



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 materiales áridos y
pétreos del área minera “El Breo, Código 110353002”, ubicado en Los
Encuentros, parroquia Catamayo del cantón Catamayo, provincia de Loja**

**Trabajo de Titulación previo a la
obtención del título de Ingeniero en
Geología Ambiental y Ordenamiento
Territorial.**

AUTOR:

Wilmer Vinicio Cueva Quevedo

DIRECTOR:

Ing. Stalin Iván Puglla Arévalo. Mg. Sc

Loja – Ecuador

2023



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales áridos y pétreos del área minera “El Breo, Código 110353002”, ubicado en los Encuentros, parroquia Catamayo del catón Catamayo, provincia de Loja

Certificación

Loja, 17 de marzo de 2023

Ing. Stalin Iván Puglla Arévalo. Mg. Sc

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales áridos y pétreos del área minera “El Breo, Código 110353002”, ubicado en Los Encuentros, parroquia Catamayo del cantón Catamayo, provincia de Loja**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, de la autoría del estudiante **Wilmer Vinicio Cueva Quevedo, con cedula de identidad N° 1104785371**, 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. Stalin Iván Puglla Arévalo. Mg. Sc

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN



unl

Universidad
Nacional
de Loja

Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales áridos y pétreos del área minera “El Breo, Código 110353002”, ubicado en Los Encuentros, parroquia Catamayo del cantón Catamayo, provincia de Loja

Autoría

Yo, **Wilmer Vinicio Cueva Quevedo**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y 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:

C.I: 1104785371

Fecha: 18 de julio de 2023

Correo electrónico: Wimer.cueva@unl.edu.ec

Teléfono: 0993084597



Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.

Yo, **Wilmer Vinicio Cueva Quevedo**, declaro ser autor del Trabajo de denominado: **Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales áridos y pétreos del área minera “El Breo, Código 110353002”, ubicado en Los Encuentros, parroquia Catamayo del cantón Catamayo, provincia de Loja**, como requisito para optar por el título de **Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial Titulación**, autorizo 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 Integración Curricular o de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los dieciocho días del mes de julio del dos mil veintidós.

Firma:

Autor: Wilmer Vinicio Cueva Quevedo

Cédula: 1104785371

Dirección: Loja

Correo electrónico: Wimer.cueva@unl.edu.ec

Teléfono: 0993084597

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Titulación: Ing. Stalin Iván Puglla Arévalo. Mg. Sc



unl

Universidad
Nacional
de Loja

Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales áridos y pétreos del área minera “El Breo, Código 110353002”, ubicado en Los Encuentros, parroquia Catamayo del cantón Catamayo, provincia de Loja

Dedicatoria

Con mucho cariño y alegría dedico el presente trabajo a mi familia, mis padres y a mi esposa que son el pilar fundamental y el impulso para cada día salir adelante y buscar mejorar nuestro estilo de vida.

Wilmer Vinicio Cueva Quevedo



Agradecimiento

Primeramente, agradezco a Dios por brindarme la oportunidad y la fuerza necesaria para poder llegar a cumplir esta meta tan importante en mi vida.

Al ingeniero Iván Puglla, director del Trabajo de Titulación, por su tiempo, paciencia y excelente dirección para el desarrollo de este proyecto de titulación.

A mis docentes de la Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, quienes forjaron cada etapa de mi formación universitaria, brindándome su apoyo incondicional.

Al ingeniero Jorge Ruiz, por haberme permitido desarrollar mi Trabajo de Titulación en su área minera.

A mi familia, por su apoyo incondicional, por siempre estar presentes y alentado a seguir siempre hacia adelante y poder culminar con esta meta.

Wilmer Vinicio Cueva Quevedo



Índice de Contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de Contenidos	vii
Índice de tablas:	xiii
Índice de figuras:	xv
Índice de anexos:	xvii
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1. Abstract.....	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico	6
4.1. Geología.....	6
4.2. Clasificación general de las rocas.....	6
4.2.1. Rocas ígneas.....	6
4.2.2. Rocas sedimentarias.....	7
4.2.3. Rocas metamórficas.....	7
4.3. Topografía.....	8
4.3.1. Conceptos básicos de topografía:.....	8
4.3.2. Levantamiento topográfico.....	9
4.4. Los materiales pétreos.....	10
4.5. Materiales áridos y pétreos.....	11
4.5.1. Clasificación.....	11
4.5.2. Clasificación y denominaciones por su tamaño.....	11
4.5.3. Usos de los áridos y pétreos.....	12
4.5.4. Criterio de naturaleza mineral.....	12



4.5.5.	Criterio de origen o procedencia.....	12
4.5.6.	Criterio de granulometría.....	13
4.6.	Parámetros de explotación de yacimientos de áridos y/o pétreos.....	14
4.6.1.	Parámetros geométricos.....	14
4.6.2.	Parámetros hidrogeológicos.....	14
4.6.3.	Parámetros del material extraíble.....	15
4.6.4.	Parámetros ambientales.....	15
4.6.5.	Cálculo de volúmenes.....	15
4.6.6.	métodos de evaluación.....	15
4.6.7.	Método de secciones transversales adyacentes.....	16
4.6.8.	Método de cubicación entre curvas de nivel.....	16
4.6.9.	Método de la altura media.....	17
4.6.10.	Método de triangulación.....	17
4.6.11.	Método de polígonos.....	17
4.6.12.	Método de los prismas regulares.....	18
4.7.	Métodos de explotación.....	18
4.7.1.	Métodos de explotación a cielo abierto.....	18
4.8.	Sistemas de explotación para minería a cielo abierto.....	19
4.8.1.	Cortas.....	19
4.8.2.	Descubiertas.....	19
4.8.3.	Terraza.....	20
4.8.4.	Canteras.....	20
4.8.5.	Graveras.....	21
4.8.6.	Sistemas de explotación para áridos y pétreos.....	22
4.9.	Diseño de explotación.....	23
4.10.	Operaciones básicas de extracción de áridos.....	24
4.10.1.	Labores de preparación.....	24



4.10.2. Arranque	24
4.10.3. Transporte	24
4.10.4. Clasificación	25
4.10.5. Stockeado.....	25
4.10.6. Lavado.....	25
4.11. Maquinaria y equipos empleados en la explotación de áridos	26
4.11.1. Clasificación General Según Su Capacidad.....	26
4.11.2. Maquinaria para el arranque del material.	26
4.11.3. Maquinaria para el cargado del material.....	27
4.11.4. Maquinaria para el transporte del material	27
4.12. La optimización.....	28
4.13. Marco Legal	29
4.13.1. Constitución de la república del ecuador, 11 octubre 2008	29
4.13.2. Código Orgánico Del Ambiente (COA)	30
4.13.3. Código orgánico de organización territorial, autonomías descentralización (cootad).	30
“Art 55.-Competencias exclusivas del gobierno autónomo descentralizado municipal... 30	
4.13.4. Ley de minería	31
4.13.5. Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua, publicada en el segundo suplemento del registro oficial N° 305 del 06 de agosto del 2014.	31
4.13.6. reglamento ambiental de actividades mineras, publicado en el suplemento de registro oficial N°213 del 27 de marzo de 2014, última modificación 23 de noviembre de 2018. (RAAM).....	32
4.13.7. Reglamento especial para explotación de materiales áridos y pétreos, publicado en el suplemento del registro oficial N° 784 del 07 de septiembre del 2012.....	32
4.13.8. Reglamento de seguridad y salud en el trabajo del ámbito minero, publicado en el registro oficial N° 339 de 27 de noviembre de 2020.	33



4.14. Ordenanza para regular, autorizar y controlar la explotación de materiales áridos y pétreos que se encuentran en los lechos de los ríos, lagos, playas de mar, y canteras existentes en la jurisdicción del Cantón Catamayo, Provincia De Loja.....33

5. Metodología.....34

5.1. Materiales34

5.1.1. Metodología para el primer objetivo..... 34

5.1.2. Metodología para el segundo objetivo 36

5.1.3. Metodología para el tercer objetivo 39

6. Resultados42

6.1. Ubicación y Acceso.....42

6.1.1. Ubicación 42

6.1.2. Acceso..... 42

6.1.3. Información general de la empresa 42

6.1.4. Personal..... 44

6.1.5. Infraestructura 44

6.1.6. Geología..... 45

6.1.7. Geomorfología 47

6.1.8. Hidrología 47

6.1.9. Clima..... 48

6.2. Topografía.....49

6.3. Geología Local52

6.3.1. Descripción de Calicatas..... 55

6.3.2. Delimitación de zonas de explotación del área minera..... 59

6.3.3. Ensayos de laboratorio 60

6.3.4. Área de Conservación 62

6.3.5. Evaluación de reservas..... 62

6.3.6. Arrastre del material..... 64

6.4. Descripción de los procesos y actividades del sistema de explotación actual.....67



6.5.	Esquema de explotación actual	67
6.5.1.	Destape o Preparación.....	68
6.5.2.	Extracción	68
6.5.3.	Carga Y Acarreo Del Material	69
6.5.4.	Lavado Y Clasificación Del Material	70
6.5.5.	Almacenamiento o Stock.	71
6.5.6.	Comercialización.	72
6.6.	Actividades auxiliares	72
6.6.1.	Mantenimiento de maquinaria.	72
6.6.2.	Administración y bodega.	73
6.6.3.	Alimentación.....	73
6.6.4.	Lavadora de vehículos.	73
6.7.	Ciclos de Producción Actual	74
6.7.1.	Rendimiento de maquinaria.	75
6.7.2.	Rendimiento de la maquinara de arranque y carga.....	76
6.7.3.	Rendimiento de la maquinaria de acopio.....	79
6.7.4.	Rendimiento de los volquetes o equipo de acarreo:.....	79
6.7.5.	Producción total promedio por jornada de trabajo.....	80
6.8.	Análisis de la vida útil del depósito.....	81
6.9.	Analís Económico de los Costó de producción del sistema actual.....	82
6.9.1.	costos directos.....	82
6.9.2.	Costos indirectos.....	83
6.10.	Resumen de costo de producción.	84
6.11.	Costo diario.....	84
6.11.1.	Costo de producción por metro cúbico	85
6.12.	Selección del sistema de explotación optimizado	85
6.12.1.	Análisis multicriterio entre los sistemas de explotación.....	86



6.13. Descripción De Los Procesos Y Actividades Del Sistema De Explotación Optimizado.....87

 6.13.1. Destape o preparación optimizado..... 88

 6.13.2. Extracción o Arranque optimizado. 88

 6.13.3. Carga y acarreo. 92

 6.13.4. Producción diaria con el sistema optimizado..... 95

 6.13.5. Clasificación o Cribado..... 96

 6.13.6. Acopio o Estoqueo 97

6.14. Maquinaria y personal requerido para el sistema optimo..... 97

6.15. Parámetros de explotación del sistema óptimo..... 98

 6.15.1. Diseño de los diques Transversales 98

6.16. Frente de Explotación N° 1100

6.17. Valoración económica del sistema optimización.100

 6.17.1. Costos de Implementaciones en los procesos y actividades de construcción de los diques..... 101

 6.17.2. Resumen de costo de producción del sistema optimizado..... 102

6.18. Costo De Producción Por Metro Cúbico Optimizado.102

 6.18.1. Costo diario 102

 6.18.2. Producción diaria optimizado. 102

7. Discusión de Resultados104

8. Conclusiones.....106

9. Recomendaciones.....107

10. Bibliografía.....108

11. Anexos.....111



Índice de tablas:

Tabla 1.	Clasificación por su tamaño	12
Tabla 2.	Maquinaria para el arranque del material.....	27
Tabla 3.	Maquinaria para el cargado de material	27
Tabla 4.	Maquinaria para el transporte del material.....	28
Tabla 5.	Listado de materiales de campo y oficina	34
Tabla 6.	Ficha de descripción del estado de infraestructuras y aéreas empleadas para el trabajo.....	35
Tabla 7.	Ficha de registro de tiempos producción.....	35
Tabla 8.	Descripción De Afloramientos.....	37
Tabla 9.	Descripción de calicatas para el volumen obtenido	38
Tabla 10.	Hectáreas a explotar del área minera de materiales pétreos “EL BREO” código 110353010.....	43
Tabla 11.	Datos generales de la concesión El Breo y titular minero.....	43
Tabla 12.	Personal que la labora en la empresa El Breo	44
Tabla 13.	Coordenadas de Afloramientos del área de libre aprovechamiento DATUM WGS 84.....	52
Tabla 14.	Resultados de ensayos para el Área minera “El Breo”.....	61
Tabla 15.	Reservas del frente de explotación del área El Breo.	62
Tabla 16.	Volumen para explotar por material según clasificación granulométrica	63
Tabla 17.	Excavadora De Cadena Case Cx-290.....	69
Tabla 18.	Maquinaria utilizada en el acarreo del material	69
Tabla 19.	Proceso de lavado del material para su respectiva clasificación	70
Tabla 20.	Resumen de tiempos por labor de la excavadora Kato para el llenado de tres volquetes. ...	75
Tabla 21.	Factor de eficacia en función de la clase de terreno a excavar.....	76
Tabla 22.	Coeficiente de transformación en función del material a ser transportado	76
Tabla 23.	Producción diaria de material pétreo.....	81
Tabla 24.	Rubro costos directos	82
Tabla 25.	Rubro costos indirectos	83
Tabla 26.	Resumen de costos de producción.....	84
Tabla 27.	Tabla. Análisis Multicriterio de los sistemas de explotación	86
Tabla 28.	Datos para el cálculo del rendimiento óptimo de la excavadora.	89
Tabla 29.	Numero de paladas necesarias para cargar el equipo de transporte.	90
Tabla 30.	Datos para el cálculo del tiempo óptimo	93
Tabla 31.	Datos técnicos del equipo de carga y acarreo.....	94
Tabla 32.	Rendimiento del equipo de acarreo	95
Tabla 33.	Maquinaria y personal requerido con el sistema optimizado	97



Tabla 34. Ángulo de Reposo Natural en función del material	99
Tabla 35. Volumen de los diques	101
Tabla 36. Costo de construcción de diques	101
Tabla 37. Costo de implementación de malla.	101
Tabla 38. Costo de implementación de Caucho y cintas de seguridad.....	101
Tabla 39. Tabla costos totales construcción de diques.....	102
Tabla 40. Comparación de sistema actual vs optimizado.....	103

Índice de figuras:

Figura 1. Criterios de clasificación de los áridos.....	11
Figura 2. Método de secciones transversales adyacentes	16
Figura 3. Método de cubicación entre curvas de nivel.	17
Figura 4. Método de la altura media.	17
Figura 5. Método de explotación por cortas	19
Figura 6. Descubierta de carbón	20
Figura 7. Método de explotación por terrazas	20
Figura 8. Método de Explotación de Canteras, Áridos.....	21
Figura 9. Explotación de Graveras	21
Figura 10. Acceso a la concesión minera El Breo	42
Figura 11. De izquierda a derecha, oficina y área de descanso de la Concesión El Breo.....	44
Figura 12. Datos meteorológicos del periodo 2018-2020.....	48
Figura 13. Equipo utilizado para el levantamiento topográfico del área minera “El Breo”	50
Figura 14. Mapa de pendientes del área minera “El Breo”.....	50
Figura 15. Fotografías Satelitales del área El Breo.....	51
Figura 16. Afloramiento 1	53
Figura 17. Afloramiento 2	53
Figura 18. Terraza aluvial en la rivera del rio Catamayo	54
Figura 19. Afloramiento de rocas granítica	55
Figura 20. Fotografía y columna estratigráfica 1 elaborada en Sedlog	56
Figura 21. Fotografía y columna estratigráfica 2 elaborada en Sedlog	57
Figura 22. Columna Estratigráfica 3 elaborada en Sedlog	58
Figura 23. Área de explotación y libre aprovechamiento en el área El Breo	59
Figura 24. Requisitos de áridos para ser utilizados en la preparación de hormigones.....	60
Figura 25. Diagrama de proceso de materiales de construcción del área minera “El Breo”	67
Figura 26. Diagrama de Proceso de Clasificación.....	71
Figura 27. Pala cargadora CAT 966c empleada para recogida y cargado del material	71
Figura 28. Taller mecánico	72
Figura 29. Oficina y bodega	73
Figura 30. Comedor	73
Figura 31. Ciclo de producción actual.....	74
Figura 32. Diseño de explotación mediante diques transversales.....	89
Figura 33. Carga y acarreo.....	92
Figura 34. Clasificación o Cribado.....	96



unl

Universidad
Nacional
de Loja

Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales áridos y pétreos del área minera “El Breo, Código 110353002”, ubicado en Los Encuentros, parroquia Catamayo del cantón Catamayo, provincia de Loja

Figura 35. Características geométricas del dique transversal	98
Figura 36. Vista frontal del sistema de explotación óptimo.	100



Índice de anexos:

Anexo 1. Ficha de información general de la empresa el breo	111
Anexo 2. Ficha de descripción de instalaciones, maquinaria y actividades.....	112
Anexo 3. Ficha de descripción del estado de infraestructuras y áreas de trabajo	114
Anexo 4- Registro de tiempos por labor de la excavadora (Case-Cx290) para el llenado de tres volquetes.....	116
Anexo 5. Ficha de descripción de afloramientos.	117
Anexo 6. Mapa topográfico del área minera el breo	120
Anexo 7. Mapas pendientes del área minera el breo.....	120
Anexo8. Mapa de geología local del área minera el breo	120
Anexo 9. Diseño de explotación mediante diques transversales del área minera “El Breo”	120
Anexo 10. Ensayos De Laboratorio	121
Anexo 11. Certificación de traducción del resumen	127



unl

Universidad
Nacional
de Loja

Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales áridos y pétreos del área minera “El Breo, Código 110353002”, ubicado en Los Encuentros, parroquia Catamayo del cantón Catamayo, provincia de Loja

1. Título

Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales áridos y pétreos del área minera “El Breo, Código 110353002”, ubicado en Los Encuentros, parroquia Catamayo del cantón Catamayo, provincia de Loja

2. Resumen

El presente trabajo de investigación consiste en la Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales áridos y pétreos en el área minera “El Breo, Código 110353002” ubicada en el sector de Los Encuentros, parroquia y cantón Catamayo, provincia de Loja, la cual cuenta con una extensión de 140 hectáreas mineras contiguas. La investigación tiene la finalidad de dar a conocer una propuesta de optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción, que permita mejorar la eficiencia de los proceso y actividades, teniendo en consideración parámetros técnico-económicos y ambientales.

Para el desarrollo de la presente investigación inicialmente se recopiló y analizó la información bibliográfica disponible del sector y en conjunto con la información levantada en campo y trabajada en oficina se logró caracterizar el área de estudio en lo que respecta a su geología, topografía, sus reservas y volúmenes de explotación.

Luego se procedió a conocer la situación actual del área, los proceso y actividades que se desarrollan durante la jornada laboral, todo eso mediante la observación directa y a través de un registro detallado en campo permitiendo identificar parámetros como: infraestructura, capacidad de los equipos y rendimiento de la maquinaria empleada en cada fase del sistema de explotación, además se determinó la producción diaria lo cual permitió determinar el valor por metro cubico de material extraído con el sistema actual.

Para la elección del sistema optimizado, se consideró criterios como seguridad, topografía y geológica, además se empleó un análisis multicriterio donde se comparó dos alternativas en relación a sus ventajas y desventajas ambientales, económicas, productivas y técnicas, estos parámetros permitieron establecer el nuevo sistema de explotación denominado “Diques Transversales” como la opción más adecuada desde el punto de vista de la optimización.

Finalmente se efectuó un análisis de los ajustes y costos a emplearse para lograr las condiciones de optimización, lo cual permitió definir la viabilidad del sistema optimizado.

Palabras clave: *Materiales de construcción, Sistema de explotación, ptimización.*

2.1. Abstract

The present research consists of the Optimization of the exploitation system for the extraction of arid and stone materials in the mining area "El Breo, Code 110353002" located in Los Encuentros sector, Catamayo parish and canton, Loja province, which has an extension of 140 contiguous mining hectares. The purpose of the research is to present a proposal for the optimization of the exploitation system for the extraction of construction materials, which allows improving the efficiency of the processes and activities, taking into account technical-economic and environmental parameters.

For the development of the present investigation, the available bibliographic information of the sector was initially compiled and analyzed and together with the information collected in the field and worked on in the office, it was possible to characterize the study area in regards to its geology, topography, reserves and exploitation volumes.

Then, it proceeded to learn the current situation of the area, the processes and activities that take place during the working day, all this through direct observation and a detailed record in the field, allowing the identification of parameters such as: infrastructure, equipment capacity and performance of the machinery used in each phase of the exploitation system, also the daily production was determined, which allowed determining the value per cubic meter of material extracted with the current system.

For the choice of the optimized system, criteria like security, topography and geology were considered, in addition a multicriteria analysis was used where two alternatives were compared in relation to their environmental, economic, productive and technical advantages and disadvantages, these parameters permitted determining the new system of exploitation called "Transversal Dikes" as the most appropriate option from the point of view of optimization.

Lastly, an analysis of the adjustments and costs to be used to achieve the optimization conditions was carried out, which allowed defining the viability of the optimized system.

Keywords: *construction materials, exploitation system, optimization.*

3. Introducción

Los elementos pétreos básicamente son utilizados en la construcción y su uso comprende partes estructurales y decorativas. Éstos pueden ser pétreos naturales extraídos directamente de la naturaleza o pétreos artificiales procesados e industrializados por el hombre, siendo usados exclusivamente en el sector de la construcción y obras civiles.

El área “El Breo, Código 110353002” se dedica netamente a la extracción de materiales áridos y pétreos, su comercialización está limitada por la demanda del comprador o contratos directos con empresas, los cuales son comercializados con fines de emplearse en obras tanto de construcción como obras civiles.

La explotación de los áridos y pétreos se ha convertido en una actividad con un gran potencial económico en los últimos años, este aumento se ve reflejado en una mayor explotación de áridos y pétreos debido a que estos materiales son indispensables para la utilizado en obras de construcción y obras civiles. El cantón Catamayo con el paso el tiempo ha tenido un gran crecimiento urbanístico en donde se requiere de los materiales áridos y pétreos para la implementación de obras como son vías, viviendas, muros de contención, en base a la ubicación geográfica de Catamayo y la hidrografía de la misma este posee grandes reservas de este recurso.

El área El Breo está ubicada en el cantón Catamayo, la cual cuenta con una superficie de 140 hectáreas, la cual no dispone de un ritmo de producción óptimo, es decir, su sistema de explotación no es el adecuado, lo que se ve reflejado en una explotación desorganizada e ineficiente que, a su vez, produce problemas ambientales, sociales y económicos.

La propuesta del nuevo sistema de explotación se planteó con el fin de: mejorar las condiciones laborales de los trabajadores, aumentar la productividad, y reducir los impactos ambientales, con el fin de obtener una mayor rentabilidad económica a la concesión.



Objetivo General

Optimizar el Sistema de Explotación para la extracción de materiales áridos y pétreos del Área Minera “El Breo, Código 110353002”, ubicado en Los Encuentros del cantón Catamayo, provincia de Loja.

Objetivos Específicos

Describir los procesos y actividades basados en el sistema de explotación actual, lo que permitirá establecer los indicadores de optimización.

Delimitar información geológica y topográfica del área de estudio, con el fin de definir su geometría para la futura estimación de reservas.

Proponer un sistema optimizado de explotación que mejore la eficiencia de los procesos y de la maquinaria empleada, en base a la demanda actual de producción del área minera “El Breo, Código 110353002”.

4. Marco teórico

4.1. Geología

La geología (del griego Geo, tierra, y logos, tratado) es la ciencia que trata de la tierra, de su constitución, estructura y desarrollo, y de los procesos que tiene lugar en ella, en sus envoltura aérea, hídrica y pétreo. (Gorshkov, 1970)

La geología es la ciencia que estudia la tierra; y tiene por objeto dar a conocer su configuración, la naturaleza y arreglo de los materiales que la componen, los fenómenos que se pasan en su interior, los que obran incesantemente sobre su superficie y por fin los que sucesivamente la modifican desde su creación. (Lyell, 1847)

Dentro de las definiciones de la geología y topografía, cabe recalcar que son conceptos que engloban nuestro planeta, ya que estas dos temáticas son muy importantes, debido a que tratan del estudio de la tierra y de los fenómenos naturales que se producen en su interior o a su alrededor.

La geología está estructurada en varias disciplinas diferentes. Algunas reciben su nombre en función de la ciencia de la cual derivan sus técnicas, por ejemplo, el estudio de la estructura profunda de la Tierra mediante el análisis de sus propiedades físicas es el campo de la Geofísica, o el estudio de la composición química de la Tierra y de sus rocas es el campo de la Geoquímica. (Navarrete, 2005).

De lo mencionado anteriormente, se define a la Geología como la ciencia que estudia la Tierra, tanto desde un punto de vista histórico y físico, con la finalidad de poder entender y comprender las interacciones que ocurren sobre la Tierra con el transcurso del tiempo. Además, la Geología requiere de una comprensión y aplicación de diversos conocimientos como son la física, química y la biología.

4.2. Clasificación general de las rocas

4.2.1. *Rocas ígneas*

Son aquellas que se generan por la consolidación del magma. Si esto ocurre dentro de la corteza terrestre entonces, nos referimos a las rocas ígneas intrusivas o plutónicas. Si sucede

en la superficie entonces nos referimos a rocas ígneas extrusivas o volcánicas. (Navea, G, 2010, p. 4).

La composición mineralógica promedio de las rocas ígneas es: 59% feldespatos, 12% cuarzo, 17% anfíboles y piroxenos, 4% micas y 8% otros minerales.

Ante lo mencionado podemos decir que las rocas ígneas, son aquellas que se forman a partir de la solidificación del magma, las cuales pueden ser de tipo intrusivas o plutónicas si se encuentran dentro de la corteza terrestre, o en caso contrario si se dan en la superficie se las conoce como extrusivas o volcánicas. (Navea G, 2010, p. 4).

Por el volumen en la corteza, las rocas ígneas representan el 95% contra el 5% de las sedimentarias, aunque estas últimas exhiben mayor afloramiento. La acción del magma resulta ser la asimilación y fusión de la roca encajante o el fracturamiento y la intrusión de dicha roca. Al fluir a través de ella genera movimientos telúricos por la presión de los gases magmáticos o por la presión del magma mismo.

4.2.2. Rocas sedimentarias

Las rocas sedimentarias más importantes por su abundancia y en su orden, son: la lutita, la arenisca y la caliza. Aunque las rocas sedimentarias constituyen una proporción muy pequeña del volumen de la corteza de la Tierra, son altas las posibilidades de encontrarlas en la superficie, donde tres cuartas partes de las rocas expuestas son sedimentarias. (Gonzales, 2020)

De lo mencionado por Gonzales en (2020), podemos decir que las rocas sedimentarias son las que se originan por la acumulación de sedimentos, las mismas que se las puede encontrar en la superficie de la corteza terrestre en proporciones pequeñas de volumen.

La acumulación puede ocurrir en medio ambiente marino o continental, en el seno de un fluido líquido (océanos, mares, lagunas, ríos, etc.) o gaseoso (sobre la superficie, en desiertos, estepas, etc.). La materia acumulada consiste en fragmentos de materiales preexistentes (clastos), en precipitados químicos, o una mezcla de ambos. (Varela, 2012)

4.2.3. Rocas metamórficas

Según Tamayo (2016) Las rocas metamórficas se derivan de rocas preexistentes (ígneas, sedimentarias o metamórficas) por cambios mineralógicos, de textura y estructurales.

Estos cambios pueden ser el resultado de variaciones importantes de temperatura, presión y tensiones de cizalla a considerable profundidad en la corteza terrestre. Las rocas metamórficas pueden también ser el resultado de cambios muy grandes en la presión en conjunción con la temperatura metamórfica creciente. (p. 8).

Bajo la presente cita se considera a las rocas metamórficas como rocas formadas de otras preexistentes, que pueden ser sedimentarias o ígneas, producto de cambios mineralógicos, variaciones de presión y temperatura bajo la profundidad de la corteza terrestre.

4.3.Topografía

4.3.1. Conceptos básicos de topografía:

(García,2014), define la topografía (del griego; topos, lugar y graphein, describir) como la ciencia que trata de los principios y métodos empleados para determinar las posiciones relativas de los puntos de la superficie terrestre, por medio de medidas, y usando los tres elementos del espacio. Estos elementos pueden ser: dos distancias y una elevación, o una distancia, una dirección y una elevación.

La topografía define la posición y las formas circunstanciales del suelo; es decir, estudia en detalle la superficie terrestre y los procedimientos por los cuales se pueden representar, todos los accidentes que en ella existen, sean naturales o debidos a la mano del hombre.

Siempre el hombre ha tenido necesidad de estudiar detalladamente un territorio específico de la tierra, he aquí donde entra la topografía: ayuda a determinar los linderos de la propiedad, con sus divisiones interiores y diversos cultivos, las viviendas, los caminos y los ríos, los puentes, los ferrocarriles, los montes con sus valles y barrancos, los bosques, los pantanos, etc., y, en suma, todas aquellas particularidades del terreno que puedan interesar en las cuestiones que se presentes en las necesidades de la vida práctica. (García, 2014, p.99),

De lo mencionado por García (2014) podemos decir que la topografía, es una herramienta que nos permite realizar mediciones sobre la superficie terrestre con una gran eficiencia y precisión, permitiéndonos realizar una representación gráfica de todos los accidentes que en ella existen, con la finalidad de poder representar sobre un plano las formas y dimensiones de un terreno.

4.3.2. *Levantamiento topográfico*

Conjunto de operaciones que tienen por objeto determinar la posición de puntos en el espacio, así, lo determinan donde, su representación en un plano, el conjunto de operaciones incluye:

- Selección del método de levantamiento.
- Elección del equipo a utilizar.
- Identificar y ubicar posibles vértices de apoyo.
- Realización de mediciones en terreno.
- Cálculo y procesamiento de datos.
- Elaboración de planos.

4.3.2.1. **Tipos de levantamientos**

Dentro de los levantamientos topográficos se encuentran:

- **Levantamiento de terrenos en general.**

Tiene por objeto marcar linderos o localizarlos, medir y dividir superficies, ubicar terrenos en planos generales ligando con levantamientos anteriores o proyectar obras y construcciones.

- **Topografía para vías de comunicación.**

Sirve para estudiar y construir caminos, ferrocarriles, canales, líneas de transmisión, acueductos, etc.

- **Topografía de minas.**

Tiene por objeto fijar y controlar la posición de trabajos subterráneos y relacionarlos con las obras superficiales.

- **Levantamientos catastrales.**

Normalmente Se trata de levantamientos urbanos o rurales, con el propósito de localizar los linderos de las propiedades (agrícolas, mineras, acuicultura, derechos de agua, etc.) y las construcciones que contienen, para conocer sus detalles, su extensión, su valor, los derechos de propiedad y transmisión, con la finalidad principal de que el estado pueda recaudar los impuestos respectivos.

- **Levantamientos hidrográficos.**

Levantamientos relacionados con la definición de deslindes de playas de mar, ríos, lagos, embalses y otros cuerpos de agua, así como con la configuración e irregularidades de sus profundidades (batimetría), utilizando instrumental topográfico clásico en la determinación planimetría y sofisticados instrumentos electrónicos para determinar sus profundidades. Las finalidades pueden ir desde la delimitación de sus playas para uso público, pasando por la navegación, hasta el estudio de sedimentos y el dragado de sus fondos.

- **Levantamientos de ingeniería.**

Incluye los trabajos topográficos requeridos antes, durante y después del término o cierre de los proyectos de ingeniería. Un plano topográfico resultante de un levantamiento que entregue la configuración del terreno más la incipiente concepción mental de algún proyecto de ingeniería son las materias primas más elementales y suficientes para que un ingeniero comience a plasmar en el plano su proyecto.

- **Levantamientos aéreos.**

Se hacen por medio de la fotografía, generalmente desde aviones y/o drones, y se usan como auxiliares muy valiosos de todas las otras clases de levantamientos. La fotogrametría se dedica especialmente al estudio de estos trabajos. (Rincón et al, 2018, p. 4).

4.4. Los materiales pétreos

Los materiales pétreos son los materiales naturales o estos adaptados por el hombre que sirven como materia prima para la elaboración de obras civiles o arquitectónicas. Estos materiales provienen de rocas o derivados de rocas sean estas ígneas, sedimentarias y metamórficas, todos los materiales que en su procesamiento no implique un proceso industrial diferente a la trituración y/o clasificación granulométrica. (Bañón, 2009)

Existen diferentes maneras de obtener estos materiales, la principal, la explotación en lechos de ríos, seguida por la explotación de canteras y el aprovechamiento de sectores con cantidades considerables de material.

Como lo menciona Bañón (2009) los materiales pétreos son de suma importancia, los mismos que pueden ser obtenidos mediante la explotación de lechos del río, o a través de la explotación de canteras para el aprovechamiento en la elaboración de obras civiles o arquitectónicas.

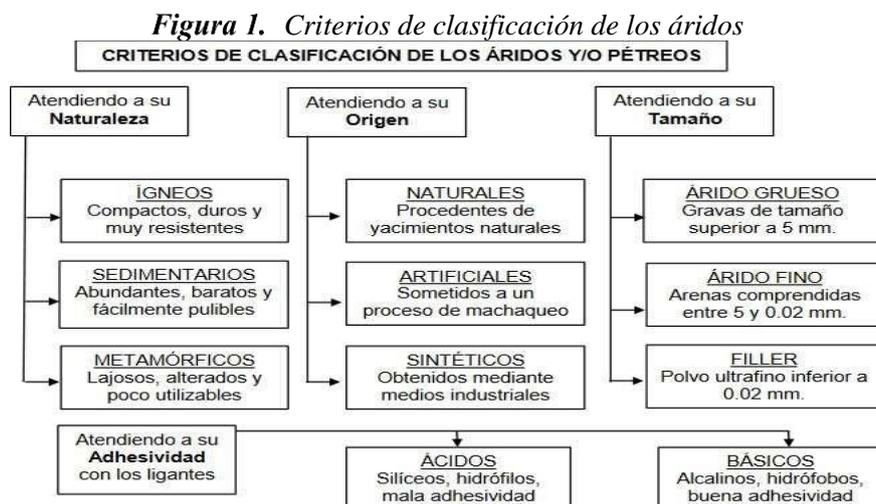
4.5. Materiales áridos y pétreos

Los materiales pétreos y/o áridos se definen como un conjunto de partículas minerales de distintos tamaños y formas que proceden de la fragmentación natural o artificial de las rocas.

Este tipo de materiales constituyen un elevado porcentaje en la constitución de las distintas capas de un firme, normalmente al 90% en peso; puede decirse, por lo tanto, que conforman el esqueleto resistente del firme. (Bañón et ál, 2000)

4.5.1. Clasificación

Los áridos se clasifican comúnmente por su origen en: Granulares, Triturados, Artificiales, Reciclados. Por su utilización: Para hormigones, para viales, para aglomerantes asfálticos, balastos, escolleras, rellenos, Materias primas para la industria (cemento, filtros, entre otros), en la figura 1, se resumen dichos criterios:



Nota: (Bañón Blázquez y Beviá García, 2000)

4.5.2. Clasificación y denominaciones por su tamaño.

Su clasificación y su valor económico viene condicionado por la granulometría, que en general se denomina de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla1. *Clasificación por su tamaño*

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

Nota: Herbert, 2006

4.5.3. Usos de los áridos y pétreos.

Los áridos y pétreos son el recurso básico para el desarrollo urbano y constituyen en diversas regiones la fuente primaria para la construcción de infraestructura variada.

Los principales usos que poseen actualmente se resumen en:

- Materia prima para la construcción de viviendas, centros comerciales y otras obras de la expansión urbanística.
- Como materiales de base, subbase y aglomerados asfálticos en la construcción de vías.
- Como material de relleno en el control de riberas de ríos y lugares de inestabilidad vial producto de fallas geológicas.
- En la construcción de diferentes obras de estabilización tales como muros (hormigón y gavión), pantallas, rellenos, pilotes, entre otras.

4.5.4. Criterio de naturaleza mineral

Es de sobra conocida la gran variedad de rocas existentes, divididas en tres grandes grupos genéticos: rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. A su vez, dentro de éstos existen subgrupos, familias y series minerales que agrupan materiales de composición a fin. La idoneidad de un determinado árido depende principalmente de una serie de factores relacionados con las características intrínsecas de la propia roca, aunque pueden influir de manera notable aspectos como su correcta fabricación, transporte y puesta en obra. (Bañón et ál, 2000)

4.5.5. Criterio de origen o procedencia

(Benavides D, 2016, p.29) menciona que se puede establecerse una clasificación de los áridos y/o pétreos en función de su lugar de procedencia:

- **Áridos y/o pétreos naturales.** - Dentro de este grupo se engloban aquellos áridos que se encuentran ya machacados, pudiendo ser directamente empleados tal y como se encuentran en la naturaleza; únicamente es necesario someterlos a un proceso de selección, refinado y clasificación por tamaños. Se hallan en graveras, canteras y otro tipo de yacimientos al aire libre, por lo que su extracción es relativamente sencilla.
- **Áridos y/o pétreos artificiales o de machaqueo.** - Obtenidos a partir de la disgregación de macizo rocoso, empleando generalmente procedimientos de voladura con explosivos. Necesitan un mayor tratamiento que los anteriores, por lo que es necesario procesarlos en plantas de machaqueo; en ellas, el material es limpiado, machacado, clasificado en acopios.
- **Áridos y/o pétreos sintéticos industriales.** Este grupo lo componen materiales de diversa índole, como productos de desechos o subproductos de procesos industriales, materiales calcinados, procedentes de demoliciones y reciclado de firmes existentes o áridos manufacturados con características mejoradas. (Benavides D, 2016, p.10).

4.5.6. *Criterio de granulometría*

Los productos finales obtenidos al largo de las actividades de extracción y tratamiento de áridos y/o pétreos son separados y clasificados por tamaños para su posterior dosificación, mezcla y uso. Se diferencian tres grupos de áridos en función de sus propiedades generales y granulometría (Bañón et ál, 2000)

- **Áridos gruesos.** Están compuestos fundamentalmente por gravas. Este tipo de áridos presentan tamaños que son retenidos en el tamiz de 5mm. Y conforman el esqueleto mineral en cualquier tipo de zahorra o mezcla bituminosa.
- **Áridos finos.** Corresponden a las arenas, comprende al árido que pasa por el tamiz de abertura nominal de 5 mm. y es retenido en el 0,080 mm.
- **Árido ultrafino.** Se define la fracción mineral que pasa por el tamiz 0.080 mm; esta especie de polvillo fino se obtiene como un producto residual procedente del lavado de los áridos machacados.

Frente a los tres grupos de áridos importantes de extracción y tratamiento es destacable su clasificación en base a su granulometría, donde sus compuestos corresponden a grava, arena

y a la especie de polvillo, con la finalidad que su utilidad sea adecuada en obras de construcción.

4.6. Parámetros de explotación de yacimientos de áridos y/o pétreos

4.6.1. *Parámetros geométricos*

Los yacimientos explotables de áridos y/o pétreos según menciona Herrera (2007) están condicionados por un modelo geológico y estructural, por lo que los estudios de selección de zonas deben comenzar siempre por el estudio y desarrollo de un mapa geológico-estructural. El modelo geológico del yacimiento, que incluya con precisión suficiente toda la información sobre la forma y dimensiones en el espacio del cuerpo rocoso, es el elemento clave a la hora de establecer el sistema de explotación.

Para definir un modelo geológico en zonas de poca cobertura vegetal en ocasiones es suficiente con el reconocimiento geológico detallado, no siendo el caso cuando existe abundante presencia de vegetación ya que se necesitaría técnicas complementarias como la geofísica y sondeos para definir el modelo. (Benavides D, 2016, p.14)

El modelo geológico de un yacimiento es útil, ya que nos permite conocer sobre las propiedades de nuestro cuerpo mineralizado, con la finalidad de elegir nuestro sistema de explotación adecuado.

4.6.2. *Parámetros hidrogeológicos*

Tienen como finalidad establecer la posición del nivel freático, aguas de infiltración, y cauce del río, configurándose como uno de los condicionantes de la explotación, ya que mantener un bombeo permanente del banco de explotación puede significar un aumento extraordinario de los costes de operación. (Herrera, 2007)

Los parámetros hidrogeológicos son de suma importancia al momento de la explotación de los materiales pétreos ya que, si toma en cuenta el cauce del río y su nivel freático, al momento de extraer los materiales nos permite reducir los gastos de operación.

4.6.3. *Parámetros del material extraíble*

Constituyen el aspecto más determinante sobre el mayor o menor interés que puede tener un depósito de cara a su explotabilidad, y en referencia a la calidad del material vendible, dado los requerimientos de calidad. Las propiedades y el comportamiento de muchos materiales elaborados con áridos, como el hormigón, dependen tanto de las proporciones en que entran a formar parte sus componentes, como las propiedades individuales de cada uno de ellos.

Las características de los áridos dependen tanto de las propiedades intrínsecas del propio árido (composición mineralógica, grado de alteración, textura, forma, tamaño de grano, naturaleza del cemento de la roca, porosidad, permeabilidad, absorción y retención de agua, entre otras), como de su proceso de fabricación (granulometría, forma, limpieza del producto, etc.) (Herrera, 2007).

4.6.4. *Parámetros ambientales*

La puesta en marcha y desarrollo de un proyecto de explotación exige dar respuesta a un capítulo cada vez más grande y complejo de aspectos medioambientales, que es necesario conocer y cuantificar a partir del estudio medioambiental de base.

Este tipo de iniciativas no solamente se constituye en una herramienta básica de una gestión medioambiental correcta, sino que son considerados modernamente como herramientas de competitividad. (Herrera, 2007).

4.6.5. *Cálculo de volúmenes*

Una vez determinada la naturaleza y distribución de los áridos y pétreos existentes en un depósito, se debe pasar a la etapa de cálculo del volumen.

Los volúmenes pueden ser determinados por varios métodos; la elección de un método u otro está determinado por las características geométricas del elemento a cubicar.

4.6.6. *métodos de evaluación.*

Según Bustillo y López (1997) existen dos grandes grupos de métodos a la hora de llevar a cabo la estimación de las reservas de un depósito o yacimiento; los llamados métodos clásicos o geométricos y los denominados métodos geoestadísticos.

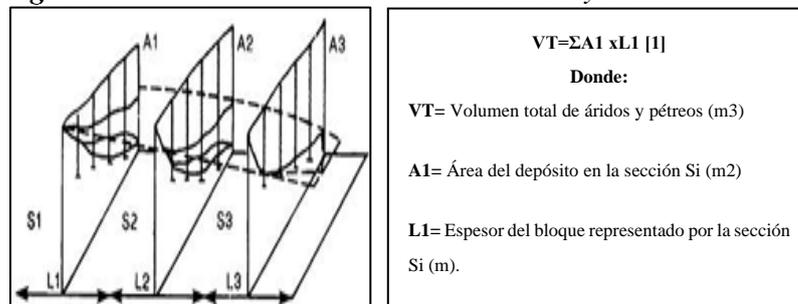
- **Métodos clásicos o geométricos.** - Se basa en la construcción de una o varias figuras geométricas en las que se va a estimar que cantidad de mineralización o material extraíble existente dentro de ellas.
- **Métodos geostatísticos.** - Ofrecen una óptima evaluación de las reservas de un yacimiento, se basan en la estimación del valor de la variable en un punto o bloque a partir de un número determinado de valores conocidos (denominado krigeaje o krigeado en geoestadística), que constituye el objetivo básico de todo proceso evaluador de las reservas de un yacimiento.

Para determinar la cantidad de áridos y pétreos que se encuentran en una zona, se puede utilizar uno de los siguientes métodos clásicos o geométricos que se describen a continuación.

4.6.7. Método de secciones transversales adyacentes.

Se dibujan secciones geológicas verticales en las que a intervalos regulares se representa la forma del depósito y el área ocupada por el mismo en cada sección (Figura 2). Las reservas se pueden calcular multiplicando el área en cada sección por la equidistancia entre estas y sumando a continuación los volúmenes obtenidos.

Figura 2. Método de secciones transversales adyacentes

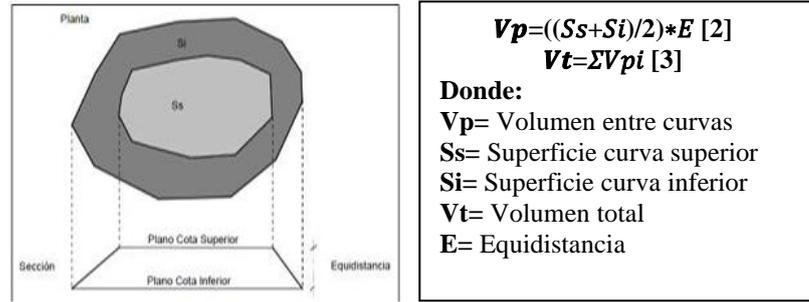


Nota: Explora Geología. 2010. p. 27.

4.6.8. Método de cubicación entre curvas de nivel.

Este método tiene por objetivo ir midiendo la superficie que encierra cada curva de nivel de un determinado levantamiento, y obtener el volumen parcial entre curvas consecutivas (Figura 3), mediante la realización de la semisuma de superficies, siendo el volumen total la sumatoria de los volúmenes parciales.

Figura 3. Método de cubicación entre curvas de nivel.

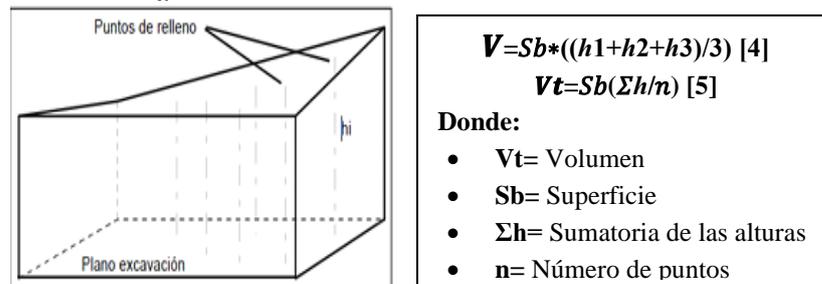


Nota: Corral, 2001, p. 259.

4.6.9. Método de la altura media.

Es aplicable cuando el terreno no tiene grandes cambios de pendiente, mediante un gran número de puntos tomados. Se calcula la diferencia de altura de cada punto con el plano de excavación (Figura 4), se promedian todas las diferencias, y se multiplica por la superficie.

Figura 4. Método de la altura media.



Nota: Corral, 2001, p. 259.

4.6.10. Método de triangulación.

Se basa en unir los sondeos o datos puntuales mediante rectas, formando un mallado triangular. Cada triángulo es la base de un prisma imaginario con una potencia determinada. Los datos de calidad del prisma se obtienen como media aritmética o media ponderada para las potencias de cada uno de los tres sondeos.

4.6.11. Método de polígonos.

Se divide el yacimiento en polígonos determinados por las mediatrices de los segmentos que unen los sondeos. Dentro de cada polígono, se supone que se mantiene constante la potencia dada por cada sondeo, por lo que el volumen correspondiente a cada dato se calcula multiplicando el área del polígono por el espesor interceptado por el sondeo.

4.6.12. Método de los prismas regulares.

El depósito se divide en planta según una malla regular, de forma que pasa a estar constituido por prismas rectos de sección regular cuyo volumen viene dado al multiplicar la altura de cada uno de ellos por el área de la sección.

4.7. Métodos de explotación

El diseño de una mina tiene múltiples facetas y objetivos, entre los que cabe destacar: la selección del método de explotación, el dimensionamiento geométrico de la mina, la determinación del ritmo anual de producción y la ley de corte, la secuencia de extracción, etc.

Tan importante o más que el método minero, y en ocasiones ligado con el mismo, se encuentran la determinación del ritmo de producción anual y la ley de corte. Su incidencia sobre la economía del proyecto es muy grande, ya que, por ejemplo, la ley de corte afecta directamente al volumen total de reservas explotables, a la ley media del mineral y en las minas a cielo abierto a la ratio estéril / mineral; y, por otro lado, el segundo parámetro de diseño, que es la capacidad de producción, si es muy pequeña no permite las economías de escala y da lugar a que los ingresos se consigan de forma muy lenta, y si el ritmo de explotación es intenso conlleva una inversión inicial muy alta, que puede llegar a no recuperarse durante la reducida vida de la mina. (Herrera *et al*, 2016, p. 3,4).

Los métodos de explotación se basan en función de la disposición del material o mineral a extraer, dicho método a elegir dependerá si el mineral se encuentra cercano a la superficie o por debajo de la misma, por ello se menciona dos métodos de explotación:

4.7.1. Métodos de explotación a cielo abierto

Noack (2011), menciona que, para la explotación de una mina a cielo abierto, a veces, es necesario excavar, con medios mecánicos o con explosivos, los terrenos que recubren o rodean la formación geológica que forma el yacimiento. Estos materiales se denominan, genéricamente, estéril, mientras que a la formación a explotar se llama mineral. El estéril excavado es necesario apilarlo en escombreras fuera del área final que ocupara la explotación, con vistas a su utilización en la restauración de la mina una vez terminada su explotación.

Este método se emplea para aquellos yacimientos que aflorando en la superficie o cercana a la misma, las minas a cielo abierto resultan económicamente rentables cuando el yacimiento aflora en la superficie.

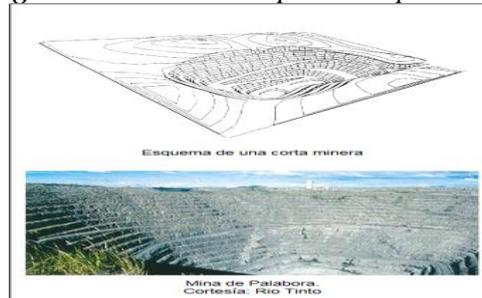
4.8. Sistemas de explotación para minería a cielo abierto

4.8.1. Cortas

La explotación se lleva a cabo por bancos en yacimientos masivos o de capas inclinadas. Estos métodos son los tradicionales de minería metálica y se adaptaron en las últimas décadas a los yacimientos de carbón introduciendo algunas modificaciones.

La extracción en cada nivel se realiza en un banco con uno o varios tajos. Debe existir un desfase entre bancos a fin de disponer de una plataforma de tajo mínima para que operen los equipos a su máximo rendimiento. La profundidad en casos pasa los 300m, la utilidad a veces va de 15 a 20 años al menos en la minería metálica. (Benavides, 2016).

Figura 5. Método de explotación por cortas

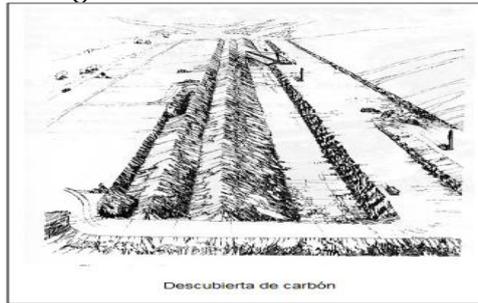


Nota: Benavides, 2016

4.8.2. Descubiertas

Estos métodos se aplican en yacimientos tumbados u horizontales, con unos recubrimientos de estéril inferiores, por lo general, a los 50 m. Consiste en el avance unidireccional de un módulo con un solo banco desde el que se efectúa el arranque del estéril y vertido de éste al hueco de las fases anteriores. El mineral es entonces extraído desde el fondo de la explotación, que coincide con el muro del depósito. (Herbert, 2006).

Figura 6. Descubierta de carbón



Nota: Herbert, 2006

4.8.3. Terraza

Este método se basa en una minería de banqueo con avance unidireccional. Se aplica en yacimientos relativamente horizontales de uno o varios niveles mineralizados y con recubrimientos potentes, pero que permiten depositar el estéril en el hueco creado, transportándolo alrededor de la explotación.

Las profundidades que se alcanzan son importantes existiendo casi exclusivamente una limitación de tipo económico en la determinación de cuál es el nivel mineralizado que se explotara. Los equipos y sistemas mineros que se utilizan son muy variados desde los totalmente discontinuos con quipos convencionales de carga y transporte hasta los continuos con transporte con cintas y trituración dentro de las propias explotaciones que poseen un alto grado de electrificación. (Herbert, 2006).

Figura 7. Método de explotación por terrazas



Nota: Valverde S, 2009 y Benavides D, 2016

4.8.4. Canteras

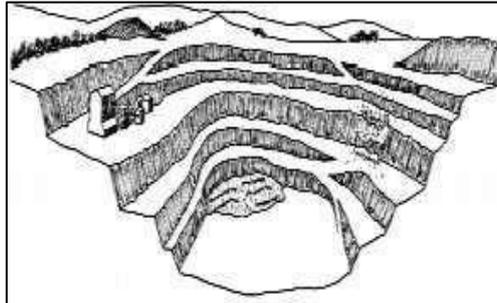
Constituyen el sector más importante en cuanto a número y que desde la antigüedad se ha venido explotando y abasteciendo de materias primas con uso final en la construcción y en obras de infraestructura. En líneas generales el método de explotación aplicado suele ser el de

banqueo con uno o varios niveles situándose un gran número de canteras a media ladera. Las canteras pueden subdividirse en dos grupos:

El primero donde se desea obtener un todo fragmentado apto para alimentar a las plantas de tratamiento y obtener un producto destinado a la construcción en forma de áridos, a la fabricación de cementos, productos industriales entre otros, este tipo de explotación se dan en canteras donde la extracción no es cuidadosa y se dan alturas grandes de bancos.

El segundo dedicado a la explotación de grandes bloques paralelepípedicos que posteriormente se cortan y se elaboran, caracterizado por una serie de bancos que se abren para arrancar los bloques y la maquinaria especial con la que se obtienen planos de corte limpios. (Herrera, 2006).

Figura 8. Método de Explotación de Canteras, Áridos



Nota: Herrera H, 2006 y Benavides D, 2016

4.8.5. Graveras

Los materiales detríticos como son las arenas y gravas albergadas en los depósitos del valle y terrazas de los ríos son objeto de una explotación intensa debido a la demanda de dichos materiales por el sector de la construcción. Las arenas y los cantos rodados se encuentran poco cohesionados por lo que las labores de arranque se efectúan directamente por equipos mecánicos, las profundidades son inferiores a 20m. (Herrera, 2006).

Figura 9. Explotación de Graveras



Nota: Tabasco H, 2013 y Benavides D, 2016

4.8.6. *Sistemas de explotación para áridos y pétreos*

La Universidad Autónoma de Madrid (1991), en función de las características geológicas e hidrológicas del depósito, menciona que la extracción puede ser realizada mediante:

- **Explotaciones secas.** - Consiste en excavaciones tridimensionales hasta alcanzar el fondo previsto o lecho del depósito. Dependiendo de la profundidad, el avance se realiza con un frente único o escalonado, constituido en este caso por varios bancos. Generalmente, este tipo de explotaciones se localizan en las terrazas altas de los depósitos fluviales, presentando la ventaja de una mayor accesibilidad visual de los materiales que se extraen y unas mejores condiciones de trabajo de los equipos mineros.

- **Explotaciones con rebajamiento del nivel freático.** -Se basa en la depresión del nivel freático mediante un conjunto de pozos de bombeo perimetrales al área de explotación, red de zanjas excavadas por debajo del nivel de extracción o pantallas de impermeabilización.

- **Explotación por diques transversales.** - (Manrique y Mojica, 2008, p.1-2) menciona que la explotación por diques transversales es un sistema utilizado en la extracción del material de arrastre, que utiliza lo mínimo en recursos económicos, proporcionando una mejor producción y manteniendo siempre una armonía con el medio ambiente.

Los principales beneficios del método de explotación por diques transversales son:

- Incremento significativo en la producción de material de arrastre depositado por el río.
- Reducción sustancial en los costos para la extracción del material.
- Mitigación de los impactos ambientales producidos en el lecho y ribera del río. Además, menciona que, el diseño de los diques transversales depende del caudal presente en el río, de los cuales existen tres clases.
- Caudal de estiaje o caudal mínimo. Obedece a periodos largos de sequía y corre por un canal que se denomina canal de estiaje.
- Caudal normal o caudal medio. Corresponde a las condiciones climáticas de la cuenca, con una capacidad para las crecidas normales y periódicas.
- Caudal extraordinario. Es aquel que rebasa el canal normal de crecida y transcurre por la llanura de inundación.

Para cada uno de estos caudales, existe una clase diferente de dique, el cual varía en función de su materia prima. El diseño de los diques es similar, y consiste en la colocación de una línea de rocas de sobre tamaño, cajones de madera o bloques de concreto, perpendiculares a la corriente del río.

➤ **Explotaciones bajo lámina de agua.** - Las graveras donde el nivel freático se encuentra muy próximo a la superficie, o a una cierta profundidad cuando el depósito es de gran potencia, suele explotarse total o parcialmente bajo una lámina de agua. El método aplicado es similar al anterior, con la diferencia que en la mayoría de los casos se lleva un solo banco. Sólo cuando la parte alta del depósito se encuentra seca la extracción se hace con un método mixto, pudiendo emplearse equipos diferentes en cada zona. El principal inconveniente es la falta de visión sobre los materiales que se extraen, y consecuentemente las pérdidas o contaminación de dichos materiales.

4.9. Diseño de explotación

Diseñar es darle las correctas directrices para un desempeño eficiente de la mina. Manteniendo en cuenta aspectos como la geología, hidrogeología, metalurgia, exploración inicial y avanzada, entre otros. Es limitar los procesos de explotación y utilizar la cantidad adecuada de recursos económicos, humanos, sociales e ingenieriles.

Programar acertadamente las actividades que implica el correcto desempeño de la mina, para el caso particular de esta investigación, la maquinaria a utilizar, el sitio a explotar, las dimensiones de las obras de diseño minero, el almacenamiento interno de los materiales, el tipo y calidad de materiales a explotar, el transporte interno del material, entre otros.

Un tema con no menor importancia es el ámbito ambiental y la ventaja que se obtiene sobre el lecho de río al utilizar diseños adecuados y acordes a la situación ambiental, social y económica del sector, teniendo en cuenta que es una zona en donde el agua de los ríos es uno de los recursos comunes y muy utilizados por los habitantes de ese sector.

Además, la afectación ambiental que se verá sin lugar a dudas disminuida por los procesos técnico-ambientales que se utilizarán, garantizando así la armonía y una relación normal empresa/comunidad.

El diseño de explotación de una mina engloba factores que se analizarán al transcurso de este trabajo tales como: transporte, diseño de diques, volumen a explotar, ciclo del minado, parámetros de la legislación minera y ambiental, uso del agua, entre otros.

Son todas las formas operacionales posibles existentes en el medio las cuales junto a un conjunto de características del yacimiento tales como: geología, geomecánica, límite de destape, recuperación, dilución, entre otros. Ayudan a explotar de la mejor manera un yacimiento cumpliendo estándares técnicos, ambientales, legales y económicos.

Diseñar una etapa de explotación es darles un curso sistemático a las operaciones mineras, tales como vías, métodos de explotación, maquinaria, capacidad de planta, para así lograra un correcto funcionamiento y operación de la mina (Alarcón S, 2016, p. 21).

4.10. Operaciones básicas de extracción de áridos

4.10.1. *Labores de preparación*

Consisten en la retirada de los materiales de recubrimiento, que son la cubierta vegetal y el perfil de meteorización y otros materiales estériles, con objeto de dejar al descubierto los materiales a explotar. Si bien en algunos casos sólo se requiere la retirada de pequeños volúmenes de tierra mediante excavadora y camiones, en otros casos, los grandes volúmenes de recubrimiento exigen cuidar la planificación de esta tarea para optimizar el coste de la misma. (Geologia, 2010)

4.10.2. *Arranque*

La extracción de estos materiales aluviales, se realiza por medio de máquinas adecuadas a la presencia del agua como las retroexcavadoras. en este caso, el arranque del material se realiza por la acción mecánica del equipo utilizado para tal fin. (Salinas, 2008).

4.10.3. *Transporte*

Una vez realizada la extracción del material en la cantera o en el río, se realiza el cargue y transporte del mismo. El cargue es la recogida del material para depositarlo luego en la trituradora o en un sitio de acopio intermedio. (Salinas, 2008)

El transporte es el proceso que en la mayoría de los casos tiene la mayor incidencia en el costo final del material, se trata del desplazamiento del material desde el sitio de extracción hasta el sitio de acopio, así mismo, incluye los desplazamientos internos y finales para completar el ciclo de producción de materiales.

Según Explora Geología en 2010, los sistemas de arranque y transporte pueden ser: El sistema más habitual de arranque, transporte, carga y vertido es el denominado sistema discontinuo. En este sistema la maquinaria de arranque carga y transporte son equipos autónomos e independientes: excavadoras y camiones o bien mototraillas.

En el otro extremo está el sistema continuo, en el que arranque, carga y transporte los realiza un solo equipo que comunica el tajo con la zona de descarga. Los equipos de arranque utilizados en este caso son minadores y rotopalas, que permiten el arranque continuo y abastecen a una cinta transportadora que acarrea el material extraído hasta la planta de transformación.

Entre estos dos sistemas existen variaciones mixtas con arranque continuo y transporte discontinuo, con parte del proceso de trituración en cantera, entre otros.

4.10.4. Clasificación

Es un proceso mecánico de separación de materiales según su forma y tamaño, mediante la deposición sobre unas superficies con aberturas, las cuales dejan pasar los granos de dimensiones inferiores, mientras que los granos de medidas superiores son retenidos y evacuados separadamente. (Lauces, 2010)

4.10.5. Stockeado

Es un proceso mecánico de almacenamiento del material según sus características de forma y tamaño, en zonas predeterminadas donde no ocasionen ningún obstáculo y faciliten su comercialización. (Lauces, 2010)

4.10.6. Lavado

Las operaciones de desenlodado y lavado del material se realizan cuando el yacimiento presenta lodos, arcillas u otras sustancias que afecten en la calidad de los áridos, y permiten obtener áridos limpios con el fin de responder a las necesidades de determinadas aplicaciones

de la industria, evitando así la alteración de la adherencia con los ligantes (cemento, cal, compuestos bituminosos u otros) permitiendo así proceder a su correcta aplicación. (Lauces, 2010).

4.11. Maquinaria y equipos empleados en la explotación de áridos

El proceso de producción de áridos requiere el empleo de una maquinaria muy robusta, resistente y de grandes dimensiones, para poder manipular los grandes volúmenes de materias primas que demanda la sociedad. La obtención de áridos con las características de calidad requeridas por el mercado, es posible gracias a que los sistemas de control empleados son cada día más completos y automatizados y permiten, en todo momento, regular la producción. (CAT, 2015).

4.11.1. Clasificación General Según Su Capacidad.

Según el Catálogo de Productos Caterpillar (2015) los equipos y maquinarias, de acuerdo a su capacidad se clasifican en: Maquinaria Pesada. Maquinaria de grandes proporciones con peso y volumetría considerada; se utiliza en movimientos de tierra, en las explotaciones de grandes obras de ingeniería civil y minería a cielo abierto.

- **Maquinaria Semipesado.** - Son maquinarias de tamaño mediano utilizados generalmente en la construcción, estas pueden ser: camión volqueta, carros cisternas o aguateros y camiones escalera.
- **Maquinaria Y/O Equipo.** - Liviano Pueden ser máquinas pequeñas o equipos especializados como: compresores, bomba de agua, cortadoras de acero y montacargas.

Herramientas Menores. Pueden ser equipos pequeños fácilmente manipulables que sirven para realizar trabajos menores y complementarios.

4.11.2. Maquinaria para el arranque del material.

La maquinaria para este proceso depende de la resistencia que ofrece la roca a su rotura y la producción que se requiera alcanzar. Generalmente las excavadoras y tractores con hoja de empuje que se muestran en la (Tabla 2) son los más utilizados.

Tabla2. Maquinaria para el arranque del material

TIPO	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO
<i>Excavadoras</i>	Máquina sobre ruedas o cadena capaz de rotar 360°, excava, carga, eleva, gira y descarga materiales por la acción de una cuchara fijada a un conjunto de pluma y balancín, sin que la estructura portante se desplace.	
<i>Tractores con hoja de empuje</i>	Máquina para movimiento de tierra con una gran potencia y robustez en su estructura, diseñado especialmente para el trabajo de corte (excavando) y al mismo tiempo empujando con la hoja (transporte)	

Nota: Catálogo de Productos CATERPILLAR, 2015.

4.11.3. Maquinaria para el cargado del material

La maquinaria más adecuada para este proceso consiste en; pala cargadora para producciones medias y retroexcavadora para menores (Tabla 3).

Tabla3. Maquinaria para el cargado de material

TIPO	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO
<i>Pala cargadora con ruedas</i>	Es una máquina con una gran capacidad de carga y potencia, idónea para labores de extracción y movimiento de tierras.	
<i>Retro excavadora</i>	Es una máquina que realiza dos funciones; excavación y carga, su capacidad es limitada.	

Nota: Catálogo de Productos CATERPILLAR, 2015.

4.11.4. Maquinaria para el transporte del material

Los volquetes y camiones articulados (Tabla 4) es la maquinaria más utilizada para este proceso.

Tabla4. Maquinaria para el transporte del material

TIPO	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO
<i>Volquetes</i>	Estas máquinas están diseñadas para el acarreo y descarga del material. Posee una tolva cuya capacidad puede ser al ras o colmada, el peso a cargar está en función del tipo de material.	
<i>Camiones articulados</i>	Este tipo de equipos tiene la posibilidad de un movimiento relativamente independiente de la cabina de mandos del camión. Su función es cargar grandes volúmenes de material.	

Nota: Catálogo de Volquete Mercedes Benz, 2012 y Productos CATERPILLAR, 2015.

4.12. La optimización

Dentro de los conocimientos de la optimización en el área de la minería, se puede tener diferentes definiciones, entre ellas, que es el proceso que se realiza para mejorar el rendimiento de una actividad es decir mejorar el proceso de producción de minerales en TM/h, evitando así la pérdida de tiempo en carguío y acarreo de minerales principalmente. (Guzmán et al. 2020).

De lo mencionado anteriormente se puede entender a la optimización como una acción para realizar una actividad de la forma más eficientemente, empleando la menor cantidad de recursos, y en el menor tiempo posible.

El proceso de extracción mediante arranque mecánico y voladura es el primer paso para la obtención de materiales pétreos que son de gran importancia en la industria de la construcción del país, debido a que, en dependencia de su característica constituyen la materia prima en todo tipo de obra civil, por lo tanto, es de vital importancia la obtención de un producto de calidad al coste más competitivo posible.

El presente trabajo tiene como objetivo optimizar el diseño de explotación de materiales pétreos, mediante el análisis de criterios técnicos, económicos y ambientales, para proporcionar a la compañía un régimen de condiciones sustentables sobre las operaciones mineras. Se establece una metodología para la optimización, empleando distintas herramientas para obtención de datos sobre parámetros geomecánicas, geométricos, operativos y ambientales, lo que permitirá un diagnóstico del estado actual de las operaciones y poder realizar un análisis.

La minería global enfrenta desafíos sin precedentes para la sostenibilidad a largo plazo de sus operaciones. Además de los desafíos socioambientales en evolución, las realidades como la reducción constante de las leyes de minerales y la presión a la baja sobre los precios de las materias primas, implican que las operaciones mineras deban encontrar soluciones innovadoras para enfrentar estos desafíos.

Un impulsor fundamental de la sostenibilidad reside en las tecnologías de bajo impacto que pueden reducir los costos al tiempo que aumentan la productividad. En este contexto, un aspecto clave en todos los proyectos mineros sostenibles y sustentables es la capacidad de mejorar el uso de los recursos disponibles. Es aquí donde la optimización del consumo de energía y el control de los costos totales juegan un papel fundamental para el logro de estos objetivos en el proyecto.

4.13. Marco Legal

4.13.1. Constitución de la república del Ecuador, 11 octubre 2008

Art.264.-Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley: 1) Planificar el desarrollo cantonal y formular los correspondientes planes de ordenamiento territorial, de manera articulada con la planificación nacional, regional, provincial y parroquial, con el fin de regular el uso y la ocupación del suelo urbano y rural. 12) Regular, autorizar y controlar la explotación de materiales áridos y pétreos, que se encuentren en los lechos de ríos, lagos, playas de mar y canteras.

Art.313.-El Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia. Los sectores estratégicos, de decisión y control exclusivo del Estado, son aquellos que por su trascendencia y magnitud tienen decisiva influencia económica, social, política o ambiental, y deberán orientarse al pleno desarrollo de los derechos y al interés social. Se consideran sectores estratégicos la energía en todas sus formas, las telecomunicaciones, los recursos naturales no renovables, el transporte y la refinación de hidrocarburos, la biodiversidad y el patrimonio genético, el espectro radioeléctrico, el agua, y los demás que determine la ley.

Art. 317.- Los recursos naturales no renovables pertenecen al patrimonio inalienable e imprescriptible del Estado. En su gestión, el Estado priorizará la responsabilidad intergeneracional, la conservación de la naturaleza, “el cobro de regalías u otras contribuciones no tributarias y de participaciones empresariales; y minimizará los impactos negativos de carácter ambiental, cultural, social y económico.” (Constitución De La República Del Ecuador, 2008)

4.13.2. Código Orgánico Del Ambiente (COA)

Art. 2.- La regulación del aprovechamiento de los recursos naturales no renovables y de todas las actividades productivas que se rigen por sus respectivas leyes, deberán observar y cumplir con las disposiciones del presente Código en lo que respecta a la gestión ambiental de las mismas;

Art. 3.- Regular las actividades que generen impacto y daño ambiental, a través de normas y parámetros que promuevan el respeto a la naturaleza, a la diversidad cultural, así como a los derechos de las generaciones presentes y futuras.

“Art. 173 Obligaciones del operador. - El operador de un proyecto, obra y actividad, pública, privada o mixta, tendrá la obligación de prevenir, evitar, reducir y, en los casos que sea posible, eliminar los impactos y riesgos ambientales que pueda generar su actividad” (COA, 2017)

4.13.3. Código orgánico de organización territorial, autonomías descentralización (cootad).

“Art 55.-Competencias exclusivas del gobierno autónomo descentralizado municipal.

Los gobiernos autónomos descentralizados municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley:

- a) Planificar, junto con otras instituciones del sector público y actores de la sociedad, el desarrollo cantonal y formular los correspondientes planes de ordenamiento territorial, de manera articulada con la planificación nacional, regional, provincial y parroquial, con el fin de regular el uso y la ocupación del suelo urbano y rural, en el marco de la interculturalidad y plurinacionalidad y el respeto a la diversidad;

- b) Regular, autorizar y controlar la explotación de materiales áridos y pétreos, que se encuentren en los lechos de los ríos, lagos, playas de mar y canteras” (COOTAD, 2010)

4.13.4. Ley de minería

“**Art. 26.- Actos administrativos previos.** - Para ejecutar las actividades mineras se requieren, de manera obligatoria, actos administrativos motivados y favorables otorgados previamente por las siguientes instituciones dentro del ámbito de sus respectivas competencias:

- a) Del Ministerio del Ambiente, la respectiva licencia ambiental debidamente otorgada;
- b) De la Autoridad Única del Agua, respecto de la eventual afectación a cuerpos de agua superficial y/o subterránea y del cumplimiento al orden de prelación sobre el derecho al acceso al agua.

Art. 142.- Concesiones para materiales de construcción.- El Estado, por intermedio del Ministerio Sectorial, podrá otorgar concesiones para el aprovechamiento de arcillas superficiales, arenas, rocas y demás materiales de empleo directo en la industria de la construcción, con excepción de los lechos de los ríos, lagos, playas de mar y canteras que se regirán a las limitaciones establecidas en el reglamento general de esta ley, que también definirá cuales son los materiales de construcción y sus volúmenes de explotación. En el marco del artículo 264 de la Constitución vigente, cada Gobierno Municipal, asumirá las competencias para regular, autorizar y controlar la explotación de materiales áridos y pétreos, que se encuentren en los lechos de los ríos, lagos, lagunas, playas de mar y canteras, de acuerdo al Reglamento Especial que establecerá los requisitos, limitaciones y procedimientos para el efecto. El ejercicio de la competencia deberá ceñirse a los principios, derechos y obligaciones contempladas en las ordenanzas municipales que se emitan al respecto. No establecerán condiciones y obligaciones distintas a las establecidas en la presente ley y sus reglamentos.” (Minería, 2009)

4.13.5. Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua, publicada en el segundo suplemento del registro oficial N° 305 del 06 de agosto del 2014.

“**Artículo 14.- Cambio de uso del suelo.** El Estado regulará las actividades que puedan afectar la cantidad y calidad del agua, el equilibrio de los ecosistemas en las áreas de protección

hídrica que abastecen los sistemas de agua para consumo humano y riego; con base en estudios de impacto ambiental que aseguren la mínima afectación y la restauración de los mencionados ecosistemas.” (Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, 2014).

4.13.6. *reglamento ambiental de actividades mineras, publicado en el suplemento de registro oficial N°213 del 27 de marzo de 2014, última modificación 23 de noviembre de 2018. (RAAM)*

“**Art. 72. Manejo de desechos en general.** - Disposición. - Se prohíbe la disposición final no controlada de cualquier tipo de desechos. Los sitios de disposición final tales como escombreras, rellenos sanitarios, piscinas de disposición final, y rellenos de seguridad, según el tipo de desechos, deben cumplir con la normativa ambiental aplicable, y en su defecto con normativa internacionalmente aceptada. Estos sitios deben contar con un sistema adecuado de impermeabilización, canales para el control de lixiviados, su tratamiento y monitoreo, entre otros aspectos técnicos a considerar en función del tipo de desechos.

Se prohíbe la disposición de desechos generados en plantas de beneficio tales como relaves, soluciones, aguas de procesos, químicos, y otros, directamente a los cursos de agua y suelo, así como la quema de desechos a cielo abierto

Art. 104.- Explotación a cielo abierto. - Los diseños de bancos de explotación en canteras y tajos abiertos, así como escombreras deberán permitir la rehabilitación y revegetación posterior al cierre de operaciones. Se propenderá a diseñar estas instalaciones con un ángulo de liquidación que garantice la estabilidad geomecánica del área afectada.” (RAAM, 2018)

4.13.7. *Reglamento especial para explotación de materiales áridos y pétreos, publicado en el suplemento del registro oficial N° 784 del 07 de septiembre del 2012.*

“**Art, 1.- Objeto del Reglamento.** -El presente Reglamento Especial tiene como objeto, establecer la normativa para la aplicación de la Ley de Minería, en procura de que, en el marco del artículo 264 de la Constitución de la República el Ecuador, cada Gobierno Municipal pueda ejercer las competencias para regular, autorizar y controlar la explotación de materiales áridos y pétreos que se encuentren en los lechos de los ríos, lagos, lagunas, playas de mar y canteras.

Art. 9.- Competencia de los Gobiernos Municipales. - Los Gobiernos Municipales, otorgarán la autorización para el inicio de la explotación de materiales áridos y pétreos en los lechos de los ríos, lagos, lagunas, playas de mar y canteras, a favor de personas naturales o jurídicas que fueren suscriptores de los mismos y que se encontraren en pleno ejercicio de los derechos mineros respectivos.” (Reglamento especial para explotación de materiales áridos y pétreos, 2012)

4.13.8. Reglamento de seguridad y salud en el trabajo del ámbito minero, publicado en el registro oficial N° 339 de 27 de noviembre de 2020.

“Art. 1.- Ámbito de aplicación. - Las disposiciones de este Reglamento son aplicables en el ámbito señalado en el artículo 1 y el artículo 2 de la Ley de Minería y particularmente 26 en las fases de prospección, exploración, explotación, beneficio, fundición, refinación y cierre de minas.

Art. 2.- Objeto. - El presente Reglamento tiene por objeto establecer normas para la aplicación de la Ley de Minería, a fin de precautelar la seguridad y salud en el trabajo de las personas en todas las fases de la actividad minera como lo señala el Capítulo VII, Art.27 de la Ley de Minería. A partir de este reglamento se dispondrá de los lineamientos generales para realizar la actividad de prevención de riesgos laborales bajo los regímenes especiales de minería artesanal, pequeña, mediana y gran minería.” (Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo del Ámbito Minero, 2020).

4.14. Ordenanza para regular, autorizar y controlar la explotación de materiales áridos y pétreos que se encuentran en los lechos de los ríos, lagos, playas de mar, y canteras existentes en la jurisdicción del Cantón Catamayo, Provincia De Loja.

“Regular, autorizar y controlar la explotación de materiales áridos y pétreos que se encuentren en los lechos de los ríos, lagunas y canteras, con responsabilidad técnica, seguridad ambiental, social y de acuerdo al Plan de Ordenamiento Territorial, conforme a los planes de uso y ocupación del suelo; y, normar las relaciones de la municipalidad con las personas naturales o jurídicas que realicen actividades de explotación, procesamiento, almacenamiento y transporte de materiales de construcción incluida la arcilla. Como también dispone, la remediación de impactos ambientales que fueren provocados por la explotación de materiales áridos y pétreos en el cantón Loja.” (GAD, 2014).

5. Metodología

Para desarrollar el presente proyecto de Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales áridos y pétreos del área minera “El Breo, código 110353002”, se realizó una visita técnica al área minera, con la finalidad de conocer el área de estudio y su situación actual.

El método considerado para el presente trabajo investigativo es el método descriptivo, el cual consiste en caracteriza el área de estudio, la geología del sector, el método de explotación actual, detallando tiempos, maquinaria empleada y la naturaleza del depósito, permitiendo dar paso a cada uno de los objetivos planteados.

5.1. Materiales

La presente investigación se lo realizó mediante el uso de los materiales de campo, oficina y de geoprocésamiento, para así dar el cumplimiento de los objetivos propuestos.

Tabla 5. Listado de materiales de campo y oficina

MATERIALES DE CAMPO	MATERIALES DE OFICINA
<ul style="list-style-type: none">• Estación total S6, (trípode, prismas, jalones)• GPS• Cámara fotográfica• Libreta de campo y registros• Brújula• Martillo geológico• Lupa• Machete• Cartas topográficas y geológicas• Cinta métrica• Pala• Piqueta	<ul style="list-style-type: none">• Computadora• Software ArcGIS 10.5• Software AutoCAD• Documentos Bibliográficos (investigaciones, artículos, libros, entre otros.)• Carta geológica de Gonzanamá a escala 1:100000

5.1.1. Metodología para el primer objetivo

“Describir los procesos y actividades basados en el sistema de explotación actual para la disposición de los indicadores de optimización”

- **Fase de campo**

En la ejecución del presente objetivo, primeramente, se llevó a cabo una entrevista al encargados de la parte técnica para conocer cada uno de los procesos que se llevan a cabo para la obtención de áridos, posteriormente se llenó una ficha de registro en donde abarca la

descripción de las instalaciones, personal, maquinaria y equipos, ciclos de trabajo y finalmente las actividades y las labores de minado ejecutados dentro del área como: (el desbroce, arranque y carga, transporte, cribado y stock.)

Se realizó una caracterización de la infraestructura de concesión mediante fichas de registro, en la cual se detalla la información que corresponde a la infraestructura del área minera “El Breo” (Ver Tabla 6).

Tabla6. *Ficha de descripción del estado de infraestructuras y aéreas empleadas para el trabajo*

Ficha de descripción de infraestructuras y áreas de trabajo			
Infraestructura			
<i>Estado</i>	<i>Bueno</i>	<i>Malo</i>	<i>Deficiente</i>
<i>Área de la infraestructura:</i>			
<i>Tipo de material de la infraestructura:</i>			
Áreas de trabajo			
<i>Áreas de trabajo</i>	<i>Acopio</i>	<i>Trituración</i>	<i>Almacenamiento</i>
<i>Frente de Explotación</i>	<i>Largo</i>	<i>Ancho</i>	<i>Potencia</i>

- **Fase De Oficina**

Terminada la fase de campo se procedió a realizar los cálculos correspondientes para determinarlos ciclos de trabajo, los cuales corresponden a las actividades de arranque, carga y transporte del material realizados por jornada de trabajo. (Ver Tabla 7).

Tabla7. *Ficha de registro de tiempos producción*

Fecha:	N° de Ciclos								
Tiempo en Segundos	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6	N°7	N°8	TOTAL
<i>Actividad</i>									
<i>Carga</i>									
<i>Viaje de ida cargado</i>									
<i>Giro, Posicionamiento y Descarga</i>									
<i>Posicionamiento en punto de carguío</i>									
<i>Viaje de regreso vacío</i>									
<i>Tiempo de ciclo promedio (min)</i>									

- **Estimación de costos.**

Una vez recolectada la información del área, determinando el rendimiento de la maquinaria, del personal e insumos, se realizó la valoración económica para conocer en resumen los costos mensuales, considerando la información de costos de producción facilitada por el titular minero. Llegando a definir el costo por metro cúbico de material extraído en el frente de explotación de la concesión minera “El Breo” con el sistema actual.

5.1.2. *Metodología para el segundo objetivo*

“Delimitar información geológica y topográfica del frente de explotación de la concesión minera, determinan las reservas actuales del material.”

La metodología empleada en este objetivo, consiste en el levantamiento de información topográfica y geológica, de igual forma realizar ensayos de laboratorio para determinar la calidad los materiales áridos y pétreos, una vez levantada la información topográfica y geológica se logró determinar las reservas actuales del material,

- **Topografía**

Esta se llevó a cabo mediante una visita al área de estudio, con la ayuda de un GPS Garmin tomando el punto de partida, y estación Total SOKKIS SET 6, con los que se registra y almacena los datos obtenidos en campo necesarios para cubrir toda el área de estudio, para obtener una topografía a detalle.

La superficie levantada corresponde a 140 ha, el levantamiento topográfico permitió ubicar el frente actual de extracción, vías e infraestructuras en la concesión, lechos del río, linderos, delimitando las zonas de explotación y producción del área de estudio,

Los datos obtenidos fueron procesados en la oficina para generar el mapa a escala 1:5.500 formato A3 con curvas de nivel cada 10 metros las principales y las secundarias cada 2 metro, utilizando el software ArcGIS10.5, con Datum PSAD 56, el cual permitirá ubicar el frente actual de extracción, vías e infraestructuras en el terreno, delimitando las zonas de explotación y producción del área de estudio.

- **Geología**

La geología del sector se efectuó mediante un reconocimiento en campo en el cual se levanta información de carácter geológica a través de la descripción de terrazas aluviales presentes en el frente de explotación y área de estudio con ayuda de herramientas y fichas de campo para la geología local (Ver Tabla 8), mientras que para la geología regional se precisó de la litología con la corroboración en la carta geológica “Gonzanamá a escala 1:100.000” elaborada por (IGE, 2017), corroborando la presencia del material aluvial existente en la zona de estudio.

Tabla 8. Descripción De Afloramientos

AFLORAMIENTO			
<i>Fecha:</i>			
<i>N° de afloramiento</i>			
<i>Coordenadas UTM (PSAD 56)</i>		X	
		Y	
		Z	
<i>Tipo de afloramiento</i>	Natural	Antrópico	
<i>Datos estructurales</i>	Rumbo	Buzamiento	
<i>Vegetación</i>			
<i>Grado de meteorización</i>	Bajo	Medio	Alto
<i>Dimensiones</i>	Ancho	Altura	
<i>Formación geológica</i>			
<i>Descripción geológica</i>			
Observaciones			
Caracterización geológica del depósito de materiales de construcción			
<i>Tipo de afloramiento</i>	Natural	Antrópico	
<i>Origen</i>	Aluvial	Residual	Lacustre
	Coluvial	Eólico	Glacial
<i>Tipo de depósito</i>	Llanura de inundación		Terraza aluvial
<i>Forma</i>	Redondeado	Sub redondeado	Angular
Fotografía			

Con la información obtenida en campo y tomando como referencia el mapa topográfico y mediante la ayuda del software ArcGIS10.5. En oficina se elaboró el mapa geológico local del Área Minera el Breo a escala 1:5.500.

- **Muestreo**

Una vez caracterización el área y considerando el levantamiento de información mediante la geología regional y local, esta información se corrobora con el muestreo del material aluvial como la toma de muestras en el frente de explotación.

El muestreo se realizó mediante calicatas a lo largo de la zona explotable de la concesión el cual corresponde a una extensión de 8.22 ha, la ubicación de las calicatas se realizó en los sitios más representativos a lo largo la concesión, estas se localizan a lo largo del margen derecho del rio Catamayo, se realizaron 3 calicatas con ayuda de una excavadora CASE- cx290 a una profundidad de excavación entre 2.00 y 3 metros, se usó una ficha de registro para la caracterización de las calicatas realizadas. (Ver Tabla 9)

Tabla9. Descripción de calicatas para el volumen obtenido

CALICATA 1	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
	<i>Coordenadas UTM/PESAD56</i>	X:
		Y:
		Z:
	<i>Profundidad</i>	
	<i>Diámetro mínimo del material</i>	
	<i>Diámetro máximo del material</i>	
FOTO	<i>Maquinaria empleada</i>	
	<i>Ubicación referencial Centro del rio</i>	
<i>Observaciones:</i>	<i>Contenido de agua</i>	

- **Ensayos de laboratorio.**

Los ensayos se llevaron a cabo en el laboratorio Dicons, ubicado en la ciudad de Loja, una vez que las muestras se recolectaron en campo, estas fueron homogenizadas individualmente y secadas para posteriormente ser cuarteadas y obtener una muestra representativa para determinar la calidad media del material de construcción. Sobre dichas muestras se realizó los siguientes ensayos de cumplimiento de calidad de acuerdo con normas INEN (Servicio Ecuatoriano de Normalización), y normas A.S.T.M (American Society for Testing and Materials).

- ✚ Pasante del tamiz N° 200 (ASTM D 6913)
- ✚ Limite Liquido (ASTM D 6913)

- ✚ Limite Plástico (ASTM D 6913)
- ✚ Índice de Plasticidad (ASTM D 4318)
- ✚ Clasificación de Suelos – SUCS (Norma - ASTM D 2487)
- ✚ Clasificación AASHTO (Norma - ASTM D 2487)
- ✚ MÉTODO DE ABRASIÓN (Norma - ASTM D 2487)
- ✚ PESO ESPECÍFICO DE AGREGADOS (ASTM C 128 / C127)

- **Cálculo de reservas**

Para la cuantificación de las reservas presente en la zona, se consideró el método de análisis geométrico simple, el cual consiste en la multiplicación del área de explotación por la cota media de las profundidades de excavación de las calicatas de investigación.

Se utilizó la siguiente ecuación para calcular el volumen total aproximado del terreno:

$$VT = A * Pm$$

Donde:

VT= Volumen total

A = Área del polígono de reservas

Pm = Profundidad media de referencia

5.1.3. Metodología para el tercer objetivo

“Proponer un sistema optimizado de explotación que mejore la eficiencia de los procesos y de la maquinaria empleada, en base a la demanda actual de producción del área minera”

Una vez cumplidos con los objetivos planteados anteriormente y analizando sus resultados, se evaluó y se propuso una alternativa para la selección del método de explotación más conveniente para el área minera “El Breo” que permitan lograr las condiciones de optimización e incremento de la productividad, basado en un análisis multicriterio considerando parámetros técnicos, económicos y ambientales, mismos que deben ser los más viables para la optimización de actividades de explotación, optando por el denominado **“Sistema de explotación mediante Diques Transversales”**.

Para el diseño de los diques transversales, así como sus parámetros geométricos, están basadas en el diseño propuesto por Santiago Espinoza (2016). Además de ello se consideró la

cohesión y el ángulo de reposo natural del material, correlacionando con los propuestos por González de Vallejo (2002).

Seguidamente se analizó y se realizó la esquematización de las operaciones en correspondencia al sistema de explotación optimizado, tomando en cuenta parámetros técnicos que permitan definir las variantes necesarias para mejorar su funcionamiento detallando la maquinaria, distancia y tiempo utilizado.

Una vez definida la maquinaria y sus condiciones de operación, se procedió a calcular su rendimiento teóricos y reales, en base a los datos de campo registrados con las variantes ocasionadas por el sistema de explotación propuesto, permitiendo la determinación del tiempo de carga del equipo de arranque mediante la siguiente ecuación:

$$TC = \frac{Np * Tc}{60}; \text{ min}$$

Donde:

TC = Tiempo de carga (min)

Np = Numero de paladas necesarias

Tc = Tiempo del ciclo de carga

Las determinaciones posteriores en torno al ciclo productivo y conforme al sistema optimizado fueron el cálculo del tiempo empleado en realizar los viajes de ida (Tvc) y vuelta (Tvd), tomando en consideración factores como la distancia máxima, la velocidad promedio tanto en el viaje de ida cargado como en el viaje de regreso vacío; valores que se sustituyen en las siguientes ecuaciones:

Tiempo óptimo: Viaje de ida cargado (Tvc)

$$Tvc = \frac{\text{Distancia (Km)}}{\text{Velocidad (Kmh/)}} * 60$$

Tiempo óptimo: Viaje de regreso descargado (Tvd)

$$Tvd = \frac{\text{Distancia (Km)}}{\text{Velocidad (Kmh/)}} * 60$$

Luego se estimó el número de ciclos óptimos que se logran por hora de trabajo; para ello, se procedió a sumar los tiempos de carga, tiempo de viaje de ida cargado, tiempo de giro y posicionamiento y descarga, tiempo de regreso descargado, con la finalidad de establecer el “tiempo óptimo de producción” y poder calcular los ciclos óptimos por hora mediante la ecuación siguiente:



$$\text{Ciclos óptimos por hora} = \frac{60 \text{ min}}{\text{Top (tiempo óptimo de producción)}}$$

Posteriormente se determina la producción diaria correspondiente al sistema optimizado, permitiendo realizar la valoración económica, tomando en cuenta la información otorgada por el titular minero y las variantes propias de la optimización. Llegando a definir el costo por metro cúbico de material extraído con los procesos del sistema optimizado mediante las siguientes ecuaciones:

$$\text{Costo diario} = (\text{Costo de producción mensual}) / (\text{Días laborables})$$

$$\text{Costo por m}^3 = \text{Costo diario} / \text{Producción diaria} = \text{USD/m}^3$$

Una vez definidos todos los parámetros a mejorar en el área minera “El Breo” y efectuando los cálculos correspondientes finalmente se obtiene una estimación económica con los procesos optimizados, al ser comparados con el sistema de explotación actual, este debe ser superior, tanto en aspectos económicos, técnicos o ambientales.

6. Resultados

6.1. Ubicación y Acceso.

6.1.1. Ubicación

El Área Minera El Breo “CÓDIGO 110353002”, se encuentra ubicada al Sur del Ecuador, al noroeste de la provincia de Loja, formando parte del cantón y parroquia Catamayo a 46 km de distancia de la ciudad de Loja, en el sector Los Encuentros, en el cauce de los ríos Boquerón y Guayabal.

Figura 10. Acceso a la concesión minera El Breo



6.1.2. Acceso

El acceso desde la ciudad de Quito se lo puede realizar por vía aérea hasta la ciudad de Catamayo. Desde la ciudad de Quito por vía terrestre se lo puede realizar por las rutas de primer orden como son la Troncal de la Costa, Troncal de la Sierra hasta la ciudad de Catamayo.

Desde la ciudad de Loja el acceso se lo puede realizar por la vía de primer orden que conecta Loja- Catamayo a 39 km aproximadamente, luego por la vía de segundo orden desde la ciudad de Catamayo al barrio la Vega a unos 4 km aproximadamente, luego al sector los Encuentros a unos 5 km hasta llegar a la concesión minera.

6.1.3. Información general de la empresa

El titular minero de la concesión minera El Breo “código 110353010”, se dedica a la extracción de materiales áridos y pétreos, misma que está conformada por 140 hectáreas

contiguas y se sitúa en el cauce del río Catamayo y Guayabal. La extracción de materiales se realiza para la venta en las diferentes actividades constructivas. (Ver Anexo 1)

Actualmente el número de hectáreas a explotarse es de 8.24 hectáreas aproximadamente dentro del cauce del río para el presente año 2023, debido a que dentro de la misma se han concesionado un área de Libre aprovechamiento "GAD CATAMAYO" código 60000708 con un área de 30 hectáreas, de lo cual se puede analizar lo siguiente:

Tabla10. Hectáreas a explotar del área minera de materiales pétreos “EL BREO” código 110353010

Concesiones mineras	Ha concesionada	Hectárea a explotar	Observaciones
Área minera de materiales pétreos “EL BREO” Código 110353010	140	132 (hectáreas restantes del área “EL BREO” código 110353002 8.24 (hectáreas de explotación dentro del lecho del río)	El área a explotar en El presente año 2023 es de 8.24 hectáreas tomando en cuenta solamente lo existente dentro del lecho del río, ya que lo restante NO se considera al no tener recurso alguno.

El área minera cuenta con un título vigente inscrito en el GAD Municipal de Loja y en cuanto al tema ambiental, posee un Estudio de Impacto Ambiental con su respectivo Plan de Manejo Ambiental aprobado por el Ministerio del Ambiente Ecuatoriano.

A pesar de que el material extraído como es grava y arena presenta humedad se requiere el uso de agua con el fin de mitigar las emisiones a la atmósfera producto de las actividades de explotación y extracción de materiales pétreos.

Tabla11. Datos generales de la concesión El Breo y titular minero.

DATOS GENERALES DE LA CONCESIÓN		
Nombre del Área:	El Breo	
Código:	110353002	
Ubicación del área minera		
Ubicación del Área:	Sector: Los Encuentros Cantón: Catamayo Provincia: Loja	
(Coordenadas UTM/PSAD 56 DE LA MINA)		
Punto	Longitud (X)	Latitud (Y)
1	676000	9557500
2	678000	9557500
3	678000	9556800

4	676000	9556800
Superficie	140 hectáreas	
Nombre del Titular Minero	Ruiz Flores Jorge Armando	
Dirección:	Eloy Alfaro y avenida Catamayo	
Representante Legal:	Ruiz Flores Jorge Armando	
Email	chuquimarcajose3@gmail.com	
Teléfono	0981004135	

Nota: Gerencia & Autor, 2022

6.1.4. Personal

El personal empleado actualmente para el desarrollo de la actividad minera, está conformado por 5 personas, distribuidas de la siguiente manera. (Ver Anexo 2).

Tabla 12. Personal que la labora en la empresa El Breo

Área de Trabajo	Nº Personas
Administrativo	1
Operador	1
Obreros	3
Total	5

Nota: Gerencia y Autor, 2022

Observación: El encargado de planta, en función de la demanda del material, también realiza la labor de operador de maquinaria pesada.

6.1.5. Infraestructura

El Titular Minero, dispone de infraestructura tanto para depósitos de insumos, para descanso y alimentación del personal, taller mecánico y de combustibles, área de gerencia la cual se ubica a la entrada de la Concesión Minera “EL BREO” determinando así que cuenta con todos los servicios básicos necesarios para el desarrollo de las operaciones mineras, recalcando que sus trabajadores son de la ciudad de Catamayo. (Ver Anexo 3)

Figura 11. De izquierda a derecha, oficina y área de descanso de la Concesión El Breo.



6.1.6. Geología

6.1.6.1. Geología Regional.

Según La información otorgada por la Gerencia de la Empresa, el Área Minera “El Breo, Código 110353002” se encuentra sobre la formación Sacapalca que es de tipo molásica, y se encuentra rellenando el Graben Catamayo–Cariamanga-Huancabamba, dentro del cual han quedado lagos remanentes que se han rellenado a través del tiempo geológico por sedimentos y material aluvial arrastrado por los drenajes, siendo el más importante el río Catamayo. En la parte dextral del graben se depositan sedimentos y en los flancos volcano-sedimentario, regionalmente la zona de estudio se encuentra compuesta por la siguiente secuencia geológica.

6.1.6.2. Formación Chiguinda (Paleozoico).

Está formado por rocas metamórficas de grado de metamorfismo bajo a medio, de edad Paleozoica; litológicamente se compone de esquistos grafitosos, pizarras, lentes de cuarcitas, metasamitas. Forman un cinturón de hasta 30 km de ancho en la parte sur de la Cordillera Real. En el área de Catamayo esta unidad, afloran en la parte sureste, estas rocas metamórficas se las puede visualizar en la vía principal Loja-Catamayo. Esta unidad geológica abarca un área de 140,29 kilómetros cuadrados. (CATAMYO, 2019).

6.1.6.3. Formación Zapotillo - Ciano (Cretácico).

Consiste en un flysch conformado de lutitas negras grauvascas con arenas y conglomerados locales, las lutitas son muy monótonas en su continuidad, pero contienen un único fósil que son las huellas de inoceramus. Las lutitas negras ocupan las áreas de tierras bajas porque son menos resistentes a la erosión que las grauvascas; los conglomerados esporádicamente conforman el interior de la formación. Esta formación esta plegada con ejes NE –SO, pero en la mayor parte del área los buzamientos son de los primeros grados, esta formación (Zapotillo) se encuentra intercalada por lavas alteradas y piroclastos de la formación Ciano.

6.1.6.4. Formación Sacapalca (Paleógeno).

Estudios recientes indican que tiene un ancho de aproximadamente 25 kilómetros, que se extiende desde el Norte de Catacocha hacia el Sur Occidente hasta los límites con el Perú, y una rama de esta formación se prolonga en sentido NE hasta Chuquiribamba entre Catamayo y Saraguro, según Kennerley (1973), dentro de esta formación, la litología que se presenta corresponde a lavas andesíticas, rocas de tipo piroclásticas.

La formación está moderadamente plegada con ejes norte (N) – sur (S), los buzamientos raramente pasan de los 45°, pero a las márgenes del graben hay buzamientos fuertes hasta verticales (90°); además está constituida por lavas y materiales piroclásticos. Las lavas son andesitas porfiríticas, andesitas basálticas y basaltos de color gris a negro. Los materiales piroclásticos están constituidos por tobas andesíticas y riolíticas, tobas aglomeráticas y aglomerados medianamente soldados. Las tobas son de grano fino, de colores claros, café amarillento, púrpura, habanos y verde pálido.

Las rocas magmáticas efusivas que conforman esta formación geológica (andesitas, basaltos), se encuentran fracturadas y diaclasadas. Como producto de procesos meteorizantes, a modo general, dentro de esta formación, se han formado suelos con potencias que pueden alcanzar las decenas de metros. Destacamos además otras formaciones en geología regional como la formación Loma Blanca y formación Gonzanamá.

Contiguo al área minera en el flanco Este existe la presencia de la Falla La Toma que tiene una dirección de N-S y se interpreta como una falla inversa inferida, que levanta el bloque occidental de rocas paleocénicas y represa los aluviales cuaternarios del río Catamayo en la cuenca. La morfología del escarpe y la ocurrencia de conos aluviales orienta o confirma una cinemática inversa para esta falla, la cual es representada por Egüez et. Al (2003).

En el lado oriental, la falla Catamayo es responsable del levantamiento del bloque oriental que consiste de rocas metamórficas paleozoicas de la Unidad Chiguinda, las cuales se sobreponen a los volcanosedimentos pliocénicos del relleno tardío de la cuenca. Las relaciones estratigráficas, el trazo curvo de la falla y su morfología sugieren una cinemática inversa, con una pequeña componente dextral que se deduce del desplazamiento en las quebradas.

6.1.7. *Geomorfología*

Geomorfológicamente la zona de estudio se caracteriza por la presencia de relieves de tipo tectónico erosivo, en la que la mayor parte del paisaje muestran procesos de denudación definidos por colinas medias; montañosos y relieves estructurales más bajos con depósitos aluviales a lo largo del río Guayabal y Catamayo determinadas por el tipo de los complejos litológicos y estructurales de la zona.

Morfológicamente el área de estudio en la parte Este está conformada por terrazas bajas, planicies y valles de relieve alargada y alturas que no sobrepasan los 15 m, ubicadas principalmente a lo largo del río Catamayo, sobre el que se define una red de drenaje de tipo detrítico, donde presentan áreas de baja pendiente que corresponden a zonas de acumulación de material sedimentario y depósitos aluviales.

Mientras que en el lado Norte del área presenta Colinas medias alargadas y sub redondeados con alturas que no sobrepasan a los 100m, en la parte Sur presenta colinas escarpada y elevadas.

En el área minera “El Breo” se puede evidenciar dos tipos de estructuras geomorfológicas:

- ✚ Lomas alargadas redondeadas y sub redondeadas con alturas que sobrepasan los 1300 m.s.n.m. como es el caso de la Loma El Tingo.
- ✚ Terrazas, planicies y valles de alturas variables ubicadas principalmente a lo largo de los ríos Guayabal y Catamayo correspondientes al área minera.

6.1.8. *Hidrología*

El área minera según Granda, (2015) hidrológicamente se encuentra influenciada por los ríos Piscobamba, Vilcabamba y Malacatos, que recorre toda el área de Este a Oeste, además se ve influenciada por el río Guayabal desde el flanco Noreste.

El río Catamayo constituye el eje del sistema hidrográfico de la cuenca del mismo nombre. Nace en la Cordillera de Sabanilla en la cota 3600 m.s.n.m. y desemboca en el Río Macará, a menos de 200 metros de altitud, luego de recorrer 153 Km.

La cuenca hidrográfica total es de 4.077 Km² (407.700 ha), siendo su ancho de 26 km. Debido a su forma alargada, es poco susceptibles a las crecidas, sin embargo, en varios sectores los suelos son de tipo aluvial, lo que significa que el Río Catamayo en épocas pasadas se desbordaba, depositando material en los terrenos aledaños.

Son varias las subcuencas y micro cuencas que se encuentran en la zona del proyecto, las mismas que aportan sus escurrimientos al río Catamayo. Según se observa, la concesión “El Breo”, se ubica en la microcuenca perteneciente a drenajes mayores.

6.1.9. *Clima*

Según al GAD Catamayo (2019) en el cantón Catamayo las temperaturas se mantiene casi constante oscilando entre los 24 y 26 °C, las fluctuaciones de las temperaturas medias más importantes varían entre 14 y 24°C y rara vez baja a menos de 13 °C o sube a más de 29 °C. En lo que respecta a la precipitación es importante señalar, que en la zona existen dos épocas bien diferenciadas: una muy seca establecida entre los meses de mayo a septiembre y una época lluviosa entre los meses de octubre hasta abril, periodo en que las precipitaciones medias mensuales varían entre 25mm y 85mm.

En la cabecera cantonal los periodos de lluvias son cortos y escasos las precipitaciones son mínimas con alteración en los años donde existe la presencia del fenómeno del niño; en las zonas altas del cantón Catamayo las precipitaciones varían entre 1000 a 1500 mm/año.

Según datos del INAMHI obtenidos de las estaciones meteorológicas más cercanas al área de estudio. Para este caso se analizó en base a la estación meteorológica CATAMAYO código M060 (ver tabla 13) que es la más cercana al proyecto; los datos corresponden al periodo 2018 – 2020.

Figura 12. Datos meteorológicos del periodo 2018-2020

Nro.	ZONA DE PRECIPITACIÓN RANGO (mm)	SIMBOLOGÍA	ÁREA (Km ²)	PORCENTAJE
1	400	P4	19,08	2,93
2	400 – 500	P5	47,26	7,25
3	500 – 600	P6	80,45	12,34
4	600 – 700	P7	122,34	18,77
5	700 – 800	P8	117,98	18,10
6	800 – 900	P9	117,04	17,96
7	900 – 1000	P10	35,89	5,51
8	1000 – 1100	P11	2,71	0,42
9	1100 – 1200	P12	7,56	1,16
10	1200 – 1300	P13	13,20	2,02
11	1300 – 1400	P14	15,93	2,44
12	1400 – 1500	P15	18,20	2,79
13	1500 – 1600	P16	18,29	2,81
14	1600 – 1700	P17	18,04	2,77
15	1700 – 1800	P18	17,75	2,72
TOTAL			651,72	100,00

Nota: Agencia de Regulación y Control Minero y coordinación de Áridos y Pétreos del GADM de Catamayo.

- **Precipitaciones**

De acuerdo al PDOT Catamayo (2019) las precipitaciones son altas en los meses de marzo – abril. En la cabecera cantonal los periodos de lluvias son cortos y escasos las precipitaciones son mínimas con alteración en los años donde existe la presencia del fenómeno del niño; en las zonas altas del cantón Catamayo las precipitaciones varían entre 1000 a 1500 mm/año.

El factor climático es irregular en el cantón, presenta marcadas variaciones en el espacio y el tiempo, la precipitación anual promedio es de 1100mm/año; dentro de este rango, Catamayo presenta un clima semihúmedo, húmedo, semiárido y semihúmedo – húmedo.

- **Temperatura**

La temperatura que se encuentra abarcando el mayor porcentaje del cantón Catamayo con el 24,69 % ocupa un área de 160,90 kilómetros cuadrados es la que oscila los 19 – 20°C, esta temperatura se la encuentra en su mayoría en la parroquia de Catamayo y El Tambo, en Guayquichuma y Zambí se encuentra de igual manera esta temperatura, pero en menor área.

Le sigue la temperatura que oscila los 18 – 19°C con 141,66 kilómetros cuadrados, ocupando el 21,74 % del cantón Catamayo, esta temperatura se la encuentra en su mayoría en las parroquias de San Pedro de la Bendita, El Tambo, y en menor porcentaje en las parroquias de Zambí y Guayquichuma y las partes altas de la parroquia de Catamayo.

A esto le sigue la temperatura de 17 – 18 °C, esta se encuentra en las parroquias de El Tambo, San Pedro de la Bendita, Zambí y Guayquichuma, el área que cuenta con esta temperatura es de 111,22 km², la cual es el 17,07 % del cantón Catamayo. La temperatura que oscila de 16 – 17 °C se encuentra en las parroquias El Tambo, Zambí, y las partes altas de Catamayo, ocupando 87,81 kilómetros cuadrados lo cual abarca el 13,47 % del cantón Catamayo. En áreas menores a los 50 kilómetros cuadrados se encuentran las temperaturas que van desde los 16 – 13°C.

6.2.Topografía.

La topografía del del área de estudio presenta elevaciones que van desde los 1250 m.s.n.m hasta los 1300 m.s.n.m, cuyas pendientes oscilan entre el (40% a 70 %) en sus flancos de Norte a Sur dando origen a relieves de medianos a muy fuertes, los cuales forman valles tipo “V”.

Mientras que al Este y Oeste del área se ubica el frente de explotación el cual está circunscrito dentro en una unidad fisiográfica con cotas que van desde los 1110 m.s.n.m hasta 1130 m.s.n.m, la cual concierne a una topografía suave, y una forma de relieve alargada debido a que el área se extiende paralelamente sobre la cadena montañosa de Este a Oeste, siendo estas zonas de áreas de recarga de materiales pétreos.

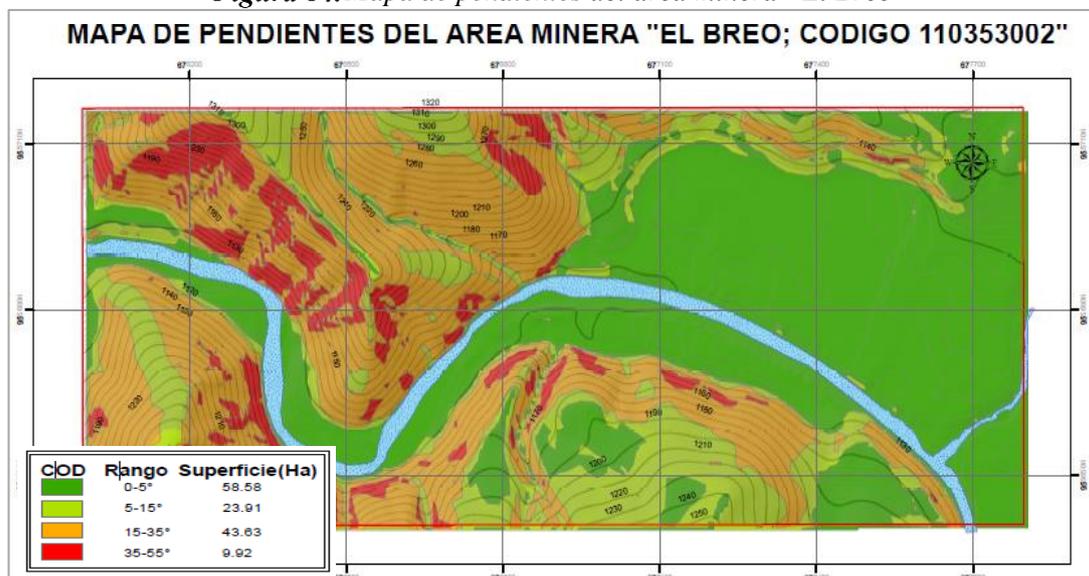
Las Terraza bajas presentan alturas que van desde los 1110 m.s.n.m, y 1120 m.s.n.m, sus pendientes son planas (depósitos aluviales) y no superan el 2%, con desniveles de hasta 10 metros, ya que se encuentra ubicada en la cuenca del Río Catamayo y Guayabal lo cual ha dado lugar al depósito de sedimentos formando muy comúnmente meandros a lo largo del rio antes mencionado. (Ver anexo 6).

Figura 13. Equipo utilizado para el levantamiento topográfico del área minera "El Breo"



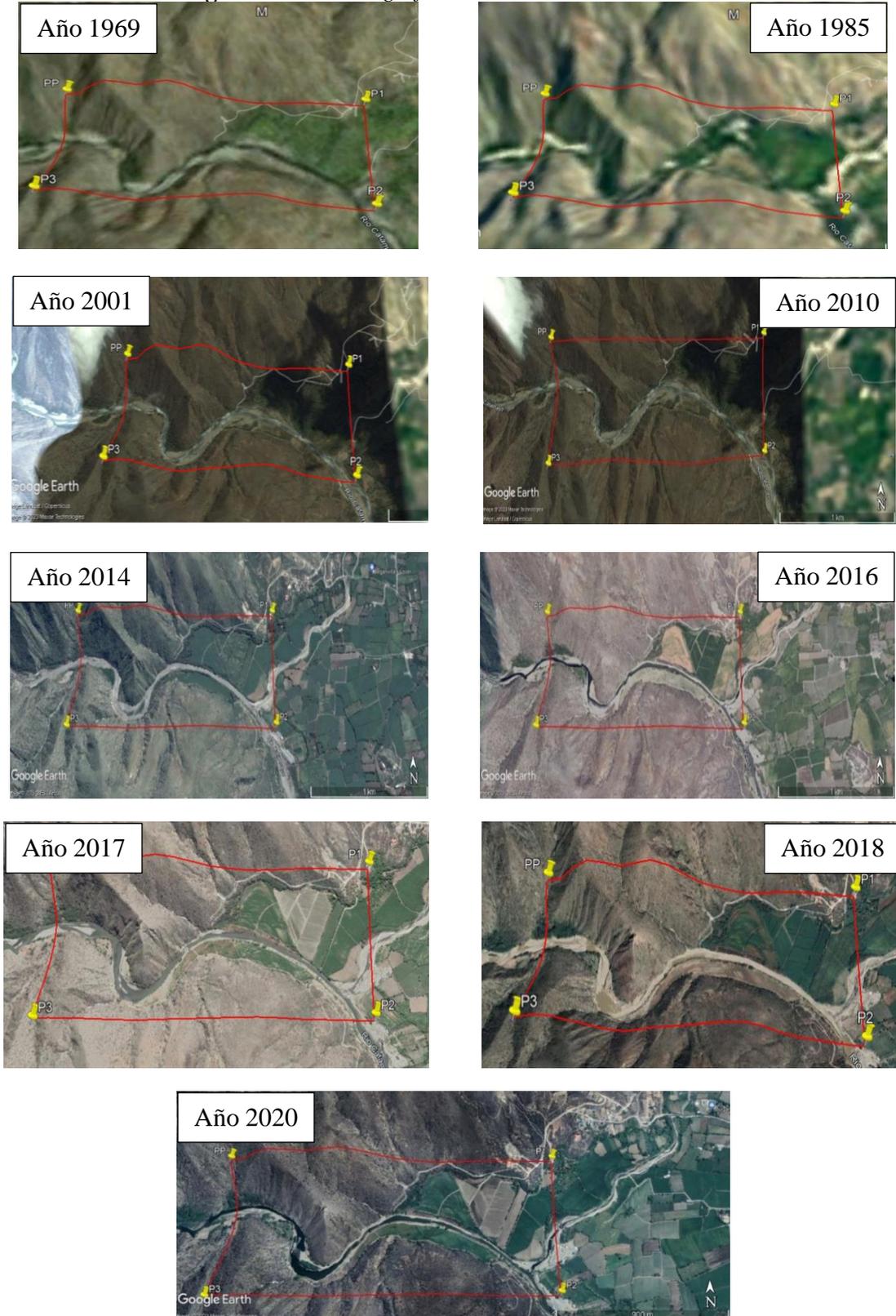
El levantamiento topográfico nos permitió realizar un mapa de pendientes en donde se obtuvo como resultado que la mayor parte del área de estudio posee pendientes ligeramente inclinadas comprendida entre 0 a 5° ocupando el 58.58% del área total, mientras que la menor pendiente ocupando un porcentaje del 9.92% del área total comprendidas desde los 35 a 55° la cual concierne pendientes empinadas. (Ver Anexo 7).

Figura 14. Mapa de pendientes del área minera "El Breo"



También se realizó un análisis batimétrico mediante la comparación de fotografías obtenidas de Google earth en diferentes periodos de tiempo.

Figura 15. Fotografías Satelitales del área El Breo



Nota: Google earth

Mediante la interpretación de las imágenes se logró observar la formación de las terrazas aluviales en las orillas del río Catamayo y del río Guayabal, las mismos que forman parte de nuestro frente de explotación. Esta formación ha sido progresiva con el pasar de los años lo que ha permitido tener gran cantidad de recursos permitiendo la explotación de los mismos.

Las imágenes corresponden al año 1969, 1985, 2001, 2010, 2013, 2014, 2016, 2017, 2018, 2020, en donde se puede observar que para el año 2017 se logró la mejor explotación de los recursos debido a que los periodos de invierno y verano fueron bien definidos lo que nos permite que en invierno las reservas de la concesión sean recargadas y para la época de verano se logre la explotación del recurso.

El levantamiento topográfico nos sirvió como base para el levantamiento Geológico, así como para realizar la cubicación de reservas del área minera El Breo.

6.3. Geología Local

El Área Minera El Breo “Código 110353002”, donde se efectuó un levantamiento en campo de carácter geológico y correlacionando con la geología regional y por medio de la descripción de afloramientos en la concesión, se define que se encuentra sobre terrenos que presentan litologías características de rocas metamórficas y volcanosedimentarias, además de la presencia de terrazas aluviales adyacentes a los ríos Guayabal y Catamayo. (Ver Anexo 8).

A continuación, se presenta una descripción de los afloramientos encontrados en campo, permitiendo levantar la geología local la cual se detalla a continuación. (Ver Anexo 5).

Tabla 13. *Coordenadas de Afloramientos del área minera El Breo DATUM WGS 84*

Afloramiento	Coordenada X	Coordenada Y
Afloramiento 1	676829	9556834
Afloramiento 2	676829	9556834

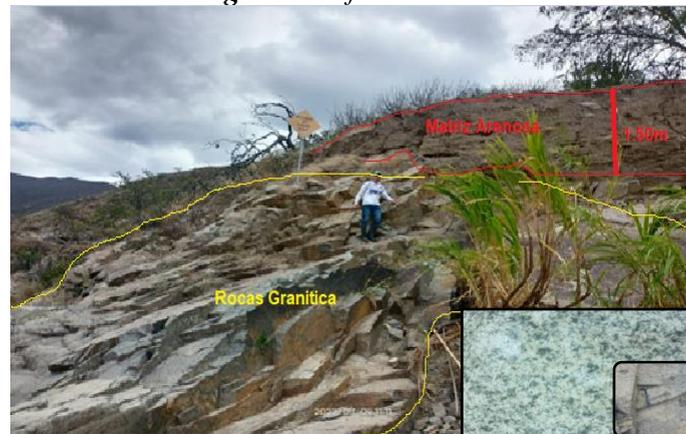
El afloramiento 1 es de tipo antrópico, posee una altura de 6 metros y un ancho de 650 metros presenta una meteorización alta con un tipo de cobertura vegetal arbustiva, el material es tipo ígneo específicamente se determinó que es una andesita perteneciente a la formación Sacapalca, Este material es tipo masivo y presenta cantos rodados con diámetros de 2 cm hasta 20 cm con una matriz arenosa con un alto grado de erosión y diaclasamiento.

Figura 16. Afloramiento 1



Igualmente en el margen derecho del río Catamayo, existe un afloramiento conformado por rocas granodioríticas intrusivas, que se encuentran diaclasadas presenta textura fanerítica de grano grueso con una coloración gris claro ligeramente alteradas, y se ha meteorizado una arena de color grisácea y una arcilla de color café oscura, con dirección E-W; se constituye básicamente de cuarzo, feldespatos, micas y biotitas, además en algunos de sus bloques excite la presencia de xenolitos con tamaños entre los 2.0 y 10.0 cm(Ver figura15), y en su parte superior presenta cobertura vegetal.

Figura 17. Afloramiento 2



- **Depósitos aluviales**

Las terrazas de sedimentos aluviales se encuentran compuestas de material arrastrado, que no han sido alteradas químicamente, además del material levemente meteorizado y depositados al margen derecho del río Catamayo. Los materiales depositados comprenden diferentes tamaños, constituidos por bloques, cantos rodados, gravas de rocas ígneas intrusivas y arenas gruesas y finas.

La forma de los clastos en las terrazas aluviales es en su mayoría sub redondeados, debido a la gran trayectoria y al constante choque provocado por la acción de la energía cinética del agua que cambia en función del flujo que se encuentra en constante transformación y socavamiento por efectos hidrológicos.

- ***Terrazas bajas***

De igual forma al corte en la trinchera de explotación que corresponde al margen derecho del río Catamayo, se puede definir una terraza que se encuentra pobremente clasificada, formando una secuencia grano decreciente, su parte baja se encuentra conforma de gravas y clastos de forma sub redondeada sin presencia de una matriz, mientras que en la parte intermedia se encuentra la depositación de un estrato de 1.20 m de potencia conformada por conglomerados soportados por una matriz de arena y limos de color gris claro, la parte superior se encuentra conformada por un banco de arena de grano grueso con una potencia de 50 cm, además se evidencia la presencia de cobertura vegetal. (ver figura 17).

Figura 18. Terraza aluvial en la riberia del río Catamayo



Continuamente en el área minera se encuentra un afloramiento, en la parte Oeste del área minera, el cual está conformado por rocas graníticas de origen ígneo intrusivo o plutónicas en este caso granodiorita, la cual cuenta con una presencia de oxidación, presenta textura fanerítica de grano grueso de color gris claro y tonalidades de color blanco y negro, el tamaño de sus granos no supera los 5 mm, su constituye básicamente de cuarzo, feldespatos, micas y biotitas, además en algunos de sus bloques existe la presencia de xenolitos con tamaños entre los 2.0 y 10.0 cm (Ver figura 19).

Figura 19. Afloramiento de rocas granítica



6.3.1. Descripción de Calicatas

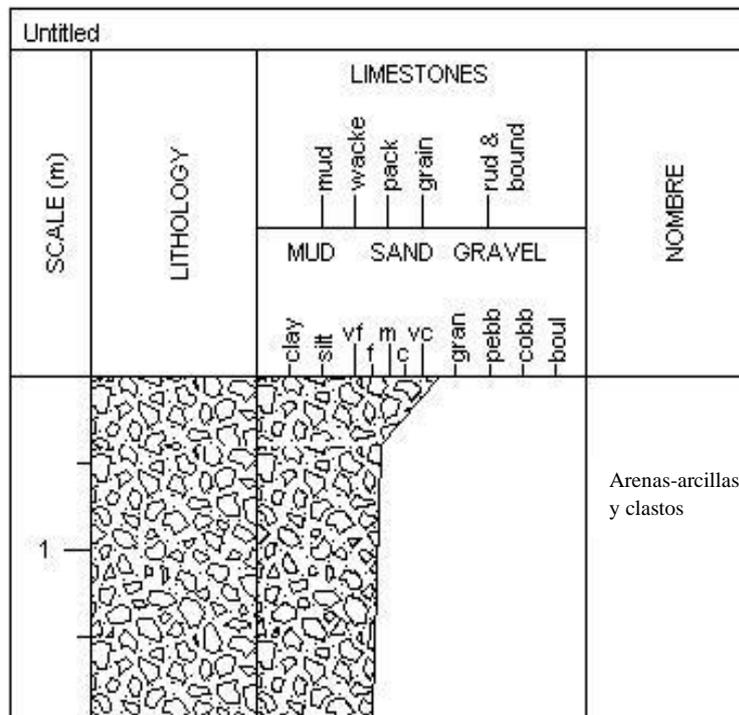
Las calicatas se realizaron en el margen derecho a nivel del río Boquerón, a lo largo del frente de explotación del área minera mediante medios mecánicos (Excavadora Case-cx290). La realización de la calicata permitió la observación directa del material existente, así como la toma de muestras que se utilizó para los ensayos de laboratorio además permitió la clasificación in situ del material expuesto.

A continuación, se describe las calicatas realizadas en campo:

- Número de calicata: 3
- Profundidad máxima alcanzada: 3 m
- Profundidad mínima alcanzada: 1.6 m
- Presencia de agua: Presencia evidente (1.60-3.0 m por lo general)

Calicata 1: tiene una profundidad máxima alcanzada de 2m, debido a que a esta profundidad se encontró el nivel freático lo que impidió continuar con la excavación ya que la calicata se llenaba de agua con rapidez misma que se la realizó en el frente de explotación actual, aquí se logró identificar un solo tipo de material el cual consiste en grava conformada por una matriz arenosa, misma que es producto del arrastre de la corriente del río, sin embargo, se consiguió notar diferentes granulometrías en dicha calicata, los resultados se presentan en la siguiente figura.

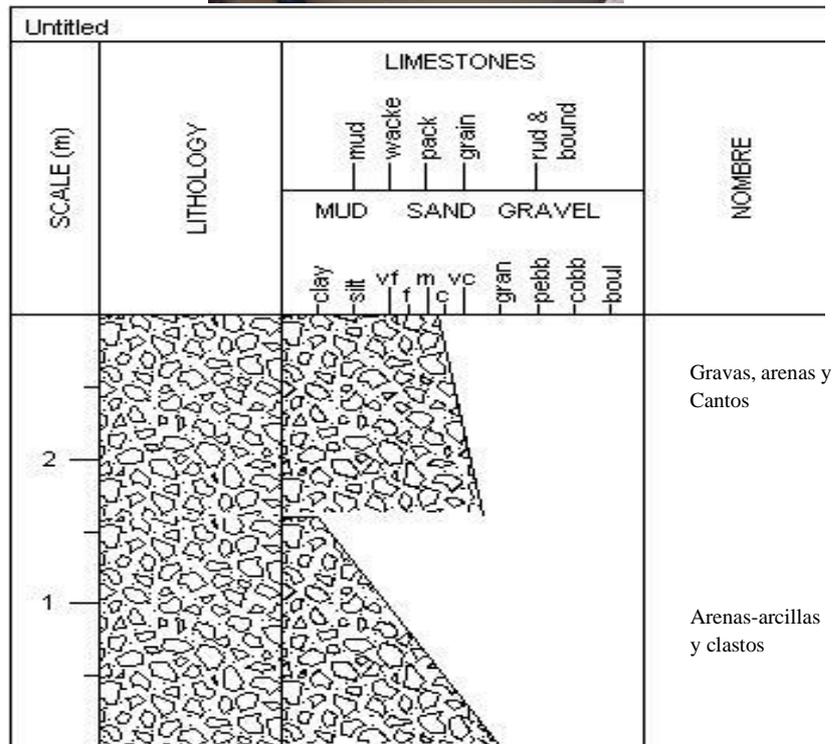
Figura 20. Fotografía y columna estratigráfica 1 elaborada en Sedlog



Calicata 2: Tiene una profundidad máxima de 2.5 m, esta se la realizó en el frente de explotación actual, conformada por 3 estratos, presenta una granulometría decreciente, conformado por clastos rodados y sub redondeados sin presencia de cobertura vegetal.

La clasificación granulométrica de arriba hacia abajo, el primer estrato está conformado por una capa de arena y limo de 1 m de espesor, el segundo estrato está conformado por gravas con un tamaño variable que van desde 1 cm a 10cm con poca presencia de arena, y finalmente el último estrato este compuesto por clastos rodados y gravas con tamaños desde 5cm hasta 30cm, con una potencia de 1m y con gran presencia de humedad y un nivel freático a poca profundidad.

Figura 22. Columna Estratigráfica 3 elaborada en Sedlog



Los materiales encontrados correspondientes para el primer estrato son clastos rodados y gravas de 3cm a 9cm con una granulometría grano-creciente con matriz de arena fina y una potencia de 40 cm, mientras que en el segundo estrato presenta una potencia de 1.40 m con gran presencia de arena y humedad relativa con un nivel freático a poca profundidad, se compone por clastos con diámetros menores a 9cm.

Finalmente, los resultados generales muestran que:

- La zona de estudio indica la abundancia de material sedimentario y material aluvial. La estratificación de este lugar, especifica estos compuestos por material areno-gravoso como arenas finas-media y conglomerados, que determina su formación sedimentaria
- La granulometría es por lo general variada (>60%).

- Se puede observar estratificaciones de potencias mayores a 1 m. Las paredes de la calicata presentan materiales con humedad natural debido a que el terreno se encuentra cerca al río.

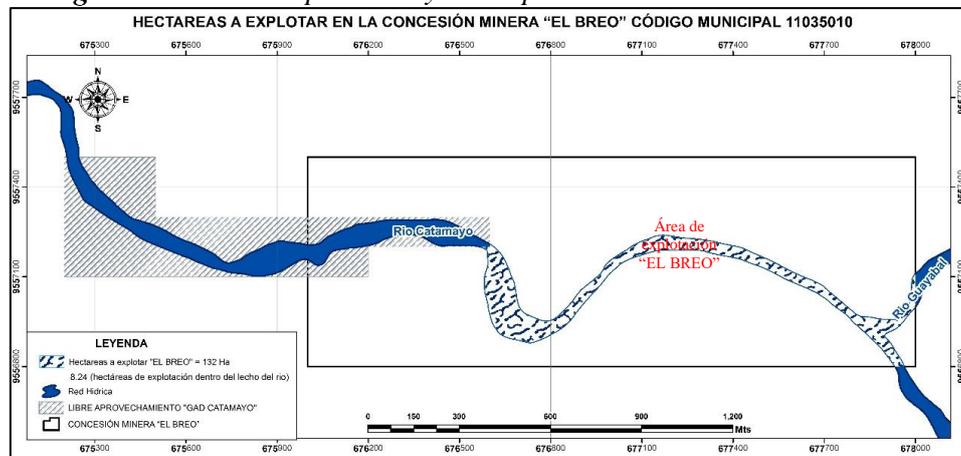
6.3.2. Delimitación de zonas de explotación del área minera.

Al hablar de delimitar se hace referencia a la división espacial del área minera “El BREO”, es decir donde se lleva a cabo la actividad extractiva de los materiales pétreos aluviales.

En base al levantamiento topográfico y según la distribución del área, considerando que el área cuenta con una superficie de 140 hectáreas de las que se ocupan 6 hectáreas dentro del lecho del río, 2.2 hectáreas incluyendo las áreas de cancha mina y vías circundantes dentro del polígono, quedando como espacios libres una superficie de 132 hectáreas (Ver Anexo 6).

En base a la digitalización del polígono como se muestra en el catastro minero GADM Catamayo, se puede establecer que el área minera se encuentra en los ríos Guayabal considerado como río secundario y el río Catamayo-Boquerón como principal (Ver Figura 22).

Figura 23. Área de explotación y libre aprovechamiento en el área El Breo



El área de explotación corresponde a las zonas de baja pendiente dispuestas a lo largo del margen derecho del río Catamayo. Esta zona es adecuada para la deposición de los materiales aluviales (origen aluvial), producto del arrastre de los cauces fluviales del río Catamayo y el río Guayabal. Dando como resultado una zona muy idónea para la explotación y aprovechamiento de estos materiales.

6.3.3. Ensayos de laboratorio

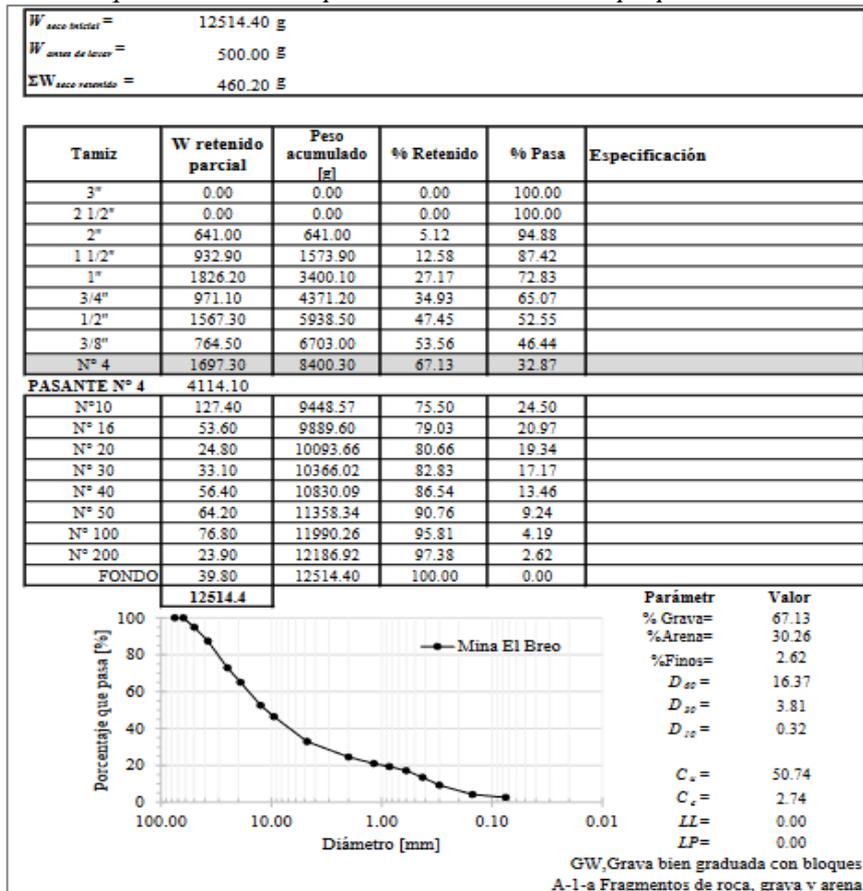
Como se mencionó en el apartado de la metodología los ensayos se los realizó en el laboratorio Dicons Ltda. Ubicado en el cantón y provincia de Loja.

Cabe mencionar que dichos ensayos se hicieron en base a la norma, INEN, A.S.T.M y ASSHTO, estos están sujetos según el Artículo 39 (Calidad de los materiales pétreos de la ordenanza municipal de Loja).

- **Ensayo de granulometría**

Con las muestras recolectadas en campo, procedemos a caracterizar el material que se extrae, lo que nos permitirá definir el nivel de calidad de los áridos y pétreos, y en función de ello proponer las medidas correspondientes para su aplicación o usos en la industria de la construcción.

Figura 24. Requisitos de áridos para ser utilizados en la preparación de hormigones.



Como se muestra en la tabla 17 del resultado del ensayo basados en la NORMA- ASTM D 6913, se puede visualizar que del 100 % de la muestra analizada se obtuvo un porcentaje de

Grava= 67.13%, Arena=30.26% y Finos= 2.62, dando un total de 100% de muestra. (Ver Anexo 10).

- **Resultados de clasificación de los ensayos del material.**

Los análisis de laboratorio de los materiales de construcción extraídos de la zona minera “El Breo” muestran que se encuentran dentro de los límites de las normas establecidas por el servicio de normalización ecuatoriano INEN y del artículo 39 (Calidad de los Materiales) del Reglamento Municipal. Resumido a continuación.

Tabla 14. Resultados de ensayos para el Área minera “El Breo”

AREA MINERA EL BREO CODIGO: 110353002

<i>MATERIAL</i>	<i>Mina “El Breo</i>	<i>Norma de calificación</i>
<i>Grava</i>	<i>67.13%</i>	<i>NTE INEN 696, AASHTO T-27</i>
<i>Arena</i>	<i>30.26%</i>	
<i>Finos</i>	<i>2.62%</i>	
<i>CARACTERISTIVAS</i>	<i>Otras características</i>	<i>Norma de calificación</i>
<i>Coloración</i>	<i>Gris</i>	<i>(VARIOS)</i>
<i>Desgaste a la abrasión (%)</i>	<i>22.9%</i>	<i><50%</i>
<i>Pasante de tamiz N° 200</i>	<i>2.62%</i>	<i><20%</i>
<i>Limite liquido</i>	<i>N.P</i>	<i><35%</i>
<i>Limite plástico N. P</i>	<i>N. P</i>	<i><9%</i>
<i>Índice de plasticidad</i>	<i>N. P</i>	

El ensayo de clasificación AASHTO Norma – ASTM D 2487 determina Fragmentos de roca, grava y arena(A-1-a); mientras que en la clasificación SUCS Norma – ASTM D 2487 posee Grava bien graduada con bloques (GW), (Ver Anexo 10).

Los resultados obtenidos en el ensayo de abrasión o ensayo de la máquina de los ángeles permite medir la degradación de los agregados pétreos, dando como resultado una baja resistencia o forma de las partículas, arrojando un valor de 22.9 % en la muestra M-001, por lo que la interpretación de estos datos indican que cumple con la prueba de resistencia a la abrasión ya que no supera el 50% de desgaste que es el máximo valor permitido por la norma ASTM C 131, por lo que su utilización sería una buena opción al momento de preparar la mezcla asfáltica. (Ver Anexo 10).

6.3.4. Área de Conservación

La concesión minera presenta una zona de conservación, donde no se irrumpirá con actividades mineras por las siguientes razones; uso del suelo, cobertura vegetal, pendientes pronunciadas, entre otras. Con base en levantamiento topográfico, esta zona de conservación tiene una extensión transversal no mayor de 950 metros con respecto al río Catamayo.

6.3.5. Evaluación de reservas

El cálculo de reservas existentes en el área “El Breo” se determinó mediante el método geométrico de orden simple, en donde se consideró una potencia promedio en base a la excavación de calicatas en el frente de trabajo.

Se consideró un área explotable de 8,24 hectáreas, de las 140 hectáreas que registra la concesión minera a razón de la información obtenida y analizada del levantamiento topográfico, en donde el área corresponde exclusivamente al depósito con fines de aprovechamiento del material árido y pétreo.

El área minera El Breo posee un solo frentes de explotación por lo que las reservas serán calculadas en este frente como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 15. Reservas del frente de explotación del área El Breo.

Frente de Explotación	X	Y	Área en m ²	Profundidad de calicatas (m)	Volumen total (m ³)
Frente 1	677212	9556809	82.400	2.5	206.000

La profundidad media se determinó mediante la apertura de tres calicatas, realizadas por medios mecánicos (Excavadora de cadena CASE- CX290), donde se logró establecer la profundidad promedio en un valor de 2.36 metros (método geométrico).

La siguiente expresión de cálculo indica los parámetros considerados en la determinación de la profundidad promedia:

$$P_m = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_N}{N}$$

Donde:

P_m: Profundidad media (nivel de referencia)

P: Profundidad máxima excavada de cada calicata

N: Número de calicatas

$$Pm = \frac{2.5+3+2}{3}$$

$$Pm=2.5 \text{ m}$$

- **Análisis geométrico simple**

Se realizó un análisis geométrico simple de las 8.24 hectáreas de los ríos Catamayo precisando de la siguiente fórmula para determinar su volumen:

$$V_T = A * P_m$$

Donde:

VT= Volumen total

A = Área del polígono de reservas

Pm= Profundidad media de referencia

$$V_T = 82.400 \text{ m}^2 * 2.5 \text{ m}$$

$$V_{Total}=206.000 \text{ m}^3$$

Mediante los cálculos realizados se obtiene que en el área “El Breo” cuenta con 206.000 m³ de reservas, sin embargo, al tratarse de una explotación de tipo aluvial, las reservas se regeneran, es decir, en las subidas del caudal tanto del río Catamayo como del río Guayabal las terrazas son rellenadas por el material arrastrado por dichos ríos.

- **Volumen por tipo de material**

Luego de obtener el volumen total y la clasificación granulométrica de los materiales de construcción proporcionada por el área minera, se calculó los porcentajes por muestras para obtener el volumen por tipo de material de construcción a explotar, como se describe a continuación.

Tabla16. *Volumen para explotar por material según clasificación granulométrica*

Frente de Explotación			
Material	Tamaño	Porcentaje (%)	Volumen (m³)
Gravón	> 2””	5.12	10547.2
Grava	>1” a 2”	22.03	45381.8
Arena Gruesa	>3/8” a 1”	26.4	54384
Arena Fina	< 3/8”	46.45	95687
		Volumen Total	206,000

6.3.6. *Arrastre del material*

Para determinar la recarga del frente de explotación se aplicó la metodología de la FAO (1980), empelada por Karolina, (2017), que utiliza unidades de suelos de acuerdo a su clasificación y considera tres tipos de textura superficial del suelo". Rojas, (2014).

Se aplicará la ecuación universal de pérdida de suelos (EUPS), para el rio Catamayo. Por consiguiente:

$$A = 224,2 * R * K * LS * C * P$$

Donde:

- **A:** erosión superficial media anual o producción bruta específica de sedimentos [(T/ha) /año]
- **Siendo T:** toneladas métricas
- **R:** factor de erosividad de lluvia-escorrentía
- **K:** factor de Erosionabilidad del suelo
- **LS:** factor topográfico de longitud y pendiente del terreno
- **C:** factor de cobertura vegetal
- **P:** factor de prácticas conservacionistas para control de erosión y 224,2 es un coeficiente de conversión de unidades.
- **R:** Es la Erosividad puede ser calculada utilizando la expresión de Lombardi Neto Moldenhauer (1980):

$$R = 6.866 \left(\frac{p^2}{P} \right)^{0.85}$$

Donde:

R= Índice medio de erosividad anual

p=Precipitación media mensual 104.16 mm/mes

P=Precipitación media anual 1,250 mm

$$R = 43.09$$

K: Es la erodabilidad y representa la susceptibilidad del suelo a la acción erosiva y será función de las características físicas de los suelos: textura, permeabilidad, capacidad de filtración, estructura, granulometría, contenido de materia orgánica, etc.

El SCS (Soil Conservation Service) clasifica a los suelos de la siguiente manera:

Tipo de suelo	Rango de variación de K
A	0.16 - 0.23
B	0.13 - 0.38
C	0.13 - 0.18
D	0.07 - 0.12

Se calcula un valor ponderado donde $K = 0,25$

Ls: es el Factor topográfico se obtiene por medio de la expresión desarrollada por Bertoni (1959):

$$Ls = 0.0984 * L^{0.63} * S^{1.18}$$

L: Longitud del río área de trabajo = 9000m

S: Pendiente: 1,7%

$$Ls = 5,76$$

C: Contempla la reducción de la erosión superficial debido al efecto de la cobertura vegetal. Este valor es adimensional.

COBERTURA VEGETAL	C
Bosque no intervenido	0.001
Bosque intervenido	0.34
Tierras Erosionadas con escasa vegetación	0.8
Suelo desnudo	1.0
Cultivos extensivos en hileras, ejemplo maíz	0.5
Yuca y batata 1er año	0.2-0.8
Palmera, café, cacao	0.1-0.3
Pastos	0.07
Hortalizas	0.3

De acuerdo con la vegetación que se presenta en el área estudiada se determinó el factor $C = 0,07$.

P: Es la proporción de pérdida de suelo para un área con una práctica de mantenimiento, como curvas de nivel, terrazas, fajas, con respecto a aquella con surcos rectos labrados con alta o baja pendiente.

TÉCNICA	FACTOR Pc
Curvas de nivel (pendientes entre 5% y 20%)	0.1 - 0.7
Bandas antierosivas de 2 a 4 m (pendientes entre 5% y 25%)	0.3
Protección con paja	0.01
Terrazas de 80 cm. combinadas con curvas de nivel (pendientes entre 5% y 15%)	0.10
Curvas de nivel (pendientes entre 5% y 20%)	0.1 - 0.7

P en este caso es igual a 0,1

Por lo tanto:

$$A = 224,2 * 43.09 * 0,25 * 5,76 * 0,07 * 0,1$$

$$A = 97380 \text{ ((ton/ha) /año)}.$$

SY= Cantidad material de arrastre acumulados en un río, en toneladas por año. **SY**= **SDR*****A** Donde:

SDR: Es la relación de erogación de sedimentos. Para calcularlo se utilizó la fórmula de Bañón (1975).

$$SDR=0,47F^{-0.125}$$

F: Es el área en km²

$$SDR = 0,271$$

Por último:

$$SY = 0,271 * 97380 \text{ ((ton/ha) /año)}.$$

$$SY = 26389.98 \text{ ((ton/ha) /año)}.$$

$$SY = [(26389.98) * (1000^2) * (0,22)] / 10000 = 580,579.56 \text{ ton/año}$$

- **Calculando la cantidad de sedimentos en M3**

Para finalizar se calcula el volumen con la densidad de los sedimentos determinada en los análisis de laboratorio; $p = 2.71 \text{ ton/m}^3$; y **SY**.

$$V = (580,579.56 \text{ ton/año}) / (2.71 \text{ ton/m}^3)$$

$$V = 1,567.564 \text{ m}^3/\text{año}.$$

En el río Catamayo se depositan $1,567.564 \text{ m}^3/\text{año}$ de material de arrastre. La vida útil del área minera está en dependencia de las condiciones climáticas de la zona y del arrastre de material erosionado de las partes altas de las cuencas de los ríos Catamayo y Guayabal.

6.4.Descripción de los procesos y actividades del sistema de explotación actual

La actividad extractiva que se realiza en El Área Minera es a cielo abierto, el sistema de explotación usado en la actualidad es a través de franjas longitudinales o trincheras, mismas que son excavadas en forma paralela al curso de las aguas del río Catamayo y en sentido opuesto al flujo de las aguas, empleado desde el inicio de las operaciones de explotación y producción en el área de concesión.

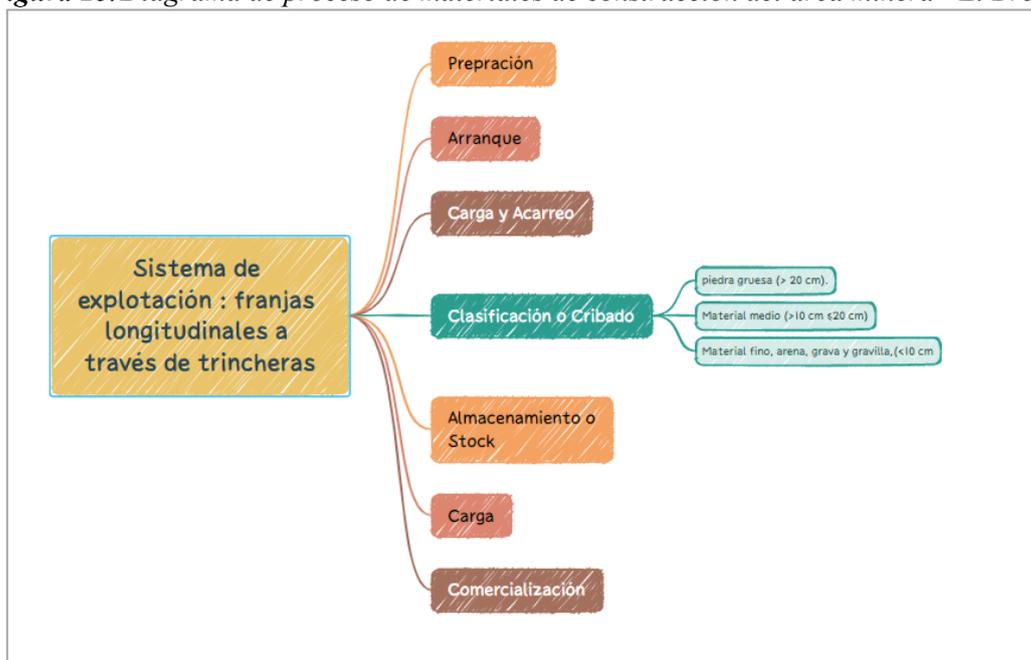
La explotación se lleva a cabo de forma secuencial a través de una serie de actividades que involucran la preparación, arranque, carga, transporte, trituración y clasificación, comercialización.

Todas estas actividades se desarrollan en el área minera “El Breo”, con la finalidad de lograr una producción que comúnmente no es constante, sino que depende firmemente de la demanda del consumidor y de proyectos constructivos o convenios que adquieran con el paso del tiempo.

6.5.Esquema de explotación actual

Las actividades se llevan forma secuencial y ordenadas: preparación, arranque, carga y acarreo, cribado, almacenamiento y stock, carga y finalmente comercialización; como se muestra en el siguiente esquema (Ver Figura 25).

Figura 25. Diagrama de proceso de materiales de construcción del área minera “El Breo”



6.5.1. Destape o Preparación.

Es la fase inicial del proceso de explotación, donde se realizan operaciones mecánicas en la zona retirando la cobertura vegetal u orgánica con la ayuda de una excavadora marca CASE-CX290, con capacidad de cucharón de 1.5 m³ y una longitud del brazo de 7m.

Seguidamente se prepara el frente a explotar, y se construye una plataforma provisional de aproximadamente 5 m de longitud por 5 m de ancho, en las riveras del río Catamayo, que sirve de plataforma de trabajo para la excavadora y poder extraer el material pétreo.

Este proceso es realizado por un trabajador (Operador), únicamente en áreas donde se extraerá el material y el tiempo máximo que se emplea para esta actividad es de 2 horas de Trabajo.

6.5.2. Extracción

La siguiente fase del sistema de explotación es la extracción o arranque, realizado con la excavadora empleada en la fase anterior se procede a extraer sucesivamente el material, el laboreo y avance se lo realiza de forma paralela a la corriente del río, producto de ello hace que la poza inicial vaya incrementada sus dimensiones la profundidad máxima considera para la extracción del material es de 3 metros.

Cuando las excavaciones llegan a tener dimensiones de aproximadamente 20 m de longitud x 10 m de ancho producto de la extracción del material, las actividades de explotación se suspenden para que el río Catamayo pueda rellenar naturalmente el espacio explotado.

En la extracción del material las rocas de diámetro mayor a 50cm, no son consideradas en el proceso productivo y se las dispone a un costado de la trinchera como protección para evitar socavamientos.

Mientras el área explotada se rellene nuevamente, se procede a realizar un nuevo frente de explotación y se repite la misma secuencia de actividades antes mencionadas en las riveras del río Catamayo.

Las labores de extracción son realizadas por un trabajador (operador), con la ayuda de una excavadora de cadena CASE-CX290, con capacidad de la cuchara de 1.5 m³.

Tabla17. Excavadora De Cadena Case Cx-290

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
<i>Motor</i>	Isuzu 6.494 l
<i>Potencia</i>	141 kW
<i>Alcance máximo</i>	10 m
<i>Profundidad máxima de excavación</i>	7 m
<i>Capacidad del cucharón</i>	1.5m ³



6.5.3. Carga y acarreo del material

Este proceso de carga se lleva a efecto con la misma cargadora de 1.5m³, misma que ingresa al río para realizar una plataforma provisional de trabajo en el margen derecho del río Catamayo conforme avanza la remoción de los materiales, permitiendo el ingreso de los volquetes al frente de explotación, realizando así el proceso de extracción y cargado de los volquetes (Ver Figura 19), con los que cuenta el titular minero para su transporte y acopio al área de clasificación y cribado.

Una vez cargado el material hacia los volquetes, este es acarreado por una vía de tercer orden, empleando 3 volquetas Marca Mercedes Benz de 8 m³ de capacidad, los volquetes deben efectuar el circuito de traslado en el trayecto comprendido entre el frente de extracción y la planta de lavado y clasificación en donde descargan el material y se retornan al frente de explotación correspondiente.

Esta actividad requiere de un periodo estimado de 15 minutos por viaje comprendido entre ida y vuelta al punto de lavado y clasificado hasta la extracción del material, ejecutando simultáneamente esta actividad durante las 7 horas de trabajo diario para el acarreo del material.

En la siguiente tabla se enuncian las especificaciones técnicas del volquete utilizado en los procesos cíclicos se describen a continuación:

Tabla18. Maquinaria utilizada en el acarreo del material

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS VOLQUETES	
<i>Modelo</i>	Mercedes
<i>Potencia</i>	92 kW
<i>Ancho</i>	2,65 m
<i>Longitud</i>	6.62 m
<i>Capacidad</i>	8m ³



6.5.4. Lavado y clasificación del material

Para esta actividad se cuenta con una criba fija donde el material es acarreado por los volquetes que extraen el material directamente del frente de explotación, dicho material es lavado por acción de una bomba centrífuga que bombea agua a presión de la piscina ubicado al costado derecho de la criba fija; mientras el material desciende por efectos de la gravedad por una rampa de criba de 2 niveles la prime rapa pose aberturas de la mallas >2” para clasificar el gravón, la malla para grava corresponde a una apertura de 2”-1 1/4” la apertura de la malla para arena gruesa es de 8 mm, mientras que para la arena fina comprende aperturas de 4 mm, lo cual permite cribar y clasificar el material.

La criba de clasificación fija, se encuentra sobre un muro de hormigón armado y una estructura de acero, posee aproximadamente 3,00 metros de ancho y 10,00 metros de largo. El volumen de la tolva es de 3m³ y receipta un volumen diario aproximado de 413 m³ proveniente de la extracción, lo que permite obtener los siguientes productos: gravón de > 2” pulgadas, grava de >1” a 2” pulgadas, arena gruesa >3/8” a 1” arena y fina < 3/8” pulgadas; que tendrán una deposición primaria mediante canalones y luego serán transportados directamente por medio de la cargadora a sus lugares de estoqueo final que se encuentran cercanos a la misma, obteniendo materiales de construcción listos para su comercialización.

Tabla19. Proceso de lavado del material para su respectiva clasificación

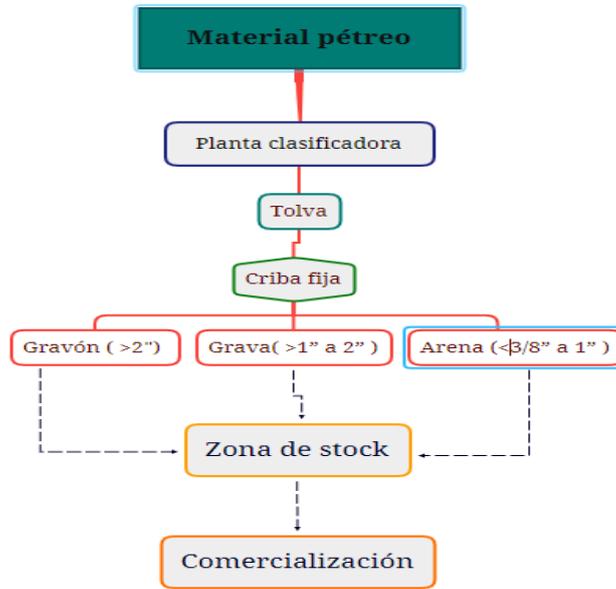
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
Área piso superior		21 m ²
Área piso inferior		9 m ²
Inclinación		45°
Volumen de tolva		3 m ³
N° de pisos		2
Piso	Material	Dimensiones
1	Gravón	>5”
2	Grava	1 ^{1/4} -1
Pasante	Material variado	3/8” < 4mm



6.5.4.1. Esquema de clasificación del material

A continuación, se presenta un esquema de los procesos de cribado y clasificación del área minera “El Breo- código 110353010”:

Figura 26. Diagrama de Proceso de Clasificación



6.5.5. Almacenamiento o stock.

Una vez clasificados los materiales pétreos estos son transportados a la zona de estoqueo para su comercialización, el material comerciable (piedra, grava, arena gruesa, arena fina) obtenido del proceso de clasificación en la criba fija, son recogidos o estoqueados con la ayuda de la pala cargadora frontal CAT-966C de 2m³ de capacidad, para ser depositados secuencialmente y almacenado en áreas específicas para cada producto, estos se encuentra de manera colindante al área de lavado y clasificado (ver figura 26).

Además de eso la pala cargadora cumple con la función de cargar los volquetes particulares que compran el material para transportarlo directamente desde la mina hasta los centros de consumo.

Figura 27. Pala cargadora CAT 966c empleada para recogida y cargado del material



6.5.6. Comercialización.

La comercialización se la realiza directamente desde la Concesión Minera “EL BREO” en caso que se solicite entregar el material a domicilio el material es transportado directamente desde la mina; empleando los volquetes que son de propiedad de la empresa o particulares.

Para la entrega de las respectivas facturas se las efectúa directamente en la mina o en el sector de entrega del material vendido.

6.6. Actividades auxiliares

6.6.1. Mantenimiento de maquinaria.

El taller mecánico se encuentra ubicado junto a la bodega y oficina de administración, cuya finalidad es dar mantenimiento a los equipos y maquinarias utilizadas en los procesos de producción.

Su construcción es a base de estructura metálica y posee un área de 12m², además cuenta con su respectiva señalización y alumbrado, un lugar para el almacenamiento del combustible y partes que son remplazadas al monte de realizar mantenimiento de la maquinaria, mismas que consideradas como chatarra luego de haber cumplido su vida útil o no tener arreglo alguno.

Las operaciones de mantenimiento de la maquinaria y demás equipos como cribas u otros son realizadas por trabajadores de la concesión, en caso de no poder solventar inconvenientes con la maquinaria, se opta por transporta la pieza dañada hacia la ciudad de Loja, o se contrata personal técnico y especializado para dicho trabajo.

Figura 28. Taller mecánico



6.6.2. *Administración y bodega.*

La oficina se encuentra ubicada en la primera planta conjuntamente con la bodega y el taller mecánico posee un área de 8 m², cuenta con un escritorio, cámara de seguridad y es utilizada para el despacho de los clientes, así como para la adecuación de los EPP.

Figura 29. Oficina y bodega



6.6.3. *Alimentación.*

El comedor se encuentra ubicado a un costado de la oficina de administración del campamento, cuenta con cocina, comedor, dos dormitorios y servicio higiénico.

En esta estructura, los trabajadores se sirven el desayuno y almuerzo, por lo que dejan firmando en una hoja de registro para que la empresa pueda realizar su pago respectivo. Cuenta también con la respectiva señalización, agua, basurero y limpieza permanente, siguiendo un control de aseo adecuado.

Figura 30. Comedor



6.6.4. *Lavadora de vehículos.*

El lavado de la maquinaria la realizan junto a las instalaciones del taller mecánico, cuenta con una manguera a presión para el lavado de la misma esta actividad se realiza luego de haber terminado la jornada de trabajo

El agua procedente de tanques de almacenamiento, es conducida a través de un canal hasta las piscinas de separación física (trampa de aceites y grasas), para luego ser vertida al río Catamayo respetando los límites máximos permisibles.

En esta actividad, cada trabajador se encarga de realizar al final de la jornada de trabajo el lavado de su maquinaria.

6.7. Ciclos de Producción Actual

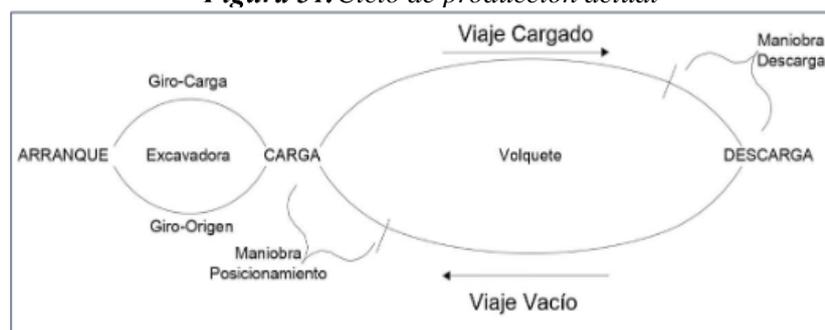
El ciclo de producción consiste en el tiempo que se emplea en desarrollar el arranque de material, número de viajes que realizan los volquetes al recorrer una distancia desde el frente de explotación hasta el área de lavado y cribado del material, por lo que se toma en consideración la carga y descarga de material efectuado por los volquetes. El tiempo de producción está conformado por dos clases; la primera la integran los tiempos que tienen una duración relativamente constante (tiempo fijo) como el cargar, descargar y cambio de posición o maniobras, en tanto que la segunda clase, la conforman los tiempos variables (tiempo variable) que guardan relación con las actividades de acarreo, transporte de ida y de regreso en donde se considera la influencia de la distancia y velocidad.

Diariamente cada volquete realiza alrededor de 30 viajes (Anexo 4), dando un equivalente a 90 viajes totales sin considerar imprevistos.

Cabe recalcar que, aunque la capacidad geométrica de los volquetes es de 8 m³ no se emplea el 100% de su capacidad, ya que únicamente se trabaja con un volumen aproximado de 6 m³, debido a que el material al encontrarse saturado posee un peso mayor que el seco, con el fin de reducir fallas mecánicas, deterioros o atascamientos por efecto de sobrepeso.

Por lo general el tiempo de producción depende en gran medida del sistema de transporte que se usa y del sistema de explotación actual.

Figura 31. Ciclo de producción actual



En el (Anexos4 – Toma de tiempos), se establece la estimación de tiempos para el llenado de tres volquetes de 8m³, a continuación, se presenta en la (tabla), resumen:

Tabla20. Resumen de tiempos por labor de la excavadora Kato para el llenado de tres volquetes.

Fecha:	N° de Ciclos						TOTAL	
	Actividad	Unidad	N°1	N°2	N°3	N°4		N°5
	Carga	Min	4.65	4.73	4.70	4.78	4.75	4.73
	Viaje de ida cargado	Min	4.23	4.35	4.78	5.15	4.86	4.67
	Giro, Posicionamiento y Descarga	Min	2.05	2.00	2.15	2.18	1.85	2.05
	Viaje de regreso vacío	Min	3.7	3.12	3.65	3.86	3.17	3.5
	Posicionamiento en punto de carguío	Min	0.71	0.66	0.83	0.7	0.75	0.73
	Tiempo de ciclo promedio (min)	Min	15.34	14.86	16.11	16.67	15.45	15.68

Toda esta actividad comprende un ciclo de tiempo determinada in situ equivalente a 16 minutos por cada viaje.

La determinación del número de ciclos se expresa mediante la fórmula siguiente expresión:

$$ciclos\ por\ hora = \frac{60\ min}{t(ciclo)}$$

$$ciclos\ por\ hora = \frac{60\ min}{15.68\ min)}$$

$$Ciclos\ por\ hora = 3.8 = 4\ viajes$$

Nota: De manera teórica se realiza alrededor de 4 viajes empleados por cada volquete en una hora de trabajo ejecutada.

6.7.1. Rendimiento de maquinaria.

El rendimiento de la maquinaria se establece considerando la metodología de Chiriboga, Pillasagua & Eduardo, en su artículo denominado “Rendimiento de Equipo Pesado para la Explotación de una Cantera de Cielo Abierto”. Donde se establecen una metodología, en la cual se determina;

- El Rendimiento de los volquetes o equipo de acarreo
- El rendimiento de la retroexcavadora
- El rendimiento de la cargadora frontal

Para efectuar dichos cálculos se consideró los datos de campo, criterios o valores teóricos y coeficientes correspondientes a las ecuaciones que permitan establecer el rendimiento teórico.

6.7.2. Rendimiento de la maquinaria de arranque y carga

El rendimiento de la excavadora se obtiene a partir de factores en relación al tipo de terreno, la eficacia de la máquina, eficacia del llenado del cucharón, la eficiencia de la operación en general, entre otros, los cuales se integran en las siguientes:

- *El rendimiento de la excavadora está dado por la fórmula:*

$$R = \frac{Vc * 3600 * Fe * Fe' * Ct}{Tc}; m3/h$$

Donde:

Vc= Capacidad de la cuchara medida en m³.

Fe= Factor de eficacia de la máquina, que varía entre 70 y 80%.

Fe'= Factor de eficacia de la cuchara, que depende de la clase de terreno.

Tabla21. Factor de eficacia en función de la clase de terreno a excavar.

TIPO DE TERRENO	COEFICIENTE
Flojo	0.90-1.00
Medio	0.80-0.90
Duro	0.50-0.80

Nota: Chiriboga, Pillasagua, Baquerizo. p. 5.

Ct= **Coeficiente de transformación**; Los valores medios son establecidos según el material que va a ser transportado por la máquina, para que se cubique según su perfil, sea este esponjado o compacto.

Tabla22. Coeficiente de transformación en función del material a ser transportado

TIPO DE TERRENO	PERFIL	MAT. ESPONJADO	MAT. COMPACTO
Tierra	1.00	1.25	0.90
Arcilla	1.00	1.40	0.90
Arena	1.00	1.10	0.95

Nota: Chiriboga, Pillasagua, Baquerizo. p. 5.

T_c = Es el tiempo de duración del ciclo en segundos; comprende la excavación y el giro hasta la descarga, la descarga y el giro hasta el origen de la excavadora de cadenas CASE-CX290.

Este tiempo se lo determinó in situ, mediante observación directa y estimando los promedios de las mediciones dando como resultado un tiempo de 25 segundos.

- **Rendimiento De La Excavadora.**

$$RT = \frac{Vc * 3600 * Fe * Fe' * Ct}{T_c}; m^3/h$$

$$RT = \frac{(1.5 * 3600 * 0.70 * 0.80 * 1.10)}{25} = 133.05 m^3/h$$

- **Rendimiento real de la excavadora**

Partiendo de la consideración sobre la cual los trabajos no se realizan durante los 60 minutos, sino por el contrario si tiene ciertos imprevisto o pausas, se ajusta el rendimiento teórico con un valor correspondiente al factor de eficiencia de la operación (E_g) corresponde a 50 minutos o 0.83 horas. Para obtener el rendimiento real se aplica la ecuación siguiente.

$$RR = RT * E_g; m^3/h$$

$$RR = 133.05 m^3/h * 0.83$$

$$RR = 110.44 m^3/h$$

- **Ciclos de trabajo (carga) por hora (C_c)**

Relaciona el número de cucharones realizados por la excavadora de uso múltiple extrayendo y cargando el material; para el cálculo de este parámetro se plantea la siguiente expresión:

$$C_c = \frac{60 \text{ min}}{T_c} = \text{ciclos/hora}$$

$$C_c = \frac{60 \text{ min}}{0.42 \text{ min}} = \text{ciclos/hora}$$

$$C_c = 150 \text{ ciclos/h}$$

Donde:

Cc: Ciclo de trabajo en 60 minutos (hora)

Tc: Tiempo ciclo cargado 0.4 min =25s

Nota: El resultado para ciclo de cargado del material es de 150 ciclos por hora.

- **Cucharadas necesarias para cargar el equipo de transporte**

Este parámetro permite calcular el número de palas necesarias para el llenado de un volumen de un volquete vacío en específico.

$$Np = \frac{Qv}{Qc * Ec}$$

Donde:

Qv: capacidad de volqueta (8m³)

Qc: capacidad de cucharón (1,5 m³)

Ec: eficiencia del cucharón (90-100%) (0.95)

$$Np = \frac{8m^3}{1.5m^3 * 0.95}$$

$$Np = 5.6 \text{ cucharadas} = 6$$

El número de paladas necesarias para el llenado de un volumen de 8m³ es de 6 cucharadas, con un volumen de llenado de 1,5 m³ de capacidad del cucharon y trabajando con una eficiencia al 95%.

Observación: No se efectúa la extracción del material al 100% con la retroexcavadora, debido a que las condiciones del material no permiten un llenado al máximo de su capacidad.

Además, no se realiza el llenado al 100% de los volquetes, con la finalidad de evitar fallos mecánicos en los mismos debido que al tratarse de material pétreo, se encuentra saturado por lo que posee una gran densidad y peso para su traslado.

6.7.3. Rendimiento de la maquinaria de acopio

- **Rendimiento Teórico de la cargadora frontal teórico.**

$$R_t = (V_c * 3600 * F_e * F_e' * C_t) / T_c$$

Donde:

V_c: Capacidad de cucharón 2 m³

F_e: Eficiencia maquinaria 80-90% (85=0.85)

F_e': Eficiencia del cucharón 90-100% (0.95)

C_t: Coeficiente esponjamiento 1.10

T_c: Tiempo ciclo de carga (30seg)

E_g: Eficiencia general 0.83

$$R_t = \frac{(2 * 3600 * 0.85 * 0.95 * 1.10)}{30} = 213,18 \text{ m}^3/\text{h}$$

- **Rendimiento real de la cargadora frontal**

Los valores expuestos se ajustan al valor real considerando los minutos trabajados de 50 minutos máximos por hora (0.83h), los valores se ajustan a la expresión siguiente:

$$R_r = R_t * E_g; \text{ m}^3/\text{h}$$

$$R_r = 213.18 * 0.83$$

$$R_r = 176.93 \text{ m}^3/\text{h}$$

Observación: Los valores expresan que el rendimiento real corresponde a 176.93 m³/h efectuados en un tiempo de 50 min trabajo, determinando así que la maquinaria de acopio trabaja de manera eficiente y óptima.

6.7.4. Rendimiento de los volquetes o equipo de acarreo:

Para el equipo de acarreo se reconocen efectuando su rendimiento teórico; Mismo que esta relaciona la capacidad del volquete, la eficiencia de la maquina considerada entre (70-80%), tiempo actual de carga y acarreo y el factor de esponjamiento.

- ***El rendimiento de los volquetes está dado por la fórmula:***

$$Rv = (Vc * 60 * Fe) / Tc = m^3/h$$

Donde:

Vc= Capacidad de la caja del volquete en m³.

Fe= Capacidad de eficacia de la máquina que está en función de la experiencia del conductor y estado de la misma, tipo de tierras a transportar y estado del terreno. El cual varía entre el 70 y 80%.

Tc= Es el tiempo en minutos del ciclo, corresponde a la suma del tiempo fijo (carga, descarga y maniobra), y del tiempo variable (marcha), mismo que fue calculado in situ dando un valor de 15 minutos

$$Rv = \frac{(8*60*0.75)}{15} = 24 m^3/h$$

- ***Rendimiento real de los volquetes***

Posteriormente se ajustó el valor del rendimiento teórico de la volqueta con el valor de (Eg = 0.83 Horas), ya que no se trabaja los 60 minutos por hora, estimando el valor del rendimiento real mediante la ecuación siguiente:

$$RR = RT * Eg; m^3/h$$

$$RR = 19.92 m^3/h = 20 m^3/h$$

La volqueta Mercedes con capacidad de 8 m³ presenta un rendimiento real de 20 m³ por hora de trabajo.

6.7.5. Producción total promedio por jornada de trabajo

- ***Producción diaria.***

Para estimar la producción diaria se realizó un registro por dos semanas de la jornada laboral, tomando en cuenta el horario de trabajo habitual que se lleva a cabo para realizar dichas actividades. (ver anexo 2).

La determinación de la producción total por horas de trabajo se basa en función de los parámetros como el rendimiento real, el número de volquetes y las horas de trabajo diario

Producción diaria (P_p) = (rendimiento de volquete en $m^3/h * N$) * 8 h/día

$$P_p = (19.92 m^3 * 2) * 8 h/día$$

$$P_p = 478.08 m^3/día$$

La producción total es de 418 m³ por cada día considerando las 8 horas de jornada laboral. Por lo que la producción diaria estimada corresponde a la tabla que se describen a continuación.

Tabla 23. Producción diaria de material pétreo

PRODUCCION DIARIA (m^3)	PRODUCCION MENSUAL (m^3)	PRODUCCION ANUAL (m^3)
478.00	9560	114,720

6.8. Análisis de la vida útil del depósito

El potencial minero es un factor de gran importancia, ya que nos permite estimar la cantidad de material explotable con la vida útil del área minera. El tiempo de vida útil del área minera abarca un cierto número de parámetros para su empleo; el volumen de recursos medidos, los días hábiles de trabajo y la producción diaria.

En función de los valores relacionados con los días hábiles de trabajo para un año determinado promediando un valor de 117, con la finalidad de establecer el tiempo de vida útil del proyecto mediante la ecuación:

$$T (\text{vida útil}) = \frac{V (\text{reservas medidas})}{D \times P_p}; \text{años}$$

Donde:

T = Tiempo de vida útil de la cantera, años

V = Volumen de reservas medidas de material pétreo en el depósito (82400 m³)

D = Días hábiles en el año descontando feriados, sábados y domingos (117 días)

P_p = Producción diaria (418 m³/día)

$$T (\text{vida útil}) = \frac{206.000 m^3}{117 \text{ días} \times 418 m^3/día}; \text{años}$$

$$T (\text{vida útil}) = 4.21 \text{ años} \approx 4 \text{ años}$$

Se puede determinar que el depósito tiene un tiempo de vida útil de 4 años aproximadamente. Este tiempo nos permite establecer una proyección minera en base al volumen de material explotable y el nivel de producción del área.

Por lo general las áreas de explotación aluvial generan proceso de recarga de sus recursos en función de su arrastre en este caso producto de los ríos Catamayo y Guayabal, y en dependencia de factores geológicos que se originen en la zona, debido a ello no se podría determinar una fecha de cierre de explotación de los materiales pétreos, por esta razón el valor antes mencionado sería un aproximado por lo que el tiempo de vida útil del depositito se extiende más allá del tiempo establecido.

6.9. Análisis económico de los costos de producción del sistema actual

Los costos de producción se definen como aquellos generados de forma continuada durante el funcionamiento de la operación, pudiéndose subdividir en dos categorías: costos directos y costos indirectos.

6.9.1. *costos directos*

Los costos directos o variables son considerados como los costos primarios de una operación y consisten, básicamente, en las aportaciones del personal y de materiales que generan la producción.

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

- Costo de personal.
- Costo de mantenimiento de maquinaria
- Costo de combustibles y lubricantes

Tabla24. *Rubro costos directos*

Costo de Personal			
Cantidad	Cargo	Días laborados	Total (\$)
2	Chofer Profesional	30	540.00
1	Obrero de clasificación de Material	30	450.00
1	Operador de cargadora	30	900.00
1	Operador de excavadora	30	900.00
COSTO MENSUAL			2.790.00
Mantenimiento De Maquinaria			
Descripción			COSTOS (\$)
<i>Mantenimiento de Maquinaria</i>			2.000.00
COSTO MENSUAL			2.000.00

Combustibles Y Lubricantes	
Descripción	Total (\$)
Gasolina	600.00
Diésel	4.800.00
Lubricante	1.5000.00
COSTO MENSUAL	6.900.00

6.9.2. Costos indirectos

Los costos indirectos son gastos que se consideran independientes de la producción y pueden variar con la producción proyectada, pero no directamente con la obtenida.

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

- Costo de administración.
- Costo de seguridad.
- Costo de alimentación
- Costo de servicios básicos
- Costo de impuestos, regalías e informes.

Tabla25. Rubro costos indirectos

Costos de administración			
Cantidad	Cargo	Días laborados	Total, a pagar (USD)
1	Gerente-Técnico encargado	30	1.800.00
COSTO MENSUAL			1.800.00
Costo de equipos de protección personal (EPPs).			
Cantidad	Descripción	P. Unitario (USD)	Total (\$)
5	Cascos	12	60
2	Orejas	6	12
3	Gafas de protección	1	3
2	Guantes	3	6
5	Chaleco reflectivo	5	25
5	Botas punta de acero	25	125
COSTO MENSUAL			211.00
Costo de alimentación.			
Cantidad	Descripción	P. Unitario (USD)	COSTOS (\$)
5	Desayuno	2.50	12.5
5	Almuerzo	2.50	12.5
COSTO MENSUAL			750.00
Costo de taller mecánico			
Cantidad	Descripción	Precio. Unit. (\$)	Total (\$)

4 lb	Suelda	2.50	10.00
1 tanque	Tanque Oxígeno	12.00	12.00
10 lb	Carburo	2.00	20.00
2	Discos de amolar	3.00	6.00
1	Pernos, tuercas, arandelas y otros utensilios menores	45.00	45.00
COSTO MENSUAL			93.00
Costo de impuestos, regalías e informes técnicos			
Descripción		Costo mensual (\$)	
Patentes de conservación		54.87	
Regalías mineras		500.00	
Informe de producción		220.65	
Auditoría ambiental		170.65	
Capacitación al personal		200.00	
COSTO MENSUAL			1.146.17

6.10. Resumen de costo de producción.

Tabla 26. Resumen de costos de producción

COSTOS DE PRODUCCIÓN		
	Descripción	COSTOS (\$)
Costos directos	Costos de administración	1.800.00
	Mantenimiento de Maquinaria	2.000.00
	Costo de personal.	2.790.00
	Costo de combustibles y lubricantes.	6.900.00
	Costo de equipos de protección personal (EPPs).	211.00
Costos indirectos	Costo de alimentación.	750.00
	Costo de taller mecánico	93.00
	Costo de impuestos, regalías e informes técnicos	1.146.17
COSTO MENSUAL		15.690.00

Nota: Gerencia y Autor, 2022

6.11. Costo diario.

Representa el valor monetario expresado en dólares, empleado durante una jornada de trabajo, el cual está en función del costo de producción mensual y los días laborables en el dicho mes. Para obtener el costo diario se relaciona el costo mensual con los 20 días laborables en el mes:

$$\text{Costo diario} = (\text{Costo de producción mensual}) / (\text{Días laborables}) = \text{USD}$$

$$\text{Costo diario} = 15.690.00/20 = 784.5 \text{ USD/día}$$

6.11.1. Costo de producción por metro cúbico

El costo de producción por metro cúbico de material clasificado y stockeado se obtiene de la relación entre el costo diario en USD y la producción diaria en m³, dicha relación se establece en la siguiente fórmula:

$$\text{Costo/m}^3 = (\text{Costo diario}) / (\text{Producción diaria}) = \text{USD/m}^3$$

Una vez definida la producción diaria (418 m³) y el coste diario (\$784.5) se procede a la obtención del costo de producción por metro cúbico con el sistema actual de la siguiente manera:

$$\text{Costo/m}^3 = 784.5 \text{ USD} / 478 \text{ m}^3 = 1.64 \text{ USD/ m}^3$$

6.12. Selección del sistema de explotación optimizado

Una vez analizados los procesos y actividades del sistema actual del Área minera “El Breo”, se evaluó e identificó los procesos que pueden ser optimizados con la finalidad de optimizar los tiempos de la mejor manera para que la explotación sea más efectiva, y a su vez, que la producción del material sea más alta en el área minera mencionada.

Por lo tanto, se realizó un análisis multicriterio que permiten elegir el sistema de explotación más idóneo, que cumpla con los requerimientos técnico-económicos en el frente de explotación en función de:

- Un incremento significativo en la producción de material de arrastre depositado por el río (gravas, cantos y arena) y con ello evitar el socavamiento vertical y mejorando la recuperación y productividad del material.
- Buena adaptabilidad con la topografía del depósito aluvial.
- Mitigación de los impactos ambientales producidos en el lecho y ribera del río
- Rentabilidad económica en base a los costos de inversión inicial

En base a los parámetros mencionados anteriormente, se estableció dos sistemas de explotación que mejoren las condiciones del sistema de explotación de los materiales áridos y pétreos del área minera “El Breo”.

6.12.1. *Análisis multicriterio entre los sistemas de explotación.*

Para la determinación del sistema más idóneo se realiza un análisis multicriterio entre las dos siguientes opciones: “*Sistema De Explotación Mediante Diques Transversales*”, “*Sistema de explotación mediante diques longitudinales*”.

Teniendo en consideración la norma técnica y aspectos ambientales y económicos, por lo que se realiza el siguiente análisis.

Tabla27. *Tabla. Análisis Multicriterio de los sistemas de explotación*

Sistemas de Explotación	Ventajas	Desventajas
<i>Sistema de explotación mediante “Diques Transversales”</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Incremento significativo en la producción de material de arrastre depositado por el río (gravas, cantos y arena) ➤ Mitigación sustancial producida en el lecho y reviera de un río. ➤ Alta eficiencia y operatividad en el ciclo minado 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Costos eventuales por la implementación, puesto que involucra la adquisición de maquinaria, y la construcción de los diques. ➤ Perturbación de la superficie por extracción de grandes cantidades de material
<i>Sistema de explotación mediante “Diques Longitudinales”</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Alta producción en la explotación ➤ Al contar con una, producción elevada, los avances económicos son positivos. ➤ Bajos costos de implementación, ya que la extracción de los materiales de la parte superficial de las barras laterales 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ General un impacto ambiental significativo, debido a la construcción y operación de los diques. ➤ No se tienen precaución en el cuidado ambiental en los bordes del río. ➤ Aumenta la erosión de las riberas de los ríos ➤ Interfería en el lecho del río por excavación, resultando difícil mitigar los impactos de la minería, como: erosión remontante.

Elaborado: (Mojica Villamizar & Manrique Alfonso, 2017)

Para la elección del sistema más idóneo a emplearse en el área “El Breo”, nos basamos en los criterios de las ventajas y desventajas de los sistemas mencionados con anterioridad, por lo que se determinó que el sistema que brinda un mayor aprovechamiento de materias pétreos es el “*Sistema De Explotación Mediante Diques Transversales*”, mismo que es un

sistema acorde a las peculiaridades topográficas del área, además consiste en un sistema accesible desde el punto de vista técnico, económico, y productivo para el área minera “El Breo”.

Desde un punto de vista técnico, los “Diques transversales” debido a que no altera significativamente las condiciones geométricas del cauce del río en la zona de explotación, es decir reestablece de forma temporal la geometría del cauce concentrando el flujo a un margen y reduciendo el riesgo de inundaciones durante eventos de crecidas o desbordes.

Desde el punto de vista ambiental, esta no se encuentra libres de sufrir impactos ambientales, pero este sistema reduce notablemente los impactos sobre los frentes de explotación al estar bien definidos aseguran un bajo impacto ya que se disminuye apreciablemente el grado de alteración de los suelos. El sistema de "Diques Transversales" logra un impacto ambiental positivo ligado con aumentar la capacidad de transporte de los ríos aguas abajo debido a la retención continua del material, además reduce las corrientes, proteger los bordes de los ríos.

En función de la parte económica, la elaboración de los “Diques transversales” resulta un sistema de extracción económico debido a que se cuenta con la maquinaria y el personal propio de la empresa, además se hace uso del material propio del río para la conformación de los diques. Lo que da como resultado una gran ganancia económica al menor plazo, ya que permite aprovechar gran cantidad de material tanto al inicio como al finalizar los trabajos de construcción de diques sin interrumpir las actividades de explotación.

En base al criterio productivo, los diques transversales como sistema de aprovechamiento, tiene como principal objetivo lograr un incremento relevante en la producción de material de arrastre depositado por el flujo de agua en un corto periodo o tiempo.

6.13. Descripción de los procesos y actividades del sistema de explotación optimizado.

Una vez asegurado el nuevo sistema de explotación (*Diques Transversales*) ideal para la extracción de los áridos y pétreos en el área minera El Breo, Código 600524”, se detalla los procesos y actividades que permitan un correcto aprovechamiento del material retenido con la nueva variante de optimización.

6.13.1. Destape o preparación optimizado

Para la ejecución del nuevo sistema de explotación se realiza primeramente la preparación del sitio donde se va a construir los diques transversales aprovechando los materiales removidos en este proceso. La construcción de los diques consiste en la colocar una serie de rocas de un tamaño relevante, estas deben estar dispuestas de forma transversal a la dirección de la corriente de río, de esta manera logramos la retención del material y permitimos el flujo del agua, reduciendo la presión sobre las paredes de los diques.

Los pozos de explotación, se determinan en función del equipo, por lo que se establecen las dimensiones de los pozos de los pozos de explotación, el ancho de los pozos será en base al alcance máximo del brazo de la excavadora y de igual manera la profundidad máxima de excavación se toma en cuenta las características técnicas de la excavadora y en base la geología del sitio.

En la fase de preparación se desalojará el material no procesable en caso de existirlo, así como el acondicionamiento de la vía de acceso necesaria para la operación de acarreo, dejando la terraza lista para iniciar la operación de extracción. Este trabajo será realizado por la excavadora de cadena CASE-CX290.

6.13.2. Extracción o arranque optimizado.

Una vez efectuada la preparación con el sistema optimizado, el siguiente proceso consistirá en la extracción del material aprovechable retenido entre los diques transversales, la extracción será de manera mecanizada mediante la excavadora CASE- CX290, dicha acción se realiza en base al diseño de los diques, los cuales serán ubicados en el margen derecho del del cauce del río, los pozos se explotaran hasta una profundidad máxima de 3 metros sin tener contacto del Bedrock, permitiendo la recuperación natural y acumulación de material en el fondo del mismo.

Las operaciones en la fase de extracción se efectuarán mediante la excavación en cada costado del dique, las labores de extracción y finalización de cada bloque terminara cuando en este se extraiga el material, por lo que se dejara un tiempo de recarga y se continuara al siguiente bloque a una distancia marcada por el ancho del dique, dichos operaciones se repiten en cada uno de los bloques de explotación.

Al igual que en el sistema actual, cuando el material extraído no reúna las condiciones necesarias para ser procesado este será depositado en la zona de stock de material no condicionado para ser procesado durante las épocas invernales, en las cuales se torna dificultoso el acceso al río por la creciente del mismo. (Ver Anexo 10).

Figura 32. Diseño de explotación mediante diques transversales
DISEÑO DE EXPLOTACION MEDIANTE DIQUES
TRANSVERSALES DEL ÁREA MINERA EL BREO



6.13.2.1. Rendimiento óptimo de la maquinaria de arranque y carga

La excavadora CASE- CX290, será la máquina que realice el proceso de extracción y carga del material en el sistema óptimo de explotación a desarrollarse, es por ello que el tiempo de ciclo de carga tendrá una mínima variación debido a la facilidad de extraer el material, siendo igual a 23 segundos, teniendo en cuenta los datos de la tabla siguiente.

Tabla28. Tdatos para el cálculo del rendimiento óptimo de la excavadora.

Símbolo	Descripción	Rango	Valor
V_c	La capacidad del cucharón será igual a la actual	1.5 m ³	1.5 m ³
F_e	El factor de eficacia de la máquina	70 – 80 %	0.75
$F_e' =$	El factor de eficacia cucharón	80 – 90 %	0.85
C_t	El coeficiente de transformación según el material	1.10 esponjado - 0.95 compactado	1.10
T_c	Tiempo de ciclo de la carga	20-25	23 s
E_g	Eficiencia de la operación en general	50 min/hora	0.833

Finalmente, el rendimiento de la excavadora será igual a:

$$R_t = \frac{V_c * 3600 * F_e * F_e' * C_t}{T_c} = m^3/h$$

$$R_t = \frac{1.5 * 3600 * 0.75 * 0.85 * 1.10}{23} = 164.64 m^3/h$$

- **Rendimiento real óptimo de la excavadora (Rr)**

En función de que no se trabaja los 60 minutos por hora, se considera al factor de eficiencia en base a la operación en general para el rendimiento real mediante la siguiente ecuación:

$$Rr = R_t * E_g; \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$Rr = 164.64 \text{ m}^3 \times 0.83 \text{ hora}$$

$$Rr = 136,65 \text{ m}^3/\text{h}$$

Con el sistema optimizado se evidencia un aumento en el rendimiento real de la excavadora CASE-CX90, dando un valor de 136,65 m³/h para la máquina de extracción y carga de materiales.

- **Numero de paladas necesarias para cargar el equipo de transporte o acarreo (Np).**

Al mejorar las condiciones de extracción del material, se debe determinar nuevamente el número de paladas necesarias para el llenado del volquete utilizando los datos de la tabla siguiente:

Tabla29. Numero de paladas necesarias para cargar el equipo de transporte.

Símbolo	Descripción	Rango	Valor
Q_v	Capacidad de los volquetes	8m ³	8m ³
Q_c	Capacidad cucharón	1.5m ³	1.5m ³
E_c	Eficiencia del cucharón	90-100%	0.9

$$Np = \frac{Q_v}{Q_c * E_c}$$

$$Np = \frac{8m^3}{1.5m^3 * 0.9}$$

$$Np = 5.93$$

El número de paladas para el llenado de los volquetes de 8m³ de capacidad, es 6 mediante el sistema optimizado.

- **Optimización de los tiempos de producción**

Tiempos fijos

Se refiere a los tiempos que se emplean en la carga del equipo de transporte y las maniobras que realiza la maquinaria al momento de carga y descarga del material. Para ello empleamos la siguiente ecuación.

Tiempo de Carga

Donde:

N_p : número de palas necesarias para llenado (6)

T_{cc} : tiempo de ciclo de carga (23 seg)

$$T_c = \frac{N_p \times T_{cc}}{60}; \text{ min}$$

$$T_c = \frac{6 \times 23}{60}; \text{ min}$$

$$T_c = 2,3 \text{ min}$$

- **Ciclos de trabajo (carga) por hora (C_c)**

Relaciona el número de cucharones realizados por la excavadora de uso múltiple extrayendo y cargando el material; para el cálculo de este parámetro se plantea la siguiente expresión:

$$C_c = \frac{60 \text{ min}}{T_c} = \text{ciclos/hora}$$

Donde:

C_c : Ciclo de trabajo en 60 minutos (hora)

T_{cc} : Tiempo ciclo cargado $23s = 0.38 \text{ min}$

$$C_c = \frac{60 \text{ min}}{0.38 \text{ min}} = \text{ciclos/hora}$$

$$C_c = 158 \text{ ciclos/hora}$$

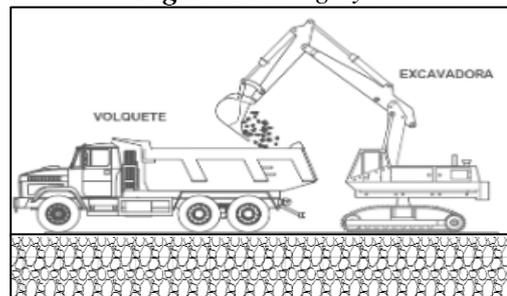
El resultado para ciclo de cargado del material es de 158 ciclos por hora.

6.13.3. Carga y acarreo.

Una vez ejecutada la extracción del material se da paso al cargado y acarreo del mismo, directamente a los volquetes de 8m³ capacidad los que inmediatamente llevarán el material ya sea a la zona de stock de material no condicionado (cuando no reúne las condiciones necesarias para ser procesado) o directamente a la criba fija para ser clasificado.

El tiempo y número de viajes se verá reflejado por la eficiencia de extracción efectuado por la excavadora CASE-CX290 con la disposición del material acondicionado y a su vez con la distancia que tienen que recorrer los volquetes desde el frente de explotación hasta la zona de cribado. Puesto que la optimización requiere el aumento en la producción y eficiencia de las actividades empleando la misma maquinaria para realizar el mismo proceso.

Figura 33. Carga y acarreo



6.13.3.1. Rendimiento óptimo de la maquinaria de acarreo

El rendimiento Óptimo de los volquetes será determinado tomando en cuenta las siguientes variantes para la optimización:

- *Vías internas*

Los sistemas de explotación están considerados dentro de un solo frente, por lo que se considera una sola área dentro del espacio de explotación longitudinal, los trabajos se realizarán a lo largo del río, considerando márgenes de protección.

La vía cuenta con medidas acopladas a la optimización donde se detalla: un ancho de 6 m divididos en dos carriles (doble sentido) y su respectiva berma de seguridad, durante el trayecto de 1km, comprendido desde la zona de producción hasta el frente de extracción.

Estos cambios serán de forma permanente para las vías internas dentro de la concesión únicamente, además se considera que para la construcción se deberá emplear equipos propios

de la concesión una vez realizados estos cambios se inicia el proceso de explotación de manera inmediata.

- **Tiempos de maniobras (tiempos variables):**

Estos son parámetros que dependen prácticamente de la experiencia del conductor y del personal que opera en todo el proceso productivo, estos consideran posición, descarga, giró y posición nuevamente para la carga, estos factores no intervienen de manera significativa ya que solo depende de quién da las maniobras.

Los tiempos variables son considerados a partir de aspectos como, distancias del frente de explotación y la velocidad a la que viajan los equipos de transporte con el que se acarrean los materiales de un punto al otro (viaje ida-regreso), considerando las condiciones de la maquinaria de acarreo, las condiciones climatológicas y el estado de óptimo de las vías, permite mejorar las maniobras de transporte.

A continuación, se expone la tabla de datos necesarios para determinar el tiempo óptimo:

Tabla30. Datos para el cálculo del tiempo óptimo

CONSIDERACIONES	DATOS
Distancia máxima (Km)	0,50KM
Velocidad viaje cargado (ida Km/h)	10
Velocidad viaje vacío (vuelta Km/h)	15-20

- **Tiempo óptimo: viaje de ida cargado**

$$T_{vc} = \frac{\text{Distancia (Km)}}{\text{Velocidad (Km/h)}} * 60$$

$$T_{vc} = \frac{0.5 \text{ km}}{10 \text{ (Km/h)}} * 60$$

$$T_{vc} = 3 \text{ min}$$

- **Tiempo óptimo: viaje regreso**

$$T_{vd} = \frac{\text{Distancia (Km)}}{\text{Velocidad (Km/h)}} * 60$$

$$T_{vd} = \frac{0.5(\text{Km})}{18(\text{Km/h})} * 60$$

$$T_{vd} = 1.7 \text{ min}$$

- ***Carga y acarreo óptimo***

A continuación, se establece los datos de optimización de la maquinaria en base a parámetros técnicos, dichos valores se mencionan en la siguiente tabla:

Tabla 31. Datos técnicos del equipo de carga y acarreo

<i>Símbolo</i>	<i>Descripción</i>	<i>Tiempo (min)</i>
<i>TC</i>	Tiempo de Carga	2,3
<i>Tvc</i>	Tiempo de Viaje Ida (Cargado)	3
<i>Tpd</i>	Tiempo de giro, posicionamiento y descarga	2,05
<i>Tvd</i>	Tiempo de Viaje Regreso (Vacío)	1.7
<i>Tpe</i>	Tiempo Posicionamiento para la carga	0,70
<i>Top</i>	Tiempo Óptimo de Producción	9.71 min

Los tiempos de giro, posicionamiento y descarga (*Tpd*) como el tiempo de posicionamiento en el punto de carguío (*TPc*), no se ven afectados ya que no se alterna con el sistema óptimo de producción.

Los datos correspondientes al sistema actual de acarreo y transporte son de 15.68 minutos a diferencia del ciclo óptimo de producción es de 9.71 minutos, relacionando los valores nos da una diferencia de 6 minutos y 37 segundos, que es valor que se ajusta al proceso optimizado.

- **Numero ciclos óptimos por hora laboral**

$$\text{Ciclos óptimos por hora} = \frac{60 \text{ min}}{\text{Tiempo optimo d eproduccion}}$$

$$\text{Ciclos óptimos por hora} = \frac{60 \text{ min}}{9.71 \text{ min}}$$

$$\text{Ciclos óptimos por hora} = 6$$

- ***Finalmente, el rendimiento del equipo de acarreo óptimo será igual a:***

Relaciona el volumen producido por hora de los volquetes, considerando los 8m³ de capacidad, la eficiencia de la máquina, duración de jornada de trabajo, el factor de esponjamiento de los materiales de construcción y el tiempo óptimo de producción. Para lo cual el valor será calculado con la siguiente ecuación:

$$Rt = \frac{Vc * 60 * Fe}{Top * E} m^3/h$$

Tabla32. Rendimiento del equipo de acarreo

Símbolo	Descripción	Rango	Valor
Vc	Capacidad de los volquetes	8m3	8m3
Fe	Factor de eficiencia de la máquina	80-90 %	0.80
Top	Tiempo óptimo de producción	9.71	9.71
E	Factor de esponjamiento (arena y grava)	1.10	1.10
Eg	Eficiencia de operación general	50 min/hora	0.83

$$Rt = \frac{8m3 * 60 * 0.85}{9.71 \text{ min} * 1.10}$$

$$Rt = 38.19 m^3/hora$$

- **Rendimiento real del equipo de acarreo (Rr)**

$$Rr = Rt * Eg; m^3/hora$$

$$Rr = 38.19 m^3/h * 0.83$$

$$Rr = 31.70 m^3/h$$

6.13.4. Producción diaria con el sistema optimizado.

- **Producción total promedio por jornada de trabajo (Pp)**

Para establecer la producción diaria mediante el sistema de explotación propuesto se hará uso del rendimiento optimizado de la maquinaria calculado para tal efecto.

El tiempo de cada jornada diaria será el mismo con el que se ha venido trabajando (8 horas de producción por día), dejando así un tiempo suficiente para la realización de actividades complementarias.

Finalmente, el cálculo de la producción estará en función de la cantidad de material acarreado por los tres volquetes, por hora, en un ciclo de 8 horas de trabajo, como lo muestra la siguiente fórmula:

$$\text{Producción diaria} = (Rr * Nv * Jt: m^3/dia)$$

$$\text{Producción diaria} = ((31.70 m^3/h * 3) * 8 \text{ h/día})$$

$$\text{Producción diaria} = 760.8 m^3/dia$$

Este valor depende de las condiciones de la maquinaria empleadas en la jornada laboral, el cual condiciona el rendimiento de producción:

El valor de la producción con el sistema óptimo mejora notablemente dando un valor de 760.92 m³/día, lo que demuestra que el equipo de acarreo cumple para laborar con el sistema optimizado.

6.13.4.1. Rendimiento óptimo de la maquinaria de acopio

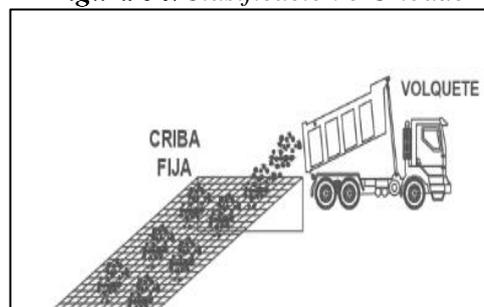
El rendimiento de la cargadora será el mismo que el actual, debido a que no se han efectuado cambios o mejoras en el equipo de acopio, por lo que se mantiene la cargadora CAAT-966C, de 2 m³ de capacidad en vista de que cumple con los requisitos de optimización para la producción.

6.13.5. Clasificación o cribado.

El material es vertido directamente a la criba, la clasificación se la hace por vía húmeda, los materiales son separados de forma rápida por acción del agua, esta clasificación es por gravedad con la ayuda de la criba fija obteniendo material arenoso, grava, piedra y arena, como resultado de este proceso de clasificación primaria se tienen los siguientes productos:

- Material grueso con un diámetro mayor a 20 cm.
- Material medio o pachilla, con un diámetro entre 10 cm. y 20 cm.
- Material fino, compuesto por mezcla de arena, grava y gravilla, productos con un diámetro menor a 10 cm.

Figura 34. Clasificación o Cribado



El material sobredimensionado al igual que el proceso actual se retirará con cargadora frontal y se deposita en la zona de material no condicionado o se utilizará para proteger las riberas de los caminos hacia los frentes de explotación.

6.13.6. *Acopio o estoqueo*

El material clasificado en la criba fija que tendrán una deposición primaria mediante canalones y luego serán transportados por medio de la pala cargadora CAAT-966C de 2 m³, a las zonas de estoqueo final mismas que se encuentran cercanos al área de clasificado, permaneciendo los materiales de construcción listos para su comercialización.

6.14. **Maquinaria y personal requerido para el sistema optimo**

La maquinaria a emplearse en el sistema de explotación optimizado, debe realizar sus actividades de manera eficiente lo que permite aumentar la capacidad de producción, estos parámetros se evaluaron en función de las capacidades y características operativas que posee la maquinaria disponible en el área minera, las cuales se presentan en la siguiente tabla:

Tabla33. *Maquinaria y personal requerido con el sistema optimizado*

Maquinaria				
<i>Operaciones</i>	<i>Tipo de maquinaria</i>	<i>Marca</i>	<i>Modelo</i>	<i>Capacidad</i>
<i>Extracción y carga</i>	Excavadora	Case		1.5 m ³ (cucharon)
	Volquete	Mercedes		8 m ³
<i>Acarreo</i>	Volquete	Mercedes		8 m ³
	Volquete	Mercedes		8 m ³
<i>Acopio</i>	Cargadora frontal	Caterpillar	966C	2 m ³ (Cucharon)
Equipos				
<i>Operaciones</i>	Tipo de maquinaria			
<i>Operaciones auxiliares</i>	Equipos manuales	-	-	-
<i>Taller y mantenimiento</i>	Equipo automotriz	-	-	-
Personal				
<i>Área de trabajo</i>			<i>N-º Personas</i>	
<i>Jefe directivo</i>			1	
<i>Operador excavador</i>			1	
<i>Operador volquetes</i>			2	
<i>Operador de cargadora</i>			1	
Total			5	

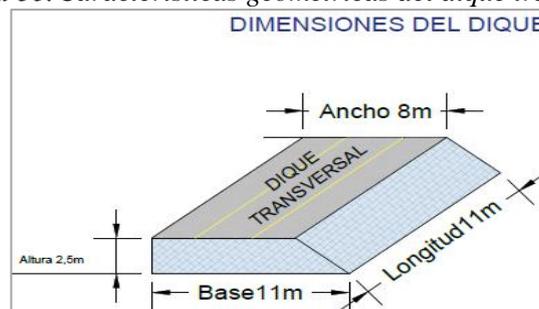
6.15. Parámetros de explotación del sistema óptimo.

6.15.1. Diseño de los diques transversales

El diseño de los diques es muy importante, ya que, de esto dependerá la factibilidad de la explotación. Los diques serán construidos de manera simultánea a la explotación, en sentido perpendicular al flujo de la corriente del río, haciendo usos del material pétreo de la zona para dichas rocas debe comprender diámetros superiores a los 40 y 70 cm, para permitir un mejor acodamiento de las rocas al momento de la construcción de los diques transversales.

En las zonas de explotación las terrazas de inundación son amplias, los diques se construirán con una altura entre 2 m a 3 m, precautelando que la crecida evite introducirse en el lecho de la avenida y cauce daños a la infraestructura y cultivos cercanos a la zona de explotación.

Figura 35. Características geométricas del dique transversal



La determinación de sus parámetros técnicos depende en gran medida de la maquinaria utilizada en la zona de explotación, por lo que el ancho del dique va a estar en función del ancho que comprende los bordes externos de las orugas de la excavadora o maquinaria a emplearse en el proceso de extracción.

El modelo a emplearse es una excavadora CASE-CX290 mima que posee un ancho de 3.20 m en base a ello se determina el ancho del dique mediante la siguiente expresión.

$$\text{Ancho del dique} = \text{Ancho de la excavadora} + (2 * \text{Margen de seguridad})$$

$$\text{Ancho del dique} = 3.20 + (2 * 2.4)$$

$$\text{Ancho del dique} = 8 \text{ m}$$

El valor de 8m es una medida adecuada para facilitar el diseño y la construcción por lo que no es necesario ampliar el margen de seguridad.

Según (GONZÁLEZ, 2016), la longitud de cada dique transversal debe ser menor al 45% del ancho del río en la abscisa en la que se ubicara cada dique. Se toma en cuenta las características de la excavadora CASE-CX290, la longitud de la oruga es de 3.20m, considerando que la excavadora extraerá el material y realizará la carga sobre su propio eje para luego realizar a la carga al volquete que se encontrará adyacente al dique y berma de seguridad de 1m, considerando estos parámetros será conformado de 8 metros de ancho y 11 metros de longitud dicho valor puede variar en función del espejo de agua del cauce del río Catamayo.

Para la longitud de los pozos de explotación se tomará en base al alcance del brazo de la excavadora CASE-CX290 esta será la misma para todos los pozos, con una profundidad máxima de 3m evitando una sobre excavación vertical y lateral, todo esto con la finalidad de proteger las riberas y así mismo evitar la erosión progresiva.

El ángulo de reposo natural del material oscila entre 25 y 30 grados de acuerdo al tipo de material, el cual corresponde a “Grava natural con arena”, pero por cuestiones de diseño se opta por tomar un valor medio de 27 grados como ángulo de reposo natural del material.

Tabla 34. *Ángulo de Reposo Natural en función del material*

TIPO DE MATERIAL	Ángulo de Reposo Natural
<i>Grava suelta y seca</i>	30° – 45°
<i>Grava natural con arena</i>	25° – 30°
<i>Arena seca</i>	34°
<i>Arena Húmeda</i>	45°

El caudal medio del río Catamayo oscila entre los 40 a 50 m³/s, por lo que se utilizarán gaviones para su construcción, los diques transversales contarán con una base de 3m y 1 m de alto, marcando los límites en las orillas para referencia del operador de la máquina.

Este sistema permite que el nivel de las aguas no aumente por la acumulación de material de arrastre previniendo así el desbordamiento del río y daños a terrenos cercanos por una posible inundación de lechos de avenida y márgenes. En el siguiente cuadro se da conocer la distribución geométrica de los diques.

6.16. Frente de explotación n° 1

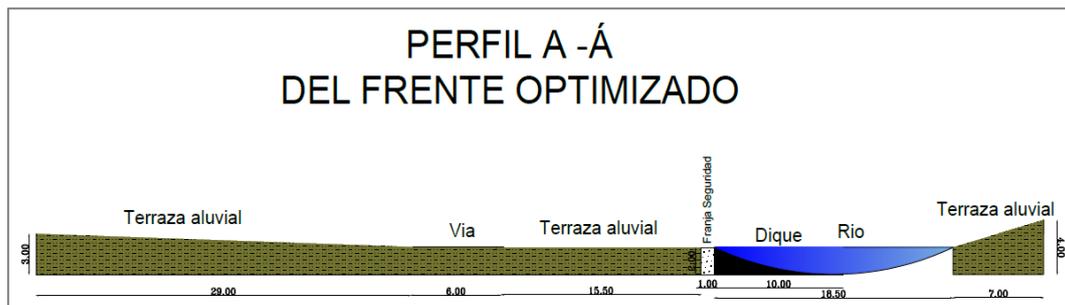
El frente de explotación se encuentra situado en el sector Sur-Oeste de la concesión a 500 m del area de cribado y stook, dispone de una superficie de 8.2 ha siendo el punto mas cercano de la misma.

En cuanto al diseño de los diques en el frente de explotación se distribuye de manera secuencial conformando por 10 bloques de explotación con medidas de 10 metros de largo y 8 metros de ancho, además se optara por implementar una franja de protección en el margen derecho del rio aguas arriba donde se desarrollan las actividades mineras.

La franja de seguridad comprende las siguientes medidas 1 metros de ancho y 2 metros de altura estos parametros se aplican para todo el recorrido del frente de explotación, de esta forma se garantiza realizar de manera segura y constante los trabajos a desarrollarse en el frente de explotación.

Las actividades extractivas tendrán un sentido de avance aguas arriba en dirección Noroeste- Sureste, con respecto a la concesión, empezando la excavación en el bloque 1 hasta culminar con la explotación del bloque 2 (Ver Anexo 9).

Figura 36. Vista frontal del sistema de explotación óptimo.



6.17. Valoración económica del sistema optimización.

Hace referencia al valor monetario de las variantes implementadas en los procesos y actividades donde se requiere mejorar.

Para valorar el costo de la construcción de diques, se tomará en consideración la geometría de la sección (Figura 33), para la construcción de los mismo se debe tener en consideración las dimensiones con que se los va realizar (ancho alto y profundidad) ya que

estos parámetros nos permitirán obtener el volumen de cada uno de ellos y así poder definir la cantidad de material a emplear y la maquinaria a utilizar.

Tabla35. *Volumen de los diques*

VOLUMEN DE DIQUES			
<i>Dique</i>	<i>Dimensiones</i>		<i>Volumen(m³)</i>
<i>Dique 1</i>	<i>Sección = 8m2</i>	<i>Longitud = 10 m</i>	80
<i>Dique 2</i>	<i>Sección = 8m2</i>	<i>Longitud = 10 m</i>	80
VOLUMEN TOTAL			160 m³

Observación: *La realización y colocación del material para el desarrollo de los diques se llevará a cabo empleando la maquinaria propia de la empresa.*

Tabla36. *Costo de construcción de diques*

COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE DIQUES						
<i>Maquinaria</i>	<i>Actividad</i>	<i>Número de viajes</i>	<i>Costo por Viaje (USD)</i>	<i>Costo por hora (USD)</i>	<i>Tiempo en Horas</i>	<i>Costo total (USD)</i>
Volquete	Transporte	100	6.00	--		600,00
Excavadora	Movimiento de rocas	----	---	40.00	16.00	640,00
Total						1,240.00

6.17.1. Costos de implementaciones en los procesos y actividades de construcción de los diques.

Tabla37. *Costo de implementación de malla.*

COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DE MALLA	
<i>Descripción</i>	<i>Costo (USD)</i>
Costo de malla	300.00
Costo de instalación	100.00
COSTO TOTAL	400.00

Tabla38. *Costo de implementación de Caucho y cintas de seguridad*

COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DE CAUCHO	
<i>Descripción</i>	<i>Costo (USD)</i>
Costo de caucho	60.00
Costo de cintas	10.00
Costo de instalación	30.00
COSTO TOTAL	100.00

6.17.2. Resumen de costo de producción del sistema optimizado.

6.17.2.1. Costo total de optimización.

Tabla39. Tabla costos totales construcción de diques

COSTOS TOTALES CONSTRUCCIÓN DE DIQUES	
Descripción	Costo (USD)
Costo de diques	1,240.00
Costo de mallas	400.00
Costo de caucho y cintas de seguridad	100.00
COSTO TOTAL	1,740.00

6.18. Costo de producción por metro cúbico optimizado.

De acuerdo a la fórmula, el costo de producción por metro cúbico es:

$$\text{Costo/m}^3 = (\text{Costo diario}) / (\text{Producción diaria}) = \text{USD/m}^3$$

6.18.1. Costo diario

$$\text{Costo diario} = (\text{Costo de producción mensual}) / (\text{Días laborables}) = \text{USD}$$

$$\text{Costo diario} = 15.690 / 20 = 784.5 \text{ USD/día}$$

6.18.2. Producción diaria optimizado.

Es la cantidad en m³ de material clasificado y estocqueo durante una jornada laboral, el cual está en función del rendimiento diario de cada volquete.

$$\text{Producción diaria} = 760.8 \text{ m}^3$$

Considerando la fórmula, el costo de producción por metro cúbico en el sistema de explotación optimizado es igual a:

$$\text{Costo/m}^3 = 784.5 / 760.8 \text{ m}^3 = 1.03 \text{ USD/m}^3$$

Tabla40. Comparación de sistema actual vs optimizado

RESUMEN DE RESULTADOS		
	<i>Actual</i>	<i>Optimizado</i>
Sistema de explotación	<ul style="list-style-type: none"> Explotación longitudinal a la corriente del río 	<ul style="list-style-type: none"> Diques transversales
Destape o preparación:		
<ul style="list-style-type: none"> Maquinaria utilizada Material a remover 	<ul style="list-style-type: none"> Excavadora de cadena/ pala cargadora Materia orgánica 	<ul style="list-style-type: none"> Excavadora de cadena/ pala cargadora Materia orgánica
Carga y acarreo:		
<ul style="list-style-type: none"> Maquinaria utilizada Número de viajes por día 	<ul style="list-style-type: none"> volquete 8m³ 30 día 	<ul style="list-style-type: none"> volquete 8m³ 40 día
Rendimiento de la maquinaria:		
<ul style="list-style-type: none"> Excavadora Rendimiento volquetes Rendimiento cargador frontal 	<ul style="list-style-type: none"> 110.05 m³/h 20 m³/h 56.1 m³/h 	<ul style="list-style-type: none"> 136.65 m³/h 32 m³/h 56.1 m³/h
Clasificación o cribado:		
<ul style="list-style-type: none"> Medio de clasificación 	<ul style="list-style-type: none"> Gravedad y agua 	<ul style="list-style-type: none"> Gravedad y agua
Producción y estoqueado:		
<ul style="list-style-type: none"> Producción diaria Maquinaria utilizada 	<ul style="list-style-type: none"> 478.08 m³ Pala cargadora 	<ul style="list-style-type: none"> 760.8 m³ Pala cargadora
Costo de producción:		
<ul style="list-style-type: none"> Costo mensual Costo por m³ 	<ul style="list-style-type: none"> 15.690.USD/ día 1.64 USD/m³ 	<ul style="list-style-type: none"> 15.690 USD/ día 1,03 USD/m³
Costo de optimización:		1,740.00
USD		

7. Discusión

Los resultados del presente trabajo de investigación permiten sugerir un sistema de explotación que favorezca la extracción de materiales áridos y pétreos, ya que el principal objetivo de esta investigación consiste en optimizar el sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción del área minera El Breo. Los fundamentos teóricos para el desarrollo del presente proyecto se enfocan en la topografía, geología, estimación de reservas a explotar y explotación del yacimiento.

Mediante el presente trabajo se determinó la caracterización geológica del área minera “El Breo Cod:11035303002”, la cual corresponde a depósitos aluviales, conformado por cantos, gravas y arenas correspondientes a los Cuaternarios en la formación Gonzanamá, estas se encuentran intercaladas con rocas volcánicas andesíticas, basaltos y cantos rodados, pertenecientes a la Formación Sacapalca la cual sobreyace a la Formación Gonzanamá. Corroborado de esta manera con la información levantada en campo como calicatas, descripción de afloramientos, columnas estratigráficas.

Para la cubicación de la materia Jorge Espinoza (2019) en su trabajo de titulación realiza la estimación volumétrica de un depósito aluvial ubicado en el sector La Cruz, a partir de un análisis geométrico simple, en el que, dada la regularidad del terreno, el volumen del material

puede calcularse mediante la multiplicación, entre la superficie explotación obtenida con el levantamiento topográfico y la profundidad media calculada por apertura de calicatas. Este mismo método fue aplicado en la presente investigación, el cual corresponde exclusivamente a la superficie del frente de explotación, considerando la profundidad media obtenida a través de la apertura de calicatas y mediante los cálculos correspondientes, se obtuvo un volumen de 206.000 m³ como recursos medidos.

Para el estudio del áridos y pétreos, se realizó un análisis en el laboratorio de DICONs, para ello se recolectó muestras de diferentes puntos para ser analizadas en base al protocolo de laboratorio. Los resultados obtenidos gracias a estos estudios mostraron que la muestras pertenecen a un material del Tipo(A-1-a), según la Norma ASSHTO, que son fragmentos de roca, grava y arena, mientras que en la clasificación Norma SUCS, posee Grava bien graduada con bloques (GW), al ser material pétreo de río estos no presentan límite líquido ni límite plástico, la abrasión es del 22.9 % por lo que están dentro de los parámetros establecidos en



las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes MOP – 001 – F 2002 – Tomo 1 en la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Tamayo (2016), indica que la forma eficiente de optimizar procesos es mediante la variación en el rendimiento de la maquinaria debido al cambio en las condiciones del trabajo, el autor manifiesta que la optimización radicará en la aplicación de criterios técnicos para el desarrollo de las operaciones, ya que esta es la principal falencia al carecer de una explotación ordenada y sistemática.

La metodología planteada en la presente investigación, se comprobó una mejora en todo el proceso de trabajo ya que los periodos de espera, ciclo de trabajo, extracción y carguío de material y los tiempos disminuyeron, para los volquetes de 8 m³, se determinó un tiempo de 15 minutos con el sistema actual para ciclos de producción, con la optimización se reduce el tiempo del ciclo a 9 minutos, por lo que se puede mencionar que la optimización del proceso de explotación por diques transversales será eficiente en los procesos mineros realizados en la concesión minera El Breo.

Finalmente se comprobó que dentro del territorio cantonal no se han realizado estudios a detalle sobre la aplicación de métodos de explotación mediante Diques Transversales y más aún una comparación de costos de producción y extracción, por lo que la presente investigación sería la primera en realizarse este tipo de análisis.

8. Conclusiones

- El área minera "El Breo, código:500681", comprende 140 Ha, siendo lo aprovechable únicamente a 8.22 Ha del área aluvial, lo que representa el 5.87% de la superficie total y constituyen las terrazas aluviales del río Guayabal y Boquerón, para el desarrollo de las actividades de explotación de materiales pétreos.
- El actual sistema de explotación aplicado en la concesión minera El Breo es por franjas longitudinales a través de trincheras, mismas que son excavadas en forma paralela al curso de las aguas y en sentido opuesto al flujo del río Boquerón, con un avance continuo aguas abajo.
- El área de estudio se caracteriza por tener un relieve montañoso en sus flancos de Norte a Sur con pendientes oscilan entre el (40% a 70 %) consideradas como pendientes fuertes que no presenta ninguna utilidad conforme a la concesión.
- En cuanto a la geología del área de estudio, el frente de explotación está constituido por depósitos aluviales conformados por material cuaternario como bloques, cantos rodados, gravas y arenas que son el producto de material arrastrado por los ríos Catamayo y Guayabal, mediante la clasificación lito estratigráfica la terraza se compone de un 67,13% de gravas, 30,26 % de arenas y 2.62 % de finos.
- La estimación de los recursos se basó en el método geométrico y la profundidad media obtenida a través de calicatas en el frente de explotación, donde se obtuvo un volumen de 206.000 m³ como recursos medidos.
- Para la elección del sistema de explotación optimizado se consideró un análisis multicriterio en base a parámetros técnicos, ambientales, topográficos, productivos y económicos, eligiendo el sistema mediante " Diques transversales" para la presente investigación.
- Se concluye que con el sistema de explotación actual el costo de producción corresponde a 1,64 USD/m³, mientras que con el sistema de explotación propuesto se obtiene un valor de 1,03 USD/m³, representado un ahorro de 0.61 USD por m³.

9. Recomendaciones

- Se recomienda realizar una reducción del área de concesión a estrictamente 40 hectáreas correspondientes a la zona aprovechable que definen el polígono:
PP (X:677639.00; Y:9556996.00), P1(X: 677639.00; Y:9556476.00), P2(X: 676864.00; Y: 9556476.00), P3(X: 676864.00; Y: 9556595.00)
- Se recomienda utilizar el método de Diques transversales para aumentar la producción del área minera en forma inmediata y efectiva, a su vez mejorar la extracción del material de arrastre previniendo y mitigando los impactos ambientales generados por estas labores en cauce del río Catamayo.
- Se recomienda que al momento de realizar la extracción los materiales en el sistema actual, esta no sobre pase los 3m de profundidad con la finalidad de evitar una sobre explotación y el socavamiento vertical del lecho del río evitando alteraciones en el flujo y cause del mismo.
- Elaborar un formato de mantenimiento preventivo de la maquinaria de manera semanal, para evitar paralizaciones en las labores por averías mecánicas, ya que este control se lo bien realizando diariamente por lo que afecta a la producción diaria y genera retrasos en la operación de explotación.
- Finalmente se recomienda mantener y controlar los márgenes de protección dispuestos en el nuevo sistema en el frente de explotación conforme a los requerimientos de las ordenanzas municipales para zonas de amortiguamiento y conservación de riveras.

10. Bibliografía

- Ángel, E. (2016). *Optimización del Sistema de Explotación para la Extracción de Materiales Áridos y Pétreos*[Tesis de grado, Área de Geología Ambiental y de Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional De LOJA.
- Bañón Blázquez, L., García, B., & F, J. (2000). *Manual de Carreteras*. España: Volumen 2. doi:ISBN 84-607-0123-9
- Bañón, L. (2009). *Materiales Pétreos*. . Medellín.
- 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 Prov*[Tesis de grado]. Universidad Nciona de Loja. Loja. Obtenido de chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/13437/3/Benavides%20Ochoa%2C%20Diego%20Xavier.pdf
- CAT. (2015). *Catálogo de Productos de CATERPILAR*. Obtenido de http://www.cat.com/es_MX/products/new/equipment.html. Maquinaria
- CATAMYO, P. (2019). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO*. Catamayo.
- COA. (2017). *Registro Oficial Suplemento 983*. ECUADOR.
- COOTAD. (2010). *Código Orgánico De Organización Territorial Autonomía y Descentralización*. Quito.
- ESPINOSA, S. D. (2016). *Diseño de explotación para materiales pétreos en el Río Boladel de la Concesión Minera María Felici*. Cuenca.
- Espinosa, S. D. (2016). *Diseño de explotación para materiales pétreos en el Río*[Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:Ingeniero en Minas].Univeerdidad del Azuay. Cuenca. Obtenido de <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/5831/1/12151.pdf>
- Gonzales, Duque, & Escobar. (2020). *MANUAL DE GEOLOGIA PARA INGENIEROS. MANIZALES*.



GAD. (2014). *ORDENANZA MUNICIPAL PARA REGULAR, AUTORIZAR Y CONTROLAR LA EXPLOTACIÓN Y TRANSPORTE DE MATERIALES ÁRIDOS Y PÉTREOS EN LOJA*. LOJA.

García, D. A. (2014). *Topografía y sus Aplicaciones*. México: Primera edición ebook: 2014.

Geologia, E. (2010). *Estudio sobre áridos, geología, legislación, medio ambiente, normativa, explotación y tratamiento*. Obtenido de <http://www.explorageologia.com/>

Gisbert, J. M. (2012). CICLO LITOLÓGICO Y ROCAS. *RiuNet repositorio UPV*, 7.

GONZÁLEZ, J. S. (2016). "Diseño de explotación de los materiales de construcción del lecho Paute sector Caguazhún, mediante el método de diques. Cuenca.

Gorshkov, G. /. (1970). *Geología general*. Cartoné: Mir Editorial, Moscú.

Granda, T. F. (2015). *Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental Operación y Mantenimiento del área de Almacenamiento de Combustibles de las empresas MALCA C.A. y AGROCATSA S.A.* Catamayo.

Herrera, J. (2007). *Métodos de minería a cielo abierto*. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Madrid España. Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/13437/3/Benavides%20Ochoa%20c%20Diego%20Xavier.pdf>

Lauces, C. (22 de Enero de 2010). *Los Áridos, Historia, clasificación, transformación, reciclado, maquinaria tecnología y aplicación*. Obtenido de Arquitectura y Construcción: <https://www.interempresas.net/Construccion/Articulos/37082-Los-aridos.html>

Lyell, S. C. (1847). *Elementos de geología*. Madrid: Antonio Yenes.

Manrique Alfonso, J., & Mojica Villamizar, R. (2008). Diques Transversales Metodo de Eplotación a Cielo Abierto. (*DAM TRANSVERSAL: METHOD OF MINING - ENVIRONMENTAL*), 1-2.

Minería, L. d. (2009). *Registro Oficial Suplemento 517*.

MINERIA, L. D. (2009). *Registro Oficial Suplemento 517*.

Minero, R. d. (2020). *Registro Oficial N° 339 – Tercer Suplemento*.

Mojica Villamizar , R., & Manrique Alfonso, J. (2017). DIQUES TRANSVERSALES: METODO DE EXPLOTACIÓN MINERO – AMBIENTAL. (*DAM TRANSVERSAL: METHOD OF MINING - ENVIRONMENTAL*).

Navarrete, E. (2005). APUNTES DE GEOLOGIA GENERAL. *Academia.edu*, 114.

Noack, F., Durán, L., Reyes, O., & Druman, E. (2011). *Practica: Minas al cielo*. Guatemal. Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/13437/3/Benavides%20Ochoa%20c%20Diego%20Xavier.pdf>

PDOT. (2019). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE CATAMAYO*. CATAMAYO.

Pétreos, R. e. (2012). Suplemento del Registro Oficial No. 784.

RAAM. (2014). *Reglamento Ambiental de Actividades Mineras Ministerio Ambiente*.

RAAM. (2018). *REGLAMENTO AMBIENTAL DE ACTIVIDADES MINERAS MINISTERIO AMBIENTE*.

RINCÓN VILLALBA, M. A., VARGAS VARGAS, W. E., & GONZÁLEZ VERGARA, C. J. (2018). *TOPOGRAFIA CONCEPTOS Y APLICACIONES*. ECO EDICIONES. doi:ISBN 978-958-771-506-4

ROSADO, K. V. (2017). *ESTUDIO SEDIMENTOLOGICO DEL MATERIAL DE ARRASTRE DEL RIO. VALLEDUPAR*.

Salinas, L. I. (2008). *Optimizacion del proceso de trituración de agregados petreos para la producción de mezclas asfálticas en caliente*.

Varela, R. (2012). *MANUAL DE GEOLOGÍA*. La Plata,: Miscelánea 21.

11. Anexos

Anexo 1.- Ficha de información general de la empresa el breo

DATOS GENERALES DE LA CONCESIÓN		
Nombre del Área:	El Breo	
Condigo:	110353002	
Ubicación del área minera		
Ubicación Política:	Sector: Los Encuentros	
	Cantón: Catamayo	
	Provincia: Loja	
Georreferenciada:	(Coordenadas UTM/PSAD 56 DE LA MINA)	
	Longitud	Latitud
P. P	676000	9557500
P1	678000	9557500
P2	678000	9556800
P3	676000	9556800
Superficie	140 hectáreas	
Nombre del Titular Minero	Ruiz Flores Jorge Armando	
Dirección:	Eloy Alfaro y avenida Catamayo	
Representante Legal:	Ruiz Flores Jorge Armando	
Email	chuquimarcajose3@gmail.com	
Teléfono	0981004135	

Anexo 2: Ficha de descripción de instalaciones, maquinaria y actividades

Costos Directos

- Personal que la labora en la empresa El

Breo

Descripción	Cantidad
<i>Administrativo</i>	1
<i>Operador</i>	2
<i>Obreros</i>	1

- Turnos de Trabajo

Descripción	Detalle
<i>Entrada</i>	7:00 am
<i>Receso</i>	12:00-13:00
<i>Salida</i>	17:00 pm
<i>Días laborables</i>	6 días

- Costos Indirectos

❖ Instalaciones

Descripción	Observaciones	Fotografía
Oficina	Se encuentra en buen estado lo que permite la atención adecuada a los clientes que llegan a comprar material.	
Taller mecánico	Presta una infraestructura de metal y áreas para depósito de combustible y herramientas.	
Comedor	Está en buen estado lo que permite descanso y alimentación de los obreros de la concesión.	
Servicios básicos	Cuneta con todos los servicios básicos lavandería, letrinas, mismos que se encuentran en buen estado para su respectivo uso.	

❖ Maquinaria y Equipos

Descripción	Cantidad	Modelo	Observaciones	Fotografía
<i>Volquetes</i>	3	<ul style="list-style-type: none"> Mercedes Benz 	<p>Son empleados para el acarreo y transporte del material tanto interno como fuera de la concesión.</p> <p>Presentan una capacidad es de $8 m^3$</p>	
<i>Excavadora</i>	2	<ul style="list-style-type: none"> Kato Case 	<p>Se utilizan para la extracción y acarreo del material, en el lecho del rio como en la zona de stock</p> <p>Capacidad del cucharon de $1 m^3$</p>	
<i>Cargadora</i>	1	<ul style="list-style-type: none"> Cat 	<p>Capacidad de $2.5 m^3$, utilizada para retirar y trasladar el material de la clasificadora o criba, hasta las zonas de stock.</p> <p>Además, se utiliza para el cargado de los volquetes</p>	

❖ Secuencia y Descripción de actividades

Frente	Secuencia	Descripción de actividades
<i>Arranque mecánico</i>	1. Preparación	Retiro de cobertura vegetal y extracción de material pétreo del lecho de río. Carga directa a las unidades de transporte interno
	2. Extracción y Carga	
	3. Transporte Interno	Traslado del material pétreo desde la zona de extracción hasta la zona de clasificación
	4. Clasificación Material	Del Traslado del material pétreo desde la zona de extracción hasta la zona de clasificación
	5. Acopio Y Cargado	Acopio del material Resultante de la clasificación y cargado a las unidades de transporte particulares para su comercialización
<i>sistema</i>		<i>Explotación Cielo abierto</i>

Anexo 3: Ficha de descripción del estado de infraestructuras y áreas de trabajo

Ficha de descripción de infraestructuras y áreas de trabajo			
Infraestructuras			
Estado:	Bueno	Malo	Deficiente
Área infraestructura: (oficina)	X		
Material construido: (Tipo de material)	Conformada por en parte por bloque para la primera planta y latón metálica en parte para la segunda planta.		
Áreas de trabajo (m2)			
Procesos	Acopio (m2)	Trituración (m2)	Almacenamiento (m2)
	122	125	600
Frente de Explotación	Largo	Ancho	Potencia (m2)
	50	26	1.5-3.0

Ficha de descripción de infraestructuras y áreas de trabajo			
Infraestructuras			
Estado:	Bueno	Malo	Deficiente
Área infraestructura: (Comedor-cocina)	X		
Material construido: (Tipo de material)	Conformada por ladrillo y estructura metálica., con cubierta de ardex.		
Áreas de trabajo (m2)			
Procesos	Acopio (m2)	Trituración (m2)	Almacenamiento (m2)
	122	125	600
Frente de Explotación	Largo	Ancho	Potencia (m2)
	50	26	1.5-3.0



Ficha de descripción de infraestructuras y áreas de trabajo

Infraestructuras

Estado:	Bueno	Malo	Deficiente
Área infraestructura: (Bodega)	X		
Material construido: (Tipo de material)	Posee una cubierta de zinc y estructura metálica.		

Áreas de trabajo (m2)

Procesos	Acopio (m2)	Trituración (m2)	Almacenamiento (m2)
	122	125	600
Frente de Explotación	Largo	Ancho	Potencia (m2)
	50	26	1.5-3.0

Anexo 4- Registro de tiempos por labor de la excavadora (Case-Cx290) para el llenado de tres volquetes.

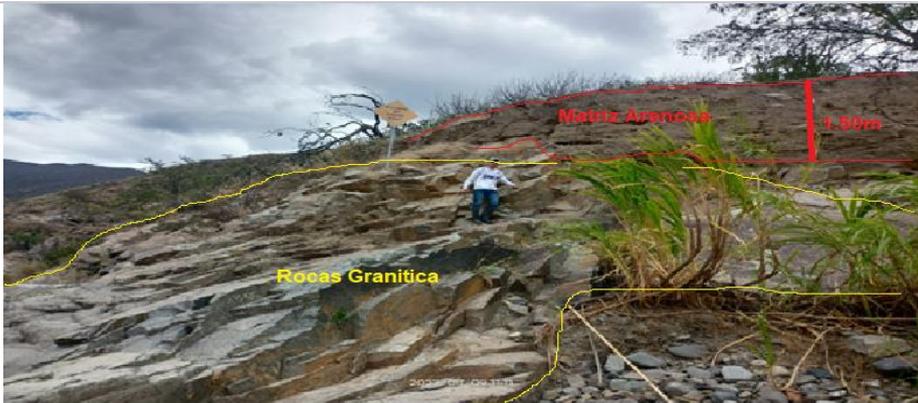
Semana 1

Fecha: 20/JUNIO/2022				N° de Ciclos				
Actividad	Unidad	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	TOTAL	
CARGA	min	4.65	4.60	4.58	4.59	4.55	4.73	
VIAJE DE IDA CARGADO	min	4.04	4.35	4.78	5.15	4.86	4.67	
GIRO, POSICIONAMIENTO Y DESCARGA	min	2.05	2.00	2.15	2.18	1.85	2.05	
VIAJE DE REGRESO VACÍO	min	3.7	3.12	3.65	3.86	3.17	3.5	
POSICIONAMIENTO EN PUNTO DE CARGUÍO	min	0.71	0.66	0.83	0.7	0.75	0.73	
TIEMPO DE CICLO	min	15.3	14.8	16.11	16.6	15.4	15.68	
PROMEDIO (MIN)		4						

Semana 2

Fecha: 27/JUNIO/2022				N° de Ciclos				
Actividad	Unidad	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	TOTAL	
CARGA	min	4.85	4.73	4.70	4.78	4.82	4.77	
VIAJE DE IDA CARGADO	min	4.23	4.35	4.78	4.40	4.86	4.52	
GIRO, POSICIONAMIENTO Y DESCARGA	min	2.04	2.06	2.15	2.03	2.08	2.07	
VIAJE DE REGRESO VACÍO	min	3.9	3.12	3.14	3.11	3.02	3.25	
POSICIONAMIENTO EN PUNTO DE CARGUÍO	min	0.72	0.70	0.68	0.7	0.72	0.70	
TIEMPO DE CICLO	min	15.7	14.96	15.45	15.02	15.5	15.31	
PROMEDIO (MIN)								

Anexo 5. Ficha de descripción de afloramientos.

AFLORAMIENTO 1					
Fecha: 4/08/2022					
N° de afloramiento: 1					
Coordenadas UTM (PSAD 56)		X: 676829			
		Y: 9556834			
		Z: 1134			
Tipo de afloramiento	Natural	<input checked="" type="checkbox"/>	Antrópico		
Datos estructurales	Rumbo	N 42° W	Buzamiento	73° NE	
Vegetación	Escasa				
Grado de meteorización	Bajo		Medio	Alto	<input checked="" type="checkbox"/>
Dimensiones	Ancho	85 m	Altura	8m	
Formación geológica	Sacapalca				
Descripción geológica	En la parte superior está conformado por una matriz arenosa de grano fino a grueso con una potencia de 1.5m con presencia de clastos con tamaños entre los 2cm-10cm, presenta una secuencia de tipo granocreciente.				
Caracterización geológica del depósito de materiales de construcción					
Tipo de afloramiento	Natural	<input checked="" type="checkbox"/>	Antrópico		
Origen	Aluvial	<input checked="" type="checkbox"/>	Residual	Lacustre	
	Coluvial		Eólico	Glacial	
Tipo de depósito	Llanura de inundación			Terraza aluvial	<input checked="" type="checkbox"/>
Forma	Redondeado		Sub redondeado	Angular	<input checked="" type="checkbox"/>
Fotografía					
					
Observaciones: En la parte más alta una matriz arenosa de grano grueso, clasificación moderada y base erosiva con intercalaciones de cantos y bloques de origen metamórfico e intrusivo con longitudes de 2 hasta 10 cm y conglomerados, en la parte inferior afloran rocas graníticas de origen intrusivo.					

AFLORAMIENTO 2				
Fecha: 4/08/2022				
N° de afloramiento: 2				
Coordenadas UTM (PSAD 56)		X: 677357		
		Y: 9556737		
		Z: 1132		
Tipo de afloramiento	<i>Natural</i>	X	<i>Antrópico</i>	
Datos estructurales	Rumbo	<i>N 23° E</i>	Buzamiento	<i>48° NE</i>
Vegetación	<i>Arbustiva</i>			
Grado de meteorización	<i>Bajo</i>		<i>Medio</i>	<i>Alto</i> X
Dimensiones	Ancho	<i>1200m</i>	Altura	<i>3.2 m</i>
Formación geológica	<i>Sacapalca</i>			
Descripción geológica	<p>Terraza homogénea del depósito aluvial con detritos metamórficos subredondeados. formado por conglomerado con intercalaciones de cantos y bloques de origen metamórfico e intrusivo de varios metros de potencia, con presencia de matriz arenosa, presenta una secuencia de tipo grano decreciente.</p> <p>Parte inferior aflora la presencia de rocas andesíticas de tonalidades grisácea oscura de origen volcánico.</p>			
Caracterización geológica del depósito de materiales de construcción				
Tipo de afloramiento	<i>Natural</i>		<i>Antrópico</i>	X
Origen	<i>Aluvial</i>	X	<i>Residual</i>	<i>Lacustre</i>
	<i>Coluvial</i>		<i>Eólico</i>	<i>Glacial</i>
Tipo de depósito	<i>Llanura de inundación</i>		<i>Terraza aluvial</i>	X
Forma	<i>Redondeado</i>		<i>Sub redondeado</i>	x <i>Angular</i>
Fotografía				
				
<p>Observaciones: El 60% de su composición corresponde a rocas entre 10 y 20 cm de diámetro, el 10% a rocas de 40 cm, el 20% material entre 2 y 5 cm, 10% de arena fina y gruesa, con potencias que van desde los 50cm hasta 1.2m, con presencia de oxidación de tonalidad rojiza y gris.</p> <p>En la parte inferior de la terraza se encuentra material lavado y rocas sueltas desprendidas sin una matriz producto de la creciente del río.</p> <p>Mientras que en la parte superior los clastos se encuentran soportados por una matriz de material fino como arena y limo que elevan la resistencia de la terraza ante agentes erosivos.</p> <p>Posee de cobertura vegetal de tipo arbustiva pastizales y faiques propios del sector en la parte superior de la terraza.</p>				

AFLORAMIENTO 3					
Fecha: 4/08/2022					
N° de afloramiento: 3					
Coordenadas UTM (PSAD 56)			X: 676829		
			Y: 9556834		
			Z: 1134		
Tipo de afloramiento	Natural	X	Antrópico		
Datos estructurales	Rumbo	N30°W	Buzamiento	56°	
Vegetación	Arbustiva				
Grado de meteorización	Bajo		Medio	Alto	X
Dimensiones	Ancho	75 m	Altura	6m	
Formación geológica	Sacapalca				
Descripción geológica	El afloramiento está conformado por cantos rodados en una matriz arenosa con un alto grado de erosión y diaclasamiento.				
Caracterización geológica del depósito de materiales de construcción					
Tipo de afloramiento	Natural		Antrópico	X	
Origen	Aluvial		Residual	Lacustre	
	Coluvial	X	Eólico	Glacial	
Tipo de depósito	Llanura de inundación		X	Terraza aluvial	
Forma	Redondeado		Sub redondeado	Angular	X
Fotografía					
					
Observaciones: En la parte más alta una matriz arenosa de grano grueso, clasificación moderada y base erosiva con intercalaciones de cantos y bloques de origen metamórfico e intrusivo con longitudes de 2 hasta 10 cm y conglomerados.					

Anexo 6. Mapa topográfico del área minera el breo

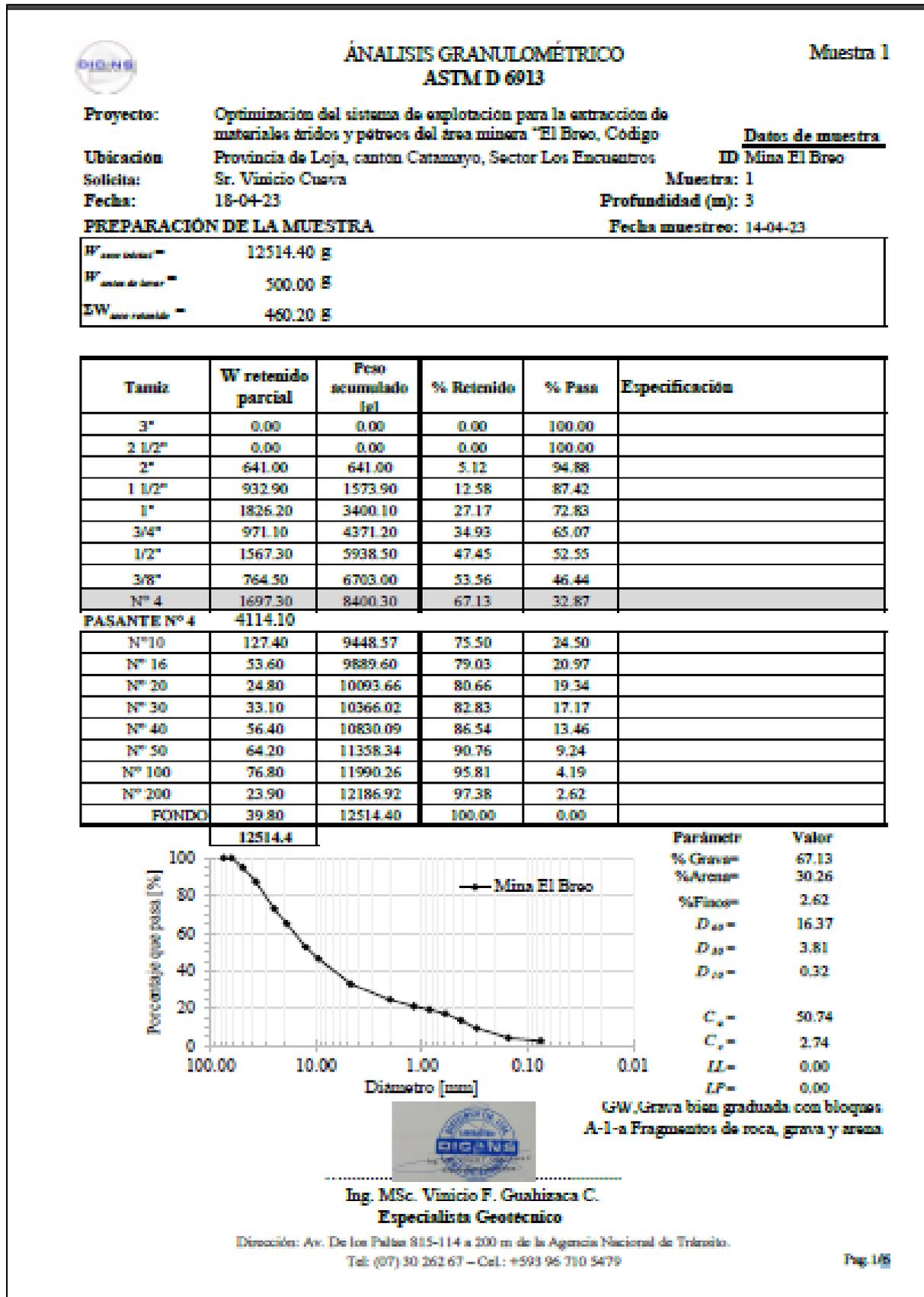
Anexo 7. Mapas pendientes del área minera el breo

Anexo8. Mapa de geología local del área minera el breo

Anexo 9. Diseño de explotación mediante diques transversales del área minera “El Breo”

(Ubicados en el Cd-R Nro.1)

Anexo 10. Ensayos De Laboratorio





**LIMITES DE ATTERBERG
ASTM D 4318**

Muestra 1

Proyecto: Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales áridos y pétreos del área minera "El Breo, Código 110353002", ubicado en Los Encuentros, parroquia Catamayo del cantón Catamayo, provincia de Loja
Ubicación: Provincia de Loja, cantón Catamayo, Sector Los Encuentros
Solicitante: Sr. Vinicio Cusva
Fecha: 18-04-23

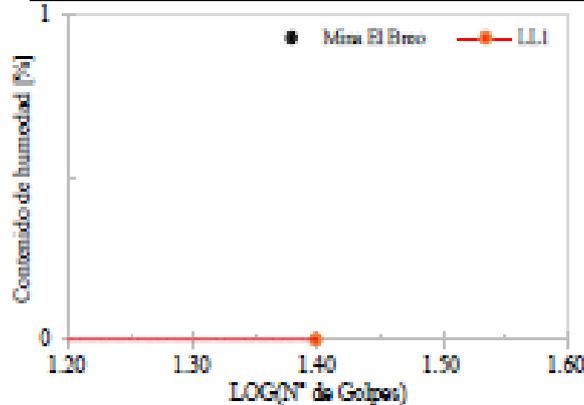
Datos de muestra
ID: Mira El Breo
Muestra: 1
Profundidad (m): 3
Fecha muestreo: 14-04-23

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Húmedo:		Lavado en tamiz # 40	
Seco (aire):	X	Tamizado en seco en el tamiz # 40	X
Seco (horno):		Tamizado mecánicamente a través del tamiz # 40	
Agua de mezcla:	Destilada: X	Mezclado en placa de vidrio y eliminado más partículas de arena	Desmineralizada
		Otro:	

LÍMITE LÍQUIDO

Nº de recipiente				
Peso de recipiente (g)				
Peso de suelo húmedo + recip (g)				
Peso de suelo seco + recip (g)				
Peso de suelo seco (g)				
Peso de agua (g)				
Contenido de humedad (%)				
Nº de golpes				



Equipo Casagrande/ASTM

Manual	
Mecánica	X
Herramienta de marcado	
Metal	X
Plástica	

N 25 golpes w_{LL} (%) = 0

LÍMITE PLÁSTICO

Nº de recipiente		
Peso de recipiente (g)		
Peso de suelo húmedo + recip (g)		
Peso de suelo seco + recip (g)		
Peso de suelo seco (g)		
Peso de agua (g)		
Contenido de humedad (g)		

Equipo

Enrollado manual	X
Disp. de laminación mec.	

w_{LP} (%) = 0.00

Índice de Plasticidad IP (%) = 0.00



Ing. MSc. Vinicio F. Guachizaca C

Especialista Geotécnico

Dirección: Av. De los Patos 815-114 a 200 m de la Agencia Nacional de Tránsito.

Tel: (07) 30 262 67 – Cel.: +593 96 710 5479



CLASIFICACIÓN DE SUELOS Norma - ASTM D 2487

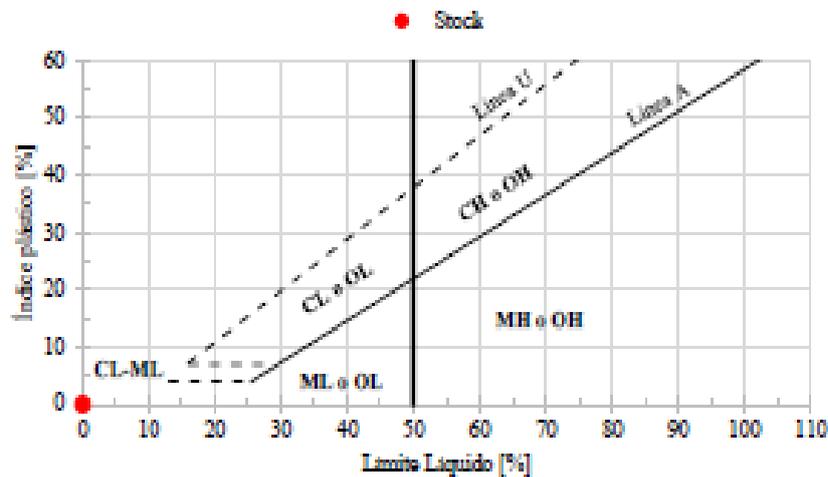
Muestra 1

Proyecto:	materiales áridos y pétreos del área minera "El Breo, Código	Datos de muestra
Ubicación:	Provincia de Loja, cantón Catamayo, Sector Los Encuentros	ID Mina El Breo
Solicitante:	Sr. Vinicio Cueva	Muestra: 1
Fecha:	18-04-23	Profundidad (m): 3.00
		Fecha muestreo: 14-04-23

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS

Ubicación: **Mina El Breo**

Parámetros \ Prof.	Stock
Límite líquido w_L (%)	0.000
Límite Plástico w_P (%)	0.00
Índice de plasticidad IP (%)	0.00
Pasa tamiz N° 4 (5mm)	32.87
Pasa tamiz N° 40 (0.425 mm)	13.46
Pasa tamiz N° 200 (0.075 mm)	2.62
% Grava =	67.13
% Arena =	30.26
% Finos =	2.62
C_u	50.74
C_c	2.74



Clasificación

3.00 m GW, Grava bien graduada con bloques



CLASIFICACIÓN DE SUELOS
Norma - ASTM D 2487

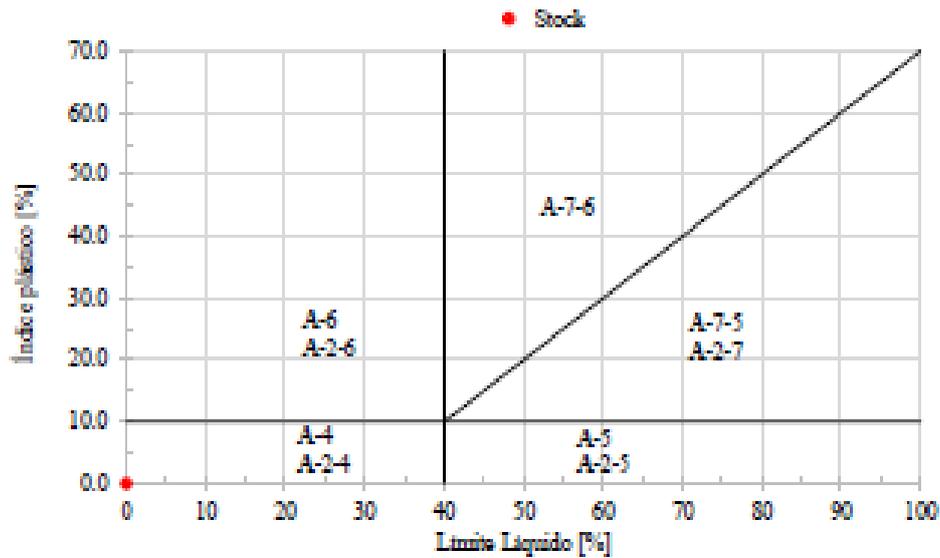
Muestra 1

Proyecto:	materiales áridos y pétreos del área minera "El Breo, Código	Datos de muestra:	
Ubicación:	Provincia de Loja, cantón Catamayo, Sector Los Encuentros	ID:	Mina El Breo
Solicitante:	Sr. Vinicio Cueva	Muestra:	1
Fecha:	18-04-23	Profundidad (m):	3.00
		Fecha muestreo:	14-04-23

Clasificación AASHTO

Ubicación: Mina El Breo

Parámetros \ Prof.	Stock
Límite líquido w_L (%)	0.00
Índice de plasticidad IP (%)	0.00
Pasa tamiz N° 10 (2mm)	24.50
Pasa tamiz N° 40 (0.425 mm)	13.46
Pasa tamiz N° 200 (0.075 mm)	2.62



Clasificación

3.00 m A-1-a Fragmentos de roca, grava y arena



Ing. MSc. Vinicio F. Guachizaca C.
Especialista Geotécnico

Dirección: Av. De los Palmas 815-114 a 200 m de la Agencia Nacional de Tránsito.

Tel: (07) 30 262 67 – Cel: +593 96 710 5479

Pág. 4/6



**METODO DE ABRASION
ASTM C 131**

Muestra 1

Proyecto: Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales áridos y pétreos del área minera "El Breo, Código 110353002", ubicado en Los Encuentros, parroquia Catamayo del cantón Catamayo, provincia de Loja

Ubicación: Provincia de Loja, cantón Catamayo, Sector Los Encuentros

Solicitante: Sr. Vinicio Cueva

Fecha: 19-03-23

<u>Datos de muestra</u>	
ID	Mina El Breo
Muestra:	1
Profundidad (m):	3
Fecha muestreo:	14-04-23

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Método:	A
Número de esferas:	12
Masa carga abrasiva [g]:	5015

Tamaño del Tamiz (Aberturas cuadradas)		Granulometría A
Pasa	Retenido	
37.5 mm (1 1/2")	25.0 mm (1")	1251.43
25.0 mm (1")	19.0 mm (3/4")	1252.82
19.0 mm (3/4")	12.5 mm (1/2")	1252.38
12.5 mm (1/2")	9.5 mm (3/8")	1250.47
Total:		5007.1

Masa final:	3862
--------------------	------

Porcentaje de abrasión:	22.9%
--------------------------------	-------

Especificación Mejoramiento < 50% **CUMPLE**



Ing. MSc. Vinicio F. Guachiraca C
Especialista Geotécnico



**PESO ESPECÍFICO DE AGREGADOS
ASTM C 128 / C127**

Muestra 1

Proyecto: Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales áridos y pétreos del área minera "El Breo, Código 110353002"

Ubicación: Provincia de Loja, cantón Catamayo, Sector Los Encuentros

Solicitante: Sr. Vinicio Cueva

Fecha de informe: 18-04-23

Datos de muestra:
ID: Mina El Breo
Muestra: 1
Profundidad (m): 3.00
Fecha muestreo: 14-04-23

Peso específico agregado FINO

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Masa de la muestra seca al horno	A	484.7	g
Masa del picnómetro + agua	B	662.8	g
Masa del picnómetro + agua + muestra	C	965.8	g
Masa de la muestra saturada superficialmente seca	S	500	g
Densidad relativa			
Gravedad específica SH	$A/(B+S-C)$	2.460	
Gravedad específica SSS	$S/(B+S-C)$	2.538	
Gravedad específica aparente SSS	$A/(B+A-C)$	2.668	
Densidad			
SH	$997.50 A/(B+S-C)$	2.45	g/cm ³
SSS	$997.50 S/(B+S-C)$	2.53	g/cm ³
Aparente	$997.50 A/(B+A-C)$	2.66	g/cm ³
Absorción	$(S-A)/A * 100$	3.2	%

Peso específico agregado GRUESO

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Masa en aire de la muestra seca al horno	A	3752.60	g
Masa en aire de la muestra saturada superficialmente seca	B	3800.00	g
Masa aparente en agua de la muestra saturada	C	2043.20	g
Densidad relativa			
Gravedad específica SH	$A/(B-C)$	2.14	
Gravedad específica SSS	$B/(B-C)$	2.16	
Gravedad específica aparente SSS	$A/(A-C)$	2.20	
Densidad			
SH	$997.50 A/(B-C)$	2.131	g/cm ³
SSS	$997.50 B/(B-C)$	2.158	g/cm ³
Aparente SSS	$997.50 A/(A-C)$	2.190	g/cm ³
Absorción:	$(B-A)/B$	1.25	%



Ing. MSc. Vinicio F. Guachiraca C.
DICONS GEOTÉCNICO CIA. LTDA.



Anexo 11. Certificación de traducción del resumen.

Loja, 17 de julio del 2023

Yo, Lilibeth Johana Bravo Fajardo, con documento de identidad Nro. **2100510854**, poseedora del certificado **NIVEL INTERMEDIO AVANZADO B2-INGLÉS**, avalado por Cambridge Assessment English, Número de Verificación: C0018683.

CERTIFICO:

Que el documento aquí compuesto es fiel a la traducción del idioma Español al idioma Inglés de un resumen del trabajo de titulación, la misma que se realizó en base a los documentos originales entregados por el autor, el Señor **WILMER VINICIO CUEVA QUEVEDO**, con cedula de identidad Nro. **1104785371**, con el tema denominado “Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales áridos y pétreos del área minera El Breo, Código 110353002, ubicado en Los Encuentros, parroquia Catamayo del cantón Catamayo, provincia de Loja”, traducción que servirá para fines personales de uso del cliente.

Lo certifico en honor a la verdad, y, a su vez autorizo al interesado a hacer uso del presente para los fines que considere pertinentes.



Ing. Lilibeth Johana Bravo Fajardo

C.I: 2100510854