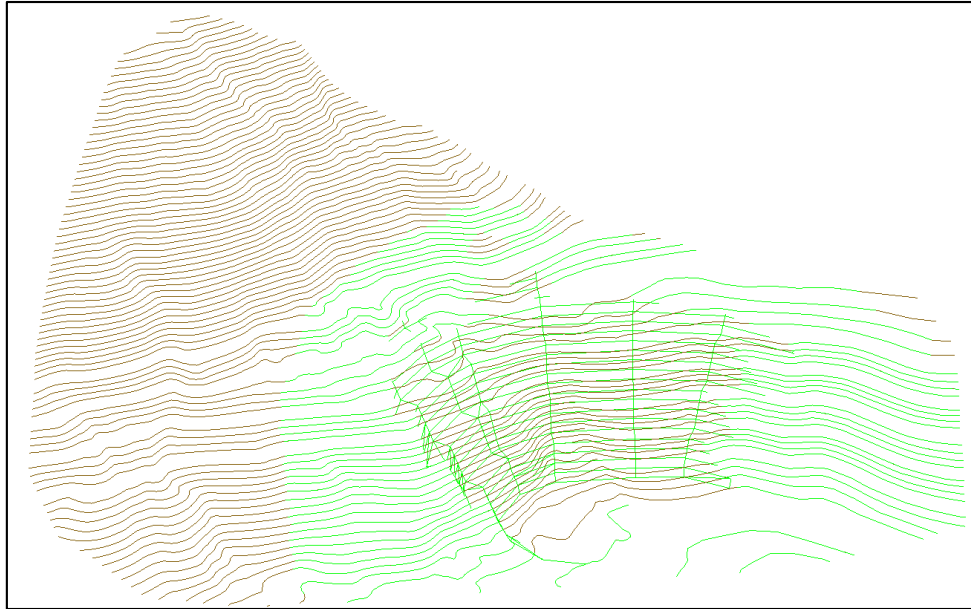


Figura 13 Vista de la superficie de la cantera recortada a la topografía
Elaborado: El autor, 2023

Al finalizar el diseño de la cantera adaptada a la topografía, se realiza una triangulación de las superficies cargadas, lo que permite visualizar mejor el diseño final. Seguidamente con la ayuda del AutoCAD, se realiza el dimensionamiento de las vías y rampas de la cantera, considerando longitud, pendiente y ancho, además del peralte en las vías principal y secundaria.

- **Ubicación de infraestructuras**

Con la finalidad de reducir los tiempos en el transporte del material, se definió una zona de stock dentro del área, para poder almacenar de manera provisional el material extraído en cada ciclo de trabajo y después trasladarlo al lugar donde se requiera su uso.

La zona de stock fue ubicada considerando algunas condiciones como:

- Que el volquete se mantenga en la misma cota de la vía en donde se encuentra el frente de explotación.
- Distancia adecuada de los márgenes máximos alcanzados por el río.

Así mismo, se realizó el diseño de un campamento, depósitos para desechos clasificados y un área para almacenamiento de combustibles, realizando el respectivo diseño de cunetas de desagüe para evitar inundaciones en el área de infraestructura.

Luego, haciendo uso de AutoCAD, se procedió a realizar el plano del área destinada para zona de stock, conociendo su geometría.

- **Cálculo de nuevos ciclos de trabajo**

Con el diseño de explotación propuesto y la ubicación de la zona de stock dentro del área, se realizó el cálculo de los nuevos ciclos de trabajo, haciendo uso de la tabla utilizada en

el objetivo 2, considerando que los tiempos se reducen por motivo de que las distancias ahora son más cortas. Así mismo, se presentó una tabla resumen de los cálculos de producción y vida útil del área de libre aprovechamiento, haciendo una comparativa entre la producción actual y la propuesta del sistema de explotación, tomando en consideración igual número de horas laborables en el área.

Tabla 11. Modelo de tabla para resumen de los cálculos de producción y vida útil del sistema de explotación actual y el propuesto

Resumen cálculo de producción y vida útil	
Producción actual	Propuesta
Ciclo por hora	
Nº de horas laborables	
Producción diaria	
Vida útil en días	
Vida útil en meses	

Nota: Elaborado por el autor (2022)

- **Costo por metro cúbico de material extraído con la propuesta**

En este apartado se toma en consideración la inversión mensual que tendría el GAD Zamora en el área de estudio, la cual es la resultante de la sumatoria de los nuevos costos de personal, insumos y mantenimiento de maquinaria. A su vez, se divide este valor para la cantidad de material extraído al mes, con la propuesta según lo indica la siguiente fórmula.

$$\text{Costo } m^3 = \frac{\text{Inversión mensual}}{\text{Cantidad de material extraído al mes}}$$

6 Resultados

6.1 Resultados Del Primer Objetivo

“Realizar el levantamiento de información topográfica y geológica del área minera para la estimación de reservas de material existente”

6.1.1 Topografía

Al hacer referencia a la topografía del Área de libre aprovechamiento para materiales de construcción “El Tablón GMZ”, el cual es la base para los resultados posterior que comprenden la cubicación del material disponible y posterior elección del sistema de explotación, se obtuvo los siguientes resultados:

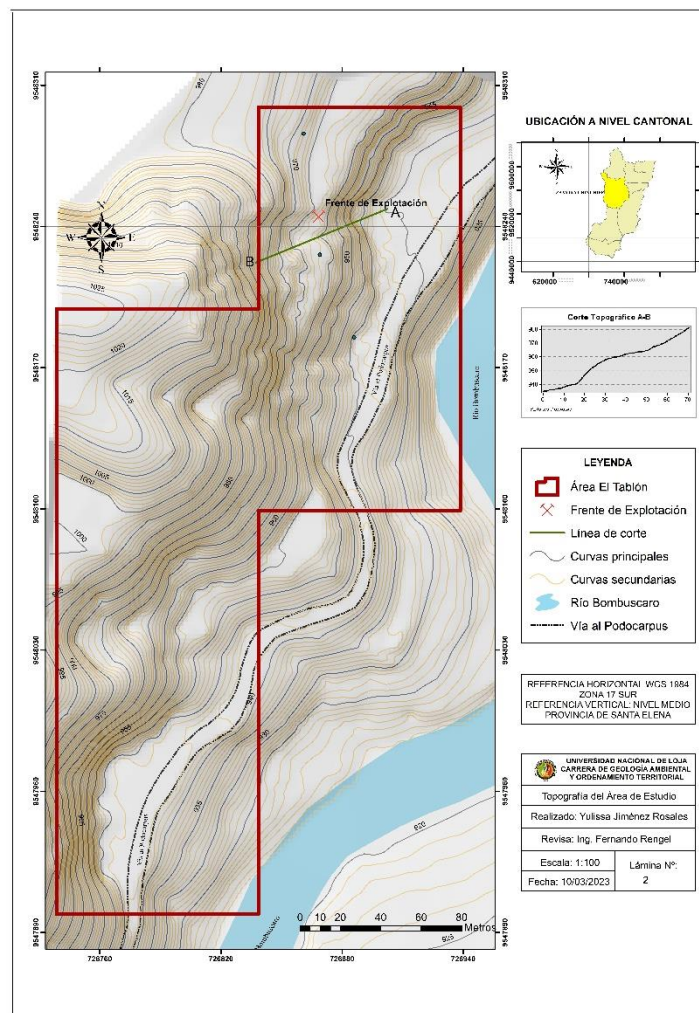


Figura 3: Mapa topográfico del Área de Libre Aprovechamiento “El Tablón GMZ”
Elaborado: El autor, 2023

El área de estudio presenta elevaciones que van desde 917 m.s.n.m. hasta 1018 m.s.n.m. Lo cual se puede observar a más detalle en el (Anexo 24. Mapa topográfico del Área de Libre Aprovechamiento "El Tablón GMZ", código 592157)

Ahora bien, es importante conocer las pendientes que se hallan presentes en la zona de estudio, la cual, a través de su representación en el mapa, ayudó en la elección del sistema de explotación para el área de libre aprovechamiento. En el (Anexo 24. Mapa de pendientes del Área de Libre Aprovechamiento “El Tablón GMZ”, código 592157) y en la tabla 11 se muestran los rangos de inclinación de las pendientes presentes.

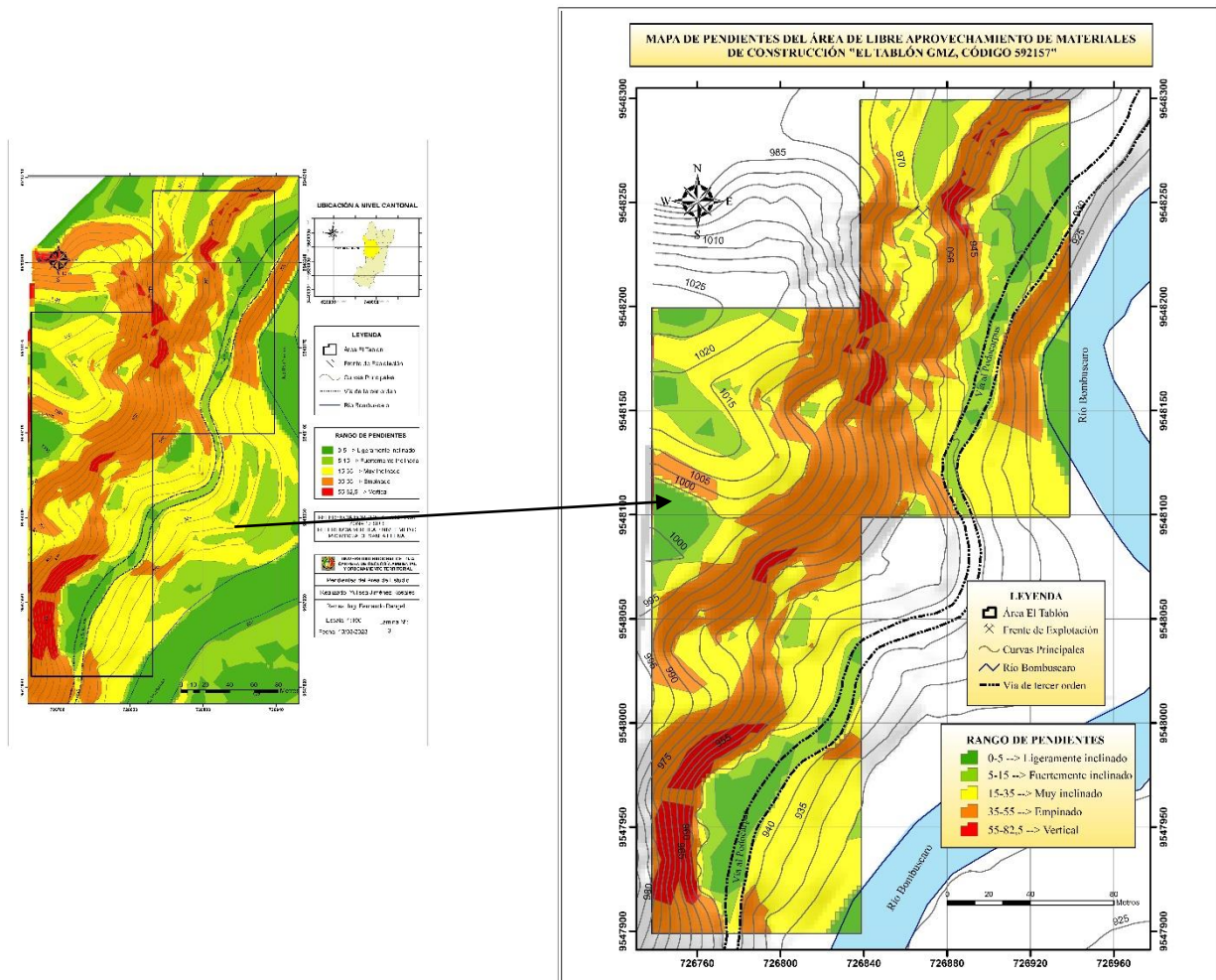


Figura 4: Mapa de pendientes del Área de Libre Aprovechamiento “El Tablón GMZ”
Elaborado: El autor, 2023

Tabla 12. Rangos de Pendientes del Área de Libre Aprovechamiento "El Tablón GMZ",

N.º	Simbología	Área (ha)	Perímetro (m)	Porcentaje (%)	Rango
1		0,44	1244,36	8,86	0-5 → Ligeramente inclinado
2		0,66	2765,19	13,29	5-15 → Fuertemente inclinado
3		1,92	4225,50	38,39	15-35 → Muy inclinado

4		1,76	761,14	35,15	35-55→Empinado
5		0,22	761,14	4,31	55-82,5 →Vertical

Nota: Elaborado por el autor (2023)

En cuanto a pendientes, el área de libre aprovechamiento para materiales de construcción “El Tablón GMZ”, las pendientes muy inclinadas ocupan 1,92 ha de terreno, que corresponde al 38,39%; seguidas de las pendientes empinadas con 1,76 ha que es el 35,15% del área; luego se encuentran las fuertemente inclinadas con 0,66 ha de terreno que corresponde al 13,26%; continuas se hallan las pendientes ligeramente inclinadas que abarcan un área de 0,44 ha que corresponde al 8,86% y finalmente se encuentran las pendientes verticales que son las que menor área de terreno ocupan, con solo 0,22 ha que corresponde al 4,31% del total del área de estudio.

6.1.2 Geología

El levantamiento de la información geológica se la obtuvo de la descripción de tres afloramientos distribuidos en el área, para ello se hizo uso del (**Anexo 3.** Ficha para descripción de afloramientos), que en el contexto regional pertenecen al Batolito de Zamora, caracterizado por la presencia de rocas ígneas.

Así mismo, el material disgregado por su grado de meteorización es explotado en el Área de Libre Aprovechamiento “El Tablón GMZ”, bajo la calificación de árido para sus usos previamente determinados en acápite anteriores. A continuación, se presenta una descripción de los afloramientos encontrados en campo, que nos permitieron determinar la unidad geológica a la que corresponden y las características mineralógicas del mismo.

a) Afloramiento 1

El primer afloramiento encontrado abarca lo que en la actualidad es el frente de explotación, con un ancho de 125,23 m y una altura de 65 m, se ubica en las coordenadas: 726908 – 9548191, a 934 m.s.n.m.



Figura 14: Afloramiento 1
Elaborado: El autor, 2022

Es un afloramiento natural, presenta cobertura vegetal de tipo arbustiva en la corona, en cuanto a su litología se puede evidenciar granito perteneciente al Batolito de Zamora con grado de meteorización alto. Entre las características físicas del material se evidencia la fácil disgregación de la roca en los primeros metros de las zonas aflorantes, existiendo solo pocos sitios en donde se puede encontrar material relativamente sólido (Roca de dureza media).

b) Afloramiento 2

El segundo afloramiento encontrado en el área de estudio tiene dimensiones de: 126,51 m de ancho y 52 m de altura. Se ubica en las coordenadas: X= 726782 – Y= 9547957, a 949 m.s.n.m.

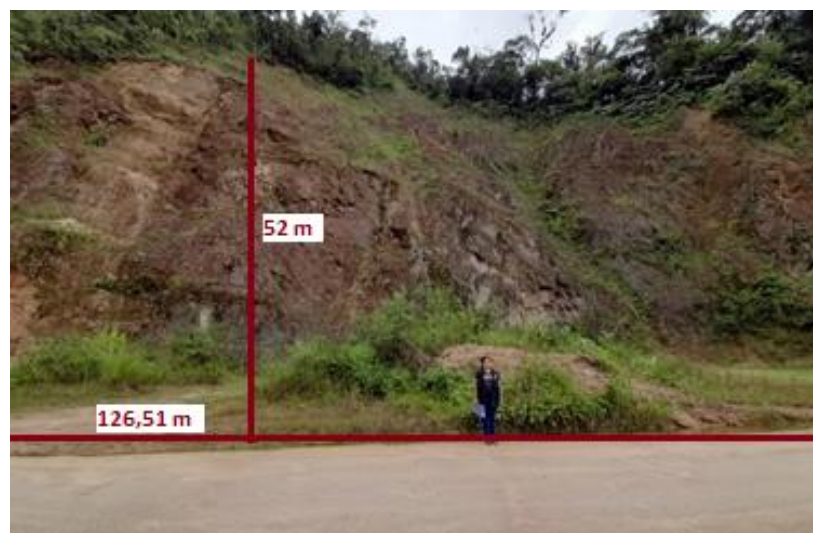


Figura 15: Afloramiento 2
Elaborado: El autor, 2022

Es un afloramiento natural, con cobertura vegetal de tipo arbustiva en la corona y pie. Al igual que el afloramiento anterior tiene como roca predominante el granito perteneciente al Batolito de Zamora, con grado de meteorización medio. A diferencia del afloramiento anterior, en este la roca se encuentra moderadamente consolidada por tanto su disgregamiento es menor.

c) Afloramiento 3

El tercer y último afloramiento presente en el área de estudio es de 12,58 m de ancho y 10,3 m de altura. Se encuentra ubicado en las coordenadas: X= 726751 – Y= 9547763 a una altura de 955 m.s.n.m.



Figura 16: Afloramiento 3
Elaborado: El autor, 2022

Este es un afloramiento natural, la vegetación es más abundante que en los afloramientos anteriores, su litología está caracterizada por granito con grado de meteorización medio.

De manera general, dentro de área de estudio la litología corresponde a granito, que se encuentra con grados de meteorización de medio a alto. Existen ciertos sectores en donde se puede encontrar roca consolidada, sin embargo, en su mayoría este material está disgregado, producto de la meteorización causada por agentes ambientales (lluvia, viento, oxidación)

Así mismo, para realizar la observación de los minerales que conforman la roca, se tomó una muestra de mano, ubicada en las coordenadas: 727141E – 9548663N, a una altura de 950 m.s.n.m.



Figura 17 Muestra de mano del área de estudio
Elaborado: El autor, 2022

La muestra de roca que se presenta en la figura 17, corresponde al afloramiento 1 del área de estudio, es granito perteneciente al grupo de las rocas ígneas plutónicas con una textura fanerítica, con una dureza de 7 en la escala de Mohs, con tonalidades claras, entre los minerales que la componen se pueden encontrar: cuarzo que conforman los cristales de la roca, es incoloro, también se puede evidenciar la presencia de feldespato en tonalidades rosas y plagioclasa, a su vez es visible las discontinuas oxidaciones de hierro, producto de la alteración de la roca por procesos químicos naturales.

Con los datos recopilados, se elaboró el mapa geológico local del área de estudio, que se puede apreciar mejor en el (Anexo 25. Mapa Geológico del Área de Libre Aprovechamiento “El Tablón GMZ”, código 592157), que corresponde a un solo tipo de material, que es el granito, perteneciente al Batolito de Zamora, sin embargo, al margen del río Bombuscaro se pueden

observar depósitos coluviales que es material meteorizado y transportado por acción de la gravedad hacia las partes bajas.

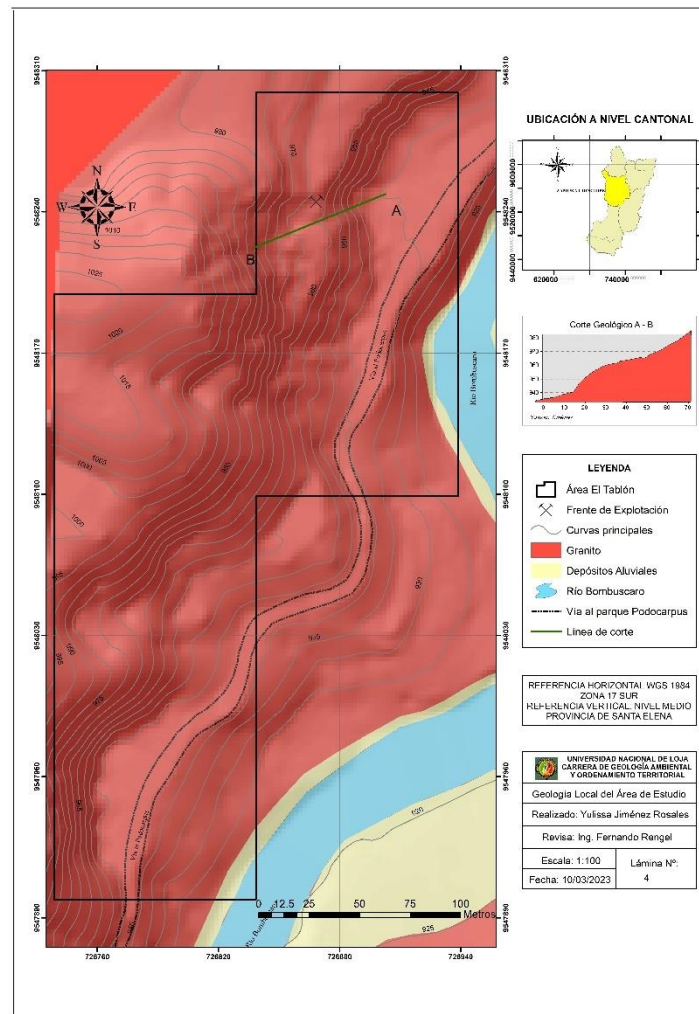


Figura 18: Mapa Geológico del Área de Libre Aprovechamiento “El Tablón GMZ”, código 592157
Elaborado: El autor, 2023

6.1.3 Delimitación Del Área De Explotación

Al referirnos al área de explotación, se hace mención del lugar con alto potencial de efectuar un aprovechamiento de material árido, tomando en consideración sus características topográficas, geológicas, litológicas y geomorfológicas. El área de libre aprovechamiento “El Tablón GMZ”, perteneciente al Gobierno Autónomo Municipal de Zamora, cuenta con un total de 5 hectáreas mineras concesionadas y el área donde se realizan las labores de explotación del material árido tiene un total de 1,2 hectáreas, debido a que en este sector se concentra el material de interés que es requerido para la obra pública.

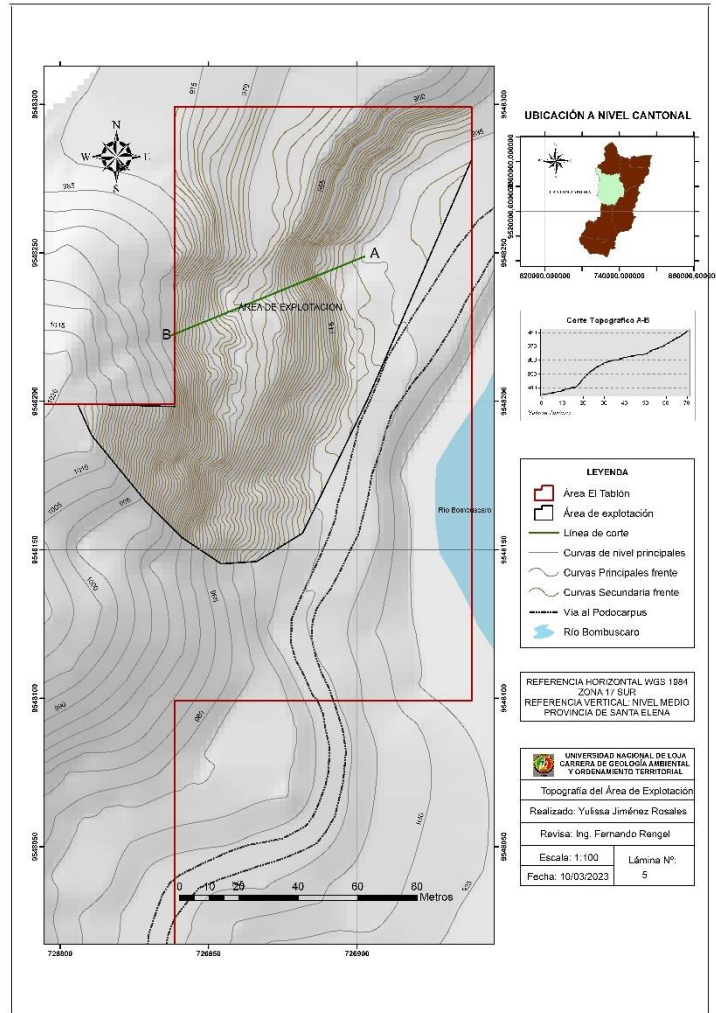


Figura 19 Mapa topográfico del frente de explotación
Elaborado: El autor, 2023

Según el (Anexo 26. Mapa topográfico del frente de explotación), y el perfil topográfico, cuenta con elevaciones que van desde los 935 m.s.n.m. hasta los 1010 m.s.n.m. con pendientes muy inclinadas a empinadas, por lo que se puede realizar el diseño de cantera en el mismo.

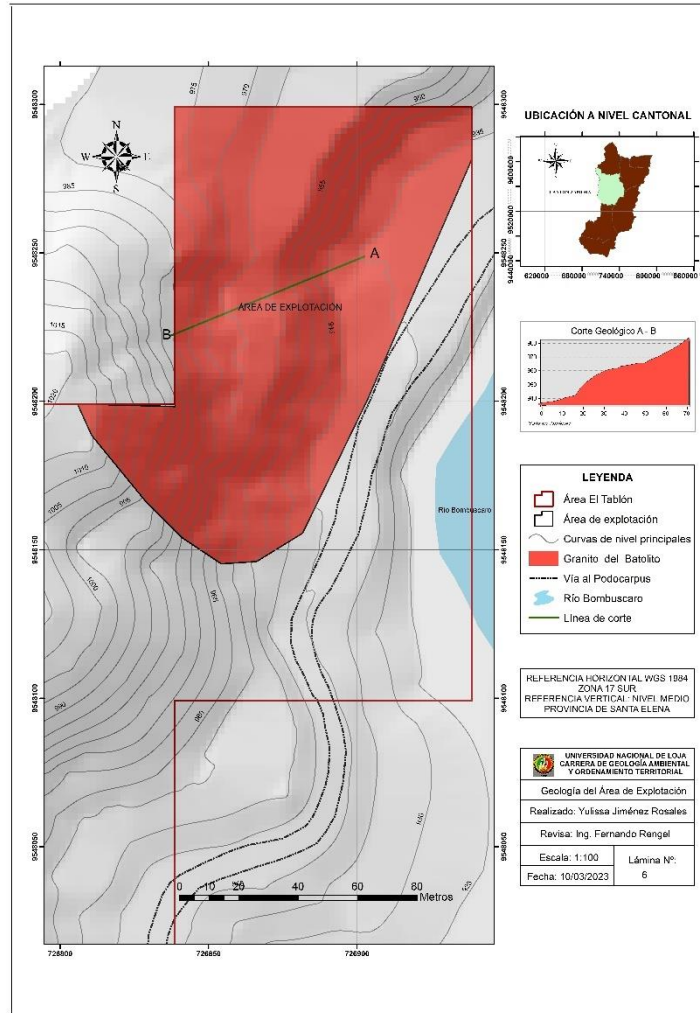


Figura 20 Mapa geológico del frente de explotación
Elaborado: El autor, 2023

Al hablar de la geología local del frente, (

Anexo 27. Mapa geológico del frente de explotación), se cuenta con el granito perteneciente al Batolito de Zamora, como litología aflorante. En la parte superficial se evidencia el granito disgregado por agentes meteorizantes, que es aprovechado como árido.

6.1.4 Cálculo De Reservas

Una vez conocidas las características topográficas, geológicas y litológicas del área de explotación, se procede al cálculo de reservas extraíbles dentro de la misma. A continuación, se detalla el cálculo las mismas.

Las calicatas realizadas en el área de estudio dieron los siguientes resultados:

a) Calicata 1

La calicata número 1 se realizó a un costado de la vía donde se ubica el frente de explotación, se ubicó en las coordenadas: X= 726886; Y= 9548185, a una altitud de 941 m.s.n.m.



Figura 21: Calicata 1

Elaborado: El autor, 2022

La calicata fue de dimensiones 1,85m x 2,70m y una profundidad de 1,27m. El material encontrado corresponde a granito disgregado. En el siguiente orden:

De 0m a 0,45m se encontró material suelto o disgregación de granito, de fácil excavabilidad, con paredes poco estables. La capa tiene un espesor de 0,45m.

De 0,45m a 1,27m de excavación, se encontró granito ligeramente consolidado, con excavabilidad media a difícil y paredes estables. La capa tiene un espesor de 0,82m.

A mayor profundidad de la excavación, se puede encontrar el granito consolidado, que no permite la excavación con la maquinaria.

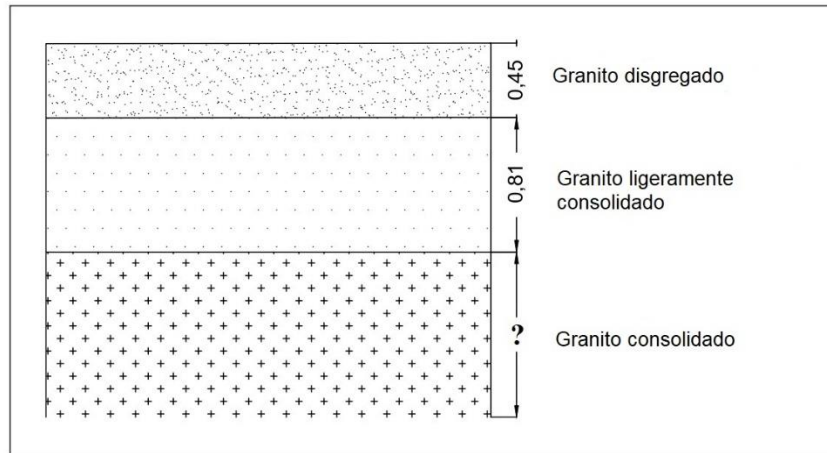


Figura 22 Columna estratigráfica de calicata 1
Elaborado: El autor, 2022

b) Calicata 2

La segunda calicata se realizó en las coordenadas: X=726861; Y= 9548286; a una altitud de 966 m.s.n.m., con un desnivel de 25 metros respecto a la cota de la calicata 1.

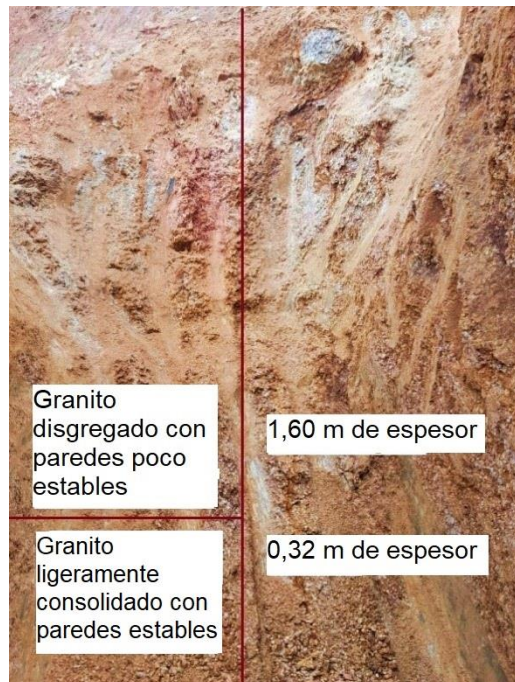


Figura 23: Calicata 2
Elaborado: El autor, 2022

Las dimensiones de la calicata fueron de 2,70m x 1,40m, con una profundidad de 2 metros. El material encontrado fue:

Desde 0m a 1,68m de excavación, se encontró material suelto que corresponde al granito disgregado, de fácil excavabilidad, con paredes poco estables. El espesor de esta capa es de 1,68m.

Desde 1,68m a 2m de excavación, se encuentra granito ligeramente consolidado, de difícil excavabilidad, donde sus paredes son estables. El espesor de esta capa es de 0,32m.

Es la máxima profundidad a la que se logró llegar en esta excavación haciendo uso de la maquinaria, porque el material que se encuentra a mayor profundidad corresponde al granito consolidado que a su vez no permite la excavabilidad con la maquinaria.

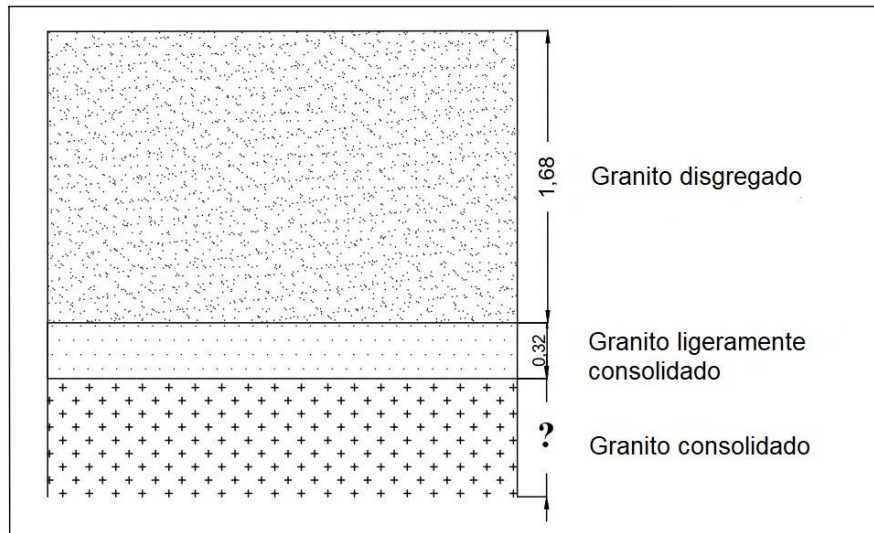


Figura 24 Columna estratigráfica de calicata 2

Elaborado: El autor, 2022

c) Calicata 3

La última calicata realizada en el frente de explotación del área de libre aprovechamiento “El Tablón GMZ”, se ubicó en las coordenadas: X= 726869; Y= 9548226, a una altitud de 959 m.s.n.m., esta excavación tiene un desnivel de 18m respecto a la calicata 1 y desnivel de 7m respecto a la calicata 2.



Figura 25: Calicata 3
Elaborado: El autor, 2022

Las dimensiones de la calicata fueron de 2,74m x 1,50m; con una profundidad de 2,40m. Los materiales encontrados corresponden a:

Desde los 0m a 1,30m de excavación, se encuentra material suelto correspondiente a la disgregación del granito, de fácil excavabilidad, con paredes poco estables. La capa tiene un espesor de 1,30m.

De 1,30m a 2,40m de excavación, la roca encontrada es granito ligeramente consolidado, de difícil excavabilidad y paredes estables. El espesor de esta capa es de 1,10m.

A mayor profundidad de la excavación, se puede encontrar roca sólida o granito consolidado que no permite la excavación con la maquinaria.

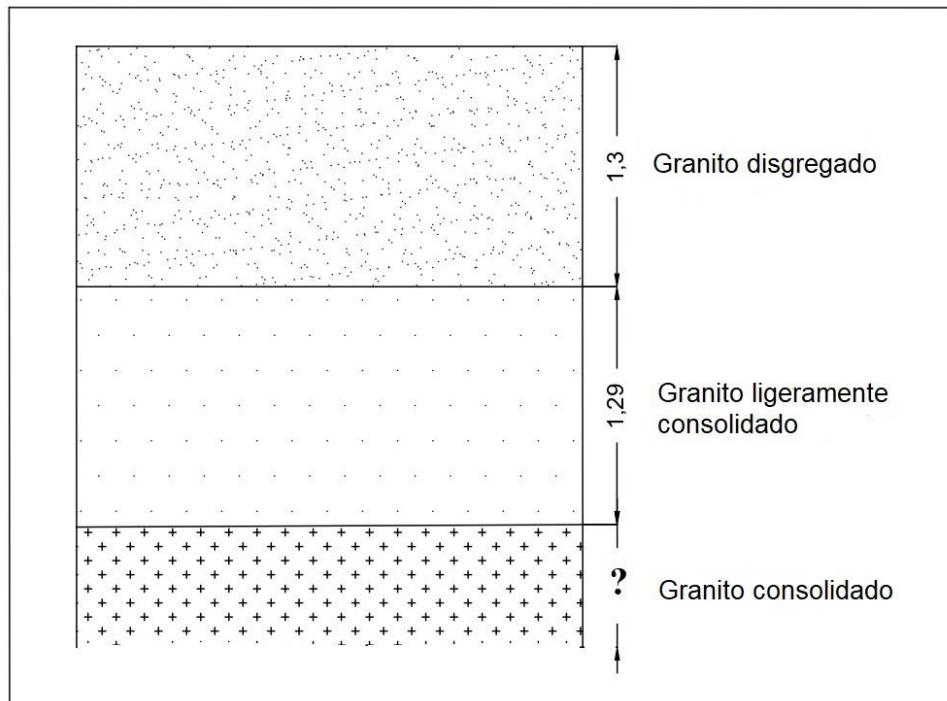


Figura 26 Columna estratigráfica de calicata 3
Elaborado: El autor, 2022

La correlación de las calicatas realizadas, permitieron conocer la continuidad del material presente en el área de explotación.

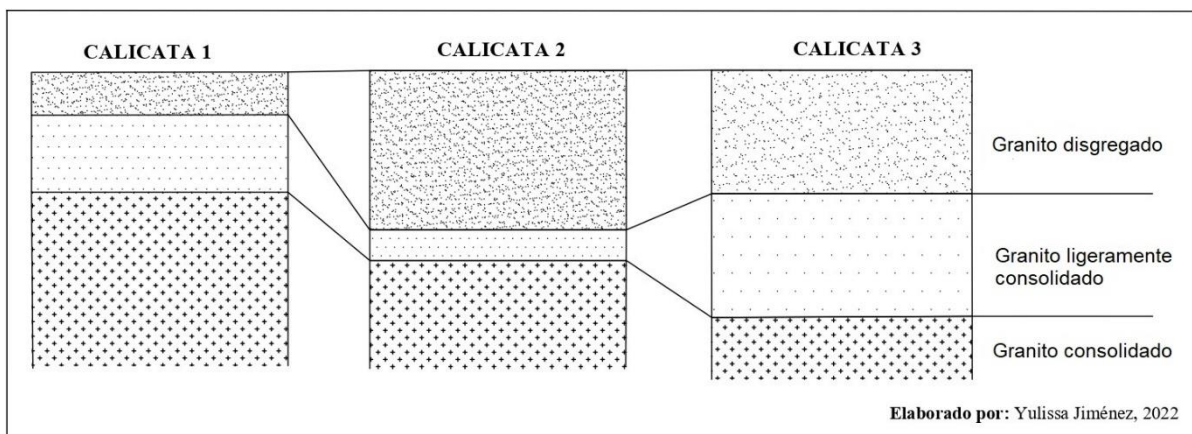


Figura 27 Correlación entre las calicatas realizadas
Elaborado: El autor, 2022

Con la información recolectada a través de las calicatas y el trazo de los perfiles del frente de explotación, (**Anexo 28**. Cálculo de reservas aprovechables por el método de perfiles topográficos), el cual tiene un área de 14106,63m², se pudo calcular las reservas preliminares aprovechables del área. Los resultados se muestran en la tabla 12:

Tabla 13. Resultado de cálculo de reservas preliminares del área

Perfil	Área (m²)	Distancia (m)	Sumatoria área	Volumen
1	737,96	20	737,96	10661,2
2	328,16	20	1066,12	7212,7
3	393,11	20	1459,23	5104,3
4	117,32	20	1576,55	3868,9
5	269,57	20	1846,12	3341,8
6	64,61	20	1910,73	646,1
7	0	20	1910,73	0
8	0	20	1910,73	0
Volumen Total (m³)				30835

Nota: Elaborado por el autor (2022)

Luego, con la fórmula de cálculo de volumen con perfiles revisado en la metodología, se obtuvo el valor del volumen para cada perfil. La sumatoria final de estos cálculos determina un volumen total de material extraíble de 30835 m³.

El material aprovechable es la cantidad de material suelto o blando (granito del Batolito de Zamora) existente en la actualidad, sin embargo, a medida que este material es arrancado, el material subyacente de mayor consistencia aflora a la superficie y por efecto de agentes meteorizantes como viento, precipitaciones, etc., este material se meteoriza en material de interés para el área, aumentando los recursos existentes.

Cabe recalcar que, al tratarse de un área de libre aprovechamiento, la vida útil no es mayor a dos años, tiempo en el que se pretende extraer la mayoría de las reservas aprovechables o lo que los permisos legales aprueben, que, en el caso del área de libre aprovechamiento, el volumen máximo a explotar es de 20.000 m³.

6.2 Resultados Del Segundo Objetivo

“Describir las operaciones y labores mineras que se llevan a cabo en el área de libre aprovechamiento El Tablón GMZ”

6.2.1 Descripción De Actividades

De acuerdo con las entrevistas realizadas a las personas responsables del área de libre aprovechamiento de materiales de construcción “El Tablón”, del Gobierno Municipal de Zamora, y el trabajo de campo se comprobó que el método de explotación del área es a cielo abierto, sin embargo, se evidencia que no existe un sistema de explotación definido. Además, es importante señalar que, en el área de libre aprovechamiento, no se encontraron hitos demarcatorios en los vértices de acuerdo con el permiso de la licencia ambiental otorgada.

- **Personal**

En el área de libre aprovechamiento “El Tablón GMZ”, labora personal de tipo: administrativo, operativo y obrero.

Tabla 14. Personal que labora en el área

Área de trabajo	N.º de personas
Administrativo	3
Profesional Operativo	4
Obreros	2
Total	9

Nota: Elaborado por el autor (2022)

- **Horario De Trabajo**

Todo el personal forma parte del Gobierno Autónomo Municipal del cantón Zamora; los administrativos, cumplen un horario de lunes a viernes de 8:00 hasta las 17:00; el personal operativo y obrero, tienen la misma jornada de trabajo, sin embargo, la extracción del material árido en el área “El Tablón GMZ” se realiza 3 veces a la semana, en un horario no mayor a tres horas, tiempo que ocupan en la extracción del material que sea requerido para la obra pública.

- **Esquema De Trabajo**

El ciclo de trabajo en el área está compuesto por actividades de arranque, carga y transporte de material, las cuales están a cargo del departamento de Obras Públicas del Gobierno Autónomo Descentralizado de Zamora.

Según la información dada, el material que tiene un uso específico para la obra pública que corresponde al mejoramiento vial, que comprende el relleno de vías y bordillos, además del relleno de las celdas de disposición final del relleno sanitario.

Es por esta razón que es explotado de forma irregular y de acuerdo con las necesidades de la institución.

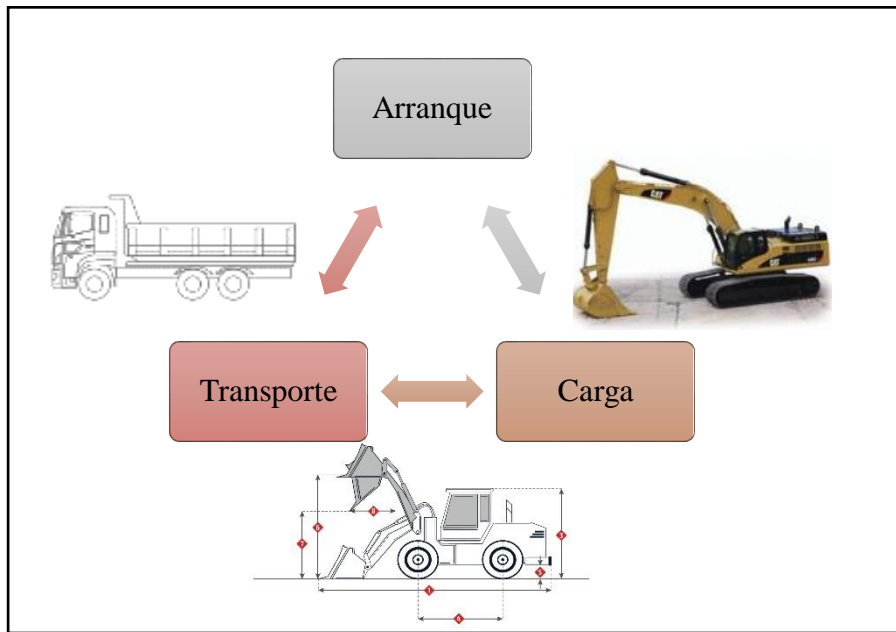


Figura 28 Actividades de ciclo de trabajo

Fuente: Autor, 2023

Al ser una explotación irregular, no cuenta con zona de acopio del material, sin embargo, en ocasiones se realiza el apilamiento temporal del mismo en la concesión aledaña “Bombuscaro GADMZ”.

- **Maquinaria Utilizada En El Área**

Respecto al tipo de maquinaria utilizada en el área de estudio se cuenta con:

- Actividades de arranque y carga del material

Esta actividad comprende la extracción del material del frente de explotación y su posterior carga al volquete.

- 1 Excavadora Caterpillar 324, esta maquinaria de orugas cuenta con un cucharón con capacidad de 1,8m³.



Figura 29: Excavadora Caterpillar 324

Elaborado: El autor, 2022

Tabla 15 Características de excavadora Caterpillar 324D LN

Modelo	Ancho del transporte	Capacidad de cucharón	Profundidad de excavación
Caterpillar 324 D LN	3,29 m	1,8 m ³	6,29 m
Rendimiento de motor	Revoluciones	Máx. Alcance lateral	Fuerza de rotura
140 kW	1800 rpm	9,62 m	149 kN

Fuente: (Specs, 2023)

b) 1 Cargadora frontal con capacidad de 2,5 m³; de marca John Deere 544G



Figura 30 Cargadora Frontal John Deere 544G

Elaborado: El autor, 2022

Tabla 16 Características de la cargadora Frontal John Deere 544G

Modelo	Ancho de la cuchara	Capacidad máx. de la pala	Capacidad mín. de la pala
John Deere 544G	2,59 m	2,5 m ³	1,6 m ³
Rendimiento de motor	Velocidad	Peso	Anchura de transporte
86 kW	38,4 km/h	11,16 t	2,36 m

Fuente: (Specs, 2023)

- Transporte del material extraído

Esta actividad comprende el traslado o transporte del material extraído y cargado del frente de explotación a la zona de descarga donde se requiera su uso, la cual puede ser directamente en la obra civil o apilamiento temporal en el área de libre aprovechamiento “Bombuscaro GADMZ”.

c) 1 volquete de 14m³ de capacidad; de marca HINO - FS700.



Figura 31: Volquete HINO FS700

Elaborado: El autor, 2022

Tabla 17 Características técnicas volquete HINO FS 700

Modelo	Ancho de maquinaria	Capacidad máx.	Longitud total
HINO FS700	3,5 m	14 m ³	7,6 m
Torque máximo	Peso bruto vehicular	Distancia entre ejes	Radio de giro
190 Kgf.m	27000 kg	3,6 + 1,35 m	8,8 m

Fuente: (MAVESA, 2023)

En cuanto al uso que se le da al material luego de ser explotado es para mantenimiento vial y para el recubrimiento de las celdas de disposición final en el relleno sanitario.

6.2.2 Ciclos De Trabajo

En campo, se pudo evidenciar el ciclo de trabajo del área minera, que corresponde al desarrollo de las actividades de arranque, carga y transporte del material árido, haciendo uso de la ficha de descripción de actividades, en la cual se registró los tiempos empleados para desarrollar cada actividad del ciclo.

Se tomó como referencia tres mediciones de ciclos de trabajo y de ellas, se obtuvo un promedio final, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 18. Ciclos de trabajo en el área de estudio

Ciclo de Trabajo 1						
Actividad	Maquinaria	Descripción	Tiempo (seg)	Tiempo (min)	Capacidad (m3)	Ciclo de trabajo
Arranque de material	Excavadora Caterpillar 324 DLN	Arranque del material del frente de explotación	840	14	1,8	1

Carga del material	Cargadora Frontal John Deere 544G	Carga de material arrancado del frente de explotación al volquete.	540	9	2,5	1
Transporte del material	Volquete HINO 700 Fs.	Traslado del material del frente de explotación a la zona de descarga donde se requiera su uso.	1200	20	14	1
Ciclo de Trabajo 2						
Actividad	Maquinaria	Descripción	Tiempo (seg)	Tiempo (min)	Capacidad (m3)	Ciclo de trabajo
Arranque del material	Excavadora Caterpillar 324 DLN	Arranque del material del frente de explotación	900	15	1,8	1
Carga del material	Cargadora Frontal John Deere 544G	Carga de material arrancado del frente de explotación al volquete.	480	8	2,5	1
Transporte del material	Volquete HINO 700 Fs.	Traslado del material del frente de explotación a la zona de descarga donde se requiera su uso.	1080	18	14	1
Ciclo de Trabajo 3						
Actividad	Maquinaria	Descripción	Tiempo (seg)	Tiempo (min)	Capacidad (m3)	Ciclo de trabajo
Arranque de material	Excavadora Caterpillar 324 DLN	Arranque del material del frente de explotación	870	14,5	1,8	1
Carga del material	Cargadora Frontal John Deere 544G	Carga de material arrancado del frente de explotación al volquete.	510	8,5	2,5	1
Transporte del material	Volquete HINO 700 Fs.	Traslado del material del frente de explotación a la zona de descarga donde se requiera su uso.	1260	21	14	1

Nota: Elaborado por el autor (2022)

Tabla 19. Tiempo promedio de las actividades en el área de estudio

Tiempo Promedio De Actividades						
Actividad	Equipos	Capacidad (m3)	Tiempo (seg)	Tiempo (min)	Ciclo de trabajo	Tiempo Total (seg.)
Arranque del material	Excavadora Caterpillar 324 DLN	1,8	870	14,5	1	870

Carga del material	Cargadora Frontal John Deere 544G	2,5	510	8,5	1	510
Transporte del material	Volquete HINO 700 Fs.	14	1180	19,7	1	1180
Tiempo Total (seg)						2560
Tiempo Total (min)						42,67

Nota: Elaborado por el autor (2022)

En el caso del arranque del material, la excavadora realiza esta actividad en un promedio de 14,5 min, considerando que en este tiempo extrae el material que completa la carga máxima del volquete.

Para la actividad de carga del material, la cargadora frontal hace uso de 8,5 min, en promedio para cargar el material extraído al volquete completando la capacidad de este último para su posterior transporte.

Finalmente, en la actividad de transporte del material hacia su disposición final ya sea en la obra civil o en el apilamiento temporal en otra área del GAD Zamora, el volquete hace uso de 19,7 min promedio, considerando el transporte de ida y regreso al área “El Tablón”.

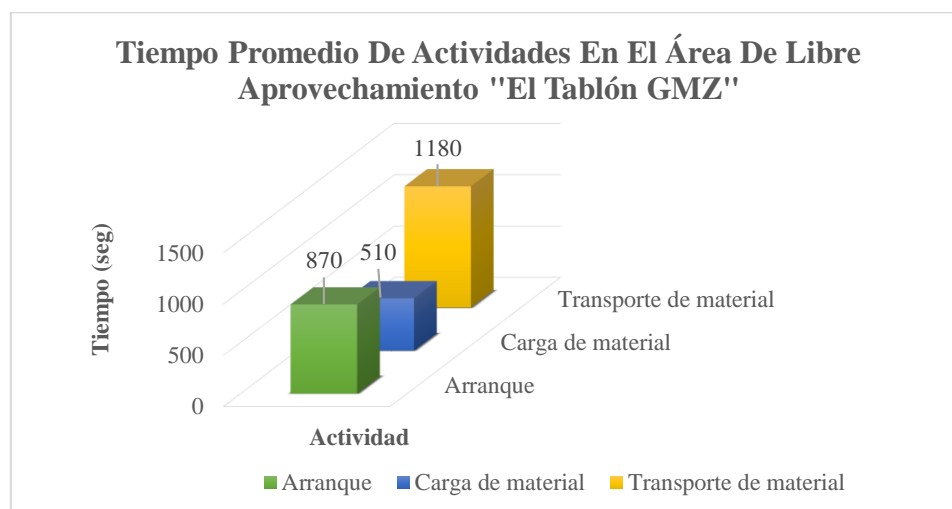


Figura 32: Gráfico del tiempo promedio de las actividades en el área de estudio
Elaborado: El autor, 2022

Como se puede observar en el gráfico estadístico, la actividad de transporte de material ocupa un tiempo mayor en el ciclo de trabajo, debido a que no se cuenta con una zona de stock del material en el área, por lo cual el mismo es trasladado hacia su lugar de destino o a una zona de almacenamiento provisional en otra área cercana, que también pertenece al Gobierno Municipal de Zamora. Se debe considerar también que, al hacer uso de la excavadora para el

arranque del material y la cargadora frontal para la carga, esta última está siendo subutilizada, es decir, no se está aprovechando la maquinaria eficientemente, lo que se refleja en los tiempos del ciclo de trabajo y en la producción diaria del área.

A continuación, se presentan los cálculos de ciclo de trabajo y producción diaria del área minera en la actualidad, considerando que las labores son realizadas 3 veces a la semana en horarios no mayores a tres horas, pues según el informe semestral de producción, actualmente en el área se explotan cerca de 60m³ al día.

- **Ciclo por hora**

$$\text{Ciclo por hora} = \frac{60 \text{ minutos}}{1 \text{ Ciclo de trabajo en minutos}}$$

$$\text{Ciclo por hora} = \frac{60 \text{ minutos}}{42,67 \text{ minutos}}$$

$$\text{Ciclo por hora} = 1,4 \text{ ciclos de trabajo/ hora}$$

- **Producción diaria**

$$\text{Producción diaria} = \frac{\text{Producción}}{\text{hora}} \left(\frac{m^3}{h} \right) * \text{número de horas}$$

$$\text{Producción diaria} = 19,69 \frac{m^3}{h} * 3 \text{ horas}$$

$$\text{Producción diaria} = 59,06 \frac{m^3}{\text{día}}$$

En cuanto a la producción diaria del área minera, actualmente se considera un horario laboral de 3 horas, por motivo que los trabajos en el área son esporádicos y no llevan un horario completo diario, esto a su vez se debe a que no se cuenta con una zona de stock para el acopio del material.

Conocidos los promedios del ciclo de trabajo del área de libre aprovechamiento, se realizó el cálculo del rendimiento de la maquinaria utilizada para el desarrollo de las actividades, las cuales se presenta a continuación:

- **Rendimiento de la maquinaria - Excavadora**

Rendimiento teórico:

$$QT = 3600 * \left(\frac{E}{Tc} \right)$$

$$QT = 3600 * \left(\frac{1,8}{112,98} \right)$$

$$QT = 57,36 \text{ m}^3/\text{h}$$

Rendimiento efectivo (práctico):

$$QTEX = QT \times KLL \times KT * \left(\frac{Tt}{Tt + Tp} \right)$$

$$QTEX = 657,36 \times 0,9 \times 1,15 * \left(\frac{7,7}{7,7 + 1} \right)$$

$$QTEX = 52,54 \text{ (m}^3/\text{h)}$$

- **Rendimiento de la maquinaria - Volqueta**

$$Rve = \frac{60 * Cv * E}{Tc}$$

$$Rve = \frac{60 * 14\text{m}^3 * 0,8}{19\text{min}}$$

$$Rve = 34,17 \text{ m}^3/\text{h}$$

Una vez obtenidos el tiempo de producción por hora y el rendimiento de la maquinaria utilizada en el Área de Libre Aprovechamiento “El Tablón GMZ”, se calculó la vida útil del proyecto tomando en cuenta los recursos medidos de este.

- **Vida útil de la mina**

$$Vida \text{ útil} = \frac{Volumen \text{ de recursos explotables (m}^3\text{)}}{Producción \text{ diaria } \left(\frac{\text{m}^3}{\text{día}} \right)}$$

$$Vida \text{ útil} = \frac{30835\text{m}^3}{59,06 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}$$

$$Vida \text{ útil} = 522,1 \text{ días}$$

Considerando que la explotación en el Área de Libre Aprovechamiento “El Tablón GMZ”, se realiza únicamente 3 días a la semana, en un horario laboral de 3 horas diarias, la vida útil del proyecto, considerando únicamente el material blando que corresponde a las reservas aprovechables, es de 43 meses.

6.2.3 Análisis Económico De La Explotación Actual En El Área De Estudio

En análisis económico se realizó con base a los salarios del personal que labora en el área, tomando a consideración los días en que se lleva a cabo las operaciones de extracción, carga y transporte del material árido, ya que esta actividad es intermitente en el área. Así mismo, se tomó en consideración los costos por insumos de combustibles y el mantenimiento de la maquinaria, que realiza el GAD de Zamora en el área de libre aprovechamiento “El Tablón GMZ” tomando en cuenta que en el área solo se trabajan 3 días a la semana, en horarios de 3 horas.

Dentro de este análisis se omiten detalles de venta del producto explotado ya que no procede por tratarse de un libre aprovechamiento, en donde no se enfoca en una rentabilidad económica, sino en una rentabilidad social, en beneficio del cantón y se limita al relleno de vías del cantón y de las celdas de disposición final del relleno sanitario. A continuación, se presenta una tabla con los salarios del personal que labora en el área de estudio.

Tabla 20. Salarios del personal del área de estudio

Personal del área de trabajo					
Nº Personas	Cargo	Días laborables	Sueldo Mensual Unificado	Sueldo por días laborados en el área al mes (8 horas)	Sueldo por días laborados en el área al mes (3 horas)
1	Operador de excavadora de oruga	12	738	402,55	150,95
1	Operador de vehículo pesado (volquete)	12	733	399,82	149,93
1	Operador de Cargadora frontal	12	738	402,55	150,95
1	Ayudante de maquinaria	12	561	306,00	114,75
1	Jornalero 1	12	561	306,00	114,75
1	Jornalero 2	12	561	306,00	114,75
Costo total de personal en el área				2122,91	796,09

Nota: Elaborado por el autor (2022)

El personal que labora en el área de libre aprovechamiento “El Tablón GMZ”, suma un total de 6, en donde sus salarios fluctúan entre \$561 a \$738, pero tomando en cuenta que en el área se laboran 12 días al mes en horarios de tres horas, dicho salario es recalculado para conocer el costo neto del personal que labora en el área, en los días destinados a las labores de explotación del área, constituyendo de esta manera un costo mensual en salarios del personal de 796,09 dólares.

Una vez conocido los costos por salarios del personal del área, se presenta en la siguiente tabla los costos por insumo y mantenimiento de la maquinaria utilizada en el área de libre aprovechamiento, considerando al igual que en la tabla anterior los días que se laboran en el área.

Tabla 21. Costos por insumos de combustibles y mantenimiento de maquinaria

Insumo de combustibles						
N°	Descripción	Cantidad	Galón / Hora	Costo / Galón	Costo / Hora	Costo Total Día
1	Excavadora Caterpillar 324	1	2,5	1,6	4	16
2	Cargadora Frontal John Deere 544G	1	2,5	1,6	4	16
3	Volquete HINO FS700	1	2	1,6	3,2	12,8
Costo total diario de insumo de combustible						44,8
Costo total mensual de insumo de combustible						537,6
Mantenimiento de la maquinaria						
N°	Descripción	Cantidad	Costo / Día	Costo / Mes		
4	Cambio de aceite, filtros, engrasado, entre otros	3	62,5	750		
5	Repuestos	6	16,67	200		
Costo total diario de mantenimiento de maquinaria						79,17
Costo total mensual de mantenimiento de maquinaria						950

Nota: Elaborado por el autor (2022)

El costo mensual de insumos y mantenimiento de la maquinaria utilizada en el área de libre aprovechamiento “El Tablón GMZ”, es de \$1487,60.

- **Costo por metro cúbico de material extraído**

Con los costos obtenidos en las tablas anteriores, se pudo conocer que el GAD Zamora, tiene una inversión mensual de 2283,69 dólares, que incluyen los salarios, insumos y mantenimiento de la maquinaria utilizada en el área de libre aprovechamiento “El Tablón GMZ”, código 592157.

Tomando en consideración la inversión y la cantidad de material extraído mensualmente del área de libre aprovechamiento, se pudo conocer el costo por m³ de material extraído, con la siguiente fórmula:

$$\text{Costo } m^3 = \frac{\text{Inversión mensual}}{\text{Cantidad de material extraído al mes}}$$

$$\text{Costo } m^3 = \frac{2283,69 \text{ USD}}{708,75 m^3}$$

$$\text{Costo } m^3 = 3,22 \frac{\text{USD}}{m^3}$$

El resultado de la fórmula anterior nos muestra que en el área de libre aprovechamiento “El Tablón GMZ”, código 592157, actualmente existe un costo de 3,22 dólares por metro cúbico de material extraído.

6.3 Resultados Para El Tercer Objetivo

“Proponer la elección del sistema de explotación técnicamente adecuado, considerando las condiciones geométricas y geomecánicas del depósito”

6.3.1 Características Geométricas

El frente de explotación del área de libre aprovechamiento “El Tablón GMZ” se ubica en las coordenadas: X = 726908 – Y = 9548191, a 934 m.s.n.m., y presenta las siguientes características:

Tabla 22. Características geométricas del área

Área total del proyecto	5 hectáreas
Área del frente de explotación	1,19 hectáreas
Recursos medidos en el área de explotación	30835 m ³

Nota: Elaborado por el autor (2022)

6.3.2 Características Geomecánicas

Los resultados obtenidos en laboratorio fueron analizados y comparados con la normativa ecuatoriana, específicamente con los valores que presenta el Libro Amarillo del MTOP, Capítulo 400, Sección 402 que refiere a Mejoramiento de la Subrasante, y Capítulo 800, Sección 817 que refiere a material para mejoramiento, terraplenes y pedraplenes. De los resultados obtenidos en laboratorio, los datos más representativos son los siguientes:

- Análisis Granulométrico

Tabla 23. Resultados del análisis granulométrico

Granulometría	
Contenido de humedad	7,75
Pasa Tamiz N.º 4	81%
Pasa Tamiz N.º 200	10%
Límites de Consistencia	
Límite líquido LL	0%
Límite Plástico LP	0%
Índice de plasticidad IP	No Plástico
Sistema de Clasificación de Suelos	

S.U.C. S	Arena mal graduada con limo con grava SP SM
AASHTO	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena

Nota: Elaborado por el autor (2022)

- Ensayo Compactación Proctor E Índice De Soporte California C.B.R.

Tabla 24. Resultados de ensayos de Compactación de Proctor y C.B.R.

Ensayo Compactación Proctor	
Densidad seca máxima	2,149 kg/m ³
Contenido de agua óptimo	7%
Resultado C.B. R	
	12,49%

Nota: Elaborado por el autor (2022)

- Ensayo De Corte Directo

Ensayo De Corte Directo	
Cohesión (C)	0,40 kg/cm ²
Ángulo de fricción interno (θ)	27, 83°

Nota: Elaborado por el autor (2022)

Según la normativa ecuatoriana no más del 20 por ciento de partículas pasará el tamiz N.º 200 (0,075 mm), de acuerdo con el ensayo AASHTO-T.11. Por lo que, en este caso, sí cumple los requisitos de material para mejoramiento, relleno, terraplenes y pedraplenes, al pasar únicamente el 10% de las partículas del material.

En cuanto a los valores de plasticidad y límites, como también el valor porcentual de CBR, la normativa menciona que la parte del material que pase el tamiz N.º 40 (0.425 mm.) deberá tener un índice de plasticidad no mayor de nueve (9) y límite líquido hasta 35%, siempre y cuando el valor de CBR sea mayor a 20%, por lo que, en este caso, el material que se extrae del área de libre aprovechamiento “El Tablón GMZ”, no cumple con los requisitos para ser utilizado como mejoramiento de la Subrasante.

6.3.3 Elección Del Sistema De Explotación

Para definir un sistema de explotación se tomó en cuenta parámetros como: topografía, geología, reservas, tipo de yacimiento y con base en un análisis multicriterio, se planteó dos sistemas de explotación tomando en consideración criterios técnicos, económicos y ambientales. Es por ello que se optó por dos opciones: Canteras en terrenos horizontales y Canteras en ladera.

Canteras en terrenos horizontales

Las canteras en terrenos horizontales son un sistema de explotación donde las labores mineras se inician en forma de trinchera hasta alcanzar el primer nivel, de este modo se va ensanchando según vayan avanzando las labores. El beneficio principal de este tipo de canteras es que permite proyectar una pista general de transporte lo que reduce los tiempos empleados en el mismo. Por otro lado, la desventaja de esta radica en los elevados costes de dimensionamiento adecuado de sistemas de drenaje y bombeo para lograr mantener seco el frente de trabajo. Además de realizar el transporte del material a contra pendiente. En la parte ambiental, al realizar el destape y preparación de bancos utiliza dimensiones de terreno muy grandes lo que refleja una contaminación visual notoria y además, se debe iniciar la etapa de restauración únicamente cuando se haya terminado la fase de explotación de material aprovechable.

Canteras en ladera

Las canteras en ladera son ampliamente utilizadas y están caracterizadas por un gran número de bancos. Este tipo de canteras tiene distintas alternativas de avance según la dirección de los trabajos de explotación, se puede realizar a través de un avance frontal y frente de trabajo de altura creciente o a su vez en explotación descendente y abandono de talud final en bancos altos. El beneficio de este tipo de canteras es que por las características que presenta el material a extraer, no se requiere de tratamientos posteriores, sino que es directamente llevado a su destino o a su vez a la zona de stock de material. Así mismo, al tener una geometría adecuada de sus bancos y plataformas de trabajo (estabilidad de taludes) permite retener el desprendimiento de materiales sueltos. Su desventaja es que se debe construir toda la infraestructura viaria para acceder a los niveles superiores desde el principio. Y en la parte ambiental la cantera en ladera hace que sea viable una restauración ambiental en aquellos bancos superiores en donde ya se han aprovechado sus reservas. Finalmente, al tener un adecuado diseño del sistema de explotación, se asegura la existencia de los elementos de drenaje para las temporadas de lluvia (Herbert, 2007).

Tabla 25. Análisis multicriterio de los sistemas de explotación

Sistema de explotación	Ventajas	Desventajas
Canteras en terrenos horizontales	<ul style="list-style-type: none">• Menor ocupación de los terrenos, por ende, menor impacto visual.• Permite la instalación de instrumentos como cintas transportadoras,	<ul style="list-style-type: none">• Necesitan efectuar el transporte del material a contra pendiente.• Presentan un mayor costo en cuanto a su sistema de drenaje y

	que optimizarían el trabajo.	bombeo para lograr mantener seco el frente de explotación.
	<ul style="list-style-type: none"> • Al ser horizontal permite la posición de la pista de transporte principal óptima reduciendo el tiempo de transporte en la misma. 	
Canteras en ladera	<ul style="list-style-type: none"> • Se caracterizan por tener un gran número de bancos de explotación. • El frente de explotación está siempre activo, lo que ayuda a reducir el tiempo del ciclo de trabajo. • Los materiales que se explotan no requieren de tratamientos posteriores complejos. • Permite iniciar la restauración ambiental con antelación y desde los bancos superiores hasta los de menor cota. • Requiere una definición previa del talud final. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se debe construir toda la infraestructura viaria para acceder a los niveles superiores desde el principio y obliga a una mayor distancia de transporte en los primeros años de la cantera.

Nota: Elaborado por el autor (2022)

Tomando en cuenta las ventajas y desventajas de los sistemas de explotación antes mencionados y considerando criterios técnicos, ambientales y económicos, se eligió el sistema de explotación de cantera en ladera con avance descendente, considerando principalmente que se acopla a las características del área, además es importante mencionar que, al trabajar en una explotación descendente, desde la cota más alta de los bancos, genera estabilidad en los bancos inferiores, previniendo de este modo el colapso parcial de un banco.

En la parte ambiental, a pesar de tener una contaminación visual notoria al tratarse de una explotación a cielo abierto, la cantera en ladera hace que sea viable una restauración ambiental en aquellos bancos superiores en donde ya se han aprovechado sus reservas gracias al avance descendente con el que se aprovecha el material en estos sistemas de explotación. Parte de esta restauración ambiental consta de rehabilitaciones integradas con especies vegetales autóctonas del sector.

Además, al tener un sistema definido donde se propone incluir una zona de stock dentro del área se reducen los tiempos empleados en el transporte por consiguiente se da una menor

formación de polvo o material particulado y se reduce la contaminación por ruido. Al tener un adecuado diseño del sistema de explotación, se asegura la existencia de los elementos de drenaje para las temporadas de lluvia que son frecuentes en nuestra área al pertenecer a una región amazónica, con esto se asegura la estabilidad de los bancos de trabajo evitando inconvenientes por desestabilización del terreno.

En la parte económica, si bien el aprovechamiento del material árido del área minera no es para la venta al tratarse de una institución pública, sino que su fin radica en el mejoramiento vial del cantón, es importante señalar que la elección de un sistema de explotación de cantera en ladera reduciría los costos que el GAD Zamora invierte actualmente en el desarrollo de la explotación del árido sin un sistema definido.

6.3.4 Implementación del sistema de explotación

- **Destape**

La actividad de destape corresponde a retirar o desmontar la capa vegetal presente en el área donde se pretende realizar el aprovechamiento del material árido, en nuestra área de estudio la actividad de destape es nula puesto que como se puede evidenciar en la fotografía aérea el área presenta vegetación perteneciente a un bosque primario, por lo cual, la extracción del material se hace únicamente en el área destinada al aprovechamiento del material árido que no presenta vegetación.



Figura 33 Ortofoto del área de estudio
Elaborado: El autor, 2023

- **Preparación**

La actividad de preparación consiste en el mejoramiento y ubicación de infraestructuras y vías presentes en el área de explotación, de manera que se permita el acceso libre, seguro y a tiempo a una zona determinada, además, se debe garantizar la circulación segura de los equipos de transporte en las rampas, para lo cual se deberá conocer las características geométricas de los mismos.

Para la construcción adecuada de vías se debe considerar la inclinación de terreno o pendiente respecto al plano horizontal, por lo que debe ser de máximo 12%, para asegurar el transporte seguro de los volquetes cargados o descargados, según la normativa ecuatoriana.

Los cálculos para obtener el ancho de la vía están controlados por el ancho de la maquinaria más amplia, berma de seguridad y número de carriles que se desea.

$$\text{Amplitud de vía} = (\text{Ancho de maquinaria} * \text{Berma de seguridad}) + \text{N.º de carriles}$$

$$\text{Amplitud de vía} = (3,5 \text{ m} * 1,5\text{m}) + 2$$

$$\text{Amplitud de vía} = 7,25 \text{ m}$$

Es importante conocer el peralte de la vía o rampa, que corresponde a la sobreelevación del lado exterior de la curva que se utiliza para contrarrestar la fuerza centrífuga que aparece en las curvas, que pueden ocasionar vuelcos. Para ello se utiliza la siguiente expresión:

$$\theta = \frac{V}{127,14 * R} - f$$

Donde:

θ = Peralte o tangente del ángulo del plano horizontal de la vía

V = Velocidad Km/h

R = Radio de la curva (m)

f = Coeficiente de fricción

$$\theta = \frac{3500 \text{ m/h}}{127,14 * 3,62 \text{ m}} - 0,40$$

$$\text{Tg}\theta = 0,126$$

$$\theta = 7,18^\circ$$

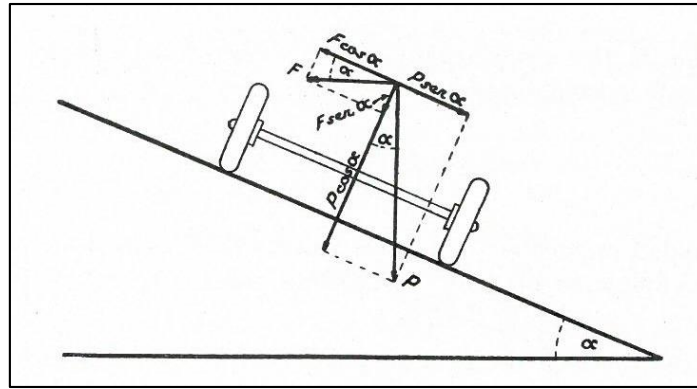


Figura 34 Representación del peralte en una vía
Elaborado: El autor, 2023

Para determinar la longitud de la vía desde la parte más baja hasta el banco con cota mayor, nos valimos de cálculos trigonométricos que a continuación se detallan:

$$\text{Sen } \theta = \frac{\text{Opuesto}}{\text{Hipotenusa}}$$

$$\text{hip} = \frac{Op}{\text{Sen } \theta}$$

$$\text{hip} = \frac{35 \text{ m}}{\text{Sen } 7,01^\circ}$$

$$\text{hip} = 286,78 \text{ metros}$$

Según el cálculo realizado la vía principal que conecta al banco de mayor cota tendrá una longitud aproximada de 286,78 metros, considerando una pendiente de 7° que toma en cuenta la maquinaria utilizada y la capacidad de carga del volquete, ya que de acuerdo con la normativa los vehículos pesados pueden ascender con una pendiente máxima de 12%.

Para el diseño de las rampas de trabajo para cada banco, se consideró que tanto la rampa y banco se encuentren en la misma cota, en caso de no ser posible se realizó el trazado teniendo en cuenta que la distancia entre la vía principal y el banco sea la menor posible.

○ **Ubicación De Zona De Stock**

Con la finalidad de reducir los tiempos en el transporte del material, se ha definido una zona de stock dentro del área, (**Anexo 31.**), para poder almacenar el material extraído en cada ciclo de trabajo y después trasladarlo al lugar donde se requiera su uso.

La zona de stock fue ubicada considerando las siguientes condiciones:

- Que el volquete se mantenga en la misma cota de la vía en donde se encuentra el frente de explotación.
- Distancia adecuada de los márgenes máximos alcanzados por el río.
- El área elegida para ubicar la zona de stock no tiene vegetación abundante.

Para calcular el área de la zona de stock debemos tener en cuenta que el material extraído del área de libre aprovechamiento será almacenado en pilas las mismas que tendrán una forma de cono truncado, es por ello que las dimensiones de la zona de stock está ligada a dos parámetros, el primero es la producción diaria y el segundo es la dimensión de cada una de las pilas, al extraerse un solo tipo de material todas las pilas tendrán las mismas dimensiones y por ende almacenaran la misma cantidad de material.

Para el diseño de las pilas se debe conocer el volumen del material, así como el ángulo de fricción del material con ello se logra calcular la superficie afectada por cada una de las pilas.

Iniciando con el diseño se propone un radio menor de 1 y un radio mayor de 3 metros esto con la finalidad de que los camiones pueden realizar las maniobras dentro de la zona de stock sin verse afectados por las pilas de material presentes.

La fórmula para calcular el volumen de la pila es:

$$\frac{1}{3}\pi h(R^2 + r^2 + Rr)$$

Donde:

R= Radio Mayor 3m

R= Radio Menor 1m

h= Altura 1.89 m =2

Θ = Angulo de fricción del material 27.83

En la siguiente figura se muestra detalladamente la forma de la pila tanto en planta como en perfil.

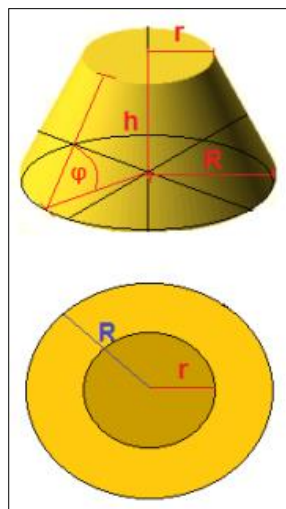


Figura 35 Geometría de pila de material

Elaborado: El autor, 2023

$$V = \frac{1}{3}\pi h(R^2 + r^2 + Rr)$$

$$V = \frac{1}{3} 3.14 * 1.8(3^2 + 1^2 + (3 * 1))$$

$$V = 24.50 \text{ m}^3$$

Si se tiene una producción diaria de 93.33 m³ nos da como resultado un total de 4 pilas aproximadas y semanalmente un total de 20 pilas las cuales ocupan un total de 376.99 m² sin considerar los espacios entre ellas.

La zona de stock se ubica en un área donde la cobertura vegetal es mínima y a su vez aprovechando que se encuentra al ras de la vía que conduce al frente de explotación, por lo que su instalación se podrá realizar sin mayor inconveniente.

○ **Almacenamiento de combustible**

Considerando el almacenamiento de combustibles dentro del área minera, se ha destinado una zona para su ubicación, cumpliendo con el Reglamento Ambiental de Actividades Mineras (RAAM), que menciona que se debe garantizar que los sitios de almacenamiento de combustibles sean ubicados en áreas no inundables, para ello dentro del área destinada para la ubicación de estas instalaciones se ha diseñado cunetas de desague de 0,5 metros, considerando en esta medida la pluviometría del cantón Zamora.

○ **Ubicación de campamento**

Para dar cumplimiento al Reglamento Ambiental de Actividades Mineras (RAAM), que en su artículo 66 hace mención a los campamentos dentro de un área minera. Se ha considerado ubicar en el área de libre aprovechamiento un campamento, de esta manera, el área destinada para estas instalaciones que incluye: zona de stock, campamento y almacenamiento de combustibles es de 1942.297 m², con un perímetro de 170.66 m.

Adicionalmente, se implementó a un costado de la vía una caseta para la ubicación de los desechos, mismos que se encuentran divididos por colores para su correcta clasificación, según lo indica la norma INEN 2841. Considerando que:

- **Color negro** No reciclables, no peligrosos, incluye todo residuo no reciclable.
- **Color verde:** Desechos orgánicos, de origen Biológico, restos de comida, cáscaras de fruta, verduras, hojas, pasto, entre otros. Susceptible de ser aprovechado.
- **Color rojo:** Peligrosos, residuos con una o varias características citadas en el código C.R.E.T.I.B.
- **Color azul:** Reciclables, es todo material susceptible a ser reciclado, reutilizado. (vidrio, plástico, papel, cartón, entre otros).
- **Color naranja:** Especiales, son los residuos no peligrosos con características de volumen, cantidad y peso que ameritan un manejo especial.

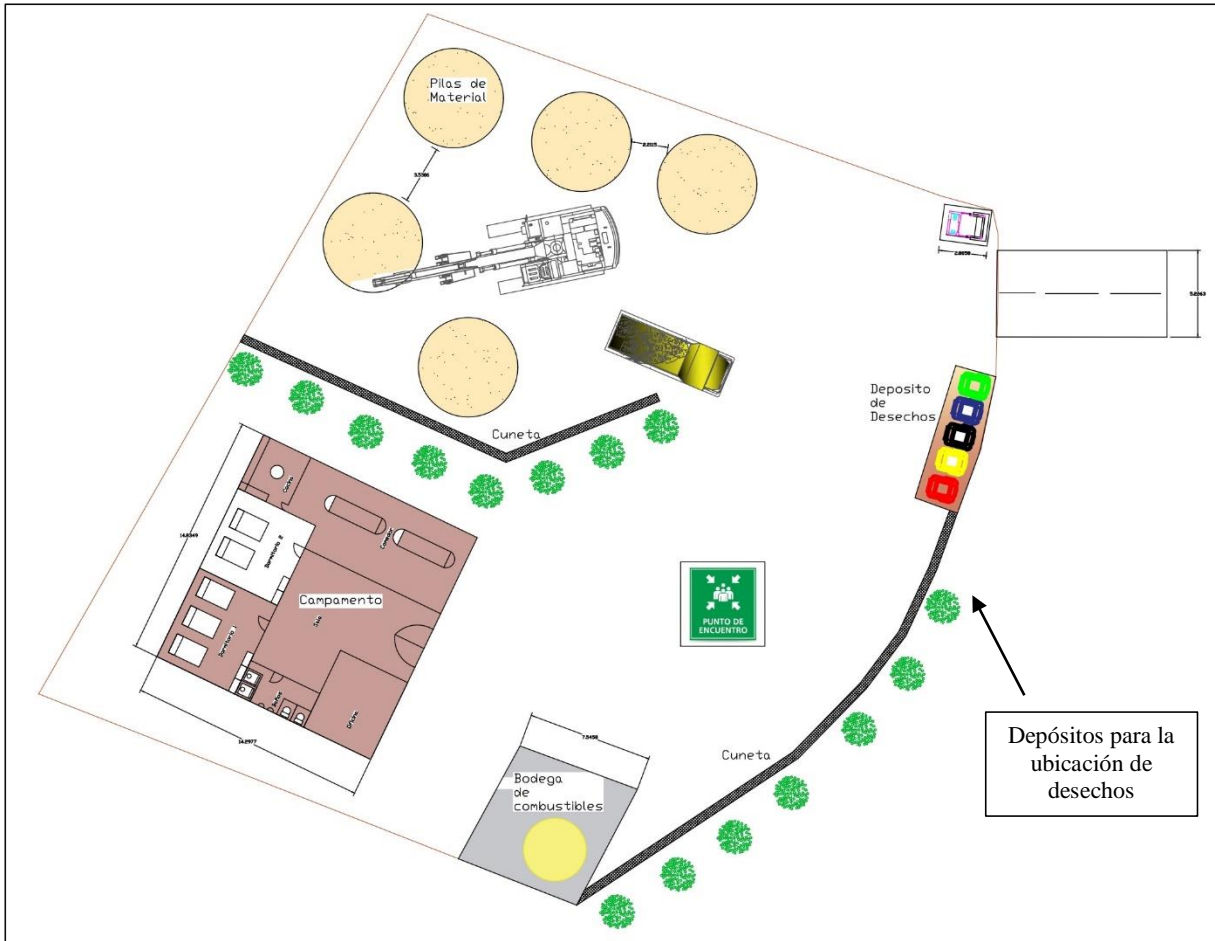


Figura 36 Diseño de Instalaciones
Elaborado: El autor, 2023

Además de las instalaciones antes mencionadas, es importante mencionar que se necesita de la implementación de señalética de seguridad dentro del área de libre aprovechamiento “El Tablón”, con el objetivo de que tanto personal del área como público en general, pueda identificar de manera sencilla los espacios, riesgos y peligros presentes en el área, para lo cual se propone la ubicación de señalética informativa y de seguridad, según lo indica la norma ISO 7010.

Para ello se debe conocer el significado y clasificación de los colores en las señales de seguridad, los cuales indican:

Tabla 26 Clasificación de los colores en señales de seguridad Norma ISO 7010

Color	Significado y Aplicabilidad de la Señal de Seguridad
-------	--

Azul (Obligación)	<ul style="list-style-type: none"> Representa obligatoriedad para alguna acción o comportamiento específico, además que en algunos casos es común cuando se requiere del uso de Equipos de Protección Personal.
Amarillo (Advertencia)	<ul style="list-style-type: none"> Representa la advertencia y da alusión indicaciones de precaución, verificación y atención.
Rojo (Prohibición)	<ul style="list-style-type: none"> Las Señales de prohibición están relacionadas a comportamientos peligrosos La Señal de Peligro y Alarma por lo general está representada por indicaciones de altos, dispositivos de emergencias y rutas de evacuación
Verde (Información general)	<ul style="list-style-type: none"> Este tipo de Señal es usada para el auxilio o salvamento a través de puertas o salida de emergencias, lugares o puesto para dar auxilios.

Elaborado: (HSETools, 2022) **Modificado:** El autor (2023)



Figura 37 Señalética informativa de seguridad
Elaborado: (EBERSIGN, 2022) **Modificado:** El autor (2023)

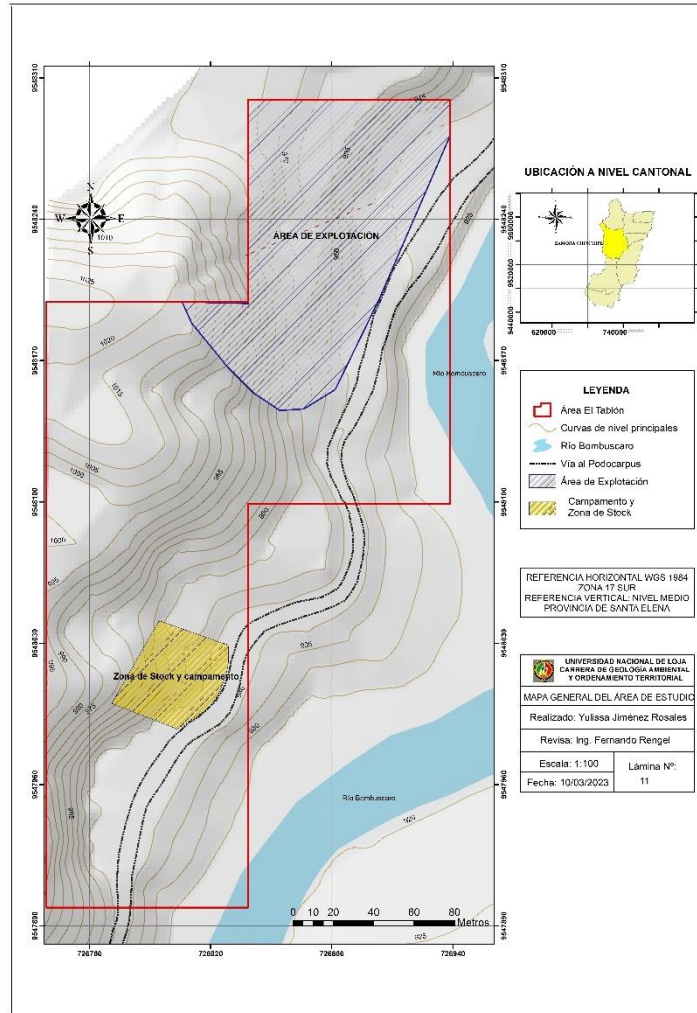


Figura 38 Mapa general del área de estudio
Elaborado: El autor, 2023

- **Arranque y carga**

La actividad de arranque corresponde a la extracción del material árido de los bancos de explotación, para ello se hace uso de una excavadora Caterpillar 324 DLN, que cuenta con una capacidad de 1,8 m³.

Como se había mencionado anteriormente, se propone potenciar el rendimiento de la excavadora para que realice el trabajo de arranque y carga, con lo que se omite el uso de la cargadora frontal que se encontraba siendo subutilizada actualmente y por ende se le puede dar uso en otra área minera o en la obra pública que la requiera.

Tabla 27 Características de excavadora

Modelo	Ancho del transporte	Capacidad de cucharón	Profundidad de excavación
Caterpillar 324 D LN	3,29 m	1,8 m ³	6,29 m
Rendimiento de motor	Revoluciones	Máx. Alcance lateral	Fuerza de rotura

140 kW

1800 rpm

9,62 m

149 kN

Fuente: (Specs, 2023)



Figura 39 Excavadora Caterpillar 324D LN

Fuente: Autor, 2023

- **Transporte**

La actividad de transporte consiste en el traslado del material extraído de los bancos de explotación hacia la zona de stock previamente definida dentro del área, para esta actividad se seguirá realizando con el volquete HINO 700 Fs, que cuenta con una capacidad de carga de 14 m³.

Esta actividad tendrá una reducción dentro de su tiempo de ciclo de trabajo porque se implementará la zona de stock dentro del área “El Tablón”, lo que a su vez tendrá un efecto positivo en el aumento de la producción diaria del área.

- **Escombrera**

Para el área de libre aprovechamiento “El Tablón GMZ”, no se requiere la implementación de una escombrera, debido a que el material es aprovechado en su totalidad.

6.3.5 Cálculos Para El Diseño De La Cantera

Basando la elección del sistema de explotación, para el diseño del sistema de explotación tipo cantera para el área de libre aprovechamiento “El Tablón GMZ” se consideran las siguientes fórmulas propuestas por Protodyakonov, según se especifica en la metodología de la presente investigación:

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

$$\alpha = \arctan(f)$$

$$\alpha = \arctan(7)$$

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

Nota: Se toma el valor de 7 para el coeficiente de resistencia media del material, porque pertenece a la categoría de resistencia media, como se muestra en la tabla de Protodyakonov.

Categoría	Descripción	F
Resistencia media	Granito algo alterado y areniscas flojas	7

- **Ángulo de talud en trabajo**

$$\alpha \text{ trabajo} = \frac{\alpha \text{ talud}}{K1}$$

$$\alpha \text{ trabajo} = \frac{80,53^\circ}{1,24}$$

$$\alpha \text{ trabajo} = 65^\circ$$

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

- **Pendiente media**

$$\text{Pend. Media} = \text{Sen}^{-1} \left(\frac{\text{Cota mayor} - \text{cota menor}}{\text{Longitud de línea de ambas cotas}} \right)$$

$$\text{Pend. Media} = \text{Sen}^{-1} \left(\frac{1010 - 935}{106,06} \right)$$

$$\text{Pend. Media} = 45^\circ$$

- **Altura de los bancos temporales de trabajo**

$$hb = 0,9 * ab; (m)$$

$$hb = 0,9 * 6,75 m$$

$$hb = 7 m$$

- **Número de bancos**

$$Nb = \frac{Hc}{Hb}$$

$$Nb = \frac{40 m}{7 m}$$

$$Nb = 5,7 \text{ bancos } Nb = 5 \text{ bancos}$$

- **Ancho de la plataforma de trabajo**

$$T = a * (0,5 + 1,5 * n); (m)$$

$$T = 3,5 * [0,5 + (1,5 * 1)]$$

$$T = 6,8 m$$

- **Desagüe**

La cuneta es construida a un extremo de la plataforma de trabajo con el objetivo de recibir y evacuar la máxima cantidad de agua lluvia en el menor tiempo posible y a su vez evitar cualquier filtración de esta en el frente de trabajo, por lo que la cuneta diseñada es de 0,5 metros.

Considerando las precipitaciones presentes en el área de estudio, donde el mes más seco presenta precipitaciones promedio de 115mm.

Una vez terminados los cálculos del sistema de explotación elegido, es importante representar gráficamente cada uno de los parámetros calculados.

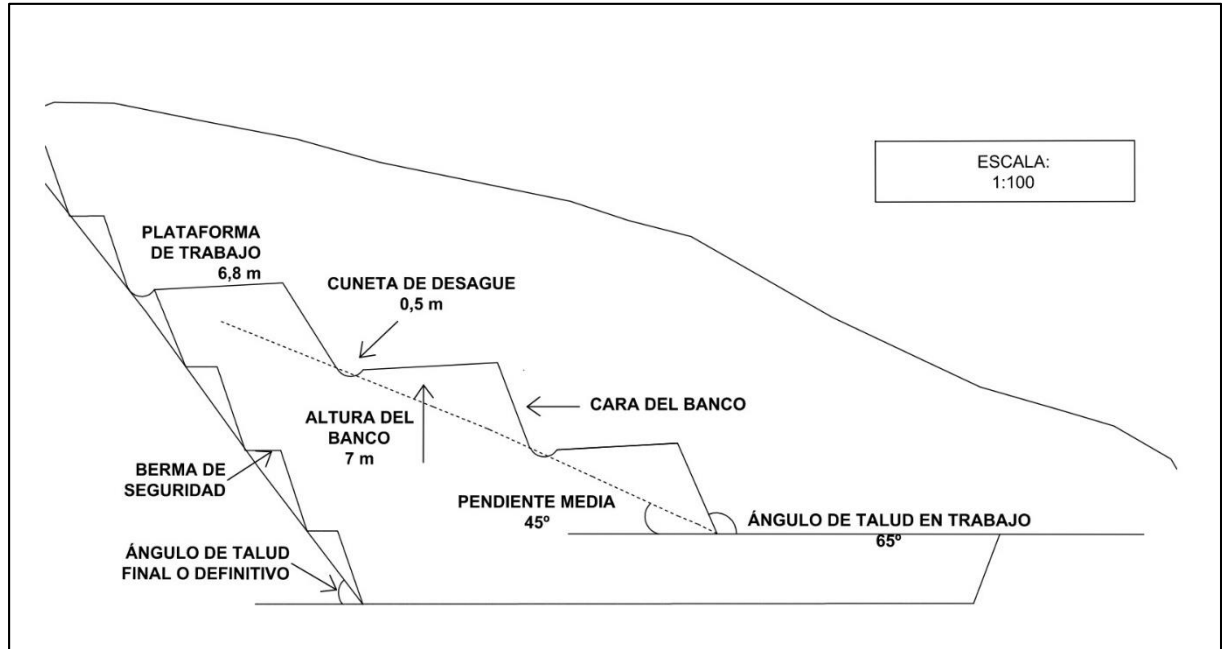


Figura 40: Parámetros geométricos de la cantera
Elaborado: El autor, 2023

6.3.6 *Diseño Final De La Cantera*

Con el uso del software RecMin, se procedió a realizar el modelamiento de la cantera que se propone en el presente trabajo investigativo (**Anexo 31**. Diseño del sistema de explotación propuesto), tomando en cuenta la topografía del área de libre aprovechamiento “El Tablón GMZ”, y apoyados en la ortofoto del área, luego en AutoCAD, se realizó el diseño y trazado de las vías, rampas y demás infraestructuras, presentando los siguientes resultados:

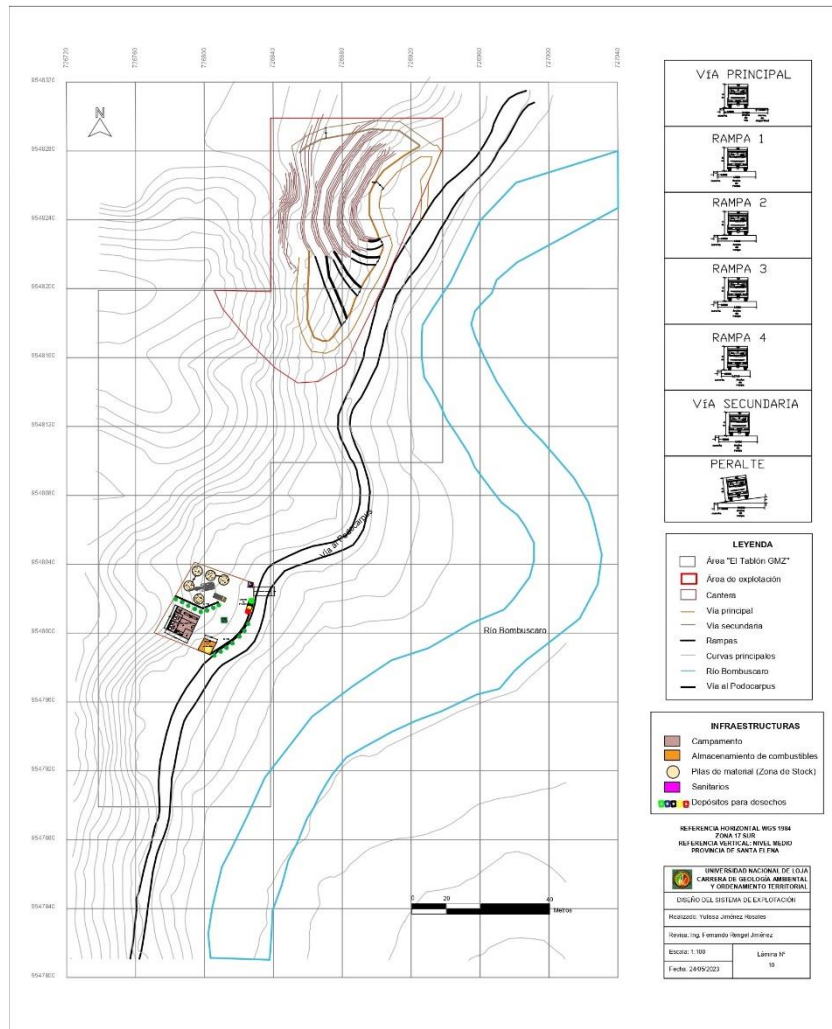


Figura 41 Diseño de la cantera en el área
Elaborado: El autor, 2023

El diseño del sistema de explotación fue realizado considerando los valores calculados anteriormente, teniendo un total de 5 bancos de explotación, con una altura de 7 metros cada uno, un ancho de plataforma de trabajo de 6,8 metros, la cual fue propuesta considerando la maquinaria utilizada en el área de estudio actualmente.

Además, se realizó el diseño de la vía que conducirá hasta el banco de cota mayor, la cual tiene una longitud de 286,7 metros y un ancho de 7,25 metros, considerando un peralte de curvas de 7, 18°.

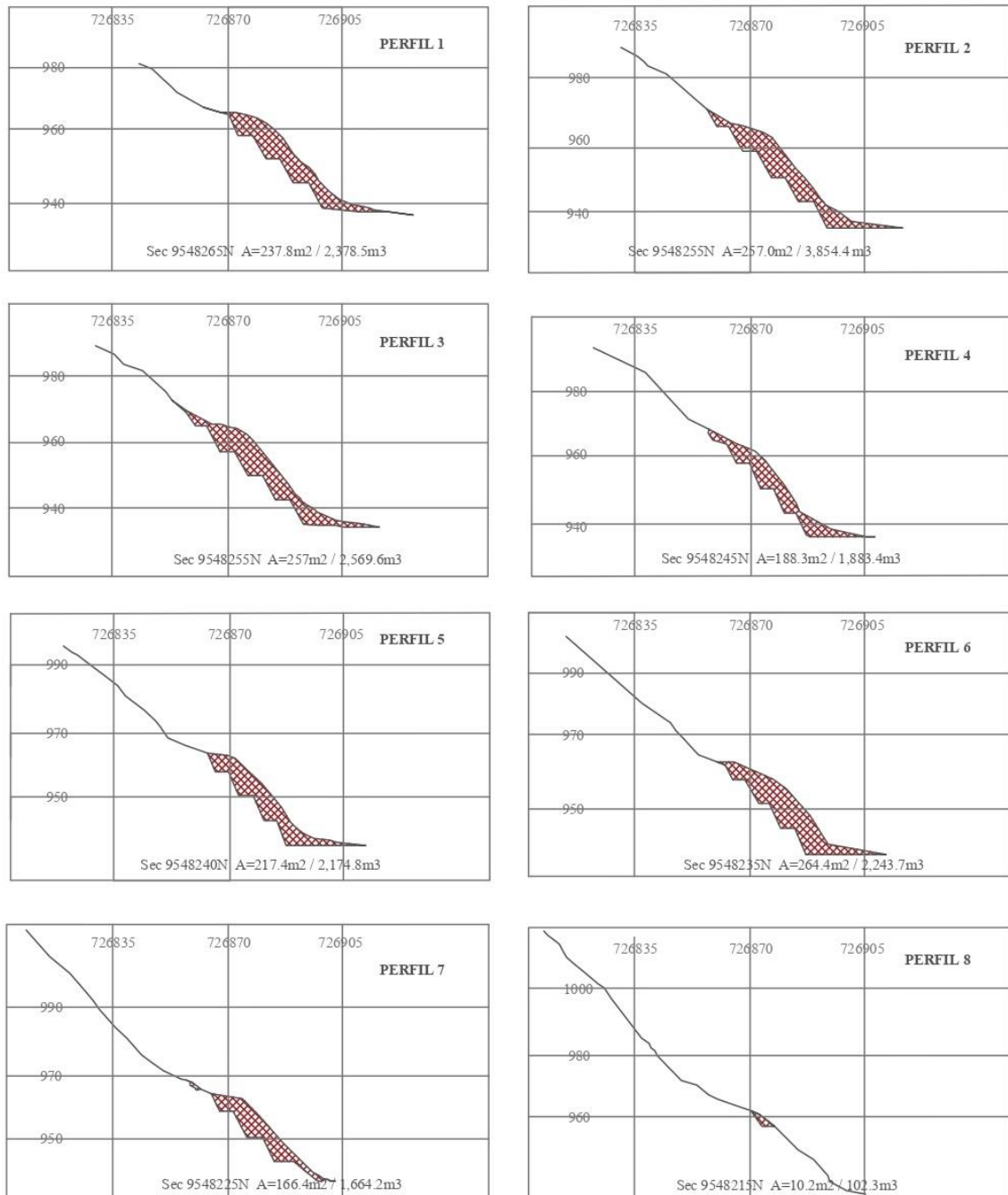


Figura 42 Perfiles de cantera en el software RecMin
Elaborado: El autor, 2023

En el software RecMin, se pudo realizar una sección de perfiles que trazados acorde a la topografía en campo y la adaptada al diseño de la cantera, (**Anexo 30.**), en estas secciones nos muestran áreas con volúmenes a extraer del material árido de los bancos de explotación. Realizando una sumatoria de los volúmenes que se calcula a través de estas secciones, tenemos un total de 16870,9 m³ de material a extraer con el diseño del sistema de explotación que se propone.

6.3.7 Estabilización del talud de los bancos

Con la finalidad de corroborar la estabilidad del talud de los bancos del área de explotación con el diseño que se propone en el presente trabajo investigativo, se hizo uso del software SLIDE 6.0, utilizando los métodos de mayor confianza en la determinación de estabilidad de taludes que son: Método de Bishop Simplificado y Método de Janbu.

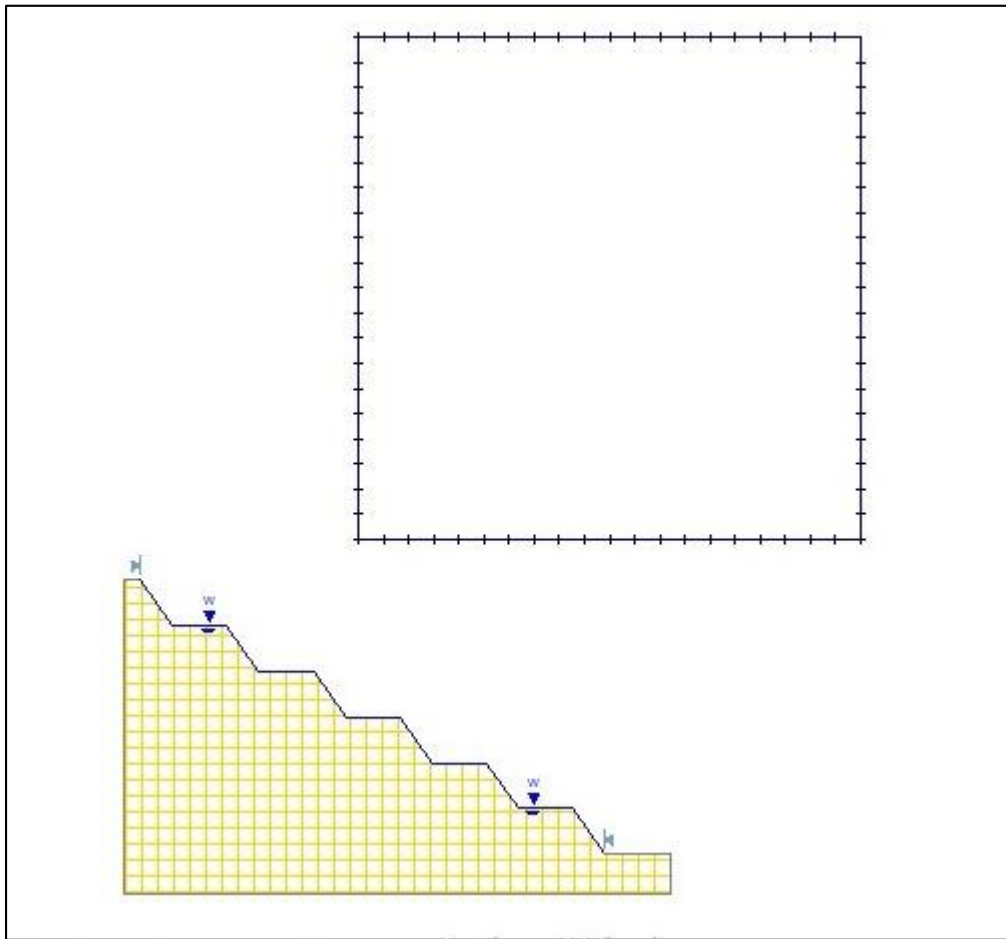


Figura 43 Perfil de cantera
Elaborado: El autor, 2023

El proceso inicia a partir de la definición del perfil de la cantera. Al encontrarnos en una zona de clima tropical húmedo, las precipitaciones serán continuas en todas las épocas del año, por lo cual dentro de los parámetros de estabilización se considera a toda la cantera bajo la influencia del agua o nivel piezométrico. Además de la geometría de los bancos de la cantera, se toma datos de cohesión y ángulo de fricción interno del material.

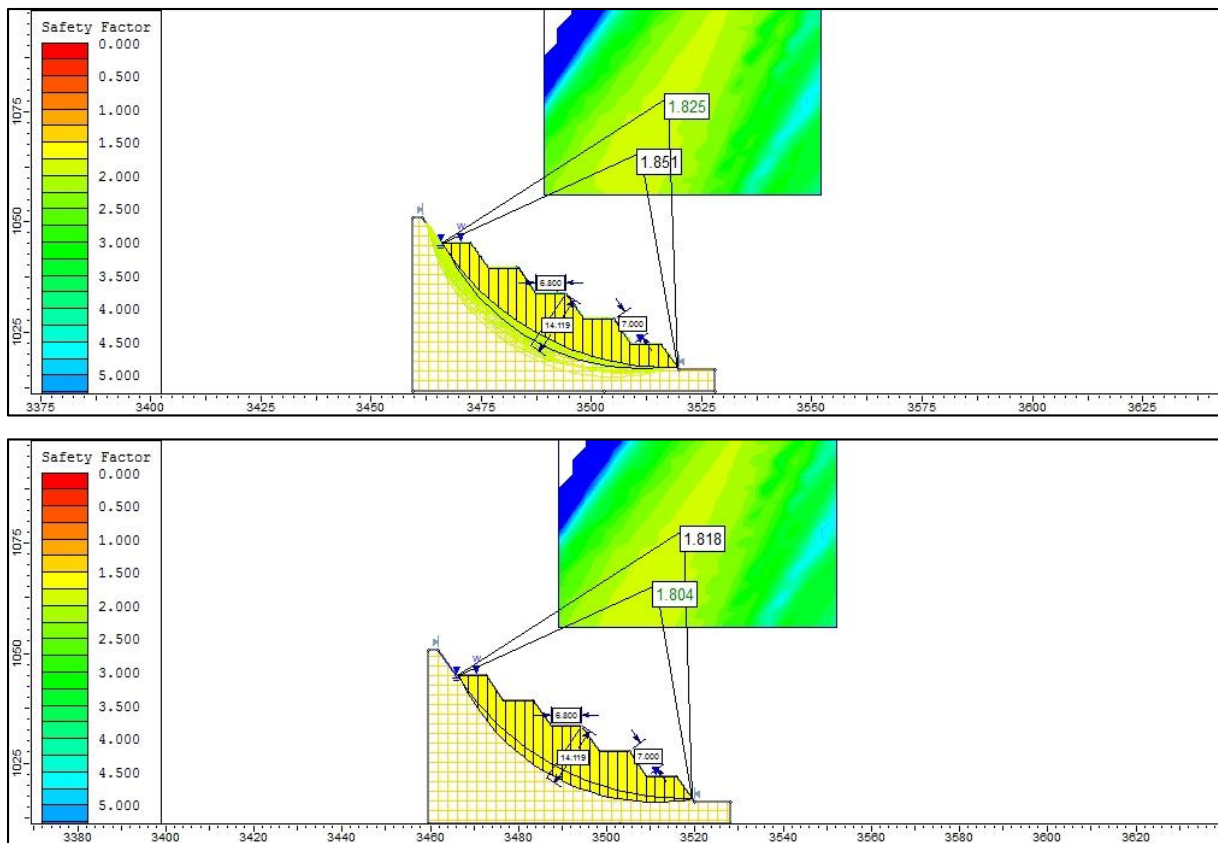


Figura 44 Factor de seguridad por rotura circular de pie

Elaborado: El autor, 2023

Se realizó el cálculo de factor de seguridad para el caso de rotura circular de pie, donde se considera una rotura a partir del primer banco de explotación, obteniendo los siguientes resultados:

- Con el método de Bishop simplificado: Factor de seguridad de 1,82 equivalente a estable.
- Con el método de Janbu: Factor de seguridad de 1,80 equivalente a estable.

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede evidenciar que el diseño de sistema de explotación de cantera en ladera con avance descendente para el área de libre aprovechamiento “El Tablón GMZ”, cumple con los requisitos de estabilidad en su aplicación.

6.3.8 *Ciclo de trabajo del sistema de explotación propuesto*

A continuación, se detalla los promedios del ciclo de trabajo con la propuesta del sistema de explotación, además, de la incorporación de la zona de stock dentro del área de libre aprovechamiento.

Tabla 28. Promedio de las actividades con el sistema de explotación propuesto

Tiempo Promedio De Actividades						
Actividad	Equipos	Capacidad (m3)	Tiempo (seg)	Tiempo (min)	Ciclo de trabajo	Tiempo Total (seg.)
Arranque y carga del material	Excavadora Caterpillar 3-24 DLN	1,8	1080	18	1	1080
Transporte y acopio del material	Volquete HINO 700 Fs.	14	540	9,0	1	540
Tiempo Total (seg)						1620
Tiempo Total (min)						27,00

Nota: Elaborado por el autor (2022)

Es importante enfatizar que, la tabla anterior muestra el tiempo promedio deducido de las actividades que se realizarán en el área, a partir de la puesta en marcha de la propuesta de elección del sistema de explotación.

Con la investigación realizada y apoyada de las visitas de campo, se pudo evidenciar que la cargadora frontal, estaba siendo subutilizada en el ciclo de trabajo, por lo que se planteó la utilización de la excavadora para las actividades de carga y transporte del material, aumentando la eficiencia en el uso de esta maquinaria y reduciendo el ciclo de trabajo en estas dos actividades. Así mismo, el volquete realizará las labores de transporte y acopio del material extraído, para este último se destinó una zona de stock dentro del área de libre aprovechamiento, dando como resultado una reducción significativa de los tiempos de transporte.

Seguidamente, se presenta un resumen de los cálculos de producción y vida útil del área, haciendo una comparativa entre la producción actual y la propuesta del sistema de explotación, tomando en consideración igual número de horas laborables en el área.

Tabla 29. Resumen de los cálculos de producción y vida útil del sistema de explotación actual y el propuesto

Resumen cálculo de producción				
	Producción actual		Propuesta	
Ciclo por hora	1,4	ciclo/hora	2,2	ciclo/hora
Nº de horas laborables	3	horas	3	Horas
Producción diaria	59,06	m3/día	93,33	m3/día
Vida útil en días	522,1	días	330,4	Días
Vida útil en meses	43	meses	27	Meses

Nota: Elaborado por el autor (2022)

Con la propuesta del sistema de explotación, se puede evidenciar el aumento de 0,8 ciclo/hora en el ciclo de trabajo, así mismo, la producción diaria aumenta 34,27 m³ a comparación de la actual y por último la vida útil del área de libre aprovechamiento, se reduce de 43 a 27 meses, considerando los 12 días laborables al mes.

Estos avances se dan principalmente porque se omitió el uso de una maquinaria y se redujeron los tiempos en el transporte, ya que al contar con una zona de stock dentro del área los tiempos en transporte y acopio del material se reducen de 19 min a 9 min.

Seguidamente se presenta una tabla con las personas que laboran en el área:

Tabla 30. Salarios del personal del área de estudio

Personal del área de trabajo					
N.º Personas	Cargo	Días laborables	Sueldo Mensual Unificado	Sueldo por días laborados en el área al mes (8 horas)	Sueldo por días laborados en el área al mes (3 horas)
1	Operador de excavadora de oruga	12	738	402,55	150,95
1	Operador de vehículo pesado (volquete)	12	733	399,82	149,93
1	Ayudante de maquinaria	12	561	306,00	114,75
1	Jornalero 1	12	561	306,00	114,75
1	Jornalero 2	12	561	306,00	114,75
Costo total de personal en el área				1720,36	645,14

Nota: Elaborado por el autor (2022)

Actualmente laboran seis personas en el área de libre aprovechamiento “El Tablón GMZ”, sin embargo, al omitir el uso de la cargadora frontal, se reduce una persona en el personal, la cual puede cumplir su jornada de trabajo en otra área. Recalculando los salarios del personal que labora en el área, en los días destinados a las labores de explotación, constituyen un costo mensual de 1720,36 dólares.

Una vez conocido los costos por salarios del personal del área, se presenta en la siguiente tabla los nuevos costos por insumo y mantenimiento de la maquinaria utilizada en el área de libre aprovechamiento.

Tabla 31. Costos por insumos de combustibles y mantenimiento de maquinaria con la propuesta

Insumo de combustibles						
N.º	Descripción	Cantidad	Galón / Hora	Costo / Galón	Costo / Hora	Costo Total Día
1	Excavadora Caterpillar 324	1	2,5	1,6	4	16

3	Volquete HINO FS700	1	2	1,6	3,2	12,8
Costo total diario de insumo de combustible						28,8
Costo total mensual de insumo de combustible						345,6
Mantenimiento de la maquinaria						
N.º	Descripción	Cantidad	Costo / Día	Costo / Mes		
4	Cambio de aceite, filtros, engrasado, entre otros	2	45,83	550		
5	Repuestos	6	16,67	200		
Costo total diario de mantenimiento de maquinaria						62,50
Costo total mensual de mantenimiento de maquinaria						750

Nota: Elaborado por el autor (2022)

Con la propuesta de diseño del sistema de explotación, el costo mensual de insumos y mantenimiento de la maquinaria utilizada en el área de libre aprovechamiento “El Tablón GMZ”, es de 955,86 dólares.

- **Costo por metro cúbico de material extraído**

Con los costos obtenidos en las tablas anteriores, el GAD Zamora, tendría una inversión mensual de 1457,64 dólares, para el área de libre aprovechamiento “El Tablón GMZ”, código 592157.

Tomando en consideración la inversión y la cantidad de material extraído mensualmente del área de libre aprovechamiento con la propuesta del sistema de explotación, el nuevo costo por m³ de material extraído será el siguiente:

$$\begin{aligned}
 \text{Costo } m^3 &= \frac{\text{Inversión mensual}}{\text{Cantidad de material extraído al mes}} \\
 \text{Costo } m^3 &= \frac{1457,64 \text{ USD}}{1120 \text{ m}^3} \\
 \text{Costo } m^3 &= 1,30 \frac{\text{USD}}{\text{m}^3}
 \end{aligned}$$

El resultado de la fórmula anterior nos muestra que en el área de libre aprovechamiento “El Tablón GMZ”, código 592157, con la propuesta del sistema de explotación tendría un costo de 1,30 dólares por metro cúbico de material extraído.

Tabla 32. Análisis económico en el área de libre aprovechamiento "El Tablón"

Análisis económico en el área de libre aprovechamiento "El Tablón"				
Costos	Sistema Actual		Sistema Propuesto	
Inversión mensual	2283,69	USD	1457,64	USD

Costo por metro cúbico extraído	3,22 USD	1,3 USD
Ahorro por m3 de material extraído		
	1,92 USD	
Ahorro mensual con la implementación del sistema propuesto		
	826,05 USD	

El área de libre aprovechamiento “El Tablón GMZ” con la propuesta del sistema de explotación planteada, tendrá un ahorro por metro cúbico extraído de 1,92 dólares y a su vez un ahorro mensual para el Gobierno Autónomo Municipal de Zamora de 826,05 dólares.

7 Discusión

Con el presente proyecto se pudo comprobar mediante la descripción de afloramientos y muestras de mano, que el área de libre aprovechamiento “El Tablón GMZ”, se encuentra dentro del Batolito de Zamora, que está conformado por rocas ígneas, como lo indica la carta geológica de Zamora a escala 1:100.000, así mismo, el material disgregado presente en la concesión corresponde al granito que por su grado de meteorización es explotado bajo la calificación de árido para sus usos previamente determinados.

Para la determinación del volumen de material aprovechable, Luis Eduardo Guamán (2021) en su tesis de grado, realiza en uno de sus objetivos el cálculo de reservas de una cantera de libre aprovechamiento a través del método de perfiles, realizando una sección de perfiles que le permitieron correlacionar los materiales presentes en el área. Este método fue aplicado en el presente trabajo investigativo en donde, se trazaron un total de 8 perfiles transversales a las curvas de nivel del área de explotación, con una distancia de 20 m entre cada uno y ubicando la profundidad de las calicatas medidas en campo, donde se obtuvo un volumen de material aprovechable de 30835m^3 , cabe recalcar que al tratarse de un libre aprovechamiento, según los permisos legales tienen un máximo volumen extraíble de 20.000m^3 .

La descripción de las actividades que se llevan a cabo en el área de libre aprovechamiento “El Tablón GMZ”, se realizó a través de entrevistas aplicadas al personal técnico encargado y visitas de campo, esto fue clave para conocer la maquinaria utilizada actualmente y determinar la producción por jornada laboral a través de la evaluación de los ciclos de trabajo, esta producción fue comparada con los informes de producción del área y con ayuda de ecuaciones planteadas, se conoció el tiempo de vida útil del proyecto tomando en cuenta el volumen de material aprovechable que posee el mismo.

Para la elección del sistema de explotación adecuado al área se consideró variables como: volumen de material aprovechable, topografía, pendientes, geología y el área ocupada por el frente de explotación. Para lo cual, Juan Herrera Herbert (2007) en su folleto de Diseño de Explotaciones de Cantera menciona las principales ventajas y desventajas entre los sistemas diseñados para áridos. Esta información fue comparada y a partir de un análisis multicriterio, se consideró que el sistema de explotación de cantera en ladera, es el más adecuado, pues evita la desestabilización del terreno en las cotas inferiores y permite una restauración ambiental anticipada en los bancos superiores donde ya se han aprovechado sus reservas.

El diseño del sistema de explotación dio como resultado, una cantera conformada por 5 bancos de 7 metros de altura cada uno. Además, en el diseño se consideró que la plataforma de

trabajo tenga un ancho de 6,8 metros, tomando en consideración, el tamaño de la maquinaria utilizada y la seguridad ocupacional de los trabajadores que laboran en el área.

El rendimiento de la maquinaria en la propuesta de la elección del sistema de explotación tiene una variación respecto a la que se lleva a cabo actualmente, debido principalmente a la ubicación de la zona de stock dentro del área y la eliminación de la cargadora frontal que es una maquinaria subutilizada en la actualidad. Con ello se logra pasar de un costo de 3,22 dólares por metro cúbico a 1,30 dólares por metro cúbico. Esto significaría un ahorro para el GAD de Zamora de 826,05 dólares respecto a la inversión actual que realiza.

8 Conclusiones

- El área de libre aprovechamiento “El Tablón GMZ”, código 592157, presenta una topografía irregular, con elevaciones que van desde 917 m.s.n.m. hasta 1018 m.s.n.m., considerando que dentro del rango de pendientes corresponden a pendientes muy inclinadas y empinadas.
- La geología del área de estudio corresponde a la roca ígnea granito, que pertenece al Batolito de Zamora, presentan una gran meteorización, formando un material disgregado que es explotado bajo la calificación de árido para mantenimiento vial y recubrimiento de las celdas de disposición final en el relleno sanitario. En cuanto a sus reservas, apoyados de calicatas y método de perfiles se determinó un total de 30835 m³ de material aprovechable en el área de explotación.
- Con la descripción de actividades se comprobó que actualmente la maquinaria utilizada en el área corresponde a una excavadora de orugas, una cargadora frontal y un volquete. En los ciclos de trabajo registrados se evidenció que la cargadora frontal está siendo subutilizada y por otro, la actividad de transporte es la que ocupa mayor tiempo debido a que el material extraído es utilizado directamente en la obra civil y en otras ocasiones es almacenado de manera temporal en otra área de libre aprovechamiento.
- La producción actual en el área de libre aprovechamiento “El Tablón GMZ” es de 59,06 m³/día, cumpliendo 1,4 ciclos de trabajo por hora, laborando 3 días a la semana en horarios de tres horas, por lo que tomando en cuenta las reservas del material y la jornada laboral actual la vida útil del área es de 43 meses, lo que representa un costo de 3,22 USD/m³ de material extraído.
- El sistema de explotación propuesto es el de cantera en ladera, realizando la explotación a través de bancos descendentes, desde la cota mayor del área del frente, considerando en el ámbito técnico la estabilidad de los taludes inferiores evitando deslizamientos en el área, en el ámbito ambiental, la cantera en ladera permite iniciar una restauración ambiental con anticipación en los bancos superiores donde ya se han aprovechado el material de interés y en la parte económica permite reducir los costos que invierte el GAD Zamora actualmente en el área sin un sistema de explotación definido.
- El sistema de explotación de cantera que se propone está conformado por cinco bancos de explotación, con una altura de 7 metros cada uno, además de una

plataforma de trabajo de 6,8 metros. Además, se definió una zona de stock dentro del área, por razón de reducir los tiempos en el transporte y aumentar la producción diaria, así mismo, se omitió el uso de la cargadora frontal para potenciar el rendimiento de la excavadora de orugas.

- El ciclo de trabajo con la propuesta del presente proyecto pasó de 1,4 a 2,2 ciclos/hora, aumentando la producción diaria a 93,33 m³/día y reduciendo la vida útil del proyecto a 27 meses. En la parte económica tendría un costo de 1,30 dólares por metro cúbico de material extraído, lo que significa un ahorro de 826,05 dólares mensuales en el área de libre aprovechamiento “El Tablón GMZ”.

9 Recomendaciones

Con base a la información generada en el presente trabajo investigativo, se presentan las siguientes recomendaciones:

- Realizar levantamiento de información topográfica en los bancos de explotación y en el área en general para mantener datos actualizados del relieve y corroborar que los bancos presentan las dimensiones establecidas y adecuadas para la extracción del árido.
- Capacitar al personal que labora en el área de libre aprovechamiento con la finalidad de adquirir los conocimientos necesarios para el desarrollo del sistema de explotación propuesto en el presente trabajo.
- Controlar regularmente las actividades del ciclo de trabajo, para que se garantice la producción calculada en el presente proyecto.
- Cumplir con el mantenimiento e insumos de la maquinaria utilizada en el área, de manera que se garantice el desarrollo normal de los ciclos de trabajo establecidos.
- Se recomienda realizar un estudio de impacto ambiental en el área para evitar el deterioro de la fauna y flora del sector y su impacto en el ambiente.
- Dar cumplimiento a lo establecido en la normativa legal y ambiental en las actividades desarrolladas en el frente de explotación.

10 Referencias Bibliográficas

- (ARCOM), E. D. (2016). *REGLAMENTO DE CALIFICACION DE RECURSOS Y RESERVAS MINERAS*. Quito: Resolución 46 - Registro Oficial Suplemento 714 de 17-mar.-2016.
- (BCE), B. C. (13 de febrero de 2015). *Sector Minero - Cartilla Informativa*. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/cartilla00.pdf>
- (IGM), I. G. (1996). *Carta Geológica de Zamora*. Instituto Geográfico Militar. <https://edepot.wur.nl/486771>
- ALONSO, J. B., GÓMEZ, J. C., & HERBERT, J. H. (2013). *PERFORACIÓN Y VOLADURA DE ROCAS EN MINERÍA*. Madrid: DEPARTAMENTO DE EXPLOTACIÓN DE RECURSOS MINERALES Y OBRAS SUBTERRÁNEAS.
- Andalucía, J. d. (2015). *GUÍA PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESCOMBRERAS*. Andalucía: E.T.S. de Ingenieros de Minas de Madrid.
- Atkinson, J. (1992). *Planificación minera a cielo abierto y fundamentos geomecánicos*. Londres: FIMPES.
- Castellanos . (2004). *Planificación: herramientas para enfrentar la complejidad, la incertidumbre y el conflicto*. Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Castillo, H. (2020). *Estimación de Recursos y Reservas*. Loja: Universidad Nacional de Loja.
- Castillo, H., Angamarca, L., Ojeda, F., & Cuenca, D. (2021). *Introducción a la petrografía*. Paraná - Brasil: Atena Editora. <https://doi.org/10.22533/at.ed.014212402>
- COA, C. O. (12 de abril de 2017). *Registro Oficial Suplemento 983* . https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf
- Cochilco, C. C. (2021). *Cochilco*. <https://www.cochilco.cl/Paginas/English/Statistics/Publications/Non-Metal-Mining.aspx>
- CODELCO. (2016). *Memoria Técnica*. Chile: CODELCO - Corporación Nacional del Cobre.
- Constitución de la República del Ecuador. (25 de enero de 2021). *Decreto Legislativo 0*. Registro Oficial 449 de 20-oct.-2008: https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf
- Díaz, C. A. (2018). *Planificación minera a cielo abierto considerando diseño óptimo de rampas*. Santiago de Chile: Universidad dE Chile.
- Duarte, D. (2017). *SCRIBD*. <https://es.scribd.com/document/350690339/Definicion-de-Petrografia>

EBERSIGN. (2022). *Señalización - Accesorios - EPP*. Grupo HERME.

Ecoméxico. (Recuperado 2021). *Equipos y Consumibles de Occidente*. México.

Ecoméxico. (s.f). *Equipos y Consumibles de Occidente*. México.

Equipo Editorial Lidefer. (s.f.). *Lidefer*. <https://www.lifeder.com/metodo-cientifico-experimental/>

Erikson, U., & Gianfranco, V. (2014). *Estimacion de recursos minerales por el método de secciones*. Universidad Nacional de Ingeniería - Perú.

Errores de... (24 de febrero de 2012). *Buenas Tareas*. <https://www.buenastareas.com/ensayos/Errores-De-La-Topografia/3546178.html>

experimental, T. d. (2018). *Instituto de Educación Técnica Profesional de Roldanillo, Valle - INTEP*. https://www.intep.edu.co/Es/Usuarios/Institucional/CIPS/2018_1/Documentos/INVESTIGACION_NO_EXPERIMENTAL.pdf

Fernández, G. (s.f). *Departamento de Ciencias de la Tierra y Física de la Materia Condensada*. https://ocw.unican.es/pluginfile.php/2825/course/section/2628/tema_08_09.pdf

GAD Municipal de Zamora. (28 de agosto de 2015). *Vlex Ecuador*. <https://vlex.ec/vid/canton-zamora-regular-autorizar-645824833>

GAD Zamora. (2016). *INFORME SEMESTRAL DE PRODUCCIÓN DEL ÁREA AUTORIZADA PARA EL LIBRE APROVECHAMIENTO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PARA OBRAS PÚBLICAS DENOMINADA “EL TABLÓN GMZ.”, CODIGO 592157*. Informe Semestral de Producción “EL TABLÓN GMZ.”.

GAD Zamora. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. GAD Municipal de Zamora.

Gámez Morales, W. (2015). *Texto Básico Autoinformativo De Topografía General*. Managua - Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.

GeoEnciclopedia. (20 de noviembre de 2021). *GeoEnciclopedia*. <https://www.geoenciclopedia.com/tipos-de-rocas/>

Geoxnet. (15 de septiembre de 2019). *Geología - Publicaciones*. https://post.geoxnet.com/geologia-estructural/#definicion_de_geologia_estructural

Global. (29 de junio de 2018). *Global Mediterránea Geomática*. <https://www.globalmediterranea.es/levantamientos-topograficos-mediante-dron/#:~:text=Los%20levantamientos%20topogr%C3%A1ficos%20con%20drones,obtenido%20los%20drones%20son%20m%C3%ADnimas.>

- González, J. P., Services, O. E., & Associates, G. (2008). *Buenas Prácticas para la Estimación de Reservas*. Golder Associates.
- Google (s.f). (Recuperado Junio 28, 2022). [*Direcciones de Google Maps para conducir desde Quito, Ecuador a Zamora, Ecuador*]. <https://www.google.com/maps/dir/Quito/-4.0846913,-78.9562128/@-1.8135329,-80.7280186,846163m/data=!3m1!1e3!4m8!4m7!1m5!1m1!1s0x91d59a4002427c9f:0x44b991e158ef5572!2m2!1d-78.4678382!2d-0.1806532!1m0>
- Griem, W. (21 de junio de 2016). *GeoVirtual*. <https://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap11.htm>
- Griem, W. (11 de noviembre de 2020). *Geología Virtual*. <https://www.geovirtual2.cl/MVgeo/0331met04.htm>
- Gruista. (10 de Julio de 2019). *gruasyaparejos.com*. <https://www.gruasyaparejos.com/topografia/levantamiento-batimetrico/>
- Herbert, J. H. (2007). *Diseño de Explotaciones de Cantera*. Madrid: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.
- Herrera Herbert, J., & Pla Ortiz de Urbina, F. (2006). *Métodos de Minería a Cielo Abierto. Departamento de Explotación de Recursos Minerales y Obras Subterráneas, Madrid*, <http://oa.upm.es/10675/>.
- Herrera, J. (Noviembre de 2007). *Diseño de Explotación de Cantera*. http://oa.upm.es/21839/1/071120_L3_CANTERAS-ARIDOS.pdf
- Hidalgo, M. (2016). *CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOFÍSICA DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA PRESENTES EN EL SECTOR AMABLE MARÍA, PARROQUIA EL VALLE, CANTÓN DE LOJA*. Universidad Nacional de Loja.
- HSETools. (6 de octubre de 2022). *SOFTWARE HSE PARA SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE*. <https://hse.software/2022/10/06/iso-7010-como-deberia-ser-la-simbologia-utilizada-en-las-instalaciones/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20una%20Se%C3%B1al%20de,y%20colores%20representadas%20en%20s%C3%ADmbolos>.
- IGEPN. (2022). *Informe sísmico para el año 2022*. Instituto Geofísico.
- INEN, I. E. (2011). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 872:2011*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización. <https://doi.org/91.100.15>
- Instituto de Geociencias [CSIC-UCM]. (s.f.). *Ciudad Ciencia*. https://www.ciudadciencia.es/doc/files/FICHA_CLASIFICACION%20DE%20ROCA_S_CC.pdf

- Instituto Geográfico Militar (IGM). (2013). *Manual De Especificaciones Técnicas Para El iseño Y Simbolización De Mapas*. IGM.
- Josán, O. (16 de noviembre de 2018). *REVISTA PERÚ CONSTRUYE*. <https://peruconstruye.net/2018/11/16/diseño-y-construcción-de-caminos-mineros-hechos-para-soportar-cargas-pesadas/>
- Ley de Minería. (2018). *Ley de Minería*. Quito: Ley 45, Registro Oficial Suplemento 517 de 29-ene.-2009.
- López Cuervo, S. (1996). *Topografía* (Segunda Edición ed.). Madrid - Barcelona - México: Ediciones Mundi-Prensa.
- Martínez - Álvares, J. (1980). *Mapas Geológicos Explicación e Interpretación*. PARANINFO. <https://doi.org/84-283-1071-8>
- MAVESA. (2023). *Serie 700 Euro 3*. HINO - MAVESA.
- Medina, M. Z. (2010). *Apuntes de Topografía*. Naucalpan de Juárez, México: Facultad de Estudios Superiores Acatlán.
- Metalúrgica, C. d.-M. (1996). *Hoja Geológica Zamora (77)*. Instituto Geográfico Militar.
- Meza, D. (2017). *Metodología para el cálculo de reservas en minas a cielo abierto utilizando drones*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Minería, C. G. (Agosto de 2015). *XDOC.MX*. <https://xdoc.mx/preview/materiales-petres-6003c6ad24d46>
- Ministerio de Energía y Recursos Naturales Renovab. (15 de enero de 2021). *Registro Oficial - Órgano de la República del Ecuador*. <https://www.registroficial.gob.ec/index.php/registro-oficial-web/publicaciones/registro-oficial/item/14217-registro-oficial-no-371>
- Ministerio del Ambiente. (2016). *Registro Ambiental Proyecto "El Tablón GMZ"*. MAE-RA-2015-228473.
- Molina, I., & Nitescu, B. (2018). *Universidad de los Andes*. <https://geociencias.uniandes.edu.co/es/investigacion/geologia-estructural>
- Monica Campillos. (24 de Septiembre de 2017). *www.comunidadism.es*. <http://www.comunidadism.es/blogs/¿que-es-una-batimetria-y-cuales-son-sus-aplicaciones>
- Navarro H, S. (2008). *Manual de Topografía - Planimetría*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Ofiteat. (21 de septiembre de 2017). *Ofiteat*. <https://ofiteat.com/blog/noticias/equipo-de-topografia-la-herramienta-mas-usada/>

- Ortiz Juya, J. (2017). *MANUAL DE PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS EN EL ÁREA DE ACOPIO Y DISTRIBUCIÓN DEL CARBÓN DE LA EMPRESA AGROCOAL S.A.S UBICADA EN EL MUNICIPIO DE SOCHA - BOYACÁ*. UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA: <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1527/1/TGT-267.pdf>
- Ortiz, J. (2018). *Curso de Evaluación y Planificación Minera*. México: MINIG-TECHNOLOGY.
- Palacios Rodríguez, J. (2017). *Tipos de Minado*. Estado de Hidalgo: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO.
- Palacios, J. P. (junio de 2018). *Generalidades del Procesamiento de Minerales No Metálicos*. https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/zimapan/ingenieria_en_procesamiento_de_recursos_minerales/2018/procesamiento_de_minerales_no_metalicos.pdf
- RAAM, R. A. (12 de julio de 2016). *Acuerdo Ministerial 37*. Registro Oficial Suplemento 213 de 27-mar.-2014: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Reglamento-Ambiental-Actividades-Mineras-MAE.pdf>
- Sanmartín, J., & Sanz, T. (2005). *Manual de prácticas de topografía y cartografía*. Universidad de La Rioja. [https://doi.org/ISBN 84-689-4103-4](https://doi.org/ISBN%2084-689-4103-4)
- Santana Suárez, E. (2019). *Diseño de Explotación de la Cantera G.M de materiales de construcción de la Concesión Minera G.M. 2 (130950003) del cantón Montecristi, provincia de Manabí*. Universidad Central del Ecuador.
- SERCOP. (s.f). *COMPRAS PÚBLICAS*. [https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/bajarArchivo.cpe?Archivo=oJJMYkt5SQrKohi4nIc3aoxGuVNI23Aumit0jB6DZKs,](https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/bajarArchivo.cpe?Archivo=oJJMYkt5SQrKohi4nIc3aoxGuVNI23Aumit0jB6DZKs)
- Servicio Geológico Mexicano. (22 de marzo de 2017). *Gobierno de México*. <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Rocas/Petrografia.html>
- Servicio Geológico Mexicano. (22 de marzo de 2017). *Gobierno de México*. https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Aplicaciones_geologicas/Explotacion-minera.html
- Servicio Geológico Mexicano. (s.f.). *SGM*. [gob.mx: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/157537/Que-es-la-Geologia.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/157537/Que-es-la-Geologia.pdf)
- SIGTIERRAS. (2015). *“LEVANTAMIENTO DE CARTOGRAFÍA TEMÁTICA ESCALA 1:25.000 LOTE 2*. metadatos.

- Specs, L. (2023). *Lectura Specs Es*. <https://www.lectura-specs.es/es/modelo/maquinaria-para-la-construccion-y-obras-publicas/excavadoras-de-orugas-caterpillar/324d-In-1030920>
- Tamayo, Á. (2016). *Optimización Del Sistema De Explotación Para La Extracción De Materiales Áridos Y Pétreos Del Área Minera “Junior Acumulada Código 600524”, Ubicada En El Sector Chinguilamaca, Entre La Parroquia Malacatos-Valladolid Del Cantón Loja Y Parroquia Purunuma*. Universidad Nacional de Loja.
- Tarback, E., & Ludgens, F. (2005). *Ciencias de la Tierra* (8ª Edición ed.). Madrid, España: Pearson. <https://doi.org/84-205-4400-0>
- Thompson , R. (2011). *Componentes geométricos de talud minero*. Canadá: Wetherelt & Van der Wielen.
- Torres, J. (mayo de 2020). *MODELACIÓN Y ESTIMACIÓN DE RESERVAS*. <http://www.unsj.edu.ar/unsjVirtual/exploracionminas/wp-content/uploads/2020/05/APUNTES-Modelaci%C3%B3n-Estimaci%C3%B3n-de-Reservas.pdf>
- Valenzuela, T. (junio de 2020). *Repoitorio Institucional Continental Perú*. <http://www.unsj.edu.ar/unsjVirtual/exploracionminas/wp-content/uploads/2020/05/APUNTES-Modelaci%C3%B3n-Estimaci%C3%B3n-de-Reservas.pdf>

11 Anexos

Anexo 1. Autorización del GAD Municipal de Zamora para el levantamiento de información en el área



Oficio No. GADMZ-ACZ-0775-2022

Zamora, 06 de junio de 2022

Asunto: Autorización para la realización de Levantamiento de Información.

Señorita
Yulissa Raquel Jimenez Rosales
PETICIONARIA
Ciudad

De mi consideración:

Es grato dirigirme a usted, para reiterarle mis mejores augurios en el ejercicio de sus actividades tanto laborales como personales.

Luego de ello, y en atención al oficio S/N, de fecha 20 de mayo de 2022, mediante el cual se solicita la autorización para la realización del levantamiento de información para el desarrollo de su tema de tesis titulado "ELECCIÓN DE UN DISEÑO DE UN SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PARA EL ÁREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EL TABLÓN GADMZ, CÓDIGO 592157, SECTOR EL TABLÓN, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE"; al respecto, adjunto al presente me permito remitir a usted, el Memorando GADMZ-DGA-0418-2022, de fecha 02 de junio de 2022, suscrito por la Ing. Mariuxi Cobos Romero, Directora de Gestión Ambiental de esta Entidad Municipal, mediante el cual se informa la factibilidad de su requerimiento.

Procuraremos brindar todas las facilidades que estén a nuestro alcance, para que las actividades sean desarrolladas con absoluta normalidad, para el desarrollo exitoso de lo solicitado.

Con sentimientos de mi distinguida consideración y estima, suscribo.

Atentamente,

 Firmado electrónicamente por:
VICTOR MANUEL
GONZALEZ
SALINAS

Víctor Manuel González Salinas
ALCALDE DEL CANTON ZAMORA

Adjunto: Lo indicado.
Copia: Dirección de Gestión Ambiental
Archivo.
GA



Anexo 2. Monografía del punto IGM



I N S T I T U T O
Geográfico Militar



Ficha de Estación Permanente - REGME

junio-2020

Situación:

Código.....: **LJEC** Cantón: Loja
Nombre.....: **Loja**
Código IERS: 42010M001 Provincia: Loja
Instalación...: 13-ene-2009

Localización.: Edificio de CITTES en la Universidad Técnica Particular de Loja UTPL.

Construcción: Estructura mixta de acero y concreto de 2.00 m de alto. Sobre esta se ubica el centrado forzoso (CF-IGM-v1) en el cual se encuentra la antena.

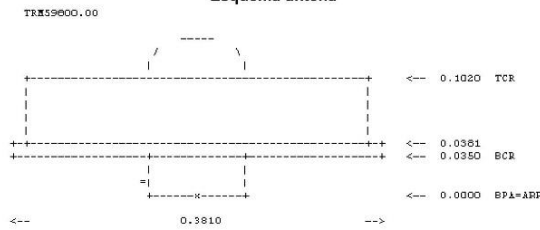
Coordenadas ITRF2008:

Latitud.....: 3° 59' 17.7352" S X.....: 1192829.004 m.
Longitud.....: 79° 11' 54.7355" W Y.....: -6252161.660 m.
Altitud elipsoidal: 2143.510 m. Z.....: -440799.114 m.
Este UTM.....: 700008.309 m. Altitud sobre el nivel medio del mar:
Norte UTM.....: 9558951.575 m. Época de referencia: 2016.4
Zona.....: 17 Sur

Instrumentación:

Receptor: TRIMBLE NET R9
Antena: TRM59800.00 SCIS Altura: 0.0100 m. (BPA)

Esquema antena



Información adicional:

Esta estación permanente, además de a la red REGME, pertenece a la siguiente red:

- Red SIRGAS Sistema de Referencia Geocéntrico para Las Américas:
<http://www.sirgas.org/es/>

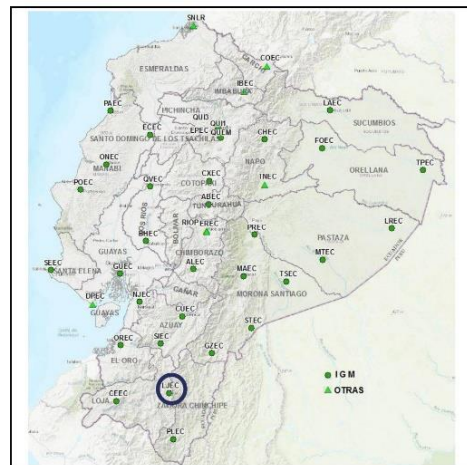
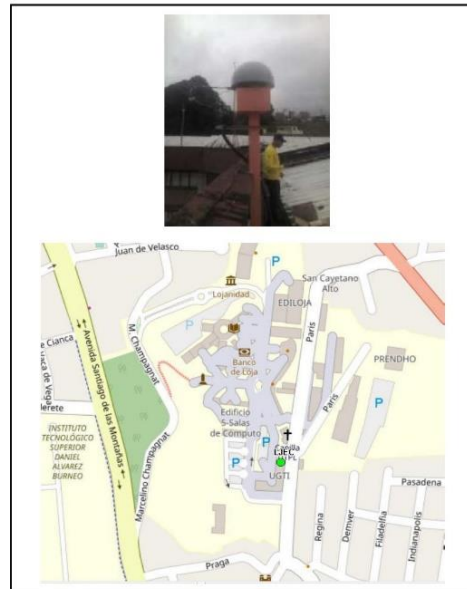
Datos diarios crudos a 1 segundo y rinex a 30 segundos:
<http://www.geoportaligm.gob.ec/geodesia/>

Emite correcciones diferenciales a través del Caster:
Principal: <http://regme-ip.igm.gob.ec:2101>
Backup: <http://regme-ip.espoch.ec:2101>

E-mail de contacto IGM: proceso.geodesia@geograficomilitar.gob.ec

Coordenadas oficiales hasta el 15 de abril 2016:
ITRF94 - SIRGAS95

Latitud.....: 3° 59' 17.7411" S
Longitud.....: 79° 11' 54.7346" W
Altitud elipsoidal.....: 2143.532 m.
Época de referencia.....: 1995.4




Observaciones:

Más información de esta estación permanente:
<ftp://ftp.sirgas.org/pub/gps/DGF/station/log>

Sensor meteorológico MET4 que proporciona datos: (PR, TD, HR) con un intervalo de 5 minutos
<http://www.geoportaligm.gob.ec/geodesia/>

ma

Anexo 3. Ficha para descripción de afloramientos

 Universidad Nacional de Loja Carrera De Geología Ambiental Y Ordenamiento Territorial				
Proyecto: Elección del sistema de explotación para el Área de Libre Aprovechamiento para materiales de construcción "El Tablón GMZ" Código: 592157				
FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS PARA ROCAS ÍGNEAS				
Geólogo responsable			N.º Afloramiento	
Fecha:			Código de la muestra:	
N.º Foto:				
Datos de Ubicación:			Descripción:	
Ubicación Geográfica:	Provincia		Color:	
	Cantón		Grado de meteorización	Bajo
	Sector			Medio
Acceso al área:			Tipo de afloramiento	Alto
				Natural
Coordenadas UTM (DATUM WGS-84)	X		Dimensiones	Antrópico
	Y			Ancho
	Z			Altura
Cobertura vegetal	Si		Tipo de cobertura vegetal	
	No			
DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA				
OBSERVACIONES				

Anexo 4. Ficha de registro de calicatas

REGISTRO DE CALICATAS						
Responsable:					Nº Calicata:	
Proyecto:					Nº Muestra:	
Ubicación					Prof. Total (m):	
Fecha					Nivel freático (m)	
UTM WGS84		X:	Y:	Z:	Nº Fotografía	
Profundidad		Perfil	Tipo de Excavación	Material	Descripción	
De (m):	Hasta (m):					
OBSERVACIONES						

Anexo 5. Entrevista para la descripción de actividades del área de estudio



Universidad Nacional de Loja

Facultad de Energía, Industrias y Recursos Naturales No Renovables
Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental Y Ordenamiento Territorial

Proyecto: Elección Del Sistema De Explotación Para El Área De Libre Aprovechamiento De Materiales De Construcción EL TABLÓN GADMZ, Código 592157, Cantón Zamora, Provincia De Zamora Chinchipe

DATOS GENERALES:

Responsable: _____

Nombre del Entrevistado: _____

Cargo: _____

Género: _____ Edad: _____

DESCRIPCIÓN DE LABORES MINERAS DE EXPLOTACIÓN:

¿Actualmente el área cuenta con un sistema de explotación definido?

Sí _____ ¿Cuál? _____

No _____

¿Cómo se desarrollan las actividades mineras de explotación en el área?

¿Qué actividades se desarrollan durante el ciclo de trabajo?

Preparación _____

Arranque _____

Cargue _____

Transporte _____

Acopio _____

Otra _____

Explique:

¿Con qué tipo de maquinaria se realiza el arranque y transporte del material en el área de explotación?

¿Qué método se usa para cargar el material luego de ser arrancado?

_____ *Método cíclico*: consiste en llenar el cucharón, cargue y despacho del vehículo.

¿Qué sistema de almacenamiento se utiliza para el acopio del material?



¿El material es explotado a diario o cada que tiempo? ¿Por qué?

¿Qué uso se le da al material luego de ser explotado?



Entrevistado

Responsable



Anexo 6. Ficha de descripción de actividades

Ficha De Trabajo N°																								
  <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; margin-left: 10px;"> Universidad Nacional de Loja </div>																								
Descripción De Maquinaria Y Actividades																								
Personal	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #cccccc;"> <th style="width: 70%;">Cargo</th> <th style="width: 30%;">N° Trabajadores</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>				Cargo	N° Trabajadores																		
Cargo	N° Trabajadores																							
Turnos De Trabajo	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #cccccc;"> <th style="width: 60%;">Descripción</th> <th style="width: 40%;">Horario</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>				Descripción	Horario																		
Descripción	Horario																							
Insumos	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #cccccc;"> <th style="width: 60%;">Descripción</th> <th style="width: 40%;">Se Cuenta</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Combustible</td><td> </td></tr> <tr><td>Luz Eléctrica</td><td> </td></tr> <tr><td>Agua Potable</td><td> </td></tr> <tr><td>Alcantarillado</td><td> </td></tr> </tbody> </table>				Descripción	Se Cuenta	Combustible		Luz Eléctrica		Agua Potable		Alcantarillado											
Descripción	Se Cuenta																							
Combustible																								
Luz Eléctrica																								
Agua Potable																								
Alcantarillado																								
Maquinaria Y Equipos	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #cccccc;"> <th style="width: 25%;">Descripción</th> <th style="width: 15%;">Cantidad</th> <th style="width: 20%;">Modelo</th> <th style="width: 25%;">Características</th> <th style="width: 15%;">N° Fotografía</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>				Descripción	Cantidad	Modelo	Características	N° Fotografía															
Descripción	Cantidad	Modelo	Características	N° Fotografía																				
Ciclo De Trabajo	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #cccccc;"> <th style="width: 25%;">Actividad</th> <th style="width: 20%;">Equipos Requeridos</th> <th style="width: 25%;">Descripción</th> <th style="width: 30%;">Tiempo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Arranque</td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>Carga</td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>Transporte</td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>				Actividad	Equipos Requeridos	Descripción	Tiempo	Arranque				Carga				Transporte							
Actividad	Equipos Requeridos	Descripción	Tiempo																					
Arranque																								
Carga																								
Transporte																								



Anexo 7. Ficha de campo del afloramiento 1

 <div style="display: inline-block; vertical-align: middle;"> <p style="margin: 0;">Universidad Nacional de Loja</p> </div> <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; margin-left: 20px;"> <p style="margin: 0; text-align: center;">Universidad Nacional de Loja Carrera De Geología Ambiental Y Ordenamiento Territorial</p> </div>					
<p>Proyecto: Elección del sistema de explotación para el Área de Libre Aprovechamiento para materiales de construcción "El Tablón GMZ" Código: 592157</p>					
FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS PARA ROCAS ÍGNEAS					
Geólogo responsable	Yulissa Raquel Jiménez		N° Afloramiento	001	
Fecha:	21 de julio del 2022		Código de la muestra:	MA 005	
N° Foto:	07				
Datos de Ubicación:			Descripción:		
Ubicación Geográfica:	Provincia	Zamora Ch.	Color:	Café amarillento	
	Cantón	Zamora	Grado de meteorización	Bajo	
	Sector	El Tablón		Medio	X
Acceso al área:	Tras del complejo turístico "Las Ballenas"		Tipo de afloramiento	Alto	
Coordenadas UTM (DATUM WGS-84)	X	726908		Natural	X
	Y	9548191	Dimensiones	Ancho	125,23 m
	Z	934		Altura	65 m
Cobertura vegetal	Si	X	Tipo de cobertura vegetal	Herbácea y arbustiva	
	No				
DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA					
<ul style="list-style-type: none"> Granito perteneciente al batolito de Zamora. Presenta feldespatos, cuarzo y es visible las discontinuas oxidaciones de hierro, producto de la alteración de la roca por procesos químicos naturales. 					
OBSERVACIONES					
<ul style="list-style-type: none"> Mayor parte del afloramiento presenta material suelto, producto de la disgregación del granito por agentes meteorizantes. En espacios específicos existe presencia de roca con mayor dureza, perteneciente al batolito de Zamora. 					

Anexo 8. Ficha de campo del afloramiento 2

 <div style="text-align: right;"> Universidad Nacional de Loja Carrera De Geología Ambiental Y Ordenamiento Territorial </div>					
Proyecto: Elección del sistema de explotación para el Área de Libre Aprovechamiento para materiales de construcción "El Tablón GMZ" Código: 592157					
FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS PARA ROCAS ÍGNEAS					
Geólogo responsable	Yulissa Raquel Jiménez		N° Afloramiento	002	
Fecha:	21 de julio del 2022		Código de la muestra:	MA 006	
N° Foto:	09				
Datos de Ubicación:			Descripción:		
Ubicación Geográfica:	Provincia	Zamora Ch.	Color:	Café amarillento	
	Cantón	Zamora	Grado de meteorización	Bajo	X
	Sector	El Tablón		Medio	
Acceso al área:	Tras del complejo turístico "Las Ballenas"		Tipo de afloramiento	Alto	
Coordenadas UTM (DATUM WGS-84)	X	726782		Natural	X
	Y	9547957	Dimensiones	Ancho	126,51 m
	Z	949		Altura	50 m
Cobertura vegetal	Si	X	Tipo de cobertura vegetal	Arbustiva	
	No				
DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA					
<ul style="list-style-type: none"> Granito con bajo grado de meteorización. Presenta feldspatos, acompañado de otros minerales en menor proporción. 					
OBSERVACIONES					
<ul style="list-style-type: none"> Mayor parte del afloramiento presenta material consolidado a diferencia del afloramiento 1. 					

Anexo 9. Ficha de campo del afloramiento 3

 Universidad Nacional de Loja Carrera De Geología Ambiental Y Ordenamiento Territorial					
Proyecto: Elección del sistema de explotación para el Área de Libre Aprovechamiento para materiales de construcción "El Tablón GMZ" Código: 592157					
FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS PARA ROCAS ÍGNEAS					
Geólogo responsable	Yulissa Raquel Jiménez	Nº Afloramiento	003		
Fecha:	21 de julio del 2022	Código de la muestra:	MA 007		
Nº Foto:	12				
Datos de Ubicación:		Descripción:			
Ubicación Geográfica:	Provincia	Zamora Ch.	Color:	Café amarillento	
	Cantón	Zamora	Grado de meteorización	Bajo	X
	Sector	El Tablón		Medio	
Acceso al área:	Tras del complejo turístico "Las Ballenas"		Alto		
Coordenadas UTM (DATUM WGS-84)	X	726751	Tipo de afloramiento	Natural	X
	Y	9547763	Dimensiones	Antrópico	
	Z	955		Ancho	12,58 m
Cobertura vegetal	Si	X	Tipo de cobertura vegetal	Altura	11 m
	No			Arbustiva	
DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA					
<ul style="list-style-type: none"> Granito con bajo grado de meteorización. Presenta feldspatos, cuarzo, acompañado de otros minerales en menor proporción. 					
OBSERVACIONES					
<ul style="list-style-type: none"> Gran parte del afloramiento presenta cubierta vegetal que dificulta la observación directa de la roca. 					

Anexo 10. Ficha de campo de registro de calicata 3

REGISTRO DE CALICATAS						
Responsable:		Yulissa Raquel Jiménez Rosales			Nº Calicata:	C03
Proyecto:		Elección del sistema de explotación para el Área de Libre Aprovechamiento para materiales de construcción "El Tablón GMZ" Código: 592157			Nº Muestra:	MC03
Ubicación		Sector El Tablón, vía al Parque Nacional Podocarpus			Prof. Total (m):	2,40
Fecha		28 de agosto del 2022			Nivel freático (m)	-
UTM WGS84		X: 726869	Y: 9548226	Z: 959	Nº Fotografía	010
Profundidad		Perfil	Tipo de Excavación	Material	Descripción	
De (m):	Hasta (m):					
0	1,30	Mecanizada	Granito disgregado	<ul style="list-style-type: none"> Fácil excavabilidad Paredes poco estables 	
1,30	2,40	x .. x ..x .. x .. x .. x .. x .. x	Mecanizada	Roca dura – granito	<ul style="list-style-type: none"> Ligeramente consolidado Difícil excavabilidad Paredes estables 	
2,40	A mayor profundidad	x x x x x x x x	-	Roca muy dura	<ul style="list-style-type: none"> Granito consolidado No es posible la excavación mecanizada 	
OBSERVACIONES						
<ul style="list-style-type: none"> Dimensiones (m): 2,74 x 1,5 Pasados los 2,40 metros de excavación no es posible avanzar con la maquinaria. 						

Anexo 11. Resultados análisis granulométrico



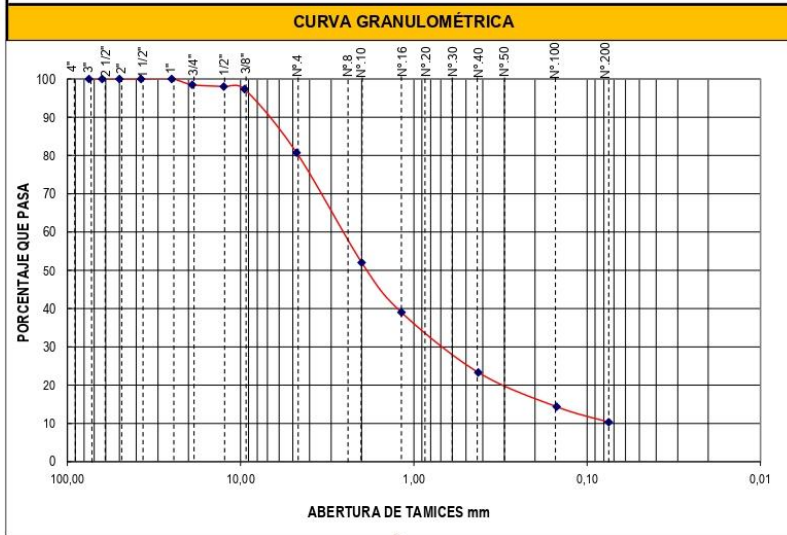
"DELTA CIA. LTDA."
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Cel: 0986335585

Cel: 0980080384

PROYECTO	"ELECCIÓN DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PARA EL ÁREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, EL TABLÓN GMZ; CÓDIGO 592157, SECTOR EL TABLÓN, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE"
MUESTRA	ÁREA LIBRE APROV. DE MATERIALES DE CONST., EL TABLÓN GMZ; CÓDIGO 592157
SOLICITA	YULISSA RAQUEL JIMÉNEZ ROSALES
UBICACIÓN	CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE
FECHA	15 de septiembre de 2022

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
MICR.	TAMIZ	PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.)	% RETENIDO	% QUE PASA	FAJA DE DISEÑO
100	4"	0	0	100	100
75	3"	0	0	100	
63	2 1/2"	0	0	100	
50	2"	0	0	100	
37,5	1 1/2"	0	0	100	
25	1"	0	0	100	
19	3/4"	16	2	98	
12,5	1/2"	21	2	98	
9,5	3/8"	28	3	97	
4,750	Nº.4	203	19	81	
	Pasa Nº.4	850	81	19	
2,360	Nº.8				
2,000	Nº.10	64	29	52	
1,180	Nº.16	93	42	39	
0,850	Nº.20				
0,600	Nº.30				
0,425	Nº.40	128	57	23	
0,300	Nº.50				
0,150	Nº.100	148	66	14	
0,075	Nº.200	157	70	10,3	0 - 20
	Pasa Nº.200	23	10,3		
	TOTAL	1053			
Peso Total de Lavado:			180,00		
Peso Total después de Lavado:			157,00		



Firmado digitalmente
por PABLO STALIN
JIMENEZ VEGA
Fecha: 2022.09.15
09:26:45 -05'00'

ING. MSC. PABLO JIMÉNEZ VEGA
ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

Anexo 12. Resultados de contenido de humedad



"DELTA CIA. LTDA."

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Cel: 0986335585

Cel: 0980080384

"ELECCIÓN DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PARA EL ÁREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO DE...

PROYECTO	"ELECCIÓN DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PARA EL ÁREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, EL TABLÓN GMZ, CÓDIGO 592157, SECTOR EL TABLÓN, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE"
MUESTRA	ÁREA LIBF YULISSA RAQUEL JIMÉNEZ ROSALES
SOLICITA	YULISSA RAQUEL JIMÉNEZ ROSALES
UBICACIÓN	CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE
FECHA	15 de septiembre de 2022

CONTENIDO DE HUMEDAD				
PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPSULA	% DE HUMEDAD	RESULTADO
64,69	61,52	18,06	7,29	7,75
85,25	80,14	18,25	8,26	
67,35	63,78	17,36	7,69	

PABLO
STALIN
JIMENEZ
VEGA

Firmado digitalmente por PABLO STALIN JIMENEZ VEGA
Fecha: 2022.09.15 09:26:57 -05'00'

ING. MSC. PABLO JIMÉNEZ VEGA
ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

Anexo 13. Resultados de límites de consistencia



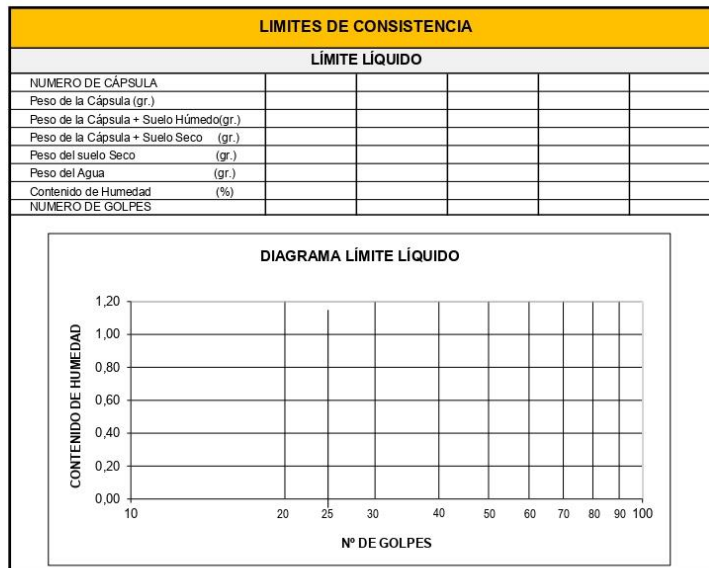
"DELTA CIA. LTDA."

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Cel: 0986335585

Cel: 0980080384

PROYECTO	*ELECCIÓN DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PARA EL ÁREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, EL TABLÓN GMZ; CÓDIGO 592157, SECTOR EL TABLÓN, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE*		
MUESTRA	ÁREA LIBRE APROV. DE MATERIALES DE CONST., EL TABLÓN GMZ; CÓDIGO 592157		
SOLICITA	YULISSA RAQUEL JIMÉNEZ ROSALES		
UBICACIÓN	CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE		
FECHA	15 de septiembre de 2022	NORMA	A.A.S.H.O. T 90-56



LÍMITE PLÁSTICO					
NUMERO DE CÁPSULA					
Peso de la Cápsula (gr.)					
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo (gr.)					
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (gr.)					
Peso del suelo Seco (gr.)					
Peso del Agua (gr.)					
Contenido de Humedad (%)					
Contenido Medio de Humedad (%)					L.P.= 0,00 %

RESULTADOS	
VALORES ENSAYO	VALORES ENTEROS SEGÚN NORMA
L.L. = 0,0%	L.L. = 0%
L.P. = 0,0 %	L.P. = 0 %
I.P. = 0,0%	I.P. = 0%

PABLO
STALIN
JIMENEZ
VEGA

Firmado digitalmente por PABLO STALIN JIMENEZ VEGA
Fecha: 2022.09.15 09:27:10 -05'00'

ING. MSC. PABLO JIMÉNEZ VEGA
ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

Anexo 14. Resultados clasificación método S.U.C.S Y AASHTO



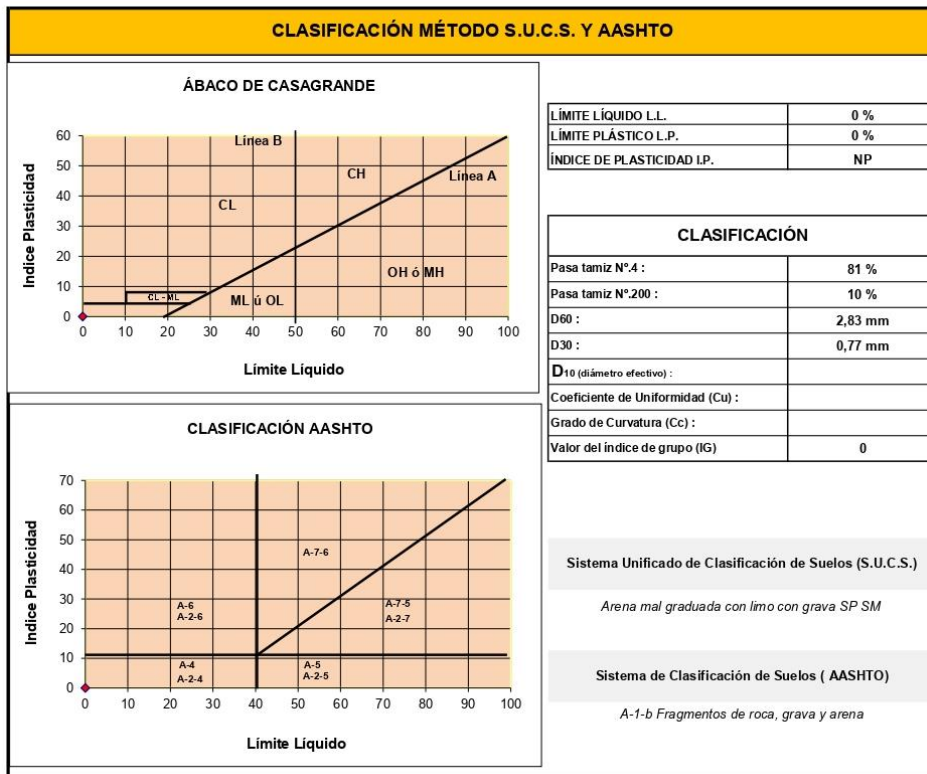
"DELTA CIA. LTDA."

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Cel: 0986335585

Cel: 0980080384

PROYECTO	"ELECCIÓN DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PARA EL ÁREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, EL TABLÓN GMZ; CÓDIGO 592157, SECTOR EL TABLÓN, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE"
MUESTRA	ÁREA LIBRE APROV. DE MATERIALES DE CONST., EL TABLÓN GMZ; CÓDIGO 592157
SOLICITA	YULISSA RAQUEL JIMÉNEZ ROSALES
UBICACIÓN	CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE
FECHA	15 de septiembre de 2022



PABLO
STALIN
JIMENEZ
VEGA

ING. MSC. PABLO JIMÉNEZ VEGA
ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

Firmado digitalmente por
PABLO STALIN
JIMENEZ VEGA
Fecha: 2022.09.15
09:27:23 -05'00'

Anexo 15. Resultados CBR



"DELTA CIA. LTDA."

Cel: 0986335585

Cel: 0980080384

Arquitectura +
Ingeniería

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO	"ELECCIÓN DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PARA EL ÁREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, EL TABLÓN GMZ; CÓDIGO 592157, SECTOR EL TABLÓN, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE"						
MATERIAL	ÁREA LIBRE APROV. DE MATERIALES DE CONST., EL TABLÓN GMZ; CÓDIGO 592157						
SOLICITA	YULISSA RAQUEL JIMENEZ ROSALES						
UBICACION	CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE			DIAMETRO DEL MOLDE (cm)	15,41	15,43	15,22
FECHA	15 de septiembre de 2022			ALTURA DEL MOLDE (cm)	12,87	12,89	12,85

INDICE DE SOPORTE CALIFORNIA " C. B. R. " ASTM C - 1883													
MOLDE N°		1				2				3			
N° DE GOLPES POR CAPA		56				25				10			
CONDICION DE MUESTRA		ANTES SATUR.		DESP. SATUR.		ANTES SATUR.		DESP. SATUR.		ANTES SATUR.		DESP. SATUR.	
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	gr.	12002		12083		11665		11798		10885		11087	
PESO DEL MOLDE	gr.	6483		6483		6376		6376		5937		5937	
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA	gr.	5519		5600		5289		5422		4948		5150	
VOLUMEN DE MUESTRA	cm ³	2400		2400		2410		2410		2338		2338	
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm ³	2,299		2,333		2,194		2,249		2,116		2,203	
HUMEDAD		ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
RECIPiente N°		14	154	140	111	13	36	48	57	2	450	41	77
PESO DEL RECIPIENTE.	gr.	17,26	15,24	16,62	17,24	16,48	17,02	16,95	17,24	16,35	17,11	16,25	18,02
PESO MUESTRA HUMEDA + RECIPIENTE	gr.	103,11	100,00	79,25	79,30	97,48	99,25	86,79	76,29	80,19	97,41	83,45	95,36
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE	gr.	97,52	94,45	74,36	74,62	92,16	93,78	80,36	70,52	75,96	91,79	76,06	87,06
PESO DE AGUA.	gr.	5,59	5,55	4,89	4,68	5,32	5,47	6,43	5,77	4,23	5,62	7,39	8,3
PESO DE MUESTRA SECA.	gr.	80,26	79,21	57,74	57,38	75,68	76,76	63,41	53,28	59,61	74,68	59,81	69,04
CONTENIDO DE HUMEDAD.	gr.	6,96	7,01	8,47	8,16	7,03	7,13	10,14	10,83	7,10	7,53	12,36	12,02
HUMEDAD PROMEDIO.	%	6,99		8,31		7,08		10,48		7,31		12,19	
DENSIDAD SECA.	gr/cm ³	2,149		2,154		2,049		2,036		1,972		1,964	
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA													
MOLDE N°		1				2				3			
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACION.		12083				11798				11087			
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACION.		12002				11665				10885			
PESO DE AGUA ABSORBIDA		81				133				202			
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA		1,47				2,51				4,08			
DATOS DE ESPONJAMIENTO													
FECHA Y HORA	TIEMPO EN DIAS	MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3					
		LECTURA DIAL mm x 10 ⁻²	CAMBIO DE LONGITUD mm	ESPONJAM. %	LECTURA DIAL mm x 10 ⁻²	CAMBIO DE LONGITUD mm	ESPONJAM. %	LECTURA DIAL mm x 10 ⁻²	CAMBIO DE LONGITUD mm	ESPONJAM. %			
	1	100,2	0	0	121,3	1,2130	0	111,3	0	0,00			
	2	100,6	1,006	0,78	121,5	1,215	0,94	112,5	1,1250	0,88			
	3	101,3	1,013	0,79	121,6	1,216	0,94	112,6	1,126	0,88			
	4	102,2	1,022	0,79	121,8	1,218	0,94	112,8	1,128	0,88			
	5	102,8	1,028	0,80	122	1,22	0,95	113,6	1,136	0,88			
DATOS ENSAYO DE PENETRACION													
PENETRI EN	CARGAS TIPO lb/plg ²	MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3					
		LECTURA DIAL plg x 10 ⁻⁴	PRESION lb/plg ²	C.B.R. CORREG. %	LECTURA DIAL plg x 10 ⁻⁴	PRESION lb/plg ²	C.B.R. CORREG. %	LECTURA DIAL plg x 10 ⁻⁴	PRESION lb/plg ²	C.B.R. CORREG. %			
0,025		36,0	26,5		31,0	22,78		10,0	7,35				
0,050		91,0	66,9		51,0	37,48		18,0	13,23				
0,075		121,0	88,9		73,0	53,65		29,0	21,31				
0,100	1000	166,0	122,0	12,50	91,0	66,87	7,00	38,0	27,92	2,80			
0,125		226,0	166,1		103,0	75,69		51,0	37,48				
0,150		270,0	198,4		117,0	85,98		68,0	49,97				
0,175		306,0	224,9		127,0	93,33		76,0	55,85				
0,200	1500	351,0	257,9	17,33	145,0	106,56	7,33	81,0	59,52	4,00			
0,250		420,0	308,6		168,0	123,46		94,0	69,08				
0,300	1900	460,0	338,0		181,0	133,01		112,0	82,31				
0,400	2300	546,0	401,2		207,0	152,12		121,0	88,92				
0,500	2600	649,0	476,9		217,0	159,47		135,0	99,21				

Firmado digitalmente por PABLO STALIN JIMENEZ VEGA

Fecha: 2022.09.15 09:25:41 -05'00'

ING. MSc. PABLO JIMENEZ VEGA RESPONSABLE GEOTECNICO

Anexo 16. Resultados Curvas de carga unitaria - penetración

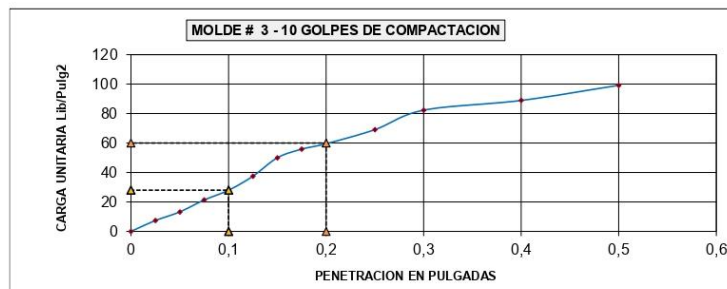
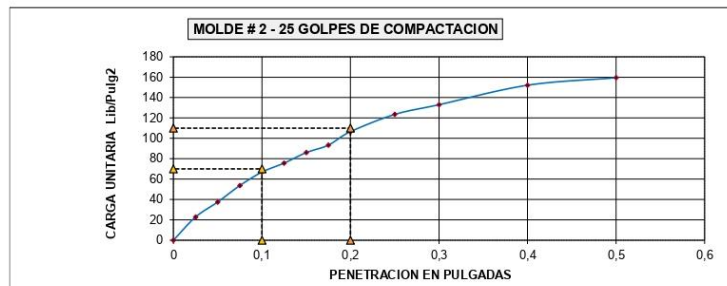
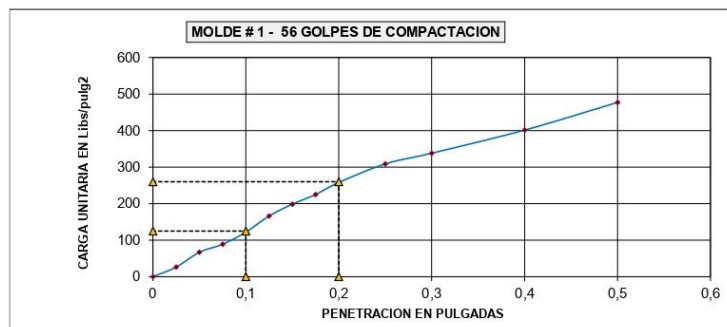


"DELTA CIA. LTDA."
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Cel: 0986335585
Cel: 0980080384

PROYECTO	"ELECCIÓN DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PARA EL ÁREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, EL TABLÓN GMZ; CÓDIGO 592157, SECTOR EL TABLÓN, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE"
MATERIAL	ÁREA LIBRE APROV. DE MATERIALES DE CONST., EL TABLÓN GMZ; CÓDIGO 592157
SOLICITADO	YULISSA RAQUEL JIMÉNEZ ROSALES
UBICACIÓN	CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE
FECHA	15 de septiembre de 2022

CURVAS DE CARGA UNITARIA - PENETRACIÓN



PABLO STALIN Firmado digitalmente
JIMENEZ por PABLO STALIN
VEGA JIMENEZ VEGA
Fecha: 2022.09.15
09:25:55 -05'00'

ING. MSC. PABLO JIMÉNEZ VEGA
RESPONSABLE GEOTÉCNICO

Anexo 17. Resultado Ensayo de compactación de Proctor



Arquitectura +
Ingeniería

"DELTA CIA. LTDA."

Cel: 0986335585

Cel: 0980080384

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO	"ELECCIÓN DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PARA EL ÁREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, EL TABLÓN GMZ; CÓDIGO 592157, SECTOR EL TABLÓN, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE"		
MATERIAL	ÁREA LIBRE APROV. DE MATERIALES DE CONST., EL TABLÓN GMZ; CÓDIGO 592157		
SOLICITA	YULISSA RAQUEL JIMÉNEZ ROSALES		
UBICACIÓN	CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE	FECHA	15 de septiembre de 2022

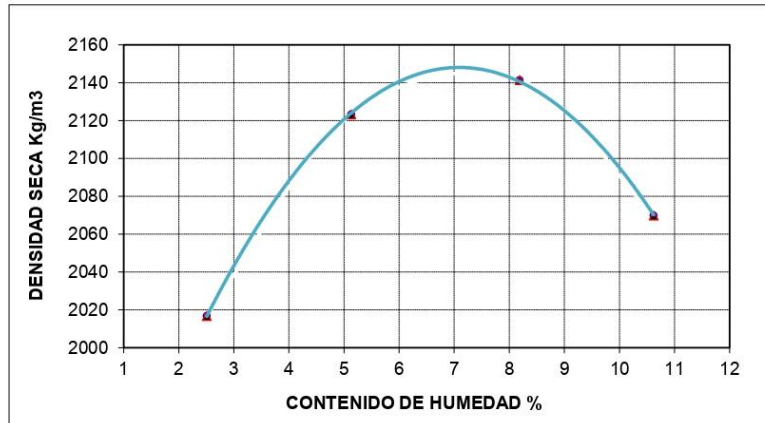
ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR - ASTM D - 1557

NORMA ENSAYO	T-180-D		DATOS DEL MOLDE	
GOLPES/CAPA	25		DIAMETRO	10,15 cm.
No. DE CAPAS	5		ALTURA	11,4 cm
PESO MARTILLO:	4,5	Kg.	VOLUMEN	922 cm ³
ALT. DE CAIDA:	46,0	cm.	PESO	4.279 gramos

DATOS PARA LA CURVA				
PUNTO No.:	1	2	3	4
Peso comp.:	6.186	6.338	6.416	6.391
Peso suelo:	1.907	2.059	2.137	2.112
Dens. Hum :	2.067	2.232	2.317	2.290

CONTENIDOS DE HUMEDAD								
W. hum.:	65,20	59,13	71,82	74,17	65,74	57,55	55,03	47,80
W. seco:	64,44	57,76	69,25	71,36	62,21	54,45	51,51	44,94
W. caps:	17,56	17,39	17,99	17,86	18,16	17,39	18,05	18,26
w (%) :	1,62	3,39	5,01	5,25	8,01	8,36	10,52	10,72
promedio	2,51		5,13		8,19		10,62	
Dens. Seca:	2,017		2,123		2,141		2,070	

RESULTADOS:	DENSIDAD SECA MAXIMA =	2.149 Kg/m ³
	CONT. DE AGUA OPTIMO =	7,00 %



OBSERVACIONES:

PABLO STALIN
JIMENEZ VEGA

Firmado digitalmente
por PABLO STALIN
JIMENEZ VEGA
Fecha: 2022.09.15
09:26:10 -05'00'

ING. MSC. PABLO JIMÉNEZ VEGA
RESPONSABLE GEOTÉCNICO

Anexo 18. Resultados de determinación de CBR



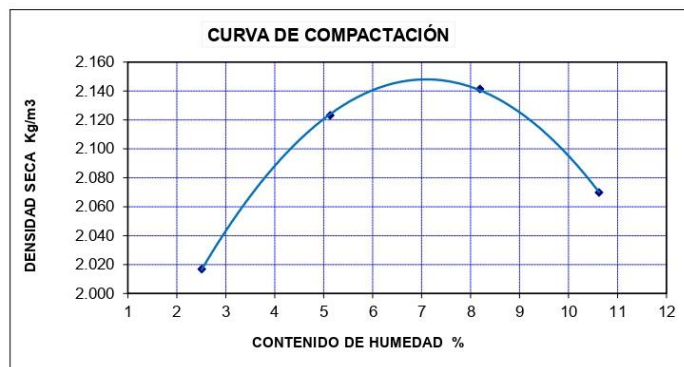
"DELTA CIA. LTDA."
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Cel: 0986335585
Cel: 0980080384

PROYECTO	"ELECCIÓN DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PARA EL ÁREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, EL TABLÓN GMZ, CÓDIGO 592157, SECTOR EL TABLÓN, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE"
MATERIAL	ÁREA LIBRE APROV. DE MATERIALES DE CONST., EL TABLÓN GMZ, CÓDIGO 592157
SOLICITADO	YULISSA RAQUEL JIMÉNEZ ROSALES
UBICACIÓN	CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE
FECHA	15 de septiembre de 2022

DETERMINACIÓN DEL C.B.R. ASTM C - 1883

DENSIDAD SECA MÁXIMA:	2.149 Kg/m ³
CONT. DE AGUA ÓPTIMO:	7,0 %



C.B.R. = 12,49 %

Observaciones: El CBR ha sido calculado para 0.1 pulgadas de penetración y se ha calculado para un 100% de compactación según densidad in situ.

Firmado digitalmente por
PABLO STALIN JIMENEZ VEGA
Fecha: 2022.09.15
09:26:23 -05'00'

ING. MSC. PABLO JIMÉNEZ VEGA
RESPONSABLE GEOTECNICO

Anexo 19. Datos de ensayo de Corte Directo



"DELTA CIA. LTDA."
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Cel: 0986335585
Cel: 0980080384

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (COHESIVOS , NO COHESIVOS)

NORMA:	AASHTO T-236
NORMA:	ASTM D 3080

MUESTRA: ARENA DE CANTERA
YACIMIENTO: MUESTRAS INALTERADAS
SECTOR: EL TABLÓN GMZ, CÓDIGO 592157

REALIZADO: DELTA LABORATORIO
FECHA: 15/9/2022
SOLICITADO: YULISSA RAQUEL JIMÉNEZ ROSALES

ENSAYO DE CORTE DIRECTO				
DATOS GENERALES DE LAS PROBETAS				
PROBETA No.		1	2	3
DIMENSIONES				
DIÁMETRO	cm.	6,12	6,15	6,15
ALTURA	cm.	2,11	2,12	2,12
ÁREA Corr	cm ² .	29,42	29,71	29,71
VOLUMEN	cm ³ .	62,07	62,98	62,98
PESO	gr.	135,69	136,27	137,55
CONTENIDO DE AGUA				
Peso Hum. :		87,54	88,26	88,34
Peso Seco :		77,05	77,76	77,26
Peso Recip. :		32,15	32,26	30,95
w (%) :		23,36	23,08	23,93
CH (%) :		23,46		
DENSIDADES				
D.HUMEDA	gr/cm ³	2,186	2,164	2,184
D.SECA	gr/cm ³	1,771	1,753	1,769

Carga normal:		16		Kgf			
PROBETA # 1							
L Def Vertical	Desp. Vertical Δy(10^-2mm)	L Deform. Horizontal	Desp. Horizot. (10^-2mm)	Área corr. A' (cm ²)	Deformímetro de carga	F.Cortante Horizontal(Kgf)	Esf. Cortante (Kgf/cm ²)
0,0	0,000	0	0,00	29,42	0,0	0,00	0,00
0,0	0,000	5	0,05	29,42	9,4	1,70	0,06
0,0	0,000	10	0,10	29,42	17,7	3,21	0,11
0,0	0,000	20	0,20	29,42	29,4	5,34	0,18
0,0	0,000	30	0,30	29,42	49,8	9,04	0,31
0,0	0,000	40	0,40	29,42	60,2	10,92	0,37
0,0	0,000	50	0,50	29,42	73,0	13,25	0,45
0,0	0,000	60	0,60	29,42	82,4	14,95	0,51
0,0	0,000	70	0,70	29,42	100,9	18,32	0,62
0,0	0,000	80	0,80	29,42	108,3	19,66	0,67
0,0	0,000	90	0,90	29,42	115,6	20,99	0,71
0,1	0,001	100	1,00	29,42	115,6	20,99	0,71

Firmado digitalmente por PABLO STALIN JIMENEZ VEGA
Fecha: 2022.09.15 09:27:48 -05'00'
ING. MSC. PABLO JIMÉNEZ VEGA
ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

Anexo 20. Datos de ensayo de Corte Directo 2/2



Arquitectura +
Ingeniería

"DELTA CIA. LTDA."

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Cel: 0986335585

Cel: 0980080384

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (COHESIVOS , NO COHESIVOS)

NORMA:	AASHTO T-236
NORMA:	ASTM D 3080

MUESTRA: ARENA DE CANTERA
YACIMIENTO: MUESTRAS INALTERADAS
SECTOR: EL TABLÓN GMZ. CÓDIGO 592157

REALIZADO: DELTA LABORATORIO
FECHA: 15/9/2022
SOLICITADO: YULISSA RAQUEL JIMÉNEZ ROSALES

Carga normal:		32 Kgf					
PROBETA # 2							
L. Def Vertical	Desp. Vertical Δy(10^-2mm)	L. Deform. Horizontal	Desp. Horizont. (10^-2mm)	Área corr. A' (cm2)	Deformímetro de carga	F.Cortante Horizontal(Kgf)	Esf. Cortante (Kgf/cm2)
0,0	0,000	0	0,00	29,71	0,0	0,00	0,00
0,0	0,000	5	0,05	29,71	14,8	2,68	0,09
0,0	0,000	10	0,10	29,71	30,5	5,53	0,19
0,0	0,000	20	0,20	29,71	57,8	10,50	0,35
0,0	0,000	30	0,30	29,71	72,8	13,22	0,45
0,0	0,000	40	0,40	29,71	90,5	16,42	0,55
0,0	0,000	50	0,50	29,71	101,0	18,34	0,62
0,0	0,000	60	0,60	29,71	119,4	21,67	0,73
0,0	0,000	70	0,70	29,71	128,8	23,37	0,79
0,0	0,000	80	0,80	29,71	134,9	24,48	0,82
0,0	0,000	90	0,90	29,71	151,0	27,40	0,92
0,0	0,000	100	1,00	29,71	156,4	28,38	0,96
0,1	0,001	110	1,10	29,71	162,7	29,53	0,99
0,1	0,001	120	1,20	29,71	162,8	29,56	0,99
0,1	0,001	130	1,30	29,71	162,8	29,56	0,99

Carga normal:		64 Kgf					
PROBETA # 3							
L. Def Vertical	Desp. Vertical Δy(10^-2mm)	L. Deform. Horizontal	Desp. Horizont. (10^-2mm)	Área corr. A' (cm2)	Deformímetro de carga	F.Cortante Horizontal(Kgf)	Esf. Cortante (Kgf/cm2)
0,0	0,000	0	0,0	29,71	0,0	0,00	0,00
0,0	0,000	5	0,1	29,71	42,2	7,67	0,26
0,1	0,001	10	0,1	29,71	66,5	12,07	0,41
0,1	0,001	20	0,2	29,71	102,7	18,64	0,63
0,1	0,001	30	0,3	29,71	126,2	22,91	0,77
0,2	0,002	40	0,4	29,71	158,6	28,79	0,97
0,2	0,002	50	0,5	29,71	176,6	32,06	1,08
0,2	0,002	60	0,6	29,71	191,2	34,70	1,17
0,2	0,002	70	0,7	29,71	210,5	38,20	1,29
1,0	0,010	80	0,8	29,71	222,2	40,34	1,36
1,1	0,011	90	0,9	29,71	240,4	43,63	1,47
1,6	0,016	100	1,0	29,71	246,7	44,78	1,51
2,2	0,022	110	1,1	29,71	252,5	45,83	1,54
3,0	0,030	120	1,2	29,71	258,4	46,89	1,58
3,8	0,038	130	1,3	29,71	264,1	47,94	1,61
4,0	0,040	140	1,4	29,71	264,4	47,98	1,62
4,2	0,042	150	1,5	29,71	264,4	47,98	1,62

Firmado digitalmente por PABLO STALIN JIMENEZ VEGA
PABLO STALIN JIMENEZ VEGA
JIMENEZ VEGA PABLO STALIN
ESPECIALISTA GEOTECNICO

Anexo 21. Resultados de ensayo de Corte Directo



"DELTA CIA. LTDA."
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Cel: 0986335585

Cel: 0980080384

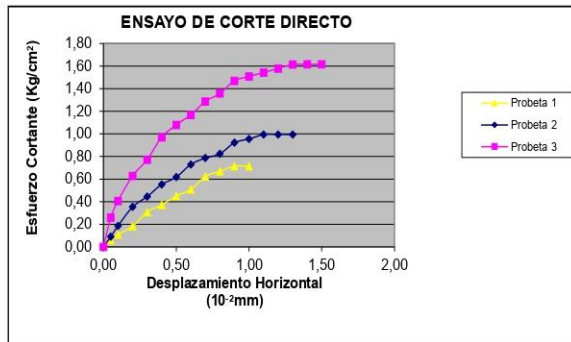
ENSAYO DE CORTE DIRECTO (COHESIVOS , NO COHESIVOS)

NORMA:	AASHTO T-236
NORMA:	ASTM D 3080

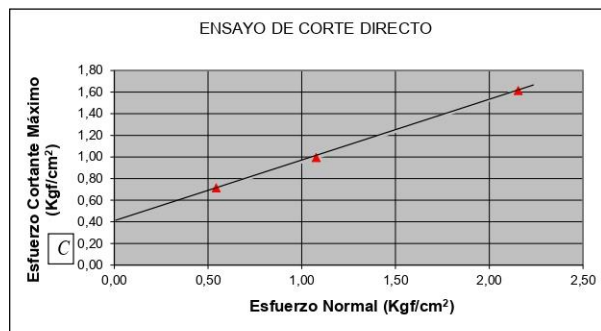
MUESTRA: ARENA DE CANTERA
YACIMIENTO: MUESTRAS INALTERADAS
SECTOR: EL TABLÓN GMZ; CÓDIGO 592157

REALIZADO: DELTA LABORATORIO
FECHA: 15/9/2022
SOLICITADO: YULISSA RAQUEL JIMÉNEZ ROSALES

CURVAS DE ESFUERZOS



Probeta	Esf. Cortante	σ_{11}
1	0,71 Kg/cm ²	0,54 Kg/cm ²
2	0,99 Kg/cm ²	1,08 Kg/cm ²
3	1,62 Kg/cm ²	2,15 Kg/cm ²

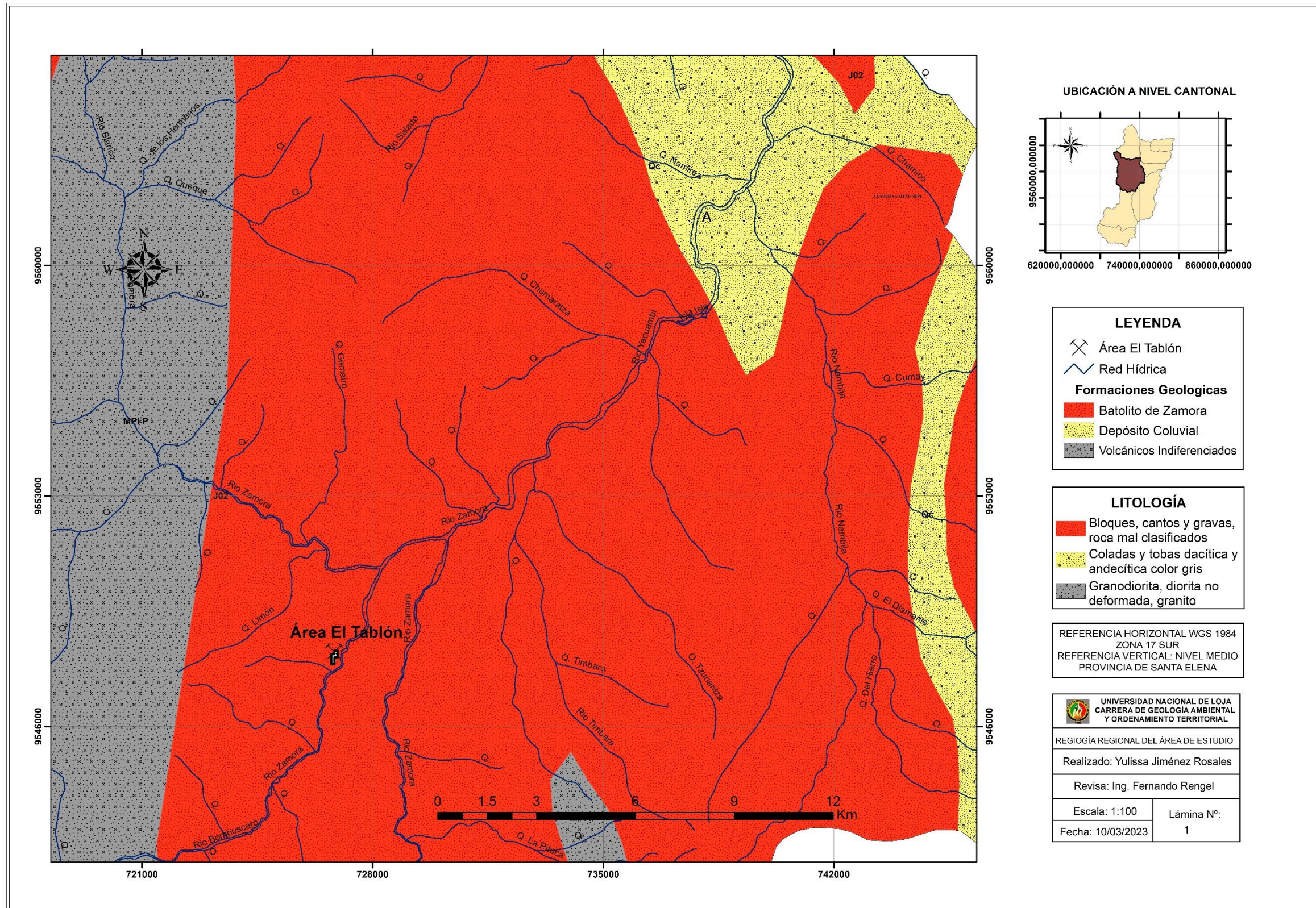


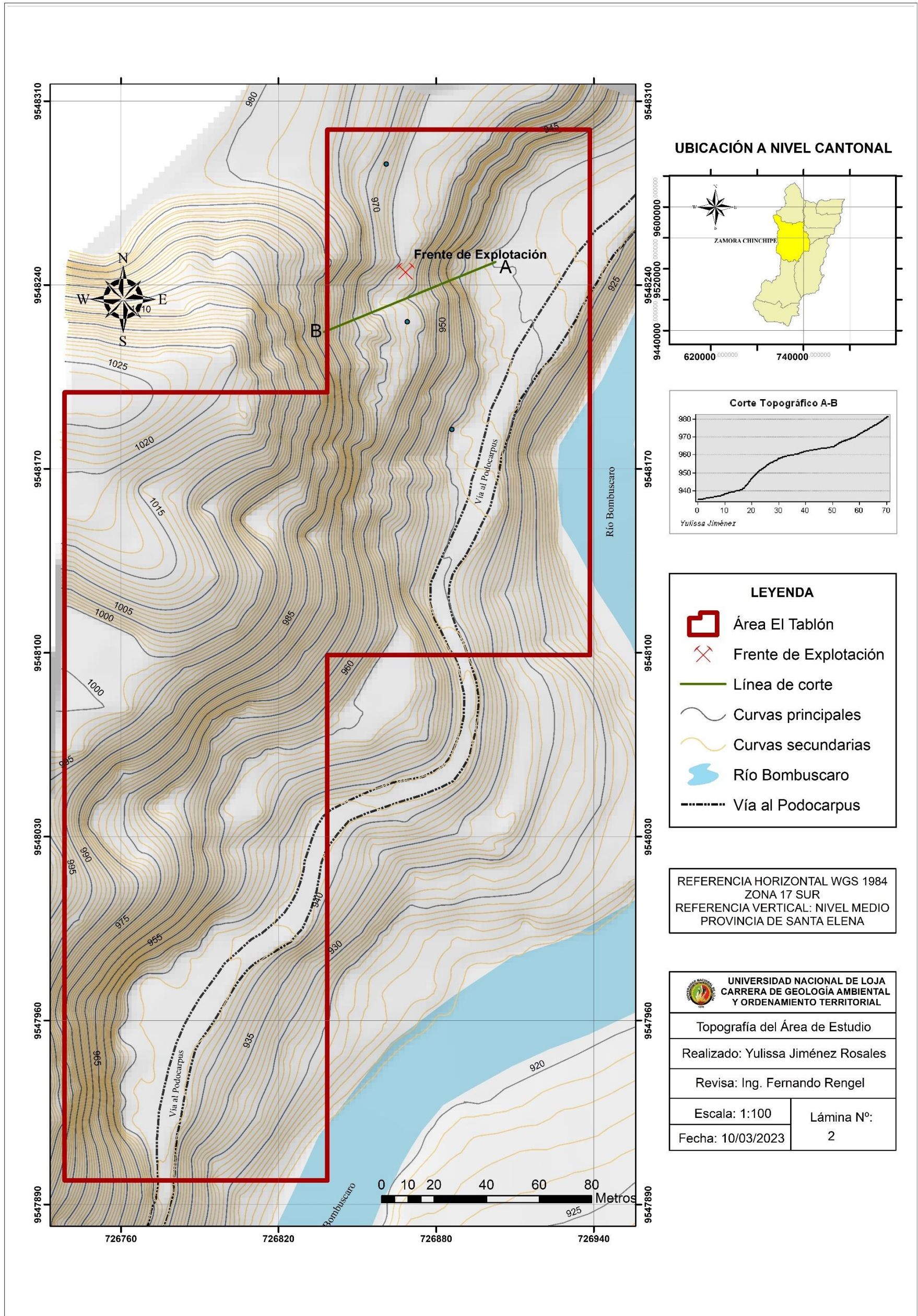
Cohesión:	C =	0,40 Kg/cm ²
Ang. Fric.Inter :	θ =	27,83 °

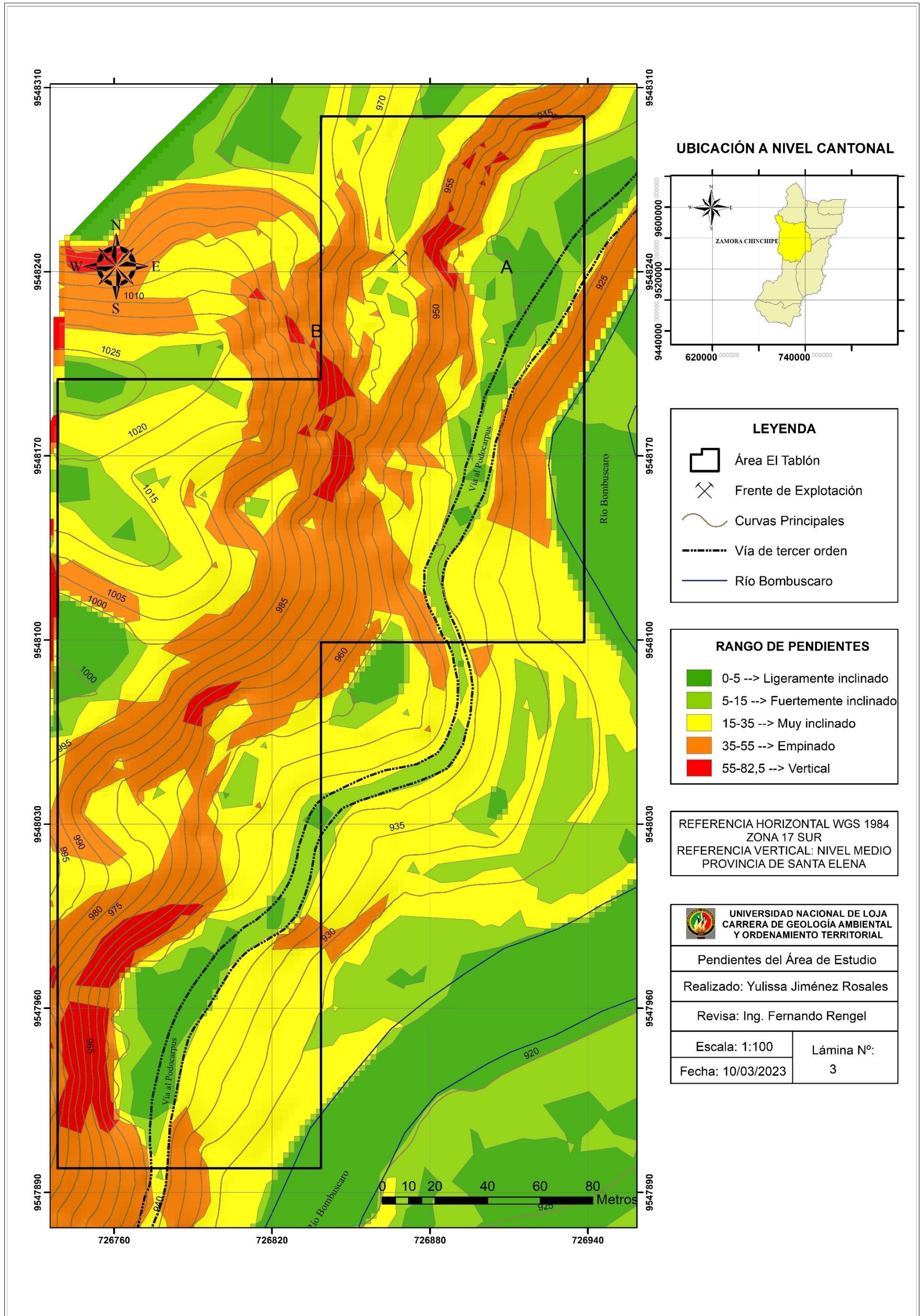
Firmado digitalmente
por PABLO STALIN
JIMENEZ VEGA
Fecha: 2022.09.15
09:28:20 -05'00'

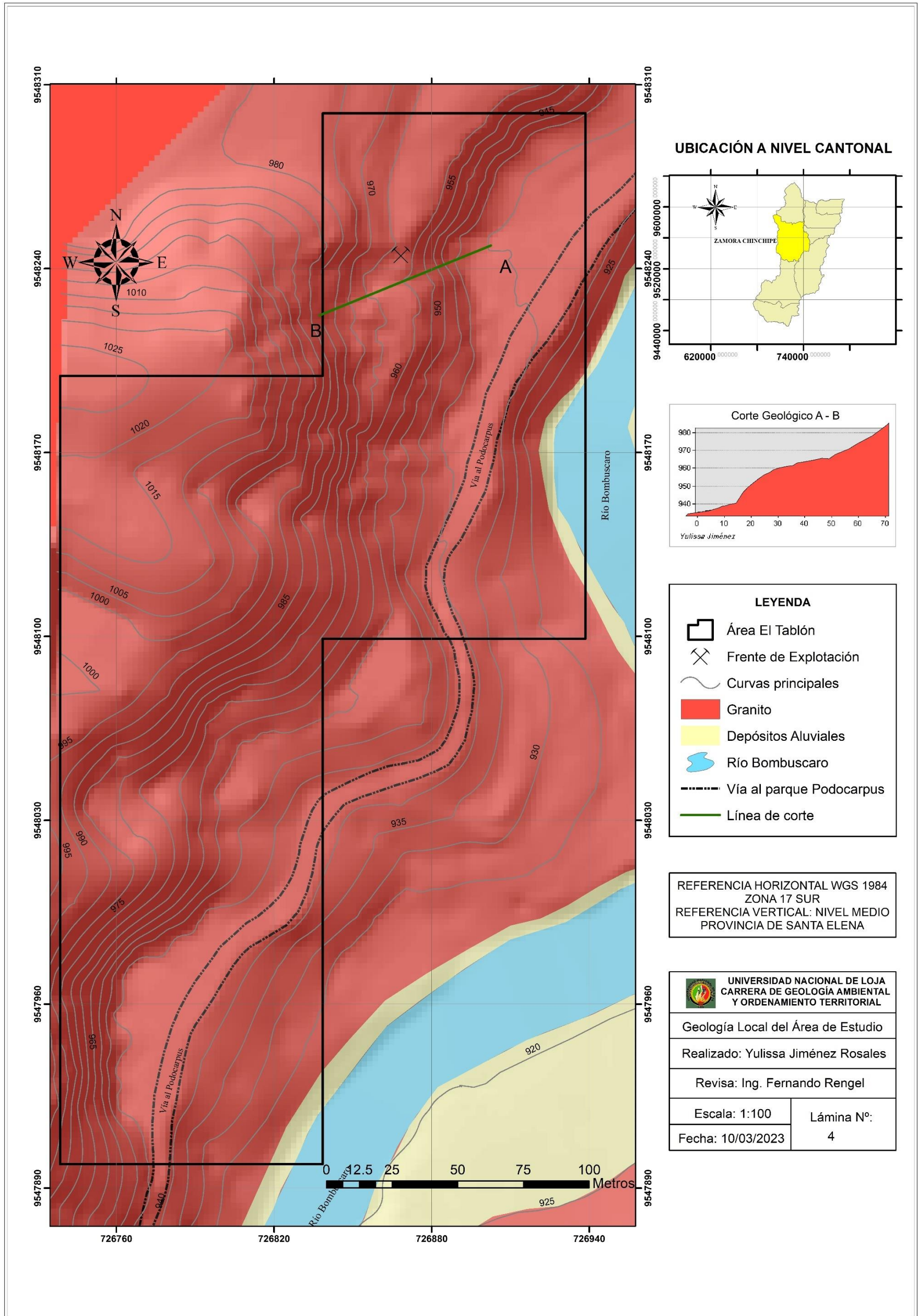
ING. MSC. PABLO JIMÉNEZ VEGA
ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

Anexo 22 Mapa geológico regional del área de estudio

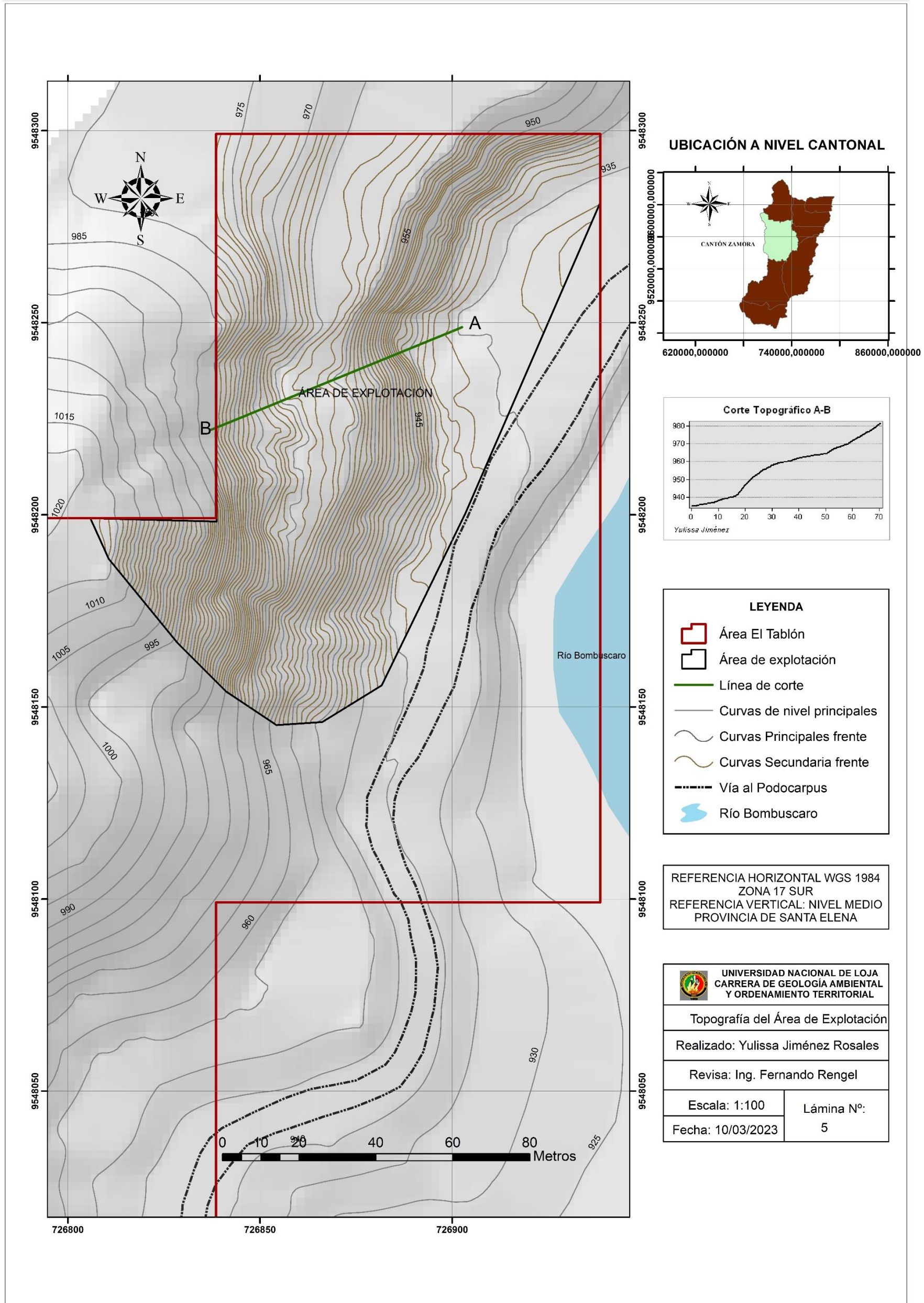


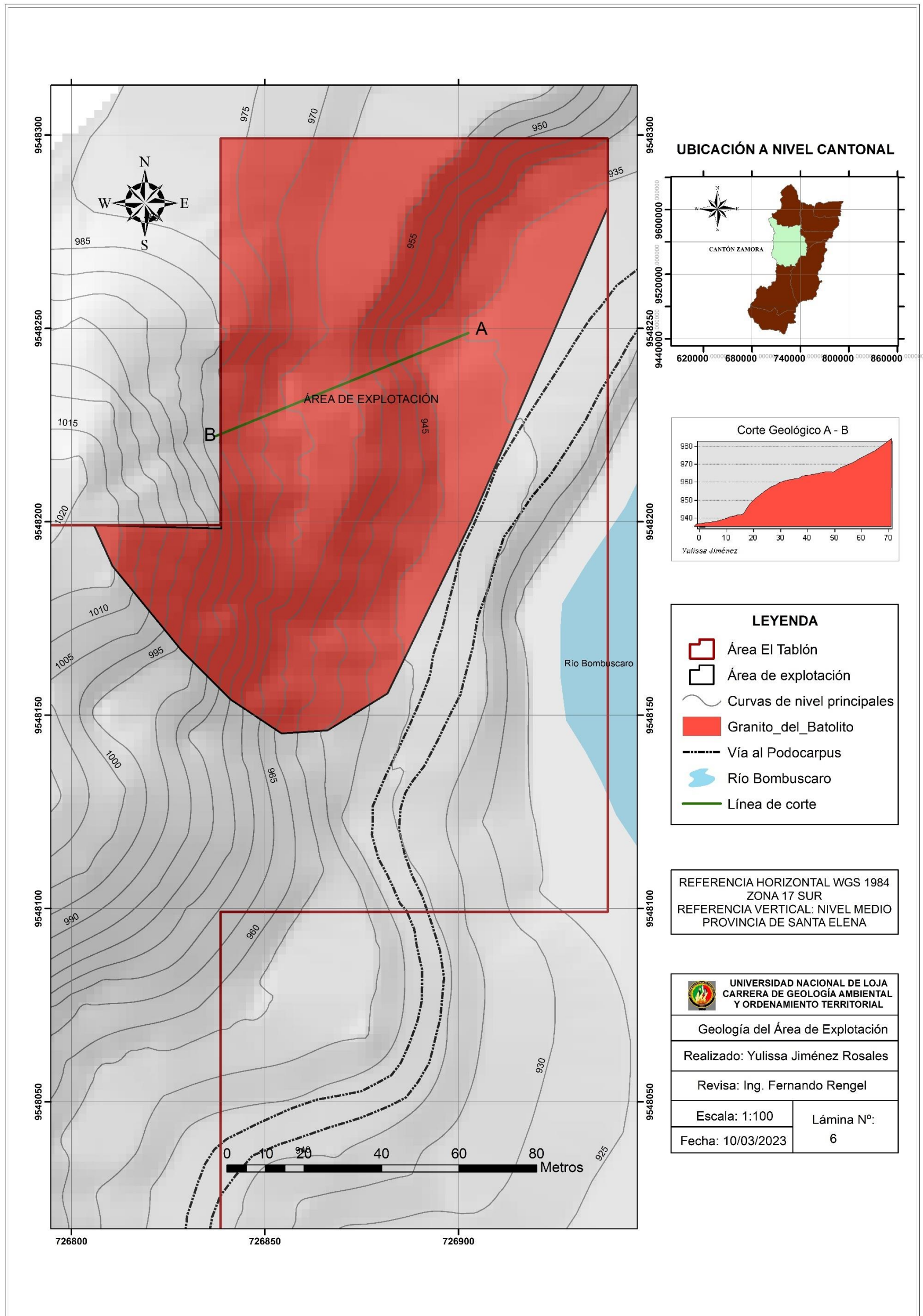




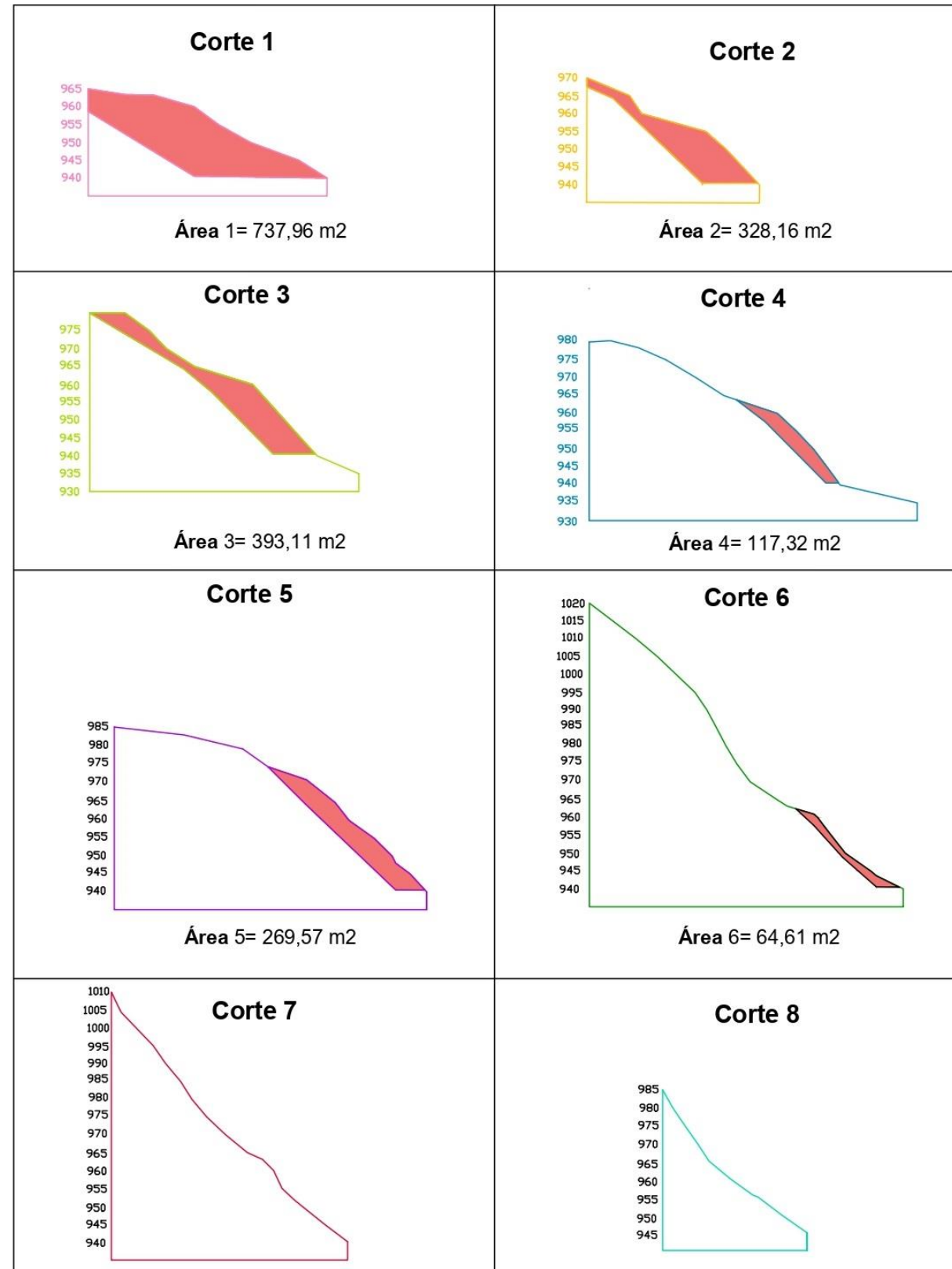
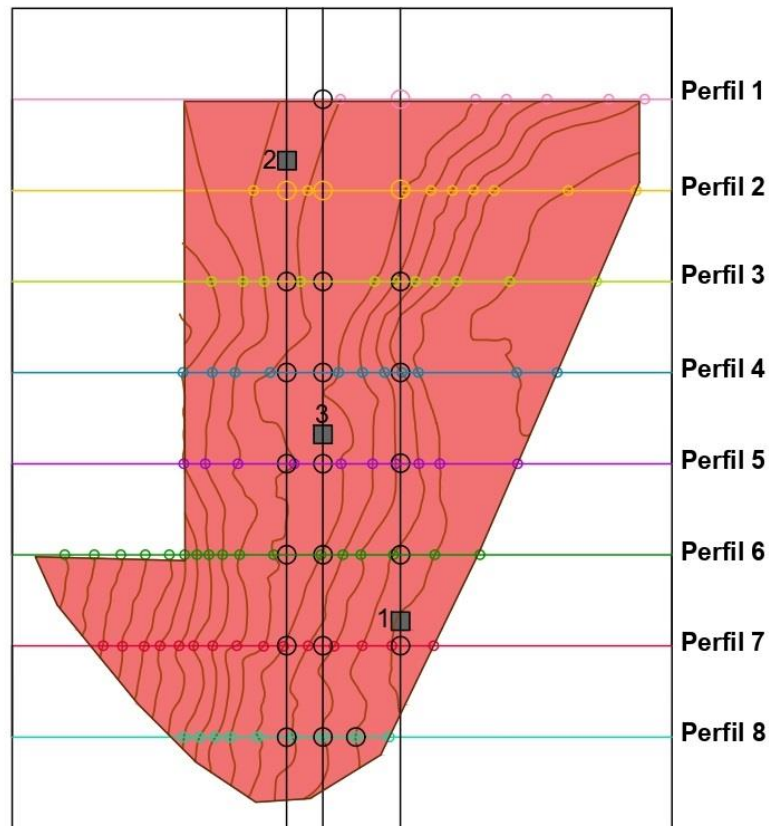


Anexo 26. Mapa topográfico del frente de explotación





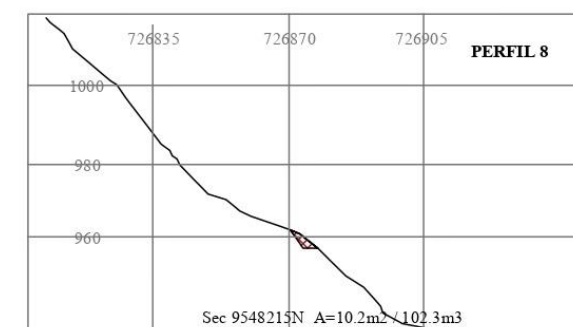
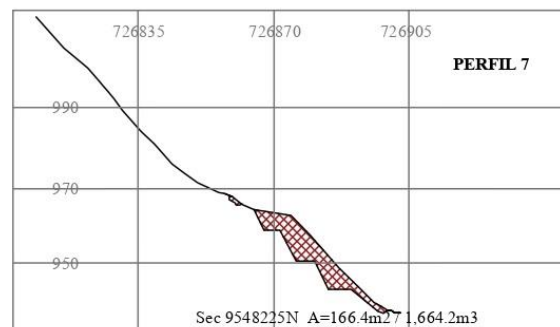
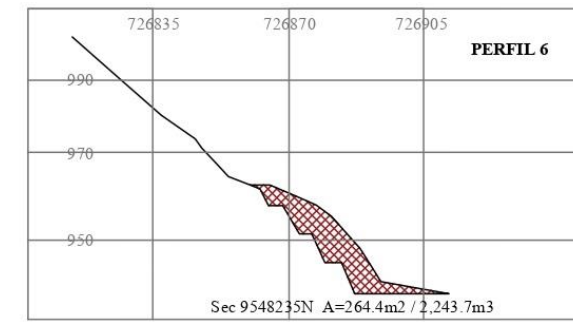
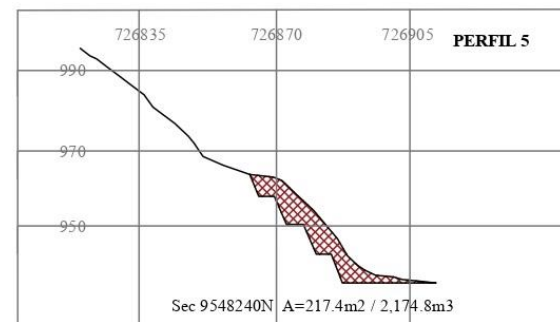
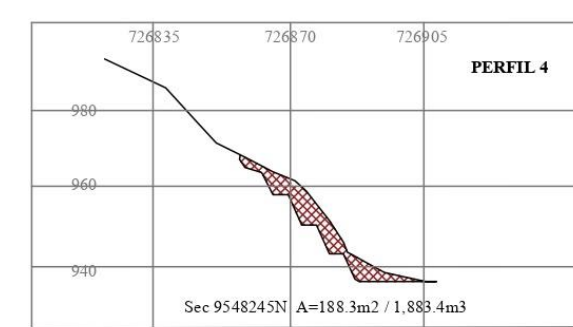
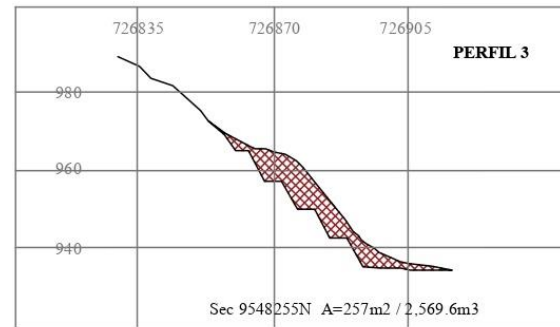
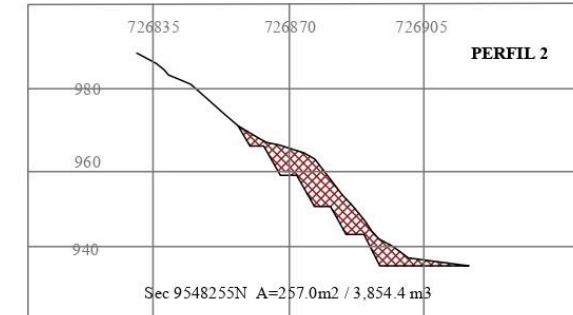
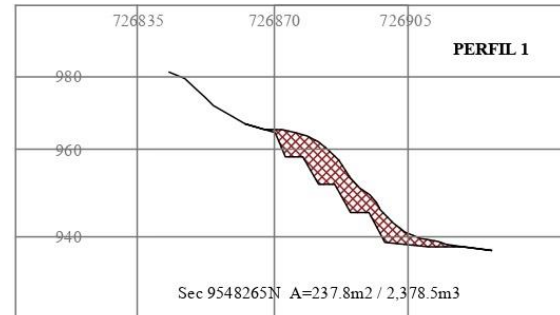
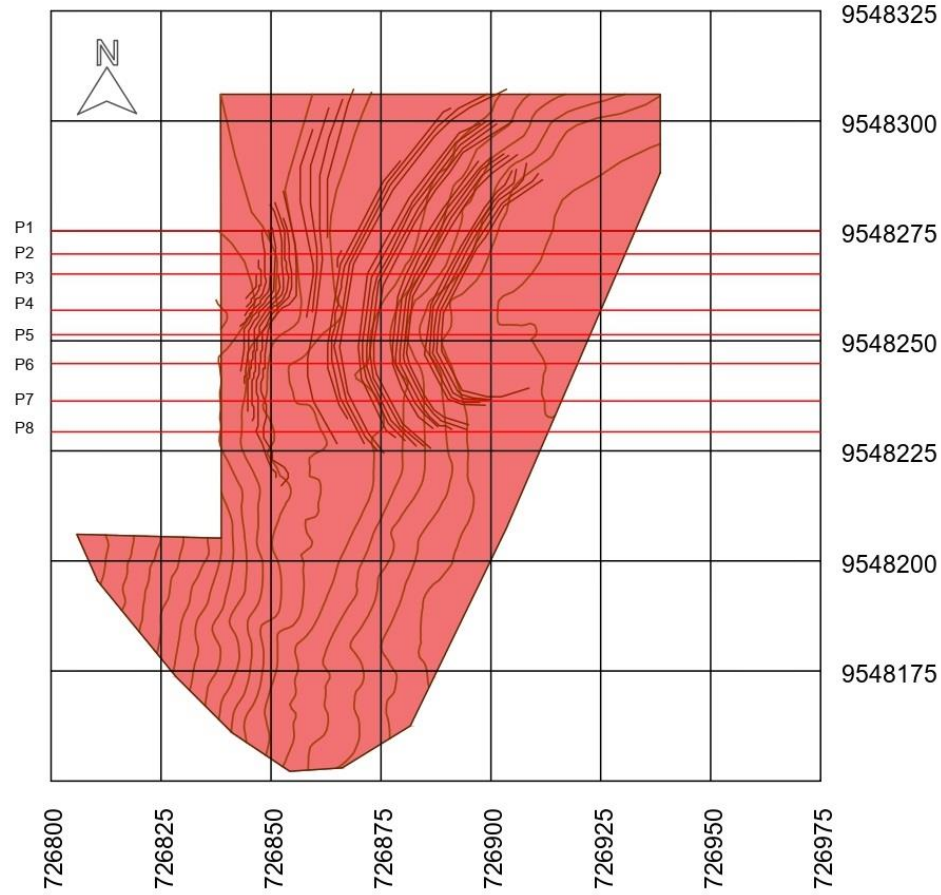
Frente de explotación del área de libre aprovechamiento "El Tablón GMZ"
 Cálculo de reservas aprovechables por el método de perfiles topográficos



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL	
Cálculo de Reservas	
Realizado: Yulissa Jiménez Rosales	
Revisa: Ing. Fernando Rengel	
Escala: 1:100	Lámina N°:
Fecha: 10/03/2023	7

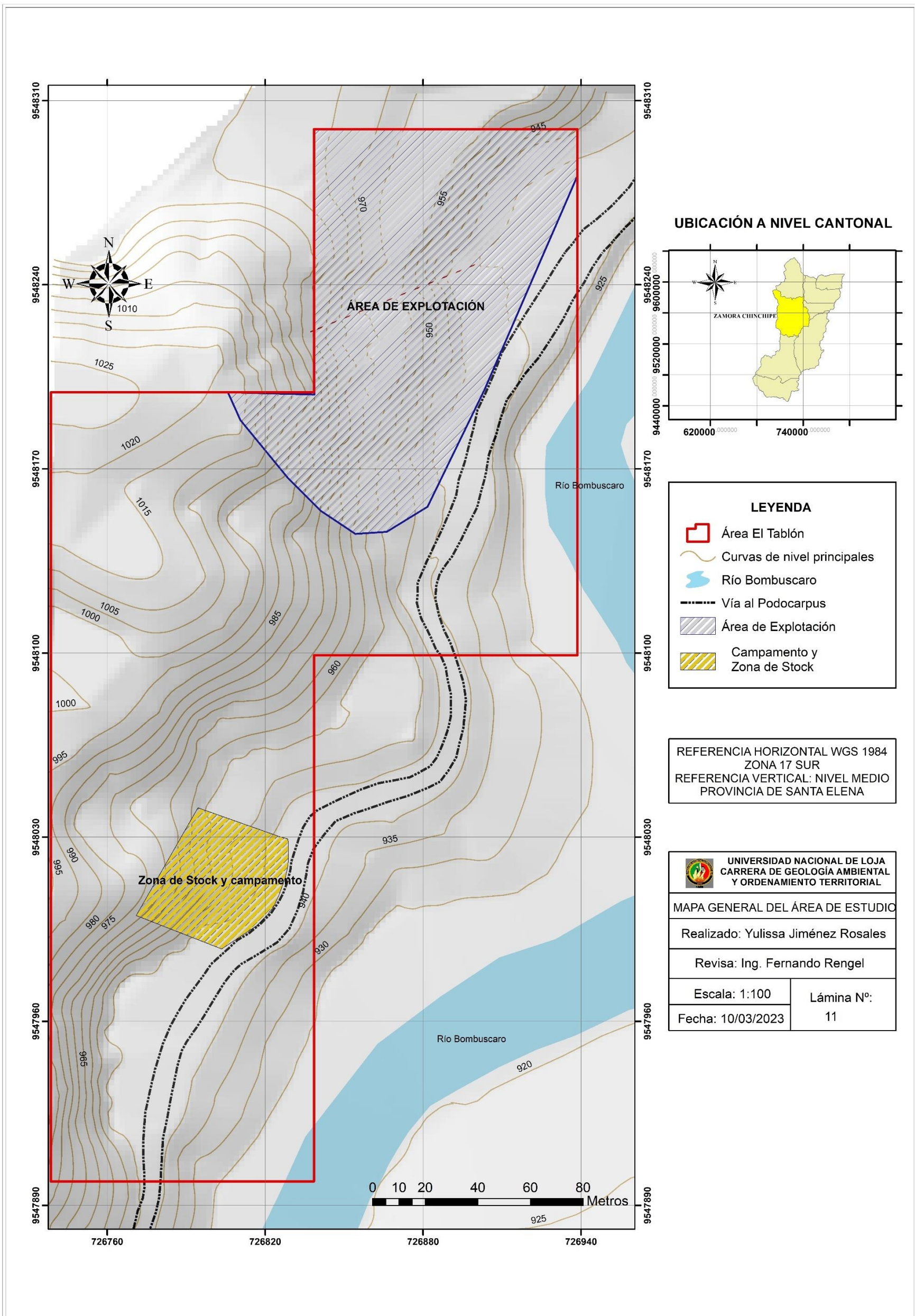
TOTAL MATERIAL APROVECHABLE
30835 m³

PERFILES DE CANTERA
Área de libre aprovechamiento "El Tablón GMZ"
código "592157"

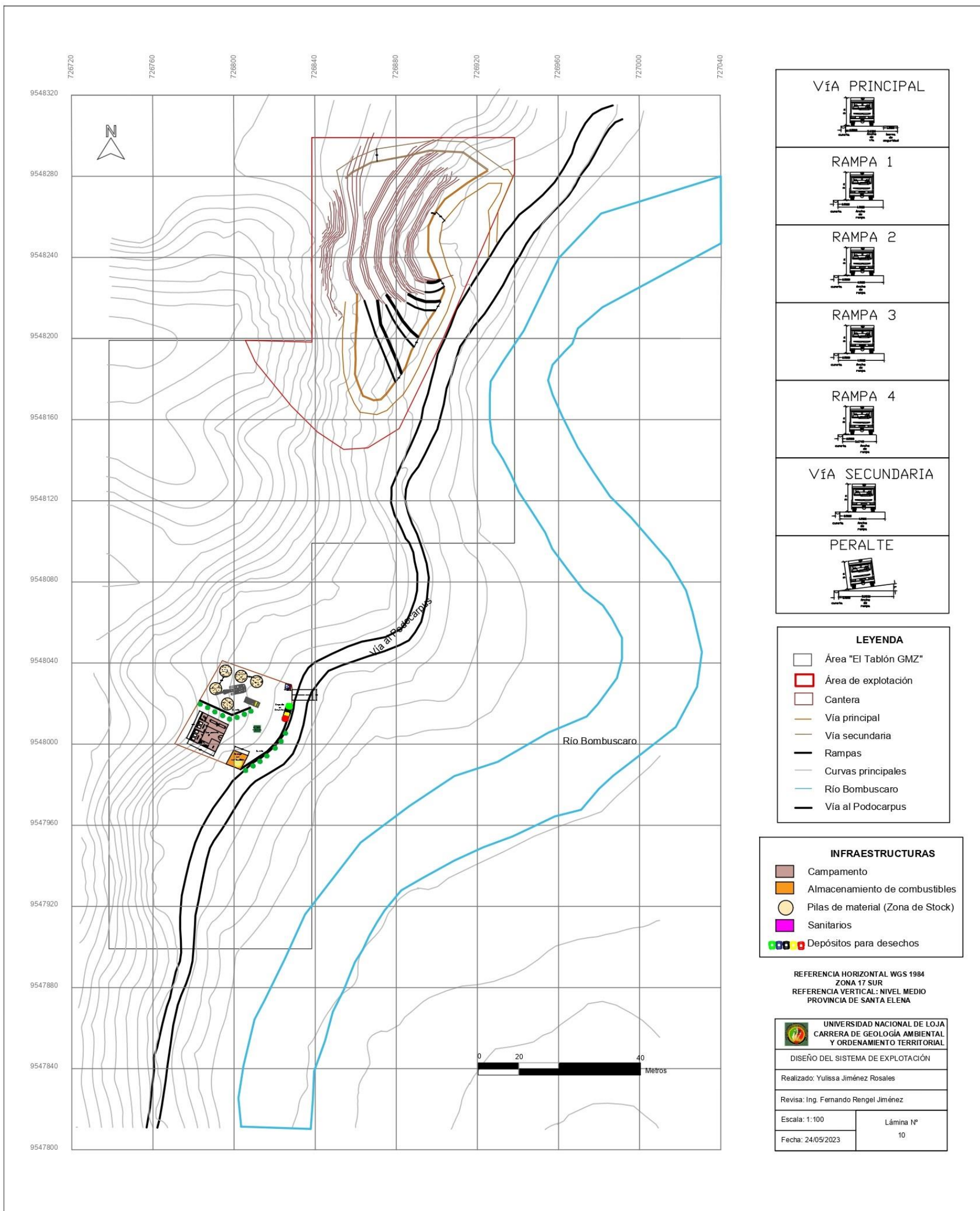


 UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL	
Cálculo de Reservas	
Realizado: Yulissa Jiménez Rosales	
Revisa: Ing. Fernando Rengel	
Escala: 1:100	Lámina N°:
Fecha: 10/03/2023	9

**TOTAL MATERIAL
 APROVECHABLE DE
 LOS BANCOS DE
 TRABAJO
 16870.9 m³**



Anexo 31. Diseño del sistema de explotación propuesto



Anexo 32. Certificado de traducción del resumen

Zamora, 13 de febrero del 2023

Lic. Jorge Enrique Caraguay Jaén

DOCENTE DE LA UNIDAD EDUCATIVA LUIS FELIPE BORJA

CERTIFICA:

Que el documento aquí compuesto es fiel traducción del idioma al inglés del resumen de la tesis titulada “Elección de sistema de explotación para el área de libre aprovechamiento de materiales de construcción, El Tablón GMZ; código 592157, sector El Tablón, cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe”, de autoría de la señorita Yulissa Raquel Jiménez Rosales, portadora de la cédula de identidad número 1150780425 egresada de la carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial de la Universidad Nacional de Loja.

Lo certifico en honor a la verdad, y a su vez, autorizo a la interesada hacer uso del presente en lo que a sus intereses convenga.



.....
Jorge Enrique Caraguay Jaén

Licenciado En Ciencias De La Educación Mención Inglés

C.I. 1104021835

Correo: jorge-dt@hotmail.es