



unl

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

Optimización del sistema de explotación para la extracción de áridos y pétreos del área minera de libre aprovechamiento “GADPC 02, código 50000644”, ubicada en la parroquia Cumbaratza, cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe

Trabajo de Titulación, previo a la
obtención del título de Ingeniera en
Geología Ambiental y Ordenamiento
Territorial

AUTORA:

María José Conza Cuenca

DIRECTOR:

Ing. Jimmy Stalin Paladines. PhD.

Loja - Ecuador

2024

Certificación

Loja, 12 de diciembre 2024

Ing. Jimmy Stalin Paladines. Ph.D.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICO:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Optimización del sistema de explotación para la extracción de áridos y pétreos del área minera de libre aprovechamiento “GADPC 02, código 50000644”, ubicada en la parroquia Cumbaratza, 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 **María José Conza Cuenca, con cédula de identidad N° 1950126472**, 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. Jimmy Stalin Paladines. Ph.D.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Autoría

Yo, **María José Conza Cuenca**, 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:



Cedula: 1950126472

Fecha: 12 de diciembre de 2024

Correo electrónico: maria.conza@unl.edu.ec

Teléfono: 0969062151

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

Yo, **María José Conza Cuenca**, declaro ser autora del Trabajo de titulación denominado: **Optimización del sistema de explotación para la extracción de áridos y pétreos del área minera de libre aprovechamiento “GADPC 02, código 50000644”, ubicada en la parroquia Cumaratza, cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe**, como requisito para optar por el título de: **Ingeniera en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, autorizó al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

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

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

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

Firma:



Autora: María José Conza Cuenca

Cédula: 1950126472

Dirección: Ecuador, Zamora Chinchipe, Zamora (Barrio San Francisco)

Correo electrónico: maria.conza@unl.edu.ec

Teléfono: 0969062151

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Integración Curricular: Ing. Jimmy Stalin Paladines. Ph.D.

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo primero a Dios quien me dio la fortaleza para seguir adelante superando todos los obstáculos de la vida.

A mis padres por su apoyo incondicional y por ser los pilares fundamentales para lograr alcanzar esta gran meta profesional.

A mi hija por su apoyo en mi vida personal y finalmente a mis hermanas y familia quienes me supieron apoyar y animar para seguir adelante.

María José Conza Cuenca

Agradecimiento

Agradezco primero a Dios por su infinito amor, y por brindarme la fortaleza y sabiduría para superar cada obstáculo presentando durante esta etapa profesional.

A mis padres, hermanas, hija y familia por su apoyo incondicional y por no dejarme sola en los momentos que más he necesitado de ellos.

Mi más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja por su acogida durante todo este proceso de formación profesional, de la misma manera a los docentes de la carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial por brindarme su aprecio, conocimiento, experiencias y enseñanzas durante toda mi carrera universitaria; y de manera especial al Ing. Jimmy Stalin Paladines director del trabajo de titulación , por la confianza y amistad brindada, además de orientarme y apoyarme en cada una de las etapas para el cumplimiento del presente trabajo de investigación.

Finalmente agradezco a mis amigos y compañeros que de una u otra manera han sabido brindarme su apoyo, fundamental para culminar esta investigación.

María José Conza Cuenca

Índice de Contenidos

Portada.....	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento	vi
Índice de Contenido	vii
Índice de tablas:.....	xi
Índice de figuras:	xiii
Índice de anexos:	xvi
1. Título.....	1
2. Resumen	2
Abstract.....	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico	6
4.1. Topografía.....	6
4.1.1. División de la topografía	6
4.1.2. Levantamiento	6
4.1.3. Representación gráfica del relieve	8
4.1.4. Fases principales del trabajo en topografía	9
4.2. Minería	10
4.2.1. Fases de la minería	10
4.3. Geología.....	11
4.3.1. Roca	11

4.3.2. Clasificación básica de las rocas.....	12
4.3.3. Ciclo litológico.....	13
4.4. Materiales áridos y pétreos	13
4.4.1. Criterios de clasificación de los materiales áridos y pétreos	13
4.4.2. Parámetros de explotación áridos y pétreos	17
4.5. Estimación de reservas minerales.....	17
4.5.1. Clasificación de las reservas	17
4.5.2. Variables para definir las reservas de un depósito mineral	19
4.5.3. Métodos para la cuantificación de reservas de áridos y pétreos	19
4.6. Métodos de explotación.....	22
4.6.1. Minería subterránea.....	22
4.6.2. Minería a cielo abierto.	22
4.7. Selección del sistema de explotación.....	23
4.8. Operaciones mineras para la extracción de agregados pétreos	24
5. Metodología	26
5.1. Descripción general del área de estudio	26
5.1.1. Ubicación y acceso	26
5.1.2. Clima.....	28
5.1.3. Hidrología.....	32
5.1.4. Sísmica	33
5.1.5. Geología regional	34
5.1.6. Geomorfología	37
5.2. Materiales.....	41
5.2.1. Materiales de campo.....	41
5.2.2. Materiales de oficina	41
5.3. Procedimiento	42

5.3.1. Metodología para el primer objetivo	42
5.3.2. Metodología para el segundo objetivo	47
5.3.3. Metodología para el tercer objetivo	56
6. Resultados	57
6.1. Resultados del Primer Objetivo	57
6.1.1. Datos generales de la concesión	57
6.1.2. Descripción de los procesos y actividades mineras.....	57
6.1.3. Caracterización del sistema de explotación vigente	62
6.1.4. Personal e infraestructura	63
6.1.5. Maquinaria e insumos	65
6.1.6. Rendimiento y producción diaria.....	68
6.1.7. Evaluación económica	76
6.2. Resultados del segundo objetivo	80
6.2.1. Topografía	80
6.2.2. Geología local	81
6.2.3. Estratigrafía de calicatas	85
6.2.4. Características del material.....	93
6.2.5. Cálculo de reservas	97
6.3. Resultados de tercer objetivo	100
6.3.1. Características del yacimiento.....	100
6.3.2. Método de explotación.....	101
6.3.3. Elección del sistema de explotación.	102
6.3.4. Implementación del sistema de explotación.	106
6.3.5. Optimización del frente de explotación	120
6.3.6. Optimización de la maquinaria	121
6.3.7. Resumen de la optimización	126

6.3.8. Análisis ambiental	127
6.3.9. Cierre de mina	129
7. Discusión.....	131
8. Conclusiones.....	133
9. Recomendaciones.....	134
10. Bibliografía	135
11. Anexos	139

Índice de tablas:

Tabla 1. Principales rocas y sus características como materiales de construcción.....	15
Tabla 2. Clasificación de los materiales pétreos según su procedencia.....	16
Tabla 3. Clasificación de los áridos según su tamaño.	16
Tabla 4. Clasificación de las reservas.	18
Tabla 5. Clasificación de los métodos de evaluación de reservas.	19
Tabla 6. Sistemas de explotación a cielo abierto.	22
Tabla 7. Coordenadas del área minera concesionada.....	26
Tabla 8. Datos meteorológicos referentes a las precipitaciones anuales.	28
Tabla 9. Datos meteorológicos referentes a las temperaturas medias anuales.	30
Tabla 10. Eventos mayores (informes sísmicos)	34
Tabla 11. Eventos menores (informes sísmicos)	34
Tabla 12. Unidades geomorfológicas del área de estudio	37
Tabla 13. Punto de control Geodésico UTM - ZONA 17S; DATUM WGS-84	49
Tabla 14. Información del área minera.....	57
Tabla 15. Personal que labora en la concesión minera	64
Tabla 16. Maquinaria utilizada en la concesión minera “GADPC 02”	65
Tabla 17. Especificaciones técnicas de la excavadora.....	66
Tabla 18. Especificaciones técnicas de la Cargadora.	67
Tabla 19. Especificaciones técnicas de la Volqueta.	68
Tabla 20. Insumos claves para el desarrollo del ciclo de trabajo.	68
Tabla 21. Datos del ciclo de trabajo realizado en una semana entera en la zona de estudio.	69
Tabla 22. Tiempo promedio de las actividades realizadas en el ciclo de trabajo en el área de estudio.....	71
Tabla 23. Costos mensuales en combustible.	77
Tabla 24. Costos mensuales en lubricantes y filtros.....	77
Tabla 25. Costos mensuales en personal de operación.....	77
Tabla 26. Costo mensual referente a equipos de protección personal (EPPs).....	77
Tabla 27. Costo de impuestos, regalías e informes de producción.....	78
Tabla 28. Costo mensual de la operación en el frente de explotación.....	78
Tabla 29. Ubicación de los afloramientos y calicatas.....	81
Tabla 30. Resultado análisis granulométrico.....	93
Tabla 31. Clasificación de suelo.....	94
Tabla 32. Resultados de ensayos de Compactación de Proctor y C.B.R.....	95

Tabla 33. Resultados de ensayo de abrasión	95
Tabla 34. Comparación de resultados de ensayos vs los parámetros del libro amarillo MTOP....	96
Tabla 35. Volumen de reservas a través de análisis geométrico computarizado (M.D.T)	99
Tabla 36. Características técnicas del yacimiento del área minera “GADPC 02, Cod. 50000644”	100
Tabla 37. Análisis Multicriterio de sistemas de explotación aplicables al área minera	104
Tabla 38. Infraestructuras a intervenir.....	107
Tabla 39. Costos de optimización de la zona de stock	108
Tabla 40. Dimensiones de vías del área de libre aprovechamiento.....	112
Tabla 41. Costos de la optimización de vías internas del área minera	112
Tabla 42. Costos de construcción de zona de desechos para el área minera	113
Tabla 43. Costos de construcción de zona de descanso y oficina	115
Tabla 44. Construcción de Zona de Recarga del material	116
Tabla 45. Costos de construcción de barrera de protección de la ribera del río	118
Tabla 46. Costos de construcción de bancos de trabajo para la explotación del material.....	120
Tabla 47. Cálculo de nuevas reservas.....	121
Tabla 48. Características del Cucharón Braus	121
Tabla 49. Costo de inversión del sistema de explotación	124
Tabla 50. Presupuesto para infraestructura y optimización.....	125
Tabla 51. Comparación de valores del sistema de explotación actual con el propuesto	126
Tabla 52. Matriz de Leopold para la identificación de impactos	127
Tabla 53. Actividades de Cierre de mina.....	130

Índice de figuras:

Figura 1. Plano acotado de una superficie levantada.....	8
Figura 2. Representación del concepto de curvas de nivel	9
Figura 3. Ciclo de las rocas.	13
Figura 4. Criterios de clasificación de los áridos.....	14
Figura 5. Sistemas de clasificación de recursos y reservas.....	18
Figura 6. Método de las secciones transversales adyacentes.....	19
Figura 7. Método de las isolíneas.	20
Figura 8. Método de triangulación.	20
Figura 9. Método de los polígonos.	21
Figura 10. Método de los prismas.	21
Figura 11. Ubicación geográfica del área minera “GADPC 02”.....	26
Figura 12. Accesos al área minera por la vía E45.	27
Figura 13. Accesos al área minera por la vía E35.	27
Figura 14. Mapa de isoyetas del área de estudio.	29
Figura 15. Mapa de isotermas del área de estudio.....	31
Figura 16. Hidrológica del área de estudio.....	32
Figura 17. Sísmica del área de estudio.	33
Figura 18. Mapa de la geología regional del área minera “GADPC 02”.	35
Figura 19. Superficie de cono de esparcimiento.....	38
Figura 20. Relieve colinado muy alto.....	38
Figura 21. Foto panorámica del valle fluvial, vista hacia el este.....	39
Figura 22. Foto panorámica del valle fluvial, vista hacia el oeste.....	39
Figura 23. Mapa Geomorfológico del área de estudio.	40
Figura 24. Observación de la zona de estudio.	43
Figura 25. Obtención de información general mediante el encargado del área minera	43
Figura 26. Visitas técnicas “in situ”.	43
Figura 27. Registro de la maquinaria.	44
Figura 28. a) Entrevista al técnico fiscalizador encargado de la concesión minera;.....	47
Figura 29. Punto de control geodésico horizontal y vertical del cantón Zamora, PUGSZ-20, ubicado en el parque de la entrada a Cumbaratza sitio “El Avión”.....	48
Figura 30. Punto P1 ubicado por el departamento técnico del GAD parroquial de Cumbaratza.	49
Figura 31. Excavación de calicatas en el frente de explotación	52
Figura 32. Excavación de calicatas en el frente de explotación	53

Figura 33. Sistema de explotación que implementa el área minera “GADPC 02” .	58
Figura 34. Procesos y actividades auxiliares del sistema de explotación actual	59
Figura 35. Arranque de la capa vegetal y superficial del suelo.	59
Figura 36. Camino de tercer orden de la concesión minera: a. Desde la Av. Pio Jaramillo hacía el puto de extracción del material. b. Desde el punto de extracción hasta la zona de acopio	60
Figura 37. Extracción del material árido y pétreo.	61
Figura 38. Cargue del material.	61
Figura 39. Transporte del material	62
Figura 40. Inexistencia de infraestructura y zona de acopia del material.	64
Figura 41. Organización de las actividades	72
Figura 42. Topografía del área de estudio	80
Figura 43. Afloramiento 7.	83
Figura 44. Clastos representativos del afloramiento de andesita.	84
Figura 45. Depósito ubicado en el flanco este (Afloramiento 5).	84
Figura 46. Bloques de diferente composición, situados en el flanco Noroeste (Afloramiento 1).	85
Figura 47. Arenas, gravas, limos, arcillas y cantos poligénicos (Afloramiento 6).	85
Figura 48. Calicata N°1, realizada en el área de estudio	86
Figura 49. Calicata N°2, realizada en el área de estudio	87
Figura 50. Calicata N°3, realizada en el área de estudio	88
Figura 51. Calicata N°4, realizada en el área de estudio	89
Figura 52. Calicata N°5, realizada en el área de estudio	90
Figura 53. Calicata N°6, realizada en el área de estudio	91
Figura 54. Correlación de calicatas.	92
Figura 55 Ensayo granulométrico	94
Figura 56 Ensayo Proctor y C.B.R.	95
Figura 57 Ensayo de abrasión.	96
Figura 58. Zona de Stock del área de libre aprovechamiento.	109
Figura 59 Corte de zona de stock	110
Figura 60. Diseño de vías del área de libre aprovechamiento	111
Figura 61. Zona de desechos.	114
Figura 62 Zona de descanso y oficina	116
Figura 63 Zona de descarga y recarga.	117
Figura 64. Vista de Perfil barrera de protección ribera del río	118
Figura 65. Señalética a Utilizar.	119

Figura 66. Diseño de frente de explotación.....	120
Figura 67. Cucharón Braus de 1.3 m ³	122

Índice de anexos:

Anexo 1. Datos de las estaciones meteorológicas utilizadas para elaborar el mapa de isoyetas.	139
Anexo 2. Datos de las estaciones meteorológicas utilizadas para elaborar el mapa de isotermas.	140
Anexo 3. Monografía del punto de control horizontal y vertical, cantón Zamora PUGSZ-20. ...	141
Anexo 4. Fichas técnicas de los afloramientos.....	142
Anexo 5. Ficha técnica para calicatas.....	149
Anexo 6. Observación en campo del área de estudio.	150
Anexo 7. Entrevista realizada al personal técnico y operativo del área minera.	151
Anexo 8. Ficha para el levantamiento de información general de la concesión minera.	154
Anexo 9. Fichas técnicas para maquinaria	155
Anexo 10. Fichas técnicas de la excavadora.	156
Anexo 11. Fichas técnicas de la cargadora.....	157
Anexo 12. Fichas técnicas de la volqueta.....	158
Anexo 13. Ficha de descripción de actividades de la concesión minera “GADPC 02”.....	159
Anexo 14. Ficha de registro del tiempo promedio del ciclo de trabajo de la concesión.	159
Anexo 15. Descripción de las actividades en la concesión minera “GADPC 02”.....	160
Anexo 16. Tiempo promedio del ciclo de trabajo de la concesión.....	162
Anexo 17. Mapa topográfico del área minera “GADPC 02”.	163
Anexo 18. Mapa geológico regional del área minera de libre aprovechamiento “GADPC 02”. 164	
Anexo 19. Mapa geológico local del área minera de libre aprovechamiento “GADPC 02”.....	165
Anexo 20. Ficha técnica de la calicata N° 1.....	166
Anexo 21. Ficha técnica de la calicata N° 2.....	167
Anexo 22. Ficha técnica de la calicata N° 3.....	168
Anexo 23. Ficha técnica de la calicata N° 4.....	169
Anexo 24. Ficha técnica de la calicata N° 5.....	170
Anexo 25. Ficha técnica de la calicata N° 6.....	171
Anexo 26. Resultados del ensayo de análisis granulométrico.....	172
Anexo 27. Resultados del ensayo de Proctor y CB.R.	176
Anexo 28. Resultados del ensayo de abrasión	180
Anexo 29. Organización de las actividades de preparación y explotación del área	182
Anexo 30. Plano de optimización del área minera de libre aprovechamiento “GADPC 02”	183
Anexo 31. Certificado de traducción de resumen.	184

1. Título.

Optimización del sistema de explotación para la extracción de áridos y pétreos del área minera de libre aprovechamiento “GADPC 02 código 50000644”, ubicada en la parroquia Cumbaratza, cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe.

2. Resumen

El presente trabajo investigativo de titulación plantea “Optimizar el sistema de explotación del área minera “GADPC 02, código 50000644”, ubicada en la parroquia Cumbaratza, cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe” esta área posee 5 hectáreas, un ritmo de producción diario de 33,68 m³/día y un volumen de explotación de 3368.89 m³ de material aprovechable para el adecuado mantenimiento vial, aceras, veredas y bordillos de la parroquia Cumbaratza.

El trabajo de investigación se realizó en dos fases: in situ y de gabinete, fases esenciales para determinar variables principales, las cuales permitieron proponer una optimización conveniente en la zona de estudio, estas variables son básicamente: la topografía, geología, el ritmo de producción, ciclo de trabajo, maquinaria implementada, volumen de explotación y los costos. Además, se determinó que litológicamente el área minera GADPC 02, está constituida en un 99,4% por depósitos aluviales conformado de bloques y clastos subangulosos a redondeados de diferente composición, gravas redondeadas, arenas y limos, destacando que este material es poligenético y depositado por acción del arrastre del río Zamora.

Del mismo modo, la etapa de laboratorio fue fundamental, ya que permitió ensayar y su vez determinar la calidad del material que se encuentra en el área, para compararlos con los estándares establecidos dentro de la normativa ecuatoriana vigente, según el uso estipulado al tipo de material extraído. Estos resultados permitieron establecer el sistema de explotación por extracción paralela con pala hidráulica o retroexcavadora a cielo abierto, optimizando así el sistema actual.

Palabras Claves: Volumen de explotación, poligenético, calidad de material, sistema de explotación.

Abstract

The present research degree work proposes "Optimize the exploitation system of the mining area "GADPC 02, code 50000644", located in the Cumbaratza parish, Zamora canton, province of Zamora Chinchipe" this area has 5 hectares, a daily production rate of 33.68 m³/day and an exploitation volume of 3368.89 m³ of usable material for adequate road maintenance, sidewalks, paths and curbs in the Cumbaratza parish.

The research work was carried out in two phases: in situ and in the office, essential phases to determine main variables, which allowed us to propose a suitable optimization in the study area, these variables are basically: topography, geology, production rate, work cycle, implemented machinery, exploitation volume and costs. In addition, it was determined that lithologically the GADPC 02 mining area is made up of 99.4% alluvial deposits made up of subangular to rounded blocks and clasts of different composition, rounded gravels, sands and silts, highlighting that this material is polygenetic and deposited due to the drag of the Zamora River.

Likewise, the laboratory stage was fundamental, since it allowed testing and in turn determining the quality of the material found in the area, to compare them with the standards established within the current Ecuadorian regulations, according to the stipulated use of the type of extracted material. These results allowed us to establish the exploitation system by parallel extraction with a hydraulic shovel or open-air backhoe, thus optimizing the current system.

Keywords: Exploitation volumen, polygenetic, material quality, exploitation system.

3. Introducción.

Actualmente el sector minero se orienta en gran medida a la extracción y aprovechamiento de materiales para construcción conocidos como “áridos y pétreos”, ya que, por sus características logran unirse al cemento y formar concretos, hormigones y morteros, máximamente; conformando elementos estructurales, los cuales sirven como bases y subbases en la construcción de vías. De esta forma, la extracción de estos materiales ha ganado gran campo dentro del cantón Zamora, específicamente en la parroquia Cumbaratza, provincia de Zamora Chinchipe.

Según Zúñiga (2022), en el mundo, uno de los primordiales índices de medición económica de un país es el aumento y la evolución del rubro de la “Construcción”, esta información básicamente refleja que un país se está desarrollando; lo que implica que, al aumentar la construcción se aumentará la demanda de materiales áridos y pétreos.

El área de libre aprovechamiento “GADPC 02; código 50000644, ubicada en el sector Cumbaratza, perteneciente al cantón Zamora, posee una superficie de 5 hectáreas y actualmente establece trabajos de extracción de áridos y pétreos, los cuales son utilizados para el mantenimiento vial, aceras, veredas y bordillos de la parroquia Cumbaratza. Además, dicha área no dispone de un ritmo de producción óptimo, por lo cual, se puede decir que su sistema de explotación no es el apropiado, dando como resultado una explotación desorganizada, lo que genera a su vez, el uso ineficiente de los materiales de construcción.

La optimización del sistema de explotación actual, se realizó con el fin de: mejorar el aprovechamiento de los materiales de construcción, aumentando el ritmo de producción, las reservas de áridos y pétreos, y el rendimiento de la maquinaria empleada en la explotación de dichos materiales presentes en el área.

Esta investigación permite mejor calidad de vida de la población y generar estudios bases relativos al área de libre aprovechamiento “GADPC 02”, referentes a variables como: topografía, geología, hidrología, sísmica y geomorfología. Conjuntamente se establecerá un fundamento bibliográfico de las características generales del área de estudio y de la maquinaria implementada en cada proceso para la explotación de los materiales.

Objetivo general

- ✓ Optimizar el sistema de explotación para la extracción de áridos y pétreos del área minera de libre aprovechamiento “GADPC 02 código 50000644”, ubicada en la parroquia Cumbaratza, cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe.

Objetivos específicos

- ✓ Describir los procesos y actividades correspondientes al sistema de explotación actual en el área minera “GADPC 02 código 50000644”.
- ✓ Estimar las reservas actuales de áridos y pétreos presentes en el área minera de libre aprovechamiento “GADPC 02 código 50000644”; con base en métodos geométricos preestablecidos.
- ✓ Proponer una alternativa de optimización al sistema de explotación de áridos y pétreos en el área minera de libre aprovechamiento “GADPC 02 código 50000644”, que cumpla con las principales exigencias técnicas y económicas.

4. Marco teórico.

4.1. Topografía

De acuerdo con Navarro (2011), la topografía es una ciencia que se fundamenta en un conjunto de procedimientos que ayudan a determinar la ubicación de un punto sobre la superficie terrestre a través de mediciones y tres elementos espaciales como son dos distancias y una altura o una distancia, dirección y una altura, para lo cual utiliza unidades de longitud (p. 9).

Por otro lado, Jiménez (2007) menciona que la topografía es una rama de la geología que utiliza diferentes principios, métodos e instrumentos para presentar gráficamente formas naturales y artificiales ubicados en una parte de la tierra, además, determina la posición relativa o absoluta de los puntos en ella (p. 25)

4.1.1. División de la topografía

La topografía se encuentra dividida en cuatro partes, que se señalan a continuación:

Topología.

Según Garcia (1998), la topología es la ciencia encargada de estudiar leyes que rigen sobre las formas del terreno.

Planografía.

García (2003), señala que la planografía consiste en una representación gráfica de una parte de la superficie terrestre, la cual debe seguir el contorno general, detalles internos como: infraestructura, caminos, puentes e incluir la superficie del terreno.

Topometría.

García (2005), define a la topometría como la ciencia que constituye los métodos geométricos de medida, y según las operaciones realizadas para representar el terreno se subdivide en tres partes: la planimetría que refiere a los métodos e instrumentos utilizados para proyectar sobre una superficie plana; la altimetría usada para determinar las diferencias de alturas; y, la agrimensura, como un conjunto de procesos empleados para medir y fraccionar los terrenos (p. 3).

4.1.2. Levantamiento

Navarro (2011) define al levantamiento como un procedimiento técnico que mide directamente el terreno y su desarrollo requiere de un conjunto de operaciones y herramientas que se despliegan para determinar la ubicación de puntos en el terreno y su

representación en un plano.

Por otra parte, García (2003) hace referencia a que, dependiendo de la extensión, el levantamiento puede ser topográfico si cubre una pequeña parte de la superficie terrestre y corresponde a un círculo de hasta 30 km de diámetro. El levantamiento también puede ser geodésico, considerando grandes áreas, considerando a la Tierra como una esfera (p. 4).

Levantamiento topográfico.

Están caracterizados por su desarrollo en pequeñas porciones de la superficie terrestre considerándola como si fuera plana, se dividen en:

- **Precisos**

Se llevan a cabo por medio de la triangulación o poligonales de precisión, utilizados principalmente para fijar los límites entre estados, en el trazo de ciudades, etc. (García, 1994).

- **Regulares**

Se realizan por medio de poligonales, levantadas con cinta, usadas en el levantamiento de linderos de propiedades, trazos de caminos, vías férreas, canales y en obras de saneamiento (García, 2005).

- **Expeditivos**

Ejecutados con aparatos portátiles, poco precisos como: brújula, podómetros; y, cuando no se disponen de aparatos, se los efectúa mediante informes proporcionados por los habitantes de la región. Son especialmente útiles en reconocimientos del terreno o exploraciones militares (García, 1998).

- **Taquímetros**

García (2003), menciona que en los métodos taquimétricos las distancias se miden por procedimientos indirectos, generalmente con tránsito y estadía, para ser empleados en trabajos previos a obras civiles (p. 5).

-A. Con teodolito y mira vertical: Este método se basa en la determinación óptica de distancia, en el paso de coordenadas polares a rectangulares y en el cálculo de nivelación taquimétrica (Matera, 2002, p. 201).

-B. Con estación total: la toma y registro de datos es automática, lo que permite eliminar errores de lectura, anotación, transcripción y cálculo, además, los cálculos de coordenadas son realizados a través de programas de computación incorporados en estas estaciones (Matera, 2002, p. 208).

4.1.3. Representación gráfica del relieve

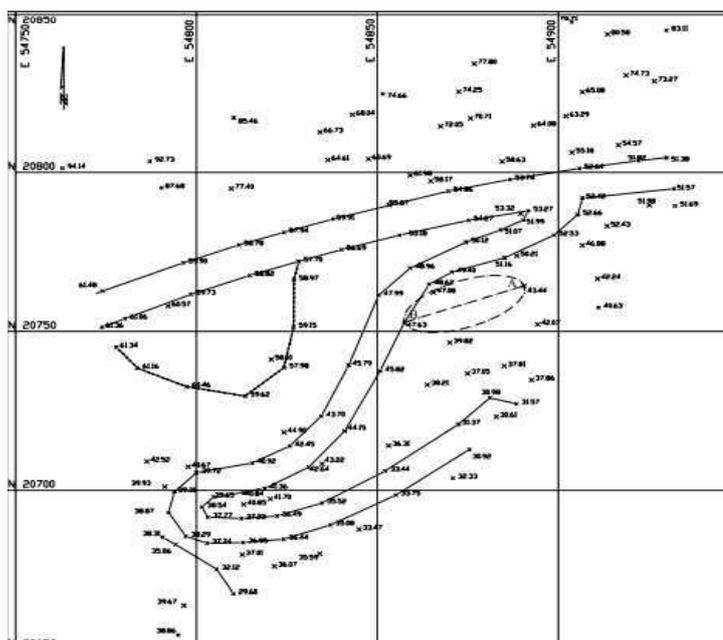
Plano acotado.

De acuerdo con Matera (2002), un plano acotado no es más que un punto en el espacio definido de forma precisa por sus coordenadas P (N, E, Z). Para facilitar la representación se suele realizar una representación en un plano horizontal, donde se plotean, sobre un sistema de coordenadas rectangulares planas, las coordenadas Norte y Este de cada uno de los puntos, y la coordenada Z, la cual no se puede representar gráficamente en este sistema, pero se acota su valor al lado del punto (p. 210).

Además, este autor afirma que un plano acotado no permite una visualización continua y rápida de las formas del relieve del terreno, o sea, no es posible obtener una vista en tres dimensiones, por lo que es necesario representar el relieve utilizando otros procedimientos.

Figura 1.

Plano acotado de una superficie levantada.

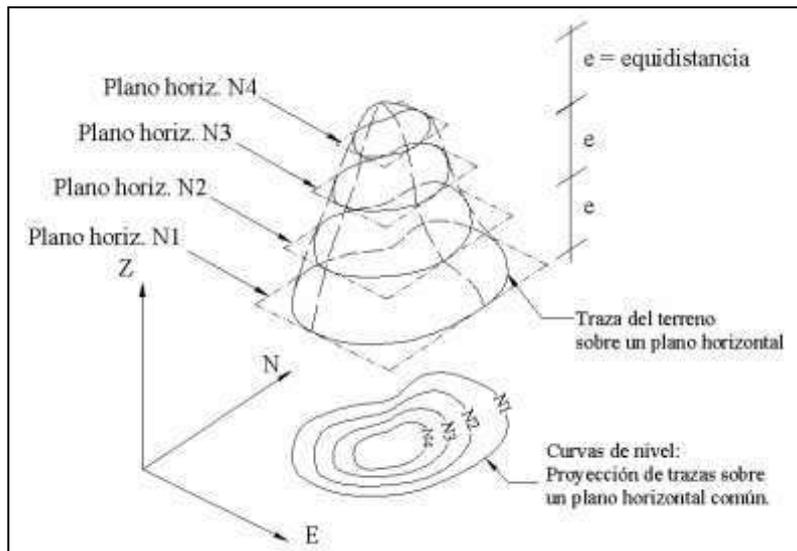


Nota: Fuente: Matera, (2002).

Curvas de nivel.

La literatura expresa que: “una curva de nivel, es una línea continua que conecta dos puntos de igual cota o elevación. Este método es el más utilizado para realizar representaciones gráficas del relieve que presenta la superficie del terreno, porque se determina de forma rápida y sencilla: la cota o elevación de cualquier punto del terreno, trazar perfiles, calcular pendientes, accidentes del terreno, entre otros” (Matera, 2002, p. 212).

Figura 2.
Representación del concepto de curvas de nivel.



Nota: Fuente: Matera, (2002).

Equidistancia.

Matera (2002), define la equidistancia como el desnivel o la distancia vertical constante que existe entre curvas consecutivas, además, el valor de esta depende de la escala y la precisión con la que se pretende elaborar el mapa. Para su cálculo se utiliza:

$$e_n = D_{escala}/1000$$

4.1.4. Fases principales del trabajo en topografía

Un tema importante dentro del estudio de la topografía es el desarrollo del trabajo topográfico, el cual es ejecutado a partir de los siguientes pasos:

Trabajo de campo.

Previo a realizar esta fase Koolhaas (2006), menciona que se debe analizar el propósito del trabajo, y tomar una decisión con base a diferentes aspectos, con ello se logra elegir el método de levantamiento, el equipo más adecuado, entre otros, así mismo, cuando se toman las mediciones y datos se deben hacer en forma comprensible apoyados de libretas de campo de manera rutinaria y estandarizada.

Trabajo de gabinete.

En esta fase se procesan los datos que fueron registrados en la libreta de campo, o instrumento utilizado, además, se debe incluir una representación gráfica que permita la obtención de un plano y procesamiento de información en un CAD (Koolhaas, 2006).

Trabajo de replanteo.

En esta última fase se realizan las actividades necesarias para la colocación de señales ya sea mojones o estacas, para marcar linderos o curvas de nivel, al igual que la fase anterior esta también posee su componente de gabinete o cálculo y su parte de campo “in situ”, que puede incluir cálculo algebraico numérico (Koolhaas, 2006).

4.2. Minería

La minería está definida como la actividad económica que comprende el proceso de extracción, explotación y aprovechamiento de minerales ubicados en la superficie de la Tierra con fines económicos, en otras palabras, es la aplicación y práctica de la ciencia, técnicas y actividades que se enfocan en el descubrimiento y explotación de yacimientos minerales. (Banco Central del Ecuador, 2017)

4.2.1. Fases de la minería

De acuerdo con la Ley de minería (2017), se pueden identificar ocho fases:

Prospección

Determinada como: “la búsqueda de indicios de nuevas áreas mineralizadas” (Ley de minería, 2017).

Exploración

Consiste en: “la determinación del tamaño y forma del yacimiento, así como del contenido y calidad del mineral en él existente. La exploración incluye también la evaluación económica del yacimiento. Esta fase comprende las siguientes actividades: mapeo geológico; muestreo geoquímico de sedimentos a lo largo de drenajes; muestreo sistemático de suelo y líneas de geofísica; y, muestreo de afloramientos y sondajes” (Ley de minería, 2017).

Explotación

Se define como: “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” (Ley de minería, 2017).

Beneficio

“Comprende el tratamiento de los minerales explotados para elevar el contenido útil o

ley de los mismos” (Ley de minería, 2017).

Fundición

“Son los procedimientos técnicos destinados a separar los metales de los correspondientes minerales o concentrados producidos en el beneficio” (Ley de minería, 2017).

Refinación

Consiste en: “los procedimientos técnicos destinados a convertir los productos metálicos en metales de alta pureza” (Ley de minería, 2017).

Comercialización

Esta fase consiste en: “la compraventa de minerales o la negociación de contratos que tengan por objeto la negociación de cualquier producto resultante de la actividad minera” (Ley de minería, 2017).

4.3. Geología

Para Lyell (2019), la geología es la ciencia encargada del estudio de la Tierra; y su objetivo es dar a conocer su configuración, la naturaleza y arreglo de los materiales que la componen, los fenómenos que ocurren en su interior, los que se producen en superficie y los que la modifican desde su origen.

Según Navarrete (2005), la geología se constituye en varias disciplinas diferentes. Algunas se nombran en función de la ciencia de la cual proceden sus técnicas; por ejemplo, el estudio de la estructura profunda de la Tierra a través del análisis de sus propiedades físicas es la ciencia de la Geofísica.

4.3.1. Roca

De acuerdo con Asensio (1959), las rocas son materiales constituidos por uno o varios minerales, producto de los diferentes procesos geológicos que se dan en el conocido ciclo de las rocas o ciclo litológico.

4.3.2. Clasificación básica de las rocas

Rocas ígneas.

Según Tarbuck y Lutgens (2005), las rocas ígneas se constituyen conforme se enfría y solidifica una roca fundida. Además, mencionan que existen varias pruebas que afirman que el material parental de las rocas ígneas, conocido como magma, se forma por el proceso de la fusión parcial, la cual se origina a varios niveles dentro de la corteza de la tierra y el manto superior a profundidades mayores a los 250 kilómetros.

“Las rocas ígneas que se forman cuando se solidifica la roca fundida en la superficie terrestre se clasifican como: extrusiva o volcánica. Las rocas ígneas que se originan en la profundidad son llamadas rocas ígneas intrusivas o rocas ígneas plutónicas, cabe recalcar que las rocas ígneas intrusivas jamás se apreciarían si la corteza terrestre no ascendiera y las rocas caja no fueran eliminadas por la erosión. Además, cuando una masa de roca de la corteza terrestre está expuesta o no se encuentra cubierta por suelo, se denomina afloramiento” (Tarbuck y Lutgens, 2005).

Rocas sedimentarias.

Tarbuck y Lutgens (2005), mencionan que: “los productos de la meteorización mecánica y química constituyen la materia prima para las rocas sedimentarias. Conforme se acumulan los sedimentos, los materiales cercanos al fondo se compactan. Durante extensos períodos, la materia mineral depositada en los espacios que quedan entre las partículas cementa estos sedimentos, formando una roca sólida. El sedimento puede experimentar varias alteraciones desde el momento de su depositación hasta que se convierte en una roca conocida como sedimentaria. La diagénesis incluye la litificación, término que hace mención a los procesos mediante los cuales los sedimentos no consolidados se transforman en rocas sedimentarias sólidas (lithos = piedra; fic = hacer)” (p. 201-203).

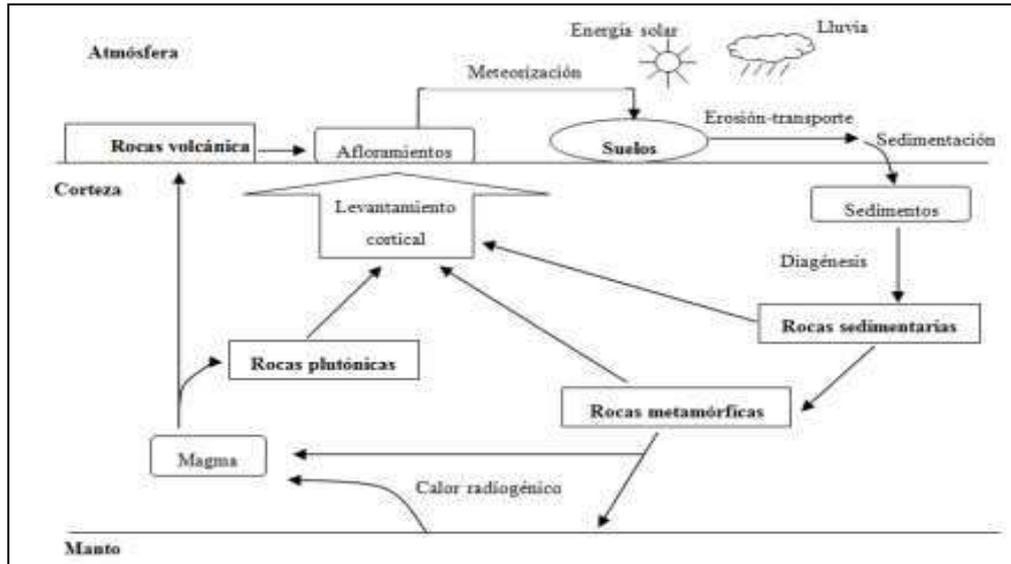
Rocas metamórficas.

Según Tarbuck y Lutgens (2005), anuncian que “las rocas metamórficas son aquellas que se originan a partir de rocas ígneas, sedimentarias o incluso de otras rocas metamórficas ya existentes. Lo que significa que, todas las rocas metamórficas tienen una roca madre, es decir, la roca a partir de la cual se originaron. El metamorfismo, se define como cambio de forma y es un proceso que provoca alteraciones en la mineralogía, la textura y, a veces, en la química de las rocas; por ejemplo, los sedimentos pueden sufrir grandes alteraciones desde su depositación hasta su transformación en roca sedimentaria y posterior a ello, es sometido a altas temperaturas y presiones que lo transforman en una roca metamórfica” (p. 228).

4.3.3. Ciclo litológico

“El ciclo litológico o ciclo de las rocas es un compendio de procesos, situaciones, técnicas y materiales que permiten que cualquier material sobre la corteza terrestre pueda con el paso del tiempo geológico, modificarse en una roca, ya sea, sedimentaria, metamórfica o ígnea” (Gisbert et ál, 2012)

Figura 3.
Ciclo de las rocas.



Nota: Fuente: Gisbert et ál, (2012).

4.4. Materiales áridos y pétreos

Blázquez (2000), indica que los materiales áridos y pétreos son un conjunto de partículas minerales de distintos tamaños y formas procedentes de la fragmentación ya sea natural o artificial de las rocas.

Además, López (2003) explica que los agregados naturales provienen de las rocas y son obtenidos por procesos de fragmentación natural como son el intemperismo y la abrasión, o a través de un proceso físico mecánico generado por el hombre; en ambos casos conservan las propiedades físicas como: densidad, porosidad, textura, resistencia al intemperismo y composición mineralógica de la roca madre (p. 9).

4.4.1. Criterios de clasificación de los materiales áridos y pétreos

Los criterios de clasificación más relevantes de los materiales pétreos, se relacionan con la naturaleza o composición mineralógica, el origen o procedencia y el tamaño de sus partículas (Blázquez, 2000).

Figura 4.
Crterios de clasificaci3n de los 3ridos.



Nota: Fuente: Bl3zquez, (2000).

Clasificaci3n seg3n su naturaleza mineral.

La competitividad de un 3rido depende b3sicamente de una variedad de factores relacionados con las caracter3sticas intr3nsecas de la roca, sin embargo, pueden influir significativamente aspectos como: fabricaci3n, transporte y puesta en obra. A continuaci3n, se conceptualiza los principales grupos de rocas utilizados como 3ridos y p3treos en la industria de la construcci3n (Bl3zquez, 2000).

Tabla 1.*Principales rocas y sus características como materiales de construcción.*

Naturaleza	Roca	Método de excavación	Fragmentación	Susceptibilidad a la meteorización
Ígnea	Granito Diorita	Explosivos	Fragmentos irregulares dependientes del uso de explosivos.	Probablemente resistente
	Basalto	Explosivos	Fragmentos irregulares dependientes de juntas y grietas	Probablemente resistente
	Toba	Arranque mecánico o explosivos	Fragmentos irregulares muchas veces con exceso de finos.	Algunas variedades se deterioran rápidamente
Sedimentaria	Areniscas	Arranque mecánico o explosivos	En lascas, dependiendo de la estratificación	Según la naturaleza del cementante
	Conglomerados	Arranque mecánico o explosivos	Exceso de finos dependiendo del cementante	Algunas se alteran para formar arenas limosas
	Limolitas Lutitas	Arranque mecánico	Desde pequeños bloques a lascas	Muchas se desintegran rápidamente para formar arcilla
	Caliza Masiva	Explosivos	Fragmentos irregulares muchas veces lascas	Las vetas pizarrosas se deterioran, pero las otras son resistentes
	Cuarcita	Explosivos	Fragmentos irregulares muy angulosos	Probablemente resistentes
Metamórfica	Pizarra Esquistos	Explosivos	Fragmentos irregulares o ajeados, según la foliación	Algunas se deterioran con procesos de humedecimiento y secado
	Gneis	Explosivos	Fragmentos irregulares muchas veces alargados	Probablemente resistentes

Nota: Fuente: López, (2003).**Clasificación según su procedencia.**

De la forma en que son aprovechados los agregados pétreos, se implanta una clasificación de acuerdo a su lugar de procedencia (Blázquez, 2000):

Tabla 2.*Clasificación de los materiales pétreos según su procedencia.*

Áridos naturales	Son aquellos áridos que se encuentran ya molidos naturalmente, que pueden ser directamente empleados tal y como se encuentran en la naturaleza; siendo necesario solamente someterlos a un proceso de selección, refinado y clasificación granulométrica.
Áridos artificiales o de machaqueo	Son aquellos áridos aprovechados a partir de la disgregación de macizo rocoso, estos se emplean para procedimientos de voladura con explosivos. A diferencia de los anteriores, necesitan de un mayor tratamiento, por lo que se procesan en plantas de trituración; en ellas, el material es limpiado, triturado y posteriormente clasificado.
Áridos pétreos sintéticos industriales	Son materiales de diversa índole, como productos de desechos o subproductos de procesos industriales, materiales calcinados, originarios de demoliciones y reciclado de firmes existentes o áridos manufacturados con características mejoradas.

Nota: Fuente: Blázquez, (2000).**Clasificación según su tamaño.**

De acuerdo a López (2003), los productos finales que se obtienen de los procesos de extracción y tratamiento de áridos son separados y clasificados por tamaños, en donde se distinguen tres grupos de áridos en función de sus propiedades generales y granulometría.

Tabla 3.*Clasificación de los áridos según su tamaño.*

Tamaño de la partícula en mm	Denominación corriente	Clasificación
Pasante del tamiz N° 200 inferior a 0.002 mm	Arcilla	Fracción fina o finos
Entre 0.002 - 0.074 mm	Limo	
Pasante del tamiz N° 4 y retenido en el tamiz N° 200	Arena	Agregado fino
Es decir, entre 4.76 mm y 0.074 mm		
Retenido en el tamiz N° 4		
Entre 4.76 mm y 19.1 mm (N°4 y 3/4")	Gravilla	Agregado Grueso
Entre 19.1 mm y 50.8 mm (3/4" y 2")	Grava	
Entre 50.8 mm y 152.4 mm (2" y 6")	Piedra	
Superior a 152.4 mm (6")	Rajón, piedra bola	

Nota: Fuente: López, (2003).

4.4.2. Parámetros de explotación áridos y pétreos

La explotación de áridos y pétreos está condicionada por los siguientes parámetros:

Parámetros geométricos.

Definen la forma y volumen del material utilizable, las variaciones del espesor y límites naturales del yacimiento. “Para definir los parámetros geométricos es necesario establecer un plano topográfico del yacimiento, un plano topográfico del techo del nivel explotable y un plano topográfico del sustrato del yacimiento, estos datos permitirán establecer, de una manera correcta, el plan de explotación” (López, 1998).

Parámetros hidrogeológicos.

Condicionan la metodología y viabilidad de extracción del material, así como también el desarrollo de los planes de recuperación de las explotaciones, dependiendo de ellos la existencia de acumulaciones de agua y su potencial eutrofización (López, 1998).

Parámetros del material extraíble.

La granulometría es el parámetro principal del material, debido a que el diseño de la planta de clasificación se proyecta a partir de esta. Otro parámetro del material es la contaminación con material fino (arcillas, limos), ya sea por una percolación desde los suelos supra yacentes o por contaminación en toda la masa (López, 1998).

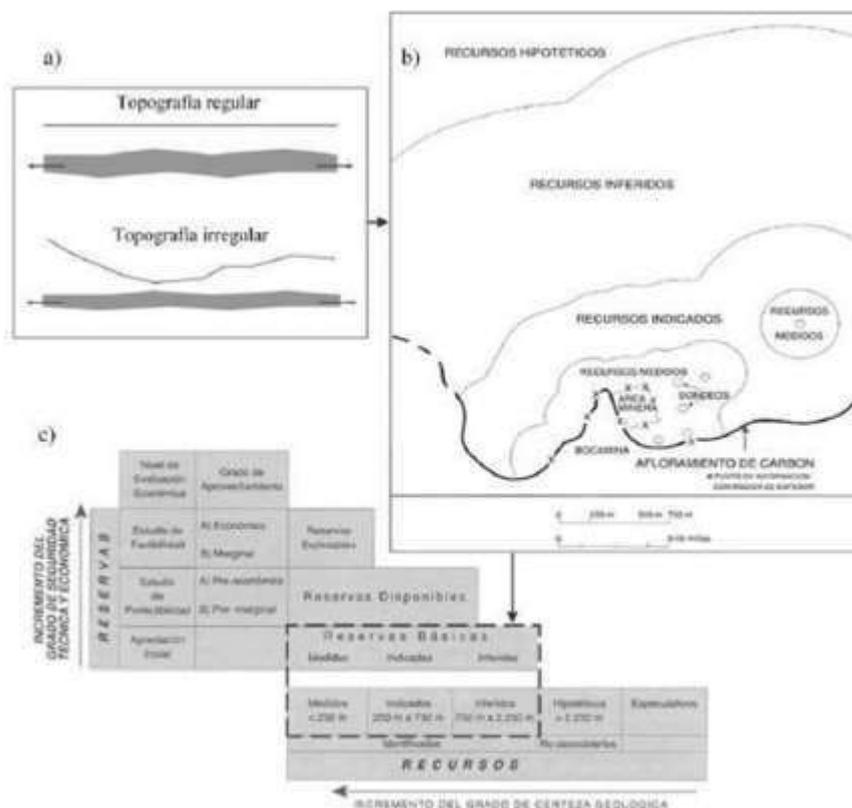
4.5. Estimación de reservas minerales

La estimación de reservas no es más que la determinación de la cantidad de materia prima que se encuentra en un yacimiento o en una de sus partes. Generalmente las reservas se estiman en toneladas métricas; las reservas de metales preciosos como oro, plata y platino, se calculan en kilogramos; las reservas de diamantes se estiman en quilates; y las reservas de gas natural, arena, rocas para la construcción y agua subterránea, se estiman en metros cúbicos (Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2013).

4.5.1. Clasificación de las reservas

Teniendo en cuenta que los yacimientos de materiales áridos y pétreos tienen características afines a los yacimientos de carbón, las categorías de los recursos y reservas se dividen en medidas, indicadas, e inferidas, de acuerdo a su certidumbre geológica, seguridad técnica y seguridad económica (Ministerio de Minas y Energía Colombia, 2013).

Figura 5.
Sistemas de clasificación de recursos y reservas.



Nota: Fuente: Ministerio de Minas y Energía Colombia, (2013).

Tabla 4.
Clasificación de las reservas.

Tipos de reservas	
Medidas	En este tipo de reservas los puntos de información deben diferir hasta 500 metros el uno del otro, lo que básicamente equivale a un radio de influencia de hasta 250 metros, calculados desde el punto de información.
Indicadas	En este tipo de reservas en cambio los puntos de información deben diferir entre 500 y 1.500 metros el uno del otro, que es equivalente a una influencia de hasta 500 metros comprendidos entre los 250 metros y los 750 metros, calculados desde el punto de información.
Inferidas	En este tipo de reservas los puntos de información deben diferir entre 1.500 y 4.500 metros el uno del otro, que equivale a un área de influencia de hasta 1.500 metros, comprendidos entre los 750 y los 2.250 metros, calculados desde el punto de información.

Nota: Fuente: Ministerio de Minas y Energía Colombia, (2013).

4.5.2. Variables para definir las reservas de un depósito mineral

En la definición de un yacimiento mineral Vadillo (1994), menciona las siguientes variables a considerar:

- Límites del yacimiento de acuerdo al área del contrato de concesión.
- Definición de la superficie del yacimiento (m²).
- Determinación de la potencia o espesor (m).
- Definición del peso específico del mineral y material (Ton/m³).
- Determinación de las propiedades físico-mecánicas del material, mineral y macizo rocoso.
- Otras de las variables a considerar son: la topografía del terreno, geología, economía, aspectos ambientales, sociales, legales y políticos que pueden restringir la explotación del material o del recurso mineral.

4.5.3. Métodos para la cuantificación de reservas de áridos y pétreos

Vadillo (1994) menciona que para determinar el volumen y posterior tonelaje de agregados que se encuentran en una zona, basta con multiplicar el espesor medio de la capa de árido por el área ocupada por esta, la formula se detalla como:

$$V_T = A * P_m$$

Donde:

V_T = Volumen total

A = Área del polígono de reservas

P_m = Profundidad media de referencia

El tonelaje de reservas se estima multiplicando el volumen de reservas calculado por la densidad media del material. Cuando el espesor no es constante, se requiere de técnicas de evaluación apoyadas por sistemas informáticos (Vadillo, 1994).

Métodos de evaluación.

Bustillo y López (1997), definen dos grandes grupos para realizar la estimación de las reservas de un depósito o yacimiento, esto a través de: métodos clásicos o geométricos, y los denominados métodos geoestadísticos.

Tabla 5.

Clasificación de los métodos de evaluación de reservas.

Métodos clásicos o geométricos	Se fundamenta en la realización de una o varias figuras geométricas en las que se estima la cantidad de mineralización o material de interés extraíble existente dentro de estas.
Métodos geoestadísticos	Se refieren a la estimación del valor de la variable en un punto o bloque a partir de un número determinado de valores conocidos, que constituye el objetivo básico de todo proceso evaluador de las reservas de un yacimiento.

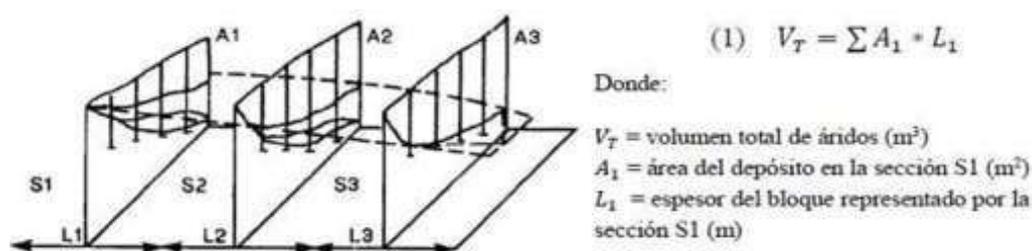
Nota: Fuente: Bustillo y López, (1997).

Método de las secciones transversales adyacentes.

La finalidad de este método es trazar secciones geológicas verticales en intervalos regulares hasta lograr representar la forma del depósito y el área que ocupa en cada sección y dentro de la excavación proyectada. La cantidad de reservas se calcula multiplicando el área de cada sección por la equidistancia que existe entre ellas y posterior a ello sumar los volúmenes obtenidos (Vadillo, 1994).

Figura 6.

Método de las secciones transversales adyacentes.

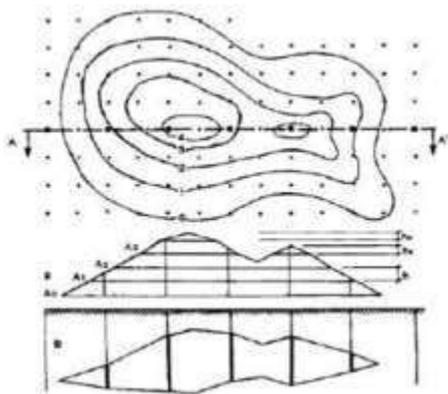


Nota: Fuente: Vadillo, (1994).

Método de las isolíneas.

En este método el depósito se transforma en un cuerpo de volumen equivalente, apoyado sobre un plano horizontal. El número de isolíneas está relacionado con el grado de complejidad del depósito mineral. Existen dos fórmulas distintas para el cálculo del volumen de un yacimiento. En el primer caso el volumen parcial entre dos isolíneas se calcula como si fuera un cilindro, en el segundo como un tronco de pirámide (Vadillo, 1994).

Figura 7.
Método de las isolíneas.



Donde:

A_i = área del depósito entre isolíneas (m^2)

h = distancia entre isolíneas (m)

$\pm h_x$ = Pico (+) o depresión (-) sobre o bajo la última isolínea, h_x

o $h/2$

Nota: Fuente: Vadillo, (1994).

El volumen total del depósito viene dado por:

- Cálculo del volumen parcial entre dos isolíneas como un cilindro.

$$(1) \quad V = h \left(\frac{A_0}{2} + A_1 + A_2 + \dots + A_{n-1} + \frac{A_n}{2} \right) \pm \frac{1}{3} * A_n * h_x$$

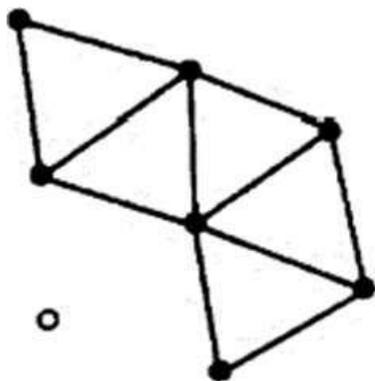
- Cálculo del volumen parcial entre dos isolíneas como un tronco de pirámide

$$(2) \quad V = \frac{h}{3} (A_0 + \sqrt{A_0 * A_1} + 2 * A_1 + \sqrt{A_1 * A_2} + \dots + 2 * A_{n-1} + \sqrt{A_{n-1} * A_n} + A_n) \pm \frac{1}{3} * A_n * h_x$$

Método de triangulación.

El método de triangulación está basado en unir los sondeos o datos puntuales mediante rectas, formando un mallado triangular, (ver figura 8). Cada triángulo es la base de un prisma imaginario que debe tener una potencia determinada. Los datos de calidad del prisma se generan como media aritmética o media ponderada para las potencias de cada uno de los tres sondeos del triángulo (Vadillo, 1994).

Figura 8.
Método de triangulación.

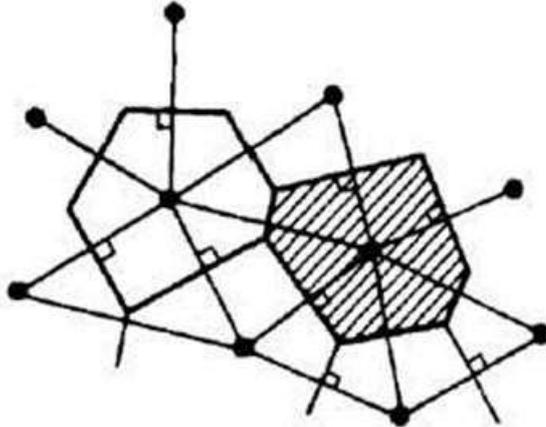


Nota: Fuente: Vadillo, (1994).

Método de polígonos.

Para este método Vadillo (1994), menciona que se divide el yacimiento en polígonos determinados por las mediatrices de los segmentos que unen los sondeos, (ver figura 9). Dentro de cada polígono se presume una constante con respecto a la potencia dada por cada sondeo, por lo cual, el volumen de cada dato se calcula al multiplicar el área del polígono por el espesor o potencia dada por el sondeo.

Figura 9.
Método de los polígonos.

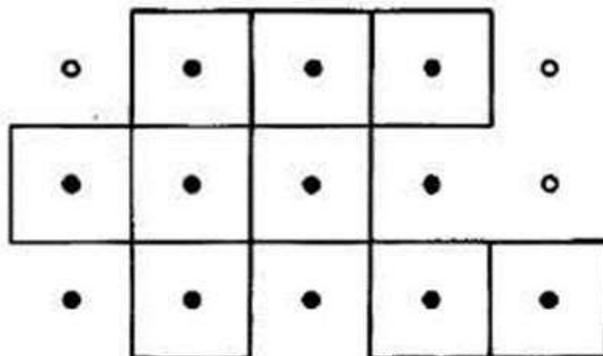


Nota: Fuente: Vadillo, (1994).

Método de los prismas regulares.

Para aplicar este método el yacimiento o depósito se debe dividir en planta según una malla regular, de tal manera que pasa a estar constituido por prismas rectos de sección regular, donde su volumen viene dado al multiplicar la altura o profundidad individual de cada uno de los prismas por su área, finalmente el volumen total será la sumatoria de los volúmenes de todos los prismas (Vadillo, 1994).

Figura 10.
Método de los prismas.



Nota: Fuente: Vadillo, (1994).

4.6. Métodos de explotación

4.6.1. Minería subterránea.

La minería subterránea es aquella que desarrolla sus actividades de explotación en el interior de la tierra a través de túneles, los cuales pueden ser verticales u horizontales, en estas minas se trabaja desde una chimenea de acceso, por lo que se establecen niveles a intervalos regulares (50 metros o más aproximadamente); así como también, se puede trabajar mediante la aplicación de varios túneles de acceso con diferente altura o rampas que unen los distintos niveles con los que cuenta (Banco Central del Ecuador, 2017).

4.6.2. Minería a cielo abierto.

La minería a cielo abierto es aquella que se desarrolla sobre la superficie de la tierra, de forma continua por capas o terrazas en terrenos delimitados anteriormente, además, este tipo de minería es utilizada en sitios donde los minerales se encuentran a poca profundidad (Banco Central del Ecuador, 2017).

Sistemas de explotación a cielo abierto

Los diferentes sistemas de explotación a cielo abierto propuestos por Herrera y Pla Ortiz de Urbina (2006), son los siguientes:

Tabla 6.

Sistemas de explotación a cielo abierto.

Cortas	Se aplica en yacimientos de capas inclinadas o conocidos como masivos, la explotación es realizada tridimensionalmente por banqueo descendente, a partir de secciones verticales en forma troncocónica. La extracción en cada nivel, se realiza en un banco con uno o varios tajos.
Descubiertas	Empleadas en yacimientos tumbados u horizontales, con recubrimientos de estéril inferiores, por lo general, a los 50 metros. Se basa en el avance unidireccional de un módulo con un solo banco desde el cual se efectúa el arranque del estéril, y luego se vierte este a la excavación de las fases anteriores, de esta manera el mineral es extraído desde el fondo de la explotación, coincidiendo con el muro del depósito.
Terrazas	Consiste en una minería por banqueo con avance unidireccional. Aplicado en yacimientos relativamente horizontales, básicamente de uno o varios niveles de mineralización y con recubrimientos potentes, pero que permiten depositar el estéril en la excavación realizada, transportándolo alrededor de la explotación.
Contorno	Su aplicación se da en yacimientos de carbón con capas tumbadas, de reducida potencia y topografía generalmente desfavorable. Consiste en la excavación del material estéril y del mineral en sentido transversal al afloramiento, hasta alcanzar el límite económico, dejando un talud conocido como banco único y progresión longitudinal siguiendo el afloramiento.

Canteras

Este término se utiliza para referirse a explotaciones de rocas industriales, ornamentales y de materiales de construcción. Componen generalmente el sector más importante en cuanto a número, ya que, desde la antigüedad se han venido explotando yacimientos bajo este método para la extracción y abastecimiento de materias primas empleadas en el campo de la construcción y obras de infraestructura. Las canteras pueden subdividirse en dos grupos:

- El primero, grupo se enfoca en obtener un todo-uno fragmentado apto para abastecer a las plantas de tratamiento y de esta forma obtener un producto destinado a la construcción en forma de áridos y pétreos, la fabricación de cementos y la fabricación de productos industriales, entre otros

- El segundo, grupo está focalizado a la explotación cuidadosa de grandes bloques paralelepípedos, que seguidamente se cortan y elaboran. Estas explotaciones se caracterizan principalmente por el gran número de bancos que se realizan para arrancar los bloques, y la maquinaria especial con la que se obtienen planos de corte limpios

Graveras

Los materiales detríticos, como las arenas y gravas, son materiales que se encuentran alojados en depósitos de valles y en las terrazas de los ríos, materiales los cuales son objeto de una explotación intensa, por lo cual, este método es el adecuado en estos casos, debido a la gran demanda de estos materiales por el sector de la construcción. Las explotaciones mediante este método suelen llevarse a cabo en un solo banco, con profundidades inferiores a los 20 metros

Nota: Fuente: Herrera y Pla Ortiz de Urbina, (2006).

4.7. Selección del sistema de explotación

El Servicio Geológico Mexicano (2019), menciona que cuando un depósito es descubierto, explorado, bosquejado y evaluado, como siguiente paso se deberá realizar la selección del sistema de explotación que se adapte tanto física, económica y ambientalmente. Desde el ámbito económico, el mejor método y sistema de explotación es aquel que proporcione la mayor tasa de retorno en la inversión.

“Adicionalmente, el sistema seleccionado deberá satisfacer condiciones de máxima seguridad y permitir un ritmo óptimo de extracción bajo las condiciones geológicas particulares del depósito. Los sistemas de explotación deben ser elaborados con base en la geología estructural y en la mecánica de rocas prevaleciendo el concepto fundamental de estabilidad en las obras” (Servicio Geológico Mexicano, 2019).

De esta forma el Servicio Geológico Mexicano (2019), especifica que los rasgos y características de los depósitos minerales fueron creados antes, durante o después de que tuvo lugar la mineralización y de esto dependen las condiciones que determinen el sistema de explotación más adecuado.

Desde el punto de vista geológico-estructural, las características más importantes y que son claves en la selección del sistema de explotación son las siguientes:

- Tamaño y morfología del cuerpo mineral.
- Espesor y el tipo del escarpe superficial.
- Elementos de yacencia del depósito.
- Características físicas y resistencia del mineral y de la roca encajonante.
- Presencia o ausencia de aguas subterráneas y sus condiciones hidráulicas relacionadas con el drenaje de las obras.
- Factores económicos, incluyendo la ley y tipo de mineral, costos comparativos de explotación y ritmos de producción deseados.
- Factores ambientales como: conservación del contorno topográfico original en el área de explotación y prevención de contaminación de agua o aire.

4.8. Operaciones mineras para la extracción de agregados pétreos

De acuerdo con el Ministerio de Minas y Energía de Colombia (2013), las operaciones mineras son un conjunto de actividades que se efectúan para desarrollar un proyecto minero. Dependen de la magnitud y del alcance de este en el tiempo, por lo tanto, es importante tener en cuenta estudios que garanticen la variabilidad de la explotación.

- a) Preparación:** Se refiere a retirar la vegetación y la capa superficial de suelo que cubre al yacimiento, lo que puede realizarse mediante maquinaria como excavadoras; aunque generalmente se realiza anti técnicamente afectando la calidad del producto a granel (Sociedad Geológica, 1977).
- b) Extracción:** Los métodos de extracción difieren en función del grado de consolidación que presenten los materiales. Generalmente la mayoría de las explotaciones se realizan a cielo abierto por medio de la apertura de uno o varios frentes de explotación, que es el lugar de donde se saca el material, que avanzan en determinada dirección. En casos donde la potencia del yacimiento a explotar sea demasiada alta o elevada, la extracción se realiza mediante la apertura de dos o más bancos de explotación escalonados (Sociedad Geológica, 1977).
- c) Cargue:** Según la Sociedad Geológica (1977), es la operación que consiste en la carga del material al sistema de transporte definido, este puede ser de dos formas:

- *Método Cíclico*. - Se emplean herramientas como: palas de empuje, cargadores, retroexcavadoras, dragalinas, y grúas de almejas. Este método consiste en llenar el cucharón, cargue y despacho del vehículo de acarreo.
 - *Método Continuo*. - Este método utiliza la rueda de cangilones que alimenta bandas transportadoras. Esta es una actividad en forma sucesiva, automática e interrumpida.
- d) **Acarreo:** Consiste en el traslado del material o mineral arrancado hasta el sitio de acopio o planta de beneficio, así como el estéril es llevado a los botaderos (Servicio Geológico Mexicano, 2017)
- e) **Acopio:** Esta actividad no es nada más que el almacenamiento del material extraído de la mina para su comercialización o posterior beneficio y uso. Las áreas de acopio son adaptadas en función de cantidad de material a extraer, el tiempo de almacenamiento y tipo de material. Entre los sistemas de almacenamiento se encuentran (Servicio Geológico Mexicano, 2017):
- *Almacenamiento en pila*. - El descargue del material se hace en volquetas luego se procede al arrume del material con tractor de llantas, orugas, y el cargue del material con cargador.
- f) *Almacenamiento en silos*. - Esta operación se realiza a través de bandas transportadoras. Es decir, se realiza el descargue directo a camiones u otro medio de transporte, para luego ser llevado a los sitios de consumo.

5. Metodología.

5.1. Descripción general del área de estudio

5.1.1. Ubicación y acceso

El área minera de libre aprovechamiento de materiales de construcción para obra pública denominada “GADPC 02”, código 50000644 cuyo titular minero es el GAD Parroquial Rural de Cumbaratza, se encuentra localizado en la provincia de Zamora Chinchipe, cantón Zamora, parroquia Cumbaratza, sector Cumbaratza (Ver figura 11).

Figura 11.

Ubicación geográfica del área minera “GADPC 02”.



Nota: Fuente: Google Earth (s.f). **Modificado por:** Autor, 2024.

El área minera desde la cabecera parroquial (Cumbaratza), se encuentra ubicada a 15 kilómetros de distancia de la cabecera provincial (ciudad de Zamora); es decir, se localiza a unos 25 minutos aproximadamente de la ciudad de Zamora. Las coordenadas UTM/WGS84/17S y UTM/WGS84/17S se muestran a continuación:

Tabla 7.

Coordenadas del área minera concesionada.

COORDENADAS DEL ÁREA CONCESIONADA				
PUNTOS	DATUM: WGS 84		DATUM: PSAD 56	
	X	Y	X	Y
P.P.	736.400,00	9'558.000,00	736.700,00	9'558.500,00
1	736.500,00	9'558.100,00	736.800,00	9'558.500,00
2	736.500,00	9'557.900,00	736.800,00	9'558.300,00
3	736.400,00	9'557.900,01	736.700,00	9'558.300,00
4	736.400,00	9'557.700,00	736.700,00	9'558.100,00
5	736.300,00	9'557.700,00	736.600,00	9'558.100,00
6	736.300,00	9'558.000,00	736.600,00	9'558.400,00
7	736.400,00	9'558.000,00	736.700,00	9'558.400,00

Nota: Elaborado: GAD CUMBARATZA (2022). **Modificado:** Autora (2024).

El acceso se realiza a través de la carretera Troncal Amazónica vía E45, Ruta Panamericana, y calle Teniente Hugo Ortíz hasta la entrada a Cumbaratza esta ruta posee 687 km, aproximadamente 11 h 56 min (Ver figura 12). A su vez se puede acceder por Carretera Troncal de la Sierra vía E35, Ruta Panamericana hasta llegar a la ciudad de Loja, y de aquí dirigirse al área minera “GADPC 02” en la ciudad de Cumbaratza, esta ruta posee 749 km y aproximadamente 13 h 6 min (Ver figura 13).

Figura 12.

Accesos al área minera por la vía E45.



Nota: Fuente: Google Earth (s.f). **Modificado por:** Autora, 2024.

Figura 13.

Accesos al área minera por la vía E35.



Nota: Fuente: Google Earth (s.f). **Modificado por:** Autora, 2024.

5.1.2. Clima

El área de estudio, dependiendo de la ubicación, puesto que posee una topografía irregular, de manera general se caracteriza por poseer un clima tropical megatérmico húmedo; es decir, temperado cálido, cuya temperatura media anual es de 22°C, hay precipitaciones durante todo el año, hasta los meses más secos aún tiene mucha lluvia, la precipitación media anual es de 676 mm. (INAMHI, 2017)

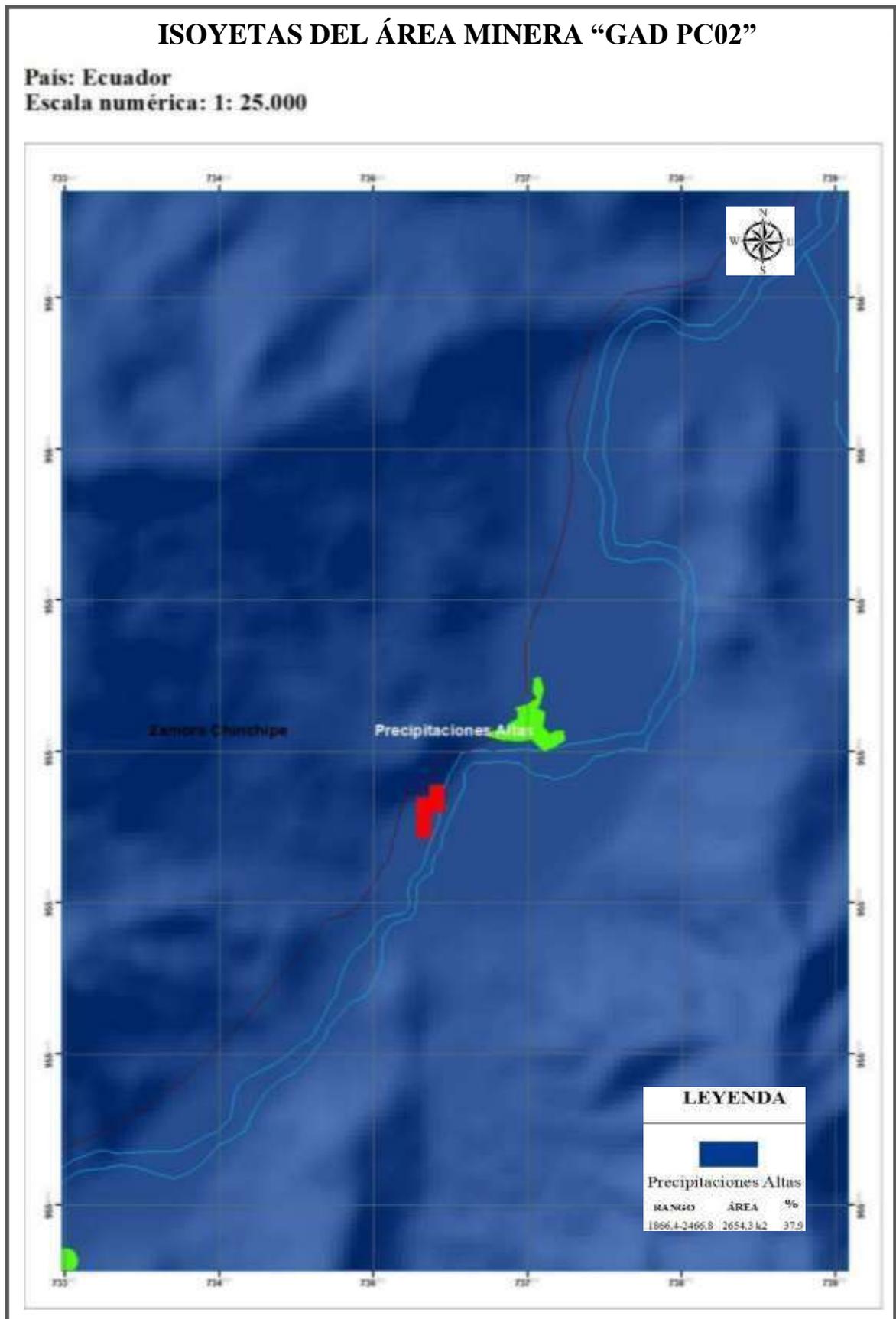
De acuerdo a la información proporcionada por las estaciones meteorológicas: M 033, M 143, M 142, M 189, M 190, M 207, M 502 y M 506 del INAMHI (Ver tabla 8), la precipitación multianual en el área de implantación de acuerdo a los datos históricos del periodo 1990 y 2021 (Información de los anuarios meteorológicos disponibles y datos obtenidos mediante interpolación y extrapolación) (Ver anexo 1), presentó para el área de estudio una variación de precipitación media anual que va en un rango de 1866,4 a 2466,8 mm/año, siendo considerada como precipitaciones altas. De la misma forma, se presenta a continuación el mapa de isoyetas del área de estudio.

Tabla 8.

Datos meteorológicos referentes a las precipitaciones anuales.

Nº	COORDENADAS			Nombre	Código	Provincia	Precipitación media anual (mm)
	x	Y	z				
1	699710,8	9553629,6	2160	Argelia	M 033	Loja	965,33
2	691893,9	9533771,7	1453	Malacatos	M 143	Loja	734,25
3	696167,2	9600575,8	2525	Saraguro	M 142	Loja	665,51
4	769358,3	9624070,4	750	Gualaquiza	M 189	Morona Santiago	1921,11
5	749844,3	9575506,2	830	Yanzatza	M 190	Zamora Chinchipe	1894,77
6	714074,8	9561615,1	1620	Zamora	M 207	Zamora Chinchipe	2466,87
7	758210,6	9564912,8	820	Paquisha	M 502	Zamora Chinchipe	2363,94
8	767717,6	9598598,3	650	El Pangui	M 506	Zamora Chinchipe	1785,79

Figura 14.
 Mapa de isoyetas del área de estudio.

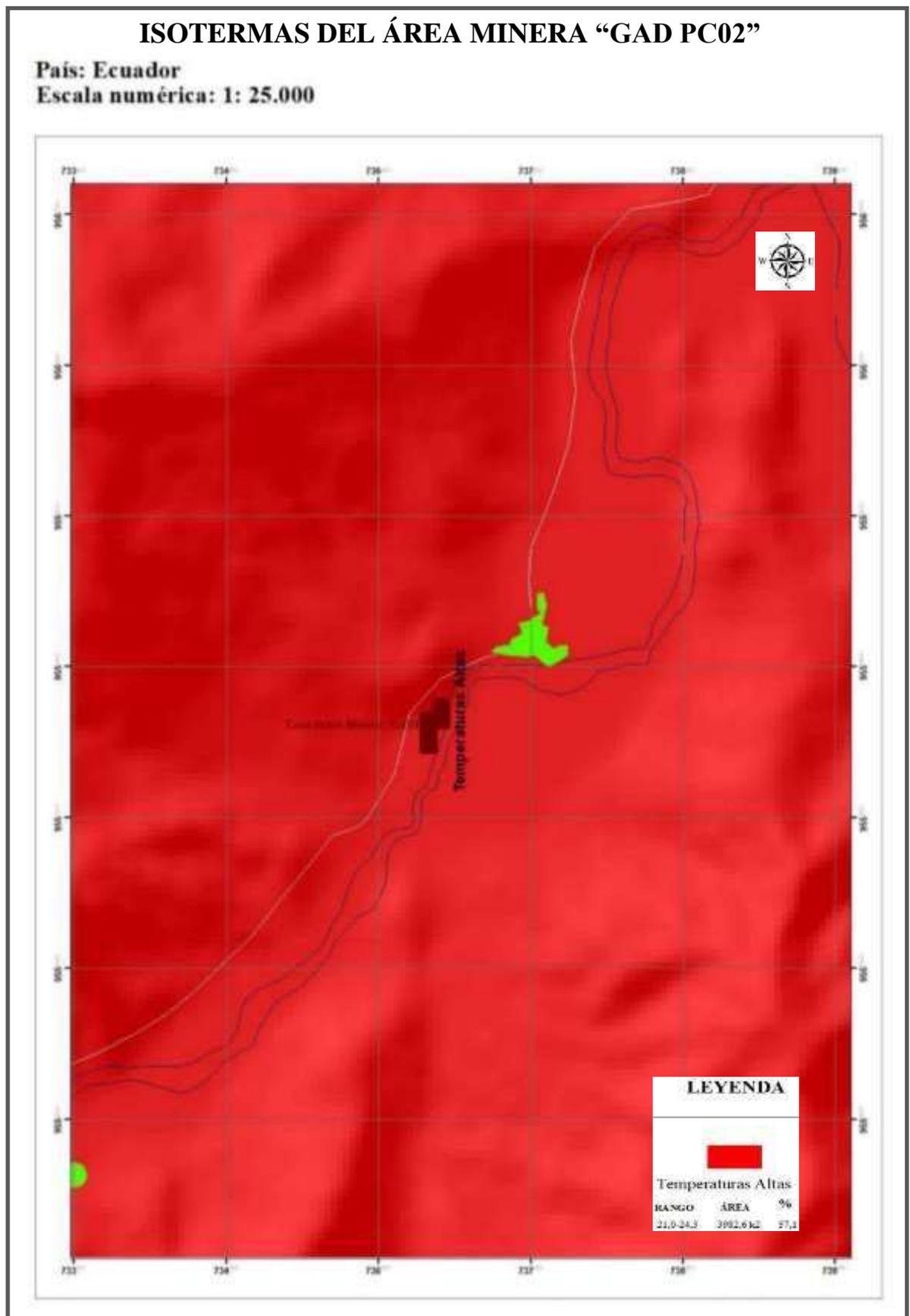


De igual forma de acuerdo a la información proporcionada por las estaciones meteorológicas: M 033, M 143, M 142, M 189, M 190, M 207, M 502 y M 506 del INAMHI (Ver tabla 9), la temperatura media anual en el área de estudio de acuerdo a los datos históricos del periodo 1990 y 2021 (Información de los anuarios meteorológicos disponibles y datos obtenidos mediante interpolación y extrapolación) (Ver anexo 2), presentó para el área de investigación una variación de temperatura media anual que va en un rango de 21°C a 24,3°C, siendo considerada como temperaturas altas. De la misma forma, a continuación, se presenta el mapa de isotermas del área de estudio.

Tabla 9.
Datos meteorológicos referentes a las temperaturas medias anuales.

Nº	COORDENADAS			Nombre	Código	Provincia	Temperatura media anual (°C)
	x	Y	z				
1	699710,8	9553629,6	2160	Argelia	M 033	Loja	16,23
2	691893,9	9533771,7	1453	Malacatos	M 143	Loja	19,87
3	696167,2	9600575,8	2525	Saraguro	M 142	Loja	14,65
4	769358,3	9624070,4	750	Gualaquiza	M 189	Morona Santiago	22,70
5	749844,3	9575506,2	830	Yanzatza	M 190	Zamora Chinchipe	23,18
6	714074,8	9561615,1	1620	Zamora	M 207	Zamora Chinchipe	22,56
7	758210,6	9564912,8	820	Paquisha	M 502	Zamora Chinchipe	22,84
8	767717,6	9598598,3	650	El Pangui	M 506	Zamora Chinchipe	24,35

Figura 15.
Mapa de isotermas del área de estudio.

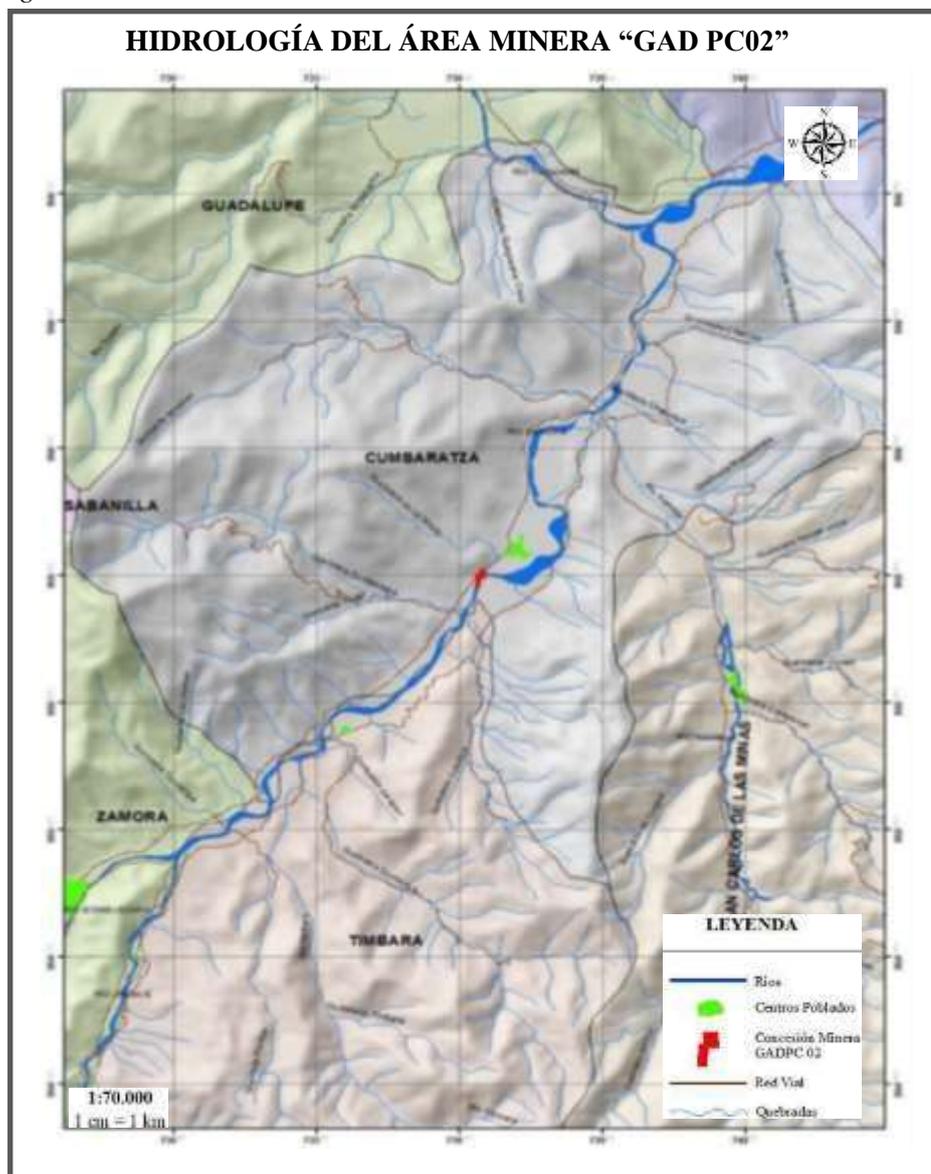


5.1.3. Hidrología

En base a la información geográfica obtenida del SENAGUA 2017, se procedió a realizar el procesamiento hidrológico, obteniendo que el río Zamora es el cuerpo hídrico que recorre en totalidad el área de estudio. El río Zamora tiene dos afluentes principales de gran magnitud: El río Bombuscaro que significa "aguas claras", el cual nace en las lagunas del Nudo de Sabanilla y posee como afluentes pequeñas quebradas sin nombre. El río Jambué que significa "colibrí"; este río tiene como afluentes la quebrada Sacansa; y al igual que el anterior río, se alimenta de algunas pequeñas quebradas sin nombre. Además, en el río Zamora desembocan algunas otras quebradas importantes como son: la quebrada Tunantza, Piuntza, Timbara, las Palmas, Cutuntza, la Rubia y Cumbaratza. Al igual que varias quebradas sin nombre que nacen en la parte oeste del sitio de interés.

Figura 16.

Hidrología del área de estudio.

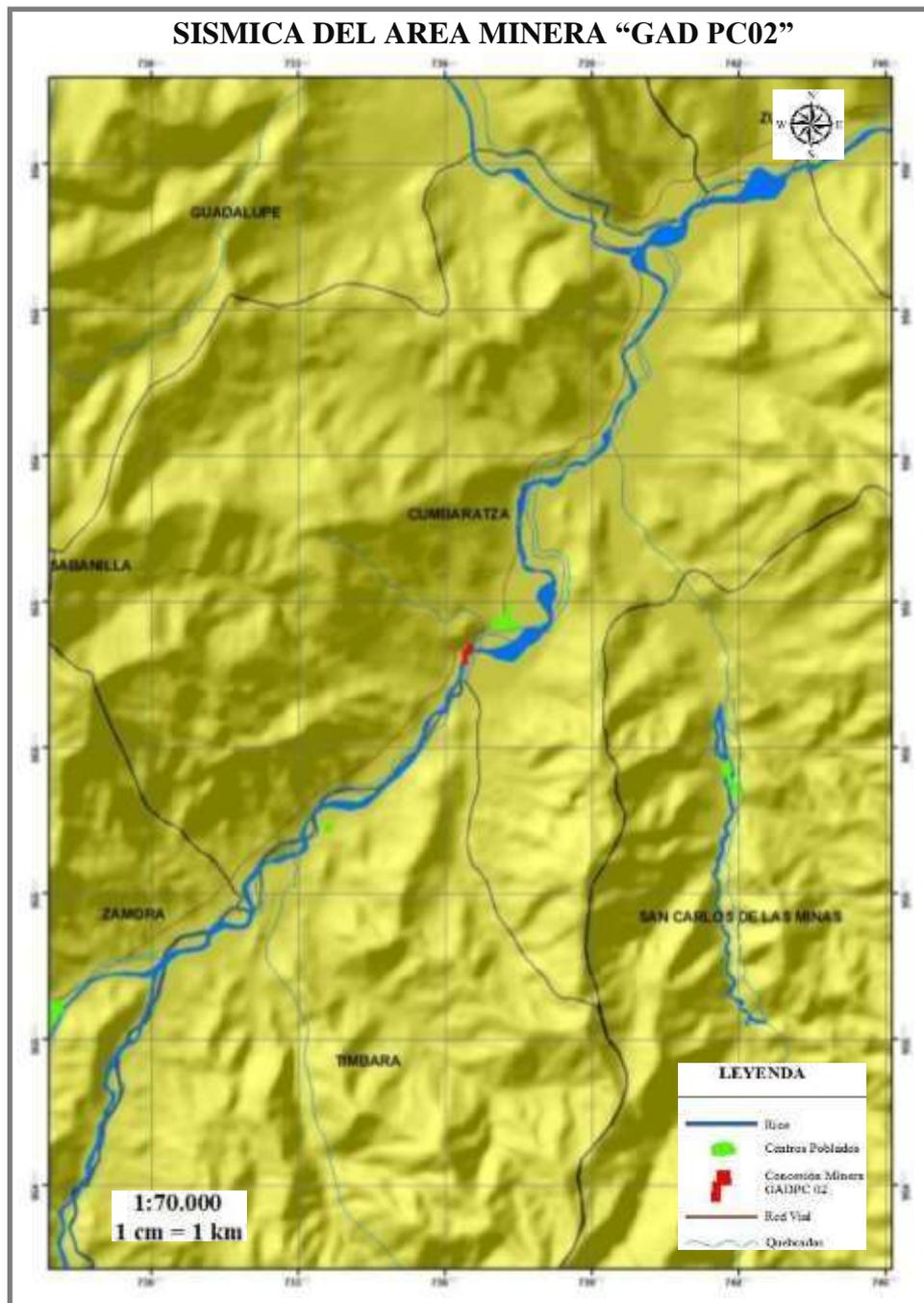


5.1.4. Sísmica

El área minera de libre aprovechamiento GADPC 02, se sitúa en la franja sísmica catalogada de bajo peligro, de tal forma posee un promedio de aceleración del suelo de 0.31 a 0.40, en un periodo de retorno de 475 años, tal como se muestra en la figura 17. Esta información es de gran valor para orientar las políticas de urbanización, limitar la construcción en determinadas zonas altamente vulnerables o promover normas antisísmicas estrictas cuando sea necesario.

Figura 17.

Sísmica del área de estudio.



Los eventos sísmicos mayores dentro del periodo enero/2021 a octubre/2022 según los informes sísmicos se destacan los siguientes:

Tabla 10.
Eventos mayores (informes sísmicos).

ID Evento	Mag	Tipo	Lat	Long	Prof	Región	Modo	Hora UTC	Update
igepn2021dknr	5.2	MLv	4.01° S	79.06° W	89	Ecuador - Zamora Chinchiipe	M	18/2/2021 10:51	18/2/2021 10:59

Nota: Elaborado: IG y EPN (2015). **Modificado por:** Autora (2024).

Los eventos sísmicos menores dentro del periodo enero/2021 a octubre/2022 se matizan los siguientes:

Tabla 11.
Eventos menores (informes sísmicos).

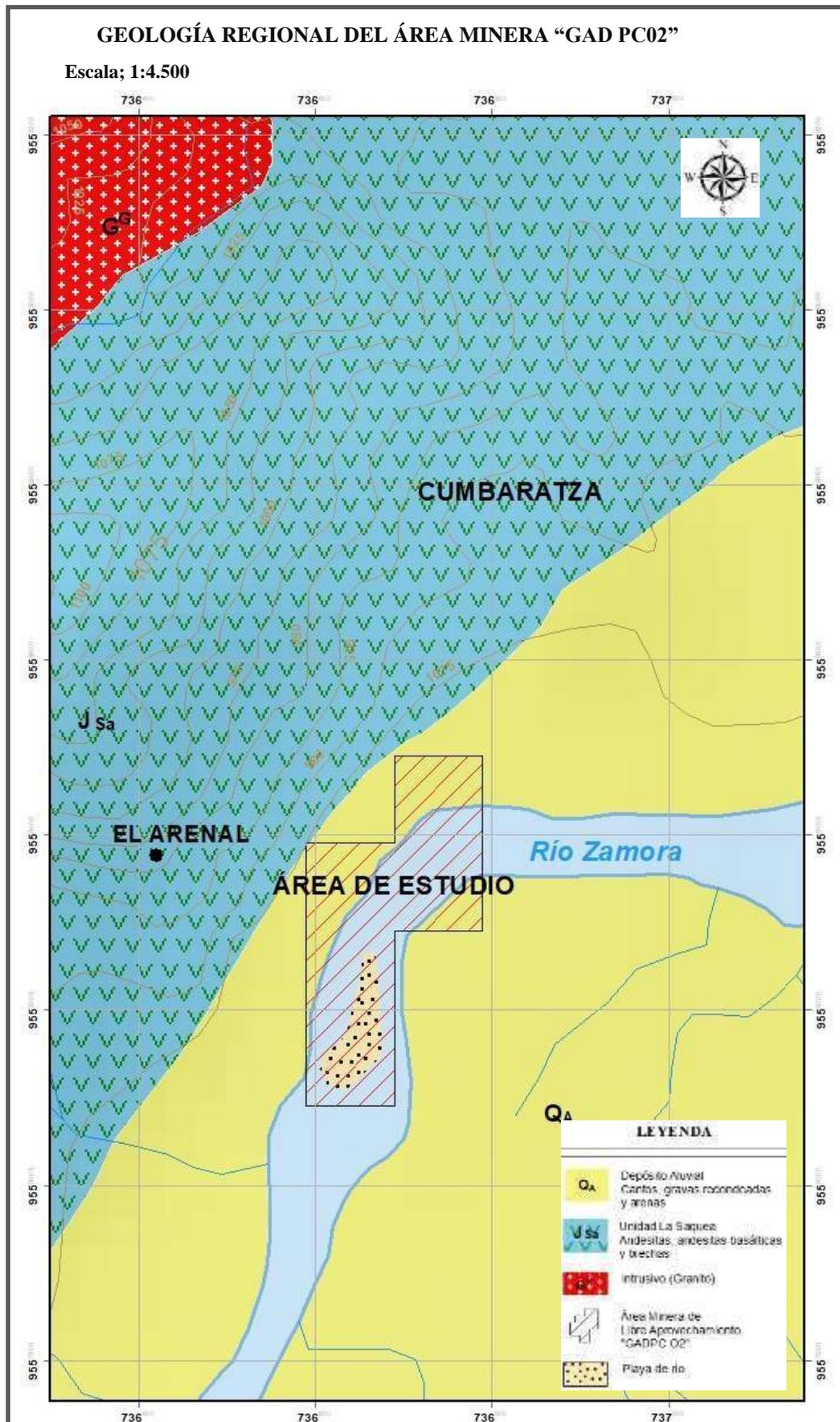
ID Evento	Mag	Tipo	Lat	Long	Prof	Región	Modo	Hora UTC	Update
igepn2021nqi w	3.6	M	4.14° S	78.69° W	73	Ecuador - Zamora Chinchiipe	A	13/7/2021 22:39	13/7/2021 22:47
igepn2021uaa k	3.8	MLv	4.52° S	78.88° W	92	Ecuador - Zamora Chinchiipe	M	12/10/2021 14:54	12/10/2021 15:12
igepn2022cqe h	3.7	MLv	3.70° S	78.44° W	64	Ecuador - Zamora Chinchiipe	M	7/2/2022 7:24	7/2/2022 7:43
igepn2022ifoh	3.9	MLv	4.78° S	79.18° W	1	Ecuador - Zamora Chinchiipe	M	27/4/2022 21:10	27/4/2022 21:17

Nota: Elaborado: IG y EPN (2015). **Modificado por:** Autora (2024).

5.1.5. Geología regional

El área de estudio se encuentra ubicada en los grandes depósitos aluviales de la subcuenca del río Zamora, rodeada por unidades geológicas del tipo volcánico e ígneo, correspondidas al Jurásico, tal como se muestra en el mapa a continuación a escala 1:4.500:

Figura 18.
 Mapa de la geología regional del área minera “GADPC 02”.



A continuación, se hace una breve descripción de las tres unidades litológicas que se encuentran afectando el área de estudio (Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico, 2017):

Depósitos Aluviales (Q_A): Los depósitos aluviales más importantes se encuentran en las riberas de los ríos Zamora, Yacuambi, Chicaña y en las quebradas principales. Consisten de cantos, gravas redondeados y arenas subredondeadas, es material transportado por los ríos y su composición depende de las unidades litológicas por donde atraviesa. Cabe mencionar que en algunos sitios de estos aluviales se ejecutan labores de extracción de oro.

Unidad La Saquea (J_{sa}): Litológicamente comprende andesitas, andesitas basálticas y brechas volcánicas de la misma composición intermedia-básica. Mineralógicamente las andesitas están compuestas de plagioclasa, anfíbol y piroxeno. En varios de los sectores indicados, las andesitas presentan alto magnetismo y alteración, se encuentran cloritizadas o silicificadas, con sulfuros diseminados y con la presencia de vesículas rellenas de carbonatos. Estas rocas son afectadas por la intrusión del Complejo Intrusivo Zamora, por lo que se observan xenolitos de andesitas dentro del intrusivo. En el sector del Contrafuerte de Los Hachosse interpreta que estas lavas están sobreyaciendo de manera concordante a los volcanosedimentos de la Unidad Nueva Esperanza. En un corte desde Yantzaza a La Saquea, se observa que están sobreyacidas en contacto discordante por la secuencia sedimentaria cretácica. Esta unidad es interpretada como una fase lávica del arco volcánico calco-alkalino Jurásico.

Granito (G^G): Mineralógicamente están compuestos de plagioclasa, cuarzo, feldespato potásico, hornblenda, poca biotita y a veces clorita como mineral de alteración, en algunos sectores se encuentran con oxidaciones de color café claro y con moderado magnetismo. En el sector de Cumbaratza el granito se encuentra afectado por diques oscuros de composición andesítica y silicificación, como también vetas de cuarzo lechoso. En el sector del Contrafuerte de Chicaña está mineralizado con presencia de sulfuros diseminados. Debido a que están afectando a los cuerpos plutónicos y a secuencias volcánicas del Jurásico, se interpreta que se trata de rocas más jóvenes, posiblemente cretácicas.

Los depósitos aluviales presentes en nuestra área de estudio son el principal material de aprovechamiento debido a las características que presenta el mismo para su uso en la obra pública en beneficio de la parroquia y cantón. Su litología comprende principalmente cantos, gravas y arenas subredondeadas que de acuerdo a los permisos correspondientes

para su aprovechamiento son utilizados principalmente en el mejoramiento vial de la parroquia Cumbaratza.

La unidad “La Saquea”, es una de las unidades geológicas que rodean nuestra área de estudio, básicamente se encuentra conformada por material de tipo ígneo caracterizado por andesitas con composición intermedia - básica con un alto grado de alteración, a su vez estas se encuentran afectadas por la intrusión del Batolito de Zamora.

En cuanto a los volcánicos específicamente el Granito, que se encuentra rodeando nuestra área de estudio este refiere a pórfidos, que como su nombre lo indica presentan una textura porfirítica, de grano grueso con composición predominantemente andesítica.

5.1.6. Geomorfología

La geomorfología del área de estudio se la realizo en base a la metodología del Instituto Espacial Ecuatoriano-SIGTIERRAS (2015), obteniendo como resultado las siguientes geoformas descritas en la siguiente tabla; además lo antes descrito se lo puede visualizar en el mapa geomorfológico del área de estudio.

Tabla 12.
Unidades geomorfológicas del área de estudio.

Unidades Geomorfológicas Del Área De Estudio	
Geoforma	Código
Superficie de cono de esparcimiento	Cd1
Relieve colinado muy alto	R5
Valle fluvial, llanura de inundación	F1

Nota: Elaborado: SIGTIERRAS (2015). **Modificado por:** Autora (2024).

Superficie de cono de esparcimiento (Cd1).

Esta geoforma se la puede observar en la parte norte del área de estudio y comprende una extensión de 4491,31 m. Está formado por depósitos de tipo coluvial y en menor parte de aluviales. En la figura 19 se puede observar la unidad geomorfológica descrita anteriormente.

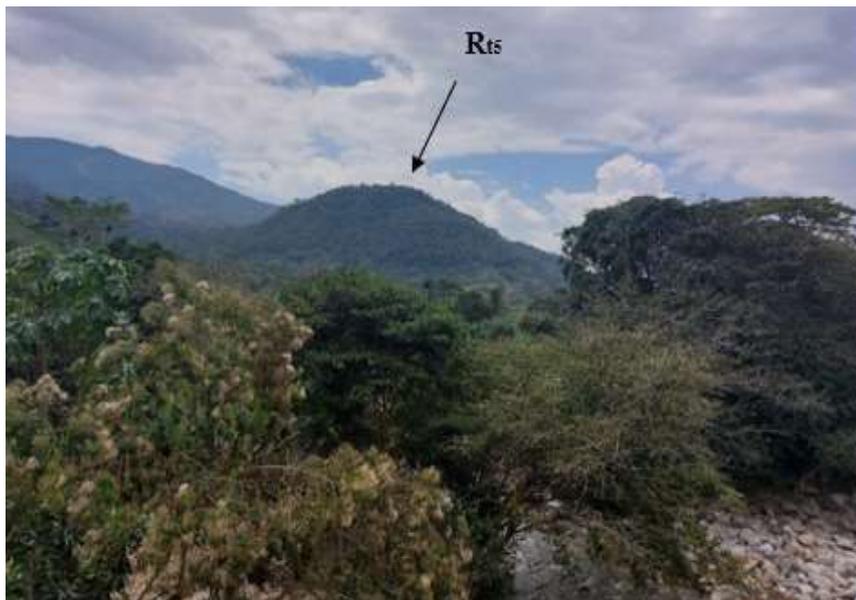
Figura 19.
Superficie de cono de esparcimiento.



Relieve colinado muy alto (R_{T5}).

Se encuentra ubicado en la parte oeste del área del estudio con una extensión de 7929,61 m. Está formado por materiales volcánicos pertenecientes a la unidad. La Saquea (Jurásico). Posee un desnivel relativo de 215 m, un rango de pendiente que oscila los 60 - 80%, sus cimas son del tipo redondeadas y posee una moderada disección.

Figura 20.
Relieve colinado muy alto.



Valle fluvial, llanura de inundación (F₁).

Dentro del área de estudio esta geoforma se ubica en las riberas del río Zamora, es la geoforma que abarca casi la mayor parte del área de estudio, con una extensión de 15328,48 m². Posee una moderada a alta disección y se compone básicamente por sedimentos transportados por el río Zamora. Conserva superficies relativamente planas que van desde el 5 al 10% de pendiente.

Figura 21.

Foto panorámica del valle fluvial, vista hacia el este.

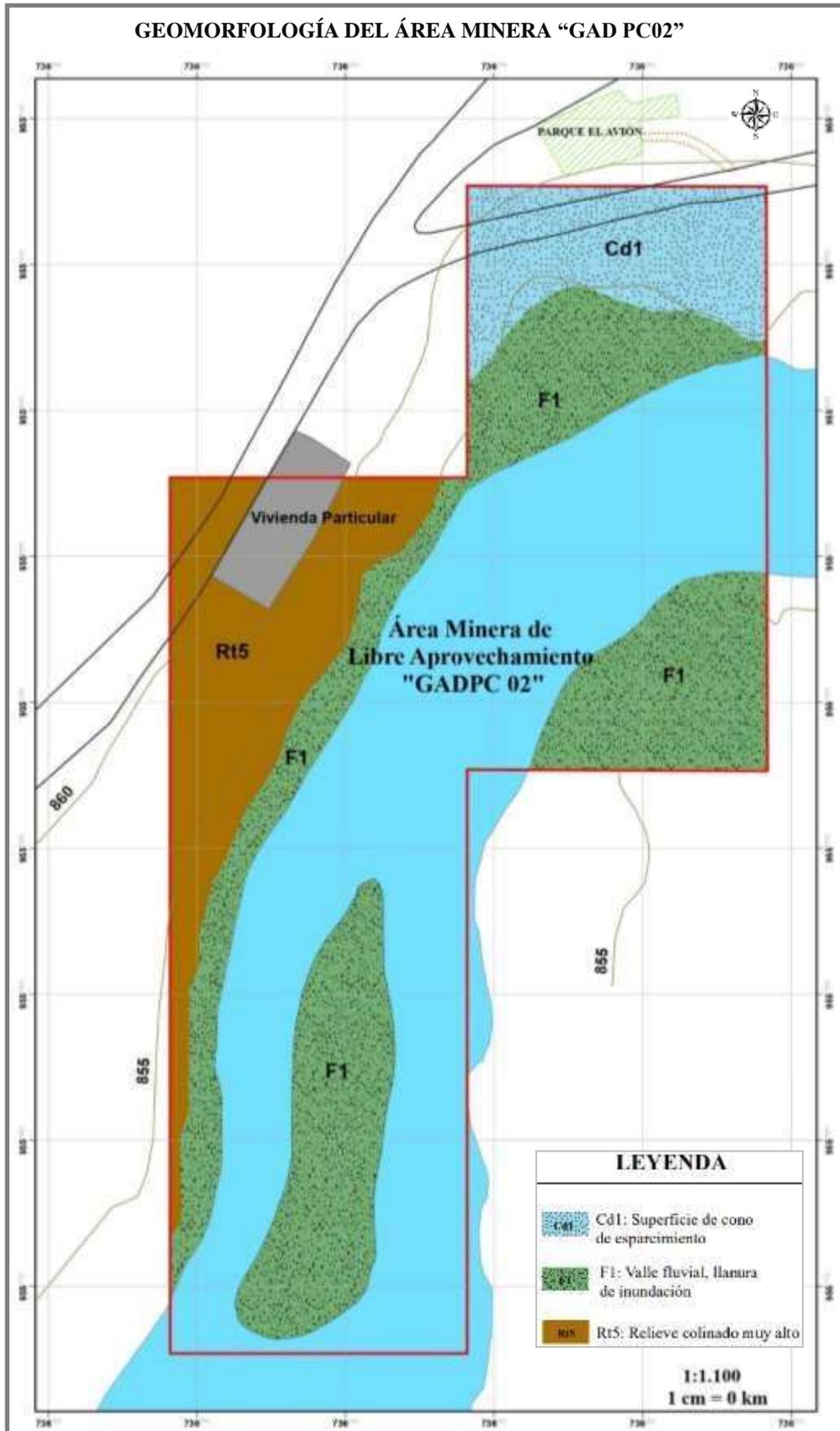


Figura 22.

Foto panorámica del valle fluvial, vista hacia el oeste.



Figura 23.
 Mapa Geomorfológico del área de estudio.



5.2. Materiales

A continuación, se describen los diferentes materiales, insumos y equipos utilizados en el desarrollo de la presente investigación:

5.2.1. *Materiales de campo*

- GPS navegador
- Flexómetro
- Brújula Brunton tipo azimutal
- Martillo geológico
- Carta topográfica de Zumbi a escala 1: 50 000
- Carta geológica de Paquisha a escala 1: 100 000
- Estación Total
- Prismas
- Cinta métrica, machete, estacas
- Cámara fotográfica
- Fichas de campo
- Marcadores, lápiz, pinturas
- Cronometro digital
- Libreta de Campo

5.2.2. *Materiales de oficina*

- Computadora
- Impresora
- Calculadora
- Memoria Flash
- Software ArcGIS 10.3
- Software AutoCAD 2015
- Recursos cartográficos digitales de INFOPLAN, IIGE, IGM y SIGTIERRAS
- Documentos Bibliográficos digitales

5.3. Procedimiento

La metodología aplicada en el presente estudio es descriptiva, experimental, cualitativa, cuantitativa, científica y prospectiva.

Descriptiva porque se detallan las diferentes actividades y procesos que se realizan en el área, así como la maquinaria que se utiliza en cada etapa, la infraestructura, el recurso humano, entre otras características del área de libre aprovechamiento como el tipo de yacimiento, método de explotación actual, entre otras variables muy importantes que se deben considerar en el avance de la investigación.

Experimental, porque se recurre a la toma de muestras en el sector de estudio, con fines de ser analizadas en el laboratorio y cuyos resultados permitan un análisis comparativo que defina la calidad del material.

Cualitativa, ya que es necesario realizar una descripción a detalle de las actividades pertenecientes al sistema de explotación actual y generar un conocimiento específico sobre los trabajos realizados actualmente en el área minera. Este método adquiere validez externa a través de diversas estrategias como entrevistas, llenado de formularios y finalmente la triangulación de resultados.

Cuantitativa, puesto que se emplearán varias fórmulas y expresiones matemáticas para la evaluación de las reservas minerales, el rendimiento, la producción diaria, costo de producción por m^3 , la eficiencia de la maquinaria empleada en el actual y nuevo sistema de explotación, entre otras variables.

Científica, debido a que implica la utilización de diversos principios y conceptos de carácter geológico-mineros, que constituirán la base del nuevo diseño del sistema de explotación y por ende obtener la optimización de todo el ciclo minero.

Prospectiva, porque los resultados obtenidos serán aplicados en el área de estudio, de esta manera agilizando el trabajo diario y reducir costos operativos.

5.2.3. Metodología para el primer objetivo

Describir los procesos y actividades correspondientes al sistema de explotación actual en el área minera “GADPC 02 código 50000644”.

Para el cumplimiento del primer objetivo se realizó una revisión bibliográfica,

observación en campo (Ver figura 24) y obtención de información general mediante el encargado del área minera (Ver figura 25). Por tal razón, se realizó varias visitas técnicas “in situ” a la concesión minera GADPC 02, lo que permitió adquirir un registro de los procesos y actividades auxiliares correspondientes al sistema de explotación actual (Ver figura 26). Con base en lo anterior, se describieron a detalle las características principales del sistema de explotación actual, así como el personal, instalaciones y maquinaria utilizada en la explotación de áridos y pétreos en el área minera “GADPC 02”.

Figura 24.

Observación de la zona de estudio.



Figura 25.

Obtención de información general mediante el encargado del área minera.



Figura 26.

Visitas técnicas “in situ”.



Una vez, definidos los procesos y actividades que se realizan en área minera “GADPC 02”, se procedió a la toma de datos a partir del registro de la maquinaria utilizada en cada proceso (Ver figura 27) mediante fichas técnicas donde se definen características técnicas como el peso operativo, la altura, ancho y largo de la maquinaria. Así como su capacidad, velocidad de desplazamiento, potencia y funciones principales.

Figura 27.
Registro de la maquinaria.

FICHA TÉCNICA PARA MAQUINARIA			
Elaborado Por:		Fecha:	
Maquinaria-Equipo:		Fabricante:	
Modelo:		Marcas:	
CARACTERÍSTICAS GENERALES:			
Peso:	Altura:	Ancho:	Largo:
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:			
Capacidades:			
Velocidad:			
Potencia:			
Profundidad:			
Revoluciones:			
Consumo:			
Acondicionamientos:			
Otros:			
FUNCIÓN:			



Tomando en cuenta las condiciones actuales de trabajo y mediante el registro sobre el tiempo de ciclo, número de viajes y distancias recorridas; realizado durante una semana, se determinó el rendimiento y producción diaria.

Las fórmulas empleadas para definir estos parámetros son:

- **Excavadora**

$$\mathbf{Rendimiento\ Teórico\ (RT) = 3600 * \left(\frac{E}{TC}\right) \left(\frac{m^3}{h}\right)}$$

Donde:

3600= Factor de conversión de segundos a horas

E= Capacidad del cucharón

TC= Tiempo de ciclo de la excavadora (Extracción) (seg)

$$\mathbf{Rendimiento\ Efectivo\ Práctico\ (REP) = RT * KLL * KT * \left(\frac{Tt}{Tt + Tp}\right) \left(\frac{m^3}{h}\right)}$$

Donde:

RT= Rendimiento teórico de la excavadora en la extracción (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

- **Volquete**

$$\mathbf{Rendimiento\ Teórico\ (RT) = 3600 * \left(\frac{E}{TC}\right) \left(\frac{m^3}{h}\right)}$$

Donde:

3600= Factor de conversión de segundos a horas

E= Capacidad del balde

TC= Tiempo de ciclo del Volquete (seg)

$$\mathbf{Rendimiento\ Experimental = \frac{60 * CV * E}{TC} \left(\frac{m^3}{h}\right)}$$

Donde:

60= Factor de conversión de minutos a horas

CV= Capacidad del balde del Volquete

E= Factor de eficiencia operativa

TC= Tiempo de ciclo del Volquete (min)

- **Cargadora**

$$\text{Capacidad Real} = E * KLL \text{ (m}^3\text{)}$$

Donde:

E= Capacidad del cucharón

KLL= Coeficiente de llenado del cucharón

$$\text{Rendimiento Teórico} = \frac{E * 3600 * Fe * Fe' * Ct}{TC} \left(\frac{m^3}{h}\right)$$

Donde:

E= Capacidad del cucharón (Capacidad Real)

3600= Factor de conversión de segundos a horas

Fe= Factor de eficacia de la máquina

Fe'= Factor de eficacia del cucharón

Ct= Coeficiente de transformación

TC= Tiempo de ciclo de la Cargadora (seg)

$$\text{Rendimiento Real} = RT * FEop \left(\frac{m^3}{h}\right)$$

Donde:

RT= Rendimiento Teórico de la máquina

FEop= Factor de eficiencia de operación general

Culminada la caracterización de los procesos y actividades, se procede a realizar el análisis económico, considerando la información referente a costos autorizada y concedida por el titular minero. Con ello se logra detallar el costo por metro cúbico de material extraído actualmente, para ello se aplicó la metodología para costos horarios establecidos por IGME (1995). De tal manera se consideraron los siguientes parámetros:

- Costo de combustible
- Costo de lubricantes y filtros
- Costo de personal de operación
- Costo de equipos de protección personal
- Costo de impuestos, regalías e informes

Para definir el costo de la extracción actual de un metro cúbico de material en el frente, se relacionó el costo diario por la producción diaria.

Para corroborar la información levantada en campo se procedió a ejecutar una entrevista al técnico fiscalizador de obra, al operador de la cargadora y al chofer del vehículo pesado del área minera (Ver figura 28), y de esta forma se generó un amplio sustento cuali-cuantitativo de los procesos y actividades del sistema de explotación vigente.

Figura 28.

a) Entrevista al técnico fiscalizador encargado de la concesión minera; b) Entrevista al operador de la cargadora; c) Entrevista al chofer de vehículos pesados.



5.2.4. Metodología para el segundo objetivo

Estimar las reservas actuales de áridos y pétreos presentes en el área minera de libre aprovechamiento “GADPC 02 código 50000644”; con base en métodos geométricos preestablecidos.

La metodología aplicada para lograr el segundo objetivo consistió básicamente en dos fases:

-Fase en campo, donde se realizó la toma de datos *in situ* para el levantamiento de

la información topográfica y geológica. Además, se definió la ubicación donde se realizaron las calicatas para la toma de muestras, las cuales una vez sustraídas fueron llevadas a un laboratorio de suelos certificado de la ciudad de Yantzaza, donde se llevaron a cabo los ensayos correspondientes y de esta forma se pudo determinar la calidad del material.

-Fase de oficina, referido a la representación cartográfica de los mapas del presente trabajo investigativo, se consideró los elipsoides y proyecciones; en los que se reconoce al Elipsoide utilizado Datum vertical. En cuanto a Proyección se utilizó Universal Transversa de Mercator (UTM,) WGS-84, y Cuadrícula. Todos forman una parte crucial al momento de representar un mapa. Finalmente, el formato para la presentación gráfica de toda la cartografía se tomó como referencia a la Guía Metodológica Cartográfica, brindada por el Ministerio del Ambiente (2015).

Topografía

- **Trabajo de campo**

La base para evaluar las reservas actuales de áridos y pétreos fue el levantamiento topográfico, el cual brinda la información veraz de las características del terreno, así como su delimitación. Para obtener una mayor precisión en el levantamiento topográfico y reducir el margen de error en el mismo, se utilizó las coordenadas del punto de control horizontal y vertical del cantón Zamora PUGSZ-20, ubicado en el parque de la entrada a Cumbaratza, sitio “El Avión”, tal como se puede observar en la figura 29, y como se indica en su monografía del anexo 3, que fue utilizado por el GAD Zamora en el proyecto: Plan De Uso Y Gestión De Suelo Cantón Zamora, Provincia Zamora Chinchipe, con coordenadas en el DATUM WGS-84.

Figura 29.

Punto de control geodésico horizontal y vertical del cantón Zamora, PUGSZ-20, ubicado en el parque de la entrada a Cumbaratza sitio “El Avión”.



Nota: Fuente: GAD Municipal Zamora (2024).

La información del punto de control geodésico horizontal y vertical del cantón Zamora, PUGSZ-20, se detalla en la siguiente tabla (Ver tabla 13):

Tabla 13.

Punto de control Geodésico UTM - ZONA 17S; DATUM WGS-84

Cantón	Parroquia	Lugar	Norte	Este	Elevación	Código
Zamora	Cumbaratza	Parque entrada Cumbaratza – Avión	9558139.814	736518.428	860.891m.	PUGSZ-20

Nota: Fuente: (GAD Municipal de Zamora, 2024).

Una vez definido el punto de control (PUGSZ-20), se estableció y materializó con ayuda de spray color azul el punto de partida, para lo cual se utilizó el P1 (vértice de la concesión), el cual fue ubicado por el departamento técnico del GAD parroquial de Cumbaratza; seguidamente se realizó el montaje y nivelación de la estación total sobre el mismo, procediendo con el encendido del equipo y la creación de un nuevo trabajo para el levantamiento. Luego se realizó la configuración de la estación, introduciendo las coordenadas del punto de partida conocido (P1 con coordenadas UTM/WG84/17S: 9558127.42/ 736540.60/ 859.10, recalcando que esta información fue brindada por el GAD Parroquial Cumbaratza), y la altura del instrumento (1,60 m) medido con cinta métrica. Una vez configurada la estación se procede a realizar el encerado con el punto de control, donde colocamos el prisma para realizar la medición, tal como se muestra en la figura 30. En este procedimiento se obtuvo un margen de error de 0° 0'0". Finalmente, encerada y configurado nuestro trabajo en la estación total, se continúa con el levantamiento del área de estudio para obtener nuestra poligonal cerrada.

Figura 30.

Punto P1 ubicado por el departamento técnico del GAD parroquial de Cumbaratza.



- **Trabajo de oficina**

Para la elaboración del mapa topográfico, se utilizó la metodología planteada por Santamaría Peña Jacinto, Sanz Méndez T, (2005) en el “*Manual de Prácticas de Topografía y Cartografía*”, donde hace mención a las fases previo a la obtención del mapa topográfico.

Para ello, una vez realizada la corrección diferencial de la topografía levantada, se procede a utilizar el software ArcGIS 10.3 para la elaboración del mapa topográfico, realizando el siguiente procedimiento:

1. Utilizando la nube que representa la información del levantamiento en campo; esta información fue descargada en formato “.csv”, y tabulada en formato “.txt” para que pueda ser abierta en cualquier aplicación de oficina (Excel). En el programa vamos a *ArcToolBox*, luego a *Coverision Tools* y utilizamos la herramienta “*Excel to table*”.
2. Una vez verificados los puntos temporales en la tabla de contenidos fueron exportados a partir de clic derecho sobre los puntos seleccionados y vamos a “*Export Data*”, para seguidamente guardarlos como *Puntos_topo.shp*.
3. Exportados los puntos, realizamos un TIN, para lo cual nos dirigimos a *ArcToolBox*, luego a *3D Analyst Tools* y utilizamos la herramienta “*Create TIN*”, donde se abre una ventana secundaria y escogemos el shape de *Puntos_topo* y su elevación (Z). Se guarda la información generada como *Tin_1*.
4. Seguidamente, en el módulo del programa se realizó la revisión y triangulación de la superficie del terreno para ello vamos a *ArcToolBox*, luego a *Triangulated Surface* y utilizamos la herramienta “*Surface Contour*”, la cual nos permitió establecer la equidistancia de las curvas de nivel cada 1m en el DATUM WGS-84.
5. Finalmente, se obtuvo el mapa topográfico del área a escala 1:1.700, indicando que las curvas principales tienen una equidistancia de 5 metros y las secundarias cada 1 metro. Definida la información del terreno se pueden calcular y dibujar los perfiles transversales y longitudinales necesarios.

6. Para la elaboración del mapa topográfico, geológico, planos de infraestructura se siguió las directrices del Instituto Geográfico Militar (IGM) (2013) en su manual de especificaciones técnicas para el diseño y simbolización de mapas. En lo que respecta al modelo del mapa se utilizó la propuesta por la guía metodológica cartográfica categoría IV- DNPCA versión 2 Ago. 2015 en donde en el anexo A, se presenta el diseño gráfico de representación de Cartografía Temática.

Geología

- **Trabajo de campo**

Para realizar el mapeo geológico de la concesión minera “GADPC 02”, se tomó en consideración la geología regional del área de estudio, con base a la Hoja Geológica “Paquisha” del año 2017, a escala 1:100.000, con serie “J62–G” y número de hoja “76, Ñ VI-E”, destacando que esta información fue recopilada del Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico.

Para la Geología local, se procedió a adquirir información geológica a partir de la descripción de 7 afloramientos representativos los cuales se encuentran cercanos a la zona de estudio y a las 6 calicatas realizadas a lo largo del frente de explotación; los datos levantados en campo fueron registrados en fichas técnicas para afloramientos especificadas en el anexo 4 y para calicatas referenciada en el anexo 5.

- **Trabajo de oficina**

En oficina, los datos geológicos obtenidos de las 6 calicatas y de los 7 afloramientos más representativos cercanos a la zona de estudio, fueron analizados e incorporados en el software “ArcGIS” versión 10.3, para la confección del mapa geológico a escala 1:1.700, tomando como referencia la Guía para la interpretación y elaboración de mapas geológicos de Camargo (2004), mientras que para la elaboración de los perfiles geológicos se consideró la metodología desarrollada en el libro de Martínez J-Álvarez. (1981) “Mapas geológicos (Explicación e interpretación)” el cual proporciona las directrices generales desde la elaboración del perfil topográfico, hasta la interpretación geológica de las líneas de corte.

Para la representación de las características geológicas del terreno, se crearon diferentes leyendas temáticas en formato vectorial; la simbolización de las variables que

conforman el mapa como el color, nomenclatura, tramado y litología, se realizó en base a los “Estándares de Nomenclatura Estratigráfica, Simbolización y Abreviaturas para la Cartografía Geológica elaborado por el Instituto de Investigación Geológico y Energético 2019”, normativa que se encuentra vigente hasta la fecha en nuestro país. La estructura e información marginal fue realizada tomando en consideración las especificaciones en la elaboración del mapa topográfico y geológico, utilizando el mismo sistema y Datum de proyección UTM/WGS-84/17S.

Características del material

- **Muestreo del material pétreo.**

Para el cálculo del lugar de muestreo, el número de muestras y la cantidad de materia a muestrear se utilizó la norma ASTM D75 “Muestreo para agregados gruesos y finos” y la norma ASHTOO T248-02. El número de muestras, según la norma depende de las propiedades que se requiera medir, pero es aconsejable de 3 a 6 y para obtener resultados de mayor credibilidad.

Según Alcocer Hidalgo la ubicación, profundidad y distancia para la realización de las calicatas dependerá del tipo de estudio que se va a realizar, para un estudio de civil se recomienda 3 calicatas por cada hectárea a ser intervenida; si bien es cierto para la explotación de áridos y pétreos, no existe una normativa para la ubicación de calicatas, por ende, se utilizó el propio criterio, en donde la apertura de las calicatas se las realizó para la obtención de material que posteriormente se llevó a realizar ensayos de laboratorio. Y ya que estos ensayos determinan la calidad del material y su viabilidad para la explotación, se las ubicó en el frente de explotación. De esta forma para determinar la distribución granulométrica vertical y muestreo del material, se realizó la excavación de 6 calicatas con ubicaciones estratégicas a lo largo del frente de explotación.

Figura 31.

Excavación de calicatas en el frente de explotación.



Para su registro, se utilizó una ficha de campo y un G.P.S., para ubicar las coordenadas de cada calicata (Ver figura 32).

Figura 32.

Excavación de calicatas en el frente de explotación.

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CALICATAS					
Proyecto				Fecha	
Nº Calicata				Dimensiones de la excavación L/A/P	
Coordenadas	X	Y	Z	Profundidad Nivel Freático	
Registro Fotográfico			Descripción de estratos		
			Estrato 1		
			Estrato 2		

- **Fase de laboratorio**

Posterior a la caracterización individual, se extrajo una muestra representativa del material excavado de cada calicata; muestras que fueron combinadas y cuarteadas en el laboratorio, para obtener un muestreo específico y adecuado, esto se debe a que las 6 calicatas se realizaron dentro del único frente de explotación. Una vez obtenido el muestreo apropiado con el cual trabajar, se procedió a determinar la “calidad media del material árido y pétreo”, siguiendo el protocolo de muestreo que dicta la norma ASTM D75, la cual cubre el muestreo de los agregados finos y gruesos.

De acuerdo a la norma la cantidad de muestra está relacionada con el número de ensayos al que será sometido el material. El protocolo de muestreo para los ensayos de calidad media del material, consistió en la recolección y almacenamiento manual del material (entre arenas y grava) de la pila de excavación en función del volumen requerido que data en 60 kg. Realizado el almacenamiento, se procedió al etiquetado de muestras con

su respectiva codificación numérica, para su correcta identificación en el laboratorio. Los ensayos de cumplimiento de calidad, según los usos que se le da al material son: Granulometría, ensayo de índice de soporte California (CBR), ensayo de compactación Proctor y el ensayo de Abrasión.

- **Trabajo de oficina**

Adquiridos los resultados de los ensayos de laboratorio, se procedió a analizarlos y compararlos con la Normativa Ecuatoriana, concretamente con los valores que presenta el Libro Amarillo del MTOP. Capítulo 400, sección 402 que trata sobre el material para Mejoramiento de la Subrasante y Capítulo 800, sección 817 que menciona las características del material para mejoramiento, terraplenes y pedraplenes.

5.2.4.1. Cálculo de reservas.

El cálculo de las reservas “*in situ*”, se realizó con base a métodos geométricos preestablecidos, que se detallan a continuación:

El primer método consiste en un análisis geométrico simple denominado método de la altura media, debido a que, dada la regularidad del terreno el volumen del material puede calcularse mediante la multiplicación del área de explotación (A) por la cota media de las profundidades de excavación de las calicatas de investigación (Pm). La fórmula para determinar el volumen total aproximado del terreno, fue la siguiente:

$$VT = A * Pm$$

Donde:

VT = Volumen total

A = Área del polígono de reservas

Pm = Profundidad media de referencia

El segundo método empleado en el cálculo de reservas se basa en un análisis geométrico de modelos digitales del terreno conocidos como MDT los mismos que fueron generados mediante el software ArcGIS en la versión 10.3 gracias a la nube de puntos generados por el levantamiento topográfico. (Espinosa, 2019)

Según (Espinosa, 2019) “El primer M.D.T delimita el área explotación, examina

únicamente el área del depósito aluvial, descartando los depósitos en la orilla opuesta del río o las pequeñas depositaciones existentes en los márgenes del río. A diferencia que el segundo M.D.T que determina el nivel de profundidad como una referencia para ello se estableció conforme al valor de la media de las calicatas por dos motivos:

El primero, es que este valor engloba el cálculo en toda el frente de explotación; y lo segundo, es que a esta profundidad se tiene información verificada y tangible de la existencia de material de interés.”

La elaboración del M.D.T, se obtuvo utilizando de puntos del levantamiento topográfico que intersecan con el margen del río, restando de su cota la profundidad de referencia establecida; permitiendo así proyectar la pendiente natural del terreno. Posterior a ello, los puntos se prolongan perpendicularmente hacia el área de explotación para rellenar la superficie total del M.D.T. Una vez generados los dos M.D.T, se realizó la comparación geométrica entre ambas superficies con la ayuda de la herramienta “Diferencia de superficie”. Mientras dura el proceso la red de triángulos irregulares de cada M.D.T se intersectarán y formarán polígonos para luego calcular su área y volumen. La ecuación utilizada para determinar el volumen total del terreno (Espinosa, 2019), se define como:

$$V_m = \sum_{i=1}^n V_i$$

Donde:

V_m = Volumen total

V_i = Volumen de cada polígono

Para la cubicación de reservas se utilizó una relación volumétrica simple, la topografía, el área o frente de explotación y la profundidad media de las calicatas. Este es un análisis geométrico muy utilizado en la cubicación de depósito de pétreos, ya que la certeza de los resultados aumenta conforme aumenta el número de calicatas, el polígono general de estudio dispone de 6 calicatas para interpolar los resultados (Espinosa, 2019).

5.2.5. Metodología para el tercer objetivo

Proponer una alternativa de optimización al sistema de explotación de áridos y pétreos en el área minera de libre aprovechamiento “GADPC 02 código 50000644”, que cumpla con las principales exigencias técnicas y económicas.

Levantada detalladamente información de las actividades actuales de explotación del área minera de libre aprovechamiento “GADPC 02”, se analiza y propone una optimización de las actividades extractivas en el área, todo esto gracias a los resultados obtenidos de los objetivos anteriores, donde toma en cuenta factores como: la topografía, geología local, frente de explotación, infraestructuras, el volumen de material aprovechable, las características del yacimiento, ritmo de producción y el rendimiento de la maquinaria (Benavides, 2016).

Según estos parámetros se establecieron las mejoras respectivas, en cuanto a la geometría de bancos, bermas, ángulos de talud, pistas, rampas; y otros procesos identificados como ineficientes en el sistema actual basándose en la metodología propuesta por Sosa (1989), en el libro de “Tecnología de la Explotación de Material pétreos Duros por el Método a Cielo Abierto”, generando de esta forma una optimización adecuada. Conjuntamente, tomando en consideración los factores analizados, se definió un modelo optimizado de explotación en el área minera de libre aprovechamiento “GADPC 02”; esto permitió corregir, ordenar y distribuir espacialmente todas las actividades y procesos en el mapa topográfico actual y así mejorar las condiciones de trabajo.

En base, al análisis de los resultados de la calidad de los áridos y pétreos, se pudo determinar qué material es el más adecuado para su aprovechamiento en los distintos tipos de obras de construcción en un tiempo óptimo. Así mismo, examinando el ciclo de carga y transporte, se consideró la mejora en la productividad en la parte extractiva mediante un aumento en la capacidad del cucharón de la excavadora encargada de la extracción y carga del material, bajo la metodología de IGME (1995), esto permite lograr una mayor cantidad de ciclos durante la jornada de trabajo e incrementado la producción diaria. Es decir, al tener una mayor producción con la misma maquinaria y equipo, se obtuvo mayores beneficios económicos para el GAD parroquial de Cumbaratza. La investigación topográfica y geológica, en el orden de sistemática, estuvo dirigida a definición morfológica, volúmenes geométricos y la calidad de los materiales albergados por los depósitos que se definan.

6. Resultados.

6.1. Resultados del Primer Objetivo

6.1.1. Datos generales de la concesión

La concesión minera de libre aprovechamiento “GADPC 02”, código 50000644, está constituida por 5 has mineras contiguas, cuyo titular minero es el Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Cumbaratza. En la tabla 14 se detalla información importante del área de estudio, indicando que para obtener esta información se realizaron visitas técnicas las cuales se evidencian en el anexo 6; además la información general se levantó con ayuda de una ficha técnica precisada en el anexo 8, donde se indican datos importantes de la concesión.

Tabla 14.
Información del área minera.

DATOS DE LA CONCESION MINERA		
Provincia:	Zamora Chinchipe	
Cantón:	Zamora	
Parroquia:	Cumbaratza	
Sector:	Cumbaratza	
Nombre o Razón Social del Titular Minero:	Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural De Cumbaratza	
Número de RUC	1960139030001	
Dirección:	Cumbaratza, calle Teniente Hugo Ortiz (Ruta Panamericana) y Av. Pio Jaramillo Alvarado	
Fase del Proyecto	Explotación	
Recurso explotable	Material de construcción	
Área de explotación actual	2229.01 m ²	
Obra destinada	Mantenimiento vial, aceras, veredas y bordillos	
COORDENADAS DEL PUNTO DE PARTIDA DEL ÁREA CONCESIONADA		
DATUM: PSAD 56	Coordenada X	736,700.00
	Coordenada Y	9'558.500,00
DATUM: WGS 84	Coordenada X	736,440.00
	Coordenada Y	9'558.000,00

6.1.2. Descripción de los procesos y actividades mineras

Método de explotación

Dentro de la concesión minera de libre aprovechamiento “GADPC 02”, se emplea el método de explotación a cielo abierto, debido a que se orienta en la extracción y aprovechamiento de materiales para la construcción “áridos y pétreos”, los cuales se encuentran en el margen del río Zamora en el sector de la parroquia Cumbaratza, este

material puede ser utilizado para la elaboración de cemento y formar concretos, hormigones y morteros, Además puede ser usado como material para mejoramiento o para bases y subbases en la construcción y mantenimiento de vías (PETROENERGIA, 2022).

La explotación a cielo abierto en la concesión, se da manera mecánica mediante la implementación de maquinaria de tamaño considerable que consta básicamente de una excavadora, una cargadora y una volqueta para realizar todo el ciclo de trabajo en la extracción de los materiales. De igual forma se indica que el volumen de explotación dentro del área de estudio es bueno (PETROENERGIA, 2022).

Enfatizando que, a nivel mundial, la construcción es uno de los índices que permiten determinar el desarrollo de un país; es decir, esta información refleja que un país o sector determinado se está desarrollando; por lo tanto, si aumenta la construcción en un país, este es considerado como un país en vías de desarrollo (PETROENERGIA, 2022).

Sistema de explotación

La concesión minera de libre aprovechamiento “GADPC 02”, explota el material árido y pétreo mediante el sistema de gravera seca en un solo banco, tal como se puede observar en la figura 33; donde se evidencia la existencia de un solo frente de explotación el cual está conformado por un banco en el que se trabaja siempre por encima del nivel del río o en su caso, del nivel freático.

Figura 33.

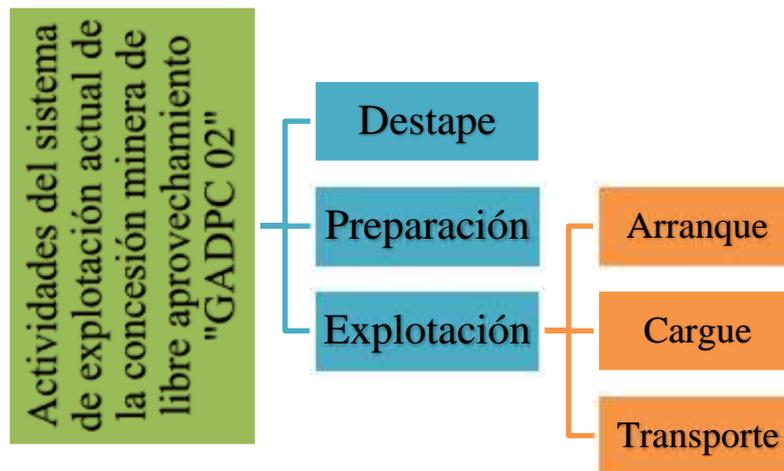
Sistema de explotación que implementa el área minera “GADPC 02”.



Los procesos y actividades que se desarrollan actualmente en la concesión minera de libre aprovechamiento “GADPC 02” se indican en la figura 34; donde se exponen en orden jerárquico cada uno los procesos que se implementan en el sistema de explotación vigente, empezando por el destape de la capa superficial del frente de explotación, para seguido realizar la preparación y finalizar con el proceso de explotación. Esta última fase consta del arranque, el cargue y transporte del material a la zona de acopio.

Figura 34.

Procesos y actividades auxiliares del sistema de explotación actual.



Destape

Esta fase es también denominada como descapote o despálme, donde básicamente se procede a retirar la vegetación y la capa superficial de suelo que cubre los materiales áridos y pétreos dentro de la concesión. En la zona de estudio la capa vegetal presenta un espesor promedio de 20 cm; en la figura 35 se observa como la excavadora de oruga marca Doosan realiza la actividad de destape de la capa orgánica superficial, lo cual es necesarios para dejar el frente de explotación libre de obstáculos y vegetación.

Figura 35.

Arranque de la capa vegetal y superficial del suelo.



Preparación

Esta actividad en la concesión minera en cuestión, consta en adecuar la vía de acceso existente, que comunica la principal avenida de la parroquia Cumbaratza con el frente de explotación y la zona de acopio. Del mismo modo, se realiza el despeje y se habilita la zona donde se almacenarán los materiales explotados, zona denominada como “Zona de Acopio” (Ver figura 36). En la figura 36, se observa como en el área de interés se encuentra un camino de tercer orden que posee una distancia de 61 m, tomando como punto de partida la Av. Pio Jaramillo hacía el puto de extracción del material; por otro lado, desde el punto de extracción hasta la zona de acopio existe una distancia de 59 m. Cabe recalcar que en la zona de estudio no se realiza la preparación en cuanto a infraestructura como campamento, bodega, etc., ya que se carece de esta, simplemente se evidencia la “Zona de Acopio”. Además, se indica que dentro de concesión minera existe la presencia de una vivienda la cual es de personas particulares.

Figura 36.

Camino de tercer orden de la concesión minera: **a.** Desde la Av. Pio Jaramillo hacía el puto de extracción del material. **b.** Desde el punto de extracción hasta la zona de acopio



Nota: Fuente: Google Earth (s.f). Modificado por: Autor, 2024.

Explotación

En esta fase se desarrollan tres actividades importantes siendo estas el arranque, el cargue y el transporte de los materiales áridos y pétreos a la zona de acopio, a continuación, se describe y detalla, en que consta cada una de ellas dentro de la explotación en el área minera de libre aprovechamiento “GADPC 02”:

Arranque

El arranque dentro de la concesión, se realiza a cielo abierto de manera mecánica por medio de la apertura de un único frente de explotación (lugar de donde se extrae el material árido y pétreo de la concesión de libre aprovechamiento GADPC 02) que avanza en una dirección no preferencial al cauce del río. En la figura 37, se muestra como la excavadora de oruga Doosan con capacidad de cuchara de 1m^3 procede a realizar la explotación del material del frente de explotación en un solo banco y a una profundidad máxima de 2.5 metros.

Figura 37.

Extracción del material árido y pétreo.



Cargue

Es la operación donde se carga el material arrancado por la excavadora al sistema de transporte o volqueta. En la concesión de libre aprovechamiento “GADPC 02”, se realiza esta actividad mediante el método cíclico, debido a que simplemente se llena el cucharón de la cargadora Komatsu con el material arrancado, se carga el volquete Hino con este material y se despacha el vehículo. En la figura 38, se muestra como la cargadora Komatsu, la cual posee una capacidad de 2.1 m^3 realiza el trabajo de cargar el material previamente arrancado por la excavadora Doosan, en la volqueta Hino con capacidad de balde de 16 m^3 , cumpliendo unos de los procesos que constituyen el sistema de explotación actual.

Figura 38.

Cargue del material.



Transporte

Esta operación consta del traslado o acarreo del material desde el punto de extracción hasta la zona de acopio y viceversa, donde el material es depositado en las pilas de material no clasificado. Para esta actividad se utiliza el volquete Hino con capacidad de 16 m³. En la figura 39, se expone como la volqueta, propia de la concesión minera “GADPC 02” transporta el material extraído del frente de explotación y cargado hacia el lugar de almacenamiento de los materiales áridos y pétreos denominada “Zona de Acopio”, para posterior ser empleado en el mantenimiento vial y urbanístico.

Figura 39.

Transporte del material.



6.1.3. Caracterización del sistema de explotación vigente

Mediante una entrevista realizada al personal técnico y operativo del área minera, específicamente al técnico fiscalizador, al operador de la cargadora y al chofer de la volqueta detalladas en el anexo 7, se pudo corroborar la información obtenida dando como resultado las siguientes características:

El método de explotación que implementa la concesión minera de libre aprovechamiento GADPC 02 es a cielo abierto, mediante el sistema de gravera en un único frente de explotación constituido por un solo banco y a una profundidad máxima de 2,5, ya que a esta profundidad se encuentra el nivel freático.

En cuanto a las actividades que se realizan en la zona de estudio básicamente consigna principalmente al destape, donde se realiza el retiro de la capa superficial y vegetal que cubre a los materiales áridos y pétreos en el frente de explotación; seguido de la actividad de preparación, en donde se habilita la vía de acceso de tercer orden que permite el transporte de toda la maquinaria pesada para realizar el ciclo de trabajo y el despeje de la zona de acopio en el área de estudio, ya que se carece de cualquier otro tipo de infraestructura dentro de la concesión. Estas dos actividades se efectúan mediante la

excavadora Doosan de capacidad de 1m³.

Posterior a estas, tenemos la explotación, donde se derivan tres actividades importantes como son: el arranque del material, donde con ayuda de la excavadora Doosan de capacidad de 1m³ se extraen los materiales en el frente de explotación; el cargue, donde se implementa la cargadora Komatsu con capacidad de cuchara de 2.1 m³, para cargar los materiales previamente explotados a la volqueta Hino de capacidad de 16m³; y finalizamos con la actividad de transporte, donde por medio del volquete se realiza el acarreo del material cargado, desde el punto de extracción hasta la zona de acopio, donde se acumula el material en pila, y viceversa.

Se pudo determinar que la maquinaria utilizada dentro de la zona de estudio para llevar a cabo el ciclo de trabajo consta de una excavadora Doosan con capacidad de cuchara de 1m³, una cargadora marca Komatsu con capacidad de cuchara de 2.1 m³ y una volqueta Hino de capacidad de balde de 16 m³.

En cuanto al transporte, cabe recalcar, que este se efectúa de manera cíclica, ya que simplemente se llena el cucharón de la excavadora, se carga este material con ayuda de la cargadora a la volqueta y se despacha el vehículo hasta el sitio de almacenamiento denominada como zona de acopio, mediante el sistema de apilado.

Por último, la producción diaria del área minera en cuestión, según las entrevistas realizadas está dentro de un rango aproximado de 95 a 98 m³/día; y que el uso del material explotado es principalmente para la obra pública; directamente a lo que concierne el mejoramiento y mantenimiento vial y urbanístico, donde figura el arreglo de aceras, veredas, bordillos, etc.

6.1.4. Personal e infraestructura

Personal

En la concesión minera “GADPC 02”, se emplea un total de 6 personas distribuidas en diferentes actividades como se muestra en la tabla 15. La extracción de los materiales áridos y pétreos se la puede realizar de lunes a viernes de 8:00 a 17:00, destacando que el horario de trabajo es de 4 horas. Además, la explotación en el área no es continua, si no que depende de la cantidad de material que requiera la obra pública solicitada. Cabe señalar que, en el área de libre aprovechamiento en cuestión, se trabaja al mes 22 días y los otros quedan libres para el respectivo mantenimiento de la maquinaria.

Tabla 15.

Personal que labora en la concesión minera.

Número de personal	Ocupación	Función y responsabilidades asignadas
1	Profesional	Técnico Fiscalizador de Obra
1		Operador de Excavadora
1	Operativo	Operador de Cargadora
1		Chofer Vehículo Pesado
2	Ayudante	Obrero

Infraestructura

En cuanto, a las instalaciones, cabe destacar que la concesión “GADPC 02” no cuenta con equipos permanentes, tampoco existe infraestructura, solo una pequeña área destinada para el almacenamiento denominada “Zona de Acopio”; incluso el área de libre aprovechamiento no se encuentra sobrepuesta a otro derecho minero.

Como se indicó anteriormente en la zona de estudio lo único existente dentro del área minera, es la zona donde acopia el material en pilas y las vías de tercer orden por donde circula el equipo minero cuando se encuentra en la fase de explotación.

En la figura 40 se visualiza como en la zona de estudio no existe infraestructura alguna, al igual que carece de equipos fijos y permanentes. Sin embargo, se logra evidenciar la presencia de la zona destinada para el acopio en pilas del material extraído denominado como “ZONA DE ACOPIO”.

Figura 40.

Inexistencia de infraestructura y zona de acopia del material.



6.1.5. Maquinaria e insumos

Maquinaria

La maquinaria empleada en el proceso de explotación de los áridos y pétreos en la concesión minera de libre aprovechamiento “GADPC 02”, se detalla en la tabla 16; resaltando que en esta tabla se indican algunas características generales de las máquinas que son implementadas de manera directa en la explotación del material árido y pétreo de la concesión es cuestión, entre ellas consta una excavadora de orugas marca Doosan con capacidad de cuchara de 1 m³, una cargadora marca Komatsu con capacidad de cuchara de 2.1 m³, y una volqueta marca Hino con capacidad de 16 m³.

Tabla 16.

Maquinaria utilizada en la concesión minera “GADPC 02”.

Maquinaria de la concesión minera “GADPC 02”							
N°	Equipo	Marca	Modelo	Serie	Motor	Lugar/ Año	Código Inst.
1	Excavadora de Oruga	DOOSAN	DX225LCA	Chasis DHKHEBU OK80005486	DB58TIS8 10723	Corea/ 2008	102988
1	Cargadora	KOMATSU	WA320-6	Chasis KMTWA108 C01070282	SAA6D107 E-1653	Japón/ 2009	102970
1	Volquete	HINO	S1EPVA	Chasis JHDZS1EP5 91S17580	E13CTL20 209	Japón/ 2009	102985

Atraves de la ficha técnica de la maquinaria precisada en el anexo 9; se podrá visualizar los datos que se levantaron en las tres fichas para determinar la información técnica de la excavadora, cargadora y volqueta las cuales se fundamentaron mediante el personal operativo, logrando obtener los datos que se muestran a continuación:

- **Excavadora**

La excavadora de oruga de marca Doosan modelo DX225LCA de color tomate, posee un peso operativo de 20 ton, una altura de 2,975 mm (2.98 m), un ancho de 2,990 mm (2.99 m), y un largo de 9,485 mm (9.49 m). La Capacidad de cuchara es 1 m³, su velocidad de desplazamiento es de 3.0 – 5.5 Km/h, con una potencia de 148 HP y una profundidad de excavación de 6.620 mm (6.62 m). Las revoluciones son de 1,400 rpm con un consumo de 34 galones de diésel al mes. Algunos de sus acondicionamientos importantes son el filtro de aire y la bomba rotativa de engranajes. Además, la fuerza de excavación del cazo es de 149 kN o 15200 kgf. Sus funciones principales son: quitar la

capa superior de la tierra a trabajar para, de ese modo, dejarla libre de obstáculos y lista para los siguientes trabajos en beneficio de la extracción; y de esta manera aumentar la producción y como resultado un ahorro de combustible debido a la optimización del sistema hidráulico y la mejora del motor DOOSAN. Disminuyendo las etapas de mantenimiento la excavadora tendrá un mayor número de horas para trabajar y de esta manera disminuyen los costos de funcionamiento. Todos estos datos se encuentran resumidos en la tabla 17, y anexo 10 que especifica la ficha técnica de la excavadora en cuestión.

Tabla 17.
Especificaciones técnicas de la excavadora.

EXCAVADORA DE ORUGAS	
MARCA	DOOSAN
MODELO	DX225LCA
COLOR	TOMATE
PESO OPERATIVO	20 TON.
ALTURA	2.98 m
ANCHO	2.99 m
LARGO	9.49 m
CAPACIDAD CUCHARON	1 m ³
POTENCIA	148 HP
PROFUNDIDAD EXCAVACIÓN	6.62 m
REVOLUCIONES	1400 rpm
CONSUMO DE DIESEL	34 GAL.



- **Cargadora**

La Cargadora de marca Komatsu modelo WA320-6 de color amarillo, posee un peso operativo de 13.85 ton, una altura de 3,200 mm (3.20 m), un ancho de 2,590 mm (2.59 m), y un largo de 7,515 mm (7.52 m). La Capacidad de cuchara es 2.1 m³, su velocidad de desplazamiento es de 38 Km/h, con una potencia de 167 HP y una profundidad de excavación de 85 mm (0.085 m). Las revoluciones nominales son de 2000 rpm con un consumo de 24 galones de diésel al mes. Algunos de sus acondicionamientos importantes son el filtro de aire, la bomba hidráulica y el ventilador reversible. Además, el radio mínimo de giro al centro es de 5380 mm y el ángulo de dirección es de 38.5° en cada dirección. Su

función principal es realizar operaciones de manutención y carga de todo tipo de materiales mediante movimientos de la máquina hacia adelante. La cuchara frontal le permite realizar trabajos de excavación en terreno llano, desmonte de terrenos blandos, extendido y nivelación de superficies, limpieza del terreno, etc. La cargadora Komatsu WA320-6 se emplea por lo general en todo tipo de obras civiles, especialmente en trabajos de excavación y explotación de canteras, esto ya que cuentan con una gran fuerza de empuje, lo que facilita el cargado y desplazamiento de toneladas de material. Estos datos son descritos brevemente en la tabla 18 y anexo 11 que especifica la ficha técnica de la cargadora.

Tabla 18.
Especificaciones técnicas de la Cargadora.

CARGADORA	
MARCA	KOMATSU
MODELO	WA320-6
COLOR	AMARILLO
PESO OPERATIVO	13.85 TON.
ALTURA	3.20 m
ANCHO	2.59 m
LARGO	7.52 m
CAPACIDAD CUCHARON	2.1 m ³
POTENCIA	167 HP
PROFUNDIDAD EXCAVACIÓN	85 mm
REVOLUCIONES	2000 rpm
CONSUMO DE DIESEL	24 GAL.



- **Volquete**

La Volquete de carga de marca Hino y modelo S1EPVA de color blanco, posee un peso bruto vehicular de 27 ton y un peso vacío de 9.85 ton, una altura de 3.745 mm (3.75 m), un ancho de 2.555 mm (2.56 m), y un largo de 8,235 mm (8.24 m). Su capacidad es de 16 m³, su velocidad máxima es de 50 Km/h, con una potencia de 410 HP y 1,100 rpm con un consumo de 66 galones de diésel al mes. El acondicionamiento más importante es la inyección electrónica en riel común con compresor. Además, el cilindraje es de 12913 cm³ y el torque máximo es de 165 kgM. Su función principal es almacenar y transportar el material extraído o explotado de la concesión. El volquete Hino S1EPVA es una maquinaria que dispone de un mecanismo para descargar la carga que transportan en un cajón que reposa sobre el chasis del vehículo. Estos datos se reflejan en la tabla 19, y anexo

12 que puntualiza la ficha técnica de la volqueta.

Tabla 19.

Especificaciones técnicas de la Volqueta.

VOLQUETA		
MARCA	HINO	
MODELO	S1EPVA	
COLOR	BLANCA	
PESO OPERATIVO	20 TON.	
ALTURA	3.75 m	
ANCHO	2.56 m	
LARGO	8.24 m	
CAPACIDAD DE BALDE	16 m ³	
POTENCIA	410 HP	
VELOCIDAD MAX.	50 km/h	
REVOLUCIONES	1400 rpm	
CONSUMO DE DIESEL	66 GAL.	

Insumos

En la concesión minera de libre aprovechamiento “GADPC 02”, se utilizan ciertos insumos que son fundamentales para que se desarrolle el ciclo de trabajo, estos insumos se muestran a continuación en la tabla 20:

Tabla 20.

Insumos claves para el desarrollo del ciclo de trabajo.

INSUMOS IMPLEMENTADOS EN LA CONCESIÓN		
INSUMOS	TIPO	COSTO MENSUAL (\$)
Combustible	Diesel	747.620
Lubricantes	Aceites y Grasas	525.00
Filtros	Aíre, Aceite, Agua y Separación	250.00

6.1.6. Rendimiento y producción diaria

Ciclos de trabajo

El ciclo de trabajo en el frente de explotación viene dado por la demanda del material para la obra pública que se requiera en el sector. A través de visitas *in situ*, se pudo comprobar que el ciclo de trabajo del área minera concierne al desarrollo de las actividades de destape, preparación y explotación; donde esta última se constituye de tres actividades

importantes que son: arranque, cargue y transporte del material árido y pétreo a la zona de acopio, para lo cual se utilizó la ficha de descripción de actividades indicada en el anexo 13, en la cual se registró los tiempos empleados para desarrollar cada actividad del ciclo durante una semana entera de trabajo, para luego proceder a obtener un promedio final mediante la implementación de una ficha de registro indicada en el anexo 14, obteniendo los resultados de la tabla 21, mismos resultados que se muestran en el anexo 15; y tabla 22, resultados que se reflejan en el anexo 16:

Tabla 21.

Datos del ciclo de trabajo realizado en una semana entera en la zona de estudio.

<i>Ciclo de trabajo definido en el día 1</i>						
CONCESIÓN GADPC 02		FECHA: Lunes 24/04/2023				
ACTIVIDAD	EQUIPOS EMPLEADOS	TIEMPO (SEG)	TIEMPO (MIN)	CAPACIDAD (m³)	CICLO	
Destape	Excavadora de Oruga de marca Doosan modelo DX225LCA	600	10	1	1	
Preparación	Excavadora de Oruga de marca Doosan Modelo DX225LCA	300	5	1	1	
Explotación	Arranque	Excavadora de Oruga de marca Doosan Modelo DX225LCA	30	0.5	1	1
	Cargue	Cargadora de maraca Komatsu modelo WA320-6	90	1.5	2.1	1
	Transporte	Volquete de Carga marca Hino modelo S1EPVA	660	11	16	1
	<i>Ciclo de trabajo definido en el día 2</i>					
CONCESIÓN GADPC 02		FECHA: Martes 25/04/2023				
ACTIVIDAD	EQUIPOS EMPLEADOS	TIEMPO (SEG)	TIEMPO (MIN)	CAPACIDAD (m³)	CICLO	
Destape	Excavadora de Oruga de marca Doosan modelo DX225LCA	510	8.5	1	1	
Preparación	Excavadora de Oruga de marca Doosan Modelo DX225LCA	390	6.5	1	1	
Explotación	Arranque	Excavadora de Oruga de marca Doosan Modelo DX225LCA	42	0.7	1	1
	Cargue	Cargadora de maraca Komatsu modelo WA320-6	90	1.5	2.1	1
	Transporte	Volquete de Carga marca Hino modelo S1EPVA	570	9.5	16	1

Ciclo de trabajo definido en el día 3

CONCESIÓN GADPC 02		FECHA: Miércoles 26/04/2023				
ACTIVIDAD	EQUIPOS EMPLEADOS	TIEMPO (SEG)	TIEMPO (MIN)	CAPACIDAD (m³)	CICLO	
Destape	Excavadora de Oruga de marca Doosan modelo DX225LCA	540	9	1	1	
Preparación	Excavadora de Oruga de marca Doosan Modelo DX225LCA	360	6	1	1	
Explotación	Arranque	Excavadora de Oruga de marca Doosan Modelo DX225LCA	30	0.5	1	1
	Cargue	Cargadora de maraca Komatsu modelo WA320-6	96	1.6	2.1	1
	Transporte	Volquete de Carga marca Hino modelo S1EPVA	630	10.5	16	1

Ciclo de trabajo definido en el día 4

CONCESIÓN GADPC 02		FECHA: Jueves 27/04/2023				
ACTIVIDAD	EQUIPOS EMPLEADOS	TIEMPO (SEG)	TIEMPO (MIN)	CAPACIDAD (m³)	CICLO	
Destape	Excavadora de Oruga de marca Doosan modelo DX225LCA	534	8.9	1	1	
Preparación	Excavadora de Oruga de marca Doosan Modelo DX225LCA	366	6.1	1	1	
Explotación	Arranque	Excavadora de Oruga de marca Doosan Modelo DX225LCA	30	0.5	1	1
	Cargue	Cargadora de maraca Komatsu modelo WA320-6	84	1.4	2.1	1
	Transporte	Volquete de Carga marca Hino modelo S1EPVA	660	11	16	1

Ciclo de trabajo definido en el día 5

CONCESIÓN GADPC 02		FECHA: Viernes 28/04/2023				
ACTIVIDAD	EQUIPOS EMPLEADOS	TIEMPO (SEG)	TIEMPO (MIN)	CAPACIDAD (m³)	CICLO	
Destape	Excavadora de Oruga de marca Doosan modelo DX225LCA	648	10.8	1	1	
Preparación	Excavadora de Oruga de marca Doosan Modelo DX225LCA	252	4.2	1	1	
Explotación	Arranque	Excavadora de Oruga de marca Doosan Modelo DX225LCA	30	0.5	1	1
	Cargue	Cargadora de maraca Komatsu modelo WA320-6	90	1.5	2.1	1
	Transporte	Volquete de Carga marca Hino modelo S1EPVA	600	10	16	1

Tabla 22.

Tiempo promedio de las actividades realizadas en el ciclo de trabajo en el área de estudio.

TIEMPO PROMEDIO DE ACTIVIDADES EN LA CONCESIÓN MINERA "GADPC 02"						
ACTIVIDAD	EQUIPOS EMPLEADOS	TIEMPO PROMEDIO POR ACTIVIDAD		CAPACIDAD (m ³)	CICLO	
		SEGUNDOS	MINUTOS			
Destape	Excavadora de Oruga de marca Doosan modelo DX225LCA	570	9.5	1	1	
Preparación	Excavadora de Oruga de marca Doosan Modelo DX225LCA	324	5.4	1	1	
Explotación	Arranque	Excavadora de Oruga de marca Doosan Modelo DX225LCA	30	0.5	1	1
	Cargue	Cargadora de maraca Komatsu modelo WA320-6	90	1.5	2.1	1
	Transporte	Volquete de Carga marca Hino modelo S1EPVA	630	10.5	16	1

Como primera actividad tenemos el destape, donde la excavadora utiliza un promedio de 9.5 min, considerando esta actividad como fundamental para dejar el frente de explotación libre de obstáculos y vegetación, para proceder con la siguiente actividad.

La segunda actividad es la preparación, en la cual se emplea un tiempo promedio de 5.4 min, donde básicamente se habilita la vía de tercer orden la cual conecta la vía principal de la parroquia con el frente de explotación y a la zona donde se acopia el material.

Como tercera actividad tenemos la explotación de los materiales, la cual a su vez se subdivide en:

- Arranque o extracción del material, donde la excavadora emplea un tiempo promedio de 0.5 min, señalando que en este tiempo se extrae 1 m³ de material.
- Cargue del material, en esta actividad la cargadora Komatsu hace uso de 1.5 min en promedio, para cargar el material extraído al volquete y proseguir con el ciclo de trabajo.
- Transporte del material, previamente cargado de manera mecánica, donde se emplea un tiempo promedio de 10.5 min, hacia su disposición de

almacenamiento denominado como “Zona de Acopio”, considerando que el transporte es de ida y vuelta al frente de explotación.

Es importante destacar que, dentro del ciclo de trabajo, en la actividad de cargue, se debe considerar, que al utilizar la excavadora Doosan para la extracción del material, y luego la cargadora Komatsu para cargar el mismo material explotado, se podría decir, que esta segunda maquina está siendo subutilizada, y, por ende, no se estaría aprovechando la maquinaria de manera eficiente, esto incide en los tiempos de trabajo y disminuye la producción diaria del área minera.

Organización de las actividades

En la figura 46 se muestran las actividades que conforman el ciclo de trabajo actual dentro del área minera de libre aprovechamiento GADPC 02, respecto a la explotación de áridos y pétreos, las cual es la siguiente:

Figura 41.

Organización de las actividades.



Rendimiento de la maquinaria

Una vez calculado el ciclo de trabajo y el ritmo de producción diario, se procedió a realizar el cálculo del rendimiento de la maquinaria utilizada en las actividades que constituyen el sistema de explotación actual:

- **Rendimiento de la Excavadora**

-Rendimiento Teórico:

Para calcular este parámetro de la excavadora se tiene en cuenta la capacidad de la misma, el tiempo que demora la maquina en realizar un ciclo de trabajo y el factor de conversión de hora a segundos, lo que nos da como resultado el rendimiento teórico.

$$RT = 3,600 * \left(\frac{E}{TC}\right)$$

$$RT = 3,600 \left(\frac{seg}{hora}\right) * \left(\frac{1m^3}{30 seg}\right)$$

$$RT = 120 \frac{m^3}{h}$$

-Rendimiento efectivo (práctico):

El rendimiento efectivo (práctico) se calcula multiplicando el rendimiento teórico, el coeficiente de llenado del cucharón, el peso específico considerando el coeficiente de esponjamiento del material y la relación entre el tiempo de trabajo ininterrumpido por turno, con el mismo adicionando el tiempo de descanso u otro percance suscitado a lo largo de la jornada laboral.

$$REP = RT * KLL * KT * \left(\frac{Tt}{Tt + Tp}\right)$$

$$REP = 120 \frac{m^3}{h} * 1 * 1.1 * \left(\frac{5}{5 + 1}\right)$$

$$REP = 110 \frac{m^3}{h}$$

- **Rendimiento de la Volqueta**

-Rendimiento Teórico:

Para calcular el rendimiento teórico del Volquete se tiene en cuenta la capacidad del balde de la máquina, el tiempo que demora la misma en realizar un ciclo de trabajo y el factor de conversión de hora a segundos.

$$RT = 3,600 * \left(\frac{E}{TC}\right)$$

$$RT = 3,600 \left(\frac{seg}{hora}\right) * \left(\frac{16 m^3}{630 seg}\right)$$

$$RT = 91.42 \frac{m^3}{h}$$

-Rendimiento experimental:

El rendimiento experimental de la volqueta se obtiene de multiplicar el factor de conversión de minutos a horas, la capacidad del balde del volquete y la eficiencia operativa de la máquina, para relacionarlo con el tiempo que demora la misma en realizar un ciclo de trabajo.

$$RE = \frac{60 * CV * E}{TC}$$

$$RE = \frac{60 * 16 m^3 * 0.8}{10.5 min}$$

$$RE = 73.14 \frac{m^3}{h}$$

- **Rendimiento de la Cargadora**

-Capacidad real:

Hace referencia a la capacidad real que tiene el cucharón de la cargadora, el cual es el resultado de la capacidad teórica de la máquina por el factor de llenado de la misma.

$$Ereal = E * Factor de llenado$$

$$Ereal = 2.1 m^3 * 0.9$$

$$Ereal = 1.89 m^3$$

-Rendimiento Teórico:

Para calcular el rendimiento teórico de la cargadora se relaciona la multiplicación entre Capacidad Real del cucharón, el factor de conversión de segundos a horas, el factor de eficacia de la máquina, el factor de eficacia del cucharón y el coeficiente de transformación para el tiempo que demora la cargadora en realizar un ciclo de trabajo.

$$RT = \frac{E * 3600 * Fe * Fe' * Ct}{TC}$$

$$RT = \frac{1.89 m^3 * 3,600 seg/h * 0.9 * 0.9 * 1.1}{90 seg}$$

$$RT = 67.35 \frac{m^3}{h}$$

-Rendimiento Real:

Para calcular el rendimiento real de la cargadora se considera en rendimiento teórico de la misma por el factor de eficiencia de la operación en general.

$$Rreal = RT * FEop \left(\frac{m^3}{h} \right)$$

$$Rreal = 20.21 \frac{m^3}{h} * 0.833$$

$$Rreal = 56.10 \frac{m^3}{h}$$

Ciclo por hora y producción diaria

A continuación, se realiza los cálculos para determinar el ciclo por hora y la producción diaria que existe en la concesión de libre aprovechamiento “GADPC 02”.

Considerando que las labores son realizadas en un horario no mayor a 4 horas, debido a que como se señaló anteriormente los trabajos en la concesión son ocasionales y no llevan un horario completo diario. Primero realizaremos un cálculo del rendimiento de la maquinaria por min esto nos permitirá realizar un cálculo más exacto de la producción diaria.

Actividad	Rendimiento por hora	Rendimiento por min	Tiempo para completar 16 m ³ que conlleva un ciclo de trabajo
Arranque	110 m ³ /hora	1.83 m ³ /min	8.7 min
Carga	56.10 m ³ /hora	0.93 m ³ /min	17.20 min
Transporte	73.14 m ³ /hora	1.21 m ³ /min	13.22 min
		Tiempo total por ciclo	39.12 min

• **Ciclo por hora**

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

$$Ciclo\ por\ hora = \frac{60\ minutos}{39.12\ minutos}$$

$$Ciclo\ por\ hora = 1.5\ ciclos\ de\ trabajo/hora$$

- **Producción diaria**

Producción por hora = N° Ciclo por hora * cantidad de material x ciclo

$$\text{Producción por hora} = 1.5 \frac{\text{ciclo}}{\text{hora}} * 16 \frac{\text{m}^3}{\text{ciclo}}$$

$$\text{Producción por hora} = 24 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

Producción diaria = Producción diaria x horas de trabajo

$$\text{Producción diaria} = 24 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}} * 4 \frac{\text{horas}}{\text{día}}$$

$$\text{Producción diaria} = 96 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

6.1.7. Evaluación económica

Es necesario conocer el costo de producción por m^3 de material extraído y este se lo obtuvo a partir de la relación entre el costo de producción por día y la producción diaria del área minera.

El coste por día se lo obtuvo a partir de la inversión mensual que destina la concesión minera de libre aprovechamiento, destacando que todos estos valores económicos fueron otorgados por el Titular Minero.

Inversión mensual

En este apartado se considera el valor o costo que se tiene durante una jornada de trabajo en el área minera, costo que está en función de la inversión mensual y los días de trabajo o días laborables en el área los mismos que son 22 días dentro de un mes.

Dentro de los costos de producción mensual se consideran los siguientes:

- Costo de combustible
- Costo de lubricantes y filtros
- Costo de personal de operación
- Costo de equipos de protección personal
- Costo de impuestos, regalías e informes

Tabla 23.*Costos mensuales en combustible.*

Costo de combustibles					
Descripción	Tipo	Unidad	Consumo Mensual	Precio Unitario (\$)	Gasto Total (\$)
Excavadora de oruga	Diésel	Gal	64.00	2.80	179.20
Cargadora	Diésel	Gal	54.00	2.80	151.20
Volquete	Diésel	Gal	149.00	2.80	417.20
COSTO MENSUAL			124.00	2.80	747.620

Nota: Fuente: GAD parroquial Cumbaratza; Elaborado por: Autora, 2024.**Tabla 24.***Costos mensuales en lubricantes y filtros.*

Costo de Lubricantes y Filtros		
Descripción	Costo Mensual (\$)	Gasto Total (\$)
Lubricantes (Aceite y Grasas)	525.00	525.00
Filtros (Aire, aceite, agua, separación)	250.00	250.00
COSTO MENSUAL		775.00

Nota: Fuente: GAD parroquial Cumbaratza; Elaborado por: Autora, 2024.**Tabla 25.***Costos mensuales en personal de operación.*

Costo de Personal			
Recurso Humano	Cantidad	Costo Mensual (\$)	Gasto Total (\$)
Operador de Excavadora	1	800.00	800.00
Operador de Cargadora	1	800.00	800.00
Chofer Vehículos Pesados	1	800.00	800.00
Obrero	2	500.00	1000.00
COSTO MENSUAL			3400

Nota: Fuente: GAD parroquial Cumbaratza; Elaborado por: Autora, 2024.**Tabla 26.***Costo mensual referente a equipos de protección personal (EPPs).*

Costos de EPPs			
Descripción	Cantidad	Costo Mensual (\$)	Gasto Total (\$)
Cascos, Chaleco Reflectivo, Botas, Gafas, Guantes, etc.	6	100.00	600.00
COSTO MENSUAL			600.00

Nota: Fuente: GAD parroquial Cumbaratza; Elaborado por: Autora, 2024.

Tabla 27.*Costo de impuestos, regalías e informes de producción.*

Costo de impuestos, regalías e informes		
Descripción	Costo Anual (\$)	Costo Mensual (\$)
Informe de Producción, Auditoría Ambiental	1,000.00	83.33
COSTO MENSUAL		83.33

Nota: Fuente: GAD parroquial Cumbaratza; Elaborado por: Autora, 2024.**Tabla 28.***Costo mensual de la operación en el frente de explotación.*

Costo Mensual de Operación del Frente de Explotación	
Descripción	Costo Mensual (\$)
Costo de Combustibles	747.60
Costo de Lubricantes y Filtros	775.00
Costo de Personal	3,400.00
Costo de EPPs	600.00
Costo de Impuestos, Regalías e Informes	83.33
COSTO MENSUAL TOTAL	5,605.93

Nota: Fuente: GAD parroquial Cumbaratza; Elaborado por: Autora, 2024.

El costo mensual calculado para la explotación en el frente de explotación es de \$ 5,605.93. Por consiguiente, para obtener el coste diario del frente de explotación se relaciona el costo mensual con los 22 días laborables en el mes, siendo así que el costo diario de explotación es de \$ 254.82.

Coste de producción por metro cúbico

Una vez definida la producción diaria (96 m³/día) y el coste diario (\$ 254.82) se procede a la obtención del costo de producción por metro cúbico con el sistema actual de la siguiente manera:

$$\frac{\text{Costo} (\$)}{m^3} = \frac{254.82}{96}$$

$$\frac{\text{Costo} (\$)}{m^3} = 2,65$$

Considerando la información proporcionada por parte del GAD parroquial se realizó el cálculo del costo por metro cúbico de material extraído con los procesos actuales es de 2,65 \$/m³. El área de libre aprovechamiento tiene un ritmo de producción de 24 m³/hora y cuenta con unas reservas aprovechables de 3368.89 m³, con estas variables procedemos a realizar el cálculo de tiempo de vida útil del área minera.

$$T = \frac{R}{RP}$$
$$T = \frac{3368.89 \text{ m}^3}{24 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}} = 140,5 \text{ días}$$

Cabe recalcar que la extracción en el área de libre aprovechamiento es intermitente además de ello el tiempo de vida útil está ligado a las reservas mismas, que son renovables en las crecientes del río por lo que este tiempo de vida útil, solo es un indicador del tiempo actual que posee el área.

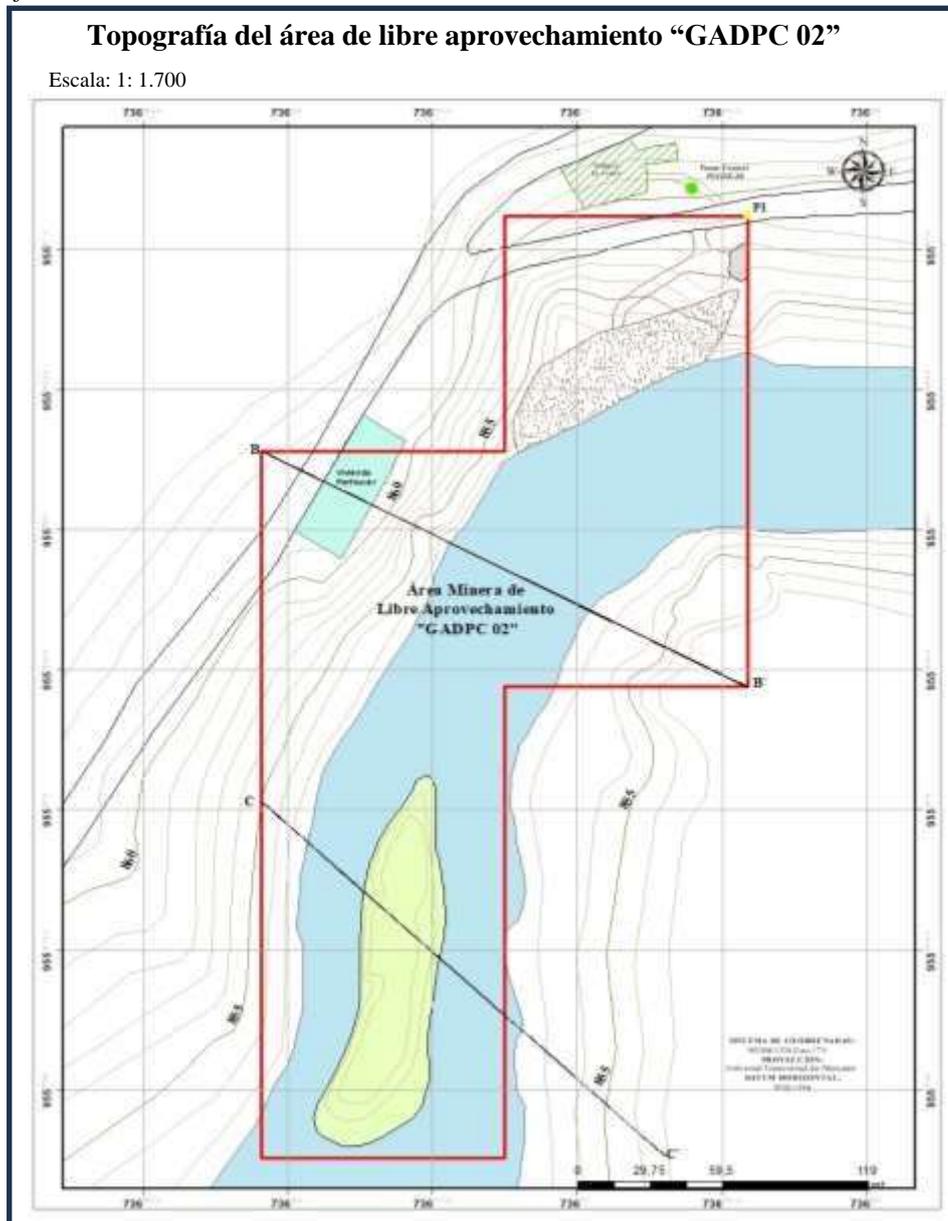
6.2. Resultados del segundo objetivo

6.2.1. Topografía

El área de estudio que comprende 5 hectáreas mineras, topográficamente está constituida por cotas que van desde los 853 a 863 m.s.n.m. Además, se pueden diferenciar dos niveles de terreno: una zona relativamente plana que está constituida por los depósitos aluviales, sobre esta superficie se realizan los trabajos de explotación; y otra parte que constituye el pie de ladera que se encuentra ubicado en la parte oeste. A continuación, en la figura 42 y en el anexo 17, se presenta el mapa topográfico con sus respectivos perfiles del terreno.

Figura 42.

Topografía del área de estudio.



6.2.2. Geología local

Conforme al trabajo realizado en campo (descripción de afloramientos y calicatas) se evidencio la presencia de dos unidades litológicas, una de ellas del tipo sedimentario y una volcánica. En la tabla 29 se indica la ubicación de los afloramientos y calicatas del área de estudio; y en el anexo 19 se presenta el mapa de la geología local de la misma.

Tabla 29.

Ubicación de los afloramientos y calicatas.

AFLORAMIENTOS				
N° Cod.	X	Y	Ubicación	Registro Fotográfico
A1	736515.28	9558067.94	Esquina del frente de explotación	
A2	736455.65	9558092.52	Parte noroeste del área	
A3	736425.08	9558006.91	Detrás de la Vivienda	
A4	736351.54	9557776.58	Parte suroeste del área	
A5	736515.46	9557989.24	Frente a la zona de explotación, (orilla del río Zamora)	

A6	736505.4	9557948	Frente a la zona de explotación, (zona boscosa)	
-----------	----------	---------	--	---

A7	736349.91	9558013.06	Junto a la vía Panamericana	
-----------	-----------	------------	-----------------------------	---

CALICATAS

N° Cod.	X	Y	Profundidad	Registro Fotográfico
C1	736446.3	9558029.4	1 m	
C2	736526.1	9558068.9	1 m	
C3	736453.4	9558059.1	2 m	
C4	736478	9558066	2 m	
C5	736485.5	9558079.1	2 m	

C6 736537 9558096 2.2 m



Andesita, andesita basáltica meteorizada (J_{AB}):

Esta unidad geológica se halla localizada en el lado oeste de la zona de estudio a manera de una faja que se extiende en dirección Noroeste, predominan andesitas y andesitas basálticas definidas según la descripción de un afloramiento representativo, ubicado al pie de la vía Panamericana la cual colinda con el área de estudio. Las características de la litología predominante en el sector antes mencionado corresponden a una andesita de coloración gris oscura, la textura es afanítica con desarrollo de minerales de plagioclasas, se presenta altamente fracturada y meteorizada. A un costado de la vía Panamericana (X: 736349,91; Y:9558013,06), se encuentra un tipo de andesita basáltica de coloración oscura, algunos clastos indicativos del afloramiento muestran una composición alta en minerales de hierro y se observa la presencia de escasos sulfuros diseminados.

Figura 43.

Clastos representativos del afloramiento de andesita.



Depósito Aluvial (Q_A)

-Bloques y clastos subangulosos a redondeados de diferente composición, gravas redondeadas, arenas, limos:

Ese tipo de depósito se ubica en un 99,4% de toda el área, destacando que en una pequeña parte por el lado noroeste sobreyace a la unidad de Andesitas, Andesitas Basálticas. Sin embargo, enfocándonos en el depósito aluvial, en algunas partes del área

sobresalen los bloques y clastos subangulosos a redondeados de diferente composición y gravas redondeadas; mientras que en otras prevalecen las arenas y limos.

Figura 44.

Depósito ubicado en el flanco este (Afloramiento 5).



Como se puede observar en la figura, en el norte del área resalta son los bloques con dimensiones decimétricas a métricas (1,20 a 1,80 m) y clastos con tamaños que van desde los 0,10 a 0,50 m; sus formas son subangulosas a subredondeadas y redondeadas, con reducida presencia de arena y limo.

Figura 45.

Bloques de diferente composición, situados en el flanco Noroeste (Afloramiento 1).



Al este del área de estudio, se presentan clastos de diámetro centimétricos, con tamaños que van desde 0,05 a 0,20 m, aparentemente presentan imbricación en una dirección preferencial 30° NE, la composición de los clastos son de origen ígneo a volcánico, entre ellas granodiorita, andesita porfirítica y pobremente cuarzdiorita. Sus formas son de subredondeadas a redondeadas y están dispuestos en una matriz de clastos no soportados de composición arenosa y orgánica.

Figura 46.

Arenas, gravas, limos, arcillas y cantos poligénicos (Afloramiento 6).



Hacia el flanco occidental del área de estudio se observa en mayor parte la presencia de arenas de tonalidad oscura con alto contenido mineralógico de sulfuros de hierro, escasamente se compone de clastos de tamaños milimétricos a centimétricos (0,05 a 0,10 m), de forma subangulosa a subredondeada, son de diferente composición (granodiorita, andesita basáltica, cuarzodiorita).

Figura 47.

Arenas, limos, arcillas y clastos poligénicos (Afloramiento 3).



6.2.3. Estratigrafía de calicatas

Para determinar este punto se procedió con la apertura de seis calicatas, cuya descripción se presenta a continuación:

- Calicata N°1 (X: 736446.3; Y: 9558029.4)

Con una profundidad de 1 m, la estratigrafía de esta excavación se caracteriza por la presencia de dos estratos; el primero se caracteriza por tener una potencia de 25 cm y está compuesto de arena de color café claro, no se evidencia la presencia de residuos orgánicos; el segundo estrato se caracteriza por tener una composición entre gravas y arena, las gravas tienen una dimensión mayor a 1 cm, la composición es poligónica, y las arenas poseen una tonalidad gris oscura y juntos abarcan una potencia de 75 cm. (Ver figura 48 y anexo 20)

Figura 48.

Calicata N°1, realizada en el área de estudio.

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CALICATAS					
Proyecto	Optimización del sistema de explotación para la extracción de áridos y pétreos			Fecha	19/08/2023
N° Calicata	1			Dimensiones de la excavación L/A/P	1.5X1X1 m
Coordenadas	X	Y	Z	Profundidad Nivel Freático	1 m
	736446.3	9558029.4	852.9 m		
Registro Fotográfico			Descripción de estratos		
			Estrato 1	Posee una potencia total de 25 centímetros y está compuesto de arena café clara. No presenta restos orgánicos.	
			Estrato 2	Posee una potencia total de 75 centímetros y está compuesto de arena gris oscura con clastos grandes (> 1 cm).	

- Calicata N°2 (X: 736526.1; Y: 9558068.9)

La calicata N°2 al igual que la calicata N°1 posee una profundidad de 1 m, la estratigrafía de esta excavación se caracteriza por la presencia de dos estratos; el primero

se caracteriza por tener una potencia de 15 cm y está compuesto de arena la cual posee un color café claro, sin la presencia de residuos orgánicos; mientras que el segundo estrato se caracteriza por tener una composición de gravas y arena, donde las gravas tienen una dimensión mayor a 1 cm, con una composición poligénica; y las arenas poseen una tonalidad gris oscura y juntos abarcan una potencia de 85 cm. (Ver figura 49 y anexo 21)

Figura 49.

Calicata N°2, realizada en el área de estudio.

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CALICATAS					
Proyecto	Optimización del sistema de explotación para la extracción de áridos y pétreos			Fecha	19/08/2023
N° Calicata	2			Dimensiones de la excavación L/A/P	1.5X1X1 m
Coordenadas	X	Y	Z	Profundidad Nivel Freático	1 m
	736526.1	9558068.9	852,9 m		
Registro Fotográfico			Descripción de estratos		
			<p>Estrato 1</p> <p>Posee una potencia total de 15 centímetros y está compuesto de arena café clara. No presenta restos orgánicos.</p>		
			<p>Estrato 2</p> <p>Posee una potencia total de 85 centímetros y está compuesto de arena gris oscura con clastos grandes (> 1 cm).</p>		

- Calicata N°3 (X:736453.4; Y:9558059.1)

Con una profundidad de 2 m, la estratigrafía de esta excavación se caracteriza por la presencia de tres estratos; el primero se caracteriza por tener una potencia de 43 cm y está compuesto de arena de color café claro, no se evidencia la presencia de residuos orgánicos; el segundo estrato se caracteriza por tener una composición entre gravas y arena, las gravas tienen una dimensión en un rango de 5 a 10 cm, la composición es poligénica, y las arenas poseen una tonalidad gris oscura y juntos abarcan una potencia de 145 cm; y el tercer estrato

tiene una composición entre gravas y arena, las gravas tienen una dimensión menor a 5 cm, la composición es poligénica, y las arenas poseen una tonalidad gris oscura, este estrato posee una potencia de 12 cm. (Ver figura 50 y anexo 22)

Figura 50.

Calicata N°3, realizada en el área de estudio.

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CALICATAS				
Proyecto	Optimización del sistema de explotación para la extracción de áridos y pétreos		Fecha	19/08/2023
Nº Calicata	3		Dimensiones de la excavación L/A/P	1.5X1X2 m
Coordenadas	X	Y	Z	Profundidad Nivel Freático
	736453,4	9558059.1	854,3 m	
Registro Fotográfico			Descripción de estratos	
			Estrato 1	Posee una potencia total de 43 centímetros y está compuesto de arena café clara. Carece de restos orgánicos (raíces secas o vegetación).
			Estrato 2	Posee una potencia total de 145 centímetros y está compuesto de arena gris oscura con clastos grandes (de 5 cm a 10 cm).
			Estrato 3	Posee una potencia total de 12 centímetros y está compuesto de arena gris oscura con clastos pequeños (<5 cm).

- Calicata N°4 (X:736478; Y:9558066)

Con una profundidad de 2 m, la estratigrafía de esta excavación se caracteriza por la presencia de tres estratos; el primero se caracteriza por tener una potencia de 49 cm y está

compuesto de arena de color café claro, se evidencia la presencia de residuos orgánicos; el segundo estrato se caracteriza por tener una composición entre gravas y arena, las gravas tienen una dimensión en un rango de 5 a 10 cm, la composición es poligénica, y las arenas poseen una tonalidad gris oscura y juntos abarcan una potencia de 128 cm; y el tercer estrato tiene una composición entre gravas y arena, las gravas tienen una dimensión menor a 5 cm, la composición es poligénica, y las arenas poseen una tonalidad gris oscura, este estrato posee una potencia de 23 cm. (Ver figura 51 y anexo 23)

Figura 51.

Calicata N°4, realizada en el área de estudio.

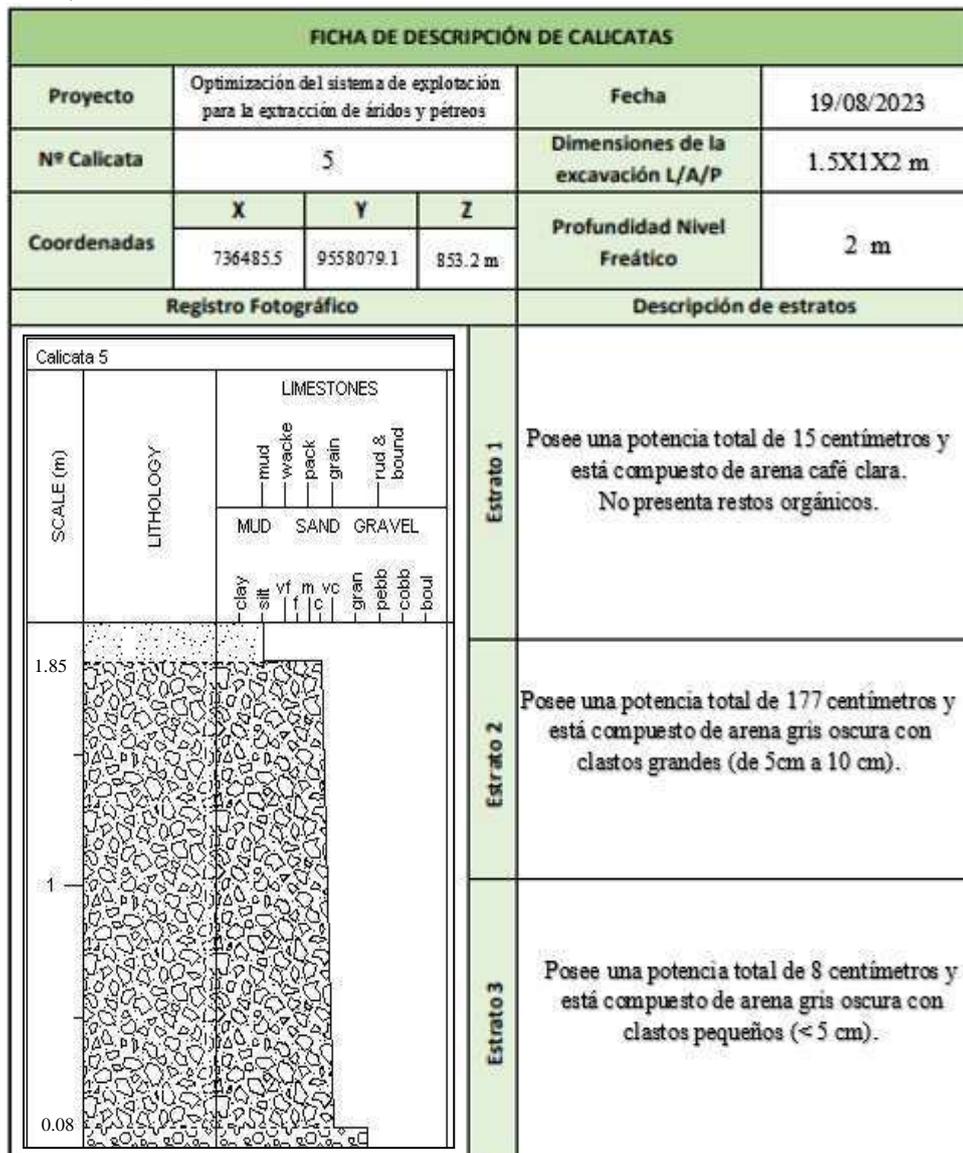
FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CALICATAS					
Proyecto	Optimización del sistema de explotación para la extracción de áridos y pétreos			Fecha	19/08/2023
N° Calicata	4			Dimensiones de la excavación L/A/P	1.5X1X2 m
Coordenadas	X	Y	Z	Profundidad Nivel Freático	2 m
	736478	9558066	852.9 m		
Registro Fotográfico			Descripción de estratos		
<p>Calicata 4</p> <p>SCALE (m)</p> <p>LITHOLOGY</p> <p>LIMESTONES</p> <p>mud wacke pack grain rud & bound</p> <p>MUD SAND GRAVEL</p> <p>clay silt vf m vc gran pebb cobb boul</p> <p>1.51</p> <p>1</p> <p>0.23</p>			Estrato 1	Posee una potencia total de 49 centímetros y está compuesto de arena café clara. Presenta restos orgánicos (Raíces secas).	
			Estrato 2	Posee una potencia total de 128 centímetros y está compuesto de arena gris oscura con clastos grandes (de 5cm a 10 cm).	
			Estrato 3	Posee una potencia total de 23 centímetros y está compuesto de arena gris oscura con clastos pequeños (< 5 cm).	

- Calicata N°5 (X:736485.5; Y:9558079.1)

Con una profundidad de 2 m, la estratigrafía de esta excavación se caracteriza por la presencia de tres estratos; el primero se caracteriza por tener una potencia de 15 cm y está compuesto de arena de color café claro, carece de la presencia de residuos orgánicos; el segundo estrato se caracteriza por tener una composición entre gravas y arena, las gravas tienen una dimensión en un rango de 5 a 10 cm, la composición es poligénica, y las arenas poseen una tonalidad gris oscura y juntos abarcan una potencia de 177 cm; y el tercer estrato tiene una composición entre gravas y arena, las gravas tienen una dimensión menor a 5 cm, la composición es poligénica, y las arenas poseen una tonalidad gris oscura, este estrato posee una potencia de 8 cm. (Ver figura 52 y anexo 24)

Figura 52.

Calicata N°5, realizada en el área de estudio.

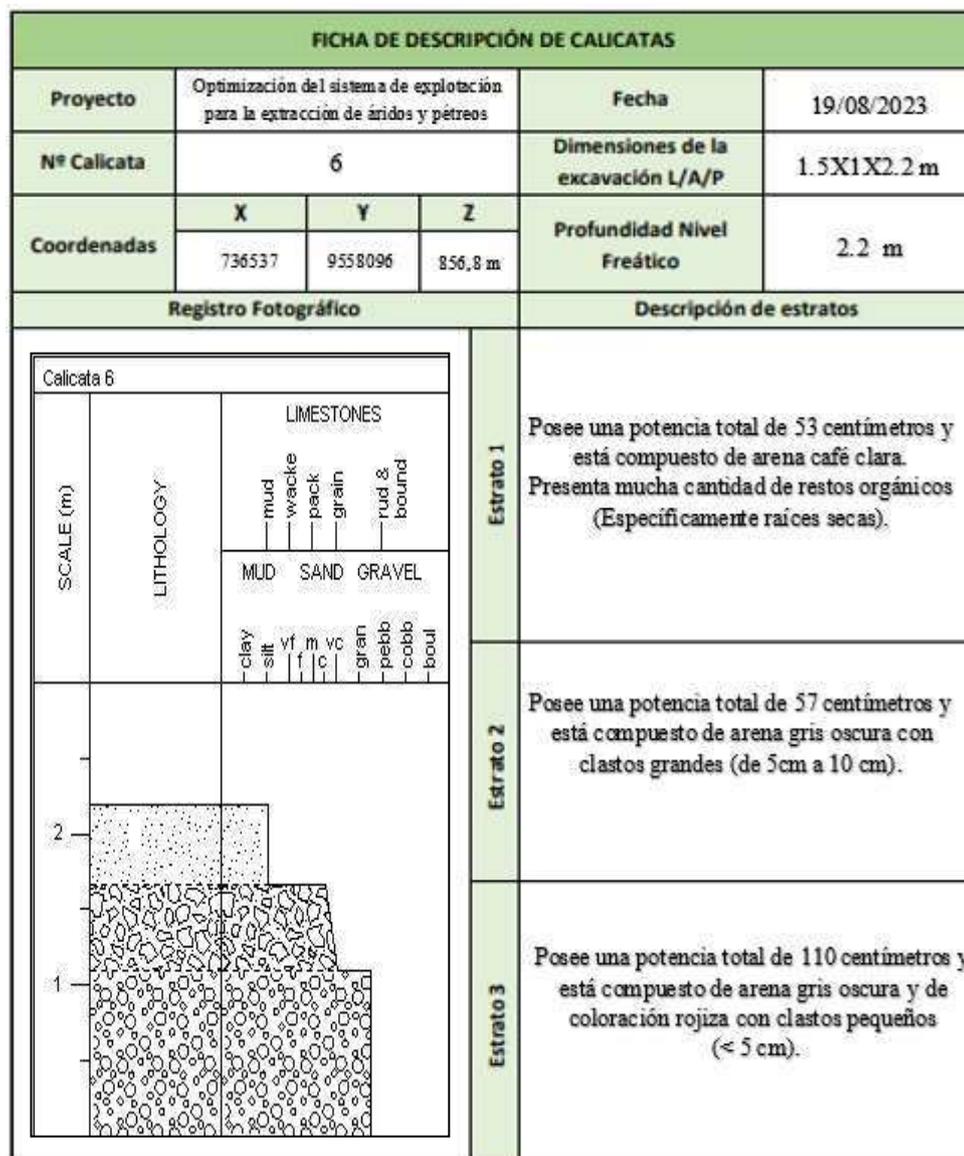


- Calicata N°6 (X:736537; Y:9558096)

Con una profundidad de 2.2 m, la estratigrafía de esta excavación se caracteriza por la presencia de tres estratos; el primero se caracteriza por tener una potencia de 53 cm y está compuesto de arena de color café claro, se evidencia la presencia de residuos orgánicos; el segundo estrato se caracteriza por tener una composición entre gravas y arena, las gravas tienen una dimensión en un rango de 5 a 10 cm, la composición es poligénica, y las arenas poseen una tonalidad gris oscura y juntos abarcan una potencia de 57 cm; y el tercer estrato tiene una composición entre gravas y arena, las gravas tienen una dimensión menor a 5 cm, la composición es poligénica, y las arenas poseen una tonalidad gris oscura, este estrato posee una potencia de 110 cm. (Ver figura 53 y anexo 25)

Figura 53.

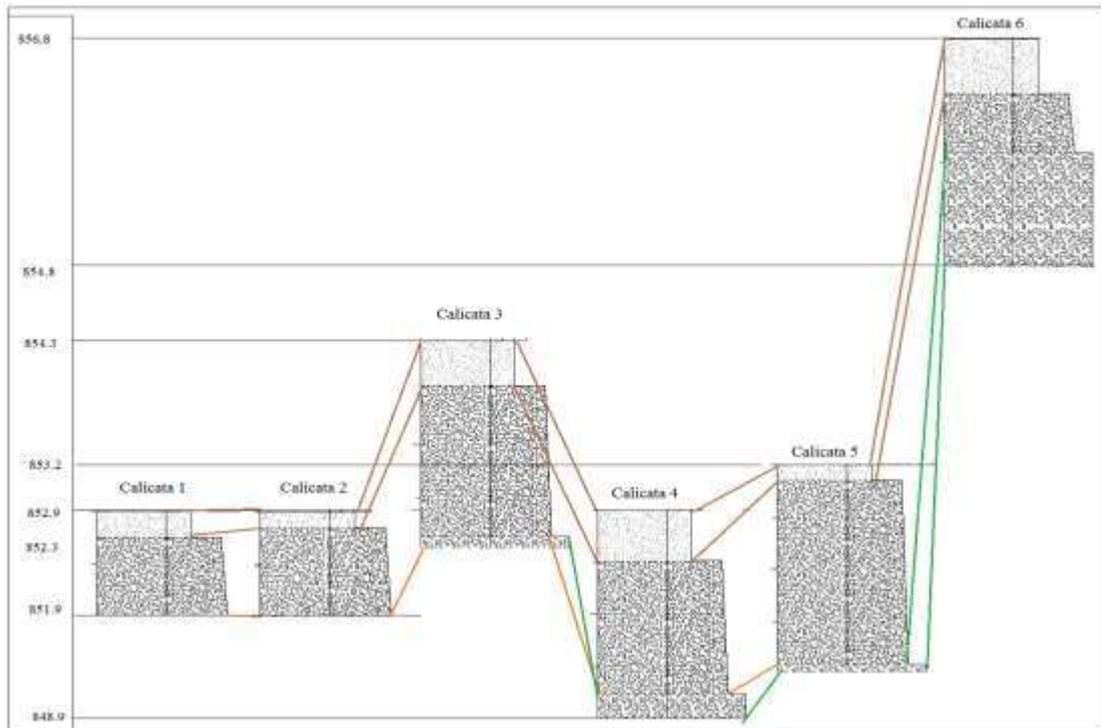
Calicata N°6, realizada en el área de estudio.



Correlación de calicatas

Con la correlación de las calicatas realizadas se puede evidenciar la continuidad del material presente en nuestra área de estudio, como se indica en la siguiente figura:

Figura 54.
Correlación de calicatas.



En el área de estudio se realizó la apertura de 6 calicatas, donde la calicata 1 y calicata 2 poseen una profundidad de 1m de excavación, la calicata 3,4 y 5 se las realizó a 2 m de profundidad, y la calicata 6 tiene una profundidad de excavación de 2.2 m, destacando que la profundidad de excavación dependió de la altura a la que se encontró el nivel freático. De esta forma se determinó que las calicatas realizadas tienen una profundidad media de 1,7 metros.

Según la correlación realizada en nuestra área de estudio se presenta estratos definidos, es así que se tiene un primer estrato compuesto por arenas en tonalidades café clara con espesores que van desde los 15 hasta los 53 cm. El segundo estrato está compuesto de arenas y grava con clastos de diámetros mayores a 1cm, en tonos gris oscuro, con espesores que van desde 57 hasta 177 cm. Por último, continuando con la excavación de las calicatas se encuentra un tercer estrato conformado por arenas y clastos pequeños de diámetro menor a 5 cm, en tonos gris oscuro, este estrato presenta espesores que van desde los 8 hasta los 110 cm.

6.2.4. Características del material

Los resultados de laboratorio fueron comparados con la normativa ecuatoriana, concretamente con los valores que presenta el Libro Amarillo del MTOP, Capítulo 400, Sección 402 que se refiere al material para Mejoramiento de la Subrasante, y Capítulo 800, Sección 817 que detalla lo referente al material para mejoramiento, terraplenes y pedraplenes. Los datos más representativos son los siguientes:

- **Análisis Granulométrico**

El análisis granulométrico comprende el contenido de humedad y los límites como son límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad. Este ensayo se realiza con la finalidad de obtener la distribución según el tamaño de sus partículas y conocer la proporción de material presente de arena, limo, arcilla y grava. Los resultados se presentan en el anexo (Ver Anexo 26) y en la siguiente tabla:

Tabla 30.
Resultado análisis granulométrico.

Análisis Granulométrico					
Micra	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"	712	13	87	
25	1"	1296	23	77	
19	3/4"	1494	27	73	
12.5	1/2"	1926	34	66	
9.5	3/8"	2130	38	62	
4.75	N° 4	2472	44	56	
	Pasa N° 4	3127	56	44	
2.36	N° 8				
2	N° 10	15	4	52	
1.18	N° 16	22	6	50	
0.85	N° 20				
0.6	N°30				
0.425	N° 40	72	20	36	
0.3	N° 50				
0.15	N° 100	145	40	16	
0.075	N° 200	175	48	8,2	0 – 20
	Pasa N° 200	30	8,2		
TOTAL		5599			

Peso Total de Lavado	205
Peso Total después de Lavado	175
Contenido de Humedad	12,86
Límite Líquido	0%
Límite Plástico	0%
Índice de Plasticidad	No plástico

Así mismo, a partir del análisis granulométrico se logró clasificar al suelo de acuerdo a las normas AASHTO y S.U.C.S.

Tabla 31.
Clasificación de suelo.

Sistemas de clasificación de suelos	
Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.)	Arena mal graduada con limo con grava SP SM
Sistema de Clasificación de Suelos (AASHTO)	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena

Figura 55
Ensayo granulométrico.



- **Ensayo Compactación Proctor e Índice de Soporte California C.B.R.**

Para la determinación del CBR es necesario conocer los resultados del ensayo Proctor. Este ensayo es importante porque nos permite evaluar la capacidad portante de terrenos compactados como terraplenes, explanadas así como en la clasificación de terrenos. Los resultados del presente ensayo se muestran en el anexo (Ver anexo 27) y en resumen en la siguiente tabla:

Tabla 32.
Resultados de ensayos de Compactación de Proctor y C.B.R.

Resultado Ensayo Compactación Proctor	
Densidad seca máxima	2,085 kg/m ³
Contenido de agua óptimo	6,5%
Resultado C.B. R	
	30,22%

Figura 56.
Ensayo Proctor y C.B.R.



- **Ensayo de abrasión**

El ensayo de abrasión se realiza con la finalidad de conocer la resistencia al desgaste de agregados naturales o triturados, empleando maquinaria con una carga abrasiva (Ver Anexo 28).

Los resultados más representativos son los siguientes:

Tabla 33.
Resultados de ensayo de abrasión.

Abrasión	
Numero de esferas	12
Masa de la carga abrasiva	5048 g
Masa total de la muestra seleccionada antes del ensayo	5002
Masa total de la muestra después de 500 revoluciones	3796
Valor de abrasión (%) después de 500 revoluciones	24,11%

Figura 57.
Ensayo de abrasión.



Luego de la revisión de los resultados de los ensayos, se procede a comparar estos con los valores que menciona la normativa ecuatoriana en el Libro Amarillo del MTOP, Capítulo 400, Sección 402 que menciona al material para Mejoramiento de la Subrasante, y Capítulo 800, Sección 817 que hace referencia al material para mejoramiento, terraplenes y pedraplenes. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 34.
Comparación de resultados de ensayos vs los parámetros del libro amarillo MTOP.

Comparación con el libro amarillo del MTOP		
Granulometría		
Características	Resultados de ensayos	Terraplenes y Pedraplenes
Contenido de humedad	12,86	--
Pasa Tamiz N.º 4	44%	--
Pasa Tamiz N.º 200	8,2%	Max 20%
Límites de Consistencia		
Características	Resultados de Laboratorio	Mejoramiento de la Subrasante
Límite líquido LL	0%	Max 35%
Límite Plástico LP	0%	Max 9%
Índice de plasticidad IP	No Plástico	--
C.B.R.		
Resultado de laboratorio	Mejoramiento de la Subrasante	
30,22%	>20%	
Abrasión		
Resultado de laboratorio	Mejoramiento de la Subrasante	
24,11%	--	

De acuerdo a la normativa ecuatoriana no más del 20% 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 8,2% 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, sí cumple con los requisitos para ser utilizado como mejoramiento de la Subrasante al tener un valor de C.B.R. de 30,22%.

En lo referente a la abrasión, la normativa no menciona valores específicos para los usos que tiene el material del área de estudio.

6.2.5. Cálculo de reservas

El cálculo de reservas es el proceso siguiente una vez determinadas las características topográficas y geológicas del área de estudio. Su importancia radica en establecer la cantidad de material aprovechable en el área destinada a la explotación. Por ende, se determinó las reservas probadas únicamente del frente de explotación que se encuentra en la zona norte, ya que es el único punto de donde se puede extraer el material árido y pétreo, debido a que en la zona suroeste del área minera se encuentra un conjunto de viviendas particulares las cuales pueden verse afectadas si se realiza la explotación del material. Y del mismo modo, en las otras dos zonas (zona este e isla) la explotación se hace imposible teniendo como limitante la presencia del río Zamora, quien las separa del frente de explotación.

El cálculo de las reservas a través de la primera metodología o análisis geométrico simple denominado también como método de la altura media, relaciona la profundidad promedio de los sondeos con la superficie explotable previamente definida (frente único de explotación). De tal forma el área sujeta a explotación (A) abarca 2229.01 m² con una profundidad promedio (P_m) de 1.7 m.

Aplicando la expresión matemática (1) formulada por Corral en 2021, se obtuvo como resultado un volumen total de reservas probadas del área de estudio de 3789.3 m³ tal como se muestra a continuación:

$$VT = A * P_m \quad (1)$$

$$VT = 2229.01 \text{ m}^2 * \left(\frac{1+1+2+2+2+2.2}{6} \right) \text{ m}$$

$$VT = 2229.01 \text{ m}^2 * 1.7 \text{ m}$$

$$VT = 3789.3 \text{ m}^3$$

Donde:

VT = Volumen total

A = Área del frente de explotación (sección explotable=2229.01 m²)

Pm= Profundidad media de las 6 calicatas realizadas (PC1=1m; PC2=1m;

PC3= 2m; PC4=2m; PC5=2m; PC6=2m; PC7=2.2m) (*Pm*=1.7m)

En cambio, el cálculo de las reservas aplicando la segunda metodología o análisis geométrico computarizado de dos modelos digitales de terreno confeccionados en el software ArcGIS 10.3, donde el primer M.D.T delimita el área de explotación del frente único existente en el área minera, y el segundo, establece el nivel de referencia a profundidad, el cual fue establecido de acuerdo al valor de la media de las profundidades de las calicatas de investigación (1.7m), nos refleja un resultado de reservas probadas del área de estudio de 2948.47 m³.

Durante el proceso ejecutado en el software ArcGIS 10.3, mediante la herramienta “Diferencia de superficie” entre los dos M.D.T; se genera una red de triángulos irregulares, formarán polígonos para luego calcular su área y volumen (Ver tabla 35). La ecuación utilizada para determinar el volumen total del terreno (2), se define como:

$$VT = \sum_{i=1}^n vi \quad (2)$$

$$VT = \sum_{i=1}^n (2636.76; 40.44; 20.96; 39.37; 0.04; 27.86; 18.28; 48.96; 31.09; 69.33; 15.38; 0.00006)$$

$$VT = 2948.47$$

Donde:

Vm = Volumen total de las reservas

Vi = Volumen de cada polígono generado por la diferencia de superficies de los Modelos Digitales del terreno (M.D.T).

Tabla 35.*Volumen de reservas a través de análisis geométrico computarizado (M.D.T).*

Código	Área	Prof. Media	Volumen
1	1551.03	1.7	2636.76
2	23.8	1.7	40.44
3	12.36	1.7	20.96
4	23.28	1.7	39.37
5	0.02	1.7	0.04
6	16.47	1.7	27.86
7	10.75	1.7	18.28
8	28.92	1.7	48.96
9	18.29	1.7	31.09
10	40.78	1.7	69.33
11	9.06	1.7	15.38
12	0.00003	1.7	0.00006
Reservas Totales			2948.47

Como se puede evidenciar, existe una variación en el cálculo de reservas probadas en ambas metodologías, por tal razón, para obtener una estimación de las reservas probadas de manera adecuada, se realiza un promedio entre las reservas calculadas, llegando a determinar un volumen total de reservas comprobadas en el frente único de explotación del área minera de 3368.89 m³.

$$VT = \frac{VT_{\text{metodologia1}}(m^3) + VT_{\text{metodologia2}}(m^3)}{2}$$

$$VT = \frac{3789.3 \text{ m}^3 + 2948.47 \text{ m}^3}{2}$$

$$VT = \frac{6737.77 \text{ m}^3}{2} = 3368.89 \text{ m}^3$$

La cifra de 3368.89 metros cúbicos de material aprovechable, es un dato significativo y de gran relevancia para el área minera de libre aprovechamiento “GADPC 02”, debido a que de esta forma se evidenció un contenido sustancial de material explotable, esta información resultó decisiva y concluyente en la planificación y desarrollo de las estrategias de optimización, ya que proporcionó un fundamento propicio para el diseño y ejecución del proyecto.

6.3. Resultados de tercer objetivo

Una vez realizada la descripción de las características actuales del área minera de libre aprovechamiento, se determinó, que es necesaria la implementación de un sistema de explotación optimizado que se adecue a los criterios geológicos-mineros del yacimiento, para de esta forma mejorar el aprovechamiento de los recursos de los materiales áridos y pétreos que se encuentran en la misma. Antes de iniciar con la elección del método y del sistema de explotación adaptable a la zona de estudio, es necesario conocer las características del yacimiento mineral. Por ello que en la siguiente tabla se resumen las principales características técnicas del yacimiento, las cuales permitieron seleccionar el método y posterior a ello el sistema de explotación.

6.3.1. Características del yacimiento

Tabla 36.

Características técnicas del yacimiento del área minera “GADPC 02, Cod. 50000644”.

Características del Yacimiento	
Tipo	Yacimiento Aluvial.
Ubicación	Se encuentra localizado en la provincia de Zamora Chinchipe, cantón Zamora, parroquia Cumbaratza, sector Cumbaratza en el área minera de libre aprovechamiento de materiales de construcción para obra pública denominada “GADPC 02”, código 50000644 cuyo titular minero es el GAD Parroquial Rural de Cumbaratza.
Formación	Se ubica dentro de la formación de los depósitos aluviales, conformados litológicamente por bloques y clastos subangulosos a redondeados de diferente composición, gravas redondeadas, arenas y limos.
Forma	Se trata de un depósito aluvial de forma irregular de tipo elongado, ya que su longitud es mayor a su ancho; además de ello, el yacimiento es depositado de manera dispersa a lo largo de su frente de explotación
Área	El yacimiento cuenta con un área de 2229.01 m ²
Potencia	La potencia determinada es de 1.7 m, que es la profundidad en la cual se evidencio la existencia del nivel freático; sin embargo, se puede considerar una prolongación del depósito, debido a que se muestra una continuidad estratigráfica.
Reservas	Las reservas del yacimiento son de 3368.89 m ³ de material aprovechable sin embargo se destaca que son reservas renovables en épocas invernales o meses de mayor precipitación en la parroquia.
Características Geológicas	El yacimiento se ubica dentro de la formación de depósitos aluviales, actualmente se depositan en la playa del área minera, este depósito se adapta al terreno, no posee datos estructurales, en el no existen estructuras geológicas, la litología es diversa ya que al tratarse de un depósito aluvial el material es arrastrado de lugares alejados al área minera sin embargo se puede deducir que los cantos rodados pertenecen a Andesitas, Dioritas, Granitos y demás materiales que conforman las formaciones colindantes como son el batolito de Zamora y la unidad la Saquea.

Topografía	El área de estudio que comprende 5 hectáreas mineras, topográficamente está constituida por cotas que van desde los 853 a 863 m.s.n.m. Además, se pueden diferenciar dos niveles de terreno: una zona relativamente plana que está constituida por los depósitos aluviales, sobre esta superficie se realizan los trabajos de explotación.
Hidrología	Principalmente el área minera es afectada por el río Zamora, sin embargo, antes de colindar con el área minera en el río Zamora desembocan algunas otras quebradas importantes como son: la quebrada Tunantza, Piuntza, Timbara, las Palmas, Cutuntza, la Rubia y Cumbaratza. Al igual que varias quebradas sin nombre que nacen en la parte oeste del sitio de interés.
Cubierta Vegetal	Debido a que el área minera esta activa en la extracción de áridos y pétreos, no existe una sobrecarga de la cubierta vegetal; además debido a su litología no es apto para el crecimiento de flora.

6.3.2. Método de explotación

En la elección del método de explotación se tomó en cuenta la profundidad del yacimiento así como la litología que sobreyace el mismo, para el caso del área minera GADPC 02 su yacimiento es de tipo aluvial por lo que este yacimiento aflora en superficie además de ello el material no es compacto por lo que la maquinaria puede hacer arranque directo sin la necesidad de usar explosivos, otro parámetro a considerar es la forma del yacimiento el cual es de forma irregular de tipo elongado, ya que su longitud es mayor a su ancho, además de ello el material del yacimiento es depositado de manera dispersa en el meandro del río, el tipo de yacimiento aluvial nos indica que su origen es por el arrastre de material por parte del río y deposita el material de interés en las playas aluviales que en nuestro caso es el frente de explotación, es por ello que se emplea el método de explotación a cielo abierto, debido a que se enfoca en la extracción directa de áridos y pétreos.

El yacimiento es de tipo irregular, de forma elongada y de poca potencia, la cercanía del yacimiento con la superficie es mínima en muchas zonas el mismo aflora a la superficie.

El yacimiento es catalogado dentro de la serie exógena en el grupo de los sedimentarios de la clase aluvial se lo considero como forma irregular ya que es un depósito de material sobre una capa de roca madre es decir la profundidad del depósito es casi la misma a lo largo de todo el depósito mineral, sin embargo, no tiene una forma definida.

Lo consideramos como un depósito elongado considerando que su forma así lo categoriza es decir su largo es mayor que su ancho además de ello por las dimensiones del depósito que se extiende a lo largo de la ribera del río Zamora también es considerado por esta forma.

La potencia de un yacimiento está dada por el espesor de la capa o del estrato que contiene el material de interés, en el caso del área minera se realizaron las calicatas como un sondeo directo para conocer la estratigrafía subterránea de la zona de estudio, en donde se determinó que con la profundidad del sondeo se atravesó una capa la misma que es de nuestro interés.

Es por ello que la potencia del yacimiento está dada por la profundidad de reservas aprovechables del mismo con respecto a la línea superficial, sin embargo, mediante las calicatas realizadas en el área de estudio se obtuvo que el yacimiento posee una profundidad promedio de 1.7 mts catalogándolo como un yacimiento de poca potencia.

6.3.3. Elección del sistema de explotación.

La información obtenida resultado de los dos primeros objetivos como son la descripción de las actividades, topografía, geología y reservas nos permiten tener un criterio técnico sobre las carencias de nuestro sistema de explotación actual, a su vez identificamos los parámetros que son viables a optimizar, para lograr tener un mayor beneficio en la actividad minera.

Esclarecidas las características técnicas del yacimiento (ver tabla 36), y del sistema de explotación actual, procedemos a proponer sistemas de explotación que se acoplen a las características de nuestra zona de estudio, basándonos en las características para definir sistemas de explotación como son:

- Compatibilidad con las condiciones del terreno
- Eficiencia y factibilidad de ejecución
- Compatibilidad con la maquinaria disponible
- Rentabilidad Económica
- Impactos ambientales y sociales

Considerando los parámetros para la elección de un sistema de explotación podemos esclarecer tres sistemas de explotación aplicables a nuestra zona de estudio los mismos que serán analizados y comparados para elegir el más idóneo.

Graveras

Los materiales detríticos, como las arenas y gravas, son materiales que se encuentran albergados en depósitos de valles y en las terrazas de los ríos, materiales los cuales son objeto de una explotación intensa, por ende, este método es el adecuado en estos casos, debido a la gran demanda de dichos materiales por el sector de la construcción.

Las explotaciones mediante este método suelen llevarse a cabo en un solo banco, con profundidades inferiores a los 20 metros.

Diques Longitudinales

Los diques longitudinales son un sistema muy conocido en el campo de los materiales de arrastre. El beneficio principal de este sistema es, la buena producción que se puede obtener, por lo que la recaudación económica es alta.

La parte negativa es que el impacto ambiental es alto, debido a que el dique longitudinal debe seguir a lo largo de río como su nombre lo indica.

Los diques longitudinales están compuestos por una serie de materiales que están compactados, mismos que hacen de barrera para la acumulación de material arrastrado por el caudal del río, estos materiales usados en la barrera pueden ser muros de hormigones, muros de madera esto en dependencia del tamaño del material y fuerza del caudal. (Castillo, 2023)

Extracción paralela con pala hidráulica o retroexcavadora

Este sistema de explotación es de extracción directa, consiste en extraer el material del lecho del río mediante un solo banco.

Este sistema es usado para extraer en la zona seca del cauce o poca profundidad. Para el arranque y carga de material se debe contar con retroexcavadoras o excavadoras.

Y para el transporte se debe contar con: volquetas y una red de caminos temporales paralelos a la excavación.

Entre sus ventajas tenemos la alta producción de material pétreo, además, la excavadora realiza una doble función de arranque y carga del material. (UICN, 2009)

Tabla 37.
Análisis Multicriterio de sistemas de explotación aplicables al área minera.

TIPO DE YACIMIENTO			
	Sistema	Ventajas	Desventajas
Análisis Técnico	Graveras	Aprovecha en su totalidad el material del frente de explotación	El sistema de explotación es aplicable a depósitos que poseen un alto ritmo de producción mayor a 120 m ³ /día.
	Diques Longitudinales	Alta eficiencia en la extracción de material aluvial	En el proceso de conformación de bancos se procede a retirar una alta capa de material aprovechable para el área minera
	Extracción paralela con pala hidráulica o retroexcavadora	Adecuado para ejecutarse en yacimientos de tipo aluvial representando una relación costo-beneficio alto.	No dispone
FORMA DE YACIMIENTO			
	Sistema	Ventajas	Desventajas
	Graveras	Es idóneo para yacimientos regulares e irregulares	Necesita depósitos de gran extensión Necesita simetría en el frente
	Diques Longitudinales	Aplicable para yacimientos regulares e irregulares	Necesita simetría en el frente de explotación para el diseño de bancos de trabajo
	Extracción paralela con pala hidráulica o retroexcavadora	Aplicable en yacimientos regulares e irregulares, la extracción es de manera directa por lo que el yacimiento puede ser de gran o menor extensión con o sin simetría.	No dispone
AREA DE YACIMIENTO			
		Ventajas	Desventajas
	Graveras	Necesita de superficies planas cercanas a fuente hídrica; ya que, sus condiciones de trabajos son en estado húmedo	Para la implementación de la maquinaria y equipos es necesario una gran área de extensión fuera del frente de explotación para implementar todas las instalaciones
	Diques Longitudinales	No dispone	Se necesita frente de explotación de gran extensión para diseñar los bancos de trabajo
	Extracción paralela con pala hidráulica o retroexcavadora	Se aplica en frentes de explotación de cualquier dimensión pues se aprovecha el material en su totalidad de los frentes de explotación	No dispone

Análisis Ambiental

	Ventajas	Desventajas
Graveras	No dispone	El sistema de explotación por graveras tiene un alto impacto ambiental, es un sistema automatizado que tiene contaminación acústica, paisajística además de un consumo alto de recurso hídrico
Diques Longitudinales	Evita la remoción del lecho del río y por lo tanto no genera la turbidez de la red hídrica.	El sistema de explotación por diques longitudinales conlleva a una gran remoción de material para la conformación de los diques, generando un alto impacto visual; además las dimensiones de los mismos provocan una alta contaminación paisajística
Extracción paralela con pala hidráulica o retroexcavadora	El sistema de explotación por extracción paralela con pala hidráulica o retroexcavadora tiene como benéfico la explotación sistemática, explotación aguas afuera, y un bajo impacto visual ya que no requiere conformación de bancos.	No dispone

RESERVAS Y RENTABILIDAD

Análisis Económico

	Ventajas	Desventajas
Graveras	No dispone	Es necesario gran cantidad de reservas > 50.000 m ³ puesto que el costo de implementación es alto
Diques Longitudinales	No dispone	Es aplicable en yacimientos con reservas mayores a 20.000 m ³ puesto que en la conformación de los bancos se removerá gran cantidad de material
Extracción paralela con pala hidráulica o retroexcavadora	Al ser un sistema de explotación directo puede aplicarse en yacimientos de altas o bajas reservas.	No dispone

Analizados los sistemas de explotación propuestos, se ha elegido el sistema de explotación por extracción paralela con pala hidráulica o retroexcavadora debido a que se acopla a los recursos que disponemos y a las siguientes características.

- Al tener un yacimiento de poca potencia y de forma elongada este sistema se acopla al mismo

- Nos permite seguir utilizando la misma maquinaria que posee el área de libre aprovechamiento.
- Requiere de volquetas de una capacidad mínima de 5 m³ lo que nos permite seguir laborando con la propia volqueta del GAD parroquial de Cumbaratza.
- La inversión necesaria para la aplicación no es alta, esto hace que este sistema de explotación sea aplicable al área de libre aprovechamiento.
- El frente de explotación del área de libre aprovechamiento es pequeño por lo que este sistema de explotación nos permitirá aprovechar al máximo dicha área.

Definido el sistema de explotación a implementar debemos considerar los criterios técnicos, productivos y ambientales.

El sistema de explotación por extracción paralela con pala hidráulica o retroexcavadora nos permite realizar una explotación técnica y ordenada lo que reflejara en un mayor control en la cantidad de material a extraer, así como la cantidad que se distribuye a las diferentes obras públicas de administración directa del gobierno parroquial.

En la parte ambiental, este sistema de explotación es adecuado; ya que, no causa un mal impacto visual ante la población; y además al ser un sistema que trabaja en condiciones secas, se evita afectaciones al cuerpo hídrico que atraviesa el área de libre aprovechamiento.

No solo se debe tener en cuenta el sistema de explotación en su etapa extractiva, también se debe considerar todos los elementos que conforman el sistema de explotación como son las vías, zona de stock, zona de desechos, zona de descanso, oficinas, entre otros, todos estos elementos permiten que el sistema de explotación sea óptimo y sustentable.

En la parte económica, las áreas de libre aprovechamiento no tienen por objetivo la venta del material; ya que, son áreas mineras manejadas por los GADs, más bien poseen intereses no económicos como el mejoramiento vial del cantón. Es sustancial señalar que la elección de un sistema de explotación óptimo reduciría los costos de inversión por parte del GAD parroquial de Cumbaratza en el desarrollo de la explotación de árido y pétreos.

6.3.4. Implementación del sistema de explotación.

Destape

Al ser un área en la que ya se están ejecutando las actividades de extracción, no existe una sobrecarga de la cubierta vegetal a retirar por lo que esta actividad no se realizara en la zona de estudio. En lo que respecta a las vías se realizará un mejoramiento sobre las vías ya

existentes, por lo que tampoco será necesario el retiro de la cubierta vegetal.

Preparación

En la actividad de preparación se realizarán las obras complementarias para mejorar las infraestructuras, así como el frente de explotación del área de libre aprovechamiento y de esta manera optimizar al máximo la actividad minera, en la siguiente tabla se detalla la infraestructura, así como las actividades que se les realizarán a cada una de ellas:

Tabla 38.
Infraestructuras a intervenir.

Infraestructura	Actividad	Detalle
Zona de stock	Optimizar	Para la zona de stock se prevé una reubicación y un diseño que nos permita stockear el material. De esta manera aprovechar para extraer la mayor cantidad de material mientras se dispone de la excavadora.
Vías	Optimizar	Las vías internas del área como son las que conectan el frente de explotación con la zona de stock serán diseñadas con su respectivo peralte y ancho de carril que permita el flujo continuo de la maquinaria.
Zona de descanso y oficina	Se construirá	Se diseñará una zona de descanso y una oficina en una misma edificación para optimizar el espacio, la infraestructura será construida de bloque, hormigón con un techo de estructura.
Zona de Comedor	No se construirá	En el área minera se labora por periodos de trabajo, así mismo los restaurantes están cercanos al área, a partir de los 50 m ya exististe los mismos por lo que no es necesario la construcción del área.
Zona de Recreación	No se construirá	El área minera está ubicada dentro de la parroquia Cumbaratza lo que permite que los trabajadores del área tengan un acceso a los centros de recreación de la parroquia los mismos que se encuentran a 10 mts del acceso al área minera por lo que es innecesario la construcción de canchas deportivas dentro del área.
Zona de Combustibles	No se construirá	El área minera se encuentra a 200 metros de la estación de combustibles más cercana además de ello la maquinaria se guarda en el galpón de equipo pesado de GAD parroquial y es ahí donde todos los días la maquinaria sale tanquearse a tal punto que a lo largo de su jornada no necesite más combustible.
Zona de chatarra	No se construirá	El GAD parroquial del cantón Cumbaratza dispone de un galpón de equipo pesado en donde se guarda la maquinaria que labora en el área minera y de la misma manera en este galpón es donde se le da mantenimiento y se da manejo a la chatarra producto de los mismos.

Zona de desechos	Se construirá	El depósito de desechos se construirá bajo normativas, para una correcta implementación de esta zona.
Zona de taller o mantenimiento	No se construirá	Esto debido a que en el área minera se realizan los mantenimientos y reparaciones de las maquinas en un taller muy conocido de la parroquia Cumbaratza, "Taller el Oso" mismo que se encuentra a una distancia de 50 m de la concesión en cuestión, por lo que no es necesario la construcción del área.
Banco de explotación	Diseña	Al elegir el sistema de explotación por arranque directo con excavadora o retroexcavadora se deberá diseñar un banco de trabajo que nos permita arrancar el material de manera sistemática.

Identificadas las actividades a realizar se procede a diseñar y optimizar cada una de las infraestructuras.

- **Zona de Stock.**

Con lo que respecta a la zona de stock actualmente la zona de stock ocupa espacio en los terrenos colindantes al área de libre aprovechamiento. Es por ello que se plantea realizar un rediseño en donde la zona se ubique dentro de los límites del terreno, de esta manera se evitan los conflictos sociales que puede generar la invasión de terrenos ajenos a la concesión.

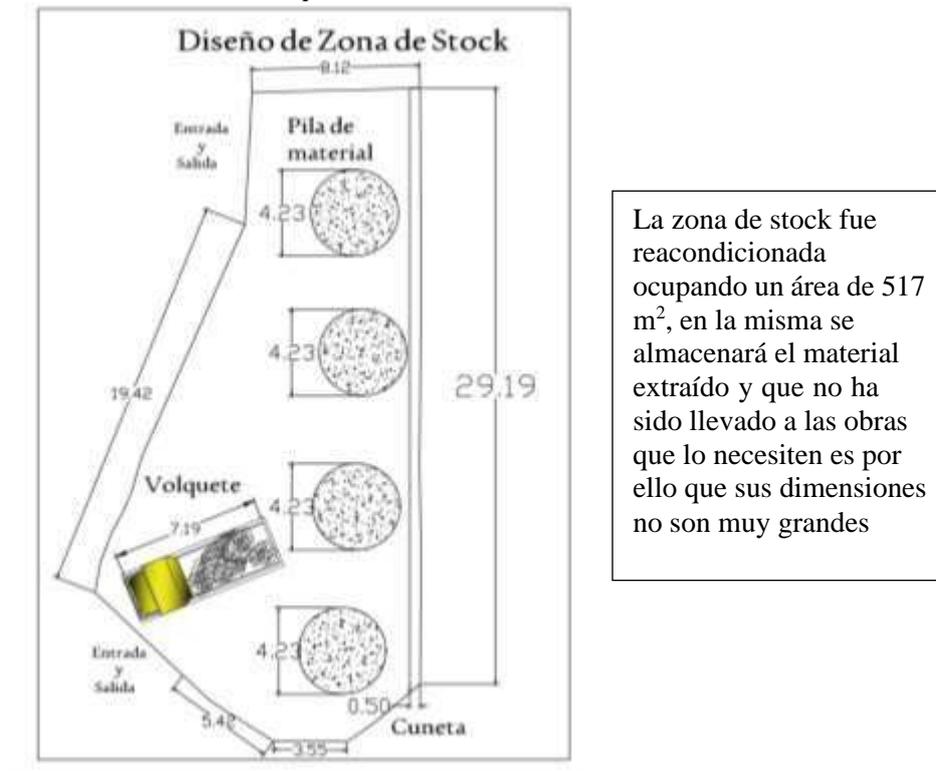
La producción diaria del área de libre aprovechamiento es de 33.68 m³ esto nos permite diseñar una zona de stock acorde a esta cantidad, la zona de Stock diseñada tendrá un área de 517 m², también dispondrá de una cuneta de 0.5 m de ancho de hormigón, para evacuar las aguas lluvias además de ello, gran cantidad del material extraído diariamente es llevado de manera directa a las obras de administración directa de la junta parroquial y/o municipio.

Tabla 39.
Costos de optimización de la zona de stock.

Unidad	Cantidad	Descripción	Costo Unitario(\$)	Costo Total(\$)
Hora	10	Retroexcavadora	25	250
Hora	30	Volquete	25	750
Hora	20	Compactadora	30	600
Hora	20	Niveladora	25	500
m3	55	Material de Mejoramiento	10	550
m2	125	Cerramiento de malla galvanizada de 2.5 metros de alto x 235 mts de largo	8	1000
Total				\$3650

Figura 58.

Zona de Stock del área de libre aprovechamiento.



En el diseño de las pilas de almacenamiento nos permitió conocer el volumen del material que se almacenara en cada una de ellas, y para realizar este cálculo es necesario conocer las dimensiones de cada pila, así como el ángulo de fricción del material con ello se logra calcular la superficie afectada por cada una de las pilas.

El radio menor de 2.12 y un radio mayor de 4.23 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, así como el radio mayor, menor y el ángulo de fricción fue obtenida del manual de “Stockeada de materiales de construcción, 1985”:

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

Donde:

R= Radio Mayor 3m

R= Radio Menor 1m

h= Altura 1.89 = 2 mts

Θ= Angulo de fricción del material 25°

Figura 59.
Corte de zona de stock.



El volumen de material que albergara cada una de las pilas es de 65.66 m³, la zona de stock está diseñada para el almacenamiento de 4 pilas y estas al ser simétricas se tendría un stock de 262.67 m³.

Conociendo las medidas de la pila procedemos a realizar un cálculo de volumen de cada una de ellas.

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

$$V = \frac{1}{3} \pi * 2 (4.23^2 + 2.12^2 + 4.23 * 2.12)$$

$$V = \frac{1}{3} \pi * 2 (4.23^2 + 2.12^2 + 4.23 * 2.12)$$

$$V = 65.66 \text{ m}^3$$

El volumen de material que albergara cada una de las pilas es de 65.66 m³ de material, la zona de stock está diseñada para el almacenamiento de 4 pilas y estas al ser simétricas se tendría un stock de 262.67 m³ de materiales áridos y pétreos.

- **Vías.**

Con lo que respecta a las vías de la zona de estudio se optimizara las vías secundarias que conectan el frente de explotación con la zona de stock.

De acuerdo con el manual de carreteras de 1961 para la amplitud de la vía se debe considerar la maquinaria más ancha, más berma de seguridad y el número de carriles.

Amplitud del carril = (Ancho de maquinaria * 1.5m) + Berma de Seguridad

$$\text{Amplitud del carril} = ((3.0\text{m} * 1.5\text{m}) + 1.5\text{m}) \times 2 = 10.5 \text{ m}$$

Considerando la maquinaria más ancha de 3 m más una berma de seguridad de 1.5 (lo cual se recomienda en el mismo manual) y por los dos carriles que se propone la construcción, nos da un ancho de vía de 10.5 m esto nos permitirá tener un flujo vehicular más ágil y de la misma manera permitirá la maniobrabilidad de la maquinaria.

Figura 60.

Diseño de vías del área de libre aprovechamiento.

VISTA DE PERFIL



Lo que respecta a las vías fueron ampliadas a 10.5 mts de ancho las mismas que contienen berma de seguridad y cuneta, así mismo, se diseñó una vía que conecte de mejor manera la parte inferior del banco de trabajo con la zona de stock

La vía es ampliada debido a que al acortar la distancia entre la zona de extracción y la zona de acopio los viajes del volquete, así mismo para poder llegar a la zona de stock se propone incluir peralte en las curvas esto con el fin de evitar el volcamiento de la maquinaria, ya que se propone aumentar la velocidad de tránsito de los volquetes al momento de transportar el material. En lo que respecta a la longitud de las vías se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 40.
Dimensiones de vías del área de libre aprovechamiento.

Vía		Ancho		Largo		Cuneta	Material	Cant. material
		Actual	Propuesta	Actual	Propuesta			
Vías secundarias								
Frente de explotación	Zona de Stock	5.75 m	10.5 m	51.2 m	55.1 m	Si	Grava y arena	86.78 m ³
Frente de explotación	Zona de stock	5.3 m	10.5 m	7 m	9 m	Si	Grava y arena	13.5 m ³
Zona de Stock	Vía Principal	5.3 m	10.5 m	23.11 m	23.11 m	Si	Grava y arena	36.40 m ³

Tabla 41.
Costos de la optimización de vías internas del área minera.

Unidad	Cantidad	Descripción	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
Hora	30	Pala Excavadora	30	900
Hora	30	Volquete	25	750
Hora	20	Compactadora	30	600
Hora	20	Niveladora	25	500
Total				\$2750

- **Zona de desechos**

Los encargados de establecer los lineamientos para la construcción de la infraestructura en donde se almacenen los desechos o residuos, es el GAD parroquial, por ende, se utilizó la normativa del INEN 2841 “Gestión Ambiental, estandarización de colores de depósito y almacenamiento temporal de residuos sólidos”, en la construcción de la infraestructura de los depósitos de desechos, la misma que nos dice:

- Se deben instalar diferentes contenedores para cada tipo de desecho siguiendo la norma INEN 2841.
- La zona de desechos debe estar alejada de viviendas u oficinas para evitar las afectaciones por olores.
- Los contenedores deben estar sobre una losa de cemento de 25 a 30 cm de espesor la misma debe tener una pendiente hacia una cuneta.
- Los contenedores deben encontrarse bajo una cubierta

Los recipientes de los desechos se encuentran divididos por colores para su correcta clasificación, según lo indica la norma INEN 2841. Para el área minera se colocará 1 recipiente para cada desecho considerando que:

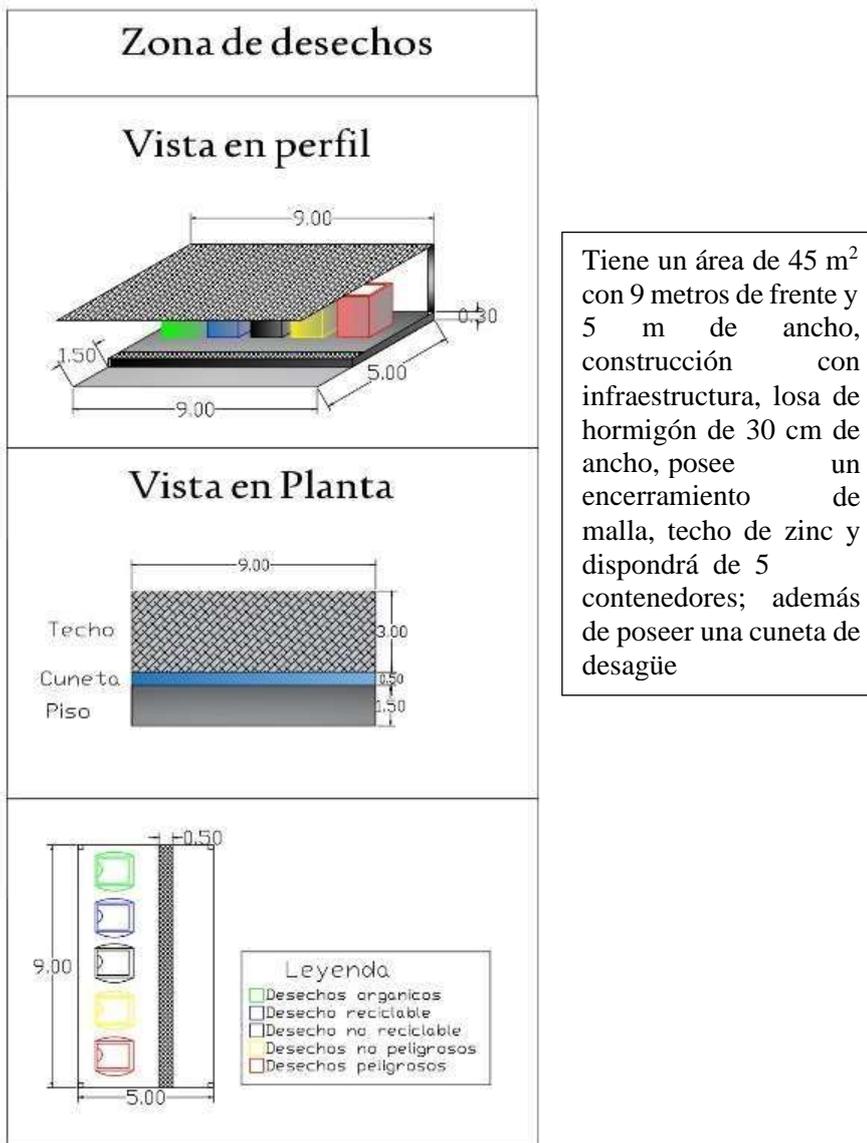
- **Color negro** No reciclable, no peligroso, incluye todo residuo no reciclable (INEM, 2014).
- **Color verde:** Desechos orgánicos, de origen Biológico, restos de comida, cáscaras de fruta, verduras, hojas, pasto, entre otros. Susceptible de ser aprovechado (INEM, 2014).
- **Color rojo:** Peligrosos, residuos con una o varias características citadas en el código C.R.E.T.I.B. (INEM, 2014).
- **Color azul:** Reciclables, es todo material susceptible a ser reciclado, reutilizado. (vidrio, plástico, papel, cartón, entre otros) (INEM, 2014).
- **Color amarillo:** Especiales, son los residuos no peligrosos con características de volumen, cantidad y peso que ameritan un manejo especial (INEM, 2014).

Tabla 42.

Costos de construcción de zona de desechos para el área minera.

Unidad	Cantidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total
Cimientos				
m²	45	Contrapiso de arena y fundición de losa base	86	3870
m²	6	Barrilla N° 8	12	72
m²	6	Malla electrosoldada	16	96
m²	4.5	Estructura de acero en perfiles para cuneta	86	387
Estructura				
m²	45	Estructura metálica	40	1800
m²	30	Superficie Horizontal	3.25	97.5
m²	45	Cerramiento de malla	8	360
Cubierta				
Unidad	26	Lamina de Zinc (3.60 x 0.80)	7	182
Otros				
Unidad	5	Contenedores	75	375
m²	12	Tubería y sistema de captación de lixiviados	24	288
Unidad	1	Señalética y otros	241.5	241.5
Mano de Obra				
Semana	4	Maestro	150	600
Semana	4	Obreros	200	800
TOTAL				\$9169

Figura 61.
Zona de desechos.



Tiene un área de 45 m² con 9 metros de frente y 5 m de ancho, construcción con infraestructura, losa de hormigón de 30 cm de ancho, posee un encerramiento de malla, techo de zinc y dispondrá de 5 contenedores; además de poseer una cuneta de desagüe

- **Zona de descanso y oficina**

Se construirá una infraestructura en la cual se encuentre la zona de descanso y la oficina del área minera, esta infraestructura tendrá unas medidas de 15 mts x 10 mts de ancho, conformada por un dormitorio, comedor, sala de reuniones, 2 baños y una oficina.

El material con el que se construirá será de estructura con bloque, revestida de hormigón, empaste, su cubierta será de techo tipo Zinc, para su elaboración se verán involucrados 2 peones y un maestro.

Tabla 43.*Costos de construcción de zona de descanso y oficina.*

Unidad	Cantidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total
Cimientos				
m ²	150	Contrapiso de arena y fundición de losa base	18.24	2736
m ²	7	Barrilla N° 8	12	84
Estructura				
m ²	150	Estructura metálica	25	3750
m ²	30	Superficie Horizontal	3.25	97.5
Paredes				
m ²	150	Paredes de bloque	10	1500
m ²	150	Revestimiento de pared	8	1200
m ²	150	Pintado de Paredes	4.17	625.5
Cubierta				
Unidad	26	Lamina de Zinc (3.60 x 0.80)	7	182
Accesorios				
Unidad	5	Puertas	60	300
Unidad	8	Ventanas	50	400
Unidad	2	Lavamanos	25	50
Unidad	2	Inodoro	55	110
Mobiliario				
Unidad	2	Escritorio	50	100
Unidad	10	Sillas	5	50
Unidad	1	Comedor	75	75
Unidad	1	Muebles dormitorio	300	300
Mano de Obra				
Semana	4	Maestro	150	600
Semana	4	Obreros	200	800
Accesorios Extras				
Unidad	1	Material de Oficina	50	50
Unidad	1	Material de aseo	50	50
Unidad	1	Señalética y otros	147	147
TOTAL				\$13207

Figura 62.
Zona de descanso y oficina.



Tiene un área de 150 m², con 15 metros de frente y 10 m de ancho, construcción con infraestructura, bloque y cemento, posee un área de descanso, comedor, sala de reuniones, oficina desde la cual se administrará el área

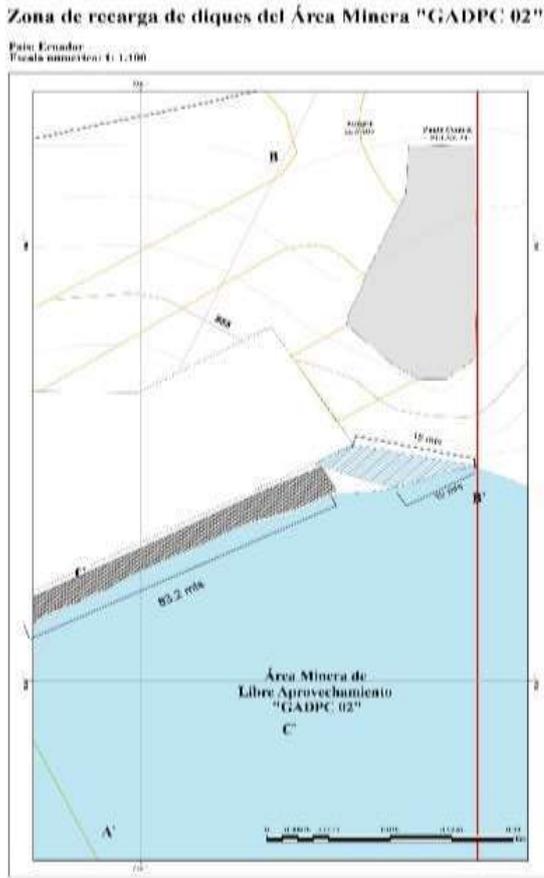
- **Zona de descarga y recarga del material**

Para lograr una renovación en las reservas necesitamos que en época de invierno o crecida del río este ingrese al banco de explotación para que de esta manera el material quede atrapado en el banco de explotación. El canal de recarga tiene una longitud de 10 mts y un ancho de 15 mts. Se construirá con una excavadora realizando una zanja 2 mts de profundidad para que el material ingrese al frente de explotación extrayéndose un total de 300 m³ de material en la realización de este canal de recarga. Para cerrar el canal de recarga con el mismo material de arrastre que sea mayor a 50 cm se realizara un tapón para impedir el ingreso del río y evitar la inundación del frente de explotación.

Tabla 44.
Construcción de Zona de Recarga del material.

Unidad	Cantidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total
Hora	14	Volquete	25	350
Hora	15	Excavadora	25	375
Unidad	1	Señalética	25	25
TOTAL				\$750

Figura 63.
Zona de descarga y recarga.



- **Barrera de protección de la ribera del río**

Para la implementación de la plataforma de trabajo y lograr respetar la ribera del río se construirá una barrera de protección del río la cual estará compuesta por cantos rodados de gran diámetro mismos que serán extraídos de la propia área estos cantos deben tener un diámetro superior a 60 cm de esta manera generar un muro a lo largo del margen del río para evitar el deterioro del frente de explotación y la intervención del río en las actividades mineras. La barrera tiene una extensión de 83.2 m x 3 m de ancho. Dando un área de 249.6 m². Además de ello el muro tendrá una altura de 3 metros.

Técnicamente un muro de soportar las fuerzas de empuje a la que es sometido, en el caso de nuestro estudio el muro no tendrá un empuje de fuerzas constante sin embargo en crecidas del caudal este si será sometidos a dichas fuerzas por lo que para su construcción se prevé la realización de una zanja de 1 metro para iniciar la construcción desde ahí. Esto permite que el muro tenga una cimentación fuerte ya que esta parte permanecerá enterrada el material a utilizar serán rocas producto del arrastre del mismo río, sin embargo, estas rocas tendrán

diámetros mayores a los 75 cm, además se colocara arena de río para rellenar las pequeñas grietas producidas por la unión de las rocas, sumado a ello se colocará malla de acero sujeta con pernos de anclaje esto ayudara a la estabilidad del muro.

La cantidad de material a utilizar para la construcción del muro son 740 m³ de cantos rodados con diámetros mayores a 75 cm, 249 mts de malla y 100 pernos de anclaje.

Tabla 45.

Costos de construcción de barrera de protección de la ribera del río.

Unidad	Cantidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total
Hora	50	Pala Excavadora	30	1140
Hora	50	Volquete	25	1050
Hora	30	Cargadora Frontal	25	550
m2	249	Malla de acero	2.75	686
unidad	100	Pernos de anclaje	0.74	74
Unidad	1	Señalética	73	73
TOTAL				\$3573

Figura 64.

Vista de Perfil barrera de protección ribera del río



Barrera de Protección
La barrera de protección tiene dimensiones de 83.2 mts x 3 mts x 3 mts. El material de construcción es de cantos rodados con diámetros mayores a 75 cm además se lo recubrirá con una malla de acero inoxidable sujeta con pernos de anclaje

- **Señalética**

El área minera ya dispone de señalética sin embargo como parte de la optimización se debe colocar o instalar toda la señalética de seguridad establecida en la norma, con el fin de mejorar la identificación de espacios, riesgos, peligros inminentes en el área por lo que se propone la instalación de señalética informativa y de seguridad a lo largo de toda el área de estudio basándonos en la norma ISO 7010.

Las medidas de los carteles dependerán de su significado es decir los letreros de prohibición tendrán una medida de 50 x 35 cm; los letreros de advertencia o prevención tendrán

dimensiones de 25 x 50 cm; y los letreros de información son de 35 x 50 cm serán elaborados en lámina galvanizada y colocados sobre tubos metálicos.

Figura 65.
Señalética a Utilizar.



Con lo que respecta a los tiempos en la ejecución de las obras de preparación se elaboró un cronograma de trabajo en el programa ms Project. (Ver anexo29)

6.3.5. Optimización del frente de explotación

- **Banco de Explotación**

El sistema de explotación por extracción paralela con pala hidráulica o retroexcavadora es un sistema de explotación que necesita la adecuación del de trabajo esto nos permite aprovechar de manera óptima las reservas que dispone el área. En nuestra zona de estudio se prevé la adecuación del frente de explotación dimensionándolo de manera simétrica, esto con el fin de generar 7 franjas de extracción las mismas que tendrán un ancho de 6 metros, y una profundidad de explotación de 2.2 m, esto nos ayuda a sistematizar de mejor manera la extracción del material. En la siguiente figura, se muestra el diseño del frente de explotación en donde consideramos la construcción de un banco de extracción respetando los límites que tiene el área de libre aprovechamiento y conservando una distancia de 6 metros desde el margen del río hacia el frente de explotación, esto con el fin de tener una zona de protección de la ribera del río; esta actividad consta en el cronograma de trabajo (ms Project) anexo 29:

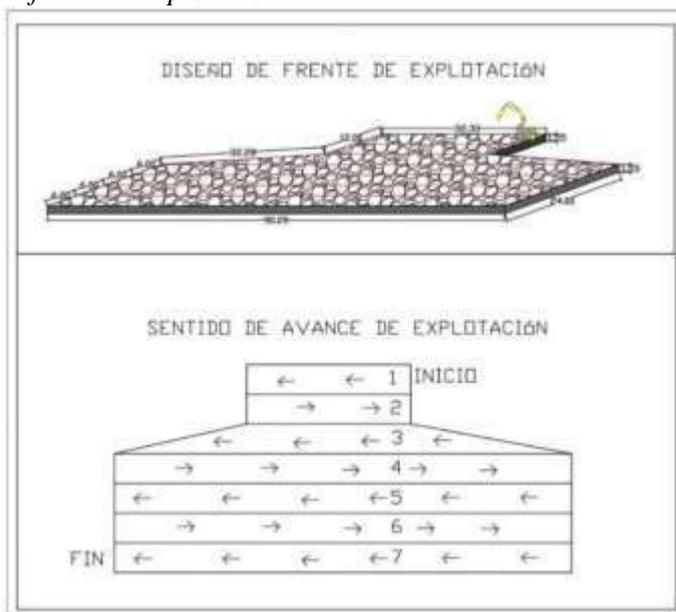
Tabla 46.

Costos de construcción de bancos de trabajo para la explotación del material.

Hora	52	Excavadora	30	1560
Hora	51	Volquete	25	1275
Unidad	2	Señalética	30	60
			TOTAL	\$2895

Figura 66.

Diseño de frente de explotación.



La plataforma de trabajo nos permite aumentar las reservas disponibles en el área de libre aprovechamiento, de la misma manera este diseño nos permite que en el proceso de recarga del material (crecientes del río) las reservas se renueven de manera óptima. Las reservas totales resultado del nuevo frente de explotación son las siguientes:

Tabla 47.

Cálculo de nuevas reservas.

Frente de explotación	Área del frente m²	Profundidad media de la explotación	Volumen total de material disponible
1	2916.93 m ²	2.2 m	6417.25 m ³

Destacando que las reservas son renovables, al ser un depósito aluvial las vías se renovarían en época invernal o en temporadas de lluvia, así mismo destacando que se deja una zona de protección de ribera de 6 m desde el margen del río hasta el inicio del frente de explotación.

6.3.6. Optimización de la maquinaria

Con lo que respecta a la maquinaria se propone un cambio en los coeficientes de llenado tanto de los volquetes como el de excavadora esto se verá reflejado en una disminución en los tiempos de trabajo de maquinaria y esto a su vez genera una mayor producción del área. Además, se propone eliminar el uso de la cargadora del proceso de explotación.

Arranque de material

Esta actividad es realizada por una excavadora Doosan DX225LCA la misma que dispone de un cucharón con capacidad de 1 m³, sin embargo, para tener una mejor producción se propone el cambio de un cucharón por uno de mayor capacidad de 1.3 m³. A su vez el material será arrancado del frente de explotación y lo cargará directamente en el volquete esto nos permitirá tener una mayor eficiencia y aumentar el ritmo de producción. El cucharón a implementar es de la marca Braus el mismo es compatible con excavadoras CAT 320, Komatsu y DOOSAN a continuación se presentan algunas características.

Tabla 48.

Características del Cucharón Braus.

Cucharón	
Linkage	B
Marca	Braus
Capacidad	1.3 m³
Ancho	1200m

Figura 67.Cucharón Braus de 1.3 m³

Nota: Fuente: (MIFLOTA.com, 2023)

- **Rendimiento de la Excavadora**

-Rendimiento Teórico:

Para calcular este parámetro de la excavadora se tiene en cuenta la capacidad de la misma, el tiempo que demora la maquina en realizar un ciclo de trabajo y el factor de conversión de hora a segundos, lo que nos da como resultado el rendimiento teórico.

$$RT = 3,600 * \left(\frac{E}{TC}\right)$$

$$RT = 3,600 \left(\frac{\text{seg}}{\text{hora}}\right) * \left(\frac{1.3\text{m}^3}{30 \text{seg}}\right)$$

$$RT = 156 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

-Rendimiento efectivo (práctico):

El rendimiento efectivo (práctico) se calcula multiplicando el rendimiento teórico, el coeficiente de llenado del cucharón, el peso específico considerando el coeficiente de esponjamiento del material y la relación entre el tiempo de trabajo ininterrumpido por turno, con el mismo adicionando el tiempo de descanso u otro percance suscitado a lo largo de la jornada laboral.

$$REP = RT * KLL * KT * \left(\frac{Tt}{Tt + Tp}\right)$$

$$REP = 156 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * 1.05 * 1.1 * \left(\frac{5}{5 + 1}\right)$$

$$REP = 150.15 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Transporte del Material

Con lo que respecta al transporte del material se seguirá utilizando la misma maquinaria el volquete Hino de capacidad de 16 m³, con el aumento en la capacidad de extracción este volquete es el idóneo para esta actividad.

- **Rendimiento de la Volqueta**

-Rendimiento Teórico:

Para calcular el rendimiento teórico del Volquete se tiene en cuenta la capacidad del balde de la máquina, el tiempo que demora la misma en realizar un ciclo de trabajo y el factor de conversión de hora a segundos.

$$RT = 3,600 * \left(\frac{E}{TC}\right)$$
$$RT = 3,600 \left(\frac{seg}{hora}\right) * \left(\frac{16 m^3}{630 seg}\right)$$
$$RT = 91.42 \frac{m^3}{h}$$

-Rendimiento experimental:

El rendimiento experimental de la volqueta se obtiene de multiplicar el factor de conversión de minutos a horas, la capacidad del balde del volquete y la eficiencia operativa de la máquina, para relacionarlo con el tiempo que demora la misma en realizar un ciclo de trabajo.

$$RE = \frac{60 * CV * E}{TC}$$
$$RE = \frac{60 * 16 m^3 * 0.9}{16.5 min}$$
$$RE = 52.36 \frac{m^3}{h}$$

-Velocidad media

Al conservar el mismo volquete procedemos a hacer un aumento en la velocidad de transporte desde el frente de explotación a la zona de stock, esto es viable por el adecuado que se está haciendo a las vías y la incorporación del peralte en las mismas.

$$Velocidad = \frac{Distancia de frente de explotación a zona de stock}{Tiempo de frente de explotación a zona de stock}$$

$$V = \frac{0.059 Km}{0.0053 horas} = 11. B \frac{Km}{hora}$$

Con los cálculos realizados podemos definir la producción diaria del área de libre aprovechamiento y el costo por m³.

Producción diaria

$$\textit{Producción Diaria} = \frac{\textit{Producción (m}^3\textit{)}}{\textit{Hora (h)}} * 4 \textit{ número de horas}$$

$$\textit{Producción Diaria} = 26.67 \frac{\textit{m}^3}{\textit{h}} * 4 \textit{ horas}$$

$$\textit{Producción Diaria} = 106.68 \frac{\textit{m}^3}{\textit{día}}$$

Evaluación Económica

Al realizarse la optimización se obtendrá un costo final por metro cubico el mismo estará ligado al costo de inversión y al ritmo de producción. En lo que respecta al costo de inversión mensual se tendrá en cuenta los valores actuales omitiendo todo valor o recargo generado por la cargadora frontal ya que esta maquinaria no labora dentro del nuevo sistema de explotación por lo tanto los costos de inversión son los siguientes:

Tabla 49.

Costo de inversión del sistema de explotación.

Costo Mensual de Operación del Frente de Explotación	
Descripción	Costo Mensual (\$)
Costo de Combustibles	230.20
Costo de Lubricantes y Filtros	225.00
Costo de Personal	1,000.00
Costo de EPPs	75.00
Costo de Impuestos, Regalías e Informes	82.00
COSTO MENSUAL TOTAL	\$1612.20

Presupuesto para implementación de infraestructura y optimización

Para el cálculo del presupuesto necesario para poner en marcha el presente trabajo investigativo se lo obtuvo del costo de cada una de las infraestructuras, además esta sumatoria se la dividirá para 48 meses ya que este es el tiempo para el cual están otorgados los permisos del área minera.

Tabla 50.
Presupuesto para infraestructura y optimización.

Presupuesto para Infraestructura	
Zona de Stock	3650
Vías	2750
Zona de desechos	9169
Zona de descanso y oficinas	13207
Barrera de protección	3573
Zona de Recarga	750
Señalética	200
Plataforma de trabajo	2895
TOTAL	36194 \$

Requiriendo un presupuesto de 36194 dólares dividido para los 48 meses tiempo de los permisos de funcionamiento para el área minera tenemos un valor mensual de inversión que representa 754.04\$.

Costo por m³

Para el costo por m³ se considerará los costos mensuales que tiene el área de libre aprovechamiento actualmente destacando que los costos producidos por la cargadora frontal como son combustibles, mantenimiento, operario no serán tomados en cuenta ya que en la optimización esta maquinaria no realizará ninguna actividad dentro del área, esto sumado al aumento de la producción diaria tenemos que el costo por m³ disminuirá.

$$\text{\$ m}^3 = \frac{\text{Inversión mensual} + \text{Presupuesto mensual requerido}}{\text{Cant. de material extraído al mes}}$$

$$\text{\$ m}^3 = \frac{1612.2 \text{ USD} + 754.04 \text{ USD}}{2346.96 \text{ m}^3} = 1 \frac{\text{USD}}{\text{m}^3}$$

El área de libre aprovechamiento tiene un ritmo de producción de 26.67 m³/ hora y con unas reservas de 6417.25 m³ procedemos a realizar el cálculo de tiempo de vida útil del área minera.

Con lo que respecta al tiempo de vida útil del área minera esto dependerá estrictamente de la cantidad de reservas que disponga el área en el diseño final del frente de explotación.

$$T = \frac{R}{RP}$$

$$T = \frac{6417.25 \text{ m}^3}{26.67 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}}} = 240,6 \text{ dias}$$

Cabe recalcar que la extracción en el área de libre aprovechamiento es intermitente

además de ello el tiempo de vida útil está ligado a las reservas mismas que son renovables en las crecientes del río por lo que este tiempo de vida útil, solo es un indicador del tiempo actual que posee el área.

6.3.7. Resultados de la optimización

Finalmente realizamos un análisis comparativo del área de explotación, ritmo de producción, turnos al día, maquinaria empleada, rendimiento de la excavadora, costos mensuales de operación, reservas, costo por m³ del material y la vida útil del frente que existe con el sistema de explotación actual con los valores obtenidos de la propuesta de optimización.

Tabla 51.

Comparación de los parámetros técnicos-económicos del sistema de explotación vigente con el optimizado.

PARÁMETRO	SISTEMA DE EXPLOTACIÓN ACTUAL	SISTEMA DE EXPLOTACIÓN OPTIMIZADO
ÁREA DE EXPLOTACIÓN	2229.01 m ²	2916.93 m ²
RITMO DE PRODUCCIÓN	96 m ³ /día	106.68 m ³ /día
TURNOS DE TRABAJO	4 horas/día	4 horas/día
MAQUINARIA EMPLEADA A LO LARGO DE LA EXPLOTACIÓN DE LOS MATERIALES	1-Excavadora DOOSAN 2-Volquete HINO 3-Cargadora KOMATSU	1-Excavadora DOOSAN 2-Volquete HINO
RENDIMIENTOS DE LA EXCAVADORA	*Rendimiento Teórico: 120 m ³ /h *Rendimiento Efectivo: 110 m ³ /h	*Rendimiento Teórico: 156 m ³ /h *Rendimiento Efectivo: 150.15 m ³ /h
RESERVAS APROVECHABLES	3368.89 m ³	6417.25 m ³
COSTOS MENSUALES DE OPERACIÓN	\$5605.93	\$1612.20
COSTO POR METRO CÚBICO	2.65 USD/m ³	1 USD/m ³
TIEMPO DE VIDA ÚTIL	140.5 días	240.6 días

6.3.8. Análisis ambiental

El análisis ambiental es de suma importancia en la implementación de un nuevo sistema de explotación ya que nos permite conocer los impactos positivos y negativos que tendrá la implantación del mismo en los medios bióticos, abióticos y socioeconómicos.

Con el fin de identificar los impactos ambientales se utilizó la matriz de Leopold, esta permite conocer los impactos que se tendrán en cada una de las etapas del sistema de explotación.

Tabla 52 .
Matriz de Leopold para la identificación de impactos.

Identificación de Impactos								
ACTIVIDADES			Implementación de Sis. de explotación					Nº de Impactos
IMPACTOS			Destape	Preparación	Explotación	Zona de Stock	Transporte	
Componente	Subcomponente Ambiental	Impacto Ambiental						
Abiótico	Aire	Generación Mat. Particulado		X	X	X	X	4
		Gases de Combustión		X	X	X	X	4
		Ruido y Vibraciones		X	X	X	X	4
	Agua	Consumo del Recurso Hídrico		X	X			2
		Contaminación de cuerpos de agua						
	Suelo	Topografía y geomorfología		X	X	X		3
		Erosión						
		Estabilidad						
	Paisaje	Alteración visual		X	X	X		3
	Biótico	Flora	Cobertura vegetal		X			
Diversidad de especies vegetales								
Fauna		Pérdida de Hábitats						
		Migración de especies			X	X		2
Socioeconómico y cultural	Uso de suelo	Forestal		X				1
		Agrícola						
	Infraestructura	Red y servicio de transporte		X			X	2
		Red de abastecimiento y comercialización				X		1

Identificación de Impactos								
ACTIVIDADES			Implementación de Sis. de explotación					N° de Impactos
IMPACTOS			Destape	Preparación	Explotación	Zona de Stock	Transporte	
Componente	Subcomponente Ambiental	Impacto Ambiental						
	Población	Salud			X			1
		Acceso a puestos de trabajo		X	X	X	X	4
N° de Impactos				10	9	8	5	32

- **Componente Abiótico**

Subcomponente Aire. – Su afectación se extiende en todas las actividades de implantación del sistema de explotación, principalmente se debe a la generación de material particulado, gases de combustión, ruidos y vibraciones productor del trabajo de la maquinaria en las labores de preparación, arranque, transporte y manejo de la zona de stock.

Subcomponente Suelo. – Se ve afectado al momento de adecuar el terreno del área minera para implantar el sistema de explotación propuesto, produciendo cambios en la topografía y el desbroce de la vegetación, por la construcción de campamento, vías y zona de stock que modificará su relieve.

Subcomponente Paisaje. – Al tratarse de un aprovechamiento de material en un depósito aluvial, el impacto visual en el paisaje no es significativo, sin embargo, el notable cambio de la geomorfología radica en la implantación de instalaciones del sistema de explotación, como son campamento, zona de stock y demás infraestructuras.

- **Componente Biótico**

Subcomponente Flora. – al realizar las labores de preparación del sistema de explotación, para instalar las infraestructuras, habrá un impacto sobre la flora del sector, que, si bien no pertenece a una vegetación endémica, esta se ve afectada por el retiro total de la capa vegetal en el área minera.

Subcomponente Fauna. – al igual que en el subcomponente flora, existirá impacto sobre la fauna debido a que al haber el retiro de la cobertura vegetal se produce la alteración de la

fauna terrestre, la destrucción de su hábitat, que lleva consigo impactos como la migración de aves a consecuencia de la constante generación de ruido y vibraciones producto del tránsito de vehículos durante el desarrollo de las actividades.

- **Componente Socioeconómico y Cultural**

Subcomponente Uso del suelo. – este subcomponente se verá afectado en la etapa de preparación debido al retiro de la capa vegetal de tipo arbustiva, para la implantación de las infraestructuras diseñadas en el sistema de explotación propuesto.

Subcomponente Infraestructura. – La infraestructura vial principalmente afectada será la vía que conduce desde la comunidad El Dorado hacia el sector donde se emplaza el área minera, ya que será la principal vía de transporte para llevar el material extraído hacia donde se requiera su uso.

Subcomponente Población. – Al realizar la implantación del sistema propuesto, se genera mayor seguridad en el desarrollo del trabajo a las personas que laboran en el área. Al tratarse de un libre aprovechamiento, tendrá un impacto positivo en cuanto al aprovechamiento del material para el avance y desarrollo social del cantón.

6.3.9. Cierre de mina

En nuestra zona de estudio las reservas del material de interés entran en la categoría renovables por lo el cierre de mina no se daría por un agotamiento de las reservas de interés sin embargo el cese de operaciones se daría en el caso de que el GAD no realice obras civiles que requieran la extracción del material de nuestra área de libre aprovechamiento, en caso de darse esta situación, el área minera tendría un cierre temporal, existiendo la posibilidad de que se retomen las operaciones extractivas en el área.

Si por situaciones fortuitas existiera el cierre definitivo del área minera se debe tener en consideración el destino final de las infraestructuras elaboradas en el área por lo que en la siguiente tabla se detallara que se realizara con cada una de las obras.

En general el área minera será reacondicionada como una zona turística, al encontrarse cerca al río y las infraestructuras permiten realizar una laguna de pesca deportiva.

Tabla 53.
Actividades de Cierre de mina.

Infraestructura	Destino Final
Zona de stock	La zona de stock será reacondicionada para que sea utilizada como parqueadero para el complejo turístico
Vías	Las vías internas del área serán utilizadas como senderos que recorran el complejo turístico y conecten los diversos sectores del área
Zona de descanso y oficina	La zona de descanso se reacondicionará en un restaurante o patio de comida en donde se construyan locales y se los alquile a la comunidad para la elaboración de platos típicos del sector
Zona de desechos	El depósito de desechos se mantendrá para la disposición de desperdicios generados en el complejo turístico
Banco de explotación	El Banco de explotación por su profundidad se lo convertirá en una piscina natural para que se realice la Piscicultura por parte de la comunidad y esta misma pueda ser utilizada en la pesca deportiva

7. Discusión.

A lo largo de la presente investigación mediante la elaboración del mapa de geología local del área a escala 1:1.700, con el levantamiento de 7 afloramientos y 6 calicatas, se determinó que el material presente en el área de libre aprovechamiento GADPC 02, código 50000644, corresponde a bloques y clastos subangulosos a redondeados de diferente composición, gravas redondeadas, arenas, limos correspondientes a los depósitos aluviales mismos afloran de este a oeste en nuestra zona de estudio, esta litología está relacionada con la geología regional fundamentada en la carta geológica de Paquisha a escala 1:100.000.

En cuanto al cálculo de reservas, Yhandry Castillo en su proyecto “Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción del área de libre aprovechamiento GAD Mz Bombuscaro código 50001081”, realiza el cálculo de las reservas mediante el método geométrico de altura media en dos frentes de explotación, obteniendo el nivel freático a una profundidad promedio de 1.5 m teniendo como cuerpo hídrico el río Zamora y un área aproximada de 5521 m², resultándole un volumen aprovechable de 8282.66 m³ de material extraíbles. Sin embargo, siguiendo la misma metodología en la zona de estudio en un solo frente de explotación, se obtuvo una profundidad promedio de 1.7 m teniendo la presencia del mismo cuerpo hídrico y un área de 2229.01 m² se obtuvo un volumen aprovechable de 3789.3 m³ de material árido y pétreo aprovechable.

Para la elección del sistema de explotación Jorge Espinoza en su trabajo de titulación propone un sistema de explotación mediante diques transversales, esta propuesta está basada en la topografía, geología, geomorfología de su área de estudio. La zona de estudio “GADPC 02” a pesar de poseer las mismas condiciones que las presentadas por Jorge Espinoza se decide utilizar el sistema de explotación por extracción paralela con pala hidráulica o retroexcavadora, debido a que el frente de explotación no tiene una extensión adecuada para la creación de diques, ya sea longitudinales o transversales, por ende, se toma la alternativa de explotar el área mediante un sistema de explotación de arranque directo, por lo que queda demostrado que este sistema de explotación es adecuado para ser aplicado en la explotación de áridos y pétreos.

Valeria Herrera en su trabajo titulado “Diseño de un sistema de explotación para el área de libre aprovechamiento GADMEP EL GUIISME, con código 50001320”, realiza un

diseño de campamento, comedor, oficinas, bodega, disposición de desechos, zona de recreación, estacionamiento, protección del margen del río y compuerta con un costo total de 39660,678 dólares; sin embargo, comparando las condiciones topográficas y el área que dispone la zona de estudio en cuestión se propone la optimización de zona de stock, optimización de vías, construcción de zona de desechos, construcción de zona de descanso y oficinas, construcción de barrera de protección de ribera del río y la construcción de zona de recarga y descarga de la plataforma de trabajo con un costo total de 36194 dólares.

8. Conclusiones.

- Las actividades y procesos que se realizan en el área minera de libre aprovechamiento “GADPC 02” son: destape, preparación y explotación; esta última actividad consta del arranque, cargar y transporte del material árido y pétreo.
- Las actividades y procesos de destape, preparación y arranque de los materiales áridos y pétreos del área minera “GAD PC02” se realizan con la excavadora de oruga Doosan con capacidad de cucharón con 1 m^3 ; mientras que, el cargue del material explotado se lo realiza mediante la implementación de la cargadora frontal Komatsu la cual tiene un cucharón con 2.1 m^3 de capacidad. Y el transporte de los materiales se lo efectúa con la volqueta Hino con balde de capacidad de 16 m^3 .
- El mapa topográfico a escala 1:1.700, determinó que el área minera de libre aprovechamiento en cuestión, posee una extensión de 5 hectáreas mineras, con cotas que van desde los 853 msnm hasta los 863 msnm.
- El mapa de geología local fundamentado en la descripción de 7 afloramientos y 6 calicatas, arroja dos tipos de litologías presentes en la zona de estudio. La primera litología es andesita basáltica, la cual abarca 0,6% del área minera; mientras que, la segunda litología denominada “depósitos aluviales” ocupa el 99,4% predominando en el área de estudio.
- En el cálculo de las reservas se aplicó dos metodologías, altura media y método computarizado mediante modelos digital del terreno; en donde se obtuvieron valores diferentes, debido a los parámetros que evalúa cada método. Con el método de la altura media se obtuvo un valor de 3789.3 m^3 y con el método computarizado un valor de 2948.47 m^3 .
- La propuesta de optimización con el aumento de la capacidad del cucharón de la excavadora de 1 m^3 a 1.3 m^3 , mejorará el rendimiento de la misma, pasando de tener un rendimiento teórico de $120 \text{ m}^3/\text{h}$ a $156 \text{ m}^3/\text{h}$; y un rendimiento efectivo o práctico de $110 \text{ m}^3/\text{h}$ a $150.15 \text{ m}^3/\text{h}$.
- Con la propuesta de optimización el área explotable aumentará de 2229.01 m^2 a 2916.93 m^2 , las reservas incrementarán de 3368.89 m^3 a 6417.25 m^3 y el ritmo de producción pasará de $24 \text{ m}^3/\text{hora}$ a $26.67 \text{ m}^3/\text{hora}$. Finalmente, al realizar un análisis económico, el costo de producción por cada metro cúbico disminuirá de $2.65 \text{ USD}/\text{m}^3$ a $1 \text{ USD}/\text{m}^3$.

9. Recomendaciones.

- Se recomienda aplicar el nuevo sistema de explotación propuesto, a lo largo del trabajo de investigación se comprobó de manera técnica y económica que el sistema de explotación propuesto tiene resultados favorables para la empresa en donde se tendrá un gran beneficio económico.
- Se debe realizar periódicamente levantamientos topográficos del área de libre aprovechamiento, con el fin actualizar la información y relieve del área y determinar los cambios geomorfológicos que conlleva la explotación del material.
- Es importante capacitar al personal inmerso en las actividades del área minera, con el fin de que adquieran el conocimiento del nuevo sistema de explotación para aumentar su destreza, capacidad, rendimiento y de esta manera lograr un mejor desarrollo de los procesos productivos.
- Se debe realizar el mantenimiento continuo de la maquinaria, esto nos permitirá tener una producción continua ya que al dañarse alguna maquina existirá una perdida en la producción del área minera.
- Se recomienda socializar el sistema de explotación optimizado propuesto con la administración para implementar los cambios recomendados y mejorar la producción del área de libre aprovechamiento.
- El área minera debe estar bien señalizada esto con el fin de evitar accidentes laborables además de que en caso de que una persona ajena al área ingrese pueda comprender los riesgos existentes en el área.

10. Bibliografía.

Asensio, A., I. (1959). Erosión marina y formación de cantos rodados en la Ría del Eo (zona galaico-asturiana). Madrid: Editorial Madrid.

Banco Central del Ecuador. (2017). La minería ecuatoriana. Obtenido de <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/cartilla00.pdf>

Benavides, O. D. (2016). Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales áridos y pétreos en el área minera “El Huato”, código 600155, ubicada en las parroquias Malacatos y San Pedro de Vilcabamba, cantón y provincia de Loja a [Tesis de AEIRNNR, Universidad Nacional de Loja]. Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/13437/3/Benavides%20Ochoa%2C%20Diego%20Xavier.pdf>

Blázquez, L. (2000). Manual de carreteras. Alicante: Ortiz e Hijos, Contrastista de Obras, S.A.

Bustillo, R., & López, J. (1997). Manual de Evaluación y Diseño de Explotaciones Mineras. Madrid: Entorno Gráfico S.L. 1997.

Castillo, Y. (2023). Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción del área de libre aprovechamiento GADMZ Bombuscaro código 50001081, sector Benjamín Carrión cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe. a [Tesis de AEIRNNR, Universidad Nacional de Loja]. Obtenido de https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/26744/1/YhandryJoel_CastilloGuerrero.pdf.

Espinosa, J. L. (2019). Diseño del sistema de explotación de los agregados pétreos del depósito aluvial del río Macará, ubicado en el sector “La Cruz”, perteneciente al cantón Macará, provincia de Loja a [Tesis de AEIRNNR, Universidad Nacional de Loja]. Obtenido de <file:///C:/Users/59399/Downloads/Espinosa%20Rodr%C3%ADguez,%20Jorge%20Luis.pdf>

García, F. (1994). Curso básico de Topografía. México: Árbol Editorial, S.A. de C.V.

García, F. (1998). Topografía. General y Aplicada. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.

García, F. (2005). El topógrafo descalzo: manual de topografía aplicada. México: Editorial Pax.

García, F. (2003). Curso básico de topografía: planimetría, agrimensura, altimetría. México: Editorial Pax.

Gisbert, J. M., Moreno, H., & Ibáñez, S. (2012). Ciclo litológico y rocas. España: Universidad Politécnica de Valencia.

Gorshkov, G., & Yakushova, A. (1970). Geología General. Moscú: Mir Editorial.

Herrera, J., & Pla Ortiz de Urbina, F. (2006). Métodos de Minería a Cielo Abierto. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

IG y EPN. (2015). Mapa de peligro sísmico para un periodo de retorno de 475 años. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

INEM. (2014). Suiadoc.ambiente.gob.ec. Obtenido de http://suiadoc.ambiente.gob.ec/documents/10179/249439/INEN+2841_Norma+de+colores.pdf/a7ef5d4c-b120-4b6e-8b3e-6c895fa3cfb5;jsessionid=v-dpAGJBdHLu6HiZYFL+JOBt?version=1.0

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2010). Población y Demografía en Ecuador. Quito: Gobierno de la República del Ecuador.

Jiménez, G. (2007). Topografía para ingenieros civiles. Colombia: Universidad de Quindío.

Koolhaas, M. (2006). Curso de Topografía: El GPS y sus aplicaciones agronómicas. Montevideo: Área de Ingeniería Agrícola - Facultad de Agronomía UDELAR.

López, L. (2003). El concreto y otros materiales para la construcción. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

López. (1998). Áridos: Manual de Prospección, Explotación y Aplicaciones. Madrid: LOEMCO.

Lyell, C. (2019). Elementos de la Geología. España: Editorial Crítica.

Matera, L. C. (2002). Topografía Plana. Taller de Publicaciones de Ingeniería, ULA.

MIFLOTA. (2023). Shop.miflota.com. Obtenido de <https://shop.miflota.com/producto/cucharon-cat-excavadora-320-komatsu-pc200/>

Ministerio de Minas y Energía de Colombia. (2013). Explotación de materiales de construcción: canteras y material de arrastre. Bogotá: Grafimpresos.

Ministerio del Ambiente. (2018). Guía metodológica cartográfica categoría III. Sistema Único de Información Ambiental (SUIA). Quito: MAE-GOB.

Navarrete, E. (2005). Apuntes de geología general. Quito: FICT-ESPOL.

Navarro, S. J. (2011). Manual de Topografía - Planimetría. Nicaragua: Universidad Nacional de Ingeniería Recinto Augusto C. Sandino.

PETROENERGIA. (14 de Junio de 2022). Petroenergia.info. Obtenido de <https://www.petroenergia.info/post/importancia-de-materiales-%C3%A1iridos-y-p%C3%A9treos-en-el-desarrollo-de-un-pa%C3%ADs#:~:text=Un%20segmento%20importante%20del%20sector,elementos%20estructurales%20como%20bases%20y>

Santamaría Peña, J., & Sanz Méndez, T. (2005). Manual de prácticas de topografía y cartografía. España: Universidad de la Rioja.

SENAGUA (2017). Información geográfica de la provincia de Zamora Chinchipe. Quito: Gobierno Nacional de la República Del Ecuador.

Servicio Geológico Mexicano. (22 de marzo de 2017). Gobierno de México. https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Aplicaciones_geologicas/Explotacion-minera.htm

Servicio Geológico Mexicano. (2019). Servicio Geológico Mexicano. Obtenido de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/157537/Que-es-la-Geologia.pdf>

SIGTIERRAS. (2015). Metodología del Instituto Espacial Ecuatoriano-SIGTIERRAS: Geomorfología de Zamora. a [Memoria técnica Zamora]. Obtenido de

http://metadatos.sigtierras.gob.ec/pdf/Memoria_tecnica_Geomorfologia_ZAMORA_20151117.pdf

Sociedad Geológica. (1977). El desarrollo de la geología en Chile. Revista geológica de Chile, 60.

Tarbuck, E. J., & Lutgens, F. K. (2005). Ciencias de la Tierra: Una introducción a la geología física. España: Pearson Prentice Hall.

Vadillo, F. (1994). Guía de restauración de graveras. Madrid: Instituto Tecnológico Geominero de España.

Vélez. (2015). Análisis de la categorización ambiental nacional. Quito: SUIA.

ZIRCON COMPANY. (2021). Informe de producción 2021_GAD Cumbaratza. Zamora Chinchipe: Zircon Company Corporation S.A.

11. Anexos.

Anexo 1. Datos de las estaciones meteorológicas utilizadas para elaborar el mapa de isoyetas.

N°	M 033	M189	M190	M 502	M 207	M 506	M 143	M 142
	Argelia	Gualaquiza	Yantzaza	El Pangui	Zamora	Paquisha	Malacatos	Saraguro
1990	1139,3	1905,6	2458,5	1556,4	2352,6	1716,1	835,4	682,48
1991	939,4	1920,5	2093,1	1616,7	1978,5	2934,5	668,8	617,6
1992	825,9	1747,6	1133,5	1531,8	2096,6	2721,9	437,5	678,1
1993	1150,2	2195,5	2543	1728,4	2620,4	3338,7	814,4	1204
1994	1172,9	2180,5	2284,6	1600,1	2195	3022,7	500,5	965,7
1995	731,7	1666,2	2033,3	1471,7	1769,6	2706,7	334,5	737,2
1996	761,4	1773,6	1739,9	1310,4	1816,4	2651,7	282	725,5
1997	800,1	1788	1446,5	1783,3	2200,7	2365,6	489,1	818,3
1998	851,7	1826,2	1153,1	1513,7	1772,1	3330,2	604	734
1999	1202,7	2034,5	1216,8	1808,8	2285,3	1979,7	1030,2	1230,6
2000	1066	1655,7	1338,2	1721,7	2341,2	1886,7	1305,8	975,2
2001	923,2	1974,1	1459,5	1961,3	2391,4	2182	594	605,7
2002	785,4	1641,7	1580,9	1834,6	2118,5	2477,3	530,7	625,6
2003	899,3	1577,7	1702,2	1540,6	2300	1613,7	632,7	623,7
2004	1077,5	1942,6	1823,6	1701,6	2167,5	2041,5	670,4	664,2
2005	917,9	1440,2	1944,9	1603,6	2304,2	2687,9	638,4	758,2
2006	900,3	1782,6	2066,3	1715,9	1966,8	2858,5	865,8	726,2
2007	1014,2	1717,9	2187,6	2296,6	2236,3	3514,7	757	776,9
2008	1380,3	1917,3	2061,5	2064,8	1958,2	2848,7	1008,1	799,6
2009	911,1	1655,8	2210,9	1974,3	2265,1	2703,6	783,9	706,6
2010	752,7	1656,2	2107	1856,7	2006,6	1811,1	670,4	764
2011	1308,2	1783,7	2082,1	1572,6	2241,3	1066,8	1092,1	619,6
2012	1096,4	1844,7	2080,2	1846,9	2687,1	2556,5	611,5	628,3
2013	1066,8	1911,7	2080,9	1919,3	2556,1	1919,3	774,6	574,7
2014	1012,75	1980,5	2026,2	1798,0	2730,0	1764,5	685,3	538,8
2015	854,75	2068,3	2026,4	1867,5	2972,7	2051,4	662	476,5
2016	830,85	2129,3	2009,5	1963,1	3089,1	2224,9	798,2	454,9
2017	819,75	2204,7	1985,9	1933,2	3173,2	1944,0	774,6	401,1
2018	1059,05	2279,3	1963,8	1954,1	3382,2	2133,8	1000,2	359,9
2019	1003,4	2352,6	1952,8	2016,5	3521,0	2213,0	704	316,3
2020	742,3	2422,5	1929,8	2033,6	3644,5	2183,0	991,5	277,1
2021	893,04	2497,96	1910,57	2047,39	3799,57	2195,34	948,5	229,7
Promedio	965,33	1921,11	1894,77	1785,79	2466,87	2363,94	734,25	665,51

Anexo 2. Datos de las estaciones meteorológicas utilizadas para elaborar el mapa de isotermas.

N°	M 033	M189	M190	M 502	M 207	M 506	M 143	M 142
	Argelia	Gualaquiza	Yantzaza	El Panguí	Zamora	Paquisha	Malacatos	Saraguro
1990	16,0	22,5	23,2	25,0	22,4	22,1	19,9	14,6
1991	16,2	22,7	23,3	24,4	22,6	22,9	19,9	14,5
1992	16,1	22,9	23,2	24,1	22,5	23,1	19,9	14,2
1993	15,9	22,8	23,0	24,4	22,8	23,0	19,3	14,1
1994	15,9	22,4	22,9	23,7	22,1	22,0	19,5	14,4
1995	16,3	23,2	23,4	23,0	22,5	22,0	20,2	14,7
1996	15,9	22,7	23,0	23,2	22,1	22,9	20,3	14,4
1997	16,1	22,5	23,9	23,0	22,0	23,1	20,5	14,6
1998	16,6	22,9	23,8	23,1	22,1	23,4	20,0	15,1
1999	15,7	22,9	23,2	23,3	22,0	22,9	20,2	14,8
2000	15,8	23,0	23,7	23,5	22,0	22,1	20,2	14,9
2001	16,3	23,0	23,2	23,9	22,6	22,0	19,1	14,2
2002	16,0	23,2	23,2	24,4	22,9	22,5	19,9	15,0
2003	16,1	23,2	23,3	24,9	23,0	23,0	19,5	15,6
2004	16,1	23,5	23,3	23,4	23,4	23,0	19,2	15,2
2005	16,5	23,7	23,1	23,9	23,7	23,0	19,6	15,1
2006	16,7	23,0	23,3	24,5	23,9	23,2	19,8	15,0
2007	16,3	23,2	23,3	24,3	22,3	23,1	20,5	14,8
2008	16,3	22,9	24,5	24,1	22,4	22,8	20,1	14,7
2009	16,4	23,2	23,4	24,8	22,5	22,7	20,2	15,5
2010	16,6	23,5	23,4	24,9	22,4	22,7	20,3	15,6
2011	16,2	22,7	23,5	24,5	22,4	22,9	20,2	15,4
2012	16,4	22,6	23,4	25,0	22,5	22,8	20,1	15,1
2013	16,4	22,8	23,0	24,9	22,5	22,9	20,0	14,9
2014	16,3	22,5	23,1	24,9	22,5	23,0	20,0	14,8
2015	16,3	22,2	23,0	25,0	22,5	23,0	19,9	14,5
2016	16,4	22,2	22,8	25,1	22,5	23,0	19,8	14,3
2017	16,3	22,0	22,7	25,1	22,5	23,1	19,7	14,2
2018	16,3	21,8	22,6	25,1	22,6	23,1	19,6	14,0
2019	16,3	21,7	22,5	25,2	22,6	23,2	19,6	13,7
2020	16,3	21,6	22,4	25,3	22,6	23,2	19,5	13,6
2021	16,3	21,4	22,2	25,3	22,6	23,3	19,4	13,4
Promedio	16,23	22,70	23,18	24,35	22,56	22,84	19,87	14,65

Anexo 3. Monografía del punto de control horizontal y vertical, cantón Zamora PUGSZ-20.

ELEMENTAL TOPOGRAFÍA & GEODESIA
GPS DIFERENCIAL DOBLE FRECUENCIA – R.T.K - ESTACION TOTAL - DRONE (ORTOFOTOS-MODELOS 3D)

**MONOGRAFIA PUNTO DE CONTROL HORIZONTAL Y VERTICAL
CANTÓN ZAMORA PUGSZ-20**

PROYECTO:	CANTÓN:	PARROQUIA:	SECTOR:
PLAN DE USO Y GESTION DE SUELO CANTÓN ZAMORA PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE	ZAMORA	CUMBARATZA	CUMBARATZA

SITIO:	FECHA:	DATUM:
PARQUE ENTRADA CUMBARATZA-AVIÓN	MARZO 2021	WGS-84

UTM - ZONA 17

N: 9558139.814 E: 736518.428

ELEVACION
860.891 m (Elipsoide)

DESCRIPCION: Llegando desde la ciudad de Zamora a la Población de Cumberatza, existe un parque temático (Avión), ingresamos aproximadamente 100m con dirección al centro de Cumberatza y encontramos a mano izquierda una caminera que conduce al monumento (Avión); El mojón se encuentra finaldo en la cara interna del bordillo existente subiendo por la caminera a mano izquierda.

MONUMENTACION: Mojón de Hormigón y Placa de aluminio con la descripción PUGSZ-20.

OBSERVACIONES: El mojón con la placa en mención, se encuentra enterrado a nivel de bordillo en la parte interna de este, en la jardinera pero pegado al bordillo.





ELABORADA POR:



Ing. Felipe M. Jiménez A.
ELEMENTAL

Loja: Calle Quito 158-36 entre Bernardo Valdivieso y Bolívar Telf: 072587853 – 072589177 – 0994797059
Pag FACEBOOK: ELEMENTAL Topografía & Geodesia email: elemental_loja@hotmail.com

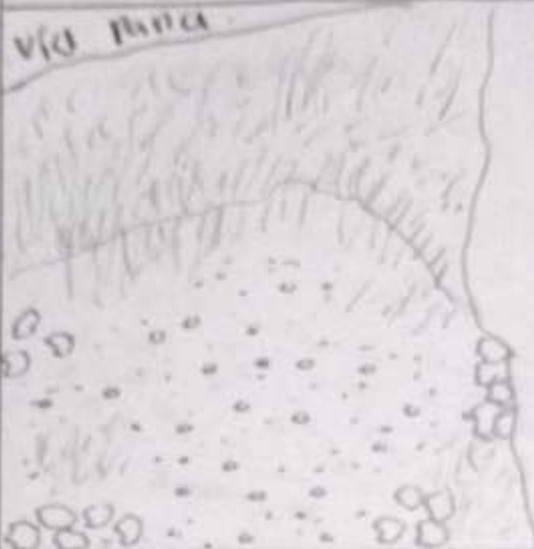
Fuente: GAD Municipal Zamora (2024).

Anexo 4. Fichas técnicas de los afloramientos.

Afloramiento N°1

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS						
Proyecto	Optimización del sistema de Explotación "EAPPC 02"					
Nº / Código	A1		Fecha	18/05/2023		
Registro fotográfico						
						
Descripción						
Se encuentra en la esquina este del frente de Explotación y cerca al río Zumbra.						
Coordenadas	X	Y	Z	Orientación	Rumbo	Dirección hacia el río
	73651527	955806394	8527		X X	
Fm. Geológica	Deposito Aluvial					
Reconocimiento de "visu" de roca	Bloques y clastos subangulares a redondeados de diferente composición, grava redondos, arenas y limos (clastos que van desde 0.5 a 0.50 m)					
Grado de meteorización (SRM (1981))	Alto, al ser un deposito cuaternario esta expuesta al sol, viento, agua y a la presencia de plantas.					
Resistencia (Waltham, 1994)						
Estructura (Hoek & Brown)						

Afloramiento N°2

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS						
Proyecto	Optimización del Sistema de Explotación "CADPE 02"					
Nº / Código	A 2		Fecha	13/09/2023		
Registro Fotográfico						
						
Descripción						
Se ubica en la parte Noreste del área minera, con gran presencia de plantas, clastos, gravas arenas y limos.						
Coordenadas	X	Y	Z	Orientación	Rumbo	Dirección hacia el río
	736455,69	95870926	855,8		X X	
Fm. Geológica	Deposito Aluvial.					
Reconocimiento de "visu" de roca	Clastos subredondeados a redondeados, gravas redondas, arenas y limos con presencia de vegetación.					
Grado de meteorización (SRM (1981))	Alto grado por la presencia de los talcos de plantas, viento, agua, animales, etc.					
Resistencia (Waltham, 1994)						
Estructura (Hoek & Brown)						



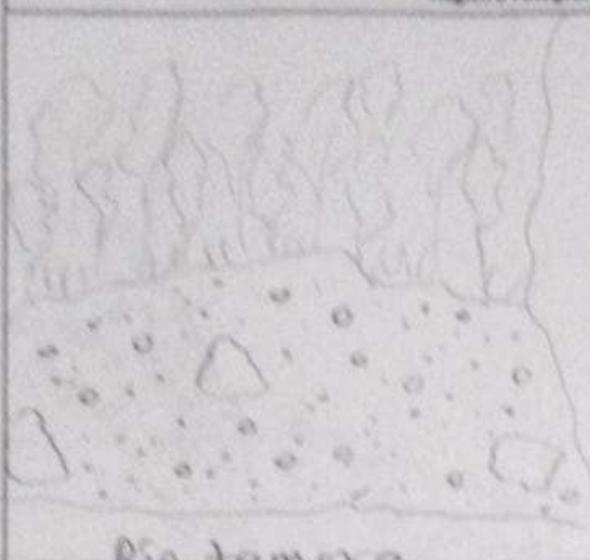
Afloramiento N°3

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS						
Proyecto	Optimización del sistema de explotación "GADPC 02"					
N° / Código	A3		Fecha	18/05/2023		
Registro Fotográfico						
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p style="text-align: center;">vinenda</p> <p style="text-align: center;">Río Jamora</p> </div> <div style="width: 45%; text-align: center;"> </div> </div>						
Descripción						
Esta ubicada en la parte trasera de una vivienda particular la cual esta dentro del Área Urbana en cuestión y pertenece a la edad Cuaternaria.						
Coordenadas	X	Y	Z	Orientación	Rumbo	Dirección hacia el río
	736425,08	95580069	354		X X	
Fm. Geológica	Deposito Aluvial					
Reconocimiento de "visu" de roca	Presencia de clastos subangulosos a redondeados, gravas redondas, arenas en mayor cantidad y limos. (Pleistoceno)					
Grado de meteorización ISRM (1981)	Al ser un deposito Cuaternario esta expuesta a la intemperie. (sol, viento Agua, plantas)					
Resistencia (Waltham, 1994)						
Estructura (Hoek & Brown)						

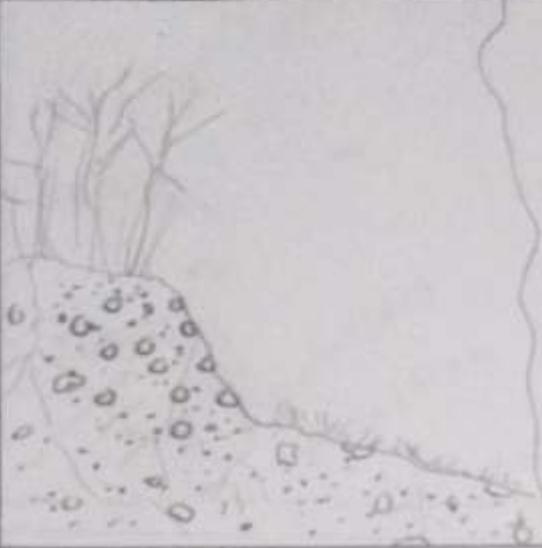
Afloramiento N°4

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS						
Proyecto	Optimización del Sistema de Explotación "LAPK 02"					
N° / Código	A4		Fecha	18/05/2027		
Registro fotográfico						
<p>Río Zamora.</p>  						
Descripción						
Esta ubicado en la parte sureste del área minera en cuestión, gran presencia de vegetación. Casi al final del área.						
Coordenadas	X	Y	Z	Orientación	Rumbo	Dirección hacia el río
	736354,54	9557176,58	352,9		X X	
Fm. Geológica	Deposito Aluvial					
Reconocimiento de "visu" de roca	Presencia de clastos de diversas dimensiones, considerablemente redondos, gravas y limas, con poca presencia de vegetación.					
Grado de meteorización ISRM (1981)	Es un deposito Cuaternario (sedimentos) expuesto al sol, viento, agua, plantas y pequeños animales.					
Resistencia (Walsham, 1994)						
Estructura (Hoek & Brown)						

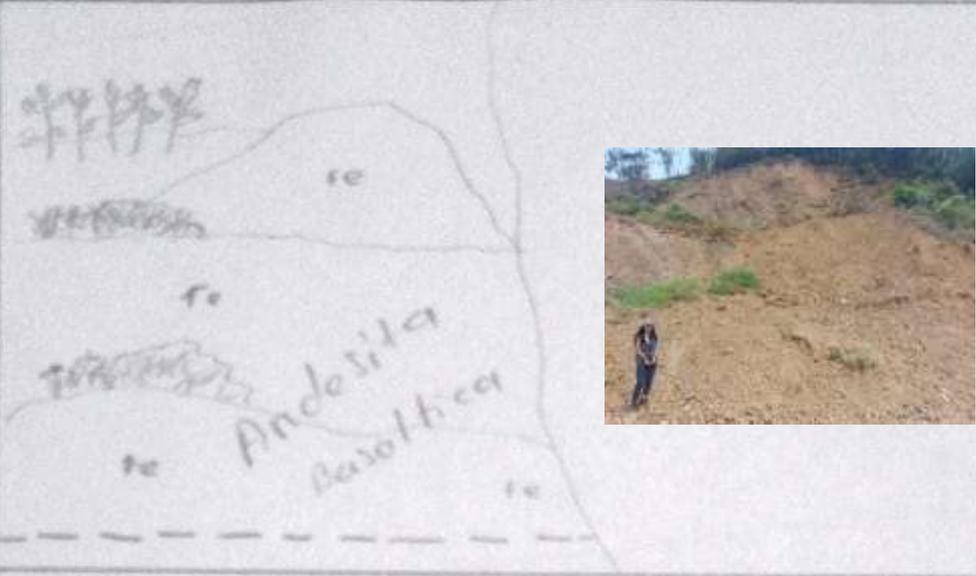
Afloramiento N°5

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS						
Proyecto	Investigación del Sistema de Ecuación "GADPC 01"					
N°/Código	A5		Fecha	18/09/2017		
Registro Fotográfico						
						
						
Río Tamera						
Descripción						
Ubicado cruzado en Río Tamera (frente al punto de explotación (caño del Río) (Deposito con fragmentos de bloques grandes a pequeños, gravas, arenas y limas.						
Coordenadas	X	Y	Z	Orientación	Rumbo	Dirección hacia el río
	835154	932952	852,0		X X	
Fm. Geológica	Deposito Aluvial					
Reconocimiento de "tipo" de roca	Existen grandes bloques y cestas redondas a subredondas, al igual que gravas, arenas y limas. poca presencia de vegetación.					
Grado de meteorización (SRM (1981)	Se encuentra expuesta a la intemperie, es decir; a factores climáticos como viento, lluvia, rayos solares.					
Resistencia (Walton, 1994)						
Estructura (Hoek & Brown)						

Afloramiento N°6

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS						
Proyecto	Optimización del Sistema de Explotación "GAPPC 02"					
N° / Código	A6		Fecha	18/05/2023		
Registro Fotográfico						
						
Descripción						
Ubicado al otro lado del río Tamasa (frente al punto de Explotación) afloramiento tipo grada con presencia de material orgánico, clastos, grava y arenas, limo.						
Coordenadas	X	Y	Z	Orientación	Rumbo	Dirección hacia el río
	7550244	9522468	854,5		X X	
Fm. Geológica	Deposito Aluvial					
Reconocimiento de "visu" de roca	Existen bloques y clastos subredondeados a redondeados con gravas redondas, arenas y la presencia de limo.					
Grado de meteorización (ISRM (1983))	Alto, debido a la gran presencia de material orgánico con raíces, plantas y pequeños animales.					
Resistencia (Waltham, 1954)						
Estructura (Hoek & Brown)						

Afloramiento N°7

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS						
Proyecto	Optimización del Sistema de Explotación "GADPC 02"					
Nº / código	A7		Fecha	18/05/2023		
Registro Fotográfico						
						
Descripción						
Se encuentra en la parte oeste del área de Estudio a manera de talud, se enfrenta en dirección NO, predominando la andesita. Su referencia es la Av. Panamericana						
Coordenadas	X	Y	Z	Orientación	Rumbo	Dirección hacia el río
	12849,91	752011,06	7523		Nulo	
Fm. Geológica	Andesita, Andesita basáltica Meteorizada					
Reconocimiento de "visu" de roca	Andesita basáltica de tonalidad gris oscura por el grado de erosión donde se denota la estructura original (estructura tabular).					
Grado de meteorización ISRM (1981)	Meteorización producida por los pluvias (sustancia) el viento y el agua. Además del factor antropogénica. En la mayoría del talud se evidencia un alto grado de oxidación por la presencia de Fe.					
Resistencia (Waltham, 1994)						
Estructura (Hoek & Brown)						

Anexo 5. Ficha técnica para calicatas.

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CALICATAS					
Proyecto				Fecha	
Nº Calicata				Dimensiones de la excavación L/A/P	
Coordenadas	X	Y	Z	Profundidad Nivel Freático	
Registro Fotográfico			Descripción de estratos		
			Estrato 1		
			Estrato 2		
			Estrato 3		
Ubicación referencial					

Anexo 6. Observación en campo del área de estudio.



Anexo 7. Entrevista realizada al personal técnico y operativo del área minera.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA	
Facultad de Energía, Industrias y Recursos Naturales No Renovables	
Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental Y Ordenamiento Territorial	
	
DATOS GENERALES:	
Responsable:	<u>María José Conza Cuenca</u>
Nombre del Entrevistado:	<u>Ing. Byron Jimmy Toro</u>
Cargo:	<u>Técnico Fiscalizador</u>
DESCRIPCIÓN DE LABORES MINERAS DE EXPLOTACIÓN:	
¿Actualmente el área cuenta con un sistema de explotación definido?	
Si <input checked="" type="checkbox"/>	¿Cuál? <u>sistema de Gravela</u>
No <input type="checkbox"/>	
¿Cómo se desarrollan las actividades mineras en el área?	
<u>A cielo abierto, mediante la explotación de un frente de explotación y de mano de obra mecánica a través de la maquinaria propia propia del C.A.D.</u>	
¿Qué actividades se desarrollan durante el ciclo de trabajo? Explique:	
<u>Se inicia con el arranque y preparación del frente, luego se extrae el material para proceder a cargarlo en la volquete Hino, la cual a su vez lo transporta para finalmente acopiarlo en la zona denominada "DE STOCK".</u>	
¿Con qué tipo de maquinaria se realiza el arranque y transporte del material en el área de explotación?	
<u>La extracción del material árido y pétreo se lo realiza con la excavadora de carga Peisan, y el transporte del mismo se lo realiza mediante la volquete Hino de 16m³ de balde.</u>	
¿Qué método se usa para cargar el material luego de ser arrancado?	
<u>Se utiliza el método denominada como "Método Cíclico" donde simplemente se llena el cucharón, se carga la volquete y se despacha el mismo.</u>	
¿Qué sistema de almacenamiento se utiliza para el acopio del material?	
<u>Se utiliza el sistema de apilado, para lograr un almacenamiento rápido del material, explotado. El apilado se lo realiza en la "zona de Acopio".</u>	
¿El Cantidad de material se explotado a diario?	
<u>A diario se explota aproximadamente de 95 m³/día a 96 m³/día dependiendo de la elevación para la obra pública.</u>	
¿Qué uso se le da al material luego de ser explotado?	
<u>El material explotado es usado para el mantenimiento vial y urbanístico, es decir, para el arreglo de veredas, aceras, bordillos, etc.</u>	
 Entrevistado	 Responsable

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

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



DATOS GENERALES:

Responsable: María José Costa Guerra
Nombre del Entrevistado: Junia Reyes Pintón
Cargo: Citater de la volceta

DESCRIPCIÓN DE LABORES MINERAS DE EXPLOTACIÓN:

¿Actualmente el área cuenta con un sistema de explotación definido?
Sí ¿Cuál? Ciclica, mediante el método ciclico abierto.
No

¿Cómo se desarrollan las actividades mineras en el área?

A cielo abierto, en un solo frente de explotación, y sobre el nivel freático de 2,5 m.

¿Qué actividades se desarrollan durante el ciclo de trabajo? Explique:

Durante el ciclo de trabajo se empieza con el arranque de la cobertura vegetal, luego se realiza la extracción del frente para cargar el material, desmenuarlo y almacenarlo.

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

con la Excavadora de Orugas Marca Doosan y el Volquete Hino blanco de 16m³

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

Se usa el método ciclico, debido a que es muy simple.

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

El sistema se denomina como "apilado del material explotado".

¿El Cantidad de material se explotado a diario?

Máximo se explota en el área aproximadamente 95 m³/día.

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

Se le usa primero para el arreglo de las vías y para mantener las veredas, y además en buenas condiciones.

[Firma]

Entrevistado

[Firma]

Responsable

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

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



DATOS GENERALES:

Responsable: María José Cordero Cuervo
Nombre del Entrevistado: Alvaro Lavareda Rojas
Cargo: Operador de la Excavadora

DESCRIPCIÓN DE LABORES MINERAS DE EXPLOTACIÓN:

¿Actualmente el área cuenta con un sistema de explotación definido?
Sí ¿Cuál? Se explota mediante el sistema abierto
No minado "Cruceiro"

¿Cómo se desarrollan las actividades mineras en el área?
Las actividades mineras se llevan a cabo por el método a cielo abierto en el frente de explotación con la maquinaria propia del CAD.

¿Qué actividades se desarrollan durante el ciclo de trabajo? Explique:
Primero es el destape, para iniciar con los operarios de explotación, se arranca el material, se carga el mismo y luego se lo transporta a la zona de Acopio.

¿Con qué tipo de maquinaria se realiza el arranque y transporte del material en el área de explotación?
La extracción se realiza con la maquinaria (excavadora) de origen de 7m³ de capacidad, y mediante la volquete se transporta el material.

¿Qué método se usa para cargar el material luego de ser arrancado?
Se utiliza el método más simple conocido por nosotros como "método cíclico".

¿Qué sistema de almacenamiento se utiliza para el acopio del material?
El material se lo acopia en pilas en la "zona de Acopio".

¿El Cantidad de material se explotado a diario?
A diario se explota aproximadamente de 90 m³/día a 98 m³/día.

¿Qué uso se le da al material luego de ser explotado?
Se lo utiliza principalmente para el mantenimiento del mal. Además de emplearlo en el arreglo de veredas, aceros, y todo lo urbanístico.

Entrevistado

Responsable

Anexo 8. Ficha para el levantamiento de información general de la concesión minera.

Nombre del Área	GADPC 02	
Código	50000644	
Georreferencias	Frente al monumento del avión en Cumbaratza	
Superficie Total	5 has mineras contiguas	
Nombre del Titular Minero	Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Cumbaratza	
Dirección	Calle Teniente Hugo Ortiz (Ruta Panamericana) y Av. Pio Jaramillo Alvarado.	
Coordenadas:		
X: 736.440, 82	Y: 9'558.127, 11	Z: 970 m

Anexo 9. Fichas técnicas para maquinaria.

FICHA TÉCNICA PARA MAQUINÁRIA			
Elaborado Por:		Fecha:	
Maquinaria- Equipo:		Fabricante:	
Modelo:		Marca:	
CARACTERÍSTICAS GENERALES:			
Peso:	Altura:	Ancho:	Largo:
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:			
Capacidades:			
Velocidad:			
Potencia:			
Profundidad:			
Revoluciones:			
Consumo:			
Acondicionamientos:			
Otros:			
FUNCIÓN:			

Anexo 10. Fichas técnicas de la excavadora.

FICHA TÉCNICA PARA MAQUINARIA			
Elaborado Por:	Maria José González	Fecha:	02/06/2022
Maquinaria-Equipo:	Excavadora de Oruga	Fabricante:	Hyundai Doosan Infracore Ingeniería
Modelo:	Doosan	Marca:	DX 225 LCA
CARACTERÍSTICAS GENERALES:			
Peso: 20 ton	Altura: 2935 mm 2,98 m	Ancho: 2990 mm 2,99 m	Longitud: 9485 mm 9,49 m
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:			
Capacidades: Capacidad de cuchara es 1 m ³			
Velocidad: 3,0 - 5,5 Km/h			
Potencia: 149 HP			
Profundidad: Profundidad de Excavación de 6620 mm (6,62m)			
Revoluciones: 1400 rpm			
Consumo: 34 galones de diésel al mes			
Acondicionamientos: Filtro de aire, bomba, rotativa de engranajes.			
Otros: Fuerza de excavación: 149 kN * 15700 kJF del 2020			
FUNCION:			
<ul style="list-style-type: none"> • Quitar la capa superior de la tierra a trabajar para de ese modo dejarla libre de obstáculos y lista para los siguientes trabajos en pro de la extracción. • Aumento de la producción • Mejora de la economía de combustible gracias a la optimización electrónica del sistema hidráulico • Mantenimiento reducido aumenta la disponibilidad de la excavadora y reduce los costos de funcionamiento. 			

Anexo 11. Fichas técnicas de la cargadora.

FICHA TÉCNICA PARA MAQUINARIA			
Elaborado Por:	Mario Soza Gallo	Fecha:	11/06/2022
Maquinaria-Equipo:	Cargadora	Fabricante:	KOMATSU Limited
Modelo:	KOMATSU	Marca:	WA 330-6
CARACTERÍSTICAS GENERALES:			
Peso: 13,75 tn	Altura: 6210 mm 3,27m	Ancho: 2590 mm 2,59 m	Largo: 7515 mm 7,52 m
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:			
<p>Capacidades: Capacidad de la cuchara es 2,1 m³</p> <p>Velocidad: 38 Km/h</p> <p>Potencia: 967 Hp</p> <p>Profundidad: Profundidad de Excavación de 85mm (0,85m)</p> <p>Revoluciones: Rueda-conos normales son de 200 rpm</p> <p>Consumo: 24 galones de diesel al mes</p> <p>Acondicionamientos: filtro de Aire, bomba hidráulica, ventilador, reversible,</p> <p>Otros: Radio mínimo de giro al coche: 5380 mm Ángulo de dirección: 485° en cada dirección</p>			
FUNCIÓN:			
<ul style="list-style-type: none"> - Realiza operaciones de mantención y carga de todo tipo de material(s), mediante movimientos de la maquinaria hacia adelante. - La cuchara frontal realiza trabajos de excavación en terreno llano, desmonte, de terrenos blandos, extracción y nivelación de superficies, limpieza de terrenos, etc. 			

Anexo 12. Fichas técnicas de la volqueta.

FICHA TÉCNICA PARA MAQUINARIA			
Elaborado Por:	Maria José Cerro	Fecha:	07/06/2022
Maquinaria-Equipo:	Volquete de carga	Fabricante:	Hino Motors, Ltd.
Modelo:	Hino	Marca:	STEPVA
CARACTERÍSTICAS GENERALES:			
Peso: 27 ton	Altura: 3745 mm 1,75 m	Ancho: 2555 mm 1,56 m	Largo: 8219 mm 8,24 m
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:			
Capacidades: Capacidad 16 m ³			
Velocidad: 50 Km/h (Máxima)			
Potencia: 470 HP			
Profundidad: profundidad de excavación Ninguna			
Revoluciones: 1100 rpm			
Consumo: 66 galones de diésel q. mes.			
Acondicionamientos: Inyección electrónica en piel común con compresor.			
Otros: Cilindraje: 12913 cm ³ ; Torque Máximo: 165 KgH			
FUNCIÓN:			
<ul style="list-style-type: none"> • Almacenar y transportar el material extraído o explotado • poseen un dispositivo mecánico para volcar la carga que transportan en un cajón que reposa sobre el chasis del vehículo. 			

Anexo 13. Ficha de descripción de actividades de la concesión minera “GADPC 02”.

<i>Ciclo de Trabajo</i> _____					
CONCESIÓN GADPC 02	FECHA: _____				
ACTIVIDAD	EQUIPOS EMPLEADOS	TIEMPO (SEG)	TIEMPO (MIN)	CAPACIDA D (m3)	CICLO

Anexo 14. Ficha de registro del tiempo promedio del ciclo de trabajo de la concesión.

TIEMPO PROMEDIO DE ACTIVIDADES EN LA CONCESIÓN MINERA "GADPC 02"					
ACTIVIDAD	EQUIPOS EMPLEADOS	TIEMPO PROMEDIO POR ACTIVIDAD		CAPACIDAD (m3)	CICLO
		SEGUNDOS	MINUTOS		
Tiempo de Ciclo (seg)					
Tiempo de Ciclo (min)					

Anexo 15. Descripción de las actividades en la concesión minera “GADPC 02”.

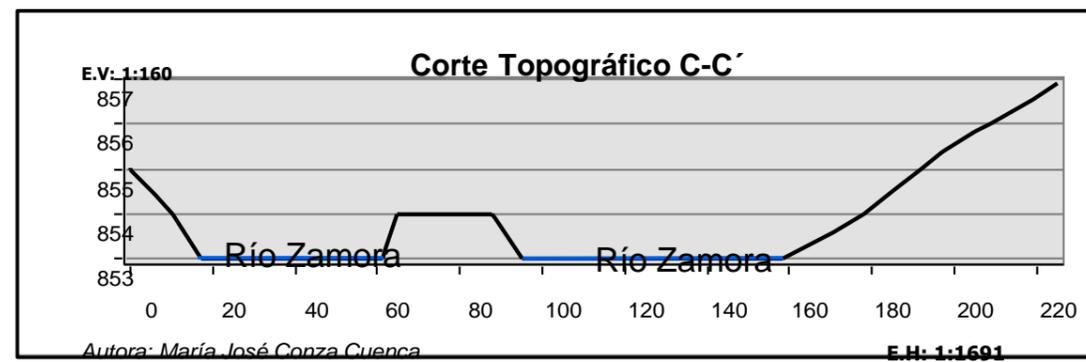
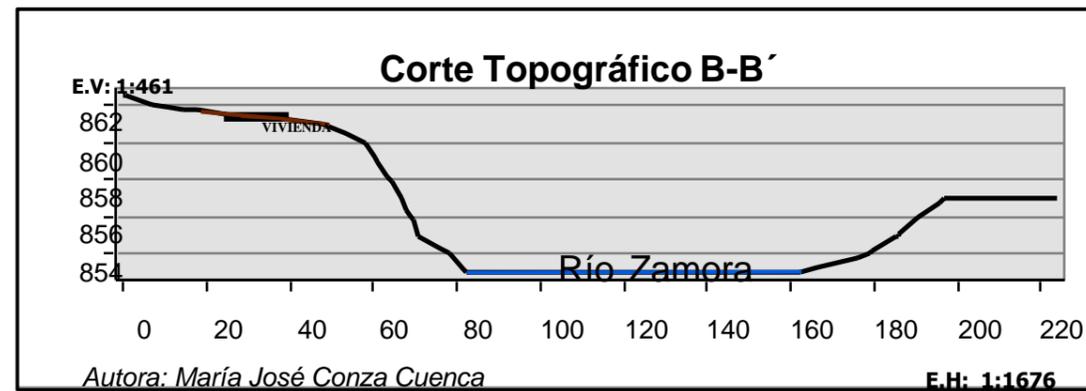
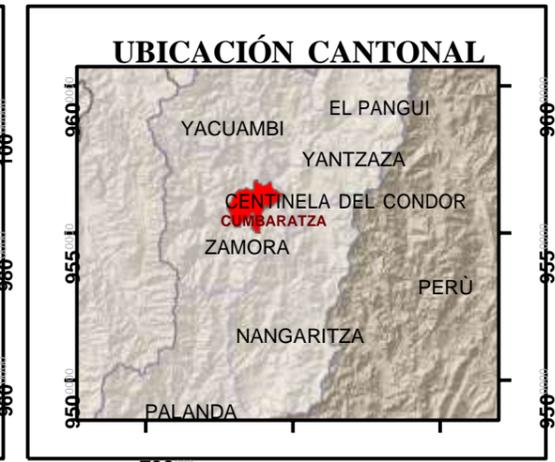
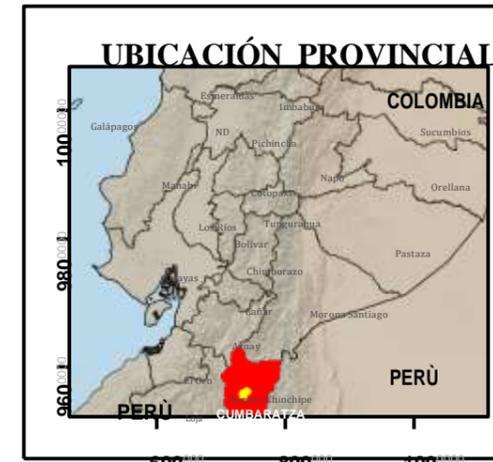
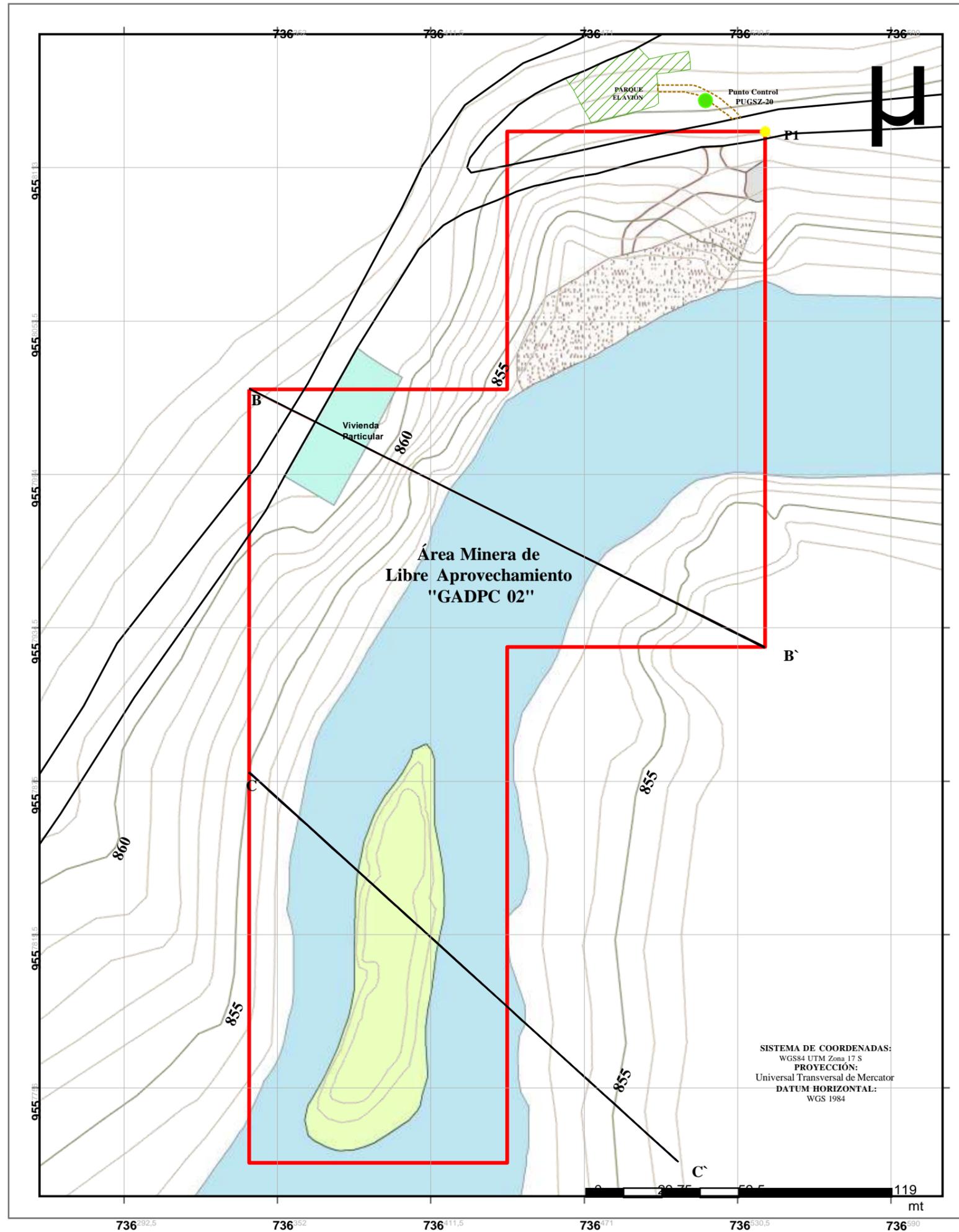
Ciclo de Trabajo Día 1							
CONCESIÓN GADPC 02		FECHA: Lunes 24/04/2023					
ACTIVIDAD	EQUIPOS EMPLEADOS	TIEMPO (SEG)	TIEMPO (MIN)	CAPACIDAD (m3)	CICLO		
Destape	Excavadora Peusan	600	10	1	1		
Preparación	Excavadora Peusan	300	5	1	1		
Explosión	Arribole	Excavadora Peusan	30	0,5	1	1	
	Carga	Cargadora Komatsu	90	1,5	2,1	1	
	Transporte	Volquete Hino	180	1	16	1	
Ciclo de Trabajo Día 2							
CONCESIÓN GADPC 02		FECHA: Martes 25/04/2023					
ACTIVIDAD	EQUIPOS EMPLEADOS	TIEMPO (SEG)	TIEMPO (MIN)	CAPACIDAD (m3)	CICLO		
Destape	Excavadora Peusan	510	8,5	1	1		
Preparación	Excavadora Peusan	390	6,5	1	1		
Explosión	Arribole	Excavadora Peusan	42	0,7	1	1	
	Carga	Cargadora Komatsu	90	1,5	2,1	1	
	Transporte	Volquete Hino	570	9,5	16	1	
Ciclo de Trabajo Día 3							
CONCESIÓN GADPC 02		FECHA: Miércoles 26/04/2023					
ACTIVIDAD	EQUIPOS EMPLEADOS	TIEMPO (SEG)	TIEMPO (MIN)	CAPACIDAD (m3)	CICLO		
Destape	Excavadora Peusan	540	9	1	1		
Preparación	Excavadora Peusan	360	6	1	1		
Explosión	Arribole	Excavadora Peusan	30	0,5	1	1	
	Carga	Cargadora Komatsu	96	1,6	2,1	1	
	Transporte	Volquete Hino	630	10,5	16	1	

Ciclo de Trabajo Día 4						
CONCESIÓN GADPC 02		FECHA: <u>Jueves 27/04/2011</u>				
ACTIVIDAD	EQUIPOS EMPLEADOS	TIEMPO (SEG)	TIEMPO (MIN)	CAPACIDAD (m ³)	CICLO	
Deslape	Excavadora Doosan	534	8,9	1	1	
Preparación	Excavadora Doosan	366	6,1	1	1	
Explotación	Arranque	Excavadora Doosan	30	0,5	1	1
	Carga	Cargadora Komatsu	84	1,4	2,1	1
	Transporte	Volquete Hino	660	11	16	1

Ciclo de Trabajo Día 5						
CONCESIÓN GADPC 02		FECHA: <u>Viernes 28/04/2011</u>				
ACTIVIDAD	EQUIPOS EMPLEADOS	TIEMPO (SEG)	TIEMPO (MIN)	CAPACIDAD (m ³)	CICLO	
Deslape	Excavadora Doosan	648	10,8	1	1	
Preparación	Excavadora Doosan	252	4,2	1	1	
Explotación	Arranque	Excavadora Doosan	30	0,5	1	1
	Carga	Cargadora Komatsu	90	1,5	2,1	1
	Transporte	Volquete Hino	600	10	16	1

Anexo 16. Tiempo promedio del ciclo de trabajo de la concesión.

TIEMPO PROMEDIO DE ACTIVIDADES EN LA CONCESIÓN MINERA "GADPC 02"						
ACTIVIDAD	EQUIPOS EMPLEADOS	TIEMPO PROMEDIO POR ACTIVIDAD		CAPACIDAD (m ³)	CICLO	
		SEGUNDOS	MINUTOS			
Aspaje	Extrusadora Komatsu	570	9,5	1	1	
Preparación	Excavadora Ousson	324	5,4	1	1	
Extracción	Aspaje	30	0,5	1	1	
	Cargue	Cargadora Komatsu	90	1,5	2,1	1
	Transporte	Volquete Hino	630	10,5	16	1

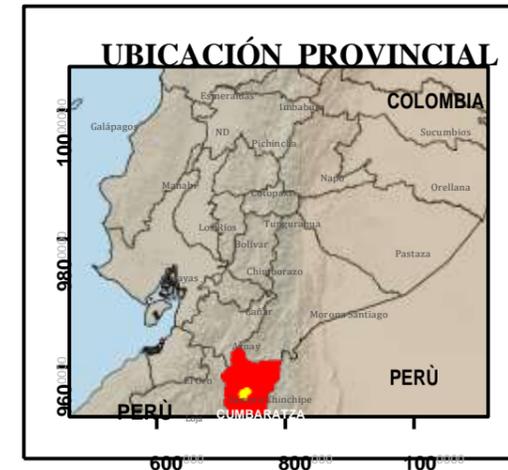
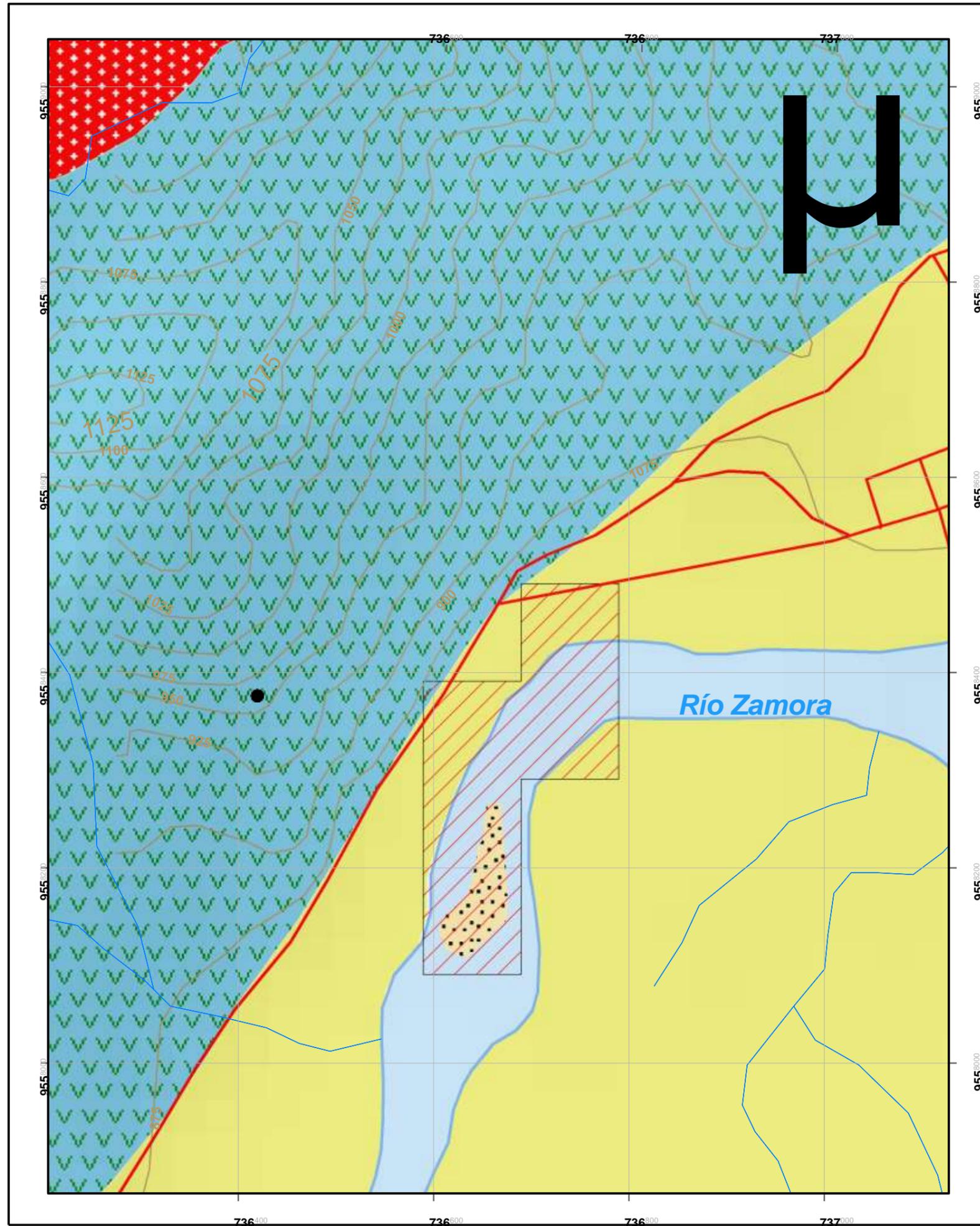


UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
Facultad de Energía, Industrias y Recursos Naturales No Renovables
INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

MAPA TOPOGRÁFICO DEL ÁREA MINERA "GADPC 02"

Optimización del sistema de explotación para la extracción de áridos y pétreos del área minera de libre aprovechamiento "GADPC 02, código 50000644", ubicada en la parroquia Cumbaratza, cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe.

AUTORA:	PARROQUIA:	DIRECTOR:	CICLO:	ESCALA:	FECHA:	ANEJO:	
María José Conza Cuenca	Cumbaratza	Ing. Jimmy Stalin Paladines Mg.Sc.	Onceavo	1: 1700	01/08/2023	17	LÁMINA DE MAPA: 1/4



LEYENDA

QA	Depósito Aluvial Cantos, gravas redondeadas y arenas	Jsa	Unidad La Saquea Andesitas, andesitas basálticas y brechas	G ^G	Intrusivo (Granito)		Playa de río		Área Minera de Libre Aprovechamiento "GADPC 02"
----	--	-----	--	----------------	---------------------	--	--------------	--	---

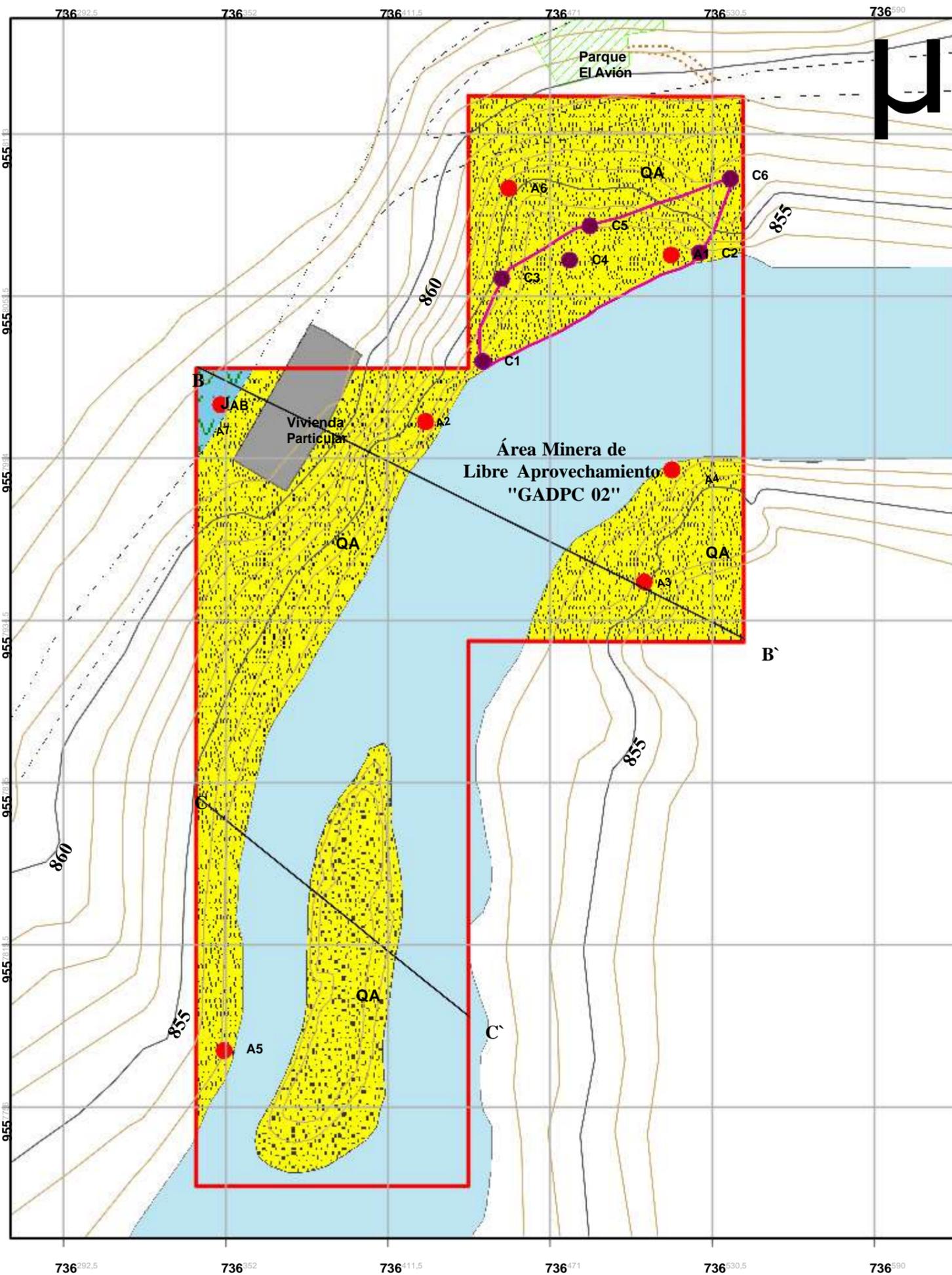
ELEMENTOS AUXILIARES

	Localidades		Río Zamora
	Vía Principal		Quebradas
	Curvas de nivel principales		

FUENTE

Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico
Hoja Geológica De Paquisha A Escala 1:100.000
Serie "J62-G", Número de hoja "76, Ñ VI-E", Año 2017

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA				
	Facultad de Energía, Industrias y Recursos Naturales No Renovables INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL				
MAPA DE GEOLOGÍA REGIONAL DEL ÁREA MINERA "GADPC 02"					
Optimización del sistema de explotación para la extracción de áridos y pétreos del área minera de libre aprovechamiento "GADPC 02, código 5000644", ubicada en la parroquia Cumaratza, cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe.					
AUTORA: María José Conza Cuenca	PARROQUIA: Cumaratza	DIRECTOR: Ing. Jimmy Stalin Paladines Mg.Sc.	CICLO: Onceavo	ESCALA: 1: 4.500	FECHA: 01/08/2023
					LÁMINA DE MAPA: 2/4

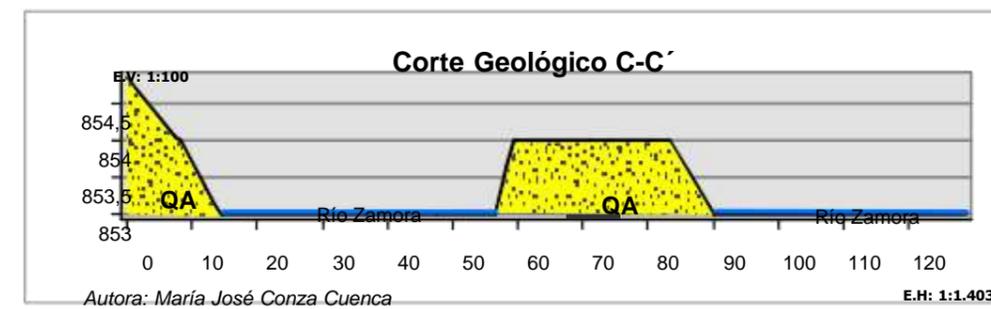
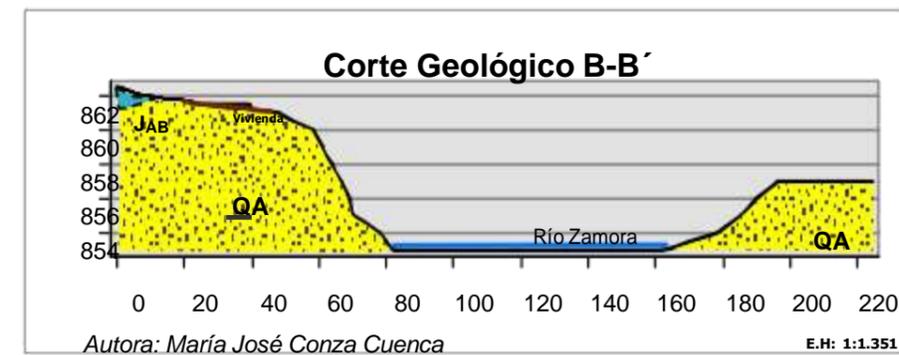


LEYENDA GEOLÓGICA

-  **JAB** Andesita, andesita basáltica meteorizada
-  **QA** Bloques y clastos subangulosos a redondeados de diferente composición, gravas redondeadas, arenas y limos

ELEMENTOS AUXILIARES

-  Clicatas
-  Afloramientos
-  Curvas primarias
-  Curvas secundarias
-  Vía primaria
-  Sendero
-  Río Zamora
-  Área Minera de Libre Aprovechamiento "GADPC 02"
-  Parque "El Avión"
-  Vivienda Particular
-  Frente de explotación





UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
 Facultad de Energía, Industrias y Recursos Naturales No Renovables
 INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

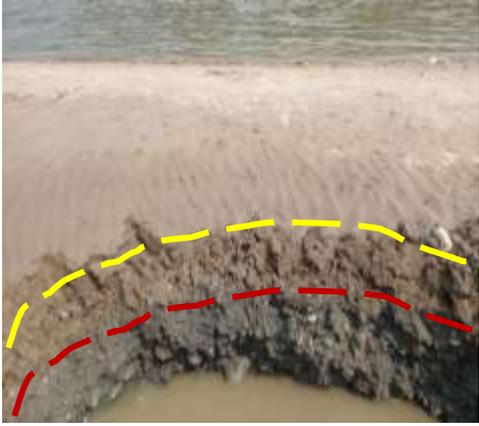


MAPA DE GEOLOGÍA LOCAL DEL ÁREA MINERA "GADPC 02"

Optimización del sistema de explotación para la extracción de áridos y pétreos del área minera de libre aprovechamiento "GADPC 02, código 5000644", ubicada en la parroquia Cumbaratza, cantón Zamora, provincia de Zamora Chínchipe

AUTORA: María José Conza Cuenca	PARROQUIA: Cumbaratza	DIRECTOR: Ing. Jimmy Stalin Polodines Mg. Sc.	CICLO: Onceavo	ESCALA: 1: 1700	FECHA: 01/08/2023	ANEXO: 13	LÁMINA DE MAPA: 3/4
------------------------------------	--------------------------	--	-------------------	--------------------	----------------------	--------------	-------------------------------

Anexo 20. Ficha técnica de la calicata N°1.

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CALICATAS					
Proyecto	Optimización del sistema de explotación para la extracción de áridos y pétreos			Fecha	19/08/2023
N° Calicata	1			Dimensiones de la excavación L/A/P	1.5X1X1 m
Coordenadas	X	Y	Z	Profundidad Nivel Freático	1 m
	736446.3	9558029.4	852.9 m		
Registro Fotográfico			Descripción de estratos		
			Estrato 1	Posee una potencia total de 25 centímetros y está compuesto de arena café clara. No presenta restos orgánicos.	
			Estrato 2	Posee una potencia total de 75 centímetros y está compuesto de arena gris oscura con clastos grandes (> 1 cm).	

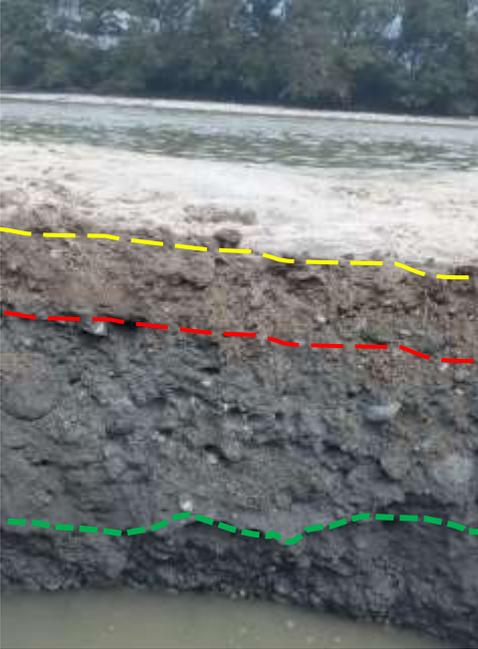
Anexo 21. Ficha técnica de la calicata N°2.

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CALICATAS					
Proyecto	Optimización del sistema de explotación para la extracción de áridos y pétreos			Fecha	19/08/2023
N° Calicata	2			Dimensiones de la excavación L/A/P	1.5X1X1 m
Coordenadas	X	Y	Z	Profundidad Nivel Freático	1 m
	736526.1	9558068.9	852,9 m		
Registro Fotográfico			Descripción de estratos		
			Estrato 1	Posee una potencia total de 15 centímetros y está compuesto de arena café clara. No presenta restos orgánicos.	
			Estrato 2	Posee una potencia total de 85 centímetros y está compuesto de arena gris oscura con clastos grandes (> 1 cm).	

Anexo 22. Ficha técnica de la calicata N°3.

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CALICATAS					
Proyecto	Optimización del sistema de explotación para la extracción de áridos y pétreos			Fecha	19/08/2023
N° Calicata	3			Dimensiones de la excavación L/A/P	1.5X1X2 m
Coordenadas	X	Y	Z	Profundidad Nivel Freático	2 m
	736453,4	9558059.1	854,3 m		
Registro Fotográfico			Descripción de estratos		
			Estrato 1	Posee una potencia total de 43 centímetros y está compuesto de arena café clara. Carece de restos orgánicos (raíces secas o vegetación).	
			Estrato 2	Posee una potencia total de 145 centímetros y está compuesto de arena gris oscura con clastos grandes (de 5 cm a 10 cm).	
			Estrato 3	Posee una potencia total de 12 centímetros y está compuesto de arena gris oscura con clastos pequeños (< 5 cm).	

Anexo 23. Ficha técnica de la calicata N°4.

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CALICATAS					
Proyecto	Optimización del sistema de explotación para la extracción de áridos y pétreos			Fecha	19/08/2023
N° Calicata	4			Dimensiones de la excavación L/A/P	1.5X1X2 m
Coordenadas	X	Y	Z	Profundidad Nivel Freático	2 m
	736478	9558066	852.9 m		
Registro Fotográfico			Descripción de estratos		
			Estrato 1	Posee una potencia total de 49 centímetros y está compuesto de arena café clara. Presenta restos orgánicos (Raíces secas).	
			Estrato 2	Posee una potencia total de 128 centímetros y está compuesto de arena gris oscura con clastos grandes (de 5cm a 10 cm).	
			Estrato 3	Posee una potencia total de 23 centímetros y está compuesto de arena gris oscura con clastos pequeños (< 5 cm).	

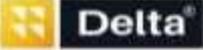
Anexo 24. Ficha técnica de la calicata N°5.

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CALICATAS					
Proyecto	Optimización del sistema de explotación para la extracción de áridos y pétreos			Fecha	19/08/2023
N° Calicata	5			Dimensiones de la excavación L/A/P	1.5X1X2 m
Coordenadas	X	Y	Z	Profundidad Nivel Freático	2 m
	736485.5	9558079.1	853.2 m		
Registro Fotográfico			Descripción de estratos		
			Estrato 1	Posee una potencia total de 15 centímetros y está compuesto de arena café clara. No presenta restos orgánicos.	
			Estrato 2	Posee una potencia total de 177 centímetros y está compuesto de arena gris oscura con clastos grandes (de 5cm a 10 cm).	
			Estrato 3	Posee una potencia total de 8 centímetros y está compuesto de arena gris oscura con clastos pequeños (< 5 cm).	

Anexo 25. Ficha técnica de la calicata N°6.

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CALICATAS					
Proyecto	Optimización del sistema de explotación para la extracción de áridos y pétreos			Fecha	19/08/2023
N° Calicata	6			Dimensiones de la excavación L/A/P	1.5X1X2.2 m
Coordenadas	X	Y	Z	Profundidad Nivel Freático	2.2 m
	736537	9558096	856,8 m		
Registro Fotográfico			Descripción de estratos		
			Estrato 1	Posee una potencia total de 53 centímetros y está compuesto de arena café clara. Presenta mucha cantidad de restos orgánicos (Específicamente raíces secas).	
			Estrato 2	Posee una potencia total de 57 centímetros y está compuesto de arena gris oscura con clastos grandes (de 5cm a 10 cm).	
			Estrato 3	Posee una potencia total de 110 centímetros y está compuesto de arena gris oscura y de coloración rojiza con clastos pequeños (< 5 cm).	

Anexo 26. Resultados del ensayo de análisis granulométrico

 Delta Ingeniería	"DELTA CIA. LTDA." LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS	Cel: 0986335585 Cel: 0980080384
	PROYECTO: OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PARA LA EXTRACCIÓN DE ARDOS Y PÉTREOS DEL ÁREA MINERA DE LIBRE APROVECHAMIENTO "GADPC 02 CÓDIGO 50000644", UBICADA EN LA PARROQUIA CUMBARATZA, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE	MUESTRA: ÁREA MINERA DE LIBRE APROVECHAMIENTO "GADPC 02 CÓDIGO 50000644"
SOLICITA	MARIA JOSÉ CORZA CUENCA	
UBICACIÓN	PARROQUIA CUMBARATZA, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE	
FECHA	24 de agosto de 2023	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
MCR.	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"	712	13	87	
25	1"	1296	23	77	
18	3/4"	1494	27	73	
12.5	1/2"	1926	34	66	
9.5	3/8"	2130	38	62	
4.750	Nº 4	2472	44	56	
	Pasa Nº 4	3127	56	44	
2.360	Nº 6				
2.000	Nº 10	15	4	96	
1.180	Nº 15	22	6	94	
0.850	Nº 20				
0.600	Nº 30				
0.425	Nº 40	72	20	80	
0.300	Nº 50				
0.150	Nº 100	145	40	60	
0.075	Nº 200	175	48	52	5-20
	Pasa Nº 200	30	8.2	91.8	
	TOTAL	5599			
	Peso Total de Lavado		205.00		
	Peso Total después de Lavado		175.00		



Firmado digitalmente
PABLO STALIN por PABLO STALIN
JIMENEZ VEGA JIMENEZ VEGA
 Fecha: 2023.08.24
 09:35:10 -05'00'
 ING. MSC. PABLO JIMÉNEZ VEGA
 ESPECIALISTA GEOTÉCNICO



Arquitectura +
Ingeniería

"DELTA CIA. LTDA."

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Cel: 0986335585

Cel: 0980060384

PROYECTO	"OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PARA LA EXTRACCIÓN DE ÁRDIOS Y PÉTREOS DEL ÁREA MINERA DE LIBRE APROVECHAMIENTO "GADPC 02 CÓDIGO 50000644", UBICADA EN LA PARROQUIA CUMBARATZA, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE"
MUESTRA	ÁREA MINERA DE LIBRE APROVECHAMIENTO "GADPC 02 CÓDIGO 50000644"
SOLICITA	MARÍA JOSÉ CONZA CUENCA
UBICACIÓN	PARROQUIA CUMBARATZA, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE
FECHA	24 de agosto de 2023

CONTENIDO DE HUMEDAD				
PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPSULA	% DE HUMEDAD	RESULTADO
129,31	118,23	31,91	12,84	12,86
123,36	112,96	31,85	12,82	
132,14	120,56	30,98	12,93	

PABLO STALIN
JIMENEZ
VEGA

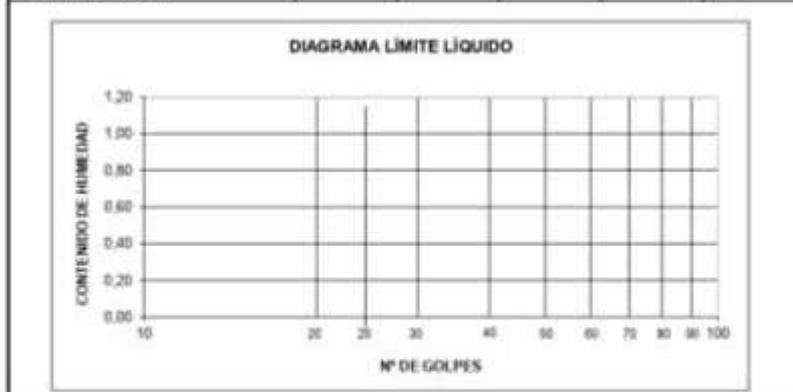
Firmado digitalmente
por PABLO STALIN
JIMENEZ VEGA
Fecha: 2023.08.24
09:39:22 -05'00'

ING. MSC. PABLO JIMÉNEZ VEGA
ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

PROYECTO	"OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PARA LA EXTRACCIÓN DE ÁRDOS Y PÉTREOS DEL ÁREA MINERA DE LIBRE APROVECHAMIENTO "GADPC 02 CÓDIGO 5000064", UBICADA EN LA PARROQUIA CUMBARATZA, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHIRIQUIPE"		
MUESTRA	ÁREA MINERA DE LIBRE APROVECHAMIENTO "GADPC 02 CÓDIGO 5000064"		
SOLICITA	MARÍA JOSÉ CONZA CUENCA		
UBICACIÓN	PARROQUIA CUMBARATZA, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHIRIQUIPE		
FECHA	24 de agosto de 2023	NORMA	A.A.S.H.O. T 90-06

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO				
NÚMERO 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 (%)				
NÚMERO DE GOLPES				



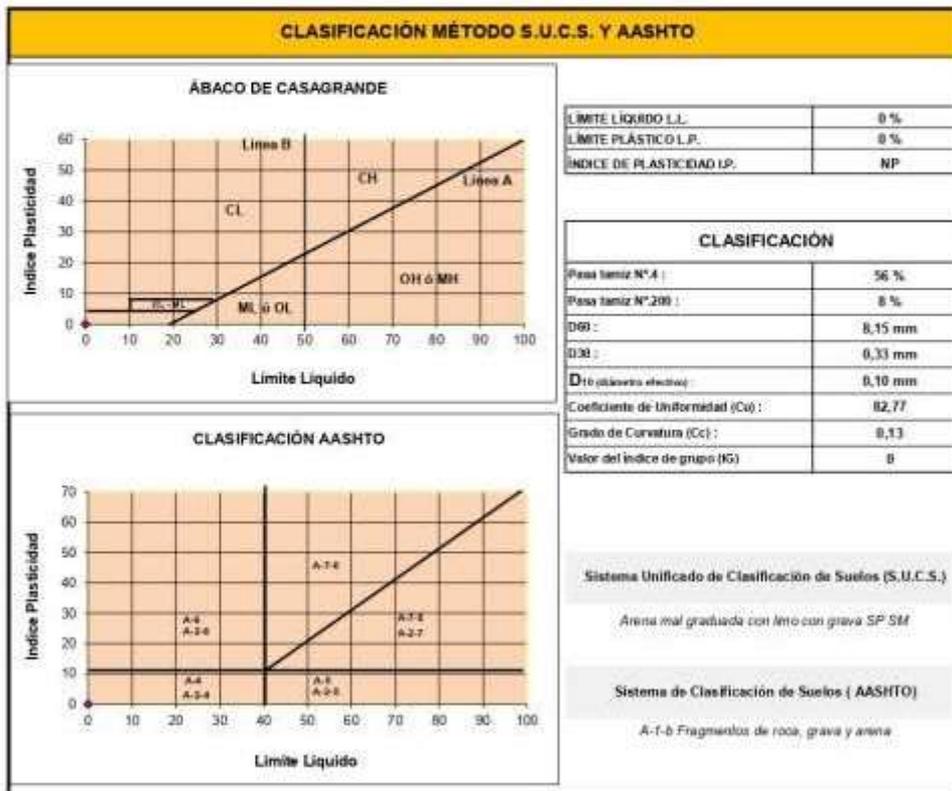
LÍMITE PLÁSTICO				
NÚMERO DE CÁPSULA				
Peso de la Cápsula (gr.)				
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo (gr.)				
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (gr.)				
Peso del suelo Seco (gr.)				
Peso del Agua (gr.)				
Contenido de Humedad (%)				
Contenido Medio de Humedad (%)				L.P. = 0.00 %

RESULTADOS	
VALORES ENSAYO	VALORES ENTEROS SEGUN NORMA
L.L. = 0.0%	L.L. = 0%
L.P. = 0.0%	L.P. = 0%
N.P.	N.P.

NOTA: El ensayo de plasticidad es no es posible realizarlo debido a que se trata de un estrato arenoso.

Firmado digitalmente por
PABLO STALIN JIMENEZ VEGA
 Fecha: 2023.08.24 00:39:41 -05'00'
ING. MSC. PABLO JIMENEZ VEGA
 ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

PROYECTO	"OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PARA LA EXTRACCIÓN DE ÁRIDOS Y PÉTREOS DEL ÁREA MINERA DE LIBRE APROVECHAMIENTO "GADPC 02 CÓDIGO 50000644", UBICADA EN LA PARROQUIA CUMBARATZA, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE"
MUESTRA	ÁREA MINERA DE LIBRE APROVECHAMIENTO "GADPC 02 CÓDIGO 50000644"
SOLICITA	MARÍA JOSÉ CONZA CUENCA
UBICACIÓN	PARROQUIA CUMBARATZA, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE
FECHA	24 de agosto de 2023



PABLO
STALIN
JIMENEZ
VEGA

Firmado digitalmente por PABLO STALIN JIMENEZ VEGA
Fecha: 2023.08.24 09:39:54 -05'00'

ING. MSC. PABLO JIMÉNEZ VEGA
ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

Anexo 27. Resultados del ensayo de Proctor y CB.R.



Delta
Arquitectura +
Ingeniería

"DELTA CIA. LTDA."

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Cel: 0986335585
Cel: 0980080384

PROYECTO	OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PARA LA EXTRACCIÓN DE ARIDOS Y PÉTREOS DEL ÁREA MINERA DE LIBRE APROVECHAMIENTO "GADPC 02 CÓDIGO 50000644", UBICADA EN LA PARROQUIA CUMBARATZA, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHIVICHPE"		
MATERIAL	ÁREA MINERA DE LIBRE APROVECHAMIENTO "GADPC 02 CÓDIGO 50000644"		
SOLICITA	MARIA JOSÉ CONZA CUENCA		
UBICACIÓN	PARROQUIA CUMBARATZA, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA	FECHA	24 de agosto de 2023

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR - ASTM D - 1557

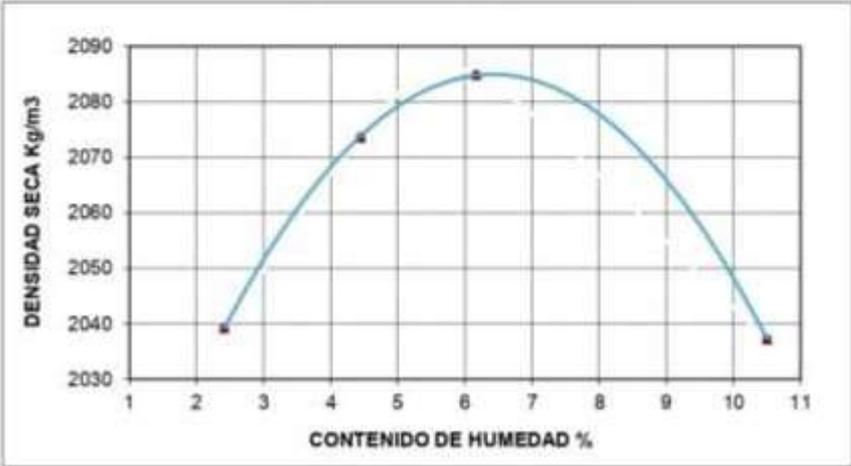
NORMA ENSAYO	T-180-D	
GOLPES/CAPA	56	
No. DE CAPAS	5	
PESO MARTILLO	4.5	Kg
ALT. DE CAIDA	46.0	cm

DATOS DEL MOLDE	
DIAMETRO	15.25 cm
ALTURA	11.61 cm
VOLUMEN	2.121 cm ³
PESO	5.559 gramos

DATOS PARA LA CURVA				
PUNTO No.:	1	2	3	4
Peso comp.:	9.988	10.152	10.253	10.333
Peso suelo:	4.429	4.593	4.694	4.774
Dens. Hum.:	2.089	2.166	2.214	2.251

CONTENIDOS DE HUMEDAD								
W. hum.:	65.83	58.60	60.30	57.21	78.98	73.61	85.01	82.55
W. seco:	64.66	57.64	58.47	55.65	75.41	70.32	78.55	76.48
W. caps:	16.56	17.62	17.85	17.83	17.86	16.68	18.18	17.56
w (%) :	2.43	2.40	4.51	4.39	6.20	6.13	10.70	10.30
promedio	2.42		4.45		6.17		10.50	
Dens. Seca:	2.039		2.074		2.085		2.037	

RESULTADOS:	DENSIDAD SECA MÁXIMA =	2.085 Kg/m³
	CONT. DE AGUA ÓPTIMO =	6,50 %



DENSIDAD SECA Kg/m³ vs **CONTENIDO DE HUMEDAD %**

OBSERVACIONES:

Firmado digitalmente
por **PABLO STALIN JIMENEZ VEGA**
Fecha: 2023.08.24
09:40:23 -05'00'

ING. MSC. PABLO JIMENEZ VEGA
RESPONSABLE GEOTÉCNICO



Arquitectura +
Ingeniería

"DELTA CIA. LTDA."

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Cel: 0986305586

Cel: 0980080384

PROYECTO	OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PARA LA EXTRACCIÓN DE ÁRDOS Y PÉTREOS DEL ÁREA MINERA DE LIBRE APROVECHAMIENTO "GADPC 02 CÓDIGO 50000544", UBICADA EN LA PARROQUIA CUMBARATZA, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHONCHIPE						
MATERIAL	ÁREA MINERA DE LIBRE APROVECHAMIENTO "GADPC 02 CÓDIGO 50000544"						
SOLICITA	MARIA JOSÉ CONZA CUENCA						
UBICACIÓN	PARROQUIA CUMBARATZA, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHONCHIPE			DIÁMETRO DEL MOLDE (mm)	15,18	15,26	15,21
FECHA	24 de agosto de 2023			ALTIMA DEL MOLDE (mm)	12,44	12,40	12,45

INDICE DE SOPORTE CALIFORNIA " C. B. R. " ASTM C - 1883											
		4			5			6			
		56			25			10			
CONDICION DE MUESTRA		ANTES SATUR.		DESP. SATUR.		ANTES SATUR.		DESP. SATUR.		ANTES SATUR.	
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	gr	11104		11180		10889		11006		10693	
PESO DEL MOLDE	gr	6105		6105		6040		6040		6025	
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA	gr	4999		5075		4849		4966		4668	
VOLUMEN DE MUESTRA	cm ³	2251		2251		2258		2258		2252	
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm ³	2,220		2,254		2,138		2,190		2,064	
HUMEDAD		ARRIBA		ABAJO		ARRIBA		ABAJO		ARRIBA	
RECIPENTE N°		3	14	78	36	10	15	41	86	32	25
PESO DEL RECIPENTE.	gr	17,26	15,26	17,36	15,25	17,24	18,02	15,48	15,26	16,35	17,02
PESO MUESTRA HUMEDA + RECIPENTE	gr	77,26	76,14	70,26	75,15	87,36	88,24	53,26	58,47	67,36	80,45
PESO MUESTRA SECA + RECIPENTE	gr	73,56	72,46	66,72	71,25	83,10	83,95	50,60	55,47	64,18	76,55
PESO DE AGUA.	gr	3,7	3,68	3,54	3,9	4,26	4,29	2,66	3	3,18	3,9
PESO DE MUESTRA SECA.	gr	56,3	57,2	49,36	55	65,86	65,93	35,12	39,21	47,82	59,53
CONTENIDO DE HUMEDAD.	gr	6,57	6,43	7,17	7,09	6,47	6,51	7,57	7,65	6,65	6,55
HUMEDAD PROMEDIO.	%	6,50		7,13		6,49		7,51		6,60	
DENSIDAD SECA.	gr/cm ³	2,085		2,104		2,008		2,035		1,936	
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA											
		4			5			6			
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACION					11180			11006			
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACION					11104			10889			
PESO DE AGUA ABSORBIDA					76			117			
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA					1,52			2,41			
DATOS DE ESPONJAMIENTO											
		MOLDE N°4			MOLDE N°5			MOLDE N°6			
FECHA Y HORA	EN DIAS	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		305,2	0	0	305,3	2,0530	0	302,5	0	0,00	
2		305,7	1,057	0,85	305,5	2,055	1,66	302,50	3,0250	2,43	
3		305,8	1,058	0,85	306,1	2,061	1,66	302,9	3,029	2,43	
4		305,9	1,059	0,85	306,2	2,062	1,66	303,1	3,031	2,43	
5		306,1	1,061	0,85	306,3	2,063	1,66	303,3	3,033	2,44	
DATOS ENSAYO DE PENETRACION											
		MOLDE N°4			MOLDE N°5			MOLDE N°6			
PENETR. EN (mm)	CARGAS (kg)	LECTURA DIAL mm x 10 ⁻²	PRESION kg/cm ²	C.B.R. CORREG. %	LECTURA DIAL mm x 10 ⁻²	PRESION kg/cm ²	C.B.R. CORREG. %	LECTURA DIAL mm x 10 ⁻²	PRESION kg/cm ²	C.B.R. CORREG. %	
0,020		176,0	129,3		187,0	137,42		97,0	41,89		
0,050		453,0	332,9		302,0	221,93		91,0	65,87		
0,075		597,0	438,7		428,0	314,52		140,0	102,88		
0,100	1880	824,0	605,5	61,00	532,0	390,95	40,00	187,0	137,42	14,00	
0,125		910,0	668,7		604,0	443,86		255,0	187,39		
0,150		1029,0	756,2		676,0	496,77		328,0	241,04		
0,175		1135,0	848,8		752,0	552,62		364,0	267,49		
0,200	1880	1310,0	962,7	64,00	849,0	623,90	42,00	403,0	296,15	20,00	
0,250		1486,0	1092,0		991,0	728,25		482,0	354,21		
0,300	1880	1702,0	1250,7		1054,0	774,55		550,0	404,18		
0,400	2360	1798,0	1321,3		1090,0	801,00		608,0	446,80		
0,500	2880	1813,0	1332,3		1132,0	831,87		655,0	481,34		

Firmado digitalmente
por PABLO STALIN
JIMENEZ VEGA
Fecha: 2023.08.24
09:40:44 -05'00'

ING. MSc. PABLO JIMENEZ VEGA
RESPONSABLE GERENCIAL

PROYECTO	OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PARA LA EXTRACCIÓN DE ÁRBOLES Y PÉTREOS DEL ÁREA MINERA DE LIBRE APROVECHAMIENTO "SADPC 02 CÓDIGO 800004", UBICADA EN LA PARROQUIA CUMBARATZA, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE
MATERIA	ÁREA MINERA DE LIBRE APROVECHAMIENTO "SADPC 02 CÓDIGO 800004"
SOLICITADO	MARIA JOSÉ CONZA CUENCA
UBICACIÓN	PARROQUIA CUMBARATZA, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE
FECHA	24 de agosto de 2023

CURVAS DE CARGA UNITARIA - PENETRACIÓN



Firmado digitalmente
por PABLO STALIN
JIMENEZ VEGA
Fecha: 2023.08.24
09:40:56 -05'00'

ING. MSC. PABLO JIMENEZ VEGA
RESPONSABLE GEOTÉCNICO



Arquitectura +
Ingeniería

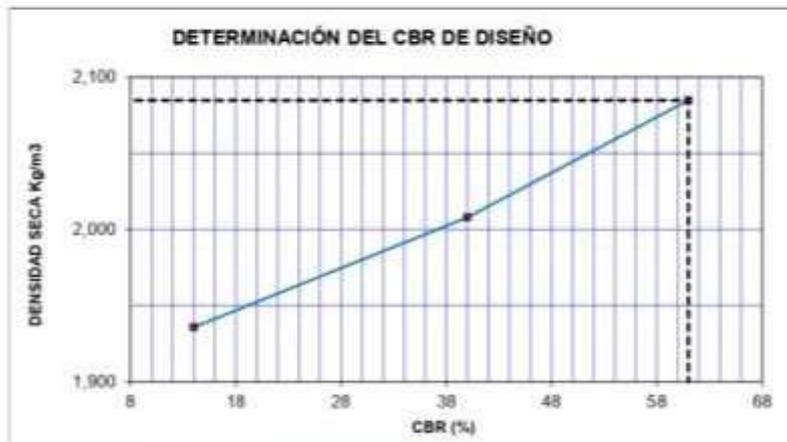
"DELTA CIA. LTDA."
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Cel: 0986328885
Cel: 0980080384

PROYECTO	OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PARA LA EXTRACCIÓN DE ÁRIDOS Y PÉTREOS DEL ÁREA MINERA DE LIBRE APROVECHAMIENTO "SADPC 02 CÓDIGO 5000844", UBICADA EN LA PARROQUIA CLIMBARATZA, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHPE
MATERIAL	ÁREA MINERA DE LIBRE APROVECHAMIENTO "SADPC 02 CÓDIGO 5000844"
SOLICITANTE	MARIA JOSE CONDA CUENCA
UBICACIÓN	PARROQUIA CLIMBARATZA, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHPE
FECHA	24 de agosto del 2023

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

DENSIDAD SECA MÁXIMA:	2.085 Kg/m ³
CONT. DE AGUA ÓPTIMO:	6,5 %



C.B.R. =	30,22 %
----------	---------

Observaciones: El CBR ha sido calculado para 0.1 pulgadas de penetración y se ha calculado para un 95% de compactación según densidad in situ.

PABLO STALIN
JIMENEZ VEGA

Firmado digitalmente
por PABLO STALIN
JIMENEZ VEGA
Fecha: 2023.08.24
09:41:11 -05'00'

PAU. MEC. PABLO JIMENEZ VEGA
RESPONSABLE GERENCIAL

Anexo 28. Resultados del ensayo de abrasión



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

Cel: 0986335585
Cel: 0980080384

DETERMINACIÓN DEL VALOR DE ABRASIÓN DEL ÁRIDO GRUESO DE PARTÍCULAS MENORES A 37,5 mm MEDIANTE EL USO DE LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES

PROYECTO	OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PARA LA EXTRACCIÓN DE ÁRIDOS Y PÉTREOS DEL ÁREA MINERA DE LIBRE APROVECHAMIENTO "GADPC 02 CÓDIGO 50000644"	NORMA:	INEN 860 ASTM C - 131
MUESTRA	ÁREA MINERA DE LIBRE APROVECHAMIENTO "GADPC 02 CÓDIGO 50000644"	FECHA:	24/8/2023
SOLICITA	MARÍA JOSÉ CONZA CUENCA	REALIZO:	DELTA LABORATORIO

GRADACIÓN DE LA MUESTRA DE ENSAYO SEPARADA POR TAMIZADO

Tamices en mm		Masa de la muestra de ensayo en gramos			
PASA	RETENIDO	Gradación			
		A	B	C	D
37,5	25	1251			
25	19	1250			
19	12,5	1250			
12,5	9,5	1251			
9,5	6,7				
6,7	4,75				
4,75	2,36				
Total		5002			

Número de esferas=	12	Masa de la carga abrasiva=	5048 g
Masa total de la muestra seleccionada antes del ensayo (A)=	5002,00		
Masa total de la muestra después de 500 revoluciones (B)=	3796,00		
Valor de la abrasión (en porcentaje) después de 500 revoluciones (V)=	24,11 %		

Valor de abrasión en porcentaje $V = (A - B)/A \times 100$	Requisito de desgaste a la Abrasión Máximo Porcentaje 40 %
---	---

Observaciones:

Firmado digitalmente por
PABLO STALIN JIMENEZ VEGA
Fecha: 2023.08.24
09:36:54 -0500'

ING. MSC. PABLO JIMÉNEZ VEGA
RESPONSABLE GEOTÉCNICO



"DELTA CIA. LTDA."

Cel: 0986335585

Cel: 0980080384

Arquitectura +
Ingeniería

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO	OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PARA LA EXTRACCIÓN DE ÁRIDOS Y PÉTREOS DEL ÁREA MINERA DE LIBRE APROVECHAMIENTO "GADPC 02 CÓDIGO 50000644", UBICADA EN LA PARROQUIA CUMBARATZA, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE		
MATERIAL	ÁREA MINERA DE LIBRE APROVECHAMIENTO "GADPC 02 CÓDIGO 50000644"		
SOLICITA	MARIA JOSE OONZA CUENCA		
UBICACIÓN	PARROQUIA CUMBARATZA, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAI	FECHA	24 de agosto de 2023

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR - ASTM D - 1557

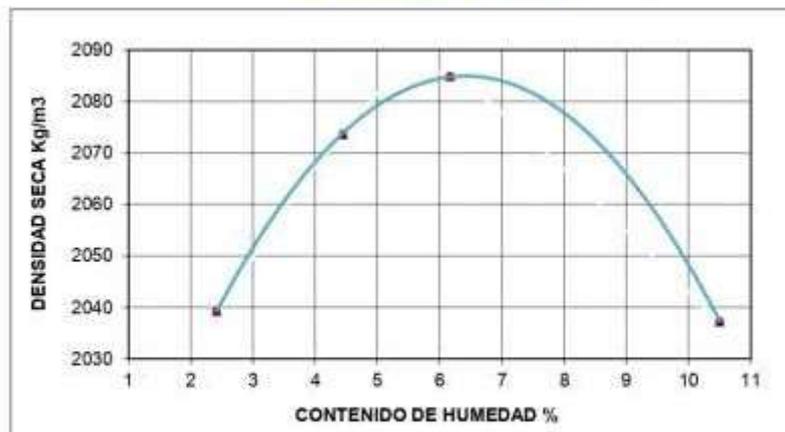
NORMA ENSAYO	T-180-D	
GOLPES/CAPA	56	
Nº DE CAPAS	5	
PESO MARTILLO:	4,5	Kg
ALT. DE CAIDA:	46,0	cm

DATOS DEL MOLDE	
DIAMETRO	15,25 cm
ALTURA	11,61 cm
VOLUMEN	2,121 cm ³
PESO	5,556 gramos

DATOS PARA LA CURVA				
PUNTO No.:	1	2	3	4
Peso comp.:	9.988	10.152	10.253	10.333
Peso suelo:	4.429	4.593	4.694	4.774
Dens. Hum.:	2.089	2.166	2.214	2.251

CONTENIDOS DE HUMEDAD									
W. hum.:	65,83	58,60	50,30	57,31	78,98	73,61	85,01	82,55	
W. seco:	64,68	57,64	58,47	56,65	75,41	70,32	78,55	75,48	
W. caps:	16,58	17,82	17,85	17,83	17,86	16,68	18,18	17,56	
w (%) :	2,43	2,40	4,51	4,39	6,20	6,13	10,70	10,30	
promedio	2,42		4,45		6,17		10,50		
Dens. Seca:	2.039		2.074		2.085		2.037		

RESULTADOS:	DENSIDAD SECA MAXIMA =	2.085 Kg/m³
	CONT. DE AGUA OPTIMO =	6,50 %

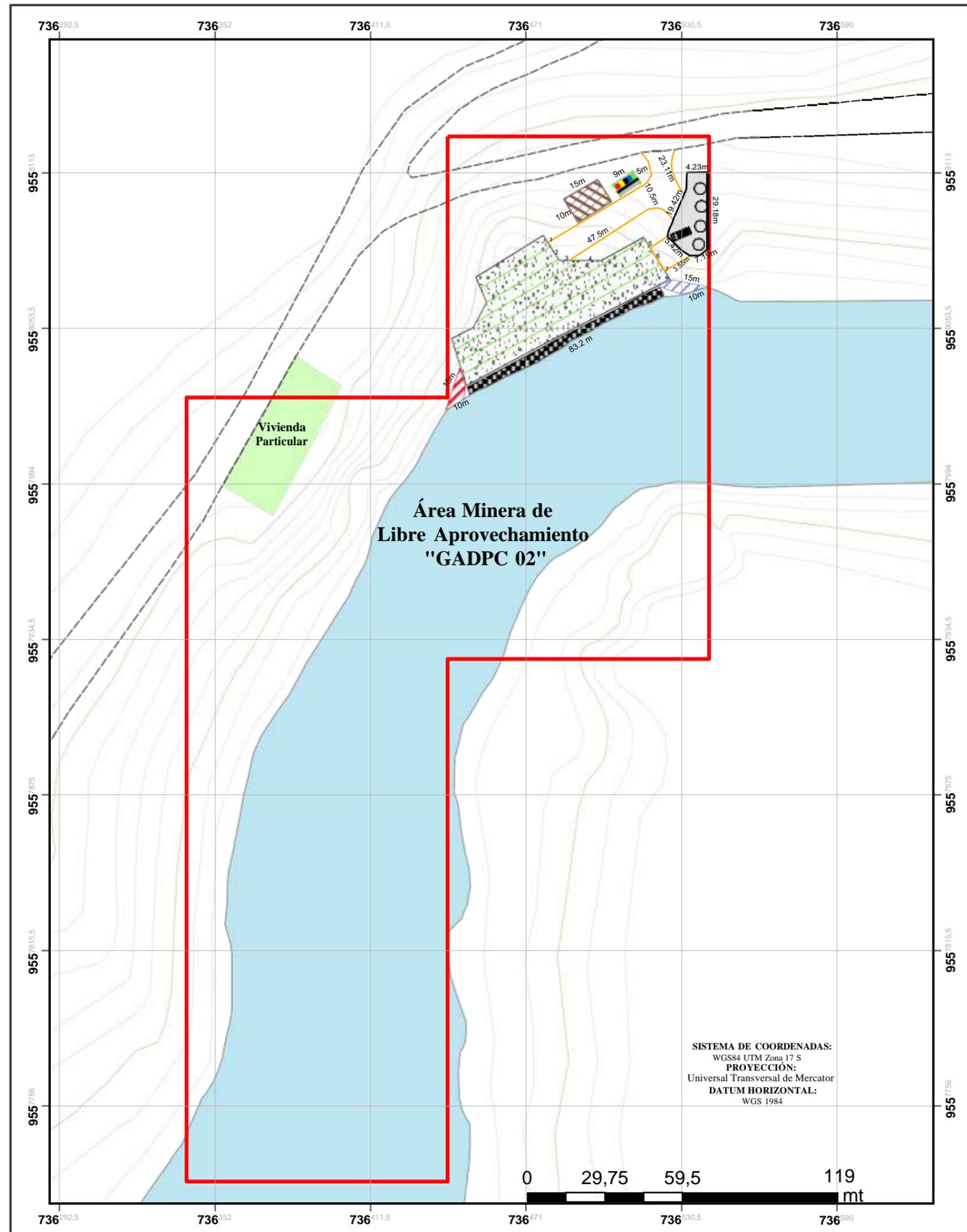


OBSERVACIONES:

Firmado digitalmente
por PABLO STALIN
JIMENEZ VEGA

Fecha: 2023.08.24
09:49:23 -0500

ING. MSC. PABLO JIMENEZ VEGA
RESPONSABLE GEOTECNICO



SISTEMA DE COORDENADAS:
WGS84 UTM Zona 17 S
PROYECCIÓN:
Universal Transversal de Mercator
DATUM HORIZONTAL:
WGS 1984

LEYENDA

- Curvas primarias
- Curvas secundarias
- Vía primaria
- Área Minera "GADPC 02"
- Río Zamora
- Vivienda
- Vía de segundo orden
- Zona de recarga
- Zona de descarga

La zona de stock fue reacondicionada ocupando un área de 517 metros cuadrados, en la misma se almacenará el material extraído y que no ha sido llevado a las obras que lo necesiten es por ello que sus dimensiones no son muy grandes.

Las vías fueron ampliadas a 10.5 mts de ancho las mismas que contienen berma de seguridad y cuneta.

El frente de explotación será de manera simétrica, con 7 franjas de extracción, mismas que tendrán un ancho de 6m y una profundidad de explotación de 1.7 m



Tiene un área de 45 m² con 9 m de frente y 5 m de ancho, posee un encerramiento de malla, techo de zinc y dispondrá de 5 contenedores.



Tiene un área de 150 m², con 15 m de frente y 10 m de ancho, construcción con infraestructura, bloque y cemento, posee un área de descanso, comedor, sala de reuniones y oficina.

La barrera tiene dimensiones de 83.2mx3mx3m. El material de construcción es de cantos rodados con diámetros mayores a 75 cm.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
Facultad de Energía, Industrias y Recursos Naturales No Renovables
INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL



UNL Plano de Optimización del Área Minera "GADPC 02"

Optimización del sistema de explotación para la extracción de áridos y pétreos del área minera de libre aprovechamiento "GADPC 02, código 50000644", ubicada en la parroquia Cumbaratza, cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe.

AUTORA: María José Conza Cuenca	PARROQUIA: Cumbaratza	DIRECTOR: Ing. Jimmy Stalin Paladines Mg.Sc.	CICLO: Onceavo	ESCALA: 1: 1700	FECHA: 01/08/2023	ANEJO: 	LÁMINA DE MAPA: 4/4
------------------------------------	--------------------------	---	-------------------	--------------------	----------------------	------------	------------------------

Anexo 31. Certificado de traducción de resumen.

Ing. Stefany Johanna Cuenca Conza
DOCENTE DE INGLES

CERTIFICA:

Que la traducción del resumen del trabajo de integración curricular **Optimización del sistema de explotación para la extracción de áridos y pétreos del área minera de libre aprovechamiento “GADPC 02, código 50000644”, ubicada en la parroquia Cumbaratza, cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe;** de la Srta. María José Conza Cuenca, con número de cédula de identidad 1950126472, es correcto.

Es todo en cuanto puedo informar en honor a la verdad.

Se extiende la presente petición de la parte interesada para los fines que considere pertinente

Loja, 19 de septiembre de 2024.



Stefany Johanna Cuenca Conza
DOCENTE DE INGLES
REGISTRO SENESCYT: 1008-2023-2601214
C.C: 1105218281
stefany.cuenca1992@gmail.com