



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 del área minera “El  
Diamante” código 600841 barrio “El Huayco”, cantón Catamayo,  
provincia de Loja.**

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

**AUTOR:**

Karen Paola Martínez Maldonado

**DIRECTOR:**

Ing. Fernando Javier Rengel Jiménez, Mg. Sc.

Loja - Ecuador

2023

## Certificación

Loja, 12 de diciembre de 2023

Mgs. Sc.

Fernando Javier Rengel Jiménez

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN DE FEIRNNR**

### **CERTIFICO:**

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Optimización del sistema de explotación del área minera “El Diamante” código 600841 barrio “El Huayco”, cantón Catamayo, provincia de Loja**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, de la autoría del estudiante **Karen Paola Martínez Maldonado**, con cédula de identidad N° **1104897754**, 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.



Mg.Sc. Fernando Javier Rengel Jiménez.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **Autoría**

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

**Firma:**

**Cedula de identidad:** 1104897754

**Fecha:** 14 de diciembre de 2023

**Correo electrónico:** karen.p.martinez@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0991050449

**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, **Karen Paola Martínez Maldonado**, declaro ser autora del Trabajo de Titulación denominado: **Optimización del sistema de explotación del área minera “El Diamante” código 600841 barrio “El Huayco”, cantón Catamayo, provincia de Loja.**, como requisito para optar por el título de **Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, 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 de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

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

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

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los catorce días de mes de diciembre del dos mil veinte y tres.

**Firma:**

**Autor:** Karen Paola Martínez Maldonado

**Cédula:** 1104897754

**Dirección:** Av. Isidro Ayora Km 5 ½ vía nueva a Catamayo

**Correo Electrónico:** karen.p.martinez@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0991050449

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

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

## **Dedicatoria**

Dedico el estudio del presente Trabajo de Titulación a mi hijo Martín (+) por quien inicie esta carrera buscando refugio; a mi hija Handé quien ha tenido la paciencia de esperarme en cada desvelo; a mi esposo por el apoyo en el transcurso de cada paso para culminar esta profesión; a mi madre por su impulso y por heredarme la capacidad de siempre continuar independientemente de las vicisitudes; a mi papá, quien me hubiera gustado este presente físicamente en este logro alcanzado quien me motivaba y se enorgullecía y que con ilusión, paciencia, dedicación me otorgaba su tiempo para el avance de este estudio y con un llamado en la mañana (“Ingeniera”) me recordaba a donde debo llegar; por su condescendencia cada vez que no podía estar a su lado. Dedico además esta tesis a mis suegros por el apoyo brindado para facilitarme el avance de este estudio, por su enorme comprensión, en especial a la Sra. Anita que con amor ha sido como otra mamá dándome ánimos, preocupada siempre en mi bienestar.

***Karen Paola Martínez Maldonado***

## **Agradecimiento**

Agradezco en primera instancia a Dios que por medio de sus intercesores me ha brindado sabiduría, tolerancia, y paciencia. Extiendo un agradecimiento infinito a mi padre quien de Dios goza, quien me ha dejado la mejor herencia al transferirme algunos de sus conocimientos y experiencia, haciendo todo lo posible para ayudarme a culminar el estudio de la presente tesis. Al Ing. Huguito Orellana quien en mi mente he mantenido sus consejos y sus enseñanzas que pese a su ausencia me ha dado las respuestas necesarias para el avance de este proyecto. Agradezco al Ing. Fernando Rengel, director de tesis, por la paciencia, comprensión y apoyo durante la elaboración del presente trabajo quien ha sido mi mentor otorgándome nuevos conocimientos a través de su guía; A grandes amigos los Prof.Dr. Theofilos Toulkeridis y Kervin Chunga que han estado durante este transcurso académico como guías, mentores, consejeros, apoyándome y depositando su confianza, ánimos y conocimientos día a día; a mi amigo y compañero Juan José Alverca quien ha estado pendiente de lo que necesite siendo un apoyo imprescindible para la culminación.

Quiero extender además un agradecimiento a mis compañeros que me fortalecieron en momentos complicados al inicio de esta carrera Mariuxi S. y Andy F; A cada uno de mis docentes quienes me compartieron el conocimiento indispensable para poder avanzar con el presente estudio con quienes he aprendido no solo lo académico porque me han enseñado lo esencial para el diario vivir como: evitar tener exceso de confianza una frase que he aplicado en cada circunstancia de mi vida, a resistir bajo la presión, a comprender que esta no es una carrera de velocidad sino de resistencia. Aprendizajes que atesoro y que con seguridad serán mi fortaleza en la vida cotidiana.

***Karen Paola Martínez Maldonado***

## Índice de Contenido

Portada .....	i
Certificación.....	ii
Autoría.....	iii
Carta de autorización.....	iv
Dedicatoria .....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de Contenido .....	vii
Índice de Tablas .....	xiii
Índice de figuras.....	xvi
Índice de Anexos .....	xix
<b>1 Título.....</b>	<b>1</b>
<b>2 Resumen .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1 Abstract .....</b>	<b>3</b>
<b>3 Introducción .....</b>	<b>4</b>
<b>4 Marco teórico .....</b>	<b>7</b>
<b>4.1 Geología.....</b>	<b>7</b>
4.1.1 Ciclo de formación de las rocas. ....	7
4.1.2 Clasificación general de las rocas. ....	8
4.1.3 Formación de las rocas sedimentarias .....	8
<b>4.2 Áridos y Pétreos.....</b>	<b>9</b>
4.2.1 Clasificación de áridos y pétreos .....	9
4.2.1.1 Según su origen y naturaleza .....	9
4.2.1.2 Según su tamaño.....	9
<b>4.3 Materiales de Construcción .....</b>	<b>10</b>
<b>4.4 Tipos de depósitos.....</b>	<b>10</b>
4.4.1 Parámetros de los depósitos áridos y pétreos .....	12
4.4.2 Factores que influyen en la explotabilidad de áridos naturales.....	12
4.4.2.1 Características intrínsecas.....	13

4.4.2.2	Características extrínsecas.....	13
<b>4.5</b>	<b>Topografía.....</b>	<b>13</b>
4.5.1	Definiciones.....	13
4.5.2	Levantamiento Topográfico .....	13
4.5.3	Curvas de nivel.....	14
4.5.4	Clases de curvas de nivel.....	14
4.5.4.1	Curvas principales o directrices.....	14
4.5.4.2	Curvas intermedias. ....	14
4.5.5	Escalas .....	14
4.5.5.1	Tipos de Escalas. ....	15
<b>4.6</b>	<b>Topografía y fotogrametría en explotaciones mineras a cielo abierto.....</b>	<b>15</b>
4.6.1	Trabajos topográficos iniciales.....	16
4.6.1.1	Levantamiento inicial. ....	16
4.6.2	Trabajos topográficos en la fase de proyecto .....	17
4.6.2.1	Apoyo a la investigación geológica.....	17
4.6.2.2	Modelización y diseño de la explotación. ....	17
4.6.2.3	Proyectos de instalaciones, accesos, transportes, líneas eléctricas. ....	18
<b>4.7</b>	<b>Levantamiento topográfico con Dron.....</b>	<b>18</b>
4.7.1	Ventajas del levantamiento topográfico con drones.....	18
4.7.2	Precisión de levantamientos con drones.....	19
<b>4.8</b>	<b>Modelos digitales de terreno.....</b>	<b>20</b>
<b>4.9</b>	<b>Cálculo de Reservas.....</b>	<b>21</b>
4.9.1	Métodos de evaluación.....	21
4.9.1.1	Método de secciones transversales adyacentes. ....	21
4.9.1.2	Método de cubicación entre curvas de nivel. ....	21
4.9.1.3	Método de la altura media. ....	22
4.9.1.4	Método de triangulación. ....	22
4.9.1.5	Método de polígonos., ....	22
4.9.1.6	Método de los prismas regulares. ....	23

4.9.2	Clasificación de los métodos o sistemas de explotación aplicables .....	23
4.9.3	Métodos de minería de superficie .....	24
4.9.3.1	Métodos de extracción mecánica.....	24
4.9.3.2	Métodos de extracción hidráulica.....	25
4.9.3.2.1	Minería de placeres.....	25
4.9.3.2.2	Minería por disolución.....	26
<b>4.10</b>	<b>Métodos mineros y sistemas de explotación a Cielo Abierto.....</b>	<b>26</b>
4.10.1	Cortas.....	26
4.10.2	Descubiertas .....	27
4.10.3	Terrazas .....	28
4.10.4	Contorno.....	28
4.10.5	Canteras .....	28
4.10.6	Graveras.....	29
4.10.7	Minería hidráulica. Dragado.....	29
4.10.8	Disolución y lixiviación .....	30
4.10.9	Especiales o mixtos .....	30
<b>4.11</b>	<b>Sistemas de explotación para graveras.....</b>	<b>30</b>
4.11.1	Explotaciones secas .....	31
4.11.2	Explotaciones bajo lámina de agua .....	31
4.11.3	Explotaciones con rebajamiento del nivel freático.....	31
4.11.4	Explotaciones por diques transversales .....	32
4.11.5	Explotaciones por diques longitudinales.....	33
4.11.6	Extracción paralela con pala hidráulica o retroexcavador.....	34
<b>4.12</b>	<b>Operaciones básicas de extracción de áridos .....</b>	<b>34</b>
4.12.1	Labores de preparación .....	34
4.12.2	Arranque.....	35
4.12.3	Carga .....	35
4.12.4	Transporte y vertido .....	35
4.12.5	Lavado .....	36
<b>4.13</b>	<b>Marco Legal .....</b>	<b>36</b>

<b>5 Metodología.....</b>	<b>44</b>
<b>5.1 Área de estudio .....</b>	<b>44</b>
5.1.1 Ubicación política y geográfica.....	44
5.1.2 Acceso .....	45
5.1.3 Geología Regional.....	45
5.1.4 Hidrología.....	47
5.1.5 Clima .....	50
<b>5.2 Procedimiento .....</b>	<b>51</b>
5.2.1 Metodología para el primer Objetivo.....	51
5.2.2 Metodología para el segundo objetivo.....	58
5.2.3 Metodología para el tercer Objetivo.....	65
<b>6 RESULTADOS .....</b>	<b>71</b>
<b>6.1 Resultados del primer objetivo.....</b>	<b>71</b>
<b>6.2 Topografía.....</b>	<b>71</b>
<b>6.3 Geología.....</b>	<b>76</b>
6.3.1 Geología Local .....	76
<b>6.4 Batimetría.....</b>	<b>81</b>
<b>6.5 Factores Climáticos .....</b>	<b>88</b>
6.5.1 Temperatura.....	88
6.5.2 Precipitación.....	88
<b>6.6 Descripción de las operaciones de explotación en el área minera.....</b>	<b>89</b>
6.6.1 Extracción.....	90
6.6.2 Carga y Transporte .....	90
6.6.3 Cribado .....	90
6.6.4 Almacenamiento o Stock.....	91
6.6.5 Comercialización.....	91
6.6.6 Labores de Protección del campo minero .....	91
6.6.7 Aplicación de medidas ambientales .....	91
<b>6.7 Descripción de las Instalaciones .....</b>	<b>92</b>

6.7.1	Vías de acceso .....	92
6.7.2	Campamento.....	93
6.7.3	Baños.....	94
6.7.4	Abastecimiento de agua.....	94
6.7.5	Energía eléctrica.....	95
<b>6.8</b>	<b>Personal.....</b>	<b>95</b>
<b>6.9</b>	<b>Maquinaria y equipos del área minera.....</b>	<b>96</b>
<b>6.10</b>	<b>Cálculo de rendimiento de maquinaria en las actividades .....</b>	<b>96</b>
<b>6.11</b>	<b>Ritmo de producción .....</b>	<b>98</b>
<b>6.12</b>	<b>Costo de proceso de explotación.....</b>	<b>98</b>
<b>6.13</b>	<b>Resultados Segundo Objetivo .....</b>	<b>102</b>
<b>6.14</b>	<b>Calidad del material .....</b>	<b>102</b>
6.14.1	Análisis Granulométrico de las calicatas.....	102
6.14.2	Ensayo de abrasión (ASTM C 131/ INEN 861).....	103
6.14.3	Materiales finos (Norma Técnica Ecuatoriana NTE. INEN 697) .....	103
6.14.4	Ensayo Solidos Compactos (CBR).....	104
6.14.5	Ensayo de Desgaste al Sulfato, (ASTM C-88).....	105
<b>6.15</b>	<b>Reservas.....</b>	<b>106</b>
6.15.1	Descripción de calicatas .....	106
6.15.2	Sondeo Eléctrico Vertical.....	118
6.15.3	Profundidad media .....	120
6.15.4	Cálculo de las reservas .....	120
6.15.5	Volumen máximo de explotación.....	122
<b>6.16</b>	<b>Resultados Tercer Objetivo .....</b>	<b>124</b>
<b>6.17</b>	<b>Análisis multicriterio entre los sistemas de explotación .....</b>	<b>124</b>
6.17.1	Actividades del Sistema de Explotación Óptimo .....	125
6.17.2	Infraestructura necesaria.....	127
6.17.3	Ritmo de producción .....	139
6.17.4	Costo de proceso de explotación optimizado .....	139
6.17.5	Costo por m3 de material extraído.....	140
6.17.6	Tiempo de vida útil.....	140

6.17.7 Señalización del Área Minera .....	141
6.17.8 Comparación entre el sistema anterior y el propuesto .....	142
<b>7 Discusión.....</b>	<b>143</b>
<b>8 Conclusiones.....</b>	<b>147</b>
<b>9 Recomendaciones.....</b>	<b>148</b>
<b>10 Bibliografía.....</b>	<b>149</b>
<b>11 Anexos.....</b>	<b>154</b>

## Índice de Tablas:

<b>Tabla 1.</b> Clasificación granulométrica de los áridos y pétreos según su tamaño .....	9
<b>Tabla 2.</b> Modelos de explotación .....	18
<b>Tabla 3.</b> Clasificación de los métodos de minería superficial .....	23
<b>Tabla 4.</b> Coordenadas geográficas del área minera "El Diamante" .....	44
<b>Tabla 5.</b> Cálculos de rendimiento de: .....	52
<b>Tabla 6.</b> Puntos de control de levantamiento topográfico con DRON .....	54
<b>Tabla 7.</b> Ubicación de los puntos de la batimetría .....	57
<b>Tabla 8.</b> Puntos de revisión de la llanura de inundación .....	59
<b>Tabla 9</b> Puntos de referencia de calicatas .....	59
<b>Tabla 10.</b> Configuración del AB/2 .....	62
<b>Tabla 11.</b> Resistividad de los materiales .....	63
<b>Tabla 12.</b> Fórmulas del cálculo de arrastre.....	63
<b>Tabla 13.</b> Porcentaje del volumen máximo a extraer .....	64
<b>Tabla 14.</b> Metodología para extracción de materiales por arrastre de un río .....	65
<b>Tabla 15.</b> Tabla multicriterio para elección de sistema de explotación en graveras .....	66
<b>Tabla 16.</b> Criterios de construcción de diques .....	67
<b>Tabla 17.</b> Datos de los frentes de explotación.....	67
<b>Tabla 18.</b> Diseño de los diques, dimensiones.....	67
<b>Tabla 19.</b> Dimensionamiento del gavión.....	68
<b>Tabla 20.</b> Dimensiones estándar de gaviones tipo caja .....	68
<b>Tabla 21.</b> Ángulo de reposo natural de materiales de gravera .....	68
<b>Tabla 22.</b> Dimensiones de los noques de explotación.....	69
<b>Tabla 23</b> Metodología para el diseño de los diques .....	69
<b>Tabla 24.</b> Comparación entre el sistema actual y el propuesto .....	70
<b>Tabla 25.</b> Profundidad Media de puntos batimétricos.....	82
<b>Tabla 26.</b> Instalaciones del área minera .....	92
<b>Tabla 27.</b> Personal ocasional en actividades del área minera.....	95
<b>Tabla 28.</b> Personal permanente en actividades del área minera .....	95
<b>Tabla 29.</b> Maquinaria y equipos del área minera .....	96
<b>Tabla 30.</b> Tiempos en el ciclo de trabajo en las actividades del área minera.....	97
<b>Tabla 31.</b> Cálculos de rendimiento de excavadora GUIZHON JONYANG JY-60C .....	97

<b>Tabla 32.</b> Cálculos de rendimiento de volquete Nissan 205 Mod 79.....	98
<b>Tabla 33.</b> Cálculos de rendimiento de Excavadora de orugas Caterpillar 320L.....	98
<b>Tabla 34.</b> Costos indirectos en servicios profesionales.....	99
<b>Tabla 35.</b> Costos indirectos administrativos.....	99
<b>Tabla 36.</b> Otros cumplimientos administrativos.....	100
<b>Tabla 37.</b> Total, costos indirectos para producción de 100 m <sup>3</sup> /día.....	100
<b>Tabla 38.</b> Costos en personal.....	100
<b>Tabla 39.</b> Costos de producción para producción de 100m <sup>3</sup> /día.....	100
<b>Tabla 40.</b> Total, costos directos de producción (100m <sup>3</sup> /día).....	100
<b>Tabla 41.</b> Análisis granulométricos norma AASHTO T 88-0.....	103
<b>Tabla 42.</b> Ensayo de abrasión de las muestras 1 y 2.....	103
<b>Tabla 43.</b> Ensayo de partículas finas menores a 75 micras.....	104
<b>Tabla 44.</b> Ensayo de desgaste de sulfato muestra 1 y 2.....	106
<b>Tabla 45.</b> Parámetros de cumplimiento del libro amarillo del MTOP.....	106
<b>Tabla 46.</b> Datos de campo ensayo de resistividad eléctrica.....	118
<b>Tabla 47.</b> Interpretación de resistencias eléctricas del SEV obtenidas en IPI2WIN.....	119
<b>Tabla 47.</b> Interpretación de resistencias eléctricas del SEV obtenidas en IPI2WIN.....	120
<b>Tabla 48.</b> Profundidad Media de Calicatas y llanuras de inundación.....	120
<b>Tabla 49.</b> Cálculo de reservas promedio en porcentaje por el tipo de material.....	121
<b>Tabla 50.</b> Cálculo de volumen por el tipo de material.....	122
<b>Tabla 51.</b> Cálculo de arrastre de material en el río Catamayo.....	122
<b>Tabla 52.</b> Cálculo de volumen máximo de explotación del arrastre.....	123
<b>Tabla 53.</b> Tabla multicriterio para elección de sistema de explotación.....	124
<b>Tabla 54.</b> Cálculos de rendimiento de excavadora Hyundai R220LC 7.....	125
<b>Tabla 55.</b> Cálculos de rendimiento de volquete Hino JOBE-GW.....	126
<b>Tabla 56.</b> Cálculos de rendimiento de Criba vibratoria TIO5143.....	126
<b>Tabla 57.</b> Cálculos de rendimiento de cargador frontal Komatsu WA 320-6.....	127
<b>Tabla 58.</b> Estado de la infraestructura.....	127
<b>Tabla 59.</b> Datos de los frentes de explotación.....	130
<b>Tabla 60.</b> Diseño de los diques, dimensiones.....	132
<b>Tabla 61.</b> Dimensiones de los noques de explotación.....	134
<b>Tabla 62.</b> Costos indirectos Legales.....	139

<b>Tabla 63.</b> Total costos indirectos para producción de 214 m <sup>3</sup> /día.....	139
<b>Tabla 64.</b> Costos de producción para producción de 214 m <sup>3</sup> /día .....	140
<b>Tabla 65.</b> Total, costos directos de producción para producción de 214 m <sup>3</sup> /día.....	140
<b>Tabla 66.</b> Comparación entre el sistema actual y el propuesto .....	142
<b>Tabla 67.</b> Características de la excavadora Hyundai R210 LC7 .....	205
<b>Tabla 68.</b> Características de la criba vibratoria .....	206
<b>Tabla 69.</b> Dimensiones y especificaciones técnicas KOMATSU WA320-6 .....	207

## Índice de figuras:

<b>Figura 1.</b> Ubicación de la concesión minera “El Diamante” .....	44
<b>Figura 2.</b> Acceso a la concesión minera “El Diamante” .....	45
<b>Figura 3.</b> Red Hidrográfica de la cuenca del río Catamayo .....	48
<b>Figura 4.</b> Caudales medios mensuales en cuatro ríos de la Cuenca (pág 66).....	49
<b>Figura 5.</b> Curvas de variación estacional en la estación hidrométrica de Pte Vicin .....	49
<b>Figura 6.</b> Puntos de control del DRONE.....	54
<b>Figura 7.</b> Planificación del vuelo en el programa .....	54
<b>Figura 8.</b> Desarrollo del vuelo con el DRONE .....	55
<b>Figura 9.</b> Puntos de batimetría .....	57
<b>Figura 10.</b> Calicatas y revisión del área de explotación.....	60
<b>Figura 11.</b> Curva de duración de la carga de fondo anual en un río .....	64
<b>Figura 12.</b> Topografía concesión minera “El Diamante”- Captación “La Sota” .....	72
<b>Figura 13.</b> Topografía concesión minera “El Diamante” .....	73
<b>Figura 14.</b> Topografía del frente de explotación del área minera “El Diamante”.....	74
<b>Figura 15.</b> Perfiles topográficos del frente de explotación .....	75
<b>Figura 16.</b> Vista de un afloramiento de lavas andesíticas .....	76
<b>Figura 17.</b> Vista de afloramientos de arcillas.....	77
<b>Figura 18.</b> Material presente en el depósito Aluvial .....	78
<b>Figura 19.</b> Vista del material que conforma las llanuras de inundación del río.....	78
<b>Figura 20.</b> Geología local del Área Minera “El Diamante” .....	80
<b>Figura 21.</b> Perfil Geológico, corte AB del mapa de geología local .....	81
<b>Figura 22.</b> Perfil Geológico, corte CD del mapa de geología local .....	81
<b>Figura 23.</b> Batimetría en el río Catamayo .....	82
<b>Figura 24.</b> Imagen Satelital del área minera “El Diamante” 2014.....	83
<b>Figura 25.</b> Imagen Satelital del área minera “El Diamante” 2017 .....	84
<b>Figura 26.</b> Imagen Satelital del área minera “El Diamante” 2018.....	85
<b>Figura 27.</b> Imagen Satelital del área minera “El Diamante” 2020.....	86
<b>Figura 28.</b> Imagen Satelital del área minera “El Diamante” 2023.....	87
<b>Figura 29.</b> Isoterma del área minera “El Diamante” .....	88
<b>Figura 30.</b> Isoyeta del área minera “El Diamante” .....	89
<b>Figura 31.</b> Labores mineras del área minera “El Diamante” .....	90

<b>Figura 32.</b> Vías de acceso.....	93
<b>Figura 33.</b> Casa del titular. ....	94
<b>Figura 34.</b> Esquema de distancias de recorrido.....	96
<b>Figura 35.</b> Curva de Densidad seca vs % Humedad .....	104
<b>Figura 36.</b> Curva de esfuerzo vs Penetración.....	105
<b>Figura 37.</b> Estimación de CBR y Densidad seca.....	105
<b>Figura 38.</b> Litoestratigrafía de calicata 1.....	107
<b>Figura 39.</b> Litoestratigrafía de calicata 2.....	108
<b>Figura 40.</b> Litoestratigrafía de calicata 3.....	109
<b>Figura 41.</b> Litoestratigrafía de calicata 4.....	110
<b>Figura 42.</b> Litoestratigrafía de calicata 5.....	111
<b>Figura 43.</b> Litoestratigrafía de calicata 6.....	112
<b>Figura 44.</b> Litoestratigrafía de calicata 7.....	113
<b>Figura 45.</b> Litoestratigrafía de calicata 8.....	114
<b>Figura 46.</b> Litoestratigrafía de calicata 9.....	115
<b>Figura 47.</b> Litoestratigrafía de calicata 10.....	116
<b>Figura 48.</b> Litoestratigrafía de calicata 11.....	117
<b>Figura 49.</b> Línea de SEV.....	118
<b>Figura 50.</b> Curva de resistividad del perfil eléctrico en “El Diamante”.....	119
<b>Figura 51.</b> perfil geo eléctrico del SEV realizado en “El Diamante”.....	119
<b>Figura 52.</b> Esquema de dimensiones de vías de acceso .....	128
<b>Figura 53.</b> Plano de vías de acceso.....	129
<b>Figura 54.</b> Ubicación de frentes de explotación.....	131
<b>Figura 55.</b> Dimensiones de longitud y ancho del dique transversal.....	132
<b>Figura 56.</b> Dimensiones del gavión de 1*1*4m.....	133
<b>Figura 57.</b> Dimensiones del gavión de 0.5*1*4m.....	133
<b>Figura 58.</b> Vista frontal de la disposición de los gaviones.....	134
<b>Figura 59.</b> Plano de dimensiones de diques y noques de explotación .....	135
<b>Figura 60.</b> Esquema dimensionado del frente de explotación 1.....	135
<b>Figura 61.</b> Frente de explotación 1 Área Minera “El Diamante” (vista planta).....	136
<b>Figura 62.</b> Esquema dimensionado del frente de explotación 2.....	137
<b>Figura 63.</b> Frente de explotación 2 Área Minera “El Diamante” (vista en planta).....	138

<b>Figura 64.</b> Extracción de material .....	200
<b>Figura 65.</b> Carga y transporte de material a la criba fija .....	200
<b>Figura 66.</b> Clasificación del material .....	201
<b>Figura 67.</b> Criba fija y Clasificación del material .....	201
<b>Figura 68.</b> Almacenamiento o material en stock.....	202
<b>Figura 69.</b> Vías de acceso internas.....	202
<b>Figura 70.</b> Baño para uso del personal que trabaja. ....	203
<b>Figura 71.</b> Dimensiones laterales de la excavadora Hyundai R210 LC7.....	204
<b>Figura 72.</b> Dimensiones frontales de la excavadora Hyundai R210 LC7.....	204
<b>Figura 73.</b> Dimensiones laterales del brazo de la excavadora Hyundai R210 LC7 .....	204
<b>Figura 74.</b> Criba vibratoria TRIO, TIO series.....	206
<b>Figura 75.</b> Dimensiones de Cargador KOMATSU WA 320 - 6.....	208

## Índice de Anexos:

<b>Anexo 1.</b> Entrevista al titular minero .....	154
<b>Anexo 2.</b> Ficha de información del área minera .....	157
<b>Anexo 3.</b> Chequeo de la infraestructura del área. ....	158
<b>Anexo 4.</b> Ficha para materiales pétreos y áridos .....	159
<b>Anexo 5.</b> Planificación del vuelo con DRONE.....	160
<b>Anexo 6.</b> Orthofoto base para la topografía “El Diamante”. ....	161
<b>Anexo 7.</b> Orthofoto topografía del frente de explotación “El Diamante”. ....	162
<b>Anexo 8.</b> Mapa de ubicación de concesión minera “El Diamante”. ....	163
<b>Anexo 9.</b> Mapa de Isotermas de la concesión minera “El Diamante” .....	164
<b>Anexo 10.</b> Mapa de Isoyetas de la concesión minera “El Diamante”.....	165
<b>Anexo 11.</b> Mapa Topográfico “El Diamante”-Captación “La Sota” .....	166
<b>Anexo 12.</b> Mapa Topográfico de la concesión minera “El Diamante”.....	167
<b>Anexo 13.</b> Mapa Topográfico del frente de la concesión minera “El Diamante” .....	168
<b>Anexo 14.</b> Mapa de ubicación de los cortes topográficos.....	169
<b>Anexo 15.</b> Cortes topográficos del frente de la concesión minera “El Diamante” .....	170
<b>Anexo 16.</b> Mapa de la Geología Regional en la concesión minera “El Diamante” .....	171
<b>Anexo 17.</b> Mapa de la Geología Local en la concesión minera “El Diamante” .....	172
<b>Anexo 18.</b> Cortes geológicos en la concesión minera “El Diamante” .....	173
<b>Anexo 19.</b> Fichas de Afloramiento .....	174
<b>Anexo 20.</b> Mapa de ubicación de las calicatas .....	186
<b>Anexo 21.</b> Descripción de calicatas .....	187
<b>Anexo 22.</b> Protocolo de muestreo .....	197
<b>Anexo 23.</b> Formato de SE.V. en la concesión minera “El Diamante”.....	198
<b>Anexo 24.</b> Mapa de ubicación del SEV en la concesión minera “El Diamante”.....	199
<b>Anexo 25.</b> Fotografías del área minera .....	200
<b>Anexo 26.</b> Especificaciones técnicas (Excavadora Hyundai).....	204
<b>Anexo 27.</b> Especificaciones técnicas (Criba TRIO) .....	206
<b>Anexo 28.</b> Especificaciones técnicas (Cargador Komatsu) .....	207
<b>Anexo 29.</b> Plano de infraestructura anterior del área minera “El Diamante” .....	209
<b>Anexo 30.</b> Plano de infraestructura optimizado del área minera “El Diamante” .....	210
<b>Anexo 31.</b> Plano de frente de explotación 1 del área minera “El Diamante” .....	211

<b>Anexo 32.</b> Plano de frente de explotación 2 del área minera “El Diamante” .....	212
<b>Anexo 33.</b> Plano de vistas del frente de explotación 1 .....	213
<b>Anexo 34.</b> Plano de vistas del frente de explotación 2 .....	214
<b>Anexo 35.</b> Plano de la vista de los gaviones en los frentes de explotación .....	215
<b>Anexo 36.</b> Plano de vías optimizado del área minera “El Diamante” .....	216
<b>Anexo 37.</b> Señalización de Seguridad.....	217
<b>Anexo 38.</b> Ensayos de Laboratorio. ....	223
<b>Anexo 39.</b> Diseño de explotación de la concesión minera “El Diamante” .....	224
<b>Anexo 40.</b> Certificado de traducción del resumen .....	225

## **1 Título**

**Optimización del sistema de explotación del área minera “El Diamante” código 600841  
barrio “El Huayco”, cantón Catamayo, provincia de Loja.**

## 2 Resumen

El presente trabajo investigativo de titulación plantea “Optimizar el sistema de explotación del área minera “El Diamante” código 600841 barrio “El Huayco”, cantón Catamayo, provincia de Loja” con la finalidad de evitar daños en las riberas del río Catamayo que afecten la captación de agua potable “La Sota” ubicada a 7 Km de distancia para lo cual mediante levantamiento de información de campo y entrevistas se realizó un análisis de la situación actual, describiendo las actividades productivas en el área minera que al momento no se encuentra en producción, de esta manera se recolectó y se procesó obteniendo datos de interés necesarios para el desarrollo de la presente investigación. En primera instancia se determinó la geología, topografía, clima, temperatura, precipitaciones, hidrología como datos base en el área además se procede realizar cálculos de reservas, cálculo de arrastre de material por el río Catamayo fundamentado en las condiciones climática, rendimiento de la maquinaria, ritmo de producción, tiempo de vida de la gravera, costos de producción por m<sup>3</sup> de material, análisis de la calidad del material que permite determinar sus usos. El levantamiento y estudios de datos obtenidos del área minera permiten la comprensión del comportamiento del sector cuando se hallaba explotando, comprobando la ineficiencia del rendimiento de la maquinaria y la necesidad técnica y ambiental de la construcción de diques transversales para los cuales se plantea el diseño que analizando los resultados obtenidos mejoran la producción diaria y disminuyen el costo de producción, demostrando la viabilidad de lo propuesto en el estudio.

*Palabras claves: cielo abierto, graveras, diques transversales, gaviones, diseño, socavación*

## 2.1 Abstract

The present research degree work proposes "Optimize the exploitation system of the mining area "El Diamante" code 600841 "El Huayco" neighborhood, Catamayo canton, Loja province " with the purpose of avoiding damage to the banks of the Catamayo River that affects the "La Sota" drinking water collection located 7 km away, for which, by collecting field information and interviews, an analysis of the current situation was carried out, describing the productive activities in the mining area that is not currently in production. , in this way it was collected and processed, obtaining data of interest necessary for the development of this research. In the first instance, the geology, topography, climate, temperature, precipitation, and hydrology were determined as base data in the area. In addition, reserve calculations were carried out, material drag calculation by the Catamayo River based on the climatic conditions, performance of the machinery. , production rate, life time of the gravel pit, production costs per m<sup>3</sup> of material, analysis of the quality of the material that allows determining its uses. The survey and studies of data obtained from the mining area allow the understanding of the behavior of the sector when it was exploiting, verifying the inefficiency of the performance of the machinery and the technical and environmental need for the construction of transverse dams for which the design is proposed. Analyzing the results obtained, they improve daily production and reduce the production cost, demonstrating the viability of what was proposed in the study..

*Keywords: open pit, gravel pits, cross dikes, gabions, design, scour*

### 3 Introducción

La pequeña minería de explotación de áridos y pétreos es una actividad principal de ingresos económicos a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales (GADM) para obra social en los cantones en el caso de materiales de construcción al ser su competencia por los conceptos de pagos de regalías, patentes, tasas administrativas para permisos de explotación, etc.

Así también al ser dependientes de estos GADM, los titulares se deben al cumplimiento de requisitos basados en las regulaciones legales como son las ordenanzas y reglamentos para poder producir, es de esta manera que según el Informe Técnico del Departamento de Agua Potable y Alcantarillado del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Catamayo indica que las áreas mineras de extracción de materiales áridos y pétreos ubicados aguas arriba de la captación de agua cruda “La Sota” afectan el caudal de agua que ingresa a la captación debido a las socavaciones existentes, según los trabajos de replanteo y nivelación realizados en el año 2018, donde se manifiesta que se constata que *...”desde el año 2012 en la consultoría para el Proyecto Plan Emergente la cota del lecho de río ha descendido entre 1.50 y 2.62 m, evidenciando que la actividad de explotación de materiales áridos y pétreos socava el cauce del río”*. PROYECTO PLAN EMERGENTE DE AGUA POTABLE PARA LA CIUDAD DE CATAMAYO, 2012.

El consultor del Proyecto Plan Emergente mediante una nota insertada en la memoria técnica, advierte y observa que debido a la gran y fuerte explotación de materiales pétreos en el río Catamayo se ha provocado grandes socavaciones del cauce y orillas del río y que obviamente afectan aguas arriba; y que en estas circunstancias deja constancia que sin obras de mitigación del fuerte impacto en la zona de explotación y aguas arriba de la misma en no menos de 5 Km., existe el riesgo inminente de que el cauce/lecho se profundice al extremo de dejar inhabilitada la captación de la Sota. Motivo por el cual el Departamento de Agua Potable (DEMAPAL) del GADMC no emite certificado de no afección a la toma de agua potable que abastece al cantón Catamayo, documento requerido para la emisión del permiso de explotación al área minera “El Diamante”.

Enfocado en que la afectación es la explotación que afecta a la captación de agua potable “La Sota”, cito a Bocanegra, A., Quintero, H., Ramírez, C., Sandoval, M. & Santacruz, S. (2009) quien menciona que “Generalmente esta minería intensiva origina graves efectos en el sistema fluvial debido al desbalance causado en el transporte de sedimentos en el sitio de

extracción; se origina una erosión general del cauce que puede alcanzar grandes distancias aguas arriba y aguas abajo, generando a su vez la inestabilidad de las orillas, cambios en la morfología del cauce, erosión regresiva en los afluentes, descenso en el nivel freático, afectación de la flora y fauna acuáticas y riparias, y, además, poniendo en riesgo las diferentes estructuras localizadas a lo largo del cauce y sus tributarios (puentes, captaciones, muros de protección, entre otros).

La concesión minera “El Diamante” código 600841 ubicada en el cantón Catamayo, parroquia “El Tambo”, barrio “El Huayco” sector Huayco Bajo tiene una superficie de 88Ha, trabajando un frente de explotación de 0,5 Ha, no posee infraestructura de protección en el río Catamayo para la explotación, se encuentra a una distancia de 7 Km de la captación de agua potable “La Sota”. Para un mejor conocimiento se examinó el sistema de explotación con el que han venido laborando, se levanta información en campo para determinar la distancia existente hasta la captación, se analiza la calidad de los materiales, se cuantifican las reservas existentes en depósito y el volumen de material que arrastra el río, finalmente planteando un diseño de un sistema óptimo de explotación desde los aspectos económico, ambientales, técnicos y de seguridad.

Es importante mencionar que este estudio conllevará a una mejor calidad de vida a la población asegurando por parte de esta concesión que la cota de agua no se verá afectada y por tanto podrá ingresar el agua a los sistemas de captación de la misma evitando desabastecimiento a la población, considerando que aproximadamente el 70 % de agua se capta a 200 metros del río Catamayo en el sitio denominado “La Sota” el cuál beneficia a la parroquia Catamayo con un total de 6886 personas que se abastecen de este recurso como servicio básico.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

- Optimizar el sistema de explotación del área minera “El Diamante” código 600841 del barrio “El Huayco”, cantón Catamayo, provincia de Loja

### **Objetivos Específicos**

- “Analizar el sistema de explotación actual del área minera “El Diamante” código 600841 del barrio “El Huayco”, cantón Catamayo, provincia de Loja y su incidencia en la socavación del río Catamayo que afecte a la captación de agua potable “La Sota”
- Cuantificar las reservas existentes del área minera “El Diamante” código 600841 del barrio “El Huayco”, cantón Catamayo, provincia de Loja
- Diseñar un sistema de explotación óptimo para el área minera el cual minimice el impacto negativo a la captación de agua potable “La Sota”.

## 4 Marco teórico

### 4.1 Geología

La geología es el estudio de las características y propiedades de los materiales que componen la corteza terrestre, además, de su comportamiento frente a diferentes fenómenos endógenos y exógenos a los que se encuentra expuesta y que son el motivo de su evolución.

La Geología se percibe como una ciencia que se realiza en el exterior, lo cual es correcto. Una gran parte de la Geología se basa en observaciones y experimentos llevados a cabo en el campo. Pero la Geología también se realiza en el laboratorio donde, por ejemplo, el estudio de varios materiales terrestres permite comprender muchos procesos básicos. Con frecuencia, la geología requiere una comprensión y una aplicación del conocimiento y los principios de la física, la química y la biología. (Tarbuck y Lutgens, 2005, como se citó en Rojas, 2020).

#### 4.1.1 *Ciclo de formación de las rocas.*

El ciclo comienza con la consolidación del magma, es la roca fundida que se forma a una gran profundidad por debajo de la superficie de la Tierra. Con el tiempo, el magma se enfría y se solidifica. Este proceso, denominado cristalización, puede ocurrir debajo de la superficie terrestre o después de una erupción volcánica, en la superficie dando como resultado la formación de rocas de tipo magmáticas o ígneas, las cuales pueden sufrir un proceso de metamorfismo y convertirse en metamórficas.

Al salir a la superficie, experimentarán un proceso de meteorización, en la cual, la atmósfera provoca la erosión del basamento, ayudando a su degradación y a la formación de detritos. Los materiales resultantes pueden ser desplazados pendientes abajo por la gravedad antes de ser captados y transportados por algún agente erosivo como las aguas superficiales, los glaciares, el viento o las olas. (Tarbuck y Lutgens, 2005).

“Más tarde, estos sedimentos sufren un proceso llamado litificación (conversión en roca), que da lugar a una serie de cambios físico-químicos en los sedimentos, transformándolos en rocas sedimentarias” (Tamayo, 2016).

#### **4.1.2 Clasificación general de las rocas.**

Según Cornelis y Cornelius (1997) las rocas se clasifican en:

**Rocas ígneas:** Las rocas ígneas comprenden aproximadamente el 95 por ciento de los 16 km superiores de la corteza terrestre, pero su gran abundancia queda oculta a la superficie por una capa delgada, pero muy extensa, de rocas sedimentarias y metamórficas. Las rocas ígneas se cristalizan a partir de un fluido de silicato llamado magma.

**Rocas metamórficas:** 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.

**Rocas sedimentarias:** La roca sedimentaria que cubre los continentes de la corteza terrestre es extensa, pero se estima que la contribución total de las rocas sedimentarias a los 16 km superiores de aquella es aproximadamente del 5%. Los materiales se derivan de la alteración producida por agentes atmosféricos. La erosión química descompone los minerales de las rocas y la erosión mecánica es responsable de la destrucción física de la roca original.

#### **4.1.3 Formación de las rocas sedimentarias**

Los productos de la meteorización pueden ser transportados por (arrastre, rodando o por saltación) o bien dentro del fluido (en suspensión, solución o flotando). Aquellas rocas que se originan a partir de partículas que mantienen su integridad física durante el transporte, son las detríticas, y las que se forman por la precipitación de sustancias en disolución, son las de origen físico-químico.

Existe un tercer grupo de rocas sedimentarias, que se forman por la actividad de organismos vivos como las biogénicas. (Duque, 2017)

Los productos de descomposición y desintegración son transportados y depositados en zonas de acumulación por la acción de las aguas, los glaciares o los vientos. Estos depósitos se convierten en rocas por procesos de litificación y diagénesis que incluyen la compactación y cementación de materiales sueltos. (Cornelis y Cornelius, 1997)

## 4.2 Áridos y Pétreos

### 4.2.1 Clasificación de áridos y pétreos

Rojas (2021, como se citó en Herrera, 2006) clasifica a los áridos y pétreos en función de su origen, naturaleza y tamaño.

#### 4.2.1.1 Según su origen y naturaleza

Herrera (2006) menciona que según su origen y naturaleza podemos tener:

**Áridos y pétreos naturales.** - Áridos y pétreos granulares, obtenidos básicamente de graveras y donde el material extraído se usa tras haber sufrido un lavado y una clasificación.

**Áridos y pétreos de machaqueo.** - obtenidos a partir de la trituración, molienda y clasificación de diferentes rocas de cantera o de las granulometrías de rechazo de los áridos y pétreos granulares.

**Áridos y pétreos artificiales.** - Constituidos por subproductos o residuos de procesos industriales, como son las escorias siderúrgicas, las cenizas volantes de la combustión del carbón, estériles mineros, entre otros.

**Áridos y pétreos reciclados.** - Procedentes de materiales de demolición y derribo de edificaciones (hormigones, cerámicos, entre otros).

**Áridos y pétreos ligeros.** - Productos naturales o artificiales que se usan para la obtención de piezas o elementos de obra de bajo peso y/o aislantes.

**Asimilados a áridos y pétreos.** - Materiales de préstamo, utilizables sin modificación de sus características naturales o con pequeñas modificaciones de adición de productos estabilizantes o tratamientos mecánicos en la construcción de terraplenes.

#### 4.2.1.2 Según su tamaño.

López (1998) menciona que la nomenclatura de las diferentes fracciones granulométricas generalmente se la denomina de acuerdo con la siguiente tabla 1:

**Tabla 1.** Clasificación granulométrica de los áridos y pétreos según su tamaño

Nombre	Tamaño (mm)
Canto	80 - 150
Grava media	50-80
Grava media	40 - 60
Grava menuda	30 - 50
Gravilla	20 - 30
Garbancillo	5 - 20
Arena gruesa	2 - 5
Arena fina	0.05-2

**Nota:** tomado de López. 1998. P. 32.

### 4.3 Materiales de Construcción

Según Decreto Ejecutivo 119 de 2009, en el art. 45 se define a Materiales de construcción como:

**Art. 45.- Materiales de construcción.-** Se entenderán como materiales de construcción a las rocas y derivados de las rocas, sean estas de naturaleza ígnea, sedimentaria o metamórfica tales como: andesitas, basaltos, dacitas, riolitas, granitos, cenizas volcánicas, pómez, materiales calcáreos, arcillas superficiales; arenas de origen fluvial o marino, gravas; depósitos tipo aluviales, coluviales, flujos laharíticos y en general todos los materiales cuyo procesamiento no implique un proceso industrial diferente a la trituración y/o clasificación granulométrica o en algunos casos tratamientos de corte y pulido, entre su explotación y su uso final y los demás que establezca técnicamente el Ministerio Sectorial previo informe del Instituto de Investigación Nacional Geológico, Minero, Metalúrgico.

Para los fines de aplicación de este Reglamento se entenderá por cantera al depósito de materias de construcción que pueden ser explotados, y que sean de empleo directo principalmente en la industria de la construcción. El volumen de explotación de materiales de construcción será el que se establezca en la autorización respectiva.

### 4.4 Tipos de depósitos

“Los yacimientos de áridos y pétreos naturales con potencial comercial se encuentran en un amplio espectro de medios de sedimentación que se acumulan en depresiones de dimensiones variables, cuyo relleno registra la evolución paleogeográfica de la cuenca receptora” (Tamayo, 2006).

López (1998, como se cita en Tamayo, 2006) determina los tipos de depósitos más comunes y las características principales de los materiales que contienen; indicando que estos depósitos son:

**Eluviales.** Materiales alterados in situ, que pueden llegar a constituir suelos en el sentido edafológico de la palabra. Cuando están desarrollados sobre materiales graníticos y bajo clima no muy activo, pueden dar lugar a depósitos de arenas gruesas (len granítico). En general, muestran una presencia muy alta de finos, contienen materia orgánica y constituyen materiales de escaso interés para la obtención de áridos.

**Coluviales.** Depósitos fundamentalmente gravitacionales, que recubren las laderas. Son materiales utilizables como préstamo, o incluso como materia prima para la obtención

de áridos de machaqueo. Suelen ser oligomícticos y si el material original presenta buenas cualidades puede utilizarse. Los volúmenes en algunos casos pueden llegar a ser importantes.

**Abanicos aluviales.** Estos depósitos presentan normalmente una cohesión elevada y un contenido en materiales finos alto. En los canales efímeros se encuentran depósitos residuales de arenas e incluso gravas. Depósitos fundamentalmente utilizables para préstamo y rellenos.

**Depósitos de ríos “braided”.** Presenta unas características típicas de un curso continuo de agua con pendientes moderadas, con un lecho de inundación que es recorrido alternativamente por un complejo sistema de canales fluviales, dando lugar a amplios yacimientos de áridos con escasa presencia de finos.

**Depósitos de ríos meandriformes.** Este tipo de sistemas fluviales, pueden representar una evolución del sistema fluvial anterior, en el que predominan las formas sinuosas, en planta, del cauce: amplias y limosas llanuras de inundación. Constituyen buenos yacimientos para áridos de tipo arena.

**Depósitos eólicos.** Los depósitos de dunas y otras formas de acumulación constituyen ejemplos de yacimientos granulares muy bien seleccionados, con una granulometría próxima a la que se denomina finos. Los granos presentan unos índices de redondez elevados y un ángulo de rozamiento muy bajo.

**Depósitos playeros.** Presentan un grado de selección granulométrica muy elevado. Las gravas presentan unos índices de redondez y aplanamiento elevados. Constituyen importantes depósitos, si bien su explotación provoca problemas de alteración de la morfología costera.

**Depósitos submarinos.** Antiguas playas y plataformas costeras, cordones litorales, deltas, entre otras estructuras. Pueden haber quedado bajo el mar como consecuencia de las oscilaciones del nivel del mar. Estos depósitos pueden ser explotados mediante dragas de cuchara o de succionamiento hidráulico.

**Depósitos glaciares.** En la zona de ablución de los glaciares se producen grandes acumulaciones de depósitos de material detrítico escasamente seleccionados, con granulometrías que van desde décimas de milímetro hasta bloques de más de un metro cúbico. El material presenta una madurez litológica y textural baja, debido a la escasa

capacidad de alteración química del sistema glaciario. En general, estos materiales no son utilizables como áridos y pétreos de calidad, pero sí como material de préstamo.

**Brechas de falla.** Materiales no cohesivos generados en zonas de fractura que contienen fragmentos de roca.

#### ***4.4.1 Parámetros de los depósitos áridos y pétreos***

López (1998) considera que estos yacimientos están establecidos por los parámetros que se describen a continuación:

**Parámetros geométricos.** Son los que van a definir la forma y volumen del material utilizable, las variaciones del espesor y límites naturales del yacimiento. Para definir los parámetros geométricos es necesario establecer un plano topográfico del yacimiento, un plano topográfico del techo del nivel explotable y un plano topográfico del sustrato del yacimiento. Estos datos permitirán establecer, de una manera correcta, el plan de explotación.

**Parámetros hidrogeológicos.** Van a condicionar la metodología y viabilidad de extracción del material, así como el desarrollo de los planes de recuperación de las explotaciones, dependiendo de ellos la existencia de acumulaciones de agua y su potencial eutrofización.

**Parámetros del material extraíble.** El principal parámetro del material es la granulometría de los materiales, ya que el diseño de la planta de clasificación debe proyectarse a partir de la granulometría. Otro parámetro del material es la contaminación con material fino (arcillas, limos), bien por una percolación desde los suelos suprayacentes o bien por contaminación en toda la masa.

La naturaleza mineralógica y petrológica de los elementos (gravas y arenas) es uno de los aspectos importantes a estudiar en cada fracción granulométrica, para establecer su alterabilidad, reactividad con los aglomerantes, grado de alteración, en su caso, de los elementos, entre otros. (Mingarro, 1996)

#### ***4.4.2 Factores que influyen en la explotabilidad de áridos naturales***

López (1998) menciona que los sedimentos y rocas sedimentarias detríticas poco compactadas pueden ser utilizados en la producción de áridos naturales en función de los siguientes factores:

#### **4.4.2.1 Características intrínsecas.**

Naturaleza del afloramiento, posición con respecto a la topografía, cobertura no utilizable, nivel freático, entre otras.; Composición mineralógica-litológica de los elementos, estabilidad química, elementos friables, materia orgánica; Forma, esfericidad, redondez y propiedades de superficie de los elementos; Distribución de tamaños; Características del conjunto de los elementos (dureza, fragilidad, módulo elástico).

#### **4.4.2.2 Características extrínsecas.**

Distancia al centro de consumo; Instalaciones de clasificación y, en su caso, de machaqueo de tamaños seleccionados; Impacto ambiental, suelo edificable en proximidades a áreas urbanas.

### **4.5 Topografía**

#### **4.5.1 Definiciones**

Según García *et al* (1994) la topografía se ocupa del estudio de los métodos para obtener la representación plana de una parte de la superficie terrestre con todos sus detalles, y de la construcción del conocimiento y del manejo de los instrumentos necesarios, para ello cada proyecto de ingeniería se apoya en un trabajo topográfico que puede tener dos fases:

**La primera** es un levantamiento topográfico, que consiste en realizar todas las mediciones necesarias de la zona de interés, con objeto en general, de obtener un plano topográfico de la misma.

**La segunda** es un replanteo, que consiste en señalar sobre el terreno, empleando técnicas topográficas, todos los detalles necesarios para el desarrollo de las obras que contemple el proyecto. Estas obras habrán sido diseñadas sobre planos topográficos.

Además, la topografía según indica Alcántara (2014), es una ciencia aplicada que se encarga de determinar las posiciones relativas o absolutas de los puntos sobre la Tierra, así como la representación en un plano de una porción (limitada) de la superficie terrestre; es decir, estudia los métodos y procedimientos para hacer mediciones sobre el terreno y su representación gráfica o analítica a una escala determinada.

#### **4.5.2 Levantamiento Topográfico**

“Se define como tal el conjunto de operaciones ejecutadas sobre un terreno con los instrumentos adecuados para poder confeccionar una correcta representación gráfica o plano.

Este plano resulta esencial para situar correctamente cualquier obra que se desee llevar a cabo, así como para elaborar cualquier proyecto técnico” (Franquet y Querol, 2010).

“Los levantamientos convencionales suelen llevarse a cabo mediante topografía clásica o bien mediante la aplicación de la fotogrametría” (Rey, 1999).

Además, Rincón et al. (2017), afirman que estas operaciones incluyen: “Selección del método de levantamiento, Elección del quipo a utilizar, Identificar y ubicar posibles vértices de apoyo, Realización de mediciones en terreno, Cálculo y procesamiento de datos; y elaboración de planos”.

### **4.5.3 Curvas de nivel**

Según Rey (1999), manifiesta que las “curvas de nivel, pueden definirse como Isopletas que, en un mapa, representan la línea de intersección de un determinado plano horizontal con la superficie del terreno”, es decir, son curvas que unen puntos del terreno con la misma altitud.

Por otro lado, se puede considerar el criterio de Navarro (2008), que, de forma práctica, las define como “líneas que, en un mapa, unen puntos de la misma altitud, por encima o por debajo de una superficie de referencia, que generalmente coincide con la línea del nivel del mar, y tiene el fin de mostrar el relieve de un terreno”.

Las curvas de nivel son líneas que resultan de la intersección entre el terreno y un conjunto de planos horizontales, y que indican las alturas respecto un plano horizontal de referencia. Las curvas de nivel que corresponden a un trazado correcto, deben cumplir las siguientes características: Todos los puntos que pertenecen a una misma curva de nivel deben tener la misma altura; toda curva de nivel es cerrada; dos curvas de nivel no pueden cortarse, pero pueden ser tangentes; se denomina equidistancia al espacio que separa dos curvas de nivel. (Ortega, 2015, p.251)

### **4.5.4 Clases de curvas de nivel**

**4.5.4.1 Curvas principales o directrices.** “Son aquellas curvas de equidistancia dibujadas a diferencia constante de altitud para facilitar la lectura y dar expresión de relieve al terreno. Se dibuja con línea gruesa continua” (Contreras, 2019).

**4.5.4.2 Curvas intermedias.** “Son aquellas que representan el valor unitario de variación constante de nivel entre las curvas contiguas. Se dibujan con un tipo de línea delgada y continua” (Norberto, 1984).

### **4.5.5 Escalas**

Universidad del Quindío (s.f.). indica que se denomina escala (E) a la relación que existe entre una longitud que es medida en un plano y su correspondiente longitud medida en el terreno. Matemáticamente se puede expresar con la siguiente fórmula:

$$E=P/T$$

#### **4.5.5.1 Tipos de Escalas. Las escalas según Universidad del Quindío (s.f.). son:**

**Escala numérica:** Para este tipo de escala existen dos clases: la escala verbal que presenta unidades como 1cm = 1km y la escala fraccionaria que no presenta unidades.

**Escala verbal:** Es la escala en donde se emplean las unidades para especificar, la relación que presenta entre las medidas realizadas en el terreno y sus correspondientes dibujadas en el plano.

**Escalas fraccionarias:** Es aquella que se presenta por medio de una fracción, que tiene como numerador una unidad, los ejemplos de ésta son 1/1000, 1/2000, 1/3300. Estas escalas se pueden leer como una unidad medida en el plano representa D (denominador de escala) unidades en el terreno.

**Escala gráfica:** Es una línea recta dividida en tramos que corresponden a cierto número de unidades de longitud en el terreno. Estas escalas nos son muy útiles ya que nos permiten conocer la longitud de una línea en un plano directamente sin tener que aplicar fórmulas como las que se vieron anteriormente y además cuando se reduce o se amplía un plano la escala gráfica sufre el mismo cambio o variación, quiere decir que se conserva la relación del plano y el terreno. (Santamaría y Sanz, 2005).

#### **4.6 Topografía y fotogrametría en explotaciones mineras a cielo abierto**

Según lo menciona García *et al.* (2017) la normativa medio-ambiental obliga al minero a prever y desarrollar una serie de medidas que minimicen el impacto de las labores mineras y que van a suponer nuevas modificaciones de la morfología del terreno.

Los trabajos topográficos en explotaciones de este tipo deben adecuarse al ritmo con que la minería moderna modifica el entorno en el que se asienta.

Se han considerado tres etapas distintas de la actividad minera. Conviene señalar que esta división es una simplificación de la realidad, ya que muchas de las tareas contempladas se extienden en el tiempo y coexisten con las de etapas posteriores. Estas etapas son las siguientes:

**Trabajos topográficos iniciales:** Consisten en el establecimiento de la infraestructura topográfica (redes de vértices) y en la elaboración de la cartografía inicial

de la zona afectada, necesaria para los distintos proyectos (explotación, restauración, instalaciones, etc.): Establecimiento de la red trigonométrica y levantamiento topográfico inicial.

**Trabajos topográficos de apoyo a la elaboración del proyecto de explotación:** Investigación geológica; Proyecto de explotación. Vertederos. Planes de restauración; proyectos de instalaciones, accesos, líneas eléctricas, etc.

**Trabajos topográficos durante la etapa de producción de la explotación:** Se trata de trabajos, con frecuencia sistemáticos, que posibilitan la marcha correcta de la explotación minera: Levantamiento de los avances de frentes de trabajo y vertederos. Marcaje de las separatrices entre mineral y estéril; marcaje de sondeos de control de leyes. Levantamiento y/o marcaje de barrenos de voladura; nivelación de plantas de trabajo como control de estabilidad de taludes y apoyo topográfico a los trabajos de restauración.

#### **4.6.1 Trabajos topográficos iniciales.**

García *et al.* (2017) define como trabajos topográficos iniciales a aquellos “Trabajos topográficos destinados a proporcionar las redes de apoyo y la cartografía necesaria para el desarrollo de las primeras fases de la actividad minera: exploración inicial, investigación geológica, adquisición de terrenos, etc., hasta la elaboración del proyecto de explotación”.

**4.6.1.1 Levantamiento inicial.** Las distintas fases del trabajo minero se apoyarán en planos a distintas escalas. En su caso, los planos y sus escalas deben elaborarse de acuerdo con la legislación vigente. Los siguientes valores se dan simplemente a título de referencia, ya que en la práctica puede haber variaciones importantes: Trabajos de exploración/investigación: escalas 1/10.000 a 1/2.500; proyecto de explotación: 1/5.000 a 1/1.000; planes de restauración: 1/10.000 a 1/2.500; otros proyectos: 1/1.000 a 1/200. Incluye infraestructuras, instalaciones, accesos y, eventualmente, algunas fases del plan de restauración.

La escala determinante suele ser la del proyecto de explotación y, por tanto, esta será la que hay que tener en cuenta a la hora de planificar el levantamiento. Otros proyectos pueden necesitar planos a escalas mayores, que suelen ser objeto de levantamientos específicos.

Una forma apropiada de realizar el levantamiento inicial es, por supuesto, el empleo de fotogrametría aérea. (García *et al.* 2017)

#### **4.6.2 Trabajos topográficos en la fase de proyecto**

“En este apartado agrupamos todos los trabajos topográficos de apoyo a las fases de investigación geológica, elaboración del proyecto de explotación, vertederos de estériles, plan de restauración, proyectos de instalaciones, accesos, líneas eléctricas, etc.” (García *et al.* 2017).

**4.6.2.1 Apoyo a la investigación geológica.** Según los primeros estudios geológicos (escalas 1/10.000 a 1/2.500) y con apoyo de la cartografía inicial, se diseña la malla de sondeos de investigación, definiendo sus dimensiones y su orientación.

Una vez finalizada la campaña se elabora una cartografía geológica local, completada por el levantamiento de fallas, afloramientos, etc. Finalmente se realiza un modelo geológico tridimensional, integrando toda la información geológica y topográfica. Este modelo se materializa en una serie de secciones paralelas y equidistantes, que pueden ser horizontales y/o verticales. (García *et al.* 2017)

**4.6.2.2 Modelización y diseño de la explotación.** La siguiente fase consiste en la elaboración de un modelo completo del yacimiento, integrando la información geológica, análisis de muestras de sondeos, tests mineralúrgicos y otros datos de interés, además de la información topográfica.

La tendencia actual es utilizar modelos numéricos (o discretizados) dividiendo el yacimiento en bloques de base cuadrada o rectangular y de altura igual a la de banco, definidos por las coordenadas espaciales de sus centros y cuyos parámetros (leyes, leyes recuperables, potencias, etc.) se estiman, a partir de la información de los sondeos, por procedimientos matemáticos o geomatemáticos con ayuda del ordenador. Las dimensiones y la orientación de la malla de bloques dependerán de las de la malla de sondeos y de las características del yacimiento (tamaño, continuidad, etc. de los cuerpos mineralizados).

Con modelos de este tipo resulta muy adecuado disponer de la topografía superficial en un formato similar, lo que nos lleva a la elaboración de un modelo digital del terreno (DTM o MDT) basado en una red de puntos que coincidirá, en planta, con la de bloques del modelo del yacimiento o será un submúltiplo de ella. (García *et al.* 2017).

En la tabla 2 García *et al.* (2017), resume el modelo topográfico requerido conforme el modelo del yacimiento.

**Tabla 2.** Modelos de explotación

Modelo del yacimiento	Modelo topográfico
Morfológico	Continuo (curvas de nivel)
Numérico	Numérico (DTM)

**Nota:** Tomado de García *et al.* (2017)

Normalmente, las direcciones del DTM y las de la red de bloques se harán coincidir con las direcciones principales de la malla de sondeos de investigación. En esta etapa es frecuente trabajar en coordenadas locales, con ejes cartesianos paralelos a estas direcciones principales. (García *et al.* 2017)

**4.6.2.3 Proyectos de instalaciones, accesos, transportes, líneas eléctricas.** Se trata de proyectos puntuales, aunque, con frecuencia, de gran envergadura. Se apoyan en levantamientos topográficos a distintas escalas e implican a técnicos de distintas especialidades, según su naturaleza. Puede tratarse de instalaciones nuevas o de modificación de otras ya existentes. (García *et al.* 2017)

#### **4.7 Levantamiento topográfico con Dron.**

Los drones han supuesto una revolución en el trabajo topográfico. En primer lugar, por la importante reducción de costes que suponen. Esto ha permitido, que proyectos que no eran viables por su elevado coste hoy se puedan realizar sin problemas. Esta tecnología además permite capturar un mayor número de puntos para realizar planimetrías. El levantamiento topográfico que se consigue con ellos aporta mucha más información gráfica y real que un levantamiento topográfico tradicional, gracias a sus cámaras de última generación. Y como con un dron se puede llegar a zonas de difícil acceso o incluso inaccesibles, se amplía el conocimiento del lugar y de los alrededores, con lo que conseguimos mayor información. (Aerial Insights, 2018, como se cita en Machado, y Pertúz, 2020)

##### **4.7.1 Ventajas del levantamiento topográfico con drones**

Según Machado, y Pertúz, (2020) esta tecnología presenta muchas más ventajas: Se incrementa la productividad al tiempo que se reduce considerablemente de coste por hectárea; reducción de tiempos en la ejecución de los trabajos. En muchos casos, se tendrá acceso a los resultados el mismo día del vuelo; se obtienen precisiones centimétricas en cualquier parte del área sobrevolada, no solo en los puntos en los que se ha centrado el encargo; se tiene control fino sobre el nivel de precisión de los resultados. Es decir, cuando no es necesaria máxima precisión, es posible disminuir el esfuerzo requerido en la captura y tratamiento de datos; Disponibilidad, sin suplementos

ni costes extra, de múltiples resultados: ortofotos, mapas de elevación, nubes de puntos, curvas de contorno y reconstrucciones 3D. Cada profesional decide qué tipo de representación es la más adecuada; Acceso ilimitado a herramientas de medida de precisión, online, sin requerir costosas estaciones de trabajo o software GIS/CAD; Por último, pero muy importante: No hay necesidad de exponer trabajadores a entornos peligrosos: carreteras transitadas, zonas inaccesibles o con orografía escarpada

#### **4.7.2 Precisión de levantamientos con drones.**

Según Machad, y Pertúz, (2020) la experiencia nos ha enseñado, que los drones, más que una tecnología que sustituye, representa una tecnología que complementa. Sin duda alguna, es necesario evaluar el tipo de proyecto previo al levantamiento, y definir las características tanto del dron, como del plan de vuelo, para alcanzar los resultados esperados.

En los levantamientos fotogramétricos con drones, la precisión estará siempre definida por una serie de factores, dentro de los cuales los de mayor importancia son los siguientes como lo menciona Machado y Pertúz, (2020):

**Puntos de Apoyo Terrestre:** Es indispensable la colocación de puntos de apoyo terrestre, así como el número y la ubicación adecuada de estos. Los puntos de apoyo pueden ser levantados con estación total o con receptores GNSS y RTK. Cuanto mejor sea el equipo y método de captación de la información, mayor precisión tendremos en el apoyo terrestre. Dependiendo del equipo utilizado, estos puntos pueden llegar a ser de precisión milimétrica. Sin embargo, la precisión final de un levantamiento con dron está limitada por el tamaño de pixel del sensor que va montado en el dron, es decir, de la cámara. Lo que nos lleva al siguiente punto. (González, 2015, como se cita en Machado, y Pertúz, 2020)

**Tamaño de pixel (GSD):** A pesar de que los puntos de apoyo terrestre puedan ser milimétricos, la resolución final está limitada por un concepto denominado Ground Sample Distance (GSD). El GSD se relaciona con la altura de vuelo, la distancia focal, la resolución de la cámara, entre otros. (García, 2018, como se cita en Machado, y Pertúz, 2020)

**Capacidad del sensor:** De cualquier manera, el tamaño de pixel será el que defina la máxima resolución final. Actualmente los drones más comunes como los Phantom 4 PRO de DJI, que cuentan con un sensor de 20 megapíxeles, alcanzan una resolución de

2 cm de tamaño de pixel. Otros drones como el wingtra, cuenta con un sensor de 42 megapíxeles. Esto le permite alcanzar una 35 resolución de 1cm de tamaño de pixel a la altura de vuelo adecuada. (GEODRONES, 2020, como se cita en Machado y Pertúz, 2020)

**Altura de Vuelo:** Como ya se mencionó, la altura de vuelo es uno de los factores clave para alcanzar una máxima precisión. Sin embargo, es importante analizar las necesidades del proyecto, ya que en ocasiones es más importante eficientar tiempos de vuelo que generar una máxima precisión. Una gran precisión, conlleva una gran cantidad de información para el procesamiento. (GEODRONES, 2020, como se cita en Machado y Pertúz, 2020).

#### 4.8 Modelos digitales de terreno

En el trabajo pionero de Miller y Laflamme (1958, como se cita en Felicísimo, 1994) se establecen los primeros principios del uso de los modelos digitales para el tratamiento de problemas tecnológicos, científicos y militares. La definición del MDT que se menciona en sus trabajos es “una representación estadística de la superficie continua del terreno, mediante un número elevado de puntos selectos con coordenadas (x, y, z) conocidas, en un sistema de coordenadas arbitrarias”.

Lisle *et al* (2011), mencionan que los modelos de paisaje por computadora se conocen como Modelos Digitales de Terreno (DTM) o Modelos Digitales de Elevación (DEM); son aproximaciones matemáticas de la compleja superficie topográfica 3D de un área de estudio determinada. Los geólogos utilizan los modelos de terreno para:

**Crear una "imagen" detallada del paisaje del área de estudio como ayuda para el reconocimiento antes del programa de campo.** Las técnicas de análisis del terreno también se pueden utilizar, por ejemplo, para calcular de forma remota secciones transversales topográficas o mapas de ángulos de pendiente.

**Producir un mapa base preciso para el mapeo de campo.** - Ayude a crear visualizaciones de paisajes en 3D. El mapa geológico final se puede colocar sobre el modelo de paisaje 3D para mostrar las relaciones entre estructuras geológicas, litologías y morfología del paisaje.

**Ayudar en estudios tectónicos / isostáticos** globales, midiendo movimientos de tierra a gran escala como consecuencia de levantamientos tectónicos regionales o terremotos

## 4.9 Cálculo de Reservas

### 4.9.1 Métodos de evaluación.

Según Bustillo y López (1997, como se cita en Guamán, 2021) 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 geoestadísticos.** - 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.

Es importante mencionar que para el cálculo de las reservas en áridos cuando el espesor es variable, existen varias técnicas a las que se puede acudir para la evaluación siendo así que se cita a Explora Geología (2010, como se cita en Benavides, 2016), en su estudio sobre áridos: Geología, legislación, medio ambiente, normativa, explotación y tratamiento, donde expresa algunos métodos:

**4.9.1.1 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. Las reservas se pueden calcular multiplicando el área en cada sección por la equidistancia entre estas y sumando a continuación los volúmenes obtenidos.

$$VT = \sum A_i \times L_i$$

**Donde:**

**VT=** Volumen total de áridos y pétreos (m<sup>3</sup>)

**A<sub>i</sub>=** Área del depósito en la sección S<sub>i</sub> (m<sup>2</sup>)

**L<sub>i</sub>=** Espesor del bloque representado por la sección S<sub>i</sub> (m).

**4.9.1.2 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, mediante la realización de la semisuma de superficies, siendo el volumen total la sumatoria de los volúmenes parciales.

$$V_p = ((S_s + S_i)/2) * E \quad V_t = \Sigma V_{pi}$$

**Donde:**

**V<sub>p</sub>**= Volumen entre curvas

**S<sub>s</sub>**= Superficie curva superior

**S<sub>i</sub>**= Superficie curva inferior

**E**= Equidistancia

**V<sub>t</sub>**= Volumen total

**4.9.1.3 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, se promedian todas las diferencias, y se multiplica por la superficie

$$V = S_b * ((h_1 + h_2 + h_3) / 3)$$

$$V_t = S_b(\Sigma h/n)$$

**Donde:**

**V<sub>t</sub>**= Volumen

**S<sub>b</sub>**= Superficie

**Σh**= Sumatoria de las alturas

**n**= Número de puntos

**4.9.1.4 Método de triangulación.** Se basa en unir los sondeos o datos puntuales mediante rectas, formando un mallado triangular. Cada triangulo 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.

**4.9.1.5 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 intersectado por el sondeo.

**4.9.1.6 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.

**4.9.2 Clasificación de los métodos o sistemas de explotación aplicables a yacimientos que se encuentran cerca de la superficie.**

En la tabla 2 se muestra una clasificación de la minería a cielo abierto, mostrándose información en base a las características del yacimiento.

**Tabla 3.** Clasificación de los métodos de minería superficial

Forma (Inclinación)	Características del yacimiento	Relación de desmonte	Excavación		Método de minado
			Manejo de Residuos	excavación	
Tabular	Superficial	Bajo	In Situ	Hidráulica, scoop, túneles,	Placeres – sluices - Dragas de succión - profundización
	En superficie	Moderado	Echadero	Scoop, túneles, altos explosivos	Contorno en la cumbre de una montaña
	Moderado	Moderado (eliminar colgando)	Necesita muro alto	Taladro	Barreno
	Inclinado	Profundo	Alto (quitepared colgante y pie las paredes)	Arrastre (Para transportar mineral)	explosivos
Masivos	Rangos	Depende de la profundidad	Arrastre (Para transportar mineral)		Open pit

**Nota:** Tomado de Seguridad Minera (2013)

Según Seguridad Minera, (2013, como se cita en Darling, 1989) la explotación de canteras parece ser anómala debido a: Relativamente pendientes más pronunciadas (pozo); Medios especializados de excavación y manipulación; y Menor cantidad crítica de la sobrecarga.

“La minería “Glory Hole” hace una reaparición en minas a cielo abierto muy profundas con elevación inclinada. La parte inferior del pozo de alimentación en trituradoras y un sistema de comunicación, que transporta el material a la deriva a través de una superficie horizontal o inclinada” (Seguridad Minera, 2013 como se cita en Darling, 1989).

En contraste con la clasificación subterránea, la superficie no está formada hacia el interior de la tierra. Esto se debe a la profundidad y por lo tanto la técnica de excavación, manejo de mineral estéril, y relación de desbroce están relacionados a la geometría del depósito particularmente a la inclinación de la veta. Es importante recalcar que la

clasificación anterior, no reconoce esta relación. (Hartman 1987; Lewis y Clark 1964; Morrison y Russell 1973; Stout 1980, Thomas 1973 como se cita en Seguridad Minera, 2013).

**Métodos en Minería de Superficie.** En Minería de Superficie, se utilizan cuatro métodos o alternativas de explotación según (Piña s.f.), que son:

**Tajo abierto (Open Cut).** El método de Tajo abierto (open cut); se utiliza en aquellos yacimientos que se encuentran en forma de bolsada y en vetas inclinadas, en zonas cuya topografía es bastante irregular (cerros).

**Fosa abierta (Open Pit).** El método de fosa abierta (open pit), se utiliza también como en el caso anterior, en yacimientos en forma bolsada y en vetas inclinadas, pero en zonas cuya topografía es bastante suave, tipo planicies.

**Explotación en tiras (Stripping mine).** El método de explotación en tiras (stripping mine), se utiliza en aquellos yacimientos que se encuentran en capas o vetas horizontales, en los cuales, primero se remueve o desmonta el recubrimiento por el método de tiras (niveles o bancos de explotación). Una vez despejada la capa o veta mineralizada, se comienza su explotación por este mismo método.

**Combinado (Glory Hole).** El método combinado (glory hole), se utiliza en aquellos yacimientos que se encuentran aflorando en zonas cuya topografía presenta relieves muy pronunciados; cerros casi verticales, donde se hace difícil el ataque al yacimiento por los métodos de Minería de Superficie, utilizando para ello, pozos y galerías (Minería Subterránea) que sirven de acceso al yacimiento y para descarga y transporte del mineral.

#### **4.9.3 Métodos de minería de superficie**

Según Piña (s.f.) la clasificación de los métodos empleados en minería a cielo abierto son 2: La extracción mecánica y la extracción hidráulica o con empleo de agua

En algunos países, las restricciones ambientales limitan la aplicación de agua como instrumento de explotación para yacimientos a cielo abierto.

**4.9.3.1 Métodos de extracción mecánica.** Según indica Herrera (2006) la extracción mecánica emplea procedimientos mecánicos en ambientes naturales nominalmente secos para la explotación de minerales de la corteza terrestre. Entre los métodos que se encuentra en esta denominación tenemos los siguientes:

**Minería a fosa abierta (Open pit mining)**, los depósitos potentes son generalmente minados en bancos o escalones, mientras que para los depósitos delgados éstos pueden ser minados en una sola fase, como en los casos de las canteras (quarrying) de rocas ornamentales, barrenadoras (augering) o en el método open cast mining.

**Minería de remoción-depositación cercana (Open cast [o strip] mining)**, el recubrimiento es removido, usualmente a un sitio cercano en donde ya se ha minado el mineral y el mismo (generalmente carbón) es recuperado en operaciones sucesivas.

**La minería de fosa abierta (open pit) o de remoción-depositación cercana (open cast)** se utiliza para explotar depósitos minerales cercanos a la superficie, que tengan relativamente baja relación de remoción, largos en extensión y de valor razonablemente uniforme. Estos métodos requieren una gran inversión de capital pero resultan de una gran productividad, bajos costos de operación y con “buenas” condiciones de seguridad.

**Canteras (quarrying)**, es un método altamente especializado que pretende extraer un producto con unas características específicas, de modo lento y a pequeña escala.

**Barrenadora (augering)**, es utilizado para la recuperación y minado de carbón de una pared alta en el talud final (pit limit), siendo un método más especializado y de menor costo.

En los casos de los métodos de fosa abierta (open pit) y de remoción-depositación cercana (open cast) emplean el ciclo convencional de minería para la extracción de mineral: arranque de la roca, usualmente por perforación y voladura, seguido de la carga de material por equipos de carga y excavación.

La cantera (quarrying) y barrenadora (augering) son especializados y frecuentemente utilizados en métodos donde el arranque está sustituido por los mencionados anteriormente y el uso de explosivos está eliminado. (Piña, s.f.)

**4.9.3.2 Métodos de extracción hidráulica.** Los métodos de extracción hidráulica según Piña (s.f.) son aquellos que se emplean con el uso del agua o sobre cuerpos de agua durante el proceso minero y que el proceso de recuperación del mineral se hace mediante chorros de agua, mezcla, disolución o ablandamiento. Estos métodos se agrupan en dos (2) subclases: Métodos relacionados con minería de placer, y Métodos de minado por disoluciones.

**4.9.3.2.1 Minería de placeres.** se utilizan estos métodos para explotar depósitos minerales que son poco cohesivos o no consolidados, tales como las arenas y gravas o aluviones que

contienen considerable cantidad de minerales pesados en estado libre. El oro nativo y el platino, diamantes, estaño en casiterita, titanio como rutilo e ilmenita son algunos minerales que podemos encontrar en placeres. Hay dos formas históricas de minería hidráulica que se han modernizado con el paso del tiempo: minería hidráulica (hydraulicking) que utiliza agua a grandes presiones para potenciar la erosión, disgregación y colapso de taludes de material poco cohesionado; y dragado (dredging) es la extracción de menas de forma mecánica o hidráulica, normalmente en balsas flotantes. (Piña, s.f.)

4.9.3.2.2 **Minería por disolución.** En estos métodos están incluidos en las técnicas in situ y las de superficie. Ejemplos de este tipo de explotaciones son llevadas a cabo en pozos de sal, disolución de uranio y el proceso Frasch para extraer azufre. Las técnicas en superficie implican el uso de solventes lixiviantes para menas con importantes concentraciones de mineral de interés (apilados o cargados o en una matriz insoluble o rocas acumuladas). La minería por medio de la formación de soluciones se emplea para yacimientos de pequeño tamaño, que en algunos casos pudiera ser híbrido.

El proceso Frasch consiste en tres tubos concéntricos que se introducen en el depósito de sulfuros. Se inyecta agua supercaliente (165°C) por el tubo exterior y por el tubo interior sube el azufre disuelto a 115°C. La presión producida en los tubos es lo que ayuda a subir a la superficie la solución. (Piña, s.f.)

#### **4.10 Métodos mineros y sistemas de explotación a Cielo Abierto**

Herrera (2006) manifiesta que: Por las lógicas y naturales diferencias que imponen sus características estructurales y sus aplicaciones, se pueden varias clases de materiales que darán lugar a una primera selección de los submétodos clásicos de la minería a cielo abierto (MCA): cortas, transferencia, descubiertas, terrazas, contorno, canteras, graveras, minería hidráulica, lixiviación, especiales o mixtos.

##### **4.10.1 Cortas**

En yacimientos masivos o de capas inclinadas, la explotación se lleva a cabo tridimensionalmente por banqueo descendente, con secciones verticales en forma troncocónica. Estos métodos son los tradicionales de la 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 unas plataformas de trabajo mínimas para que operen los equipos a su máximo rendimiento y en condiciones de seguridad. Las pistas de transporte se adaptan a los taludes finales, o en actividad, permitiendo el acceso a diferentes cotas. La profundidad de estas explotaciones suele ser grande, llegándose en algunos casos a superar los 300 m. Salvo en los yacimientos con una gran corrida, como sucede con los de carbón, las posibilidades de relleno de hueco con los propios estériles son escasas. Por ello es siempre necesario crear depósitos exteriores para albergar esos materiales. La vida de estas explotaciones suele ser grande, por lo general superior a los 15 o 20 años, al menos en la minería metálica, existiendo algunas explotaciones bien conocidas que han trabajado durante más de un siglo. En cuanto a las cortas de carbón, cuya apertura tuvo lugar, en la mayoría de los casos, a mediados de los años 70, suele ser viable la transferencia de los estériles a los huecos creados, pues los yacimientos son, como ya se ha indicado, alargados y, una vez alcanzada la fase de hueco inicial en un extremo del depósito, es factible efectuar el autorrelleno. (Herrera, 2006)

#### **4.10.2 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. Después de realizar la excavación del primer módulo o hueco inicial, el estéril de los siguientes es vertido en el propio hueco de las fases anteriores, de ahí que sea, por naturaleza, el más representativo de los métodos de transferencia. La maquinaria que se utiliza depende del volumen de reservas extraíbles, siendo en las grandes minas de frecuente aplicación las dragalinas y, en las pequeñas, si no se justifican las fuertes inversiones en maquinaria, los equipos convencionales como los tractores de orugas, las excavadoras hidráulicas, las palas cargadoras, etc. (Herrera, 2006)

### **4.10.3 Terrazas**

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 último nivel mineralizado que se explotará. Al igual que sucede con los métodos de descubierta y tal como se ha indicado, se efectúa un autorrelleno del hueco creado, por lo que, desde el punto de vista de la restauración de los terrenos, las posibilidades de actuación son grandes. Los equipos y sistemas mineros que se utilizan son muy variados, desde los totalmente discontinuos con equipos 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. (Herrera, 2006)

### **4.10.4 Contorno**

En yacimientos de carbón con capas tumbadas, de reducida potencia y topografía generalmente desfavorable, se aplican los métodos conocidos bajo la denominación de minería de contorno. Consisten en la excavación del estéril y del mineral en sentido transversal al afloramiento, hasta alcanzar el límite económico, dejando un talud de banco único y progresión longitudinal siguiendo el citado afloramiento. Dado el gran desarrollo de estas explotaciones y la escasa profundidad de los huecos, es posible realizar una transferencia de los estériles para la posterior recuperación de los terrenos. La maquinaria que se utiliza suele ser del tipo convencional, accionada por motores diesel.

El relleno de los huecos suele efectuarse una vez que se haya alcanzado una situación que permita el vertido dentro de la explotación. (Herrera, 2006)

### **4.10.5 Canteras**

Canteras según Herrera (2006) es el término genérico que se utiliza para referirse a las explotaciones de rocas industriales, ornamentales y de materiales de construcción. Constituyen, con mucho, el sector más importante en cuanto a número, ya que desde muy antiguo se han venido explotando para la extracción y abastecimiento de materias primas con uso final en la construcción y en obras de infraestructura. Antiguamente, debido al valor relativamente

pequeño que tenían los materiales extraídos, las canteras se situaban muy cercanas a los centros de consumo y poseían unas dimensiones generalmente reducidas.

Hoy día la situación es muy diferente, como se verá más adelante. 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-uno 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, a la fabricación de productos industriales, etc. En este tipo de explotación se dan canteras donde la extracción no es cuidadosa y se dan grandes alturas de banco.

El segundo, dedicado a la explotación cuidadosa de grandes bloques paralelepíedicos, que posteriormente se cortan y elaboran. Estas explotaciones se caracterizan por el gran número de bancos que se abren para arrancar los bloques y la maquinaria especial con la que se obtienen planos de corte limpios.

#### **4.10.6 Graveras**

Los materiales detríticos, como son las arenas y las gravas, albergados en los depósitos de 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 explotaciones suelen llevarse a cabo en un solo banco, con una profundidad inferior, por lo general, a los 20 m.

Cuando las formaciones se encuentran en niveles altos, se utilizan equipos convencionales, como son las palas cargadoras de ruedas y los volquetes. Sin embargo, es frecuente que los materiales se presenten en contacto con el subalveo o los acuíferos infrayacentes, empleándose entonces otros equipos mineros como son las dragas, las dragalinas o las raspas, dando lugar a la posterior formación de lagunas. (Herrera, 2006)

#### **4.10.7 Minería hidráulica. Dragado**

En mineralizaciones especiales, como son las metálicas de oro, casiterita, etc, etc., contenidas en aluviones, resulta interesante la aplicación del método del dragado, inundando previamente la zona de explotación. Este método es económico cuando la propia agua de inundación se utiliza en el proceso de concentración, como ocurre con la separación gravimétrica. Las dragas, además del sistema de extracción que utilicen

(cangilones, cabezas de corte, etc.), pueden llegar a incorporar la propia planta de tratamiento sobre la plataforma (cribas, ciclones, jigs, etc.), con capacidad para tratar grandes volúmenes de material, y un sistema de evacuación de estériles a la zona ya explotada. No obstante, hoy día es más frecuente observar que draga y planta son flotantes pero están separadas entre sí y conectadas por una tubería por medio de la cual la draga bombea el material extraído a la planta. (Herrera, 2006)

#### **4.10.8 *Disolución y lixiviación***

Algunos yacimientos de sales, como por ejemplo la glauberita, la thenardita, etc., se explotan procediendo primero a la descubierta del estéril superficial para después fragmentar el mineral mediante voladuras y, seguidamente, efectuar su disolución mediante la circulación de agua caliente, que es recuperada como una salmuera mediante un sistema de tuberías y bombas que la llevan hasta la planta de mineralurgia en la que se encuentran unos cristalizadores que permiten obtener el producto final. Por su parte, la lixiviación consiste en la extracción química de los metales o minerales contenidos en un depósito. El proceso es fundamentalmente químico, pero puede ser también bacteriológico (ciertas bacterias aceleran las reacciones de lixiviación de metales sulfurosos). Si la extracción se realiza sin extraer el mineral, se habla entonces de “lixiviación insitu”, mientras que si el mineral se arranca, transporta y deposita en un lugar adecuado, el método se denomina “lixiviación en heras” o “lixiviación en pilas” según corresponda. Una variante consiste en tratar el mineral, después de su molienda, en tanques que disponen de agitadores, conociéndose el procedimiento como “lixiviación dinámica”. (Herrera, 2006)

#### **4.10.9 *Especiales o mixtos***

Los métodos especiales o mixtos, se refieren a aquellas explotaciones que se llevan a cabo combinando labores de superficie con labores subterráneas, como es el caso de la denominada minería “auger”, en la que después de haber efectuado la extracción parcial del mineral no explotable económicamente a cielo abierto mediante la utilización de equipos especiales que, situados en superficie, efectúan el arranque y transporte hasta el exterior. (Herrera, 2006)

#### **4.11 *Sistemas de explotación para graveras***

Los materiales detríticos, como las arenas y gravas, albergados en los depósitos de valle y terrazas de los ríos se encuentran poco cohesionados, por lo que las labores de

arranque se efectúan directamente con equipos mecánicos. Según la Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos (ANEFA 2012), los sistemas de explotación clásicos son:

#### **4.11.1 Explotaciones secas**

Consiste en excavaciones tridimensionales por banqueo ascendente o descendente hasta alcanzar el fondo previsto o lecho del depósito de arenas y gravas. Dependiendo de la profundidad, el avance se realiza con un frente único o escalonado, constituido en este caso por varios bancos. La maquinaria que se emplea es la típica de cualquier explotación a cielo abierto, para el arranque, carga y transporte del material.

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. (ANEFA como se cita en Benavides, 2016)

#### **4.11.2 Explotaciones bajo lámina de agua**

Las graveras en las que el nivel freático se encuentra muy próximo a la superficie, o a una cierta profundidad cuando el paquete productivo es de gran potencia, suelen explotarse total o parcialmente bajo una lámina de agua. El método aplicado es similar al del grupo anterior, con la diferencia de que en la mayoría de los casos se lleva un solo banco, con una altura igual a la de la profundidad del hueco inundado. 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 mineros.

Habitualmente, se precisan equipos distintos a cuando se opera en condiciones secas, siendo los más comunes: Dragalinas, cucharas de arrastre, excavadoras.

El principal inconveniente estriba en la falta de visión sobre los materiales que se extraen, y consecuentemente las pérdidas o contaminación de dichos materiales por arcillas y limos mineros. (ANEFA 2013)

#### **4.11.3 Explotaciones con rebajamiento del nivel freático**

En 2013, ANEFA indica que este método se basa en la depresión del nivel freático mediante una de las siguientes variantes: Conjunto de pozos de bombeo perimetrales al área de explotación, red de zanjas excavadas por debajo del nivel de extracción y pantallas de impermeabilización.

En cualquiera de las alternativas es preciso disponer de un equipo de bombas para mantener el nivel del agua a la altura deseada. El sistema más empleado, consiste en la excavación de una red de zanjas rodeando la explotación. En una primera etapa se profundiza hasta el alcance máximo del equipo utilizado, comúnmente una retroexcavadora mineros.

A continuación, desde el punto más bajo de la red de zanjas perimetrales, se bombea el agua recogida, extrayéndose en seco el material granular drenado hasta alcanzar el nivel de la zanja. En fases posteriores se efectúa una nueva profundización de las zanjas y la consiguiente extracción, hasta llegar al lecho en el que se apoyan las gravas, que en la mayoría de los casos es impermeable. (ANEFA, 2013)

Las principales ventajas que presenta este método como indica Herrera, (2006) son: Menor superficie afectada por la actividad de extracción de áridos; Mejores condiciones de trabajo de los equipos convencionales de extracción al estar el material drenado; Mayor precisión en la extracción, al poderse ver el contacto entre materiales de diferentes características; Mejor aprovechamiento del depósito al poderse observar el fondo del yacimiento.

Por lo contrario, los inconvenientes más destacables que conlleva conforme menciona Herrera, (2006) son: Inversión en equipos de bombeo y red de captación del agua, zanjas o pozos; Coste de extracción del agua durante la operación; Problemas de vertido y control de un gran caudal de agua a un cauce próximo o a huecos excavados anteriormente, con el riesgo de retorno del agua hacia el área de trabajo por filtración a través del propio acuífero.

#### ***4.11.4 Explotaciones por diques transversales***

Mojica y Manrique (2008) en su estudio “Diques Transversales: Método de explotación minero – ambiental, diseñaron el método de explotación por Diques transversales, que es un método de explotación utilizado en la extracción de materiales de arrastre en el lecho y riberas de los ríos, que utiliza lo mínimo en recursos económicos proporcionando una mejor armonía con el medio ambiente. Los principales beneficios del método de explotación por diques transversales son: Un incremento significativo en la producción de material de arrastre depositado por el río (gravas, cantos y arena); Una reducción sustancial en los costos para la extracción del material; Mitigación de impactos ambientales en el lecho y ribera del río.

El método requiere de herramientas para su construcción y posterior extracción del material. Estas herramientas son, entre otras: Retroexcavadora con capacidad de balde de 1.5m<sup>3</sup>; Volquetas para el cargue y acarreo del material con capacidad de 5m<sup>3</sup>; Herramientas manuales como picos y palas; El diseño de los diques transversales depende del caudal presente en el río, de los cuales existen tres clases según Briones (1997, como se cita en Mojica y Manrique, 2008).

**Caudal de estiaje o caudal mínimo:** este caudal obedece a periodos largos de sequía y corre por un canal que se denomina canal de estiaje.

**Caudal normal o caudales medios:** corresponde a condiciones climáticas tipo de la cuenca. Su caudal de recorrido toma el nombre de lecho natural y su capacidad es para las crecidas normales periódicas.

**Caudales extraordinarios:** son aquellos que rebasan el canal normal de crecida, transcurren por la llanura de inundación que en muchos lugares de nuestro territorio está siendo ocupado por la población y por cultivos agrícolas.

Para cada uno de estos caudales, existe una clase diferente de dique, el cual varía en su materia prima; los hay de madera, ideales para los ríos con caudal de estiaje o mínimo; de gaviones para caudales normales y en concreto para los extraordinarios. El diseño de los diques es similar, 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 y distanciados cada 50 metros, con el fin de retener el material conducido por la corriente, este método para la extracción del material de arrastre, es apropiado porque no altera el lecho ni las riberas del río. (Mojica y Manrique, 2008)

#### ***4.11.5 Explotaciones por diques longitudinales***

El sistema de diques es un método muy conocido en el campo de los materiales de arrastre el principal beneficio de este método es de igual manera que el anterior la buena producción que se puede obtener la reclamación económica de este como parte negativa es que en caso contrario es que el anterior el impacto ambiental que genera es mayor ya que el líquido longitudinal debe seguir a lo largo del río como su nombre lo indica.

Los diques longitudinales están compuestos por una serie de materiales que están compactados según el caudal que pasa el río, se diagnosticara el material con el que se va a ser construido el mismo. En este tipo de construcciones se necesitan materiales con

suficientes restricciones para que pueda sostener por sí mismo una carga fuerte como lo del caudal.

Además, deberá también sostener el peso de la máquina lo cual Ingresar a al río por el dique para poder extraer el material mediante arrastre y así quede crear pozos con el paso del tiempo querían relleno por la capacidad de arrastre con la que tenía el río. Pardo J. (2022).

#### **4.11.6 Extracción paralela con pala hidráulica o retroexcavador**

Este método consiste en la extracción directa de material del lecho mayor a un solo banco, mediante tajos lineales laterales al río. Generalmente este método se usa en la zona seca del cauce o donde la profundidad sea menor, trabajando parcialmente bajo agua. Espinoza J. (2019 cita a UICN, 2009).

El diseño de los tajos obedece a la geometría del cauce, con una profundidad de excavación por encima de la línea del thalweg. Para la ejecución de este método primeramente se realiza el destape y preparación del área del tajo (si lo es necesario), que consiste en el desbroce de la vegetación y/o remoción de estériles, como: sobre tamaños o restos vegetales. Descubierta el depósito, la extracción de material se realiza directamente, realizando la doble función de arranque y carga con avance en frente único y en secuencia lateral.

Para el arranque y carga de material se debe contar con retroexcavadoras o excavadoras. Y para el transporte se debe contar con: volquetas y una red de caminos temporales paralelos a la excavación.

Las ventajas de este método son: Favorece la extracción por capas alcanzando el fondo previsto; Posee una alta producción de material pétreo a diferencia de otros métodos; Doble función de arranque y carga de material.

En cambio, sus desventajas son: La excavación por tajos puede modificar la pendiente longitudinal del lecho, causando la propagación de la incisión aguas arriba y aguas abajo del tajo (fenómeno conocido como erosión remontante), ya que posee bajo control sobre la profundidad de excavación. Espinoza J. (2019).

### **4.12 Operaciones básicas de extracción de áridos**

#### **4.12.1 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. (ExploraGeología, 2010, como se cita en Benavides, 2016)

#### **4.12.2 Arranque**

Consiste en separar los materiales del terreno del que forman parte. Puede realizarse directamente mediante equipos excavadores adecuados (retroexcavadoras, mototrillas, bulldozers o dragas, cuando se realiza bajo lámina de agua), o utilizando explosivos, cuando el macizo rocoso no permite el arranque directo. Cuando se hace uso de explosivos, el arranque se descompone en las fases de perforación y voladura. Estas perforaciones se cargan con el explosivo necesario para conseguir la fragmentación del macizo rocoso tras la voladura. ExploraGeología, (2010, como se cita en Benavides, 2016).

#### **4.12.3 Carga**

“En este proceso los materiales en bruto se cargan en equipos de transporte. La maquinaria más comúnmente utilizada para realizar esta tarea son las retroexcavadoras y las palas cargadoras, dependiendo de la magnitud de los trabajos” (Construcciónchilena, 2015).

#### **4.12.4 Transporte y vertido**

La retirada de materiales de la zona de extracción para llevarlo según el caso al vertedero (los estériles), a la planta de transformación o directamente a la obra en el caso de - 30 - productos en bruto se realiza en la mayoría de los casos con camiones (dumper, doble carro y bañeras), aunque también se utilizan mototrillas, que realizan todo el proceso de arranque, transporte y vertido, y cintas transportadoras.

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 mototrillas.

**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.  
(Construcciónchilena, 2015).

#### **4.12.5 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. (Luaces, 2010)

#### **4.13 Marco Legal**

Considerando la Ley 45 de 2018 en el artículo sin número sobre la capacidad de producción para materiales de construcción se indica lo siguiente:

**Art. ...- Capacidad de producción bajo el régimen de pequeña minería.** - En dependencia del grado de concentración de los minerales en los yacimientos y en función de la forma como se encuentre distribuida la mineralización, así como de los métodos de explotación y/o procesamientos técnicamente seleccionados para su aprovechamiento racional, se establecen las (sic) siguientes rangos de producción para cada operador:

- a) Para minerales metálicos: hasta 300 toneladas por día en minería subterránea; hasta 1000 toneladas por día en minería a cielo abierto; y, hasta 1500 metros cúbicos por día en minería aluvial;
- b) Para minerales no metálicos: hasta 1000 toneladas por día; y,
- c) Para materiales de construcción: hasta 800 metros cúbicos para minería en terrazas aluviales; y, 500 toneladas métricas por día en minería a cielo abierto en roca dura (cantera).

Dentro de este régimen, en cada área minera podrá realizarse una o más operaciones mineras, por parte de su titular o de sus operadores legalmente facultados

para así hacerlo, en tanto las características o condiciones técnicas de explotación de los yacimientos así lo justifiquen.

Según el Registro oficial 670 de 2016 se indica los siguientes artículos.

**Art. 17.- Lugares para la explotación.** - La explotación de materiales áridos y pétreos que se encuentran en los lechos de los ríos, lagos, y canteras se autorizarán de conformidad con el Plan de Ordenamiento Territorial del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Catamayo y de acuerdo con los siguientes requerimientos:

La explotación de materiales áridos y pétreos en los cauces de los ríos se realizará únicamente en los lugares aprobados por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Catamayo y deberán contemplar medidas de protección como estructuras longitudinales o marginales cuyo objetivo final será proteger el cauce del río de la erosión vertical y horizontal, y; las riberas de los terrenos colindantes del área autorizada.

Para la explotación de materiales áridos y pétreos en los cauces de los ríos se deberá un sistema técnico de explotación en base a las características propias del yacimiento o cantera. Las actividades mineras se desarrollarán con responsabilidad social y ambiental, con la finalidad de minimizar los riesgos de trabajo y el impacto ambiental causado por la actividad minera.

Las actividades de explotación de materiales áridos y pétreos cercanos a acanales de riego se deberán ejecutar con métodos y técnicas que minimicen los daños a dichas estructuras y; en todo caso, tienen la obligación de resarcir cualquier daño o perjuicio que causen durante la realización de sus trabajos.

Se dará prioridad a la explotación de canteras a cielo abierto de materiales áridos y pétreos, dichas explotaciones tendrán apoyo del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Catamayo con el descuento del 25% en todas las tasas que se deban cancelar a la institución municipal.

**Art. 56.- Pequeña minería.** – Para los fines de esta ordenanza, se considera pequeña minería aquella que, en razón del área, características del yacimiento, monto de inversiones y capacidad instalada de explotación y procesamiento, sea calificada como tal y diferenciada de la minería artesanal o de subsistencia y de otras categorías

de la actividad minera, de acuerdo con la normativa aplicable al régimen especial de pequeña minería y minería artesanal.

**Art. 59.- Capacidad de producción bajo régimen de pequeña minería.** - En función de la forma como se encuentren distribuidos los materiales áridos y pétreos. Así como de los métodos de explotación y/o, procesamientos técnicamente seleccionados para su aprovechamiento racional, se establecen los siguientes rangos de producción para materiales áridos y pétreos:

- Minería en terrazas aluviales, el volumen de explotación será  $>50 < 400$  metros cúbicos por día.
- Minería a cielo abierto en roca dura (cantera): el volumen de explotación será  $>70 <= 1415$  metros cúbicos por día.

Dentro de este régimen, en cada área minera podrá realizarse una o más operaciones mineras, por parte de su titular en tanto las características o condiciones técnicas de explotación de los yacimientos así lo justifiquen.

**Art. 65.- Patente de conservación.** – Hasta única y exclusivamente, el mes de marzo de cada año, los concesionarios mineros pagarán una patente anual de conservación por cada hectárea minera, lo que comprenderá el año calendario en curso a la fecha de pago.

La patente de conservación desde el otorgamiento de la concesión hasta el 31 de diciembre del año en que venza el periodo de vigencia de exploración inicial, equivaldrá al 2.5 por ciento de una remuneración básica unificada por cada hectárea minera concesionada. Esta patente de conservación se aumentará al 5 por ciento de una remuneración básica unificada por cada hectárea minera concesionada para el periodo de exploración avanzada y el periodo de evaluación económica del yacimiento.

El primer pago del valor de la patente de conservación deberá efectuarse dentro del término de treinta (30) días, contados a partir de la fecha del otorgamiento del título minero y corresponderá al lapso de tiempo que transcurra entre la fecha de otorgamiento de la concesión y el 31 de diciembre del dicho año.

Se establece una patente anual de conservación para las actividades simultáneas de exploración y explotación que se realice bajo el régimen especial de pequeña minería equivalente al 2% de una remuneración básica unificada, por hectárea minera.

En ningún caso, ni por vía administrativa o judicial, se otorgará prórroga para el pago de esta patente.

**Art. 75.- Derechos del beneficiario de una autorización municipal para explotación de materiales áridos y pétreos.** – Los beneficiarios de una autorización municipal para la explotación de materiales áridos y pétreos pueden instalar y operar plantas de clasificación y trituración; y depósitos de materiales áridos y pétreos, al amparo de sus autorizaciones, sin necesidad de solicitar una autorización adicional, siempre que las plantas y depósitos estén ubicadas dentro de los límites del área de la autorización y se utilicen materiales extraídos de la misma autorización. El tratamiento de materiales ajenos a la autorización municipal para la explotación de materiales áridos y pétreos requerirá de la autorización municipal para instalación y operación de plantas de clasificación y trituración y depósitos de materiales áridos y pétreos.

**Art. 76.- Manifiestos e informes de producción.** – Los titulares de concesiones en pequeña minería están obligados a presentar al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Catamayo los manifiestos e informes de producción, mediante declaración juramentada realizada ante un notario en los que se indicará el número de hectáreas mineras en exploración y explotación. Los informes anuales de producción debidamente auditados se presentarán hasta el 31 de marzo de cada año, de conformidad con las guías técnicas elaboradas para el efecto por la Coordinación de Áridos y Pétreos. La falsedad comprobada en la declaración de la referencia anterior, será sancionada de conformidad con las penas aplicables al delito de perjuicio.

La falta de presentación de los manifiestos de producción o de sus actualizaciones, será sancionada con la suspensión temporal de las actividades hasta que se cumple con la presentación de dichos manifiestos. La demora en la presentación de los indicados documentos no podrá exceder el plazo de 90 días, vencido el cual se producirá la suspensión definitiva de actividades.

Los informes de producción serán suscritos por el beneficiario de la autorización o su representante legal y por su asesor técnico, el que deberá acreditar su calidad profesional en las ramas de geología y/o minería.

**Art. 110.- Utilidades.** – En el caso de los trabajadores vinculados a la explotación de materiales áridos y pétreos, estos recibirán el 3% del porcentaje de utilidades y el 12% restante será pagado al Gobierno Autónomo Descentralizado

Municipal de Catamayo que lo destinarán a proyectos de inversión social y de desarrollo territorial en las áreas en donde se lleven a cabo actividades mineras. Dichos proyectos deberán ser armonizados con el Plan Nacional de Desarrollo.

Para el caso de los trabajadores de la pequeña minería será del 10% del porcentaje de las utilidades y el 5% restante será pagada al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Catamayo que lo destinarán a proyectos de inversión y de desarrollo territorial en las áreas en donde se lleven a cabo actividades mineras.

**Art. 111.- Prohibiciones.** – Los concesionarios mineros que aprovechen los materiales áridos y pétreos, estarán sujetos a más de las disposiciones establecidas en el Art. 18 (sectores prohibidos para la explotación) de la presente ordenanza, a las siguientes prohibiciones:

- Explotar los materiales áridos y pétreos sin haber obtenido los permisos y autorizaciones que constan en la presente ordenanza.
- El transgredir el numeral 2 del artículo 46 de la Constitución de la república del Ecuador, respecto al trabajo infantil.
- La acumulación de testaferreros para acumular más de una concesión minera
- Alterar los hitos demarcatorios del área minera concesionada.
- Internarse o invadir áreas concesionadas o no
- Incurrir en la sobre explotación minera causando erosión en los márgenes del río.
- Sobrepasar la línea que marca la parte más honda de un valle y donde la corriente es más rápida (línea de talweg)
- Explotar los materiales áridos y pétreos por sobre los límites máximos de explotación que imponga la municipalidad
- La construcción de campamentos cuyos planos no hayan sido aprobados por la Municipalidad o en riberas de ríos o propiedades no autorizadas cercanas a la concesión.
- Desviar el cauce o curso natural de los cuerpos de agua.
- La contaminación ambiental de forma accidental o no con cualquier tipo de desecho, producto de la extracción de materiales áridos y pétreos provenientes de la mala utilización de lagunas de sedimentación u otros.
- Deforestar la flora ribereña nativa en áreas no autorizadas para la explotación.

- El uso inadecuado y antitécnico de explosivos en explotación a cielo abierto (De darse el caso)
- La apertura de vías sin autorización municipal.

**Art. 118.- Suspensión de las actividades.** – Se puede ordenar la suspensión de las actividades amparadas por una autorización municipal para explotación de materiales áridos y pétreos; en los siguientes casos:

- Por internación
- Cuando así lo exija la protección de la salud y vida de los trabajadores y de las comunidades ubicadas en el perímetro del área donde se realiza la actividad, según lo analice y disponga la autoridad responsable del Departamento de Gestión de riesgos del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Catamayo, en cuyo caso la suspensión solo durará hasta que haya cesado las causas o riesgo que lo motivaron
- Cuando la dirección de Gestión Ambiental disponga la suspensión por incumplimiento del Plan de Manejo Ambiental aprobado.
- Por impedir la inspección de las instalaciones y operaciones de las actividades de exploración y transporte de materiales áridos y pétreos, a los funcionarios de los Gobiernos Autónomos Descentralizado Municipal de Catamayo debidamente autorizados. Dichas inspecciones no podrán inferir el normal desarrollo de los trabajos de explotación y/o transporte de materiales
- La suspensión de las actividades será ordenada por la Coordinación de Áridos y Pétreos, mediante resolución motivada en un plazo no mayor a 72 horas
- La suspensión deberá guardar proporcionalidad y razonabilidad con la falla alegada y deberá ordenarse de forma excepcional, sin violentar el interés público comprometido en la continuidad de los trabajos, y únicamente estará vigente hasta cuando se subsane la causa que motivo
- Cuando se comprobare la sobre explotación de la cantera, evidente erosión de los márgenes de los ríos o por sobrepasar la línea de Talweg.
- La Coordinación de Áridos y Pétreos de oficio, previa inspección de campo levantará la suspensión y/o por medio de las autoridades que la solicitaron.

**Art. 120.- Regalías.** – El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Catamayo, tiene el derecho a recibir el pago de una regalía de parte de los beneficiarios

de las autorizaciones municipales para la explotación de materiales áridos y pétreos, de acuerdo a lo establecido en los artículos 92 y 03 de la Ley de Minería, sobre la base de los siguientes parámetros.

EL porcentaje de las regalías para la explotación de materiales áridos y pétreos se calculará en base a los costos de producción. Para el caso de la pequeña minería se realizarán pagos correspondientes al 3%.

El pago de las regalías se hará cada año de manera semestral, las correspondientes del primer semestre hasta el mes de septiembre, y las correspondientes al segundo semestre hasta el mes de marzo, de acuerdo a lo declarado en el informe auditado de producción, que refleja el tipo de material áridos y pétreos que se ha explotado, el costo de producción de su volumen explotado.

Por su naturaleza las actividades de minería artesanal no están sujetas al pago de regalías ni de patentes.

**Art. 121.- Recaudación de patentes de conservación, regalías, tasa por servicios administrativos y multas.** - Los valores correspondientes a patentes de conservación, regalías, tasa por servicios administrativos y multas, serán recaudados directamente por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Catamayo para su beneficio.

**Art. 127.- Calidad de los materiales.** - Los beneficiarios de las autorizaciones municipales para la explotación de materiales áridos y pétreos, con excepción de las autorizaciones para el transporte de materiales áridos y pétreos, deberán adjuntar a los informes de producción, copia de los resultados de los análisis y ensayos de calidad de los materiales áridos y pétreos destinados a la comercialización o elaboración de sus productos finales.

Los análisis se los realizará en laboratorios legalmente acreditados para este tipo de ensayos y se realizarán anualmente, previo a la renovación de la autorización.

Se realizará como mínimo los siguientes análisis:

- Granulometría (Norma Técnica Ecuatoriana NTE. INEN 696)
- Densidad aparente (Norma Técnica Ecuatoriana NTE. INEN 836)
- Materiales finos (Norma Técnica Ecuatoriana NTE. INEN 697)
- Norma técnica para áridos utilizados en la elaboración de hormigones (Norma Técnica Ecuatoriana NTE. INEN 694)

- Resistencia a la compresión simple
- Resistencia a la abrasión (Requisito norma INEN <50%);
- Desgaste a los sulfatos (Requisito norma INEN <12%);
- Impurezas orgánicas (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 855)

**Art. 128.- Resultados de laboratorio.** – Los resultados de los análisis y ensayos realizados, deberán ser exhibidos de forma obligatoria en letreros ubicados en lugares visibles del área, para asegurar que los compradores o usuarios de dichos materiales tengan la información de la calidad de los materiales que se comercializan o que utilizan en la elaboración de los productos que se venden.

## 5 Metodología

### 5.1 Área de estudio

#### 5.1.1 Ubicación política y geográfica

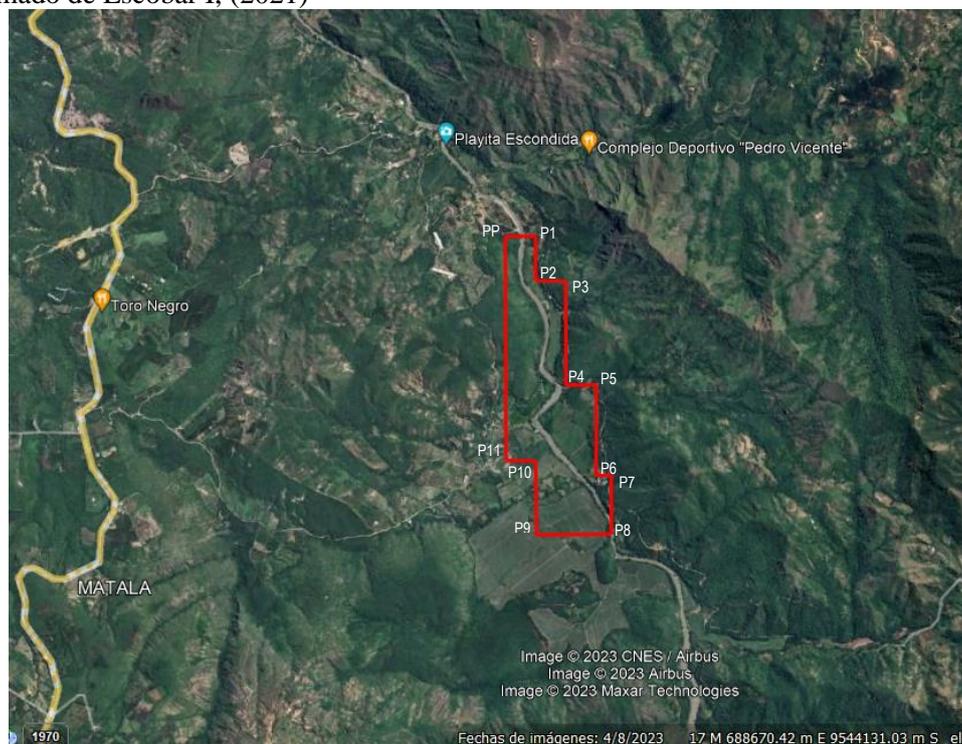
El área de estudio se encuentra ubicada políticamente en las parroquias “El Tambo” y Nambacola, en los cantones Catamayo-Gonzanamá de la provincia de Loja, cubriendo un polígono de 88 Ha., de las cuales se ocupan para trabajar 3.1 Ha.

En la tabla 4 se limita las 88 Ha., de la concesión minera en coordenadas UTM PSAD56 y WGS84, graficada en la figura 1 referenciada en el Anexo 8.

**Tabla 4.** Coordenadas geográficas del área minera "El Diamante"

Descripción	COORDENADAS UTM			
	X	Y	X	Y
PP	684000	9547000	683741	9546626
P1	684200	9547000	683941	9546626
P2	684200	9546700	683941	9546326
P3	684400	9546700	684141	9546326
P4	684400	9546000	684141	9545626
P5	684600	9546000	684341	9545626
P6	684600	9545400	684341	9545026
P7	684700	9545400	684441	9545026
P8	684700	9545000	684441	9544626
P9	684200	9545000	683941	9544626
P10	684200	9545500	683941	9545126
P11	684000	9545500	683741	9545126
DATUM: PSAD56 ZONA 17S			DATUM: WGS84 ZONA 17S	

**Nota:** Tomado de Escobar I, (2021)

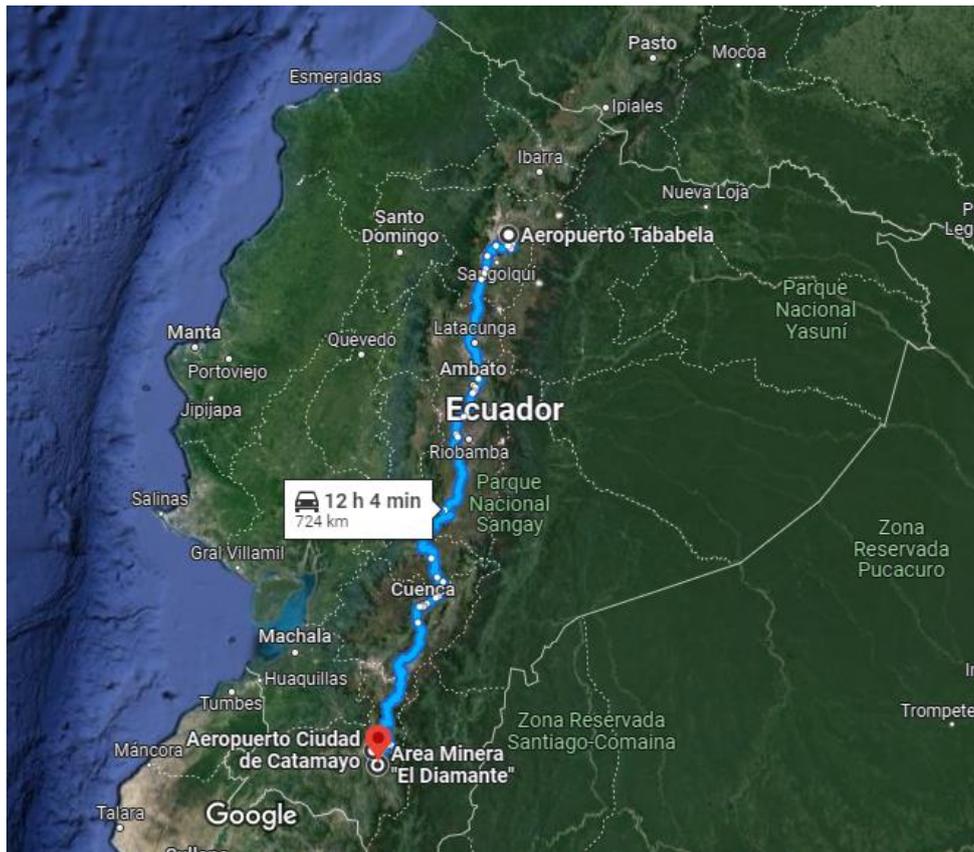


**Figura 1** Ubicación de la concesión minera “El Diamante”

**Nota:** imagen tomada de Google Earth, 2023

### 5.1.2 Acceso

Se puede llegar hasta el área de trabajo desde la ciudad de Quito por vía terrestre, a través de dos carreteras asfaltadas de primer orden: Quito-Loja-Catamayo (La Toma) con una distancia de 682 Km; y por la vía Quito- Santo Domingo- Catamayo (La Toma) en un recorrido de 840 Km. Luego por la carretera asfaltada Catamayo - Gonzanamá, a 16 Km. al lado izquierdo en la entrada una vía de tercer orden que conduce al barrio Huayco Bajo una carretera lastrada un recorrido de 6 Km llega hasta el área de estudio como se resumen en la figura 2.



**Figura 2** Acceso a la concesión minera "El Diamante"

**Nota:** Imagen base tomado de Google Map, 2023

### 5.1.3 Geología Regional

Citando al mencionado Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico (2017) se manifiesta que:

Incluye los dominios geomorfológicos del macizo metamórfico de la Cordillera Real y las cuencas sedimentarias intramontañosas de Gonzanamá, Malacatos – Vilcabamba, Nambacola y la parte sur de la cuenca de Loja. Las rocas metamórficas de la Cordillera Real (CR) constituyen el basamento cristalino en la parte oriental de la zona mientras que la parte occidental del área está dominada por rocas volcánicas y volcans

sedimentarias que anteriormente fueron agrupadas sin discriminación en la Formación Sacapalca del Paleoceno (Kennerley, 1973; Kennerley y Almeida, 1975) y que en este trabajo han sido discriminadas en unidades litológicas que se extienden desde el Paleoceno hasta el Plioceno. Las cuencas sedimentarias intramontañosas han sido objeto de estudios detallados (Hungerbuhler, 1997; Hungerbuhler y otros 2002) con numerosas dataciones radiométricas que han permitido establecer la detallada historia geológica de la zona.

### **Litoestratigrafía**

**Formación Loma Blanca (OMLb) (Kennerley, 1973)** Los principales afloramientos se encuentran a lo largo de la vía Malacatos – Purunuma. Afloran brechas volcánicas polilíticas, con niveles de tobas andesíticas púrpuras y areniscas volcánicas del mismo color y grano fino, con los que se intercalan localmente flujos de lavas andesíticas. Al noroeste de Catacocha se reportan edades de  $40,6 \pm 5,4 - 22,5 \pm 0,9$  Ma (Hungerbuhler y otros, 2002).

**Unidad Chiguinda (PzLc) (Litherland y otros, 1994).** Se encuentra ampliamente expuesta, principalmente en el flanco occidental de la CR y formando el basamento de las cuencas de Loja y Vilcabamba. Incluye secuencias de rocas metamórficas de bajo grado con filitas, cuarcitas, esquistos pelíticos y esquistos grafitosos. Al suroriente de Vilcabamba, las cuarcitas aparecen localmente conglomeráticas con clastos de filita y cuarcita con débil foliación (UTM: 700 149E; 9 522 358N). El espesor de varios miles de metros probablemente se encuentra aumentado por procesos de transposición tectónica y cabalgamientos. Litherland y otros (1994) sugieren una edad Devónico a Pérmico y Chew y otros (2007) reportan una datación U/Pb de  $362 \pm 12$  Ma en zircón.

**Unidad Capilla (PCCP)** Andesitas y andesitas basálticas de color verde oscuro, junto a brechas volcánicas con líticos andesíticos y flujos aglomeráticos. Por sus relaciones estratigráficas la edad asumida es la paleocénica.

**Depósitos aluviales (QA)** Se encuentran al margen del río Catamayo, Está constituidos por material poco consolidado, con componentes de las fuentes metamórficas y volcánicas

**Formación Catamayo (MCA)** constituida por lutitas y limolitas de tonalidades verdes y púrpuras, con variación gradual hasta areniscas con aporte volcánico; incluye

niveles de tobas estratificadas de composición dacítica. Se han observado también brechas sedimentarias con líticos metamórficos intercaladas con lutitas y limolitas de tonos rojizos verdosos. La edad correspondería al Mioceno según Hungerbuler y otros (2002).

**Unidad Huayco (MHy)** Definida por afloramientos ubicados en el sector del Huayco, cerca de la quebrada Jacapo (UTM: 684 335E; 9547334N) y en el sector La Era (UTM: 688 620E; 9544568N). Consiste de aglomerados con clastos de andesitas porfíricas en matriz arenosa, con intercalaciones de flujos de brechas volcánica. Por las relaciones estratigráficas, su edad se estima como miocénica. Información que se puede verificar en el mapa geológico regional del Anexo 16.

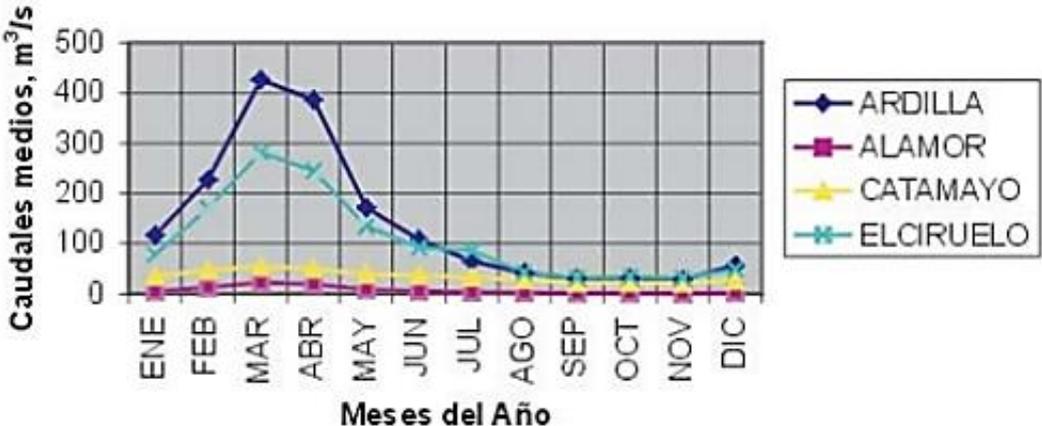
#### **5.1.4 Hidrología**

Según Azanza, M. (2015), el principal drenaje que atraviesa el área minera es el río Catamayo que tiene un ancho promedio entre 30 y 40 metros y que en época invernal incrementa su caudal considerablemente. El nacimiento de los principales drenajes, que derivan a la formación del río Catamayo se ubica en la Cordillera Occidental de los Andes a más de 3000 m s.n.m., con una dirección preferencial de N a S, y de SE a N; y tributarios a esta red hídrica de dirección del NE y SE, donde se reflejan crestas, planas a ligeramente inclinadas redondeadas y laderas escarpadas con poca vegetación. Este sistema de drenaje, discurre hacia el Sur-occidente, depositando sus aguas al río Macara siendo este tributario directo del Catamayo – Chira.

Changjiang Institute of Survey Planning Design and Research (CISPDR), 2016 indica que el río Catamayo tiene una dirección de flujo de sureste a noroeste (p41). La longitud de la corriente principal del río Catamayo es de 204 km y el área de la cuenca hidrográfica de este río en el Ecuador es 7 221 km<sup>2</sup> (p42).

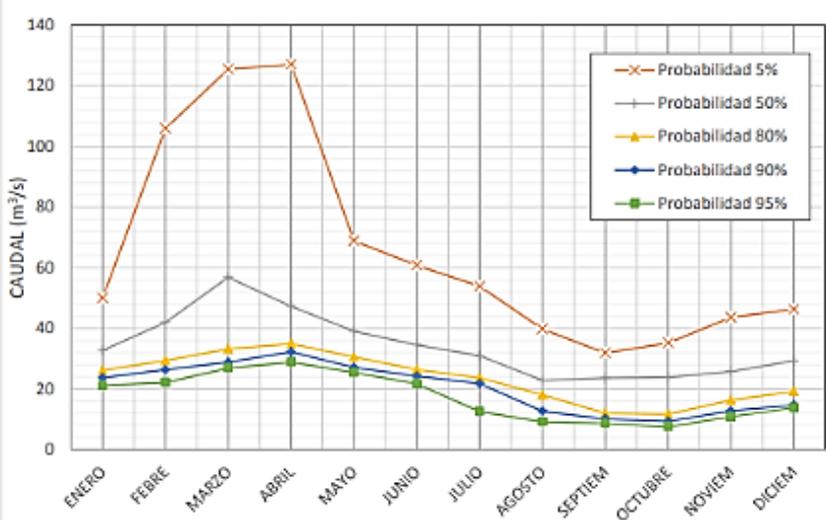


CONSORCIO ATA-UNP-UNL (2005) en la figura 4 muestra la información de 4 estaciones de la cuenca que indican la distribución mensual, explicando que de febrero a mayo es la mayor concentración de precipitaciones en la estación de Catamayo.



**Figura 4** Caudales medios mensuales en cuatro ríos de la Cuenca (pág 66) CONSORCIO ATA-UNP-UNL (2005)

Cuenca, A. (2015) mencionan en su estudio que el caudal máximo del río Catamayo es de 28,85 m³/s correspondiente al mes de abril, y un mínimo de 7,52m³ /s correspondiente al mes de octubre. (pág. 57) que se evidencian en la figura 5.



**Figura 5** Curvas de variación estacional en la estación hidrométrica de Pte Vicin **Nota:** Tomado de Cuenca, A. (2015)

Concluyendo: “La cuenca del río Catamayo posee un régimen pluviométrico bien definido, el periodo de lluvias comprende los meses de diciembre a abril con precipitaciones que varían entre 87, 2 mm a 260, 2 mm, mientras que la ausencia de lluvias se presenta en los meses de mayo a noviembre con precipitaciones que varían de 11, 4 mm y 60,8 mm” y adicional”. Cuenca, A. (2015)

### 5.1.5 *Clima*

En el Estudio de Impacto Ambiental del área minera “El Diamante” Azanza, M. (2015) afirma que:

En el cantón Catamayo existen dos épocas, una muy seca que comprende los meses de mayo hasta septiembre, y la lluviosa de octubre hasta abril.

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. La zona de precipitación con el rango de 600 – 700 mm se encuentra entre las parroquias de San Pedro de la Bendita, Catamayo y El Tambo ocupando un área de 112,34 Km<sup>2</sup>, siendo el 18,77% del total del cantón. El siguiente rango es el que va entre 700 -800 mm ocupando un área de 117, 98 km cuadrados abarcando el 18,10% del cantón Catamayo, se encuentra en su gran mayoría en las parroquias del El Tambo y San Pedro de la Bendita. Ocupando un área de 117,04 kilómetros cuadrados se encuentra el rango de 800 -900 mm abarcando el 17,96% del cantón Catamayo, este rango en su mayoría se encuentra en la parroquia el Tambo y en menor porcentaje en San Pedro de la Bendita.

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 km<sup>2</sup>, 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.

## **5.2 Procedimiento**

El estudio investigativo del trabajo se realizó utilizando el método analítico sintético, método inductivo-deductivo con enfoque investigativo mixto, el tipo de investigación consistió en recopilación bibliográfica además de tipo descriptiva y explicativa. El diseño de la investigación se caracterizó por ser un estudio transversal analítico donde se requirió ser observacional. El diseño muestral en la investigación es un método no descriptivo.

El procedimiento se desarrolló fundamentando cada objetivo propuesto detallando la obtención de la información, trabajo de campo y trabajo de gabinete.

### **5.2.1 Metodología para el primer Objetivo.**

Analizar el sistema de explotación actual del área minera “El Diamante” código 600841 del barrio “El Huayco”, cantón Catamayo, provincia de Loja y su incidencia en la socavación del río Catamayo que afecte a la captación de agua potable “La Sota”.

- **Obtención de Información**

En esta fase del proyecto investigativo se adquirió la información necesaria para la descripción de las actividades que se realizaban en el área minera, desarrollándolo en 2 etapas de trabajo de campo y gabinete.

**Trabajo de Campo:** Para la descripción del sistema de explotación que se llevaban a cabo se procedió a visitar el área minera “El Diamante” donde se obtuvo información de procesos y actividades por medio de entrevista expresada en el anexo 1 al titular y fichas donde se caracterizó información conforme se indica en el anexo 2, 3 y 4.

**Trabajo de Gabinete:** Con la información obtenida se digitó en el programa de Word, y se registró la investigación en el documento de la tesis en anexos.

### **Descripción de las actividades realizadas en el área minera**

Se procedió a describir las actividades que se realizaban en el área minera cabe indicar que al momento del desarrollo de la presente investigación no se encontraban realizando actividades de explotación, se recolectó información de: zonas existentes, infraestructura,

personal, maquinaria, evaluación de costos directos e indirectos de la explotación que consta en los anexos 1, 2, 3 y 4.

### Estado actual de las zonas del área minera

Por medio de una lista de chequeo del Anexo 3 se verificó el estado de las zonas, equipos y maquinarias en la actualidad.

### Cálculos de rendimiento de la maquinaria

Se realizó cálculos de rendimiento de la maquinaria utilizada para las actividades mineras considerando los tiempos que conllevaban la ejecución de cada actividad aplicando las fórmulas de la tabla 5, basando los factores de eficacia según Chiriboga, Pillasagua, Baquerizo. p. 5., como cita Tamayo, A. (2016), señalando que para material medio se utiliza un coeficiente entre 0.80 a 0.90 en tipos de terrenos a excavar medios y un coeficiente de transformación de 1.10 para materiales esponjados y 0.95 en materiales compactos en terrenos arenosos.

**Tabla 5.** Cálculos de rendimiento de:

Cálculos		
Actividad:		
Máquina:		
Capacidad:		
Capacidad real (Ereal)	Rendimiento (QT)	Rendimiento experimental (QTEX)
$E_{real} = E * F_{llenado}$ E= capacidad Fllenado= con respecto al alcance de la maquina	$QT = 3600 * \left(\frac{E_{real}}{T_c}\right)$ Tc= tiempo de cargado	$QTEX = QT * KLL * KT * \left(\frac{T_t}{T_t + T_p}\right)$ $QTEX = QT * 1.10 * 1 m^3 * \left(\frac{T_t}{T_t + T_p}\right)$ Tt= tiempo de trabajo por jornada Tp= Tiempo promedio de imprevistos

**Nota:** Tomado de Espinoza R. (2019)

- **Obtención de la topografía a partir de un DEM (Área de concesión hasta captación “La Sota”)**

Para la obtención de la topografía con un DEM se realizó un trabajo de gabinete que se indica a continuación.

**Trabajo de gabinete:** Primero se realizó una visita de campo donde se determinó los puntos del área de interés con el uso del GPS MobileMapper 6 de Magellan, obtenidos estos puntos se colocó las coordenadas de los mismos en el software de Google Earth y se trazó un polígono que abarcó los puntos georeferenciados que incluyeron el río Catamayo.

Por medio del software ArcGis se realizó un polígono debidamente georeferenciado en el sistema WGS84 zona 17 Sur de código 32171 los que incluyen los puntos del polígono y los del río Catamayo y se solicitó la información del DEM en el geoportal del SIGTIERRAS a través del Link: <http://geoportal.agricultura.gob.ec/index.php/descarga-ortofotos>.

Autorizada la descarga por el geoportal anexo 6, se procedió a realizar un recorte del DEM en el software ArcGis, en el cual se utilizó la caja de herramientas: arctoolbox-spatial analyst tools-extraccion-extract to mask para la obtención de la imagen. Esta imagen se la procesó con la herramienta: 3d analyst tools-raster surface-countour y se generó las curvas de nivel secundarias cada 1m y curvas de nivel principal cada 5 metros considerando que el DEM posee una resolución de 3 x 3, finalizando con la presentación de un mapa a escala 1:1000 del anexo 11 y 12.

- **Levantamiento topográfico con DRONE (Área de explotación)**

El levantamiento topográfico con DRONE consistió en tres fases: planificación de vuelos y ubicación de puntos de control; fase de campo; y el procesamiento de información los cuales se los plantea como información preliminar, trabajo de campo y gabinete.

**Información Preliminar:** En la fase de planificación de vuelos y ubicación de puntos de control se localizó el área de trabajo a levantar, a través del uso de la herramienta de Google Earth, se obtuvo información de la plataforma de SIGTIERRAS y se usó el software de ArcGis versión 10.5, por medio de cuales se determinó la ubicación de cinco puntos de control, considerando que se los pueda observar entre ellos para poder cerrarlos poligonalmente. Con la base mencionada se procedió a planificar el vuelo, a través del software “DRONEDEPLOY” con la que se abarcó 19 Ha., para mejorar la precisión del sector, de las cuales 3,1 Ha., son parte del estudio culminando en un tiempo de 11min 32 segundos. Se requirió un sobrelape de vuelo horizontal de 70% y vertical 75%, con dirección del vuelo de 71° a una altura de 120 m para la obtención de 185 imágenes con resolución de 2.7 cm/px a una velocidad de vuelo de 10m/s.

**Trabajo de Campo:** Durante la fase de campo, se colocó los puntos de control previamente planificados, para lo cual se estableció la ubicación física de cada uno requiriendo el apoyo de dos personas, los mismos que se ubicaron en sitios puntuales, orientándose con el GPS MobileMapper 6 de Magellan, considerando que exista visibilidad entre ellos y excluyendo lugares con vegetación, se colocó las estacas de madera con un clavo central en la parte superior para el entrecruzamiento de la cinta de peligro de una longitud de 4 metros con la que se formó una cruz, que a posterior fue fotografiada al realizar el vuelo, y finalmente se ejecutó la planificación del vuelo con el DRONE.

Colocados los puntos de control de forma física en campo con la ayuda de un GPS Geodésico teniendo las coordenadas de la tabla 6 y figura 6 que referencia la ubicación de los puntos, se inició el vuelo planificado, comenzando por el punto de control 5 y 1

respectivamente, cubriendo así toda el área de interés como se verifica en las figuras 6-8 y Anexo 5 que muestra la planificación del vuelo.



**Figura 6** Puntos de control del DRONE

**Tabla 6.** Puntos de control de levantamiento topográfico con DRON

Puntos de control	X	Y
1	684278	9546072
2	683940	9545999
3	683744	9546534
4	684086	9546635
5	684041	9546216



**Figura 7** Planificación del vuelo en el programa



**Figura 8** *Desarrollo del vuelo con el DRONE*

**Trabajo de Gabinete:** El siguiente paso consistió en el procesamiento de las imágenes que se obtuvieron por medio del DRONE con los vuelos planificados con un total de 185 imágenes que cubrieron 19 Ha, posteriormente se procesó la información con el software Pix4D para la obtención de la ortofoto que consta en el anexo 7 considerando la depuración de errores de curvas de nivel por la presencia de vegetación o infraestructura, seguido por medio del software ArcGis versión 10.5. de hicieron correcciones de las curvas aplicando el método de suavizado, se eliminó nudos y se verificó que no existan errores de montaje entre ellas. El trabajo culminó con la creación del mapa topográfico a escala 1:1000 en el Anexo 13.

- **Levantamiento Geológico**

El levantamiento geológico se lo realizó en sus fases: obtención de información preliminar, trabajo de campo y trabajo de gabinete.

**Información Preliminar:** Consistió en el levantamiento geológico que se realizó en base a la hoja geológica de Gonzanamá (Hoja 57) a escala 1:100000 del año 2017 del Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico cuya información específica la geología regional del sector, de la cual se consideró el área de influencia indirecta de 979,87 Ha., para su descripción y el área de influencia directa de 88 Ha. Para la geología local se validó en campo por medio del levantamiento de información en los formatos de afloramientos representativos que constan en el anexo 19 en el que se describen aquellos que se encuentran en las vías de acceso cercanas a la concesión.

**Trabajo de Campo:** Se recorrió el área determinada como influencia directa de las 88 Ha., y se procedió a describir y tomar datos de los afloramientos de origen natural o antrópico (cortes de talud artificial debido a vías) distribuidos en el área de estudio para lo cual se usó la brújula BRUNTON, GPS MobileMapper 6 de Magellan, cámara, piqueta, fichas de afloramiento del anexo 19 y ácido Clorhídrico al 10%.

**Trabajo de Gabinete:** Con los datos obtenidos en campo como fichas de afloramientos en el Anexo 19, información preliminar descrita y con el uso de base del mapa topográfico realizado con el levantamiento con DRONE y la topografía obtenida con el DEM referenciados en Datum UTM WGS 84 zona 17S, se digitalizó el mapa geológico regional a escala 1:100000 del área de influencia indirecta a las 88 Ha. En el software ArcGis 10.5 a través de las herramientas de arctoolbox de edición, creando previamente shapefile de polígonos, líneas, puntos a los cuales se los simboliza conforme la carta para expresar la información; La Geología Local se elaboró a escala 1:1000 corroborando con geología regional del sector. Especificando que se distinguió la litología con sus respectivos datos puntuales, a través del software ArcGis versión 10.5 donde se recurrió a la ventana catálogo para abrir la tabla de puntos creados en Excel donde constan coordenadas de los puntos de los afloramientos identificados por código, seguido en la tabla de contenido-lista por fuente-Mostrar Datos X, Y, se proyectó los puntos luego se exportó los datos (datos-exportar datos), creando una nueva capa shape (opciones de capa-etiqueta-código) se visualizó el límite de los materiales existentes en los afloramientos procediendo a crear carpetas shape de polígonos para cada tipo de material, editándolos de tal manera para crear polígonos, polilíneas, líneas, puntos, según la necesidad. Finalizando con la creación del diseño de los mapas respectivos representados en el anexo 13.

Se procedió a la creación de los perfiles a través de los cortes realizados a lo largo del mapa geológico local cubriendo con el primer corte toda el área de la concesión, y con el segundo corte el frente de explotación indicados en el anexo 15.

- **Batimetría**

**Trabajo de campo.** - La batimetría se realizó en campo en el tramo del río Catamayo que cubre 500 metros de longitud aproximadamente en el cual se determinaron 6 puntos georreferenciados determinados en la tabla 7 y figura 9 para la medición de la profundidad existente en el eje central del río desde el espejo de agua en sentido vertical, se utilizó el cucharón de la excavadora y se midió hasta la altura a la que llegó el agua.

**Tabla 7.** Ubicación de los puntos de la batimetría

N°	Ubicación Coordenadas UTM/WGS84	
	X	Y
1	683981	9546136
2	683951	9546201
3	683899	9546263
4	683848	9546353
5	683847	9546466
6	683857	9546563



**Figura 9** Puntos de batimetría

**Trabajo de gabinete.** - La información obtenida en campo se procedió a elaborar en el presente estudio referenciando los puntos donde se obtuvo la información e indicando la depresión del río Catamayo con la finalidad de determinar la profundidad promedio en el tramo del río que permita determinar la evolución del curso del río en el transcurso del tiempo y además permitió limitar la profundidad máxima de excavación para extracción del material.

- **Isotermas e Isoyetas**

El mapa de isotermas e isoyetas se realizó en base a la información obtenida de las estaciones de Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio de POWER Data Access Viewer v2.0.0 <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> quien basa los parámetros meteorológicos en el modelo de asimilación MERRA-2 proporcionando datos desde 1981 con una cuadrícula de resolución global latitud/longitud de 0.1° x 0.1° (aproximadamente 10 Km) y los Shape de los mapas de Isoyetas e Isotermas de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales (GADM) de Catamayo y Gonzanamá.

**Trabajo de gabinete.** - Para la obtención de información de descarga los datos de registro de 20 años desde 2002 hasta 2020 desde la página de POWER <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> en donde se ubicó el polígono que abarque los

cantones Gonzanamá y Catamayo en coordenadas en WGS84 de donde se determinó parámetros como precipitación y temperaturas respectivamente y una vez obtenidos los datos, se ordenó y promedió en el software Excel en versión (97 – 2003), con el uso del Software Arcgis 10.5 se subió los datos y se transformó las coordenadas geográficas, a coordenadas UTM con el geoprosesamiento (Convert Coordinate Notación) obteniendo el shape de los puntos de las Estaciones; El método de interpolación fue el Método del Inverso de la Distancia al Cuadrado (IDW) la ponderación, al tener un factor cuadrático, recibe una influencia de las estaciones más cercanas y consideró una serie o variedad de puntos de estimación en el que correspondientemente se trabajó los datos tanto para precipitaciones como para temperaturas. Resumiendo el procesamiento de la siguiente manera: Convert Coordinate Notación, Spacial analyst Tools – Interpolation – IDW, Spacial analyst Tools –Extraction – Extract by mask, Spacial analyst Tools – Reclass – Reclassify.

Esta información se corroboró con los shape de isotermas e Isoyetas en base a la información de los últimos 10 años de temperaturas y precipitaciones con las que cuentan los GADM de Catamayo y Gonzanamá individualmente quien cuenta con la información de 3 estaciones como son Malacatos, Argelia y Catamayo.

Consiguiendo finalmente los mapas de isotermas e isoyetas que indicaron la misma información donde finalmente de consideraron 7 estaciones.

### **5.2.2 Metodología para el segundo objetivo.**

Cuantificar las reservas existentes del área minera “El Diamante” código 600841 del barrio “El Huayco”, cantón Catamayo, provincia de Loja.

- **Cálculo de las reservas**

Se procedió a corroborar la delimitación del área mediante recorridos con GPS MobileMapper 6 de Magellan configurado en DATUM WGS84 las áreas aluviales explotables. El cálculo se lo realizó en base a la topografía y las características geológicas de las áreas favorables. Se utilizó los mapas previamente generados como la topografía del Anexo 12 y la geología Anexo 17.

- **Método de altura media**

El cálculo de las reservas del material árido o pétreo se lo realizó utilizando el método de altura media, se delimitó un polígono de las áreas explotables.

**Trabajo en campo:** Se definió un polígono del área de explotación en base a la topografía de la zona de estudio anexo 13, se realizó a lo largo de las llanuras de inundación

una revisión en 8 puntos como se indica en la tabla 8, adicionalmente se elaboró 11 calicatas (descritas en el anexo 21) que permitió estimar la potencia media para el cálculo de las reservas.

**Tabla 8.** Puntos de revisión de la llanura de inundación

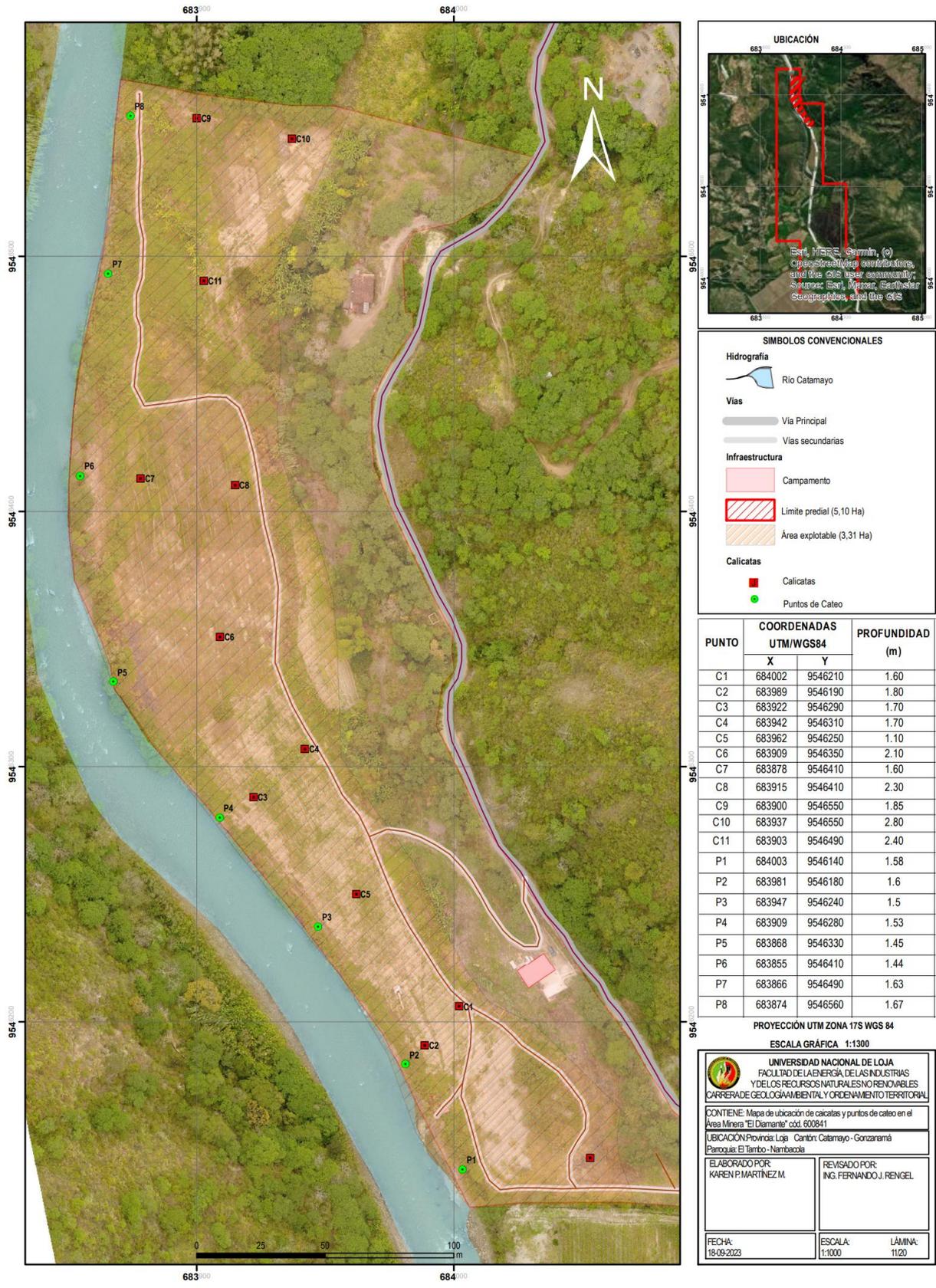
Descripción Profundidades	Ubicación Coordenadas UTM/WGS84	
	X	Y
P1	684003	9546140
P2	683981	9546180
P3	683947	9546240
P4	683909	9546280
P5	683868	9546330
P6	683855	9546410
P7	683866	9546490
P8	683874	9546560

Se realizó las calicatas con el uso de una excavadora Hyundai R220 LC7 siguiendo el protocolo indicado en el Anexo 22, en las cuales se extrajo 7 muestras que se enviaron a analizar al laboratorio DICONS ubicado en la ciudad de Loja para determinar la calidad de árido que se va a explotar. La ubicación de las calicatas se muestra en la tabla 9 y se reflejan en la figura 10 y anexo 20.

**Tabla 9** Puntos de referencia de calicatas

DESCRIPCIÓN	COORDENADAS	
	X	Y
CALICATA 1	684002	9546206
CALICATA 2	683993	9546198
CALICATA 3	683922	9546285
CALICATA 4	683942	9546307
CALICATA 5	683962	9546269
CALICATA 6	683909	9546350
CALICATA 7	683878	9546413
CALICATA 8	683914	9546410
CALICATA 9	683900	9546554
CALICATA 10	683937	9546546
CALICATA 11	683902	9546490

**DATUM: WGS84 ZONA 17S**



**Figura 10** Calicatas y revisión del área de explotación

**En Gabinete:** La información obtenida de la revisión de las llanuras y de las calicatas establecieron la altura media (profundidad media) y delimitaron el área de depósito, se procedió el cálculo de las reservas, el mismo que siguió el siguiente proceso: El proceso inicia con la definición de (topografía, ortofoto); se genera un polígono el cual permitió cuantificar el material explotable; el algoritmo aplicado es el método de altura media, el cual analiza las características morfológicas de los terrenos considerando su área en metros cuadrados y posterior a ello se determinó la potencia media de 11 calicatas para calcular las reservas de forma matemática.

$$Pm(m) = \frac{P1 + P2 + P3 \dots + P_N}{N}; m$$

**Pm**= Profundidad promedio de explotación (m)

**P<sub>N</sub>**= Profundidad de cada calicata

$$Reservas(m^3) = Ac(m^2) * Pm(m)$$

**Ac**= Área calculada (base topográfica m<sup>2</sup>)

Con respecto al análisis de laboratorio de las muestras, esta actividad se la realizó para determinar la composición granulométrica del depósito, esto es tamaño y forma de los clastos, su origen, potencia y de cada uno de los estratos, determinar la presencia de arcilla en el depósito, etc. estos ensayos corresponden a las propiedades físicas mecánicas como densidad real y aparente, granulometría, y otros, basados en la ordenanza sustitutiva del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Catamayo cuyo resultado se encuentra anexado, para lo cual durante la elaboración de las calicatas se asumió el porcentaje de roca de dimensiones superior a 10 cm contemplado como material de rechazo que se encontró en el cucharón de capacidad de 0.92 m<sup>3</sup>, del cual del mismo material extraído se recolectó muestras en fundas plásticas resistentes para evitar pérdida de humedad debidamente codificadas siguiendo protocolos de calidad.

Posterior se calculó las reservas existentes por tipo de material en base a los análisis granulométricos realizados promediando los porcentajes de arenas y gravas.

- **Sondeo Eléctrico Vertical (SEV)**

Se realizó un ensayo de exploración geofísica por métodos indirectos que corresponde a sondeo eléctrico vertical (SEV) con el fin de corroborar y definir la potencia de algunos materiales del área minera por medio de la interpretación de la resistividad eléctrica.

**Trabajo de campo.** - Se realizó el sondeo de un SEV para definir la resistividad de lo material considerando el método de schlumberger con un AB/2 de 100 en el punto X: 683959 Y: 9546264 con azimut 148°.

Para el estudio de la resistividad eléctrica se usó el equipo medidor de resistividad SYSCAL R1 Plus, que utiliza un voltaje de salida a electrodos máximo de 200W o 800Vpp cuya medición es automática, obteniendo datos de la resistividad en ohmios en base a la configuración establecida en la hoja de cálculo del anexo 23 que es basada en el método de Schlumberger para la separación de los geófonos como se muestra la ubicación de la línea eléctrica en el Anexo 24 en base a la configuración de la figura 10.

**Tabla 10.** Configuración del AB/2

Coordenadas UTM/WGS84		X:	Y:	Arreglo Schlumberger	
Azimut					
ESTACIÓN	ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	K	Ohm.m	
1	1	0,5			
2	1,5	0,5			
3	2	0,5			
4	2,5	0,5			
5	2,5	1			
6	3	0,5			
7	3	1			
8	5	1			
9	7	1			
10	10	1			
11	10	2,5			
12	15	1			
13	15	2,5			
14	20	2,5			
15	20	10			
16	30	10			
17	40	10			
18	70	10			
20	100	10			

**Trabajo de gabinete.** - Obtenidos los datos de campo de las resistencias eléctricas respectivas a las configuraciones de Schlumberger se ingresó la información por medio del programa IPI2WIN, se analizó la curva en base a la curva media, determinando el número de capas con sus respectivas resistividades, procediendo a analizar la litología fundamentada en la tabla 11 y corroborada con la información obtenida en la geología local y regional.

**Tabla 11.** Resistividad de los materiales

Naturaleza del terreno	Resistividad en $\Omega m$
Limo	20-100
Arena Arcillosas	50 – 500
Arena sílice	200 – 3000
Arena y terreno arenoso	50-3000
Grava húmeda	50-3000
Terreno pedregoso y rocoso	100-3000
Suelo pedregoso desnudo	1500 - 3000
Roca de mica y Cuarzo	800
Roca Ignea	5000 - 15000

**Nota:** Tomado de Sanz J., Duque E., & Gómez S. (2010). La fuente de las resistividades indicadas no revela la frecuencia a la que se tomó esos valores.

- **Arrastre de material**

**Trabajo de gabinete.** - Para calcular la recarga de material a explotar por arrastre del río se consideró los valores del estudio de González, A. y Cuenca, A. (2015) quienes mencionan en su estudio que el caudal máximo de 28,85 m<sup>3</sup>/s correspondiente al mes de abril, y un mínimo de 7,52m<sup>3</sup> /s correspondiente al mes de octubre (pág. 57), esto es con la finalidad de indicar el volumen máximo y mínimo de acumulación para plantear el sistema correcto de explotación.

La estimación se realizó calculando el coeficiente de recarga según el principio de Takahashi, asumiendo un constante flujo en el transcurso de la operación conforme lo indicado en la tabla que resume las fórmulas, además que usa valores establecidos a excepción de los caudales para los que se calculará según plantea en su estudio Pardo, J. (2022) expresando las fórmulas en la tabla 12.

**Tabla 12.** Fórmulas del cálculo de arrastre

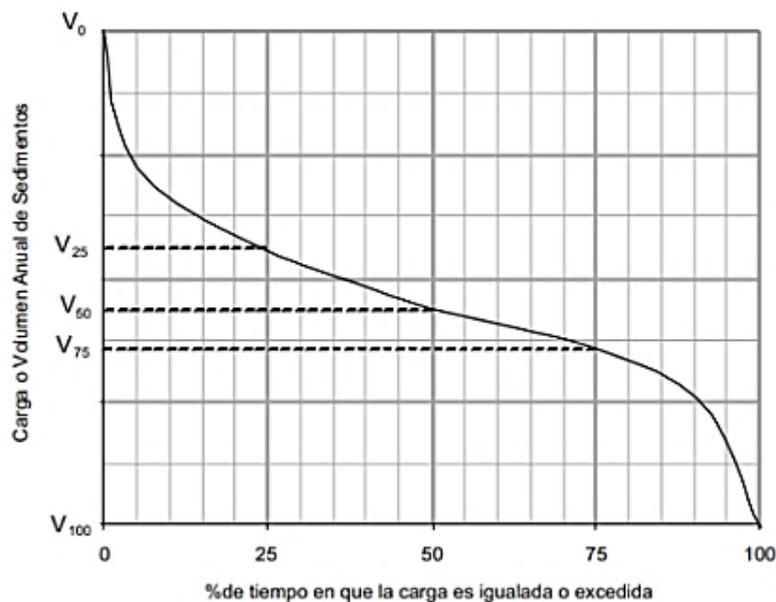
CALCULAR			
$Cd = \gamma_1 * j(\gamma_s - \gamma_1)(\tan\Phi - j)$	$Ql = \gamma_s - \gamma(\gamma_s - \gamma_1) * Q$	$Q_{solido} = Cd(C^* - Cd) * Ql$	$Qt = \frac{C^*}{C^* - Cd} * Q1$
$\gamma_1$ : el peso específico del material arrastrado (1,0 - 1,6 t/ m <sup>3</sup> )	Q1: Caudal del lodo ( m <sup>3</sup> /s)	Q sólido: Caudal sólido arrastrado ( m <sup>3</sup> /s)	Qt: Caudal total del flujo ( m <sup>3</sup> /s)
$\gamma_s$ : Peso específico del material sólido (2,6 t/ m <sup>3</sup> )	Q: Caudal del agua limpia ( m <sup>3</sup> /s)	C*: La concentración del material sólido en reposo ( $\approx 0,6$ )	
j: pendiente media del cauce del torrente ( $\approx 0,15$ )	$\gamma\gamma$ : El peso específico del agua (1,0 t/ m <sup>3</sup> )	$\gamma\gamma$ : El peso específico del agua (1,0 t/ m <sup>3</sup> )	
$\Phi$ : Ángulo de fricción interna de material sólido ( $\approx 18^\circ - 20^\circ$ )			

**Nota:** Tomado de Pardo J, 2022

- **Estimación del volumen máximo de explotación**

**Trabajo de gabinete.-** Del parámetro de arrastre calculado se consideró a posterior la metodología para estimar los volúmenes de explotación de materiales de arrastre de un río de Bocanegra, A., Quintero, H., Ramírez, C., Sandoval, M. & Santacruz, S. (2009) resumida en la tabla 14, en base a la información obtenida previamente usando la curva de duración de la carga anual de sedimentos de la figura 11 con la cual como menciona el autor permite determinar el volumen o carga anual de sedimentos con permanencia del 25%, 50% y 75% del tiempo respectivamente.

La aplicación de esta metodología es con el fin de proteger el río Catamayo de socavaciones que generen cambios en su morfología y generen afecciones aguas arriba o aguas abajo.



**Figura 11** Curva de duración de la carga de fondo anual en un río

**Nota:** Bocanegra, A., Quintero, H., Ramírez, C., Sandoval, M. & Santacruz, S. (2009)

En la tabla 13 se indica el porcentaje del volumen máximo a extraer de acuerdo a las condiciones hidrológicas y climáticas que se deben aplicar.

**Tabla 13.** Porcentaje del volumen máximo a extraer de acuerdo a las condiciones hidrológicas y climáticas

CONDICIONES HIDROLÓGICAS	VOLUMEN MÁXIMO DE MATERIALES A EXTRAER
De la carga anual estimada	20 – 30%
Húmedo (caudales altos)	25% del $V_{25}$
Medias (caudales medios)	25% del $V_{50}$
Seco (caudales bajos)	25% del $V_{75}$

**Nota:** Tomado de Bocanegra, A., Quintero, H., Ramírez, C., Sandoval, M. & Santacruz, S. (2009)

**Tabla 14.** Metodología para extracción de materiales por arrastre de un río

Identificar zonas de agradación	• sectores potencialmente explotables
Investigar sobre aforos líquidos y sólidos del río.	• Describa el transporte de sedimentos en el río
Estimar el volúmen de arrastre del material	• Con respecto a caudales
Elaboración de curva de duración o de frecuencia acumulada	• volumen anual
Análisis de condiciones climáticas	• Anual, periodo de caudales
Determinar carga media esperada	• curva de duración, condiciones climáticas
Determinar el volumen máximo de explotación anual	• según condiciones hidrológicas • Volumen máximo anual del 25% de la carga anual
Registro y control estricto	• volumen explotado
Monitoreo y evaluación	• Morfología, batimetría • Semestral
Muestreo periodico	• carga de fondo
Registro de volúmenes	• material extraído
Ajusto del volumen de explotación	

**Nota:** Tomado de Bocanegra, A., Quintero, H., Ramírez, C., Sandoval, M. & Santacruz, S. (2009)

### **5.2.3 Metodología para el tercer Objetivo.**

Diseñar un sistema de explotación óptimo para el área minera el cual minimice el impacto negativo a la captación de agua potable “La Sota”.

El diseño del sistema de explotación óptimo se realizó en el trabajo de gabinete que se explica a continuación.

**Trabajo de gabinete:** El diseño del sistema de explotación óptimo aplicable en el frente de explotación (3,1 Ha) se consideró con los estudios preliminares realizados en los objetivos anteriores, cuya información permitió determinar las infraestructuras requeridas para las labores como: plataforma de mantenimiento, campamento, patio de maniobras, diques de explotación, vías de acceso, etc., así como actividades, procesos y la producción considerando

infraestructuras, maquinaria, y personal existente con el fin de prevenir las socavaciones en el río Catamayo que disminuyan la cota de agua que podría afectar a la captación de agua potable “La Sota”.

- **Elección del Sistema óptimo de explotación**

**Trabajo de Gabinete.** - Para la elección del sistema óptimo de explotación se consideró los sistemas aplicables en Graveras como son los diques transversales, diques longitudinales, extracción de pozos directa del lecho del río. El sistema más idóneo se comparó a través de un análisis multicriterio que se detalla en la tabla 15 donde se considera los parámetros como el caudal, aspectos económicos, ambientales y además se fundamentó en las exigencias legales de la Ordenanza Sustitutiva que Autoriza, regula y controla la explotación de materiales áridos y pétreos en el cantón Catamayo.

**Tabla 15.** Tabla multicriterio para elección de sistema de explotación en graveras

SISTEMA DE EXPOTACIÓN	CAUDAL	CONSTRUCCIÓN	MAQUINARIA/ HERRAMIENTAS MANUALES	RENTABILIDAD	ASPECTO AMBIENTAL
<b>Diques Transversales</b>	Estiaje o mínimo (26 m <sup>3</sup> /s).	Madera	Retroexcavador (1.5m <sup>3</sup> ) Volqueta	Alta Incremento de producción de material de arrastre. Reducción de costos para extracción	No altera el lecho, ni riberas del río Impactos ambientales positivos: mejora del cauce o logra la estabilidad de laderas del río.
	Normal o medios (69.53m <sup>3</sup> /s).	<b>Gaviones</b>	Pico Pala		
	Extraordinarios (95.53 m <sup>3</sup> /s).	Concreto			
<b>Diques longitudinales</b>	**	uso de materiales que característicamente deben poseer una resistencia elevada	Retroexcavador (1.5m <sup>3</sup> ) Volqueta	Alta	mayor impacto ambiental al seguir el largo del río
<b>Extracción paralela con pala hidráulica o retroexcavador</b>	**	**	retroexcavador o excavador Volqueta	sistema sumamente eficiente	Si no se controla la profundidad de extracción se produce la erosión remontante del lecho del río

**Nota:** En base a la información de Mojica, V. y Manrique, A. (2008). Es importante mencionar que el sistema de explotación actual es de la extracción paralela con retroexcavador.

- **Actividades del Sistema de Explotación Optimizado**

Consistió en el diseño de cada uno de los elementos que forman el sistema de explotación óptimo como: vías de acceso, diseño de diques, diseño de gaviones, noques de explotación.

**Vías de acceso**

$$\text{Amplitud del carril} = (\text{Ancho de maquinaria} * 1.5\text{m}) + \text{Berma de Seguridad}$$

$$\text{Peralte} = \frac{N * \sin\theta}{N * \cos\theta} = \frac{m * \frac{v^2}{R}}{m * g}$$

### Criterios de construcción de diques

La metodología para la construcción de diques se resume en la tabla 23. Para el diseño de los diques en el método de explotación elegido se requirió conocer los criterios constructivos que se muestran en la tabla 16, adicional se recopiló información acerca de los frentes de explotación donde se van a trabajar para lo cual se especifica la información necesaria en la tabla 17.

**Tabla 16.** Criterios de construcción de diques

<b>Excavación de empotrado</b>	50 – 60 cm de profundidad	Se recomienda enterrar 30 cm por cada 1m de altura
<b>Construcción del muro</b>	2 – 3 veces más ancho que el borde superior	
<b>Inclinación</b>	Inversa del 10%	
<b>Construcción de un dissipador</b>	1m por el largo del dique	Evita socavamiento

**Nota:** Tomado de Dirección Zonal Agrorural Puno (2014)

**Tabla 17.** Datos de los frentes de explotación

Frentes de explotación	Coordenadas WGS84	Ancho del río	45%	Altura del espejo de agua (prof. Máx)

**Nota:** Elaborado por autor, 2023. \*La longitud del dique debe ser menor al 45% del ancho del río como lo menciona Mojica, V. y Manrique, A. (2008).

### Cálculo de dimensiones de los diques transversales

El cálculo de las dimensiones de los diques transversales se fundamentó en información solicitada en la tabla 18.

**Tabla 18.** Diseño de los diques, dimensiones

Ancho del dique (Ad)	Longitud del dique (Ld)
$Ad = \text{Ancho excavadora} + (2 * \text{margen de seguridad})$	<b>Longitud de oruga:</b> <b>Berma de seguridad:</b> <b>Profundidad máxima de excavación:</b> <b>Ld:</b>

### Cálculo de dimensiones y criterios de construcción de gaviones

Como criterio constructivo de gaviones se basó en información bibliográfica de INVIAS, 2012 quien indica que el material de relleno consiste en rocas de canto o cantera, teniendo cuidado de no utilizar materiales que se desintegren al interactuar con el agua o la intemperie.

- **Granulometría:** El tamaño de los fragmentos de roca utilizados debe ser de entre 10 y 30 cm, y en ningún caso debe ser menor que 10 cm.

- **Resistencia a la abrasión:** El desgaste de material al ser sometidos a ensayo (según la norma INV E-219), deberá ser inferior al 50%.
- **Absorción:** Su capacidad será inferior al 2%
- **Resistencia mecánica:** Los fragmentos de roca de llenado del gavión deben tener una resistencia a la compresión simple superior a 250 veces el nivel de esfuerzos al que estará sometida la estructura

#### Medidas estándar del gavión

Se consideraron las medidas estándar de gaviones planteadas citadas por Bolívar R, (2019) que se indican en la tabla 19.

**Tabla 19.** Dimensionamiento del gavión.

<b>Ancho</b>	<b>w= 1.0 m hasta 1.5 m</b>
<b>Alto</b>	<b>h=0.50 m hasta 1.0 m</b>
<b>Largo</b>	<b>h= 1.0 m hasta 6.0 m</b>

**Nota:** Tomado de ACEROS METALES Y MALLAS LTDA, 2019 citado por Bolívar R., (2019)

Las dimensiones para los gaviones de tipo caja se establecieron en base a medidas estándar existentes mencionadas por Almeida P., (s.f) que se reflejan en la tabla 20.

**Tabla 20.** Dimensiones estándar de gaviones tipo caja

Gaviones caja con diafragmas				
Dimensiones estándar			Volumen (m <sup>3</sup> )	Diafragmas
Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)		
1,5	1	0,5	0,75	
2	1	0,5	1	1
3	1	0,5	1,5	2
4	1	0,5	2	3
1,5	1	1	1,5	
2	1	1	2	1
3	1	1	3	2
4	1	1	4	3

**Nota:** Tomado de Almeida P., (s.f.)

#### Ángulo de reposo natural de arenas y gravas

Este parámetro se utilizó para el diseño de los diques siendo de importancia el cual se lo señala en la tabla 21, que en el caso de este estudio aplica el ángulo de 25 – 30° que en promedio da 27° de grava natural con arena, determinando este ángulo para el diseño.

**Tabla 21.** Ángulo de reposo natural de materiales de gravera

TIPO DE MATERIAL	ÁNGULO DE REPOSO NATURAL
Grava suelta y seca	30 – 45°
Grava natural con arena	25 – 30°
Arena seca	34°
Arena húmeda	45°

**Nota:** Tomado de Escobar O. (2021) quien cita a Pocket, Thomas; Littleton, (2008)

## Cálculo de los noques de explotación

Para el cálculo de los noques de explotación se consideró el dato de los diques, es decir sus dimensiones que se basó en la maquinaria a utilizar para ello se dimensionó con respecto a la siguiente información de la tabla 22.

**Tabla 22.** Dimensiones de los noques de explotación

Longitud de noque de explotación	Longitud del noque
Alcance máximo del brazo a nivel del suelo: Profundidad máxima de excavación:	Longitud del dique:

## Cálculo de la profundidad máxima de excavación (P.E)

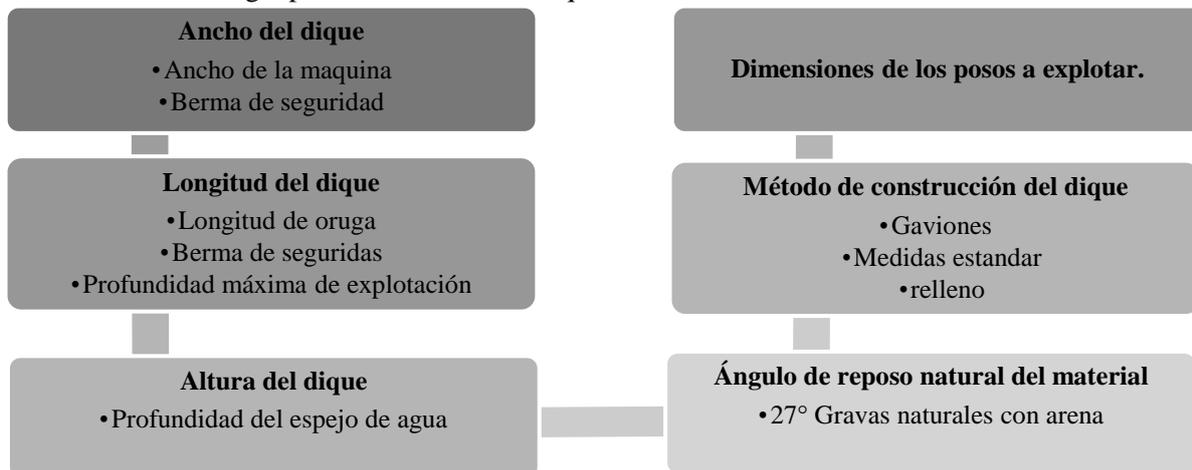
$$P.E = PME - ADR - AP$$

**PME**= Profundidad máxima de excavación de la excavadora

**ADR**= Altura entre el nivel del dique y punto más bajo del río en la sección.

**AP**= Altura de protección (1m)

**Tabla 23** Metodología para el diseño de los diques



## Ritmo de producción

El ritmo de producción se realizó una vez detalla el rendimiento de la maquinaria propuesta considerando la cantidad de material extraído diario para el tiempo trabajado en un día.

$$RP = \frac{\text{Cantidad de material extraído}}{\text{Tiempo de trabajo}} = \frac{m^3}{h}$$

## Tiempo de vida útil

En base a las reservas calculadas durante el estudio y la producción diaria optimizada se determinó el tiempo de vida del depósito sin considerar el material arrastro por el río.

$$\text{Tiempo de vida} = \frac{\text{Reservas calculadas}}{\text{producción diaria}}; \text{días}$$

- **Comparación entre el sistema anterior y el propuesto**

Por medio de un cuadro comparativo que se describe en la tabla 24 se indicó el sistema de explotación anterior con el sistema optimizado detallando jornadas de trabajo, números de frente de explotación, maquinaria utilizada, costos directos e indirectos, producción diaria, ritmo de producción, costo de producción y tiempo de vida.

**Tabla 24.** Comparación entre el sistema actual y el propuesto

	Sistema de explotación actual	Sistema de explotación optimizada	
<b>Método de explotación</b>			
<b>Actividades del sistema de explotación</b>			
<b>Frentes de explotación</b>			
<b>Jornada laboral</b>			
<b>Maquinaria</b>			
<b>Infraestructura</b>			
	Sistema de explotación actual	Sistema de explotación optimizado	Diferencia
<b>Costos indirectos</b>			
<b>Costos directos</b>			
<b>COSTOS TOTALES</b>			
<b>Producción diaria</b>			
<b>Ritmo de producción</b>			
<b>Costo de producción</b>			
<b>Tiempo de vida</b>			

## **6 RESULTADOS**

### **6.1 Resultados del primer objetivo**

Analizar el sistema de explotación actual del área minera “El Diamante” código 600841 del barrio “El Huayco”, cantón Catamayo, provincia de Loja y su incidencia en la socavación del río Catamayo que afecte a la captación de agua potable “La Sota”.

### **6.2 Topografía**

Con la finalidad de establecer las características morfológicas del sector a intervenir la topografía se obtuvo considerando curvas de nivel cada 1m, a escala 1:1000 trazando curvas de nivel principal cada 5 metros y curvas secundarias cada metro, donde se incluyó el río Catamayo y sus riveras.

Se consiguió curvas de nivel a partir de un DEM que integra la concesión minera “El Diamante” con la captación de agua “La Sota” cuya cota mayor es 1344 m.s.n.m y su cota menor de 1166 m.s.n.m abarcando una distancia aproximada de 7 Km de distancia desde el frente de explotación hasta la captación. Los mapas generados se indican en la figura 12 y 13.

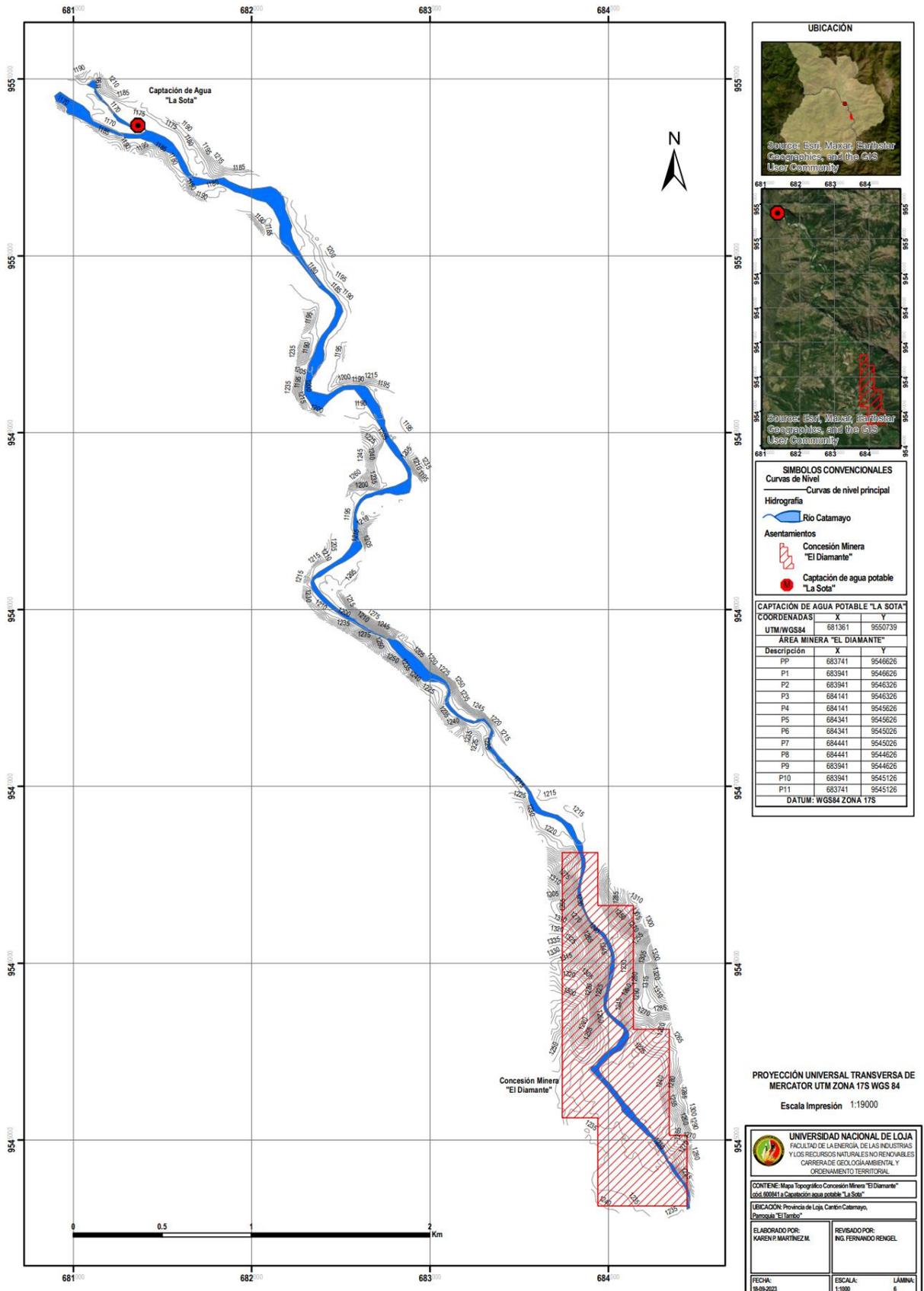
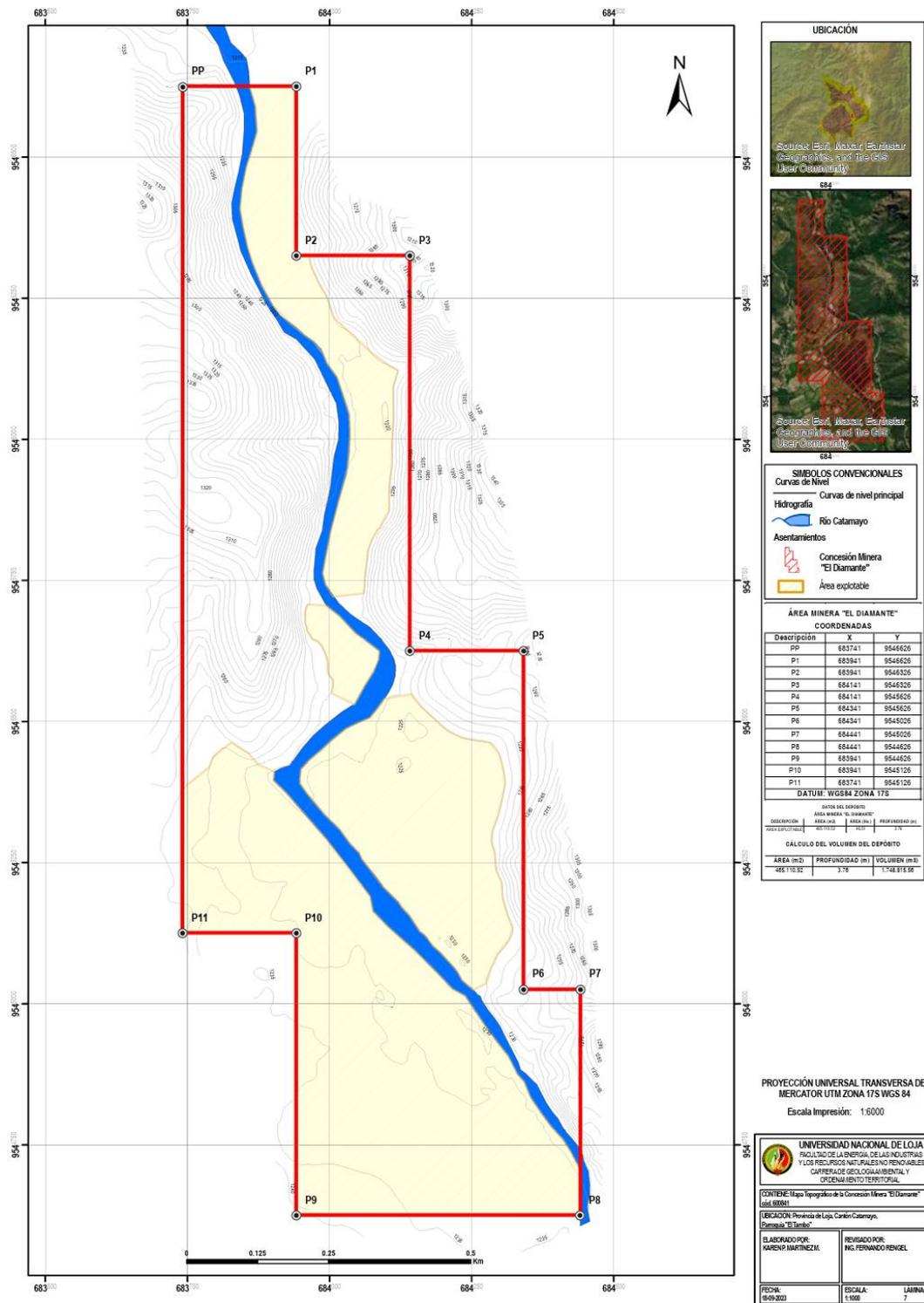


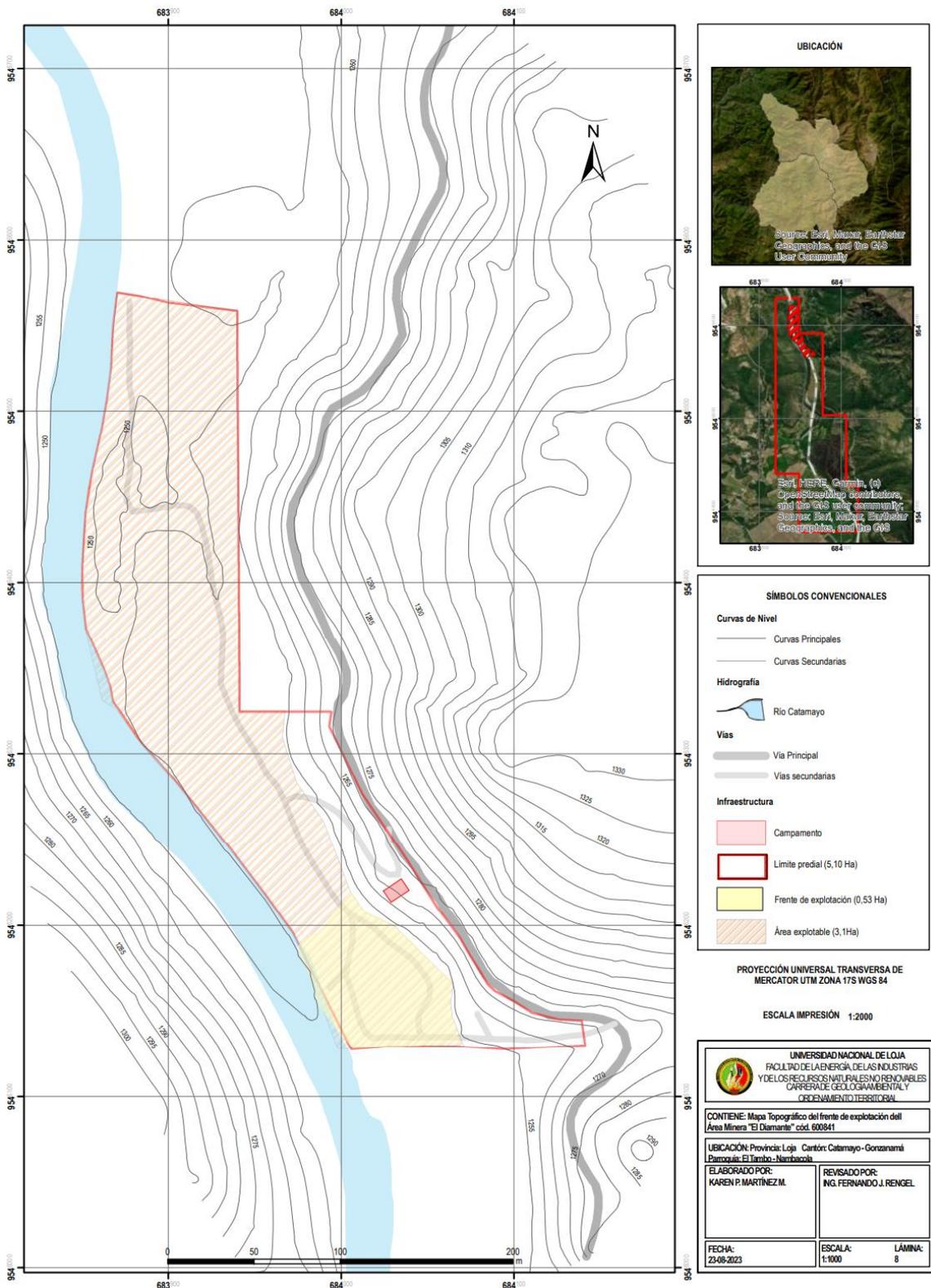
Figura 12 Topografía concesión minera "El Diamante"- Captación "La Sota"



**Figura 13** Topografía concesión minera "El Diamante"

Conjuntamente se realizó un levantamiento topográfico con DRONE, con cota mayor de 1333 m.s.n.m y cota menor 1246 m.s.n.m, en donde se levantó aquellas áreas que se pretende intervenir con nuevos trabajos de explotación, determinando 5,10 Ha de límite predial, 0,53 Ha

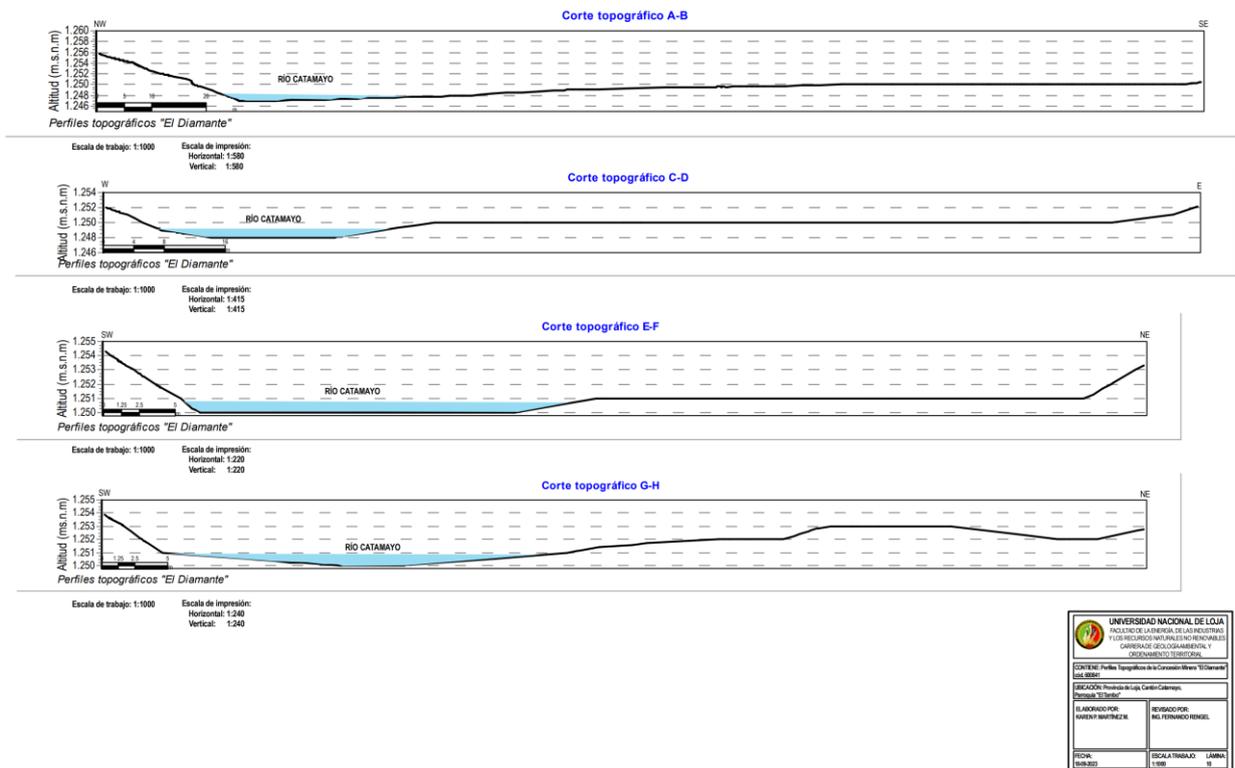
de frente de explotación y 3,10 Ha de área explotable en este sector, que se puede observar en la figura 14, detallado en el Anexo 13.



**Figura 14** Topografía del frente de explotación del área minera "El Diamante"

**Nota:** Anexo 13

El levantamiento topográfico graficado en el anexo 13 es la base para el diseño y planificación de las áreas de trabajo e infraestructuras en las que se puede distribuir para una optimización del sistema de explotación.



**Figura 15** Perfiles topográficos del frente de explotación

**Nota:** Anexo 15

En la figura 15 se muestran 4 secciones de los perfiles transversales al río Catamayo que se detalla en el Anexo 15.

La sección A-B se encuentra en dirección NW-SE a una altura de 1256 m.s.n.m al norte de la concesión y su cota más baja de 1247 m.s.n.m teniendo una diferencia de 9 m abarcando una distancia de 130 m; con dirección SW – NE, se trazó la sección C-D de longitud 120 m, siendo la altura máxima de 1252 m.s.n.m y cota mínima de 1248 m.s.n.m existiendo una diferencia de 4 m. En dirección hacia el sur del área de explotación de la concesión se encuentra la tercera sección E-F con orientación SW – NE de 98 m de distancia con cota mayor de 1254.5 m.s.n.m y cota menor de 1250 m.s.n.m diferenciadas entre cota máxima y mínima por 4.5 m; la sección F-G con dirección SW – NE al sur de la concesión cubrió una distancia de 99 m, proyectando una cota mayor de 1254 m.s.n.m y cota menor de 1250 m.s.n.m teniendo una diferencia de nivel de 4 m.



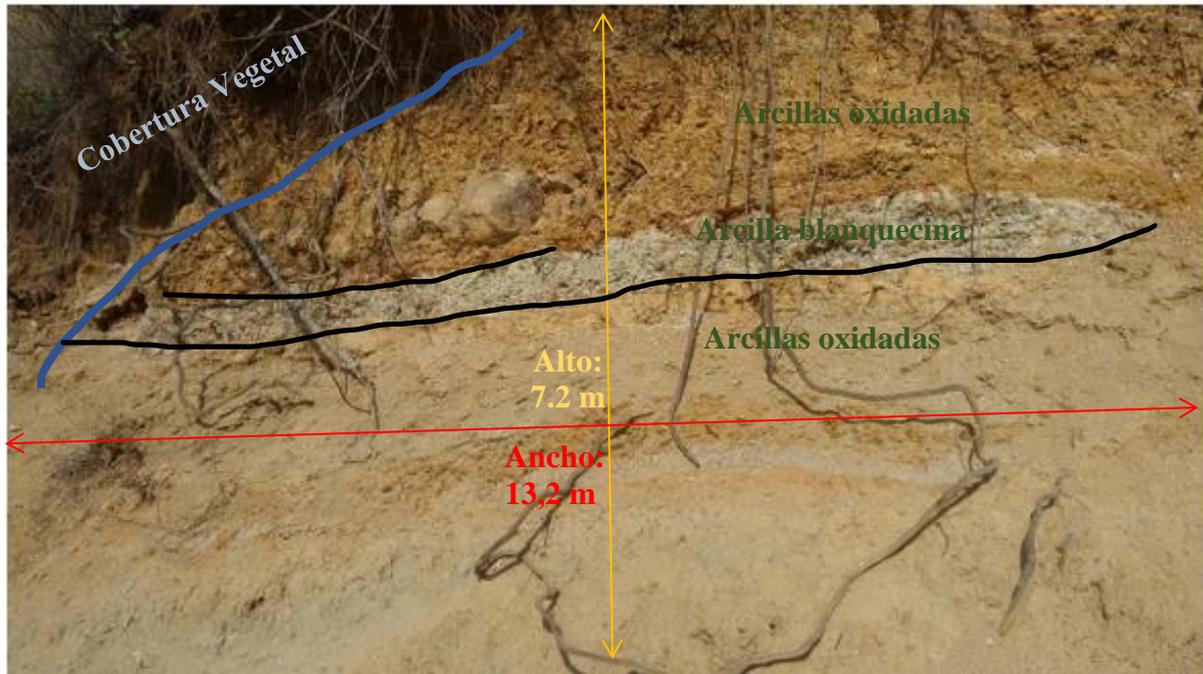
## 6.3 Geología

### 6.3.1 Geología Local

La descripción geológica, se la realizó aprovechando los cortes de la vía que conduce a Santa Rita específicamente en el tramo que es paralelo a la concesión Minera, en punto de coordenadas X:684160, Y:9546113, se puede observar un afloramiento de lavas andesíticas de color café castaño, bastante alteradas y agrietadas. Sobre las lavas existe una capa de suelo y coluviones con materiales de arrastre de las partes altas como se ve en la figura 16. Más adelante y en el punto de coordenadas X:684151, Y:9546016 representada en la figura 17, se puede observar diques de arcilla de color gris blanquecino, intercalada con arcillas oxidadas con tonalidades rojo violáceo y anaranjado intenso, con azimut  $30^{\circ}\text{N}$  y un buzamiento de  $45^{\circ}\text{E}$ . En la parte sur y Sur Este de la concesión minera “El Diamante” podemos apreciar lavas andesitas conteniendo vetillas de cuarzo.



**Figura 16** Vista de un afloramiento de lavas andesíticas



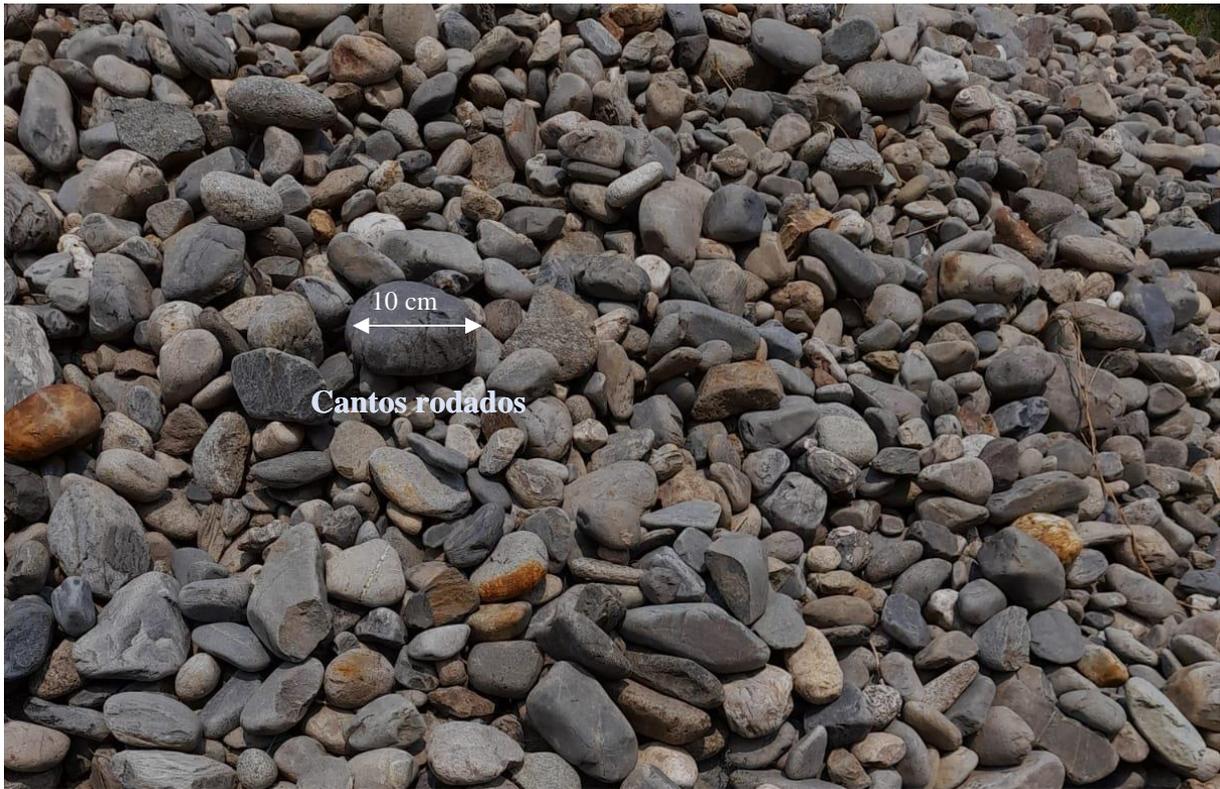
**Figura 17** Vista de afloramientos de arcillas

**Terrazas Aluviales.** - A lo largo del río Catamayo, dentro de la concesión minera “El Diamante”, se encuentran depósitos aluviales, tipo terrazas, meandros y cuencas de sedimentación, además de islotes en el cauce del río expuestos en las figuras 18 y 19.

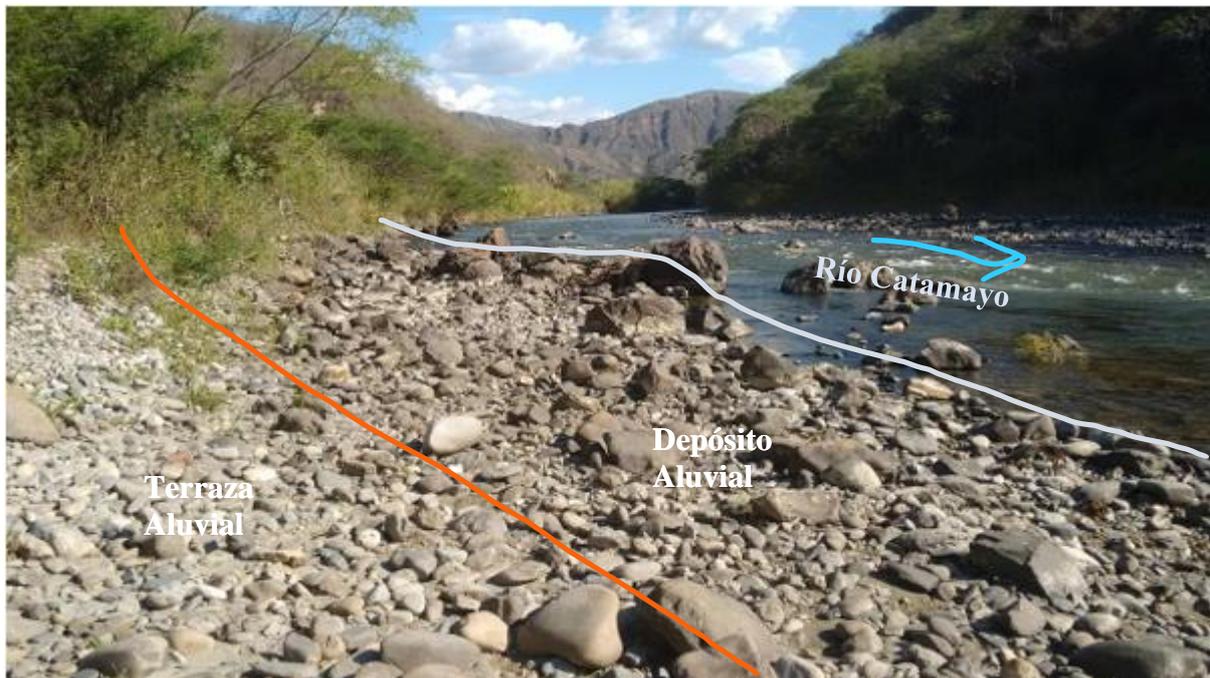
Los aluviales están constituidos de clastos de rocas andesíticas, filitas, tobas, esquistos, gneis y cuarzo lechoso con granulometría variada, que va desde arena fina, arena gruesa, roca (10 – 20 cm.) hasta roca gruesa (45 cm.) y boulders con dimensiones considerables.

Se han conformado mayormente terrazas en el margen derecho, con anchos que llegan en algunos casos hasta los 115 metros y en los más estrechos a 40 metros, y en lo que se refiere a la longitud, hasta 500 metros. La forma del aluvial es similar a aquella tomada por el cauce del río, pero puede asimilarse como lenticular.

Existiendo en la parte Sur Oeste una terraza con una superficie considerable, la cual aparentemente perteneció en su momento a un paleocanal



**Figura 18** Material presente en el depósito Aluvial

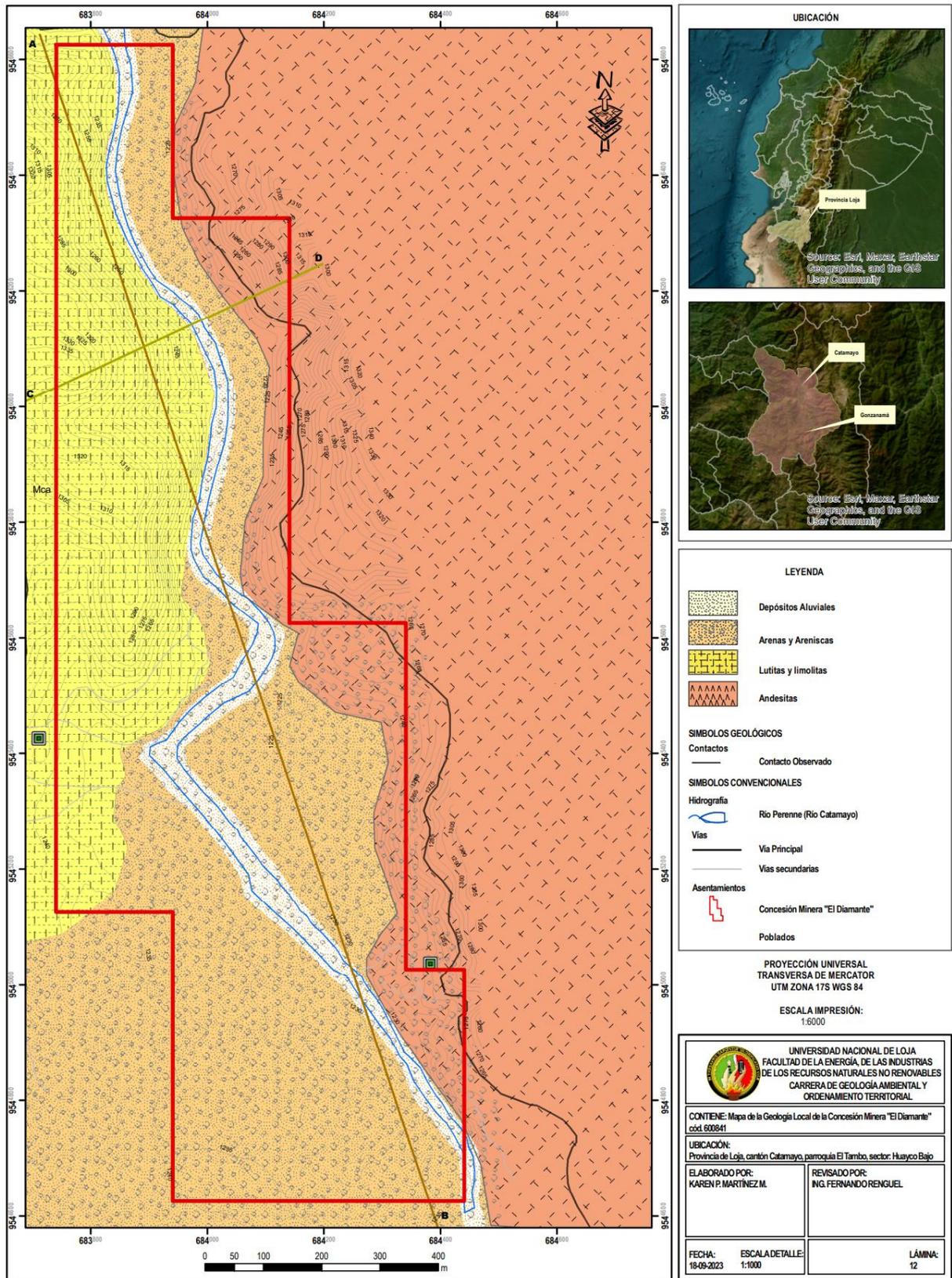


**Figura 19** Vista del material que conforma las llanuras de inundación del río

El depósito de materiales de construcción es de tipo explotable de producción media a baja, estratificado, superficial, horizontal con inclinaciones de 0 a 10°, con recubrimiento

escaso, el material es disgregado de origen aluvial, cuyos espesores se aproximan de 1.4 a 2.8 metros los cuales son arrastrados por la corriente del río Catamayo.

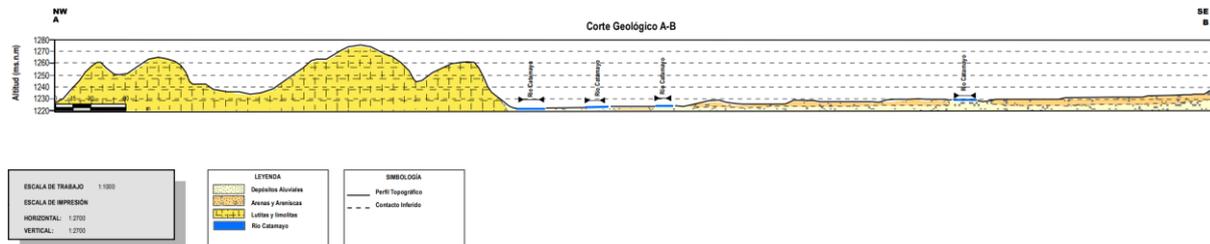
En la figura 20 se indica la geología local del área minera “El Diamante” delimitado por andesitas alteradas al este, terraza aluvial en la parte central, abarcando una mayor área en la parte sur de la concesión, el depósito aluvial en la parte central en el río Catamayo y su alrededor, y la presencia de lutitas y limolitas principalmente en la parte oeste de la concesión. Para mayor detalle del estudio se trazaron dos cortes geológicos, el corte A-B que atraviesa diagonalmente el área minera y el corte C-D que cruza transversalmente el río Catamayo.



**Figura 20** Geología local del Área Minera “El Diamante”  
**Nota:** Anexo 17

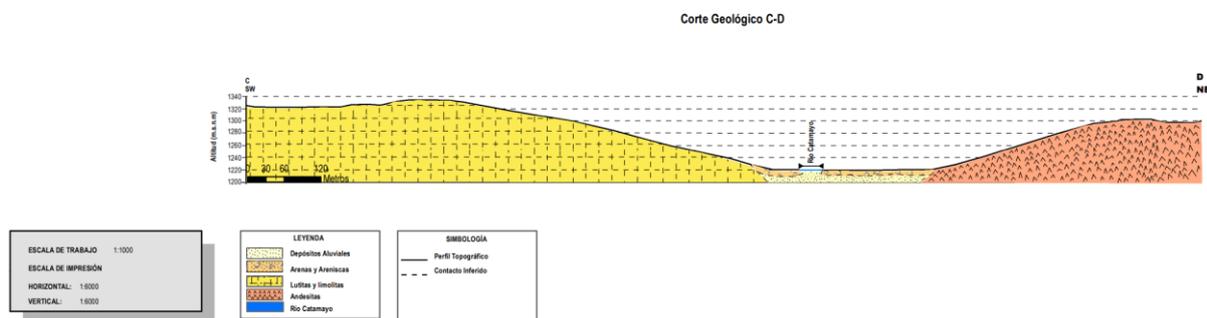
## Perfil Geológico

La geología del área de estudio en las 88 Ha mineras en el corte A-B realizado que se orienta del Noroeste al Sureste como se muestra en el Anexo 18 la presencia de las lutitas y limolitas al norte, los depósitos aluviales a lo largo del río Catamayo que cubre la concesión y las arenas que sobre montan los depósitos como se puede observar en la figura 21.



**Figura 21** Perfil Geológico, corte AB del mapa de geología local

En el perfil del corte C-D que abarca el frente de explotación de la concesión que va desde el suroeste al noreste comprende lutitas y limolitas, seguido de depósito aluvial distribuido aproximadamente en 150 metros de longitud culminando en la presencia de las Andesitas que se encuentran a la parte este de la concesión como se puede observar expresado en la figura 22.



**Figura 22** Perfil Geológico, corte CD del mapa de geología local

## 6.4 Batimetría

La batimetría del área de estudio se realizó en un tramo del río Catamayo que cubre 500 m como se evidencia en la figura 23, considerando la depresión de este en su eje central por medio del uso del brazo de la excavadora que se introdujo y se midió en 6 distintos puntos como se señala en la tabla 25 constatando hasta el nivel donde llegaba el espejo de agua, siendo este un método tradicionalmente aplicado que permite conocer la profundidad media a lo largo de un tramo del río en estudio del cual se determinó que es de 2.03 m, el mismo que además indica el límite de la potencia máxima de excavación del depósito como lo manifiesta la ordenanza

vigente del GADM-Catamayo donde manifiesta que la explotación no debe sobrepasar la línea de talweg.

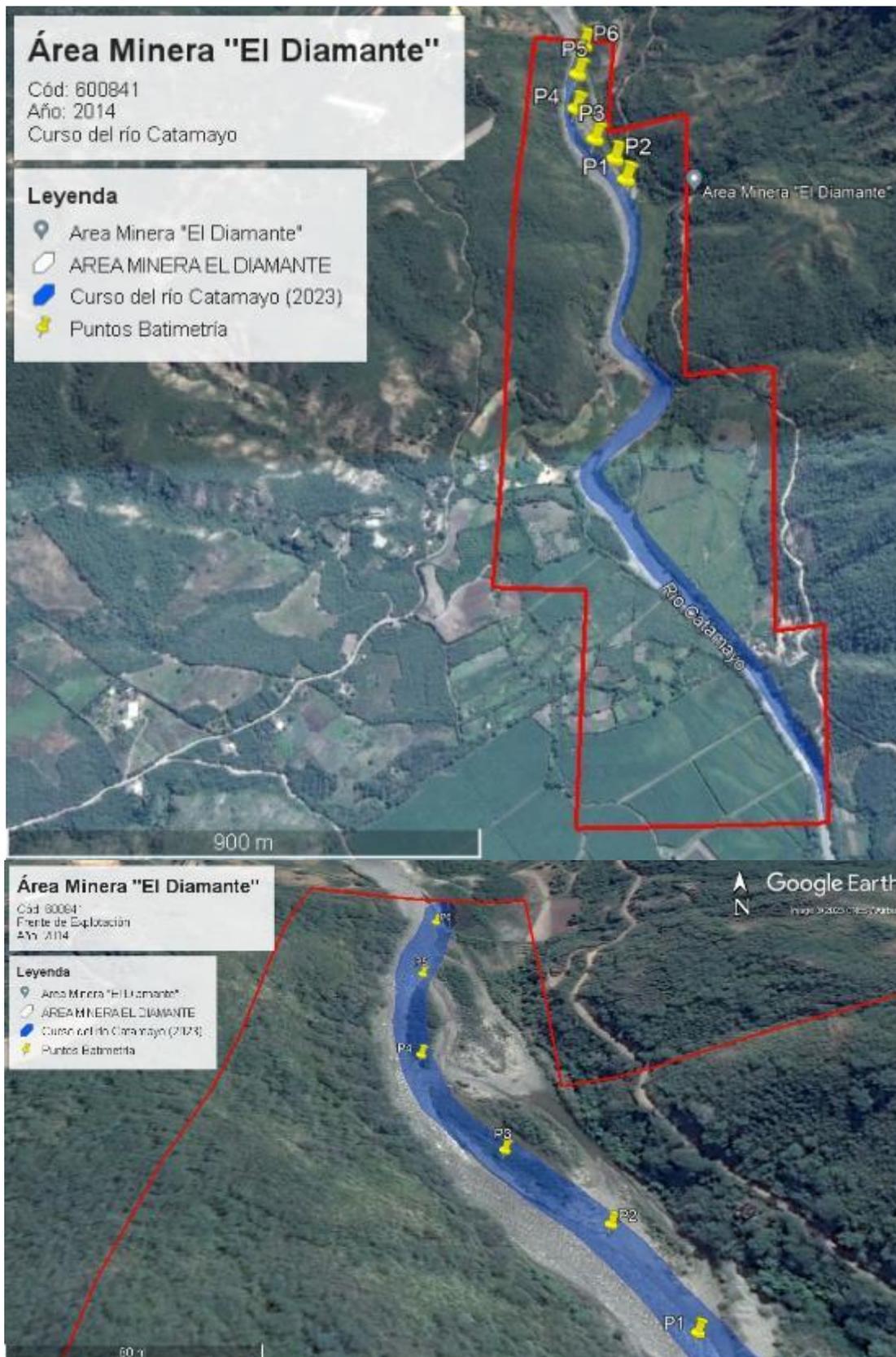
**Tabla 25.** Profundidad Media de puntos batimétricos

N°	Ubicación Coordenadas UTM/WGS84		Profundidad (m)
	X	Y	
1	683981	9546136	1.73
2	683951	9546201	2.13
3	683899	9546263	2.20
4	683848	9546353	1.84
5	683847	9546466	1.97
6	683857	9546563	2.36
			<b>2.03</b>

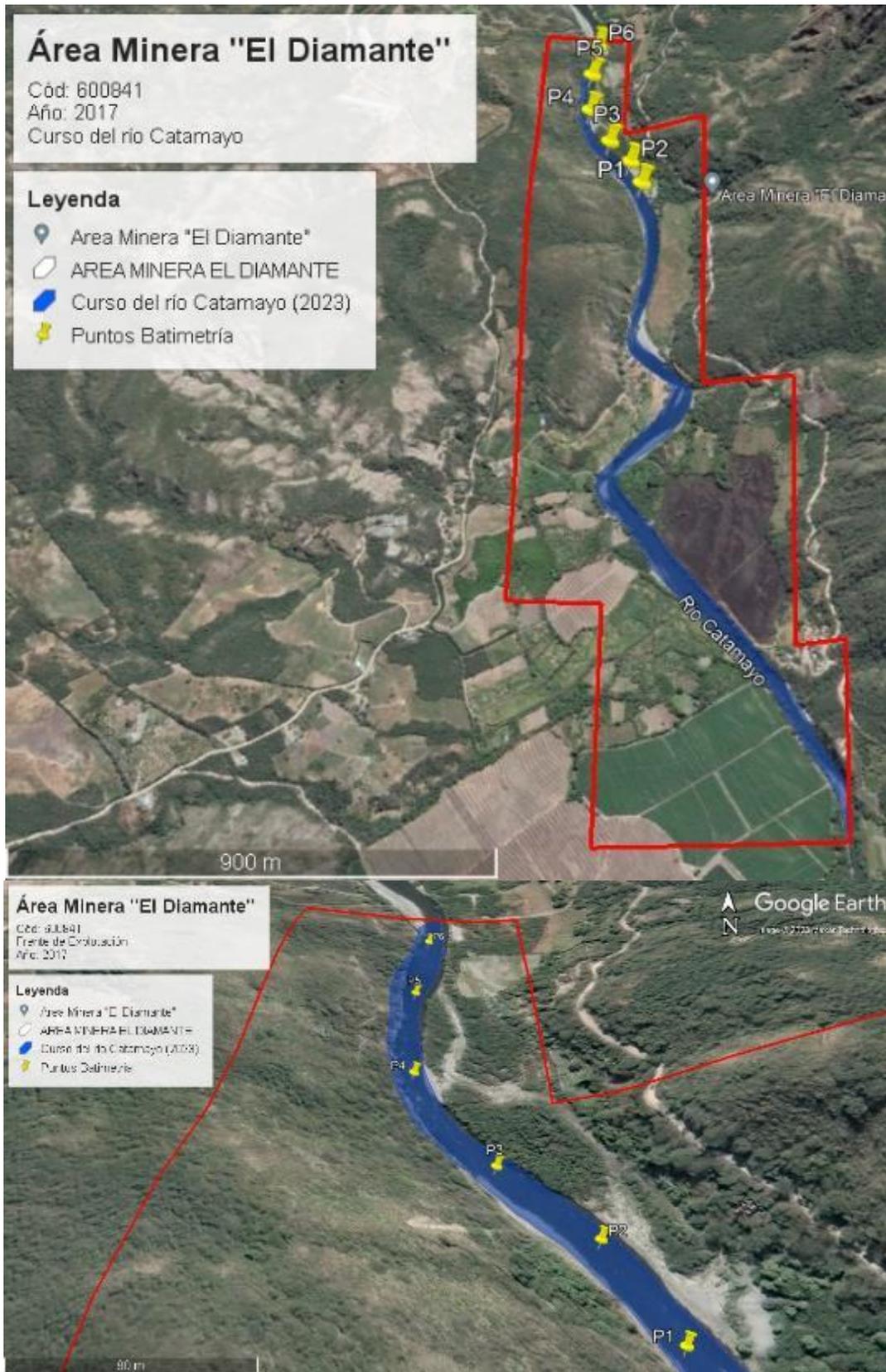


**Figura 23** Batimetría en el río Catamayo

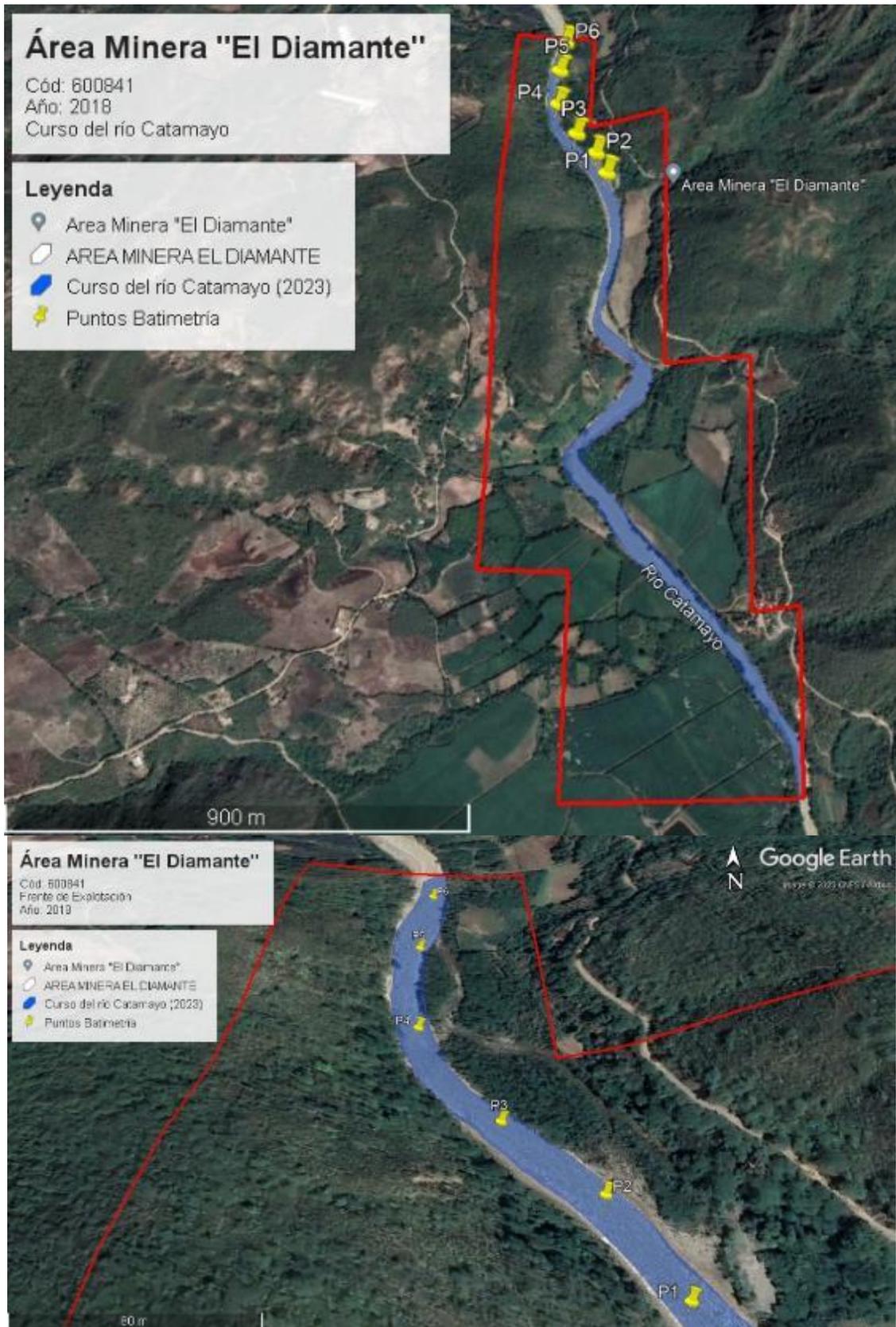
Como parte del estudio, basándose en el curso del río Catamayo a lo largo del área minera y enfocado al frente de explotación se proyecta las imágenes satelitales de Google Earth existentes de los años 2014, 2017, 2018, 2020, y 2023 como se puede observar en las figuras 24-28. Se comparó cada imagen con respecto al curso actual, representado por un polígono de color azul sobrepuesto del tramo del río Catamayo que atraviesa el área orientando como cambia en el transcurso del tiempo. Es importante indicar que las actividades extractivas se desarrollaron desde el año 2015 hasta el año 2017, reflejando el año 2014 como referencia de cambio previo a ellas. Las imágenes de los años desde 2017 en adelante resaltan el comportamiento del río en ausencia de actividades extractivas.



**Figura 24** Imagen Satelital del área minera "El Diamante" 2014  
 Nota: imagen tomada de Google Earth, 2023

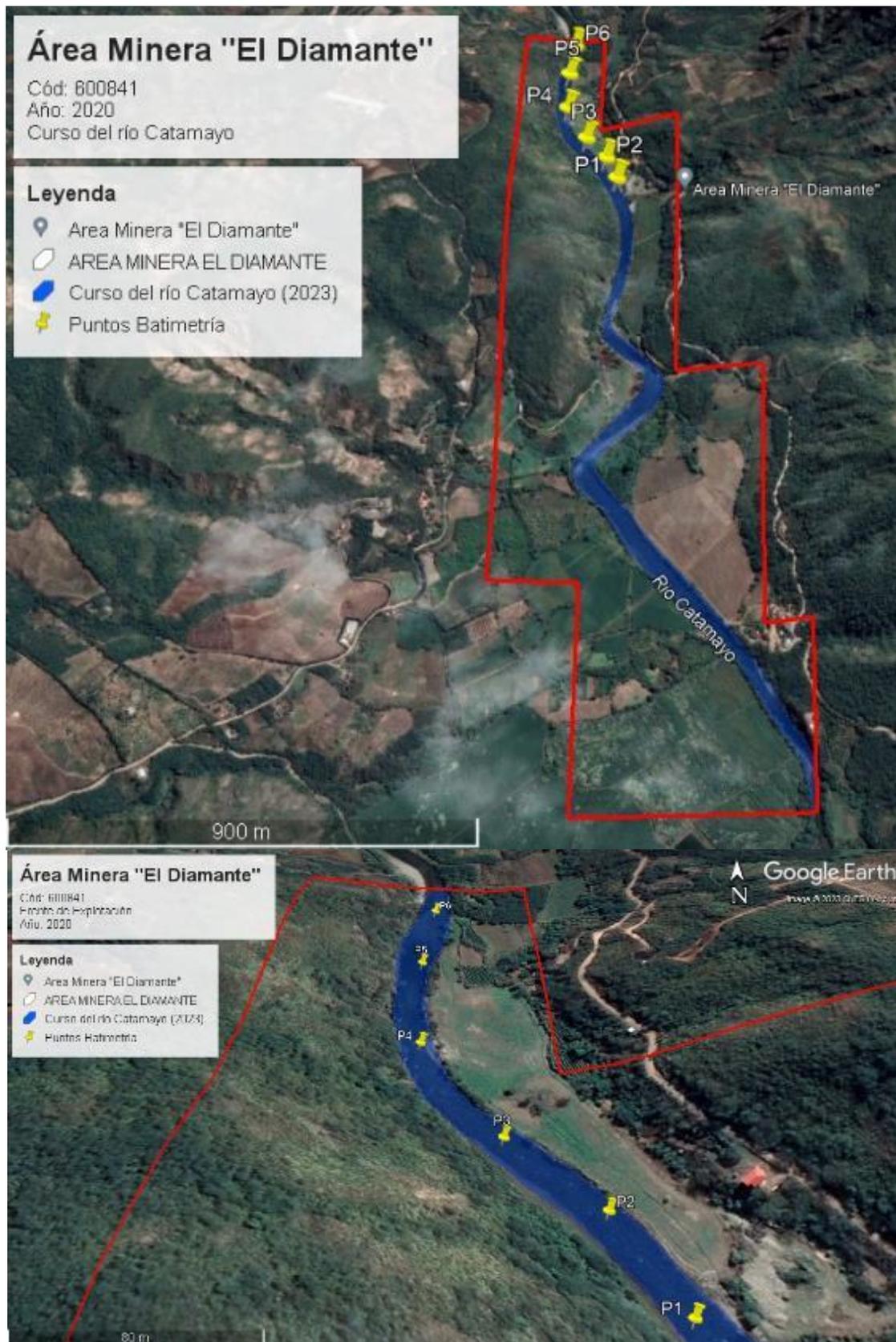


**Figura 25** Imagen Satelital del área minera "El Diamante" 2017  
 Nota: Imagen tomada de Google Earth, 2023



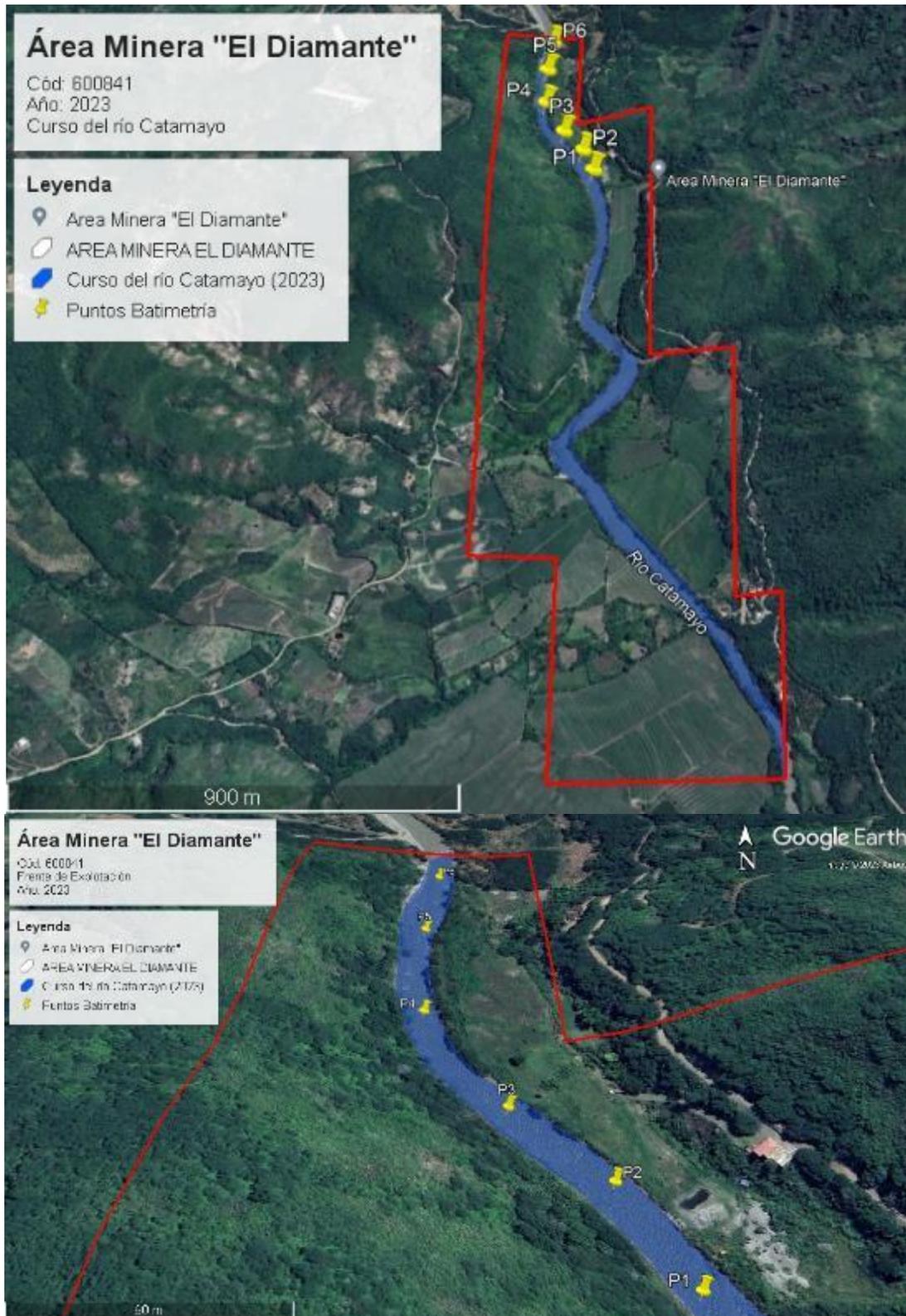
**Figura 26** Imagen Satelital del área minera "El Diamante" 2018

**Nota:** Imagen tomada de Google Earth, 2023



**Figura 27** Imagen Satelital del área minera "El Diamante" 2020

**Nota:** Imagen tomada de Google Earth, 2023



**Figura 28** Imagen Satelital del área minera "El Diamante" 2023  
 Nota: Imagen tomada de Google Earth, 2023

En el año 2014 el río Catamayo presentaba mayor amplitud que al año 2017, se puede ver que inclusive en el tramo del área de trabajo hay una bifurcación que formaba un islote en

la terraza actual la cual aportaba material al depósito provocando su relleno, para el año 2017 se observa que el río tiene un solo curso con menor amplitud e incremento de depósito en las terrazas al margen izquierdo principalmente pero que también ha acumulado material al margen derecho como se presenta en las figuras 24 y 25. Al 2018 el depósito sigue incrementando producto del arrastre del río preferencialmente al margen derecho manteniendo parcialmente igual la amplitud del río; del año 2018 al 2023 se mantiene el curso del río continuando preferencialmente la acumulación del material al margen derecho como se observa en las figuras 26, 27 y 28.

## 6.5 Factores Climáticos

Los datos obtenidos para el proceso de los mapas de Isotermas e Isoyetas respectivamente se obtuvieron de fuentes oficiales como el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI basados en las temperaturas (°C) y precipitaciones (mm) de los últimos 20 años de 3 estaciones denominadas La Argelia, Malacatos, Catamayo, abarcando los cantones influyentes Catamayo y Gonzanamá.

### 6.5.1 Temperatura

La temperatura en el Área minera “El Diamante” oscila entre 18 a 20° C., según el mapa de Isotermas en la figura 29 del Anexo 9.

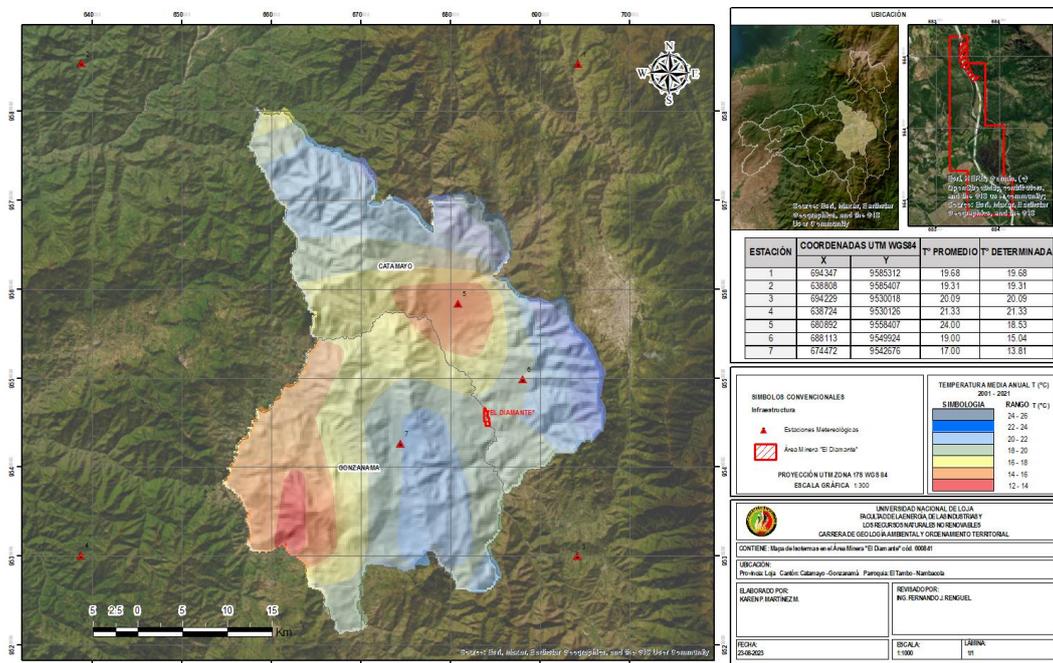


Figura 29 Isotherma del área minera “El Diamante”

### 6.5.2 Precipitación

El área de estudio se ve influenciada por precipitaciones de 750 a 1000 mm por año como se puede observar en el mapa de Isoyetas en la figura 30 del Anexo 10.

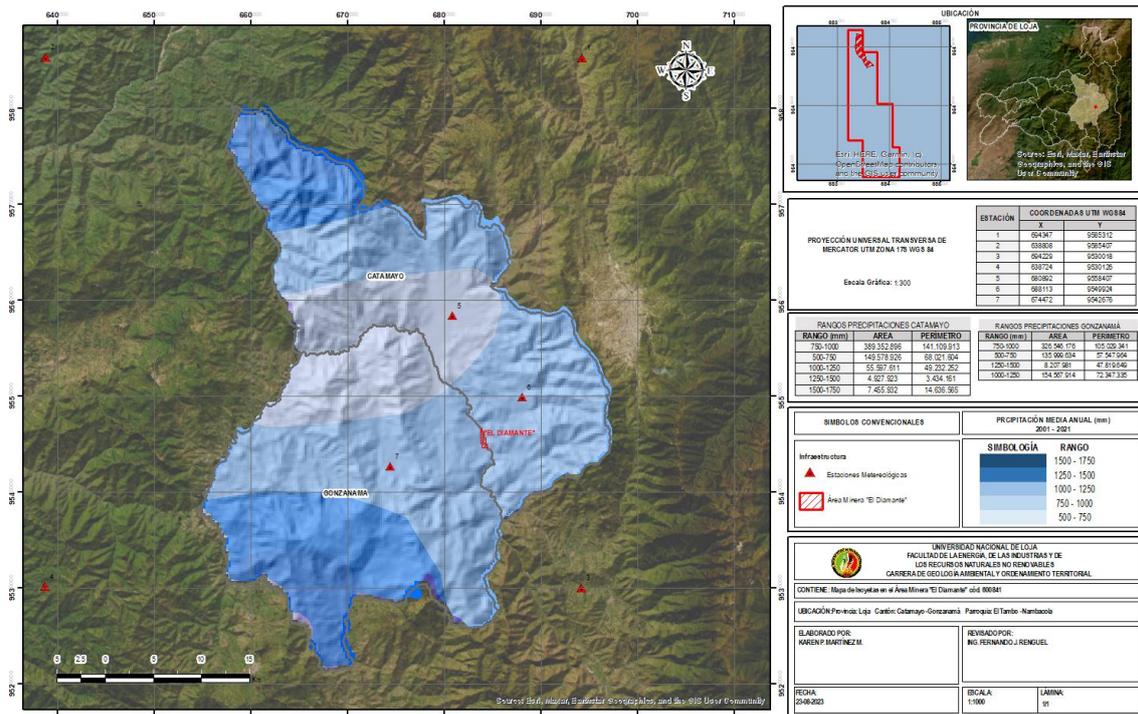
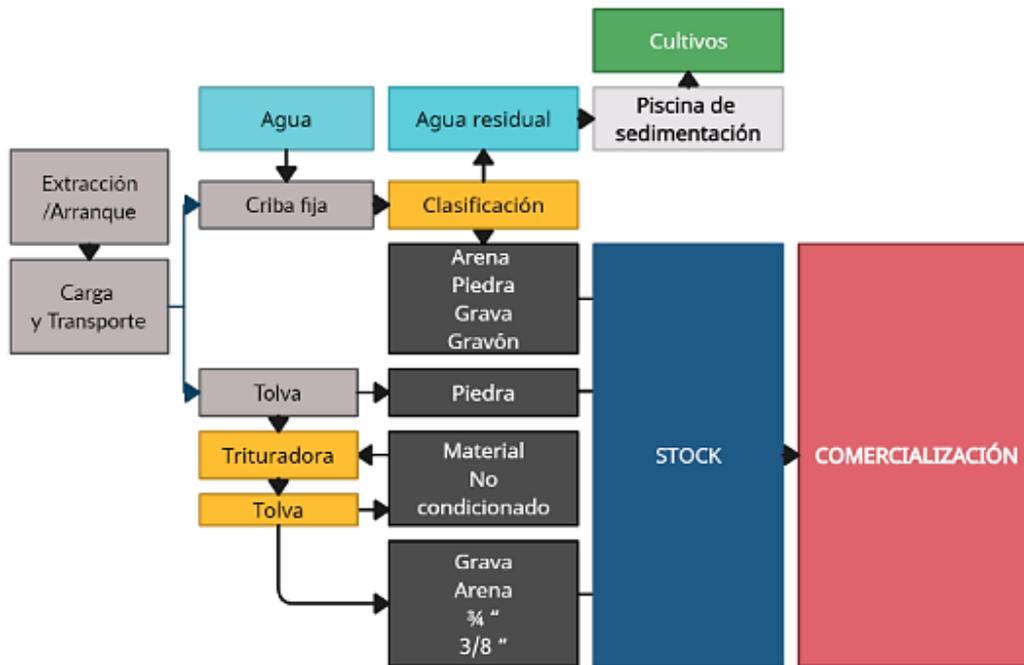


Figura 30 Isoyeta del área minera “El Diamante”

## 6.6 Descripción de las operaciones de explotación en el área minera.

El área minera “El Diamante” actualmente no se encuentra explotando debido al no otorgamiento del permiso de explotación que se solicita anualmente en el que se indica en respuesta a la petición que toda explotación en el río Catamayo aguas arriba del puente “Boquerón” produce socavación provocando la disminución de la cota de agua del río y afectando a la captación de agua potable “La Sota” planta de abastecimiento principal del cantón Catamayo que en referencia con esta área se encuentra con una distancia aproximada de 7 Km.

Las labores de explotación en el área minera “El Diamante”, son: arranque, carga, transporte, trituración, clasificación, comercialización, y aplicación de medidas de protección ambiental como se muestra en la figura 31.



**Figura 31** Labores mineras del área minera “El Diamante”

### 6.6.1 Extracción

La extracción del material acumulado como se indica en el Anexo 25 figura 64, se ha realizado en la ribera derecha del río con el uso de maquinaria pesada como es la excavadora GUIZHON JONYANG JY-60C con cucharón de capacidad de  $0.7 \text{ m}^3$ , con la cual se conformaba una trinchera de corte directo sobre la llanura de inundación y cercano al cauce del río, abarcando 60 metros de frente de trabajo, con dimensiones de franja de explotación entre 4 a 5 metros de ancho por 60 metros de longitud considerando una profundidad de hasta 2,5 metros, formando una protección para el arrastre de material de 15 metros perpendicular al río. Para la extracción el titular depende de la demanda del mercado, estimando la extracción de  $100 \text{ m}^3$  diarios con una oscilación demandante de mercado de 60 a  $80 \text{ m}^3$  diarios máximo.

### 6.6.2 Carga y Transporte

Actividades que se encuentran ligadas entre sí y se realizan de forma consecutiva, es así, con la ayuda de la excavadora GUIZHON JONYANG JY-60C y/o excavadora de orugas Caterpillar 320L que se observa en el Anexo 25 figura 65, o de forma manual se carga y se coloca directamente en el volquete para conducirlo hasta la criba fija, o área de almacenamiento o stock o también directamente a la obra civil donde se la utilizaría sin tratamiento.

### 6.6.3 Cribado

El material durante el proceso se lava con la ayuda de una bomba de agua y se separa de acuerdo a la necesidad del mercado en diferentes granulometrías.

El proceso inicia con la contención del material en una tolva, se descarga y por efecto de la gravedad se clasifica en diferentes tamaños en la criba convencional de 3 m de ancho soportada en un muro de 5 metros de altura conformada por 4 mallas construidas con varillas de hierro con distintos diámetros según la necesidad, considerando desde 2” hasta 1/8” con aberturas de 20 cm hasta 0,5 cm según la malla correspondiente.

Con esta criba convencional se obtiene arena gruesa, arena fina, grava, gravón, y roca como se puede apreciar en las fotografías registradas en el Anexo 25 figura 66 y 67.

El agua procedente para el lavado llega desde un embalse pequeño ubicado a un costado del río Catamayo en el frente de trabajo, y luego de ser utilizada se deja reposar en una piscina de sedimentación acondicionada junto a la criba donde decantan los sólidos en suspensión que a posterior se utilizaba para riego de cultivos con el fin de evitar afectaciones al río Catamayo.

#### **6.6.4 Almacenamiento o Stock**

El área de almacenamiento registrado en el anexo 25 figura 68, es temporal en función de la demanda del mercado, por tanto, la extracción solo se realiza cuando se requiere de material.

#### **6.6.5 Comercialización**

Se lo realiza directamente por la compra de los dueños de los volquetes que los transportan a distintos lugares, Catamayo, Nambacola, Gonzanamá, Cariamanga, Pindual, etc.

#### **6.6.6 Labores de Protección del campo minero**

Las labores de protección del campo minero, consisten en el reforzamiento de los muros de protección en las zonas de cribado y ribera del río Catamayo los cuales se construyen con el material extraído del río que no se procesa por su tamaño al no contar con una planta de trituración; en el caso de la criba fija la protección se realizó con madera.

#### **6.6.7 Aplicación de medidas ambientales**

Transversal a todo proceso realizado en el área minera se aplica el Plan de Manejo Ambiental aprobado por el anterior Ministerio del Ambiente, actual Ministerio de Transición Ecológica y Ambiente recalando que es la entidad que emitió la licencia Ambiental antes de que esta función se transfiera al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Catamayo.

## 6.7 Descripción de las Instalaciones

Las instalaciones del área minera se resumen en la tabla 26 detallándolas a continuación:

**Tabla 26.** Instalaciones del área minera

<b>Personal</b>	<b>Cantidad</b>
Campamento	1
Baños	2
Frente de explotación	1
Zona de acopio	1
Zona de clasificación	1
Zona de trituración	1
Vías de acceso internas	1
Vías de acceso externas	1

### 6.7.1 Vías de acceso

Referente al acceso a la concesión minera existen las vías externas de segundo orden asfaltada correspondiente al tramo Catamayo – Gonzanamá y de tercer orden una carretera no asfaltada que dirige al sector Huayco Bajo de 6 Km de distancia, donde se ubica la presente área de estudio.

En el área se identifican vías internas para la movilización de la maquinaria para la actividad minera como se visualiza en la figura 32, anexo 25 figura 69.



**Figura 32** *Vías de acceso*

### **6.7.2** *Campamento*

Cuenta con una casa de propiedad del titular que se puede observar en la figura 33, la cual se ocupa como campamento, la misma que cumple con las condiciones necesarias para el

uso del personal y visitantes; tiene adaptado una bodega, cocina, comedor, oficina. Esta propiedad cuenta con todos los servicios básicos como luz eléctrica, agua potable, cobertura de internet, servicios higiénicos.

Todas las instalaciones se han señalado conforme a la norma establecida para el efecto (NORMA NTE INEN ISO 3864-1 2013).



**Figura 33** Casa del titular.

### **6.7.3 Baños**

Los baños están acondicionados con servicio higiénico y ducha tanto dentro de la casa de propiedad del titular como en la parte externa al predio, contando con 2 baños completos para uso de los trabajadores. Se puede ver en el Anexo 25 figura 70.

### **6.7.4 Abastecimiento de agua**

El agua para el consumo de trabajadores y personal de área, así como visitantes, se adquiere en bidones en la ciudad de Catamayo, los cuales son ubicados en sectores estratégicos del campamento para el abastecimiento al personal, así como también cuentan con agua potable.

### 6.7.5 Energía eléctrica.

La energía que se utiliza en el campamento y en las instalaciones mineras proviene del sistema nacional interconectado.

## 6.8 Personal

El personal que requiere el área minera de forma ocasional para cumplir con las fases y actividades mineras se describe en la tabla 27, la cual especifica las funciones y permanencias. Además, demandó personal de forma permanente en las labores del área minera que se indican en la tabla 28.

**Tabla 27.** Personal ocasional en actividades del área minera

<b>Personal</b>		<b>Permanencia</b>	<b>Actividades</b>
Ingeniero Geólogo	Operativo y administrativo	Ocasional	Cumplimientos administrativos: Informes de producción, memorias técnicas, auditorías mineras
Ingeniero Ambiental	Operativo y administrativo	Ocasional	Cumplimientos administrativos: Plan de manejo ambiental, Estudio de Impacto Ambiental, auditorías ambientales, monitoreos y auditorías ambientales
Contador	Administrativo	Ocasional	Contabilidad de ventas y gastos en el área minera

**Tabla 28.** Personal permanente en actividades del área minera

<b>Personal</b>	<b>Permanencia</b>	<b>Actividades</b>
Trabajador	Permanente	Administrador, guardia, ayudante.
Trabajador	Permanente	Chorrero, lavado de material en la criba fija
Chofer de Volquete	Permanente	Transporte de material a la criba fija
Operador cargador	Permanente	Despachar el material de venta
Operador excavador	Permanente	Extraer y cargar para cribado

## 6.9 Maquinaria y equipos del área minera.

Para el cumplimiento de las actividades mineras en el área minera “El Diamante” se utilizó la maquinaria y equipos descritos en la tabla 29 contando así con una excavadora, pala de ruedas, volqueta, bomba de agua.

**Tabla 29.** Maquinaria y equipos del área minera

Cantidad	Máquina/equipo	Capacidad	Actividades
1	Excavadora GUIZHON JONYANG JY-60C	0.7 m <sup>3</sup>	Arranque y cargado de material
	Excavadora de orugas Caterpillar 320L	1.25 m <sup>3</sup>	Traslado de material hasta zona de acopio y cargado de material para la venta
1	Volqueta Nissan 205 Mod 79	6 m <sup>3</sup>	Traslado de material desde el frente de explotación hasta la trituradora, y a la zona de acopio
1	Bomba de agua de 2” Honda		Lavar el material en la criba fija

## 6.10 Cálculo de rendimiento de maquinaria en las actividades



**Figura 34** Esquema de distancias de recorrido

Con fines de optimizar se estableció las capacidades de trabajo de la maquinaria descrita en la tabla 29, para lo cual se discurió en los rendimientos asumiendo el factor o coeficiente de llenado de 0.9 el cual dependió del tipo de material a extraer en este caso material de arena y grava (0.9 a 1), conjuntamente también se asumió el coeficiente de transformación referido al material extraído compacto que pasa a tener un coeficiente de esponjamiento de 0.95 a 1.10 y tiempos que demoró las actividades como se observa en la tabla 30.

Los rendimientos de la excavadora GUIZHON JONYANG JY-60C se describen en la tabla 31 considerando su capacidad de 0.7 m<sup>3</sup> del cucharón asumiendo el factor o coeficiente de llenado de 0.9, y tiempos de extracción y carga; para los rendimientos del volquete Nissan 205 Mod 79 se analizó con la capacidad de carga de 6m<sup>3</sup> y tiempos de transporte desde la carga en la zona de extracción hasta la descarga en la criba fija, calculando con factor de llenado de 0.8 (80% de eficiencia), además se calculó la velocidad considerando las distancias especificadas en la figura 34 quien indica 14 m desde la criba hasta la vía de acceso, 78 m adicionales hasta llegar a la zona de arranque, obteniendo los datos matemáticos en la tabla 32 y por último se calculó el rendimiento de la excavadora de orugas Caterpillar 320L usando datos como el peso específico, coeficiente de esponjamiento, tiempo ininterrumpido por actividad en las 6 horas, la distancia de recorrido de la actividad 24 m desde el material cribado hasta el stock y se asignó un tiempo de percance o descanso posible en la jornada como se demuestra en la tabla 33.

**Tabla 30.** Tiempos en el ciclo de trabajo en las actividades del área minera

Actividad	Personal	Volumen de carga	Tiempo	Ciclos	Tiempo total
Arranque	Excavadora GUIZHON JONYANG JY-60C	0.7 m <sup>3</sup>	49 seg.	10	490 seg
Cargado de material para cribado	Excavadora GUIZHON JONYANG JY-60C	0.7 m <sup>3</sup>	47 seg.	10	470 seg
Transporte y descarga del material en la criba fija	Volqueta Nissan 205 Mod 79	6 m <sup>3</sup>	300 seg.	1	300 seg
Clasificación y lavado	Criba fija		300 seg	1	300 seg
Carga de material clasificado, traslado a zona de stock	Excavadora de orugas Caterpillar 320L	1.25 m <sup>3</sup>	60 seg.	3 - 4	240 seg
					1800 seg.

**Tabla 31.** Cálculos de rendimiento de excavadora GUIZHON JONYANG JY-60C

Actividad:	Arranque y carga	
Máquina:	excavadora GUIZHON JONYANG JY-60C	
Volumen de cucharon:	0.7 m <sup>3</sup>	
Cálculos		
Capacidad real	Rendimiento teórico actual	Rendimiento experimental
$E_{real} = E * F_{Llenado}$ $E_{real} = 0.7 \text{ m}^3 * 0.9 = 0.63 \text{ m}^3$	$QT = 3600 * \left(\frac{E_{real}}{T_c}\right)$ $QT = 3600 \left(\frac{seg}{hora}\right) * \left(\frac{0.63 \text{ m}^3}{96 \text{ seg}}\right)$ $QT = 23.62 \frac{\text{m}^3}{h}$	$QTEX = QT * KLL * KT * \left(\frac{Tt}{Tt + Tp}\right)$ $QTEX = 23.62 \frac{\text{m}^3}{h} * 1.10 * 1 \text{ m}^3 * \left(\frac{6}{6 + 1}\right)$ $QTEX = 22.27 \frac{\text{m}^3}{h}$

**Tabla 32.** Cálculos de rendimiento de volquete Nissan 205 Mod 79

<b>Actividad:</b>	Transporte a la criba		
<b>Máquina:</b>	Volquete Nissan 205 Mod 79		
<b>Volumen de carga:</b>	6 m <sup>3</sup>		
Cálculos			
Capacidad real	Velocidad media	Rendimiento	Rendimiento experimental
$E_{real} = E * F_{Llenado}$ $E_{real} = 6 m^3 * 0.9$ $E_{real} = 5.4 m^3$	$V = \frac{distancia}{tiempo}$ $V = \frac{0.102 Km}{0.083 h}$ $= 1.23 \frac{Km}{h}$	$QT = 3600 * (\frac{E_{real}}{Tc})$ $QT = 3600 (\frac{seg}{hora}) * (\frac{5.4 m^3}{770 seg})$ $QT = 25.24 \frac{m^3}{h}$	$Rve = \frac{60 * Qv * Fe}{Tc}$ $Rve = \frac{60 * 6 * 0.8}{13 min * 1.10} = 20.13 \frac{m^3}{h}$
			<b>Rendimiento real promedio acarreo (Rr)</b>
			$Rr = Rt * Eg$ $Rr = 20.13 * 0.83 = 16.71$

**Tabla 33.** Cálculos de rendimiento de Excavadora de orugas Caterpillar 320L

<b>Actividad:</b>	Carga y Traslado de material cribado zona de stock		
<b>Máquina:</b>	Excavadora de orugas Caterpillar 320L		
<b>Volumen de cucharón:</b>	1.25 m <sup>3</sup>		
Cálculos			
Capacidad real	Velocidad media	Rendimiento	Rendimiento experimental
$E_{real} = E * F_{Llenado}$ $E_{real} = 1.25 m^3 * 0.9$ $E_{real} = 1.125 m^3$	$V = \frac{distancia}{tiempo}$ $V = \frac{0.024 Km}{0.067 hora}$ $= \frac{0.36 Km}{h}$	$QT = 3600 * (\frac{E_{real}}{Tc})$ $QT = 3600 (\frac{seg}{hora}) * (\frac{1.125 m^3}{240 seg})$ $QT = 16.87 \frac{m^3}{h}$	$Rve = \frac{60 * Cv * E}{Tc}$ $Rve = \frac{60 * 1.125 * 0.8}{4 min * 0.90} = 15 \frac{m^3}{h}$

La excavadora GUIZHON JONYANG JY-60C tiene una capacidad real de cucharón de 0,63 m<sup>3</sup> con rendimiento de 23.62 m<sup>3</sup> por hora, un total al día de 141.72 m<sup>3</sup> y un rendimiento experimental de 22.27 m<sup>3</sup>/h siendo al día de 133.63 m<sup>3</sup>. Adicional a ello la excavadora de orugas Caterpillar 320L de capacidad de cucharón real de 1.12 m<sup>3</sup> rindió 16.87 m<sup>3</sup>/h y al día 101.22 m<sup>3</sup>, concluyendo en un rendimiento experimental de 15 m<sup>3</sup>/h que al día representó 90 m<sup>3</sup>. Finalmente, la capacidad real del volquete Nissan llegó hasta 5.4 m<sup>3</sup> con rendimiento de 25.24 m<sup>3</sup>/h y un experimental de 19.93 m<sup>3</sup>/h que al día en una jornada de 6h es de 151.44 m<sup>3</sup> y 119.63 m<sup>3</sup> respectivamente.

### 6.11 Ritmo de producción

Se basó en el valor de producción diaria de 100 m<sup>3</sup> con respecto al tiempo de trabajo de la jornada diaria de 6 horas dando como resultado 16.6 m<sup>3</sup>/h como se muestra en la ecuación:

$$RP = \frac{Cantidad\ de\ material\ extraido}{Tiempo\ de\ trabajo} \quad RP = \frac{100\ m^3}{6\ horas} = 16.6 \frac{m^3}{h}$$

### 6.12 Costo de proceso de explotación

Los costos de proceso de explotación del Área Minera “El Diamante” se realizó considerando la producción diaria de 100 m<sup>3</sup>/día, volumen dentro del rango explotable

legalmente permitido en pequeña minería y ordenanza de regulación de materiales áridos y pétreos del cantón Catamayo asumiendo la dependencia de la demanda local para lo cual se indican costos indirectos y directos.

### Costos indirectos

Los costos asignados como indirectos refieren a los trabajos realizados independientes de la producción diaria siendo los servicios profesionales requeridos de manera ocasional para la presentación y realización de informes que se detallan a continuación en la tabla 34, costos administrativos descritos en la tabla 36.

**Tabla 34.** Costos indirectos en servicios profesionales

Personal	Permanencia	Actividades	Frecuencia	Salario	Total, Anual
Ingeniero Geólogo	Ocasional	Informes de producción	Semestral 15 de enero y 15 de julio cada año	\$500.00	\$1000.00
		Auditorías mineras	Semestral, adjunto informe producción	\$300.00	\$600.00
		Memoria Técnica			
		Renovación de permisos de explotación	Anual	\$500.00	\$500.00
		Topografía y Geología	Anual	\$200.00	\$200.00
Ingeniero Ambiental	Ocasional	Auditoría ambiental	Anual	\$350.00	\$350.00
		Monitoreos ambientales (Laboratorio)	Semestral	\$873,60	\$ 1.747.2
		Programa y presupuesto ambiental	Anual	\$150.00	\$150.00
Contador	Ocasional	Contabilidad de ventas y gastos en el área minera	Semestral	\$500.00	\$1.000.00
				<b>TOTAL</b>	<b>\$5.547.20</b>

**Tabla 35.** Costos indirectos administrativos

Detalle	Frecuencia	Fecha	Costo	Total, Anual
Regalías	Anual		3% de costos de producción	\$ 2.510.76
Patentes de conservación	Anual	Hasta 31 de marzo	2% S.B.U por hectárea minera (88 Ha. mineras)	\$ 792.00
Taza Administrativa por permiso de explotación	Anual			\$ 1.350.00
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 4.652.76</b>

Es importante indicar que existen otras obligaciones administrativas con respecto a pagos como se indica en la tabla 35 que refiere a las utilidades correspondiendo el 10% que se

debe distribuir entre los trabajadores del área y el 5% al GADM-Catamayo. Estos porcentajes dependen estrictamente de las ventas semestrales y de los precios de mercado.

**Tabla 36.** Otros cumplimientos administrativos

Cumplimiento	Frecuencia	Fechas	Monto
Utilidades a trabajadores	Semestral	15 de enero y 15 de julio cada año	10%
Utilidades al GAD			5%

Los costos indirectos se calcularon relativamente a los costos de servicios profesionales y costos administrativos dando un total de \$ 10.199.96 dólares como se detalla en la tabla 37.

**Tabla 37.** Total, costos indirectos para producción de 100 m<sup>3</sup>/día

Detalle	Total, Anual
Servicios profesionales	\$ 5.547.20
Gastos legales regalías y patentes de conservación	\$ 4.652.76
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 10.199.96</b>

### Costos Directos

Los costos directos son basados en los costos de personal directo y por insumos, operación de equipos, descritos en la tabla 38 - 39 para la producción diaria establecida

**Tabla 38.** Costos en personal

Personal	Frecuencia	Salario Mensual	Total Anual
Trabajador	Mensual	\$ 500.00	\$ 6.000.00
Trabajador	Mensual	\$ 450.00	\$ 5.400.00
Operador excavador	Mensual	\$ 561.06	\$ 6.732.72
Operador cargador	Mensual	\$ 561.06	\$ 6.732.72
Chofer de Volqueta	Mensual	\$ 691.69	\$ 8.300.28
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 2.763.81</b>	<b>\$ 32.805.72</b>

**Tabla 39.** Costos de producción por combustible y mantenimiento para producción de 100m<sup>3</sup>/día

Extras	Tiempo	Costo unitario	Costo mensual	Total, Anual
Diesel (bomba de agua)	6h/día	\$ 10.00 día	\$ 240.00	\$ 2.880.00
Diesel para 2 máquinas y 1 volqueta	6h/día	\$ 90.00 día	\$ 2.160.00	\$ 25.920.00
Mantenimiento	6h/día		\$ 1.200.00	\$ 14.400.00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 3.600.00</b>	<b>\$ 43.200.00</b>

El total de costos directos es de \$ 76.005.72 dólares anuales, en una producción diaria de 100m<sup>3</sup>/día como se describe en la tabla 40.

**Tabla 40.** Total, costos directos de producción (100m<sup>3</sup>/día)

Detalle	Total, Mensual	Total, Anual
Personal	\$ 2.763.81	\$ 32.805.72
Combustible y mantenimiento	\$ 3.600.00	\$ 43.200.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 6.363.81</b>	<b>\$ 76.005.72</b>

**Costo por m<sup>3</sup> de material extraído.**

El área minera “El Diamante” ha invertido mensualmente para la producción de 100 m<sup>3</sup> diarios \$ 7.183.80 dólares mensuales en 24 días de trabajo extrayendo mensualmente 2400m<sup>3</sup> de material obteniendo con estos datos el costo por m<sup>3</sup> explotado de \$ 2.99 dólares por m<sup>3</sup> como se indica en la ecuación.

$$\text{Costo } m^3 = \frac{\text{Inversión mensual}}{\text{Material extraído mensual } m^3}$$

$$\text{Costo } (m^3) = \frac{\$ 7.183.80 \text{ dólares}}{2400 m^3} = 2.99 \text{ dólares}/m^3$$

### **6.13 Resultados Segundo Objetivo**

Cuantificar las reservas existentes del área minera “El Diamante” código 600841 del barrio “El Huayco”, cantón Catamayo, provincia de Loja.

### **6.14 Calidad del material**

Con respecto a la calidad de los materiales se realizó ensayos de laboratorio cuyos resultado se encuentran en el Anexo 38 donde está la información de los análisis granulométricos de distintas muestras conforme la norma AASHTO T 88-0 que clasificó los suelos según el método SUCS y ASHTO y según la normativa INEN 696; Densidad aparente según la norma INEN 836, materiales finos normado por Norma INEN 697, norma técnica para áridos utilizados en la elaboración de hormigones, resistencia a la compresión simple, resistencia a la abrasión de norma INEN < 50%; desgaste de los sulfatos de la norma INEN < 12% e impurezas orgánicas.

#### ***6.14.1 Análisis Granulométrico de las calicatas***

Se obtuvo como resultado la muestra 1 según clasificación S.U.C.S arena limosa con grava con bloques (SM), en la clasificación ASTM grava y arena arcillosa o limosa (A-2-4) con un 32,45% de grava, 35,76% de arena y 31,76% de finos; En las muestras 2, 3 y 4 la clasificación S.U.C.S coincide en grava bien graduada con limo y arena (GW GM), clasificación ASTM fragmentos de roca, grava y arena (A-1-a) con porcentajes de grava de 66.00, 64.91, 65.07%, arena 28.62, 25.17, 29.71%, finos 5.39, 9.92, 5.22% respectivamente; y la muestra 5 indica en la clasificación S.U.C.S Grava limosa con arena GM y en la ASTM Fragmentos de roca, grava y arena A-1-b con porcentajes de clasificación de 51.06% de grava, 36.68% de arena y 12.26% de finos. Los datos específicos se pueden observar en la tabla 41.

**Tabla 41.** Análisis granulométricos de 5 muestras de las calicatas norma AASHTO T 88-0

UBICACIÓN	M1	M2	M3	M4	M5
COORDENADAS					
X					
Y					
	M1	M2	M3	M4	M5
% Grava	32,45	66,00	64,91	65,07	51,06
% Arena	35,79	28,62	25,17	29,71	36,68
% Finos	31,76	5,39	9,92	5,22	12,26
D <sub>60</sub>	0,48	20,94	21,79	21,46	14,93
D <sub>30</sub>	-	3,13	1,62	2,03	0,34
D <sub>10</sub>	-	0,19	0,08	0,20	-
C <sub>u</sub>	-	109,69	284,32	108,49	-
C <sub>c</sub>	-	2,45	1,57	0,97	0
LL	0	0	0	-	0
LP	0	0	0	-	-
S.U.C.S	Arena limosa con grava con bloques SM	Grava bien graduada con limo y arena GW GM	Grava bien graduada con limo y arena GW GM	Grava bien graduada con limo y arena GW GM	Grava limosa con arena GM
ASTM	Grava y arena arcillosa o limosa A-2-4	Fragmentos de roca, grava y arena A-1-a	Fragmentos de roca, grava y arena A-1-a	Fragmentos de roca, grava y arena A-1-a	Fragmentos de roca, grava y arena A-1-b

#### 6.14.2 Ensayo de abrasión (ASTM C 131/ INEN 861)

El ensayo de abrasión de 2 muestras después de 500 revoluciones dio como resultado entre 28,50% en la muestra 1 y 23,78% en la muestra 2 cumpliendo con la norma técnica siendo menor al <50% de abrasión después de 500 revoluciones detalladas en la tabla 42.

**Tabla 42.** Ensayo de abrasión de las muestras 1 y 2

	Muestra 1	Muestra 2
N° de esferas	12.00	12.00
Masa carga abrasiva (gr) (A)	5000.21	5025.00
Masa total de muestra después de 500 revoluciones (gr) (B)=	3575.00	5000.00
Valor de abrasión (en porcentaje) después de 500 revoluciones (V)=	28.50%	23.78%
	SI CUMPLE	SI CUMPLE
	$V\% = (A - B)/A$	

#### 6.14.3 Materiales finos (Norma Técnica Ecuatoriana NTE. INEN 697)

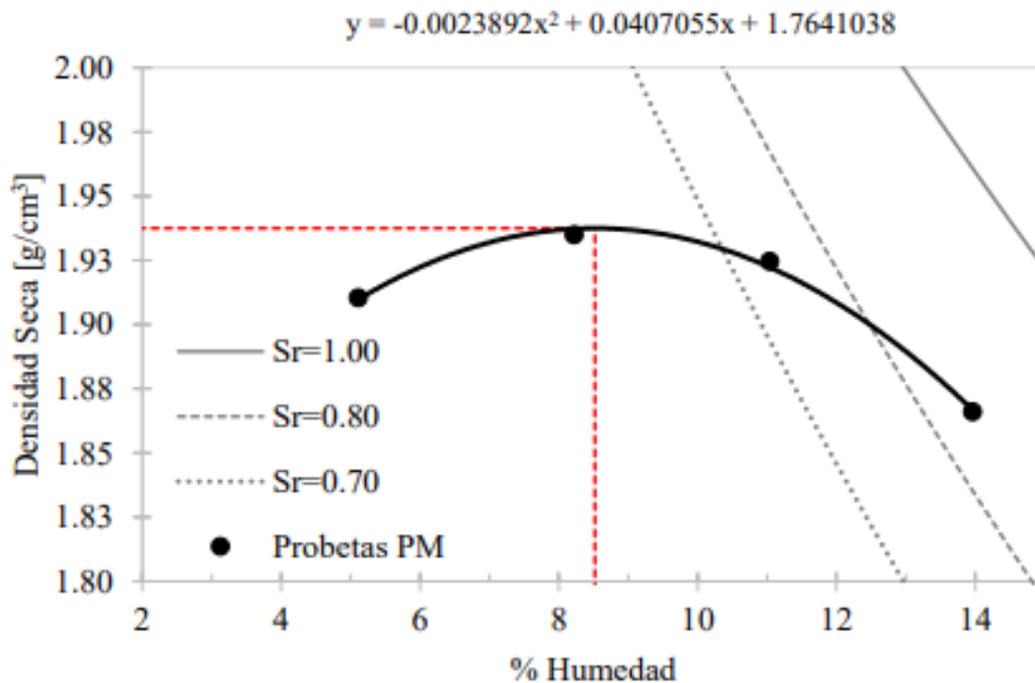
La dosificación de hormigones indica que, en el caso de la arena, las partículas finas menores a 75 micras no deben ser mayor al 5% por tanto cumple con los criterios para la construcción de hormigones al tener un porcentaje promedio de material más fino de 4.14% y en el caso del agregado grueso no debe ser mayor al 1%, por tanto cumple para la construcción de hormigones al ser el porcentaje promedio de material más fino que 75 micrones de 0.67 % como se indica en la tabla 43.

**Tabla 43.** Ensayo de partículas finas menores a 75 micras en agregado fino y grueso

	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
Peso del material antes lavado	1257	3857
Peso del material después del lavado	1205	3831
Porcentaje promedio de material más fino que 75 micrones	4.14 %	0.67 %
	SI CUMPLE	SI CUMPLE

**6.14.4 Ensayo Sólidos Compactos (CBR) (Ensayo Compactación Estándar (Norma ASTM D1883-99/AASHTO T193-98, T180))**

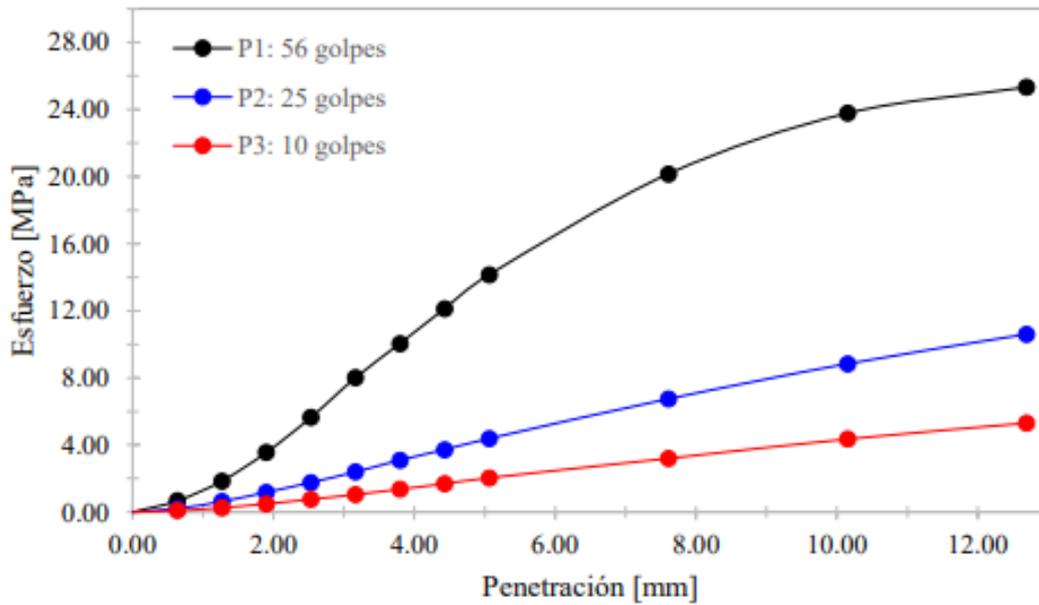
En el ensayo de Compactación Estándar según Norma AASHTO T 180 representado en la figura 35 se determinó la compactación del suelo en relación con el contenido de humedad, obteniendo como resultado la densidad seca máxima de  $1.94 \text{ g/cm}^3$  en un contenido de agua óptimo de 8.52% aplicando 4 ensayos según el método D con un peso del martillo de 4536 gramos. Ensayo que permite la determinación del C.B.R.



**Figura 35** Curva de Densidad seca vs % Humedad

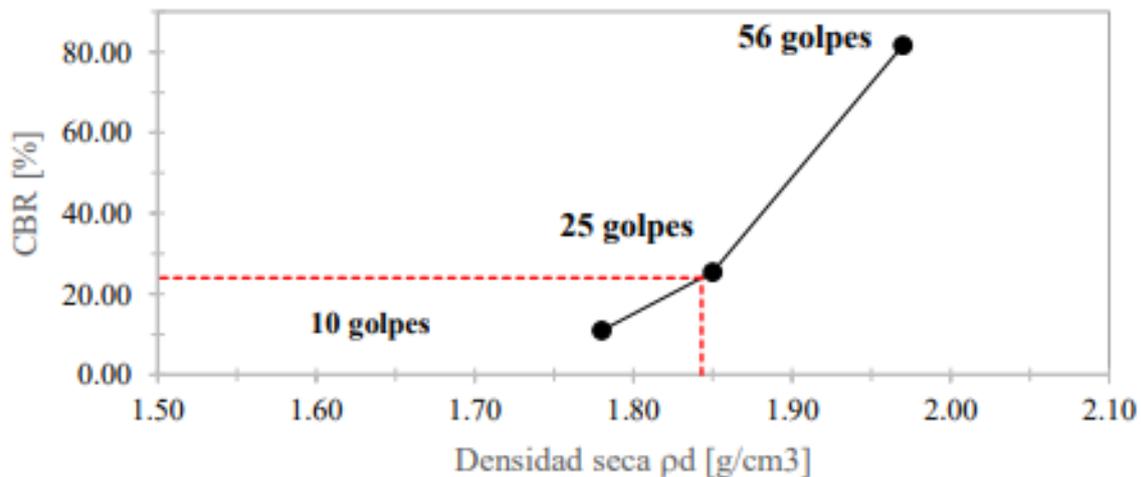
El siguiente C.B.R. es calculado para un peso de martillo de 4536 gramos con una altura de disco esparcidor de 6,137 cm, peso de sobrecarga de 4537.21 en 3 moldes.

La curva de esfuerzo vs penetración de la figura 36 enseña el esfuerzo a los 56, 35 y 10 golpes respectivamente.



**Figura 36** Curva de esfuerzo vs Penetración

A los 25 golpes con una compactación del 95% se determinó un CBR del 30% a una densidad seca de  $1.94 \text{ g/cm}^3$ , y un contenido de agua óptimo de 8.52 % que se puede identificar en la estimación de CBR vs densidad seca de la figura 37, lo que cumple para base, sub-base capa de rodadura el cual requiere un CBR del 30%.



**Figura 37** Estimación de CBR y Densidad seca

#### 6.14.5 Ensayo de Desgaste al Sulfato, (ASTM C-88)

El ensayo de desgaste de sulfato como porcentaje medio de disgregación del material es de 1,78 en la muestra 1 y de 1,80 en la muestra 2 conforme los resultados de las muestras de laboratorio, cumpliendo con lo establecido en la norma técnica <12% que se determinan sus resultados en la tabla 44.

**Tabla 44.** *Ensayo de desgaste de sulfato muestra 1 y 2*

	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>
<b>Porcentaje de Disgregación de Agregados Grueso</b>	1.87	1.96
<b>Porcentaje de Disgregación de Agregados Finos</b>	1.69	1.64
<b>Porcentaje Medio de Disgregación</b>	<b>1.78%</b>	<b>1.80 %</b>
	<b>SI CUMPLE</b>	<b>SI CUMPLE</b>

Considerando el libro Amarillo del Ministerio de Transportes y Obras Públicas (MTO) se tiene el resumen en la tabla 45 que refleja los resultados de los análisis de laboratorio y los criterios de cumplimiento indicando que la calidad del material cumple para capa superior de rodadura, base y sub-base.

**Tabla 45.** *Parámetros de cumplimiento del libro amarillo del MTO*

<b>PARÁMETROS DEL LIBRO AMARILLO DEL MTO</b>				<b>RESULTADOS</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
	<b>Sup. De rodadura (%)</b>	<b>Base (%)</b>	<b>Sub-base (%)</b>		
<b>Abrasión</b>	50 máx	50 máx.	40 máx	28,50%	Cumple
	<b>Sup. De rodadura (%)</b>	<b>Mejoramiento (%)</b>	<b>Sub-base (%)</b>		
<b>CBR</b>	**	> 20%	30%	30%	Cumple
	<b>Sup. de rodadura (%)</b>	<b>Base (%)</b>	<b>Sub-base (%)</b>		
<b>Límite Líquido</b>	35% máx.	**	25% máx.	0	Cumple
	<b>Índice de Plasticidad</b>				
	9% máx.	6% máx.	0%	0	Cumple

## 6.15 Reservas

### 6.15.1 Descripción de calicatas

Se realizaron 11 calicatas descritas en el Anexo 21 que permitieron detallar información litoestratigráfica en el área de interés, para lo cual se requirió una excavadora que ingresó el brazo del cucharón hasta la máxima profundidad permitida por la maquinaria permitiendo calcular la profundidad media del depósito y proceder al cálculo de reservas.

- **Calicata 1 (C1)**

En la calicata 1 representada en la figura 38 se llegó a una profundidad de 3.60 m conformado por 10 cm de limo y cobertura vegetal en la capa superior seguido de 3,50 m de material como grava y arena. En el ensayo de laboratorio de granulometría se determinó los porcentajes de % Grava= 32.45, % Arena= 35.79 y % Finos= 31.76.

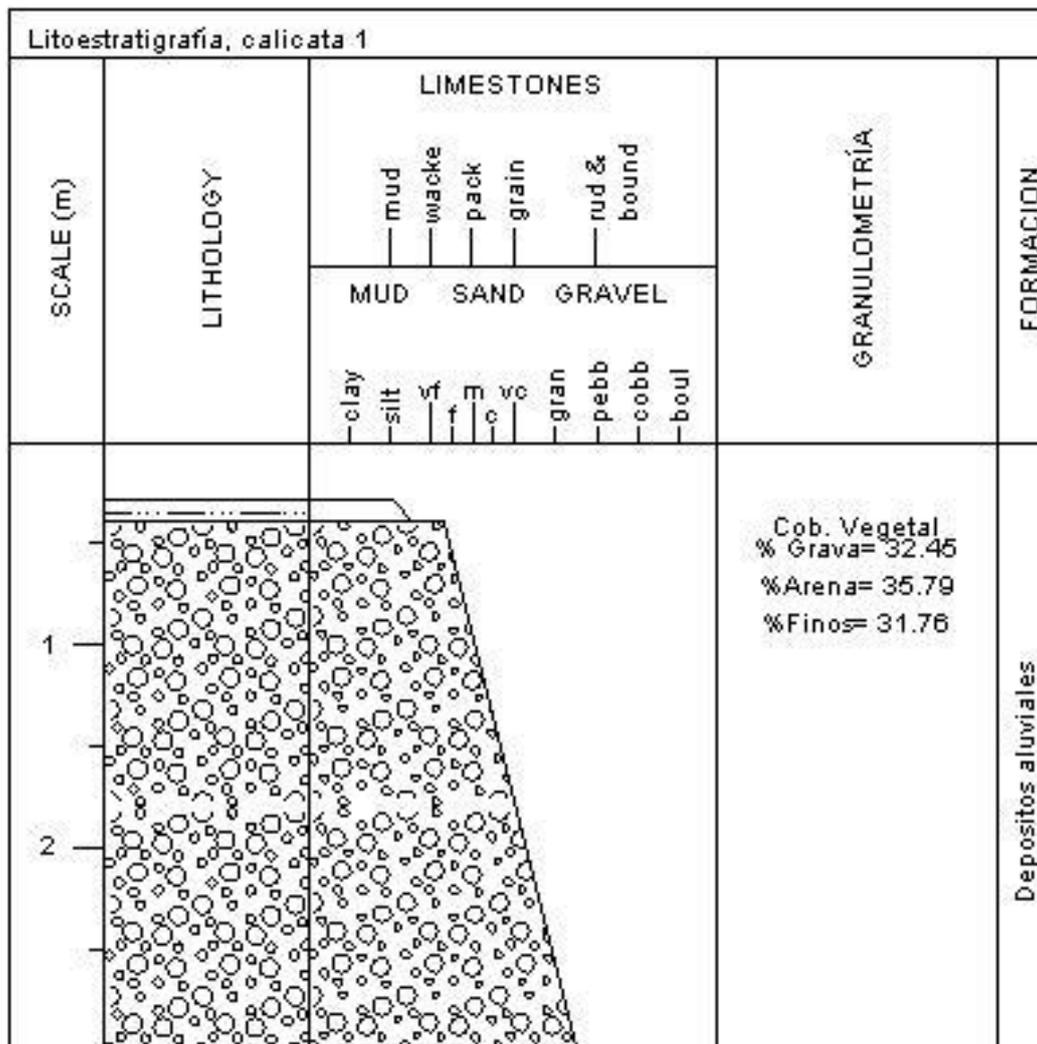
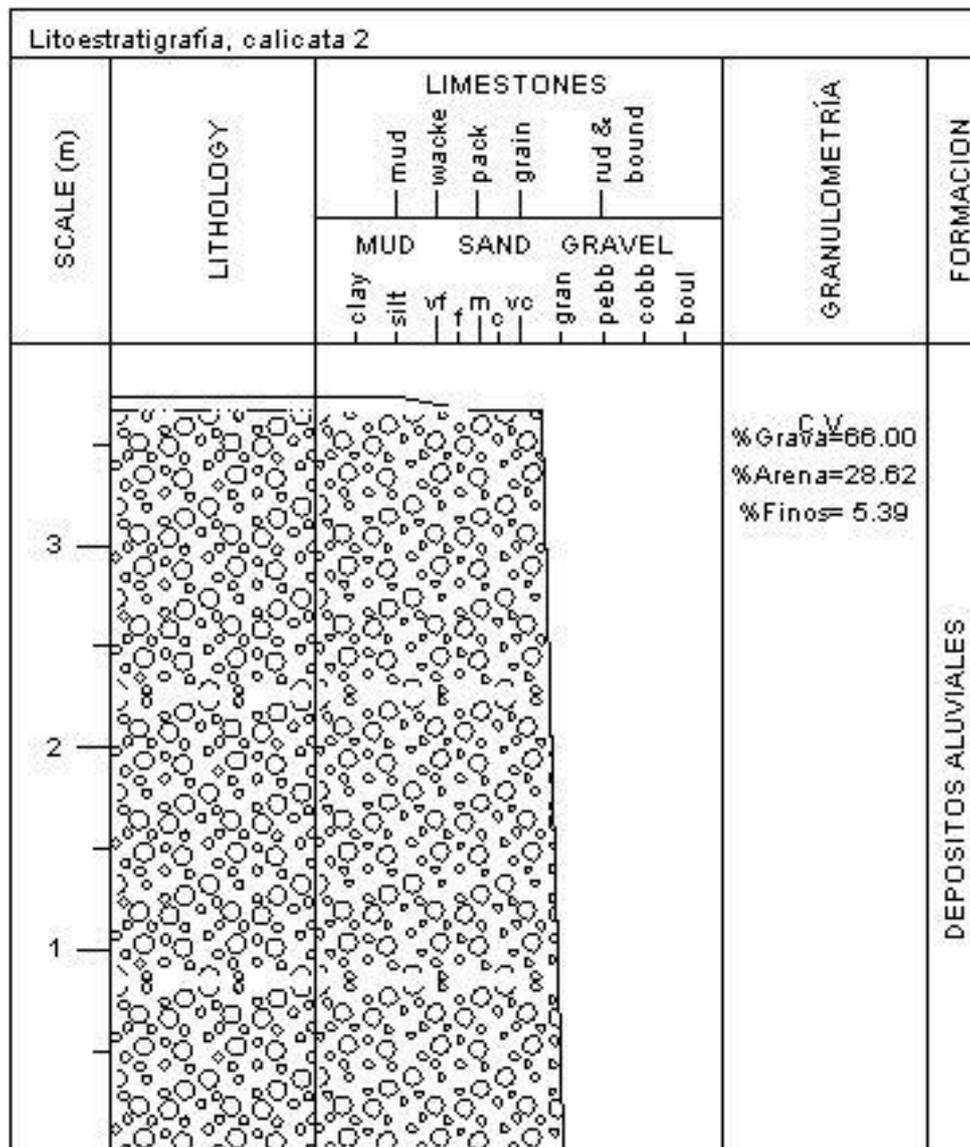


Figura 38 Litoestratigrafía de calicata 1

- **Calicata 2**

En las coordenadas UTM/WGS84: X:683993, Y:9546198 y Z:1219 m.s.n.m se realizó la calicata 2 como se esquematiza en la figura 39 teniendo una profundidad de 3.80 m en el cual los primeros 7 cm se encontraba material limo y cobertura vegetal, seguido de arena y grava en una sola estratificación de 3.67 m. El análisis granulométrico indica %Grava=66.00 %Arena=28.62 y %Finos= 5.39.



**Figura 39** Litoestratigrafía de calicata 2

- **Calicata 3**

La calicata 3 descrita en la figura 40 realizada en coordenadas UTM/WGS84: X:683922, Y:9546285 y Z:1233 llegó a una profundidad de 3.70 m distribuido en estratos de 6 cm de limo y cobertura vegetal, seguido de 3,59 m arena y grava en la misma capa. El análisis granulométrico estableció Grava=64.91%, Arena=25.17 %, Finos= 9.92%.

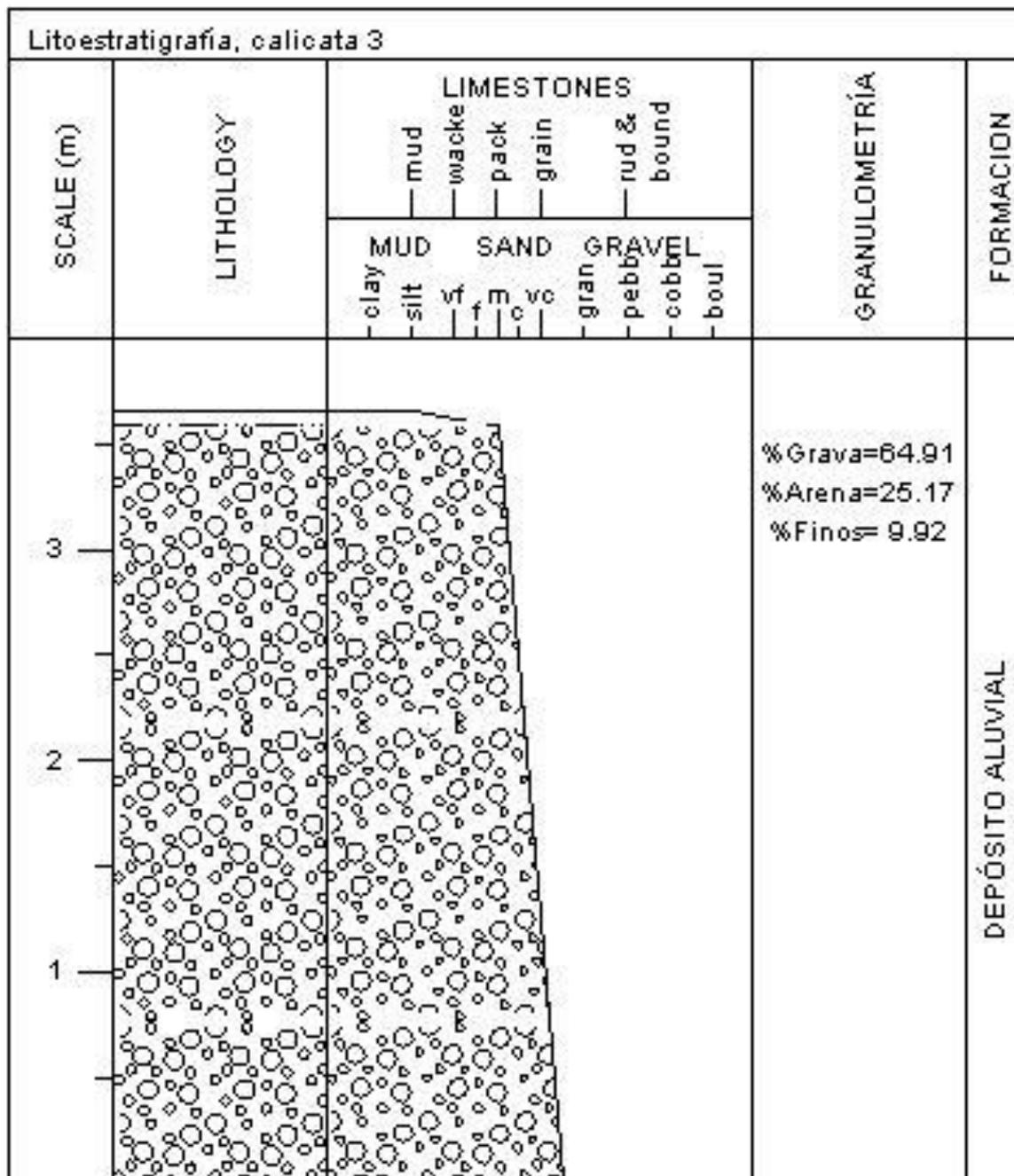


Figura 40 Litoestratigrafía de calicata 3

- **Calicata 4**

En coordenadas UTM/WGS84: X: 683942, Y:9546307 y Z:1232 se realizó la calicata 4 cuya profundidad es de 3.70 m en el cuál 5 cm está conformado por material como limo y cobertura vegetal, 3.60 m está compuesto por grava y arena sin estratos diferenciados. La granulometría realizada en la muestra de esta calicata dio como resultado %Grava=65.07 %Arena=29.71 %Finos= 5.22 como de detalla en la figura 41.

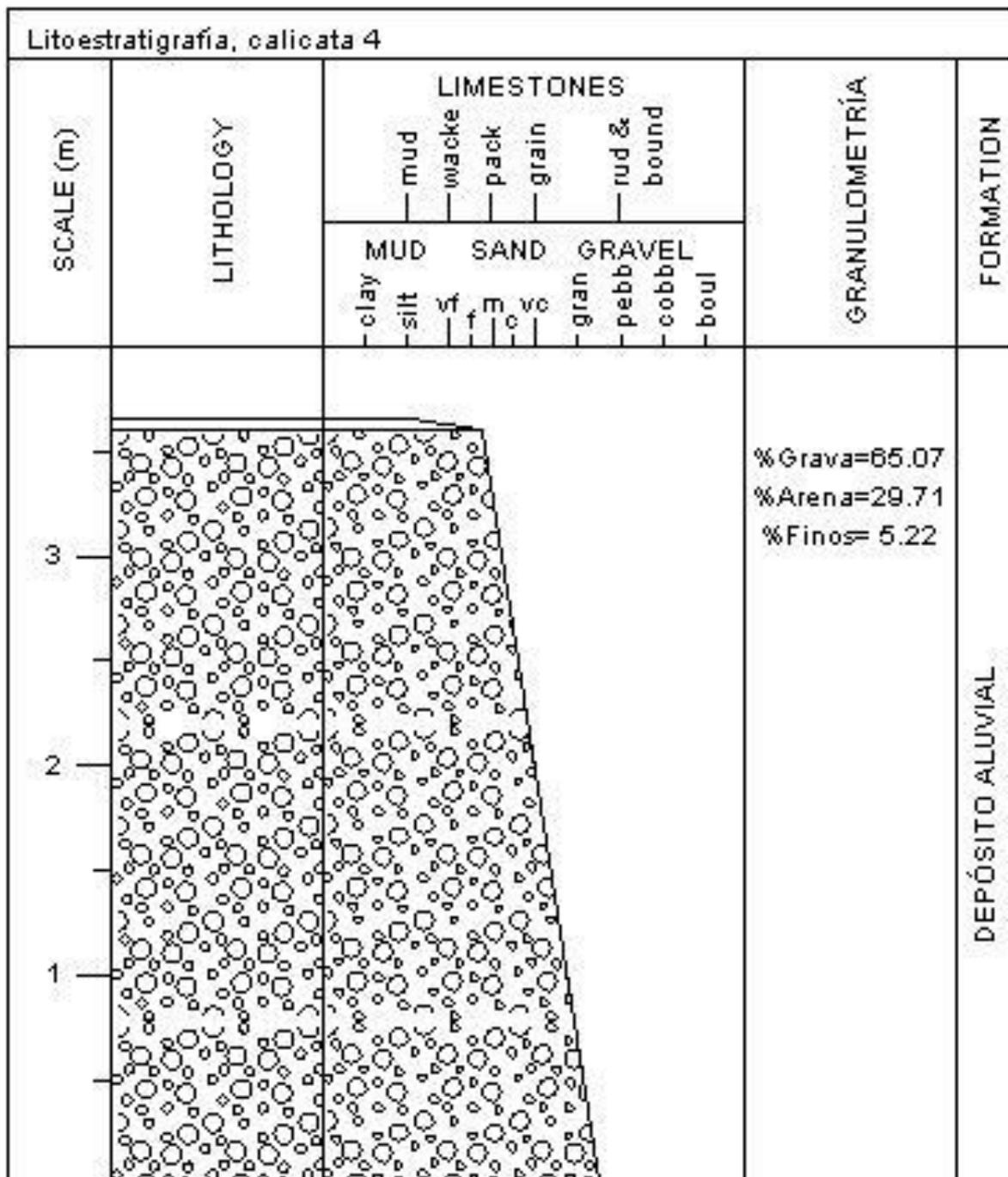


Figura 41 Litoestratigrafía de calicata 4

- **Calicata 5**

La calicata 5 se encuentra en las coordenadas UTM/WGS84 X:683962, Y: 9546269 y Z:1219 a una profundidad de 3.10 m conteniendo en un primer estrato de 5 cm de limo y cobertura vegetal, continuado de arena y grava de 3.02 m. Según análisis granulométrico que se describe en la figura 42, está distribuido de la siguiente manera: Grava=51.06 %, Arena=36.68 %, Finos= 12.26%.

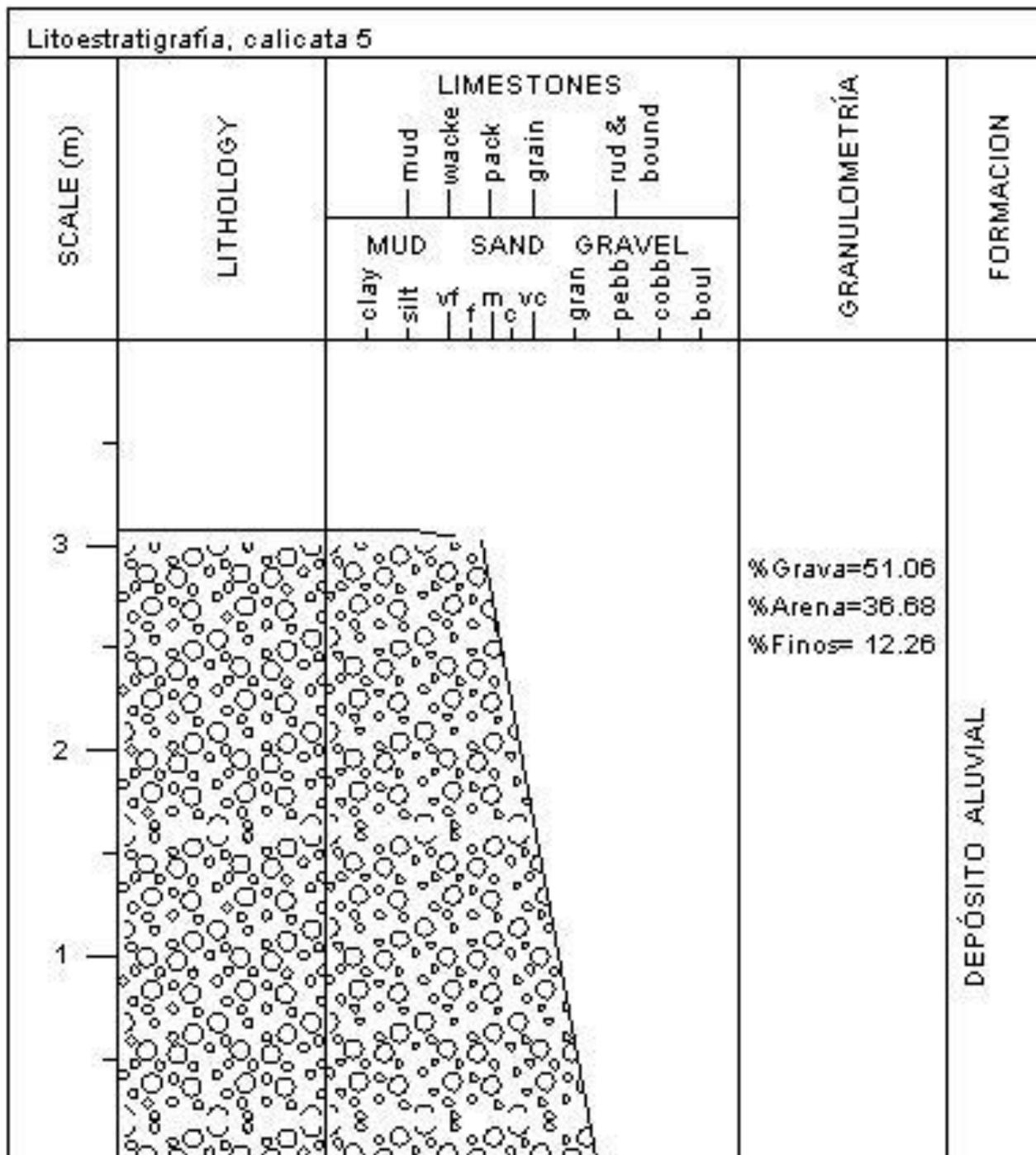


Figura 42 Litoestratigrafía de calicata 5

- **Calicata 6**

En coordenadas UTM/WGS84 X:683909 y Y: 9546350, se encuentra la calicata 6 con una profundidad de 4.10 m, donde arena y grava tiene una potencia de 3.88 m y una capa de limo de 12 cm con cobertura vegetal. Definido en el esquema de la figura 43 como 30 % grava, 64 % arena y 6% Finos.

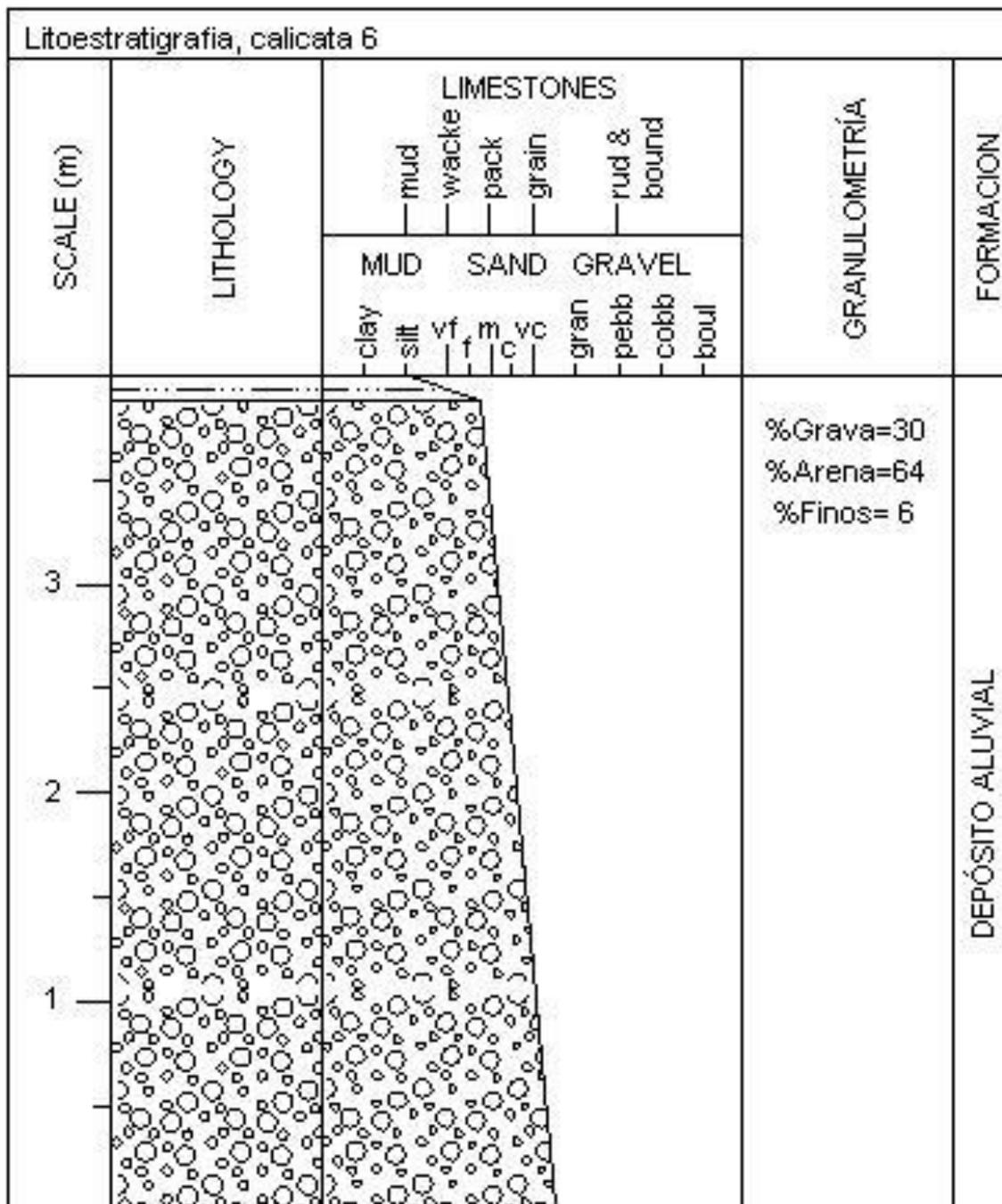


Figura 43 Litoestratigrafía de calicata 6

- **Calicata 7**

La calicata 7 en coordenadas UTM/WGS84 X:683878 y Y:9546413 Se llegó a una profundidad de 3.60 m, representando 3,45 m de material principalmente de arena en un 63% y 31% de grava; una capa de 10 cm de limo con raíces de cobertura vegetal indicado en la figura 44.

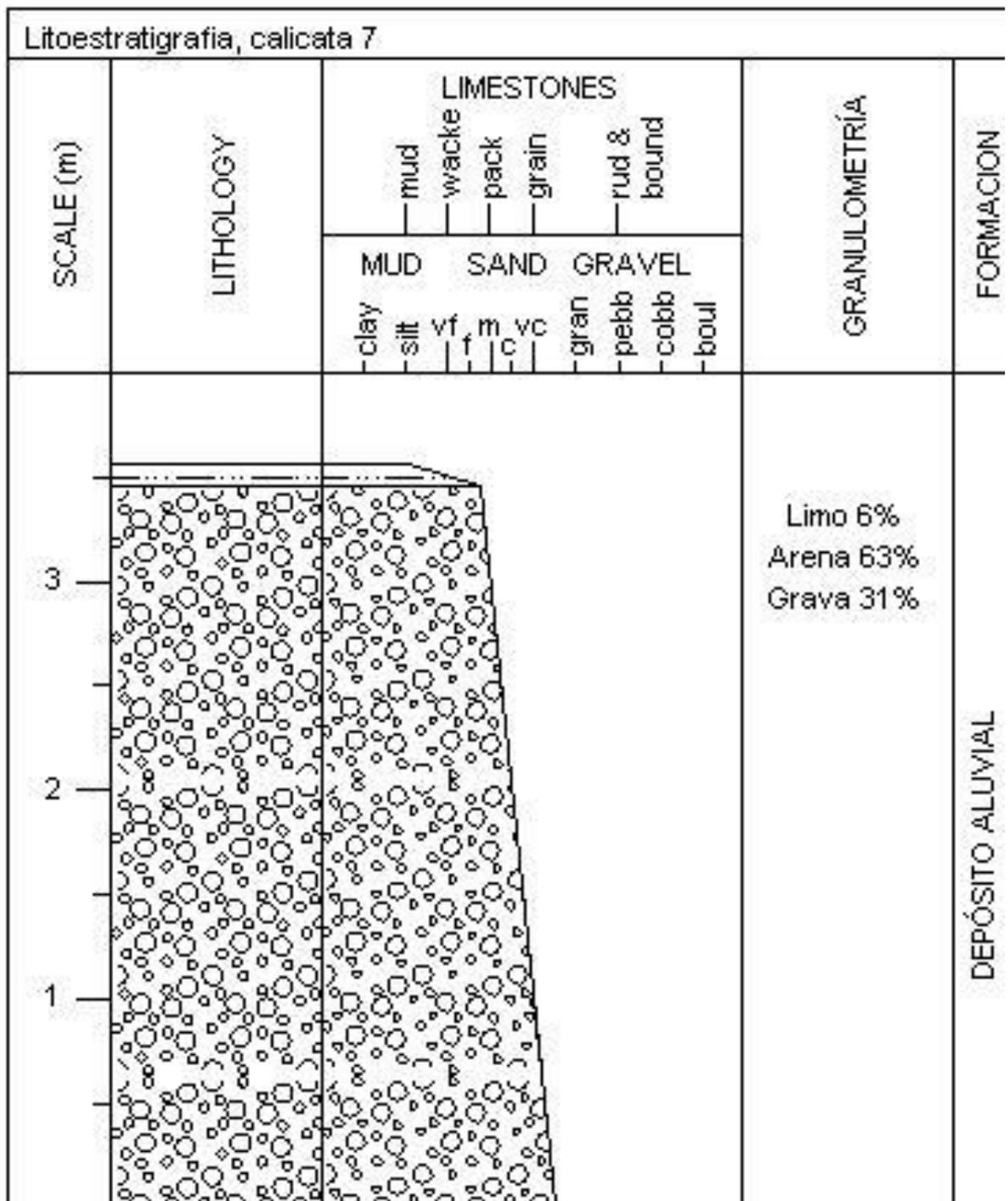


Figura 44 Litoestratigrafía de calicata 7

- **Calicata 8**

En coordenadas UTM /WGS84 X: 683914, Y: 9546410 la calicata 8 descrita en la figura 45 tuvo una profundidad de 4,30 m, de los cuales 4,12 m son de arena con un 71% y 22% de grava y 15 cm de potencia en raíces vegetales con material fino limoso.

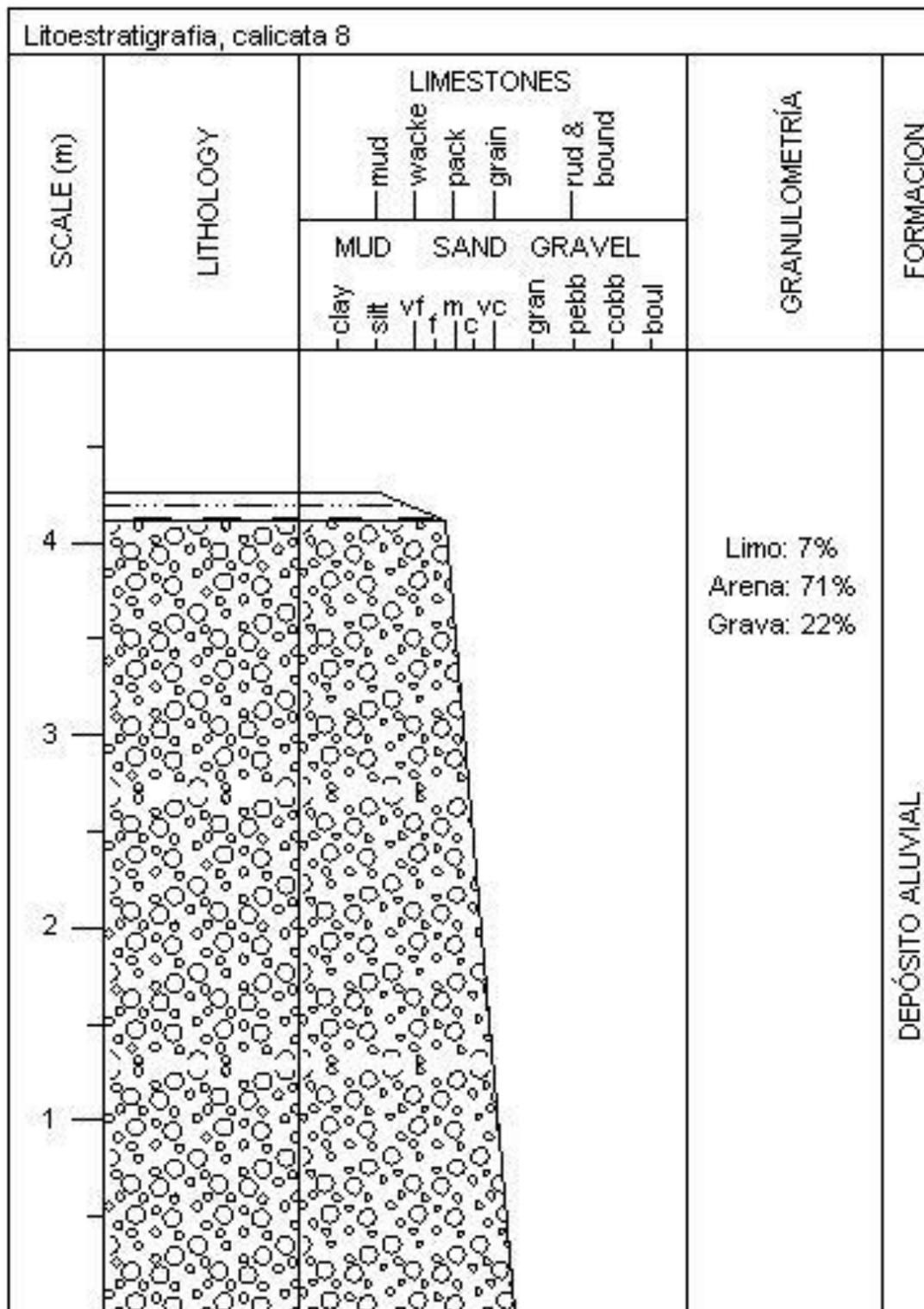


Figura 45 Litoestratigrafía de calicata 8

- **Calicata 9**

La calicata 9 de 3.86 m de profundidad en coordenadas UTM/WGS84 X:683900, Y:9546554 conformado por la parte superficial de cobertura vegetal y finos con una potencia

de 13 cm seguido de 3,69 m de material arena y grava en porcentajes 25 % grava y 68 % arena, detallada en la figura 46.

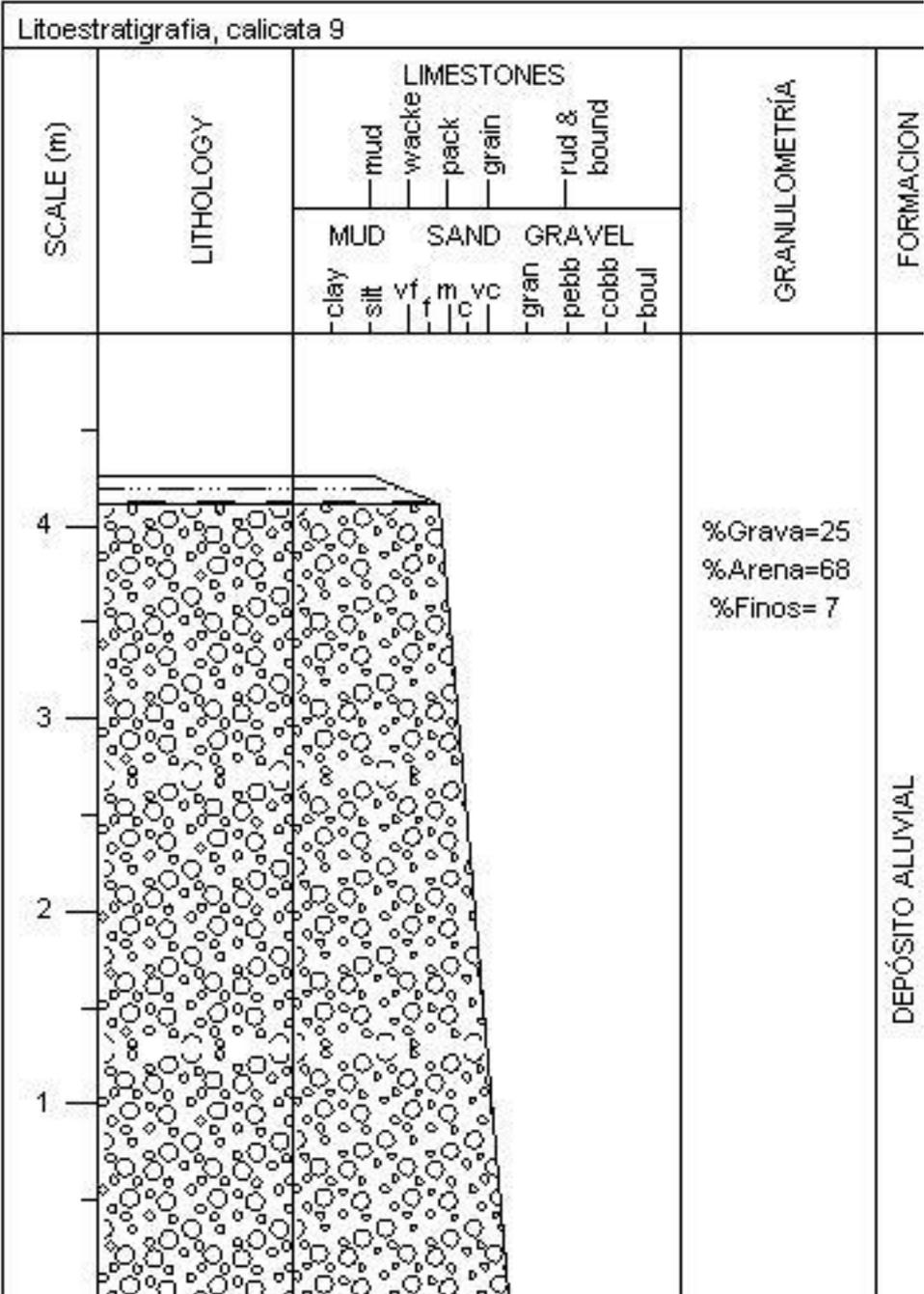


Figura 46 Litoestratigrafía de calicata 9

- **Calicata 10**

Con una profundidad de 4.80m en coordenadas UTM/WGS84 X:683937, Y:9546546 se ubica la calicata 10, especificada en la figura 47, la cual dató 4,67 m de potencia de materiales como arena, con clastos gruesos en porcentajes 31 %Grava y 65% arena y una capa fina de 10 cm de cobertura vegetal procedente de sembríos.

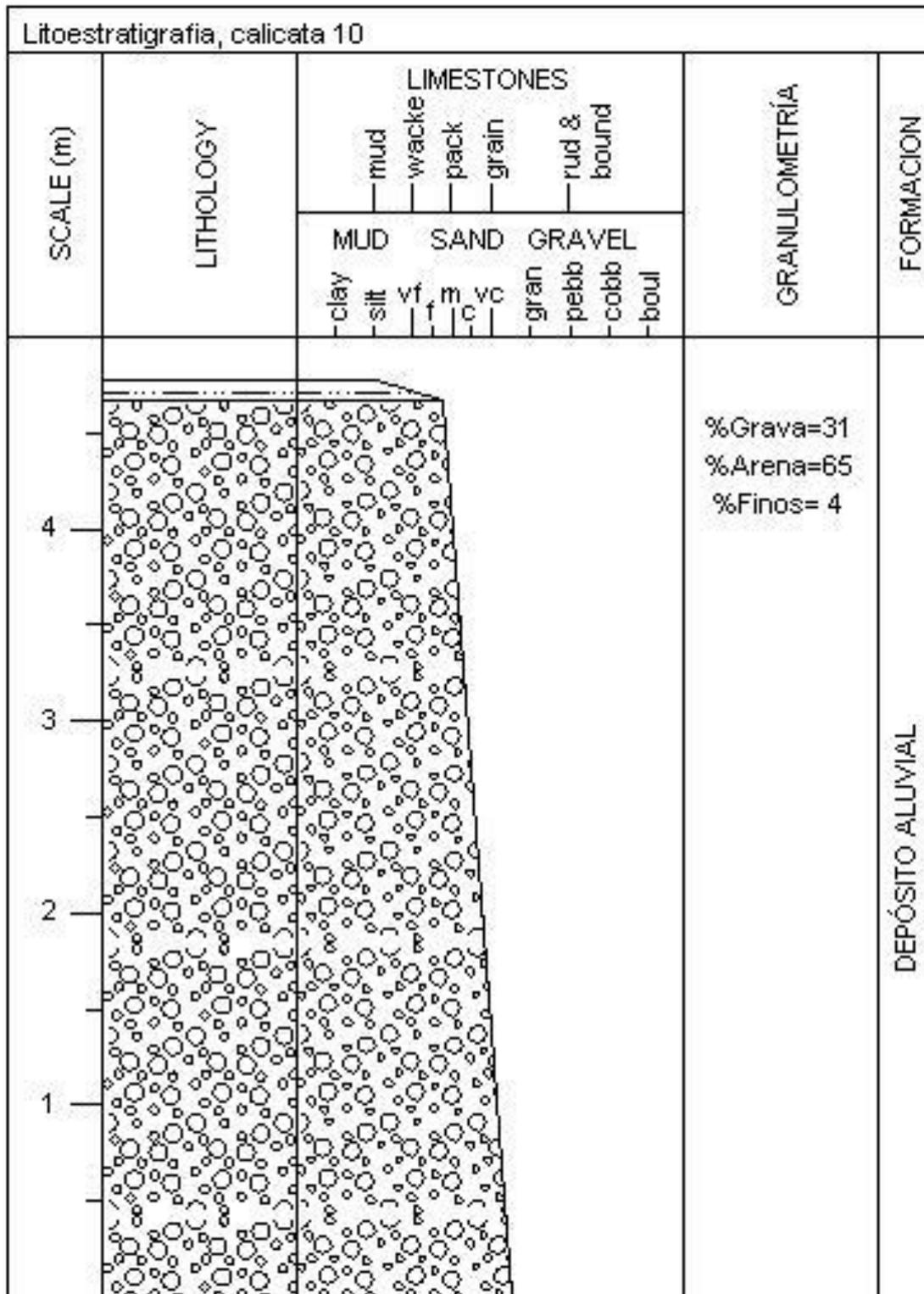


Figura 47 Litoestratigrafía de calicata 10

- **Calicata 11**

En coordenadas UTM/WGS84 X:683902, Y:9546490 la calicata 11 de profundidad 4.40 m distribuida en 10 cm de capa vegetal, seguido de 4cm de potencia de arena, 80 cm de

material como grava con matriz arenosa, 3.05 m de cantos gruesos de diámetros hasta de 20 cm y el nivel freático hasta llegar a la base de la calicata de 5 cm. Calculando el material en porcentajes se podría determinar 10% grueso, 25% grava, 62% arena y 3% Finos como se relaciona en la figura 48.

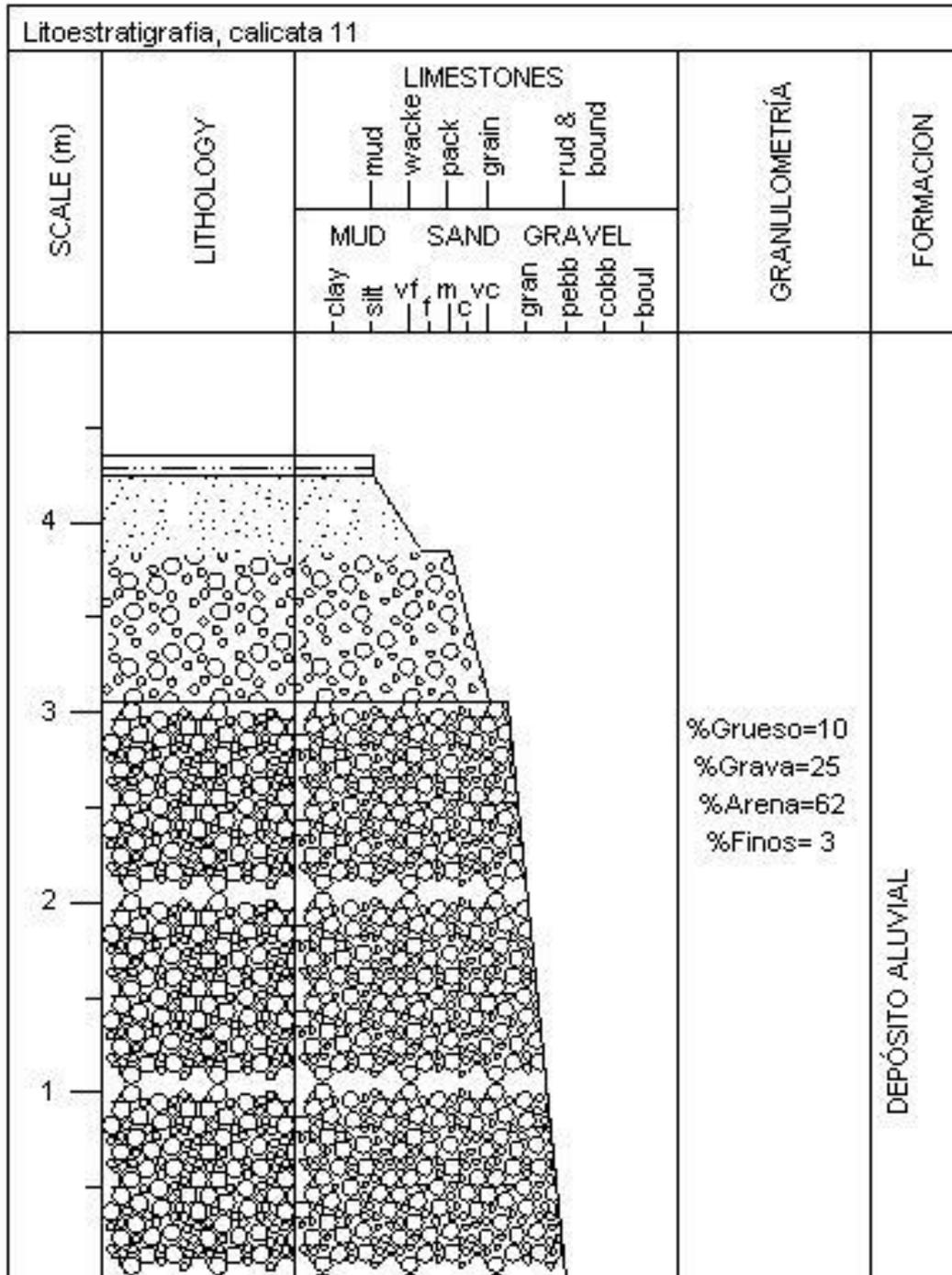


Figura 48 Litoestratigrafía de calicata 11

### 6.15.2 Sondeo Eléctrico Vertical

Por medio del método indirecto sondeo eléctrico vertical en la figura 49 se tendió 1 línea de 100 metros de longitud AB/2 respectivamente basado en el arreglo Schlumberger para corroboración, donde se obtuvieron los datos en la tabla 46.



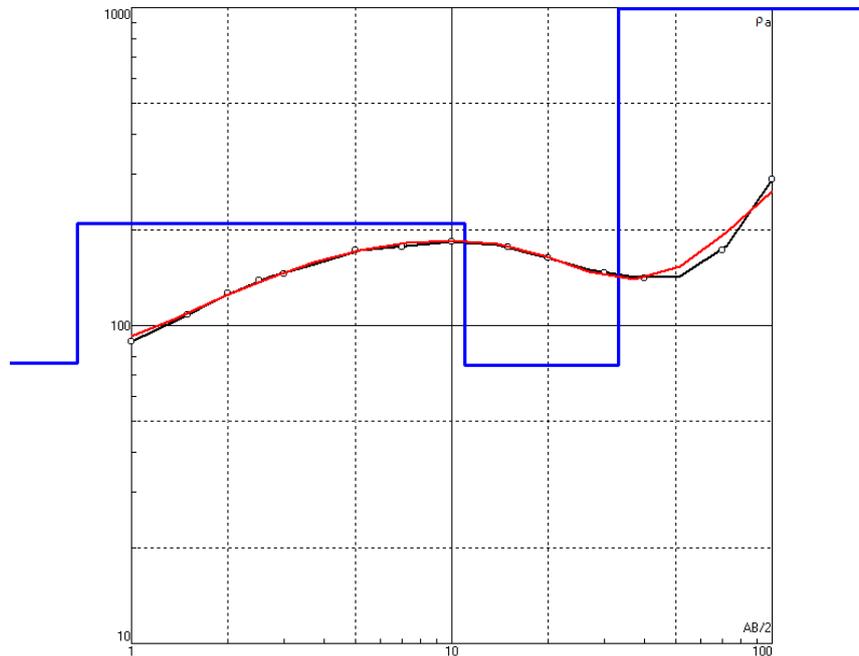
Figura 49 Línea de SEV

Tabla 46. Datos de campo ensayo de resistividad eléctrica

Coordenadas UTM/WGS84	X: 683959	Y: 9546264	Arreglo Schlumberger		
Azimut	148°				
ESTACIÓN	ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	K	Ohm.m	
1	1	0,5	5.89	71,91	
2	1,5	0,5	13.74	86,09	
3	2	0,5	24.74	116,19	
4	2,5	0,5	38.87	131,55	
5	2,5	1	18,85	135,8	
6	3	0,5	56,15	140,95	
7	3	1	27.48	149,25	
8	5	1	77.75	171,68	
9	7	1	153.15	183,06	
10	10	1	313.37	171,85	
11	10	2,5	123.7	177,94	
12	15	1	706.07	165,04	
13	15	2,5	280.78	171,8	
14	20	2,5	500.69	129,3	
15	20	10	117.81	163,58	
16	30	10	274.89	128,74	
17	40	10	494.8	70,05	
18	70	10	1532	74,06	
20	100	10	3134	489,45	

Representando en el software de IPI2WIN se obtuvieron 3 capas como se muestra en la figura 50, con potencias de 0.68 y 32.5 respectivamente.

El error obtenido es de 4.14% siendo aceptable la configuración al ser menor del 5%.



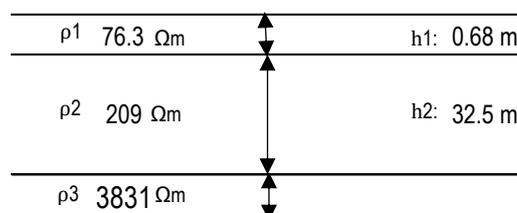
**Figura 50** Curva de resistividad del perfil eléctrico en “El Diamante”

En la curva de resistividad del perfil eléctrico se determinan 4 capas, según las resistencias obtenidas determinándose que por el tipo de curva son 3 capas determinando que la segunda y tercera capa son una misma por el tipo de material y las resistencias como se indica en la tabla 47.

**Tabla 47.** Interpretación de resistencias eléctricas del SEV obtenidas en IPI2WIN

N° Capas	Resistividad	Potencia De Capa	Profundidad
1	76.3	0.68	0.68
2	209	32.5	33,18
3	3831		

En el perfil geo eléctrico de la figura 51 se indica la disposición de las 3 capas con sus respectivas profundidades lo que determina la presencia de los materiales en la tabla 50.



**Figura 51** perfil geo eléctrico del SEV realizado en “El Diamante”

El suelo correspondiente con respecto al SEV, indican materiales como limos, gravas, arenas, y roca intemperizada que es la base, teniendo 33.18 metros de material aluvial como se indica en la tabla 48.

**Tabla 48.** Interpretación de resistencias eléctricas del SEV obtenidas en IPI2WIN

Resistividad $\Omega\text{m}$	Espesor (m)	Correspondencia del material
76.3	0.68	Limo cuya resistividad es de 20 - 100
209	32.5	Grava y arena
3801		Roca intemperizada

### 6.15.3 Profundidad media

Se determinó la profundidad media del área de explotación por medio de 11 calicatas que permitan cubrir el área de interés de estudio a través del uso de una excavadora ingresando el cucharón hasta una profundidad sobre la línea de talweg, además se midió la potencia del depósito en la llanura de inundación en 8 puntos desde el espejo de agua para el cálculo de las reservas conjunto con las calicatas, mencionando que la medición se realizó en el río en cota elevada por precipitaciones. Los datos se indican en la tabla 49 y se representan en el anexo 20.

**Tabla 49.** Profundidad Media de Calicatas y llanuras de inundación

	N°	Ubicación Coordenadas UTM/WGS84		Calicata	Profundidad (m)
		X	Y		
<b>CALICATAS</b>	1	684002	9546210	C1	3.60
	2	683989	9546190	C2	3.80
	3	683922	9546290	C3	3.70
	4	683942	9546310	C4	3.70
	5	683962	9546250	C5	3.10
	6	683909	9546350	C6	4.10
	7	683878	9546410	C7	3.60
	8	683915	9546410	C8	4.30
	9	683900	9546550	C9	3.85
	10	683937	9546550	C10	4.80
	11	683903	9546490	C11	4.40
<b>REVISIÓN LLANURA INUNDACIÓN</b>	12	684003	9546140	P1	3.58
	13	683981	9546180	P2	3.60
	14	683947	9546240	P3	3.50
	15	683909	9546280	P4	3.53
	16	683868	9546330	P5	3.45
	17	683855	9546410	P6	3.44
	18	683866	9546490	P7	3.63
	19	683874	9546560	P8	3.67
<b>Profundidad Media</b>					<b>3.76</b>

### 6.15.4 Cálculo de las reservas

Las reservas fueron calculadas considerando únicamente el área explotable que abarca 48,63 Ha de las 88 Ha mineras concesionadas, tomando en cuenta las llanuras de inundación y profundidad media de calicatas distribuidas en el terreno.

- **Método de altura media**

Se delimitó la información del levantamiento topográfico en un polígono sobre la superficie de interés en las 88 Ha, para la explotación según el material, para lo cual se calculó el área en metros cuadrados  $453.821.35 \text{ m}^2$  y se calcula matemáticamente el promedio de potencia media en base a los datos de las profundidades de 11 calicatas y la potencia de 8 puntos de las llanuras de inundación con una profundidad promedio de 3.76 m.

Obteniéndose:

$$\text{Volumen total de depósito} = 453,821.35 \text{ m}^2 * 3.76 \text{ m}$$

$$\text{Volumen total de depósito} = 1.706.368.28 \text{ m}^3$$

En el cálculo realizado se determina que existe un volumen de depósito de  $1.706.368.28 \text{ m}^3$  en el que incluye material de interés que son los cantos de partículas menores a 10 cm como arena y grava exceptuando los finos y los de no interés según las actividades que se realizan considerados a los mayores de 10 cm.

En la tabla 50 de forma promedial de 5 análisis granulométricos se estima el porcentaje de material en las muestras que contienen arenas, gravas y cantos rodados menores a 10 cm que permite calcular las reservas existentes clasificadamente. Obteniendo que el 55.89% pertenece a gravas y el 31.19% es de arenas; adicional se estima el porcentaje de finos promedio que representaría al material no útil siendo 12.91% de finos. Es importante indicar que el análisis granulométrico representa el 90% del total del material del depósito.

**Tabla 50.** Cálculo de reservas promedio en porcentaje por el tipo de material

Porcentaje de Material	M1	M2	M3	M4	M5	PROMEDIO %
% Grava	32,45	66,00	64,91	65,07	51,06	55.89%
% Arena	35,79	28,62	25,17	29,71	36,68	31.19%
% Finos	31,76	5,39	9,92	5,22	12,26	12.91%

El material superior a los 10 cm de diámetro no es aprovechado y representa un promedio total del 10%, que agregando este valor a los datos de las granulometrías anteriores y recalculado se obtuvo los porcentajes representativos por tipo de material equivalente a  $170.636.83 \text{ m}^3$  del volumen del depósito el cual no se encuentra distribuido uniformemente; el material fino representa al 11% equivalente a  $198.280 \text{ m}^3$  de material que no es utilizable; el 50.31% es de grava perteneciendo a  $858.473.88 \text{ m}^3$ ; y el 28.07% es de arena que corresponde a  $478.977.58 \text{ m}^3$  como se describe en la tabla 51.

**Tabla 51.** Cálculo de volumen por el tipo de material

	%	Volumen (m3)	Total, de reservas útiles
<b>Grava</b>	50.31	858.473.88	1.337.451.45 m <sup>3</sup>
<b>Arena</b>	28.07	478.977.58	
			<b>Total, de reservas no utilizadas</b>
<b>Fino</b>	11.62	198.279.99	368.916.82 m <sup>3</sup>
<b>Gravón y cantos rodados &gt;10cm</b>	10	170.636.83	
	100	1.706.368.28	1.706.368.28 m <sup>3</sup>

- **Recarga de material**

Aplicando el principio de Takahashi y asumiendo un flujo constante se determina el arrastre del material, es decir, su recarga. Para el cálculo se considera un peso específico de 2,6 t/m<sup>3</sup>, un peso específico del material arrastrado de 1,3 t/m<sup>3</sup> con una pendiente de 0,10 y un ángulo de fricción interna del material sólido de 19°.

**Tabla 52.** Cálculo de arrastre de material en el río Catamayo

DATOS	FÓRMULA	RESULTADOS CAUDAL 1 Q <sub>1</sub> : 7,52 m <sup>3</sup> /s	RESULTADOS CAUDAL 2 Q <sub>2</sub> : 28,5 m <sup>3</sup> /s	
<b>γ<sub>1</sub>=1,3 t/ m<sup>3</sup></b> <b>γ<sub>s</sub>=2,6 t/ m<sup>3</sup></b> <b>j= 0,10</b> <b>Φ= 19°</b> <b>γ=1,0 t/ m<sup>3</sup></b> <b>C*= 0,6</b> <b>γ= 1,0 t/ m<sup>3</sup></b>	$Cd = \gamma_1 * j(\gamma_s - \gamma_1)(\tan\Phi - j)$	<b>Cd= 0.0413</b>		
	Caudal del lodo	$Ql = \gamma_s - \gamma(\gamma_s - \gamma_1) * Q$	<b>Q<sub>l1</sub>=7.17 m<sup>3</sup>/s</b>	<b>Q<sub>l2</sub>: 34.45m<sup>3</sup>/s</b>
	Caudal sólido arrastrado	$QS = Cd(C * -Cd) * Ql$	<b>Q<sub>s1</sub>=0,165m<sup>3</sup>/s</b>	<b>Q<sub>s2</sub>=0.794m<sup>3</sup>/s</b>
	Caudal de flujo total de lodo y arrastre en condición saturada	$Qt = \frac{C*}{(C*-Cd).Q1}$	<b>Q<sub>t1</sub>: 0,14 m<sup>3</sup>/s</b>	<b>Q<sub>t2</sub>:0,03m<sup>3</sup>/s</b>
		<b>Q<sub>t1</sub>=12096 m<sup>3</sup>/día</b>	<b>Q<sub>t2</sub>=2592m<sup>3</sup>/día</b>	

Calculando el coeficiente de arrastre de material expresado en la tabla 52, fundamentado en los caudales naturales del río Catamayo mínimo de 7,52 m<sup>3</sup>/s que se da en el mes de octubre, y un caudal máximo de 28,5 m<sup>3</sup>/s en el mes de abril se determina aproximadamente que el arrastre en el mes de octubre diariamente se tendría 12096 m<sup>3</sup>/día y en el mes de abril 2592 m<sup>3</sup>/día.

### 6.15.5 Volumen máximo de explotación

El máximo de volumen de reservas explotables se calcula con la intención de realizar una explotación técnica que no genere daños ambientales, dirigido a zonas de agradación identificados en la ortofoto y campo, donde se determina que se puede extraer el 25% cuando el caudal es medio y 50% del volumen transportado en caudales bajos, expresado en la tabla 53:

**Tabla 53.** Cálculo de volumen máximo de explotación del arrastre de material en el río Catamayo

Caudal	Mes	Carga de material	Máximo volumen explotable 25%	Máximo volumen explotable 50%	Máximo volumen explotable por Ley de Minería	Máximo volumen explotable por Ordenanza Municipal
Bajo 7,52 m <sup>3</sup> /s	Octubre	12096 m <sup>3</sup> /día	2592 m <sup>3</sup> /día	5184 m <sup>3</sup> /día		
Medio 28,5 m <sup>3</sup> /s	Abril	2592 m <sup>3</sup> /día	<b>561.5 m<sup>3</sup>/día*</b>		800 m <sup>3</sup>	400 m <sup>3</sup>

**Nota:** \*Volumen máximo explotable es de 561.5 m<sup>3</sup>/día en caudales medios de 28,5 m<sup>3</sup>/s

El volumen a explotar como el máximo posible para el río Catamayo es el volumen de 561.5 m<sup>3</sup>/día, este valor supera el límite máximo de explotación regulado por la Ordenanza municipal del cantón Catamayo de 400 m<sup>3</sup>. **En base al mercado se establece una explotación diaria de 214 m<sup>3</sup>/día.**

## 6.16 Resultados Tercer Objetivo

Diseñar un sistema de explotación óptimo para el área minera el cual minimice el impacto negativo a la captación de agua potable “La Sota”.

## 6.17 Análisis multicriterio entre los sistemas de explotación

En la aplicación del análisis multicriterio para la selección del sistema óptimo se consideró: parámetros geométricos, hidrogeológicos y de material extraíble, enfocado en los criterios técnicos, geológicos, ambientales, y económicos del área de estudio descritos en la tabla 54 refiriendo a la presencia de un caudal normal a medio del río Catamayo.

**Tabla 54.** Tabla multicriterio para elección de sistema de explotación del área minera “El Diamante”

SISTEMA DE EXPLOTACIÓN	CAUDAL	CONSTRUCCIÓN	MAQUINARIA/ HERRAMIENTAS MANUALES	RENTABILIDAD	ASPECTO AMBIENTAL
<b>Diques Transversales</b>	Estiaje o mínimo (26 m <sup>3</sup> /s).	Madera	Retroexcavador (1.5m <sup>3</sup> ) Volqueta	Alta Incremento de producción de material de arrastre.	No altera el lecho, ni riberas del río Impactos ambientales positivos: mejora del cauce o logra la estabilidad de laderas del río.
	Normal o medios (69.53m <sup>3</sup> /s). Extraordinarios (95.53 m <sup>3</sup> /s).	<b>Gaviones</b> Concreto	Pico Pala	Reducción de costos para extracción	
<b>Diques longitudinales</b>	—	uso de materiales que característicamente deben poseer una resistencia elevada	Retroexcavador (1.5m <sup>3</sup> ) Volqueta	Alta	mayor impacto ambiental al seguir el largo del río
<b>*Extracción paralela con pala hidráulica o retroexcavador</b>	—	—	retroexcavador o excavador Volqueta	sistema sumamente eficiente	Si no se controla la profundidad de extracción se produce la erosión remontante del lecho del río

**Nota:** \*El sistema de explotación del área minera “El Diamante” es el de extracción paralela con retroexcavador.

La elección del sistema de explotación óptimo adicionalmente se fundamentó en aspectos cumplimiento legal, prohibiciones, casos de suspensión, y derechos de los concesionarios dispuestos en la ordenanza del Cantón Catamayo indicada en el marco teórico, guiándose en evitar sobre explotación del volumen máximo de extracción determinado en ordenanza, proteger los márgenes del río, prevenir la socavación del río, no desviar el cauce del río. En el análisis de la tabla multicriterio se determinó que el sistema óptimo de explotación es por diques transversales, con método constructivo de gaviones considerando que el caudal según las condiciones climáticas va de mínimo a normal siendo el máximo de 28.5 m<sup>3</sup>/s, medida rentable al usar para su construcción material del mismo río que no se procesa para su venta, aumentando la obtención del material de arrastre lo que reduce los costos de producción y ambientalmente protegiendo la ribera del río sin generar impactos visuales. Este método se aplicará a los frentes de explotación que se establezcan.

### 6.17.1 Actividades del Sistema de Explotación Óptimo

La optimización en las actividades para la explotación de los materiales pétreos del área minera “El Diamante” código 600841.

#### Destape y preparación

Se refiere a la remoción de la capa vegetal de aproximadamente 15 cm que cubre el área de interés, esta capa será almacenada según protocolos para conservación y futura readecuación de la zona en fase de cierre para dejar lo mayor posible en su estado natural.

#### Arranque y carga del Material

El arranque de material se lo puede realizar con la excavadora Hyundai R220LC que se indica en el Anexo 26, tabla 67, figuras 71-73, la cual posee un cucharón con capacidad de 0.92 m<sup>3</sup> en el cual se considerará un factor de llenado de 1.1 obteniendo un rendimiento experimental de 35.78  $\frac{m^3}{h}$  que el día producirá 214.68  $\frac{m^3}{día}$  que significaría más del doble de producción diaria como se muestra en la tabla 55.

**Tabla 55.** Cálculos de rendimiento de excavadora Hyundai R220LC 7

<b>Actividad:</b>	Arranque y carga	
<b>Máquina:</b>	excavadora Hyundai R220LC 7	
<b>Volumen de cucharón:</b>	0.92 m <sup>3</sup>	
Cálculos		
Capacidad real	Rendimiento	Rendimiento experimental
$E_{real} = E * F_{Llenado}$ $E_{real} = 0.92 \text{ m}^3 * 1.1 = 1.01 \text{ m}^3$	$QT = 3600 * \left(\frac{E_{real}}{T_c}\right)$ $QT = 3600 \left(\frac{seg}{hora}\right) * \left(\frac{1.01 \text{ m}^3}{96 \text{ seg}}\right)$ $T = 37.95 \frac{m^3}{h}$	$QTEX = QT * KLL * KT * \left(\frac{Tt}{Tt + Tp}\right)$ $QTEX = 41.25 \frac{m^3}{h} * 1.10 * 1 \text{ m}^3 * \left(\frac{6}{6 + 1}\right)$ $QTEX = 35.78 \frac{m^3}{h}$

#### Transporte interno del material

Para el transporte interno del material se considera adquirir una volqueta de 8 m<sup>3</sup> de capacidad al no tener actualmente la cual sería suficiente para el traslado interno del material hasta la criba vibratoria propuesta para mejor productividad como se indica en la tabla 56.

La capacidad real del volquete con un coeficiente de llenado de 1.1 sería de 8.8 m<sup>3</sup>, teniendo un rendimiento experimental de 32.49 m<sup>3</sup>/h.

**Tabla 56.** Cálculos de rendimiento de volquete Hino JOBE-GW

<b>Actividad:</b>	Transporte a la criba		
<b>Máquina:</b>	Volquete Hino JOBE-GW		
<b>Volumen de carga:</b>	8 m <sup>3</sup>		
Cálculos			
Capacidad real	Velocidad media	Rendimiento	Rendimiento experimental
$E_{real} = E * F_{Llenado}$ $E_{real} = 8 \text{ m}^3 * 1.1$ $E_{real} = 8.8 \text{ m}^3$	$V = \frac{\text{distancia}}{\text{tiempo}}$ $V = \frac{0.102 \text{ Km}}{0.083 \text{ hora}}$ $= 1,23 \frac{\text{Km}}{\text{h}}$	$QT = 3600 * \left(\frac{E_{real}}{Tc}\right)$ $QT = 3600 \left(\frac{\text{seg}}{\text{hora}}\right) * \left(\frac{8.8 \text{ m}^3}{770 \text{ seg}}\right)$ $QT = 41.14 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$	$Rve = \frac{60 * Cv * E}{Tc}$ $Rve = \frac{60 * 8.8 * 0.8}{13 \text{ min}} = 32.49 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$

### Clasificación y lavado

Se propone que adquiera una criba vibratoria modelo TIO5143 cuyas especificaciones se encuentran en el anexo 27, tabla 68, figura 74.

Realizando el cálculo de rendimiento de la criba vibratoria propuesta se considera el volumen a procesar de 32.49 m<sup>3</sup>/h y la granulometría realizada de las muestras obtenidas en las calicatas considerando un promedio de grava que representa el 55.89% y arena de 31.19% del total del material, para lo cual se analiza el factor rendimiento de todo el material cribado que es de 28,29 m<sup>3</sup>/h de arena y grava que serían los materiales de interés, lavándose un porcentaje del 12% aproximadamente con chorro de agua procedente del río por medio de una bomba. Cálculos que se registran en la tabla 57.

**Tabla 57.** Cálculos de rendimiento de Criba vibratoria TIO5143

<b>Actividad:</b>	Cribado del material		
<b>Máquina:</b>	Criba vibratoria TIO5143		
<b>Volumen de material cribado:</b>	8 m <sup>3</sup>		
Cálculos			
Rendimiento experimental del volquete	Factor de rendimiento de arena (31.19%)	Factor de rendimiento de grava (55.89%)	Factor de rendimiento de la criba
32.49 m <sup>3</sup> /h	$Fr = 32.49 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * 31.19\% = 10.13 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$	$Fr = 32.49 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * 55.89\% = 18.16 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$	28.29 $\frac{\text{m}^3}{\text{h}}$

### Carga del material, comercialización, y apilamiento en la zona de stock

Se sugiere la adquisición de una cargadora frontal Komatsu WA 320 cuyas especificaciones técnicas se indican en el anexo 28, tabla 69, figura 75.

El análisis de rendimiento de la maquina propuesta se muestra en la tabla 58 considerando un factor de llenado de 1.1 en el cucharón de capacidad de 2.6 m<sup>3</sup>, que le permitiría tener un rendimiento experimental de 40,45 m<sup>3</sup>/h.

**Tabla 58.** Cálculos de rendimiento de cargador frontal Komatsu WA 320-6

<b>Actividad:</b>	Carga del material, comercialización, y apilamiento en la zona de stock	
<b>Máquina:</b>	Cargador frontal Komatsu WA 320-6	
<b>Volumen de cucharón:</b>	2.6 m <sup>3</sup>	
Cálculos		
Capacidad real	Rendimiento	Rendimiento experimental
$E_{real} = E * F_{llenado}$ $E_{real} = 2.6 \text{ m}^3 * 1.1 = 2.86 \text{ m}^3$	$QT = 3600 * \left(\frac{E_{real}}{T_c}\right)$ $QT = 3600 \left(\frac{seg}{hora}\right) * \left(\frac{2.86 \text{ m}^3}{240 \text{ seg}}\right)$ $T = 42.90 \frac{\text{m}^3}{h}$	$QTEX = QT * KLL * KT * \left(\frac{Tt}{Tt + Tp}\right)$ $QTEX = 42.90 \frac{\text{m}^3}{h} * 1.10 * 1 \text{ m}^3 * \left(\frac{6}{6 + 1}\right)$ $QTEX = 40.45 \frac{\text{m}^3}{h}$

### 6.17.2 Infraestructura necesaria

De las actividades realizadas para el proceso productivo del material actualmente se determinan otras condiciones que se resumen en la tabla 59 indicando la necesidad de las nuevas mejoras con el fin de tener un óptimo rendimiento.

**Tabla 59.** Estado de la infraestructura

Infraestructuras	Observación
<b>Vías de acceso</b>	Estado regular, requiere mantenimiento. Retirar cobertura vegetal
<b>Criba fija</b>	No existe criba fija, implementar
<b>Bomba de agua</b>	La bomba de agua se encuentra en buenas condiciones
<b>Campamento</b>	Se encuentra en buenas condiciones
<b>Baños</b>	Estado regular, requiere mantenimiento y reparación, colocar el techo y puerta; realizar limpieza
<b>Bodega</b>	Está en buenas condiciones
<b>Servicios Básicos</b>	Es óptimo
<b>Área de Combustible</b>	No existe área de combustibles
<b>Zona de parqueo</b>	Se encuentra en buen estado
<b>Zona mantenimiento</b>	No posee zona de mantenimiento. Implementar una zona para mantenimiento

De lo que se revisó en campo en ficha del Anexo 3, se sugiere considerar las observaciones realizadas indicadas en la tabla 59 con la finalidad de mejorar las condiciones de las instalaciones para la producción, por tanto, la optimización refiere a la mejora vial interna del área considerando el frente de explotación que se utilizó y la ampliación de la vía a un nuevo frente de explotación hasta la zona de almacenamiento o stock del área y la criba fija.

- **Vías de acceso**

El cálculo para el diseño de ampliación de la vía se enfoca en el ancho de la maquinaria de la excavadora Hyundai R220LC7, la berma de seguridad o protección y número de carriles.

$$\text{Amplitud del carril} = (\text{Ancho de maquinaria} * 1.5\text{m}) + \text{Berma de Seguridad}$$

$$\text{Amplitud del carril} = (2.99 \text{ m} * 1.5\text{m}) + 2\text{m} = 6.5 \text{ m}$$

Calculando el peralte de la vía de acceso interna que conduce desde el frente de explotación hasta la zona de stock y criba fija se tiene un radio de 3,28° a una velocidad media de 1.5 Km/h, tomando en cuenta el coeficiente de fricción de 0.55 por el material existente. como se muestra en la ecuación, cuyo resultado es expresado en la figura 52 y 53 que se representó en el anexo 36 donde se especifica el plano de las vías optimizadas.

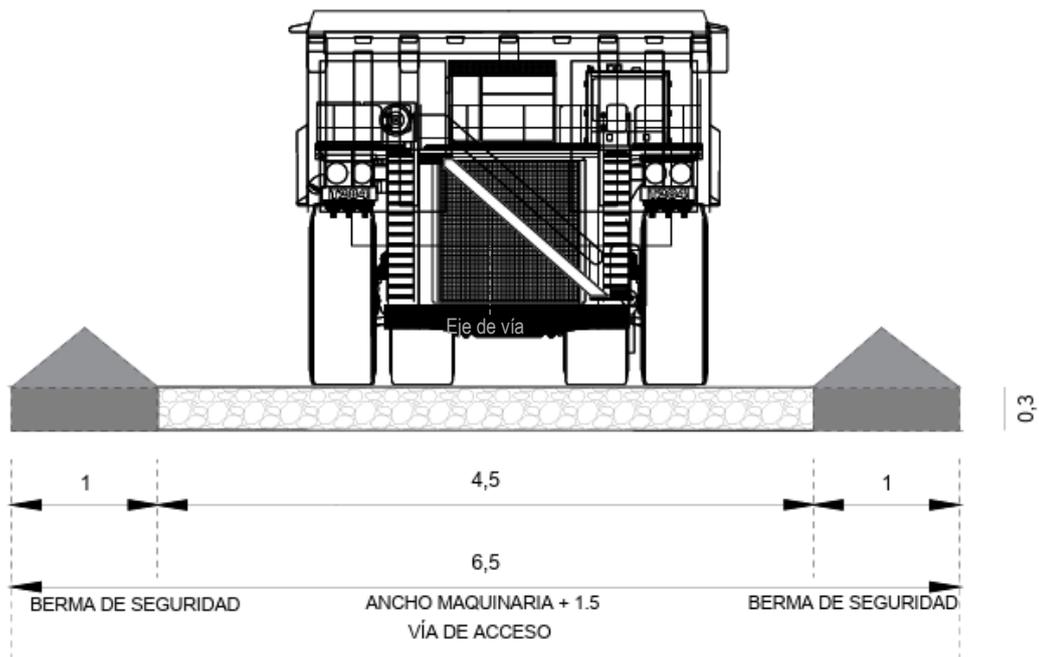
$$\frac{N * \sin\phi}{N * \cos\phi} = \frac{m * \frac{V^2}{R}}{m * g}$$

Simplificando se tiene:

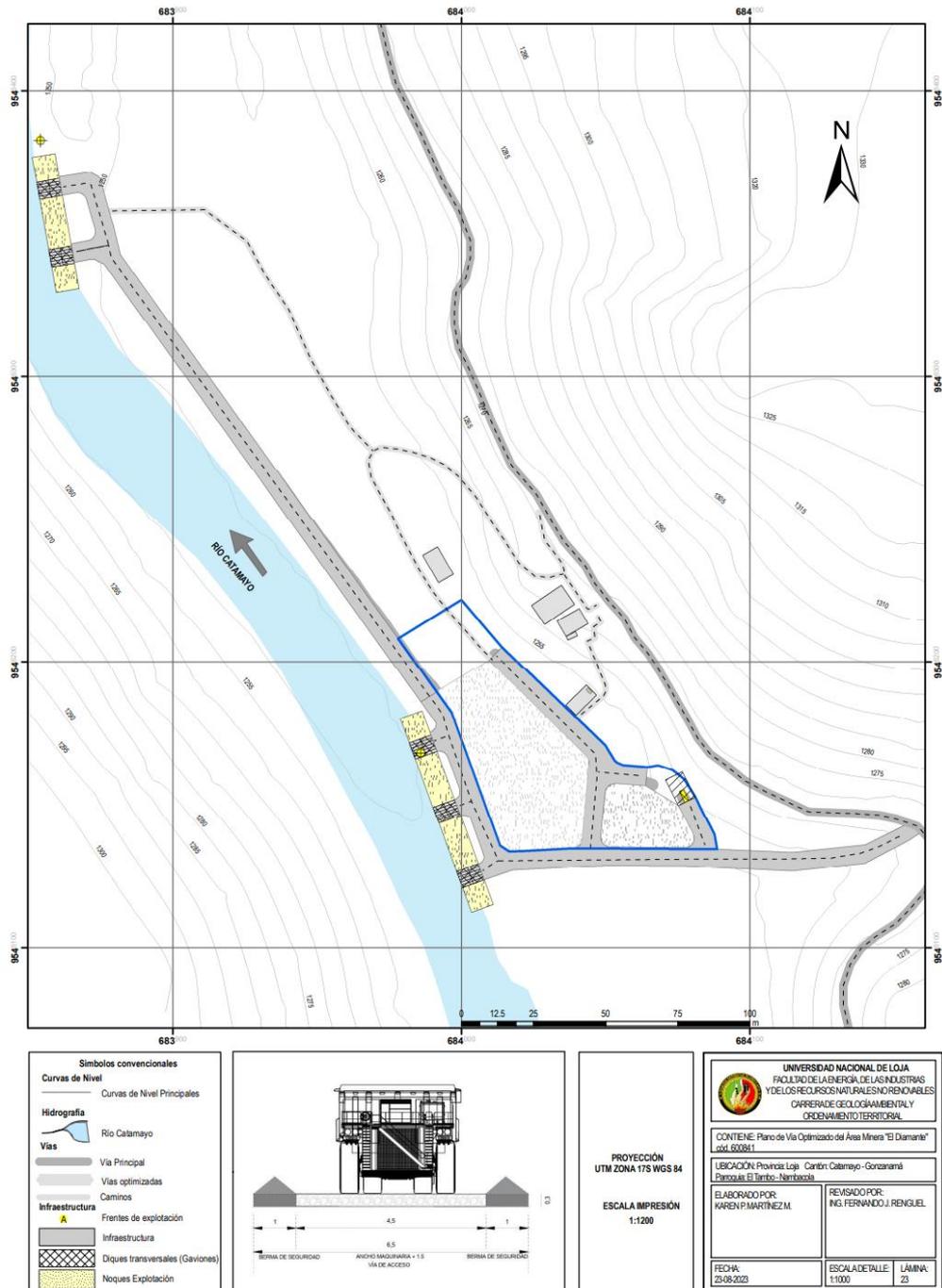
$$\frac{\sin\phi}{\cos\phi} = \frac{V^2}{g * R}$$

$$\frac{\sin\phi}{\cos\phi} = \frac{1.5^2}{9.8 * 4}$$

$$Tg\phi = 0.0574 \quad \phi = 3.28^\circ$$



**Figura 52** Esquema de dimensiones de vías de acceso



**Figura 53** Plano de vías de acceso

- **Frentes de explotación**

Se determinó dos frentes de explotación en base a las zonas de agradación para la extracción de 214 m<sup>3</sup>/día en los cuales se trabajarán inicialmente en el frente 1 y posterior en el frente 2 permitiendo en este lapso de tiempo la recarga del material que en base al análisis realizado se dará principalmente en los meses de enero a junio siendo los meses de mayores precipitaciones al año y cuya explotación evitará daños al cauce del río. En cada frente de

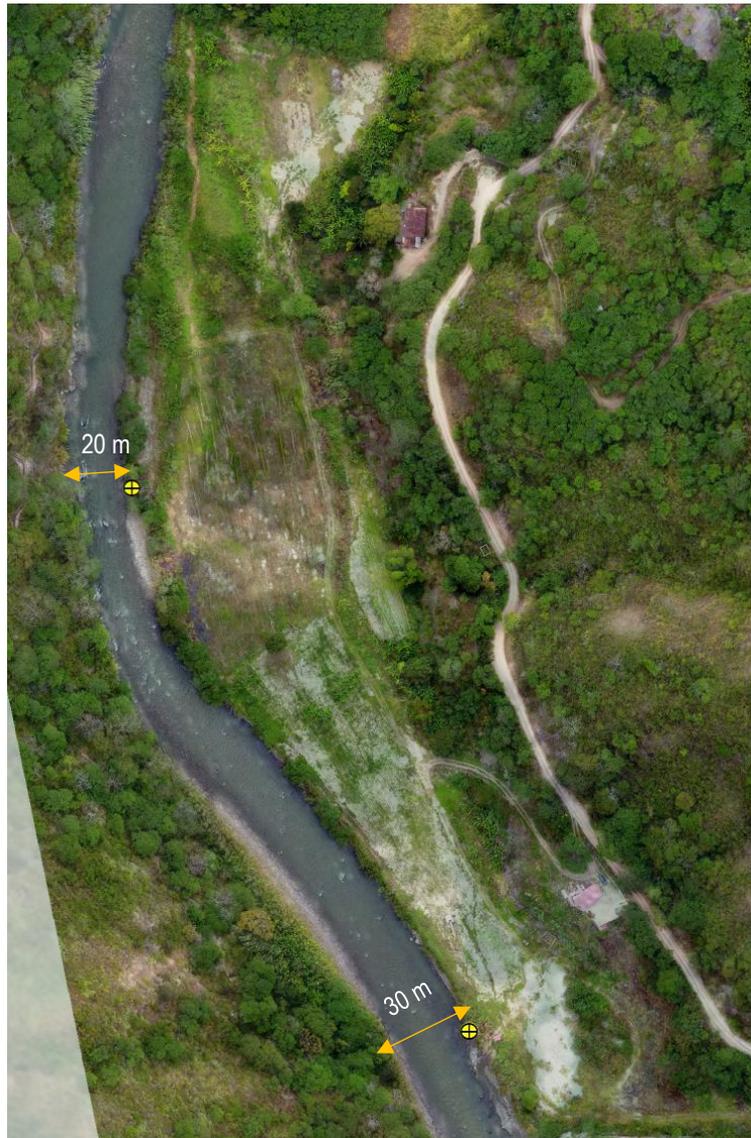
explotación se implementarán diques transversales y noques de explotación conforme la dimensión de cada uno extendiendo su implementación hasta cubrir cada frente.

### **Implementación de los diques transversales**

Se propone la construcción de diques transversales que permitirá aprovechar el material de arrastre para la explotación y ayudará como medio de protección de la ribera del río para que no existan socavaciones. En la implementación de los diques se consideraron parámetros como ubicación, longitud del frente, ancho del río menor al 45%, altura del espejo de agua, precisados en la tabla 60, como se puede observar la ubicación referencial de los frentes en la figura 54.

**Tabla 60.** Datos de los frentes de explotación

Frentes de explotación	Coordenadas WGS84		Ancho del río	45%	Altura del espejo de agua (más profunda)	Longitud del frente
	X	Y				
1	683986	9546170	30 m	13.5 m	1,50 m	78 m
2	683854	9546380	20 m	9 m	1,50 m	42 m



**Figura 54** *Ubicación de frentes de explotación*

La información obtenida sobre los frentes de explotación dice que en el frente número 1 el tramo del río tiene un ancho de 30 m que en porcentaje del 45% refiere a 13.5 m y en el tramo del frente número 2 el ancho del río es de 20 m representando a 9 m en el porcentaje mencionado, por lo cual refiriendo a criterios técnicos este debe ser menor del 45%. Los diques tendrán una altura no mayor de 1.50 m con la finalidad que no genere un impacto visual.

El número de diques y noques será el que permita cubrir cada frente de explotación según las dimensiones establecidas.

#### **Cálculo de dimensiones de los diques transversales**

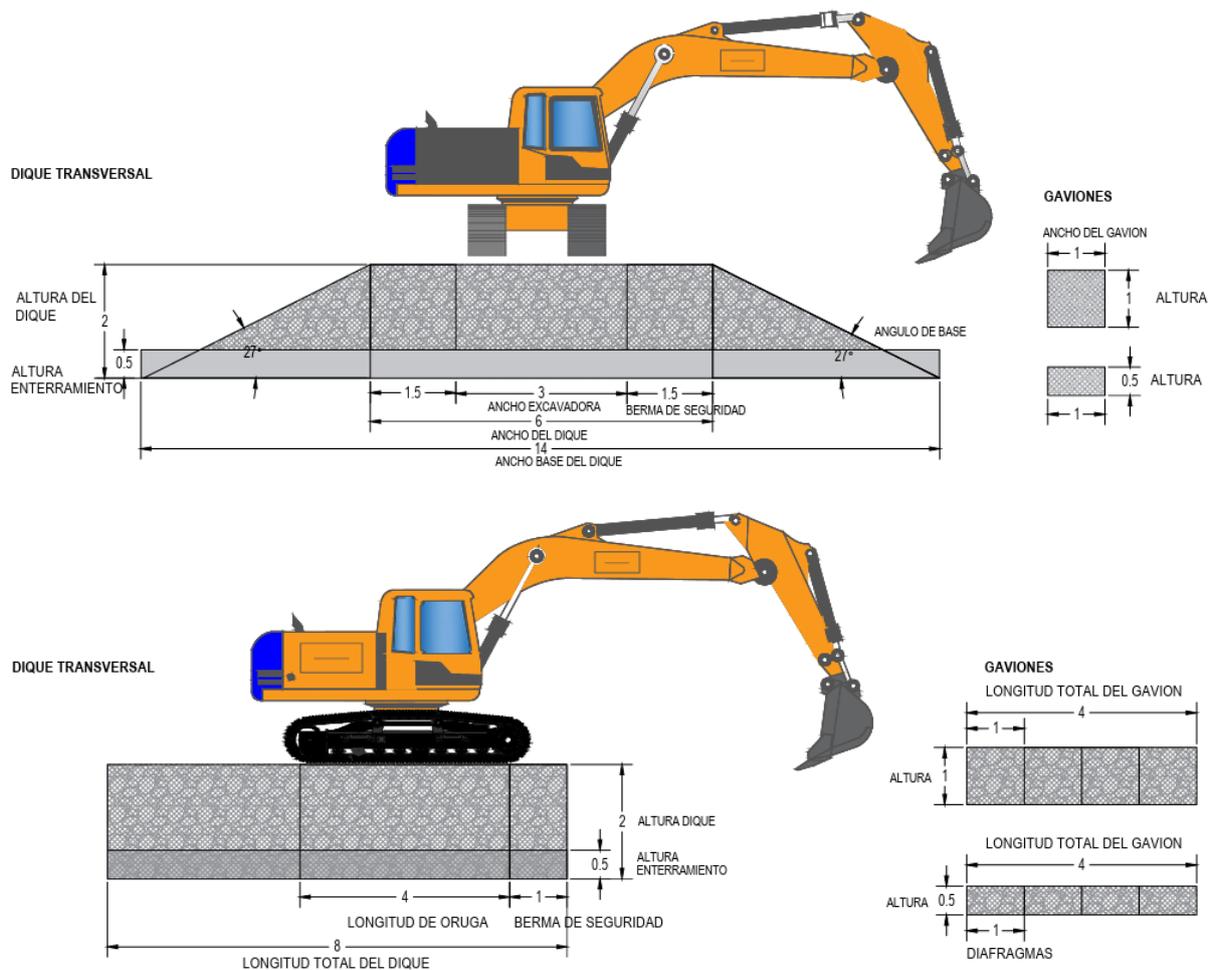
El ancho del dique se calculó con respecto al ancho de la excavadora (2.99 m) más un margen de seguridad (1.50 m) para evitar daño de la infraestructura y maquinaria; la longitud

se basó en la longitud de la oruga (3 m), la profundidad máxima de excavación (5.82 m) recalcando que para la extracción del material y carga no necesita moverse, un metro de la berma de seguridad, siendo que la longitud total está condicionada a cumplir con menos del 45% del ancho del río. En el dique se considera un ángulo fomentado en el ángulo de reposo natural del material existente promediado a 27°. Los cálculos de diseño de los diques se muestran en la tabla 61.

**Tabla 61.** Diseño de los diques, dimensiones

Ancho del dique (Ad)	Longitud del dique (Ld)
$Ad = \text{Ancho excavadora} + (2 * \text{margen de seguridad})$ $Ad = 2.99 + (2 * 1.5) = 5.99 \text{ m} \cong 6 \text{ m}$	<b>Longitud de oruga:</b> 3m <b>Berma de seguridad:</b> 1m <b>Profundidad máxima de excavación:</b> 5.82m <b>Ld:</b> 8 m

Las dimensiones de los diques será el mismo en los dos frentes que por facilidad de diseño se establece el ancho de 6 m, longitud de 8 metros, 2 m de altura de lo cual por criterios constructivos se entierra 50 cm la base como se indica en la figura 55.



**Figura 55** Dimensiones de longitud y ancho del dique transversal

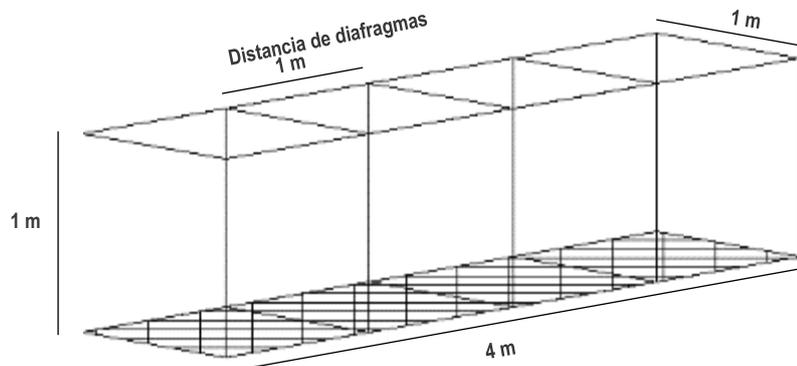
### Criterio constructivo de los gaviones para los diques transversales

En el diseño cada dique se constituye por 32 gaviones de 1 m de alto, 1 m de ancho y 4 m de longitud y 8 gaviones de 0.5 m de alto, 1 m de ancho y 4 m de longitud, los cuales son de tipo caja rectangular con 3 diafragmas conformados por malla de doble torsión con capacidad de  $4\text{m}^3$  y  $2\text{m}^3$  respectivamente esquematizado en la figura 56 y 57.

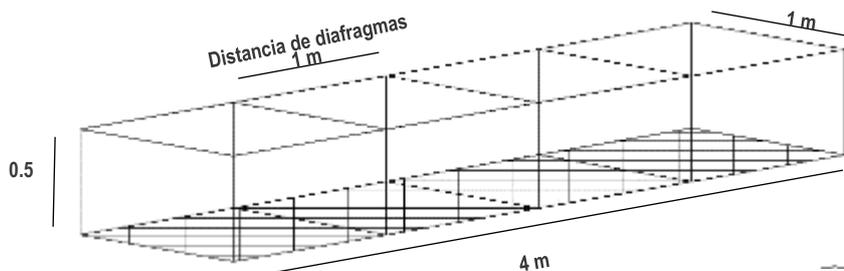
Se conformarán colocados en 2 niveles de 2 hileras superpuestos y trabados donde, el primer nivel estará conformada por 20 gaviones de  $4\text{m}^3$  de capacidad y 4 gaviones de  $2\text{m}^3$  de capacidad cubriendo un ancho total de 12 metros (por la pata generada por el ángulo de reposo), longitud total de 8 metros (4 metros por cada hilera) y 1 metro de alto; el segundo nivel dispondrá 12 gaviones de  $4\text{m}^3$  de capacidad que cubrirán un ancho total de 6 metros con altura de 1 metro y 4 gaviones de  $2\text{m}^3$  de capacidad con una altura de 0.5 m cubriendo la longitud total del dique de 8m. En el anexo 35 se describe el diseño de los gaviones que formarán cada frente.

Considerando el ángulo de reposo requerido para el diseño se necesita colocar los gaviones en forma de gradas como se muestra en la figura 58.

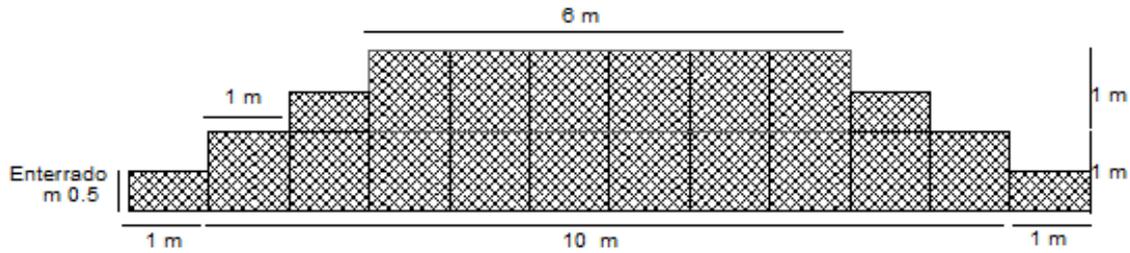
Las rocas para considerar las construcciones de los diques serán no menores de 10 cm y de 30 a 45 cm de diámetro que se obtendrán del mismo río aprovechando el material que no es clasificado ni acondicionado, con una excavación de empotrado del 50 cm.



**Figura 56** Dimensiones del gavión de  $1*1*4\text{m}$



**Figura 57** Dimensiones del gavión de  $0.5*1*4\text{m}$



**Figura 58** Vista frontal de la disposición de los gaviones

### Cálculo de los noques

La longitud del noque se calcula en base a la longitud de alcance del brazo de la excavadora Hyundai R220LC 7 que se propone que trabaje en la extracción del material siendo la profundidad de 5.82 m que será constante para los 2 frentes.

Las dimensiones de los noques de explotación se basaron en la longitud de los diques para su longitud y el ancho del noque considerando la profundidad máxima de excavación de la máquina y el alcance máximo a lo largo del nivel del suelo que es de 8.96 m que por facilidad de diseño se asume de 9 m lo que se refleja en la tabla 62.

**Tabla 62.** Dimensiones de los noques de explotación

Ancho del noque	Longitud del noque
<b>Alcance máximo a lo largo del nivel del suelo de la excavadora:</b> 8.96 m <b>Profundidad máxima de excavación:</b> 5.82m <b>Ancho del noque:</b> 9 m	<b>Longitud del dique (Ld):</b> 8 m <b>Longitud del noque:</b> 8m

En los anexos del 33 al 35 constan los diseños de los frentes de explotación donde se presentan los noques de explotación para cada frente y dique.

En la figura 59 se puede observar en la vista frontal del frente de explotación 1 como se disponen los diques con sus respectivos noques los que permitirán retener el material de arrastre del río Catamayo para la explotación.

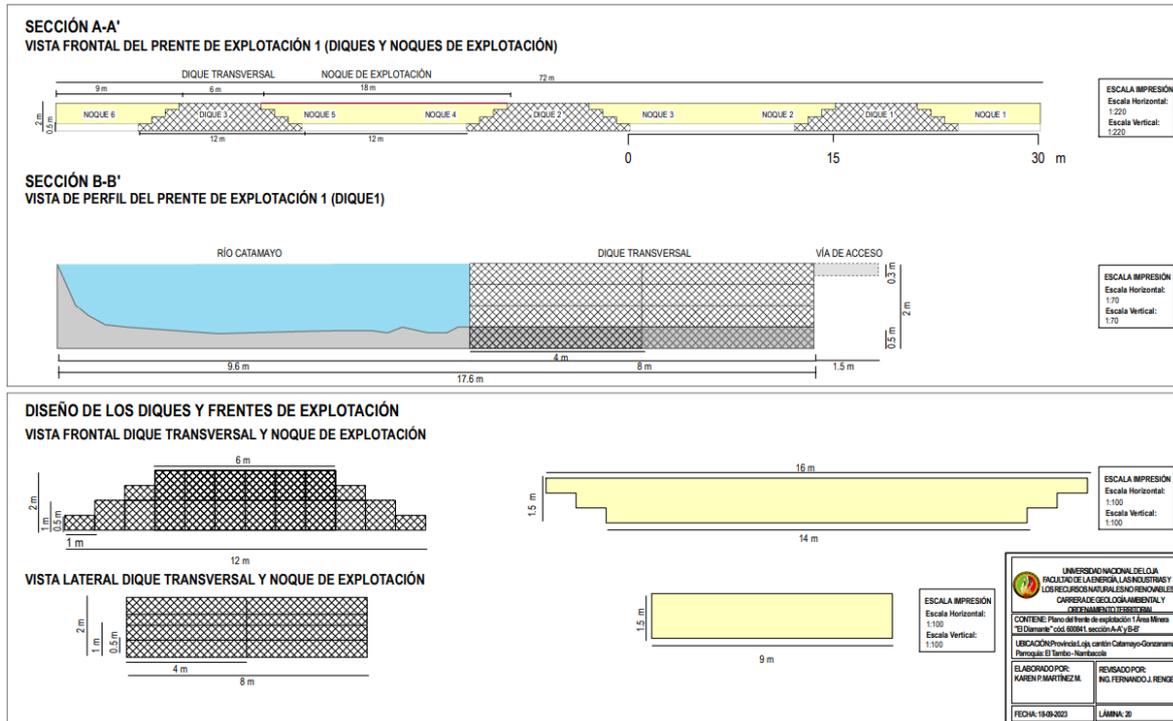


Figura 59 Plano de dimensiones de diques y noques de explotación

### Cálculo de la profundidad máxima de excavación (P.E)

$$P.E = PME - ADR - AP$$

$$P.E = 5.82 \text{ m} - 1.65 \text{ m} - 1 \text{ m} = 3.17 \text{ m}$$

**PME:** Profundidad máxima de excavación de la excavadora Hyundai R220 LC7

**ADR:** Altura entre el nivel del dique y punto más bajo del río en la sección. (1.65m)

**AP:** Altura de protección (1m)

**Frente de explotación 1**

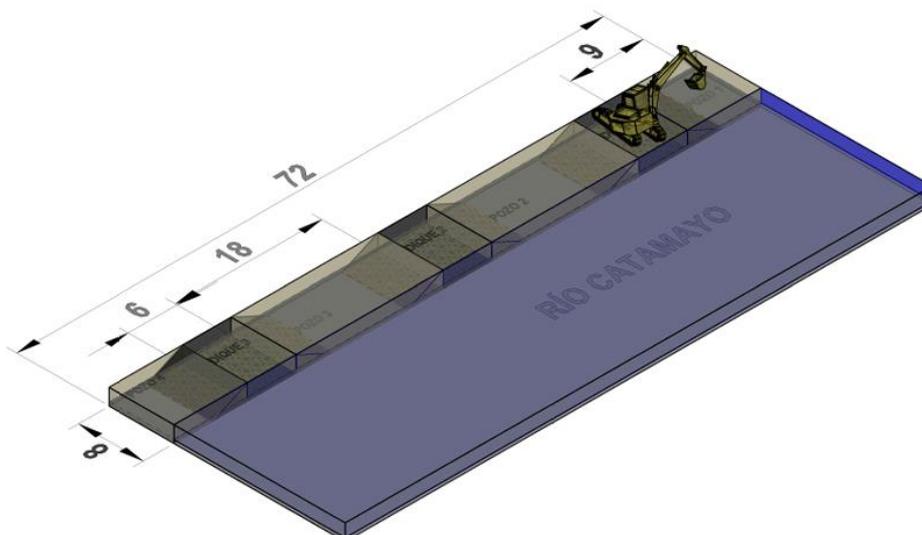
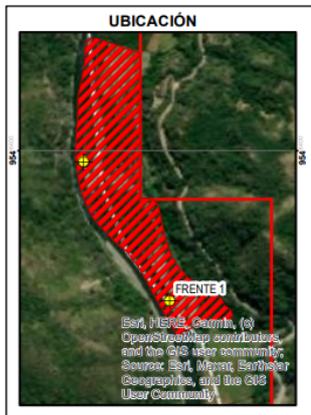
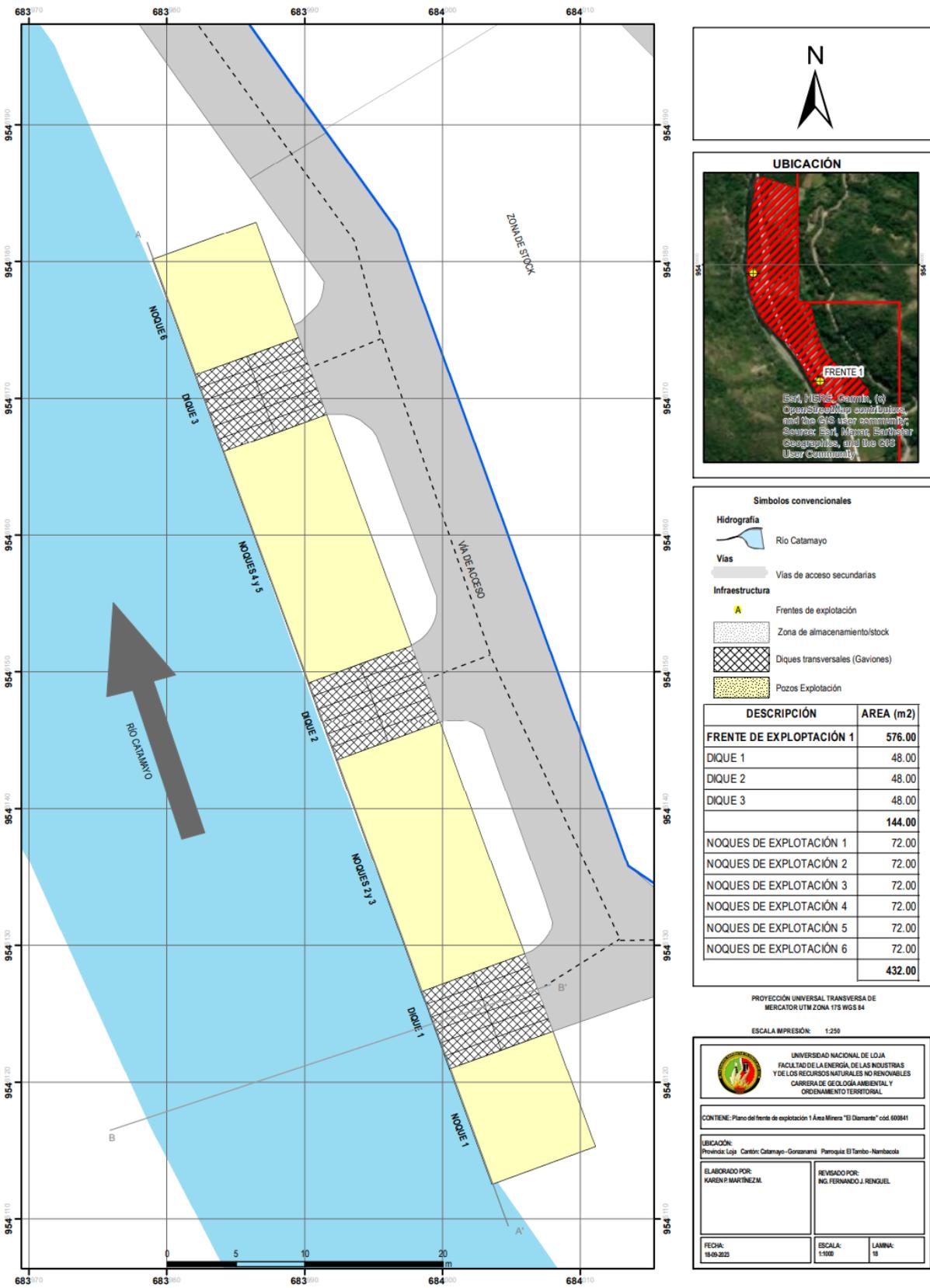


Figura 60 Esquema dimensionado del frente de explotación 1



**Simbolos convencionales**

**Hidrografia**  
 Rio Catamayo

**Vias**  
 Vias de acceso secundarias

**Infraestructura**  
 Frentes de explotacion  
 Zona de almacenamiento/stock  
 Diques transversales (Gaviones)  
 Pozos Explotacion

DESCRIPCIÓN	AREA (m2)
FRENTE DE EXPLOTTACIÓN 1	576.00
DIQUE 1	48.00
DIQUE 2	48.00
DIQUE 3	48.00
	144.00
NOQUES DE EXPLOTTACIÓN 1	72.00
NOQUES DE EXPLOTTACIÓN 2	72.00
NOQUES DE EXPLOTTACIÓN 3	72.00
NOQUES DE EXPLOTTACIÓN 4	72.00
NOQUES DE EXPLOTTACIÓN 5	72.00
NOQUES DE EXPLOTTACIÓN 6	72.00
	432.00

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR UTM ZONA 17S WGS 84

ESCALA IMPRESIÓN: 1:250

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
 FACULTAD DE LA ENERGÍA, DE LAS INDUSTRIAS  
 Y DE LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES  
 CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y  
 ORDENAMIENTO TERRITORIAL

CONTIENE: Plano del frente de explotación 1 Área Minera "El Diamante" céd. 600841

UBICACIÓN:  
 Provincia: Loja | Cantón: Catamayo-Gorramani | Parroquia: El Tambo-Nambacola

ELABORADO POR:  
 KAREN P. MARTÍNEZ

REVISADO POR:  
 ING. FERNANDO J. RENGUEL

FECHA:  
 18-09-2023

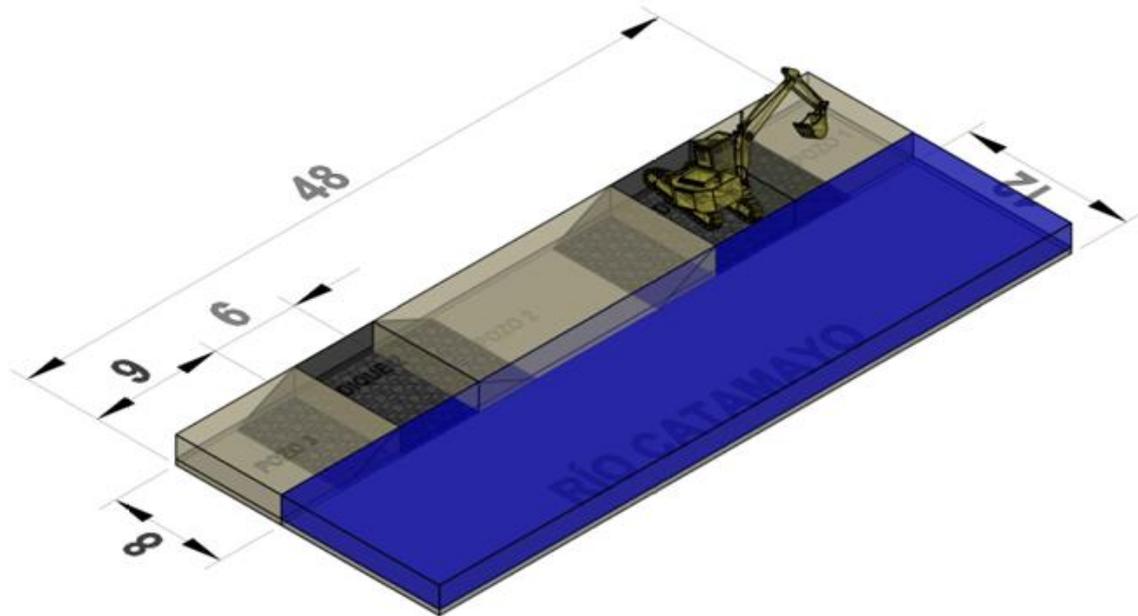
ESCALA:  
 1:500

LÁMINA:  
 13

Figura 61 Frente de explotación 1 Área Minera "El Diamante" (vista planta)

El frente de explotación 1 según el diseño estará conformada por 3 diques transversales y 6 noques de explotación cubriendo una longitud paralela al río de 72 m indicados en las figuras 60 y 61. El sentido de explotación será de SE a NW desde el dique 1 al dique 3. Con mayor detalle se refiere el anexo 33 y 35 que describen como estarán estructurados los diques.

### **Frente de explotación 2**



**Figura 62** Esquema dimensionado del frente de explotación 2

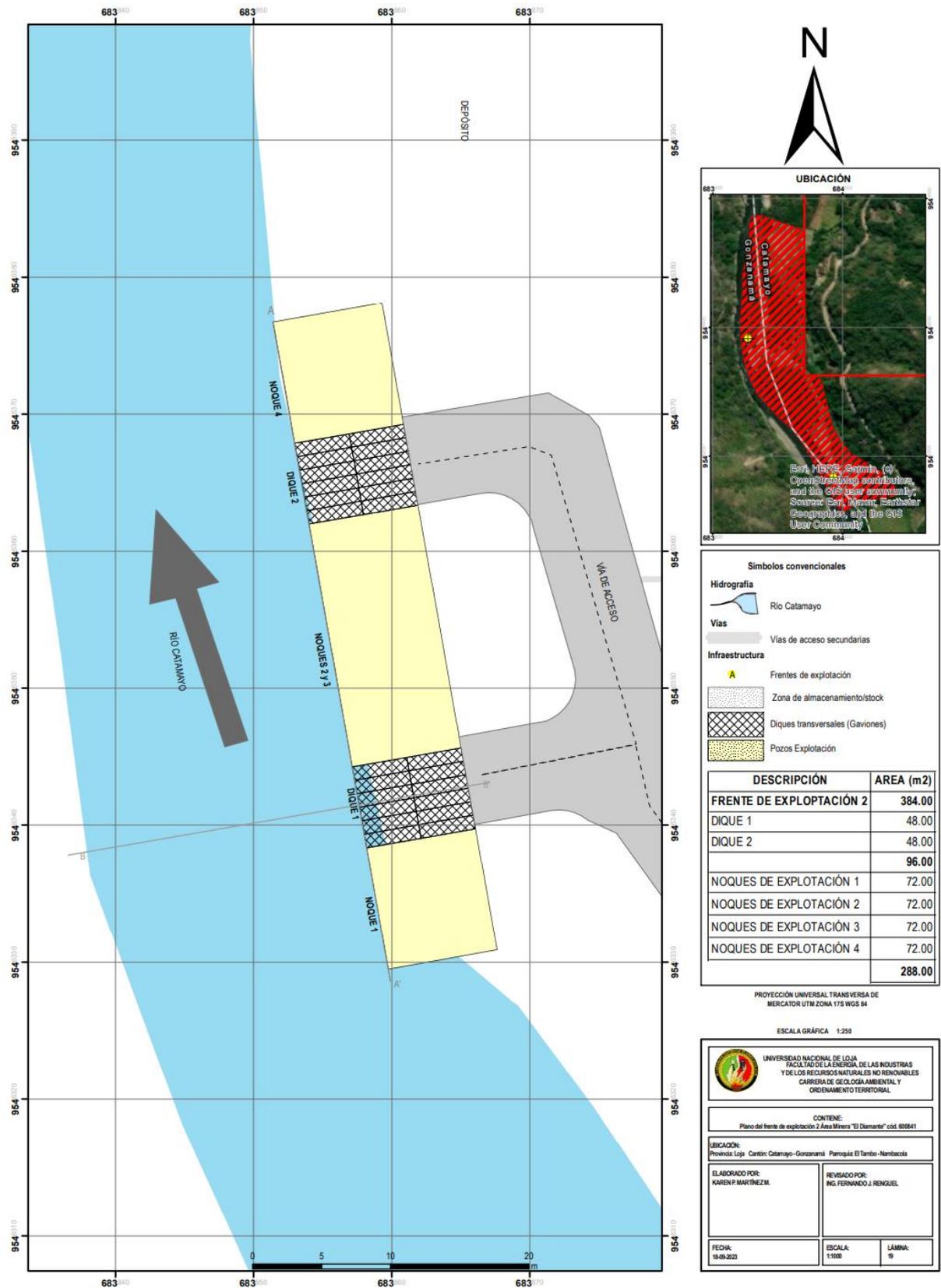


Figura 63 Frente de explotación 2 Área Minera "El Diamante" (vista en planta)

El frente de explotación 2 en el diseño que consta en el anexo 34 y 35 está compuesto por 2 diques transversales y 4 noques de explotación cubriendo una longitud de 48 m como se esquematiza en las figuras 62 y 63. El sentido de la explotación será de SE a NW empezando por el dique 1.

### 6.17.3 Ritmo de producción

El ritmo de producción del área de estudio se realizó tomando el valor de producción diario de 214 m<sup>3</sup> definido por la capacidad de la excavadora Hyundai R210 LC7 que es la encargada de la extracción del material por el tiempo de trabajo de la jornada diaria que son 6 horas dando como resultado 35.66 m<sup>3</sup>/h como se muestra en la ecuación:

$$RP = \frac{\text{Cantidad de material extraído}}{\text{Tiempo de trabajo}} \quad RP = \frac{214 \text{ m}^3}{6 \text{ horas}} = 35.66 \frac{\text{m}^3}{h}$$

### 6.17.4 Costo de proceso de explotación optimizado

Para el proceso de explotación del Área Minera “El Diamante” se propone una producción máxima de 214 m<sup>3</sup>/día, en 6 horas diarias de trabajo en jornadas de 28 días.

Siendo los costos indirectos de servicios profesionales y los de cumplimiento legal como son patentes de conservación y tasas administrativas por permiso de explotación que se mantienen a diferencia de las regalías que varía porque refiere a costos de producción anual como se muestran en la tabla 63. Los costos directos de personal se conservan como lo especifica la tabla 66. En el caso de costos por mantenimiento y combustibles aumentan considerando que se propone un día más de trabajo a la semana como se muestra en la tabla 63.

**Tabla 63.** Costos indirectos Legales

Personal	Frecuencia	Fecha	Costo	Total, Anual Optimizado
Regalías	Anual		3% de costos de producción	\$ 2.726.84
Patentes de conservación	Anual	Hasta 31 de marzo	2% S.B.U por hectárea minera (88 Ha. mineras)	\$ 792.00
Taza administrativa para permiso de explotación	Anual			\$ 1.350.00
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 4.868.84</b>

**Tabla 64.** Total costos indirectos para producción de 214 m<sup>3</sup>/día

Personal	Total, mensual Optimizado	Total, Anual Optimizado
Servicios profesionales	\$ 462.26	\$ 5.547.20
Gastos legales regalías, patentes de conservación, y tasa permiso de explotación	\$ 405.73	\$ 4.868.84
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 868.00</b>	<b>\$ 10.416.04</b>

**Tabla 65.** Costos de producción por combustible y mantenimiento para producción de 214 m<sup>3</sup>/día

Extras	Tiempo	Costo unitario	Costo mensual	Total, Anual Optimizado
Diesel (bomba de agua)	6h/día	\$ 10.00 día	\$ 280.00	\$ 3.360.00
Diesel para 2 máquinas y 1 volqueta	6h/día	\$ 90.00 día	\$ 2.520.00	\$ 30.240.00
Mantenimiento	6h/día		\$ 1.400.00	\$ 16.800.00
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 50.400.00</b>

**Tabla 66.** Total, costos directos de producción para producción de 214 m<sup>3</sup>/día

Personal	Total, Mensual	Total, Anual Optimizado
Personal	\$ 2.733.81	\$ 32.805.72
Combustible y mantenimiento	\$ 4.200.00	\$ 50.400.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 6.933.81</b>	<b>\$ 83.205.72</b>

El total de costos directos en la optimización es de \$ 83,205.72 dólares anuales y el total de costos indirectos es de \$ 10,416.04 dólares dando un total de costos de producción de \$ 93,621.76 dólares anuales significando \$ 7,801.81 dólares mensuales.

#### 6.17.5 Costo por m<sup>3</sup> de material extraído.

Con la optimización se tiene una producción de 214 m<sup>3</sup>/día con una inversión de \$7.801.81 dólares mensuales en 28 días de trabajo, en 6 horas al día que es el resultado de la suma del total de costos indirectos de la tabla 64 y el total de costos directos de la tabla 66 adquiriendo con estos datos el costo por m<sup>3</sup> de \$ 1.30 dólares de material pétreo como se indica en la ecuación.

$$\text{Costo } m^3 = \frac{\text{Inversión mensual}}{\text{Material extraído mensual } m^3} = \frac{\$ 7.801.81}{5.992 m^3} = 1.30 \text{ dólares}/m^3$$

#### 6.17.6 Tiempo de vida útil

El área minera “El Diamante” está calificada como pequeña minería teniendo una capacidad límite de explotación a través de la Ley de minería de hasta 800 m<sup>3</sup> por día, y en la Ordenanza Sustitutiva que autoriza, regula y controla la explotación de materiales áridos y pétreos del cantón Catamayo indica un máximo de explotación diario de 400 m<sup>3</sup> para materiales de construcción en pequeña minería.

Con esta información se calcula el tiempo de vida útil basado en una explotación diaria de 214 m<sup>3</sup>/día que es la capacidad de la excavadora optimizada para el arranque del material en la explotación. La producción diaria puede incrementarse al doble. Procediendo la estimación de la siguiente manera:

$$\text{Tiempo de vida} = \frac{\text{Reservas calculadas}}{\text{producción diaria}} = \frac{1.706.368.28 m^3}{214 \frac{m^3}{\text{día}}} = 8930.53 \text{ días}$$

Determinando que el trabajo de explotación sería 28 días por mes se tiene:

$$\text{T tiempo de vida} = \frac{8930.53 \text{ días}}{28 \frac{\text{días}}{\text{mes}}} = 284.77 \text{ meses} * \frac{1 \text{ año}}{12 \text{ meses}} = 23.73 \text{ años}$$

Teniendo un tiempo de vida de 23.73 años, señalando que este cálculo de reservas es sin asumir el coeficiente de esponjamiento por el arranque del material (1.12 para gravas y arenas) y sin tomar en cuenta el arrastre diario del material por el cual el depósito es recargado, aumentando su tiempo de vida.

$$\text{T tiempo de vida} = \frac{\text{Reservas calculadas} * \text{Coeficiente de esponjamiento}}{\text{producción diaria}}$$

$$\text{T tiempo de vida} = \frac{1.706.368.28 \text{ m}^3 * 1.12}{214 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}} = 8930.53 \text{ días}$$

$$\text{T tiempo de vida} = \frac{8930.53 \text{ días}}{28 \frac{\text{días}}{\text{mes}}} = 318.95 \text{ meses} * \frac{1 \text{ año}}{12 \text{ meses}} = 26.58 \text{ años}$$

#### **6.17.7 Señalización del Área Minera**

En el área minera se encuentra planificado la señalización necesaria para cumplimiento minero-ambiental y de seguridad siendo esta preventiva, obligatoria y de peligro con los respectivos colores como lo establece la normativa NTE INEN-ISO 3864-1: 2013. La señalización se muestra en el Anexo 37.

### 6.17.8 Comparación entre el sistema anterior y el propuesto

**Tabla 67.** Comparación entre el sistema actual y el propuesto

	<b>Sistema de explotación Anterior</b>	<b>Sistema de explotación Óptimo</b>	
<b>Sistema de explotación</b>	Extracción directa con retroexcavador	Diques transversales (gaviones)	
<b>Actividades</b>	Arranque, carga y transporte, clasificación, almacenamiento o stock, comercialización	Arranque, carga y transporte, clasificación, almacenamiento o stock, comercialización	
<b>Frentes de explotación</b>	1	2	
	1 Franja de explotación directas	Frente 1: 3 diques, 6 noques Frente 2: 2 diques, 4 noques	
<b>Jornada laboral</b>	24 días/mes; 6h/día	28 días/mes; 6h/día	
<b>Maquinaria</b>	Excavadora GUIZHON JONYANG JY-60C (0.7 m <sup>3</sup> )	Excavadora Hyundai R220LC 7 (0.92 m <sup>3</sup> )	
	Excavadora de orugas Caterpillar 320L (1.25 m <sup>3</sup> )	cargador frontal Komatsu WA 320-6	
	Volqueta Nissan 205 Mod 79 (6 m <sup>3</sup> )	volquete Hino JOBE-GW (8 m <sup>3</sup> )	
	Criba convencional fija	Criba vibratoria TIO5143	
	Bomba de agua de 2" Honda	Bomba de agua de 2" Honda	
<b>Jornada laboral</b>	24 días/mes; 6h/día	28 días/mes; 6h/día	
	<b>Sistema de explotación Anterior</b>	<b>Sistema de explotación Óptimo</b>	<b>Diferencia</b>
<b>Costos indirectos anuales</b>	\$ 849.99	\$ 868.00	\$ 18.01
<b>Costos directos anuales</b>	\$ 6.333.81	\$ 6.933.81	\$ 600.00
<b>TOTAL, COSTOS</b>	\$ 7.183.80	\$ 7.801.81	\$ 618.01
<b>Producción diaria</b>	100 m <sup>3</sup> /día	214 m <sup>3</sup> /día	114 m <sup>3</sup> /día
<b>Ritmo de producción</b>	16.6 m <sup>3</sup> /día	35.66 m <sup>3</sup> /día	19.06 m <sup>3</sup> /día
<b>Costo de producción</b>	2.99 dólares/m <sup>3</sup>	1.30 dólares/m <sup>3</sup>	1.69 dólares/m <sup>3</sup>
<b>Tiempo de vida</b>	*****	26.58 años	*****

\*\*\*\*\*No existen valores de referencia

Comparando el sistema de explotación anterior con el sistema de explotación actual se determina que el sistema óptimo de explotación establece cambiar del método de extracción directa por retroexcavador a explotación por diques transversales que tiene mayor producción y genera menor impacto ambiental; se determinan 2 frentes de explotación a diferencia de anteriormente trabajar en 1 frente, que constan en los planos de los diseños del anexo 29 y 30 respectivamente; las jornadas de trabajo de 24 días aumentan a 28 días manteniendo las 6 horas de trabajo en cumplimiento con la ley, sumando \$ 618.01 dólares al costo de producción al aumentar por día la extracción adicional de 114 m<sup>3</sup>, mejorando el ritmo por día con una diferencia de 19 m<sup>3</sup> lo que conlleva a un ahorro de 1.69 dólares del costo por m<sup>3</sup> extraído.

En este sistema optimizado se sugiere el cambio y adquisición de maquinaria que mejore el rendimiento diario de la producción como se describe la maquinaria en la tabla 67, acción que es importante acompañar con el diseño extractivo.

## 7 Discusión

El presente trabajo de investigación se realizó en el área minera “El Diamante”, código 600841, ubicada en la provincia de Loja, cantones Catamayo y Gonzanamá, parroquia El Tambo, sector Huayco Bajo, vía sobrinopamba a una distancia aguas arriba de 7 Km de la captación de agua potable “La Sota”.

El levantamiento de información topográfico del terreno se basó en un Modelo digital de elevación DEM contemplando la extensión del área a cubrir, método suficiente para el detalle requerido que relacione el área de estudio con la captación de agua potable “La Sota”, el DEM permite detallar paisajes, crear mapas base y ayudar a estudios tectónicos como lo fundamenta Lisle *et al* (2011); Posteriormente por requerirse mayor detalle se realizó levantamiento de información con DRONE que como motiva Machado, y Pertúz, (2020 citando a Aerial Insights, 2018), este método reduce los costos del estudio, captura mayores puntos en la realización de planos, otorga mayor información gráfica de manera real, llega a zonas de difícil acceso, ampliando la información en menor tiempo de trabajo. Estos métodos de obtención de topografía se adaptan a las limitaciones económicos y de tiempo que comparando con la carta topográfica del IGM, (1969) a escala 1:25000 de El Tambo el área de estudio coincide en rango de alturas entre los 1300 m.s.n.m.

La geología regional explicada en la hoja geológica de Gonzanamá (Hoja 57) a escala 1:100000 del Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico (2017) determina que el área de estudio está conformada por la unidad Catamayo en el sector Santa Rita constituida por materiales como lutitas y limolitas de tonalidades verdes y púrpuras; por la Unidad Capilla representado por andesitas y andesitas basálticas de coloración verde; además de depósitos aluviales a lo largo del río Catamayo con clastos de rocas metamórficas y volcánicas. El Gobierno Autónomo Descentralizado de Catamayo (2019) en el plan de Ordenamiento Territorial de Catamayo PDOT-PUGS (2019-2023) representando el mapa geológico a escala 1:50000 establece que el sector de estudio se encuentra en la formación Loma Blanca donde manifiesta que: “Las rocas volcánicas están depositadas sobre las secuencias que forman el Dominio Loja-Olmos en el Ecuador se las cartografía como grupo Saraguro” (pág. 74). Comparando esta información base mencionada, se corrobora la geología local del sector con datos levantados en campo a escala 1:1000 que concuerdan con la geología regional del IIGE (2017), discrepando con lo citado en el PDOT Catamayo que consta de menor información pese a estar a una escala de mayor detalle por lo que no concierne a la escala

referida por mostrar su información procedente de la carta geológica de Gonzanamá (Hoja 57) a escala 1:100000 publicada en el año 1975.

El municipio de Catamayo siendo la entidad competente por medio de la Ordenanza que regula, autoriza y controla la explotación de materiales áridos y pétreos del 2016 indica los ensayos mínimos a realizar en laboratorio certificado que permitan evaluar la calidad de los materiales, de la misma manera el Ministerio de Transporte de Obras Públicas MTOP, (2002) en el libro amarillo especifica las condiciones de cumplimiento para el uso del material para capas de rodadura, base, sub base; siendo esta la información fuente para el análisis de las muestras comprobando que las misma cumplen con criterios de calidad para los distintos usos.

Existen algunos métodos para el cálculo de reservas cuando el espesor del depósito es variable como lo describe Benavides (2016) encontrándose: el método de perfiles, los de cubicación entre curvas de nivel, el de altura media, método de polígonos, método de prismas regulares y método de triangulación, de los cuales se aplicó el método de altura media que se utiliza cuando no hay grandes cambios de pendientes, demandando un gran número de puntos tomados para el cálculo de la profundidad que a posterior se promedia y se multiplica por el área que abarca el depósito en metros cuadrados. Contrastando con el método de polígonos que requiere dividir el depósito en polígonos por los segmentos de sondeo, el cual recurre a menor número de calicatas reduciendo gastos y tiempo proporcionando una buena precisión.

El cálculo de arrastre del material se realizó basándose en la metodología de Pardo J. (2022) en el trabajo de titulación de optimización para el sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción del área minera “Zamora Bombuscaro” código 500681 que posee similares condiciones, permitiendo obtener el arrastre del material en base a los caudales existentes determinados en el río Catamayo. En estudios específicos como el “Análisis de la disponibilidad hídrica de la cuenca del río Catamayo, hasta el puente Vicin, con fines de aprovechamiento y conservación” realizado por Cuenca A. (2015) se determina los caudales máximos y mínimos con la probabilidad del 95% del río Catamayo determinados con gran cantidades de datos que prueban el nivel de confianza del estudio, siendo esta información importante que no se presenta en la PDOT Catamayo por lo que se recurrió al mencionado estudio lo que sería de importancia que la municipalidad los realice.

Bocanegra, A., Quintero, H., Ramírez, C., Sandoval, M. & Santacruz, S. (2009) plantea una metodología para estimar los volúmenes de explotación máximo en ríos con el fin de proteger ambientalmente la zona y evitar socavaciones basado en los caudales naturales del río

de acuerdo a las condiciones climáticas determinando el máximo explotable siendo estos del 25% hasta el 75% del arrastre o inclusive pudiendo prohibir la explotación en temporadas no favorables, lo que genera una alternativa de control de explotaciones que no afecten a otras actividades y conserven la morfología de los ríos por lo cual fue aplicada en el presente trabajo que sirvió para indicar que no existe un daño al río con el volumen de explotación diario al que venían trabajando y dando soporte que el volumen de explotación planteado es viable

La optimización se plantea desde la elección del método de explotación que permitieron el diseño del mismo, indicando que existen algunos métodos de explotación para graveras entre los que indica Mojica y Manrique (2008) quien plantea un método de explotación minero-ambiental como lo es por diques transversales que permite una mayor producción de material por arrastre del río para la extracción con baja inversión y con menor impacto visual y ambiental y su aplicación depende del caudal del río estableciendo que para caudal bajo el método constructivo es de madera, para caudales medios se aplica gaviones y para altos de concreto; UICN, (2009 citado por Espinoza, J. 2019) plantea la extracción paralela con pala hidráulica o retroexcavadora en el cual el material se extrae directamente del río trabajando desde la profundidad menor o en la zona seca, método de alta producción que genera afectaciones al río; Pardo, J. (2022) en su trabajo de titulación expone el método de explotación a los diques longitudinales que genera buena producción, con mayor impacto ambiental al deberse construir a lo largo del río que debe soportar el caudal del río, el peso de la maquinaria. Comparando estos autores y sus metodologías propuestas por medio de una tabla multicriterio que expone los aspectos económicos, ambientales y legales se determina la aplicación de diques transversales por gaviones como lo establece Pardo J, (2022) en su estudio de optimización en la concesión “Zamora Bombuscaro” código 500681 de similares características y discrepando con Espinoza J. (2019) en su estudio de diseño de explotación del depósito aluvial del río Macará quien elige la extracción paralela por limitaciones económicas dejando pasar la desventaja ambiental.

El diseño constructivo de los diques se fundamenta en el criterio del estudio de Mojica y Manrique (2008) para lo cual se considera que sea menos del 45% del ancho del río que es el mismo fundamento de Pardo J. (2022). Se utiliza otros criterios técnicos como altura a nivel de espejo de agua para generar menor impacto visual, enterrado de 50 a 60 cm de la base, protección de erosión en la base del dique definidos con la guía publicada por la Dirección Zonal Agrorural Puno (2014); además para la conformación del dique se opta por el diseño

constructivo de gaviones mejor adaptado basado en la información de INVIAS (2012) quien plantea una tabla estándar indicando la longitud, ancho y alto máximo por gavión; información contraria con el diseño de diques aplicado por Pardo J. (2022) quien usa gaviones con alturas no establecidas pudiendo provocar inestabilidad en la construcción del dique según la literatura. Cabe indicar que para el dimensionamiento de los diques se analizó los espacios requeridos por la maquinaria a utilizar principalmente en ancho y longitud, de la misma manera para las vías de acceso. Optimizando la infraestructura para mejor producción, similar a lo que plantea el trabajo de Pardo J. (202) y Espinoza J. (2019), determinándose dos frentes de explotación basado en zonas de agradación como sugiere Bocanegra, A., Quintero, H., Ramírez, C., Sandoval, M. & Santacruz, S. (2009) en su metodología para el volumen máximo de explotación que será orientado a estas zonas.

## 8 Conclusiones

- El área minera “El Diamante” código 600841, se ubica en la provincia de Loja, cantón Catamayo, parroquia “El Tambo” sector Huayco Bajo se encuentra aguas arriba a 7 Km de la captación de agua potable “La Sota”.
- La geología del sector contiene limolitas y lutitas al este; al oeste andesitas alteradas que se muestran a lo largo de la vía a sobrinopamba; paralelo al río contiene depósitos aluviales por arrastre del río Catamayo y depósito de arenas, areniscas, gravas, gravones cuyas dimensiones van hasta los 45 cm.
- El material presente en la concesión minera cumple con los criterios de calidad y según el libro amarillo del MTOP cumple con requisitos para rodadura, base y sub base.
- El volumen total del depósito es de  $1.706.368.28 \text{ m}^3$  de los cuales  $1.337.451.45 \text{ m}^3$  son de interés comercial de material como arena (28.07 %) y grava (50.31%).
- El método de explotación del área minera “El Diamante” es a cielo abierto, sistema graveras, y se optimizó a subsistema de diques transversales con base constructiva de gaviones.
- Se diseñó dos frentes de explotación conformados por diques transversales de 6 m de ancho, con una longitud de 8 m, una altura hasta el espejo de agua de 1,65 m y un ángulo en la base como pata de  $27^\circ$ , cada dique se proyectó con gaviones de 2 dimensiones distintas que difieren en la altura siendo unos de 1m y otros de  $0.5 \text{ m} * 1 \text{ m}$  de ancho \* 4 metros de longitud en base a especificaciones técnicas, los cuales están superpuestos en 2 niveles. Los noques de explotación son de 9 m de ancho por 8 m de longitud con una altura hasta el espejo de agua.
- Se optimizó con maquinaria existente, la implementación de una cargadora frontal, un volquete  $8\text{m}^3$ , adquisición de una criba vibratoria.
- El ritmo óptimo de producción es de  $214 \text{ m}^3$  por día en una jornada laboral de 28 días, con un costo de producción por  $\text{m}^3$  extraído de 1.30 dólares.
- El tiempo de vida útil del depósito es de 23.73 años, sin asumir el arrastre del material a los frentes de explotación.

## **9 Recomendaciones**

- Socializar el estudio actual con el titular del área minera que le permita mejorar la producción, y plantear medidas de protección previo la explotación.
- Ubicar una planta de trituración en el área minera para procesar el material mayor a 10 cm, con el fin de producir todo el material explotado.
- Explotar las áreas denominadas A1, A2, A3 y A4 en el anexo 24 del diseño de explotación, donde se sugiere aplicar el subsistema de graveras, bajo lámina de agua con técnica mixta dejando una berma de seguridad de 5 m al margen del río para su protección y explotar el material de cada área en sentido sur a norte. Terminada la actividad de arranque proceder a la apertura de una sección de la berma de seguridad que permita la recarga de material procedente del arrastre del río, convirtiéndose en un ciclo que prolonga la vida útil del depósito, actos a desarrollarse en cada área determinada de la concesión.
- Aplicar medidas de control, que permitan mejorar la seguridad y prevención en las áreas de trabajo.

## 10 Bibliografía

- Alcántara, D. (2014). *Topografía y sus aplicaciones*. (1ª ed). Compañía editorial Continental. <https://www.editorialpatria.com.mx/pdf/files/9789702409151.pdf>.
- ANEFA, (2013). *Buenas prácticas para la extracción en zona de cauce y de policía facilitadas por la asociación nacional de fabricantes de áridos* (ANEFA). <https://www.chebro.es/documents/20121/323883/ANEJO+14+C%C3%B3digo+buenas+pr%C3%A1cticas-ENE+2014.pdf/894ae40e-f0ca-cd79-e0c5-6894e4245c57?t=1630576339493>.
- Azanza, M. (2015). *Estudio de impacto y plan de manejo ambiental del área minera “El Diamante” código 600841*. <https://maeloja.files.wordpress.com/2016/01/eia-diamante-1.pdf>
- Benavides, D. (2016). “*Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales áridos y pétreos en el área minera “El Huato”, código 600155, ubicada en las parroquias Malacatos y San Pedro de Vilcabamba, cantón y provincia de Loja*”. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio institucional-UNL.
- Biurrarena, S. Copp. (2023). *Hyundai Roblex 220 LC-7*. <https://www.interempresas.net/ObrasPublicas/FeriaVirtual/Producto-Excavadora-de-orugas-Hyundai-Roblex-210-LC-7-1135.html>
- Bocanegra, A., Quintero, H., Ramírez, C., Sandoval, M. & Santacruz, S. (2009). *Metodología para estimar los volúmenes máximos de explotación de materiales de arrastre en un río*. INGENIERÍA Y COMPETITIVIDAD. Volumen 11. N°2. P.53-61. 11.10.25100/iyc.v11i2.2463
- Bolívar, R. (2019). *Gaviones*. Departamento de Diseño, Investigación e Innovación (DRIM). <https://gaviones.co/wp-content/uploads/2019/08/4.-GAVIONES.pdf>
- Bustillo, R. y López, J. (1997). *Manual de Evaluación y Diseño de Explotaciones Mineras*. Madrid: Entorno Gráfico S.L. 1997.
- Contreras, E. (2019). *Altimetría*. Slideplayer. <https://slideplayer.es/slide/14327152/>
- CONSORCIO ATA-UNP-UNL (2005). *Cuenca Binacional Catamayo-Chira Caracterización Hídrica y Adecuación entre la Oferta y Demanda Caracterización Territorial y Documentación Básica*. <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/Amb-57.pdf>
- Construccionchilena, (11 de abril del 2015). *Explotación de áridos*. <http://construccionchilena.blogspot.com/>
- Cornelis, k., y Cornelius, H. (1997). *Manual de Mineralogía*. Cuarta edición. Barcelona: Reverte.

- Cuenca A. (2015). “ANÁLISIS DE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA DE LA CUENCA DEL RÍO CATAMAYO, HASTA LA ESTACIÓN EN PTE. VICIN, CON FINES DE APROVECHAMIENTO Y CONSERVACIÓN” [Tesis de grado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio institucional-UNL.
- Decreto Ejecutivo 119 de 2009 [con fuerza de ley]. Por medio del cual se expide el Reglamento General a la Ley de Minería. 16 de noviembre de 2019. R.O.67
- Dirección Regional Agrorural (2015) *Construcción de Diques*.  
[https://issuu.com/agroaldia/docs/construccion\\_diques](https://issuu.com/agroaldia/docs/construccion_diques)
- Duque, G. (2017). *Manual de geología para ingenieros. Rocas Sedimentarias*. Boyaca- Colombia: Angelfire. <http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/>
- Energiayminasmoquegua (s.f.). *Reservas*.  
[http://www.energiayminasmoquegua.gob.pe/web/phocadownload/Capacitaciones/Curso\\_Elaboracion\\_Expediente\\_Tecnico/Tema-2-Evaluacion-Economica-Actividad-Minera.pdf](http://www.energiayminasmoquegua.gob.pe/web/phocadownload/Capacitaciones/Curso_Elaboracion_Expediente_Tecnico/Tema-2-Evaluacion-Economica-Actividad-Minera.pdf)
- Escobar, O. (2023). *Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales áridos y pétreos en el área minera perteneciente a la empresa Vialzachin E.P. 1, código 50001288 ubicada en el sector de La Saquea, parroquia de Guadalupe, cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio institucional-UNL.
- Espinoza, J. (2019). “DISEÑO DE EXPLOTACIÓN DE LOS AGREGADOS PÉTREOS DEL DEPÓSITO ALUVIAL DEL RÍO MACARÁ, UBICADO EN EL SECTOR “LA CRUZ”, PERTENECIENTE AL CANTÓN MACARÁ, PROVINCIA DE LOJA”. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio institucional-UNL.
- Explora Geología. (julio 2010). *Estudio sobre Áridos y Pétreos: Geología, Legislación, Medioambiente, Normativa, Explotación y Tratamiento*. Madrid: Explora Geología [Archivo PDF].  
[https://www.academia.edu/35681968/ESTUDIO\\_SOBRE\\_%C3%81RIDOS](https://www.academia.edu/35681968/ESTUDIO_SOBRE_%C3%81RIDOS)
- Franquet, J. y Querol, A. (2010). *Nivelación de Terrenos por regresión tridimensional*. (1° ed).  
<https://books.google.com.ec/books?id=qJwn2UqPC28C&lpg=PA6&hl=es&pg=PA6#v=onepage&q&f=false>.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Catamayo (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Catamayo*. [https://catamayo.gob.ec/wp-content/uploads/PDOT\\_PUGS/PDOT-2019-2023.pdf](https://catamayo.gob.ec/wp-content/uploads/PDOT_PUGS/PDOT-2019-2023.pdf)

- García, A., Rosique, M., y Segado, F. (1994). *Conceptos de topografía*. Topografía básica para ingenieros. Universidad de Murcia. Murcia-España. [https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/12216/mod\\_resource/content/3/Topografia\\_UD1.pdf](https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/12216/mod_resource/content/3/Topografia_UD1.pdf)
- García, A., Rosique, M., y Torres, M. (2017). *Topografía y cartografía mineras*. (2ª ed.). Universidad Politécnica de Cartagena. <https://repositorio.upct.es/handle/10317/5889>.
- Guamán, L. (2021). *Optimización del Sistema de explotación para el Área minera de libre aprovechamiento "IML Las Lágrimas - Código 60000309", ubicada en la parroquia Carigán, cantón Loja, provincia de Loja*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio institucional-UNL.
- Herrera, J. (2006). *Métodos de minería a cielo abierto*. Universidad Politécnica de Madrid. DOI: 10.20868/UPM.book.10675. [http://oa.upm.es/10675/1/20111122\\_METODOS\\_MINERIA\\_A\\_CIELO\\_ABIERTO.pdf](http://oa.upm.es/10675/1/20111122_METODOS_MINERIA_A_CIELO_ABIERTO.pdf)
- KOMATSU (2023) *Cargador Frontal WA320-6*. <https://webklat.s3.amazonaws.com/wp-content/uploads/2019/03/18190510/Cata%CC%81logo-Cargador-Frontal-WA320-6-espan%CC%83ol-digital.pdf>
- Lectura specs. (2023). *Hyundai R 210 LC 7 Ficha técnica & Especificaciones (2002-2007)*. <https://www.lectura-specs.es/es/modelo/maquinaria-para-la-construccion-y-obras-publicas/excavadoras-de-orugas-hyundai/r-210-lc-7-1001120#accessories>
- Lesiter P. (s.f.). *Manual de Obras de Contención*. [file:///D:/Mis%20Datos/Descargas/Calculo\\_de\\_muro\\_de\\_gaviones\\_130524132336.pdf](file:///D:/Mis%20Datos/Descargas/Calculo_de_muro_de_gaviones_130524132336.pdf)
- López, J. (1998). *ÁRIDOS: Manual de Prospección, Explotación y Aplicaciones*. Madrid: Madrid: Loemco, 2003.
- Luaces, C. (2010) “*Los Áridos: Historia, clasificación, transformación, reciclado, maquinaria, tecnología y aplicación*”. <http://www.interempresas.net/Construccion/Articulos/37082-Los-aridos.html>
- Machado, M. y Pertúz, J. (2020). *Análisis de la utilización de drones para el levantamiento topográfico en sitios habitados donde se presentan aguas estancadas en el municipio de Ciénaga Magdalena*. [Tesis de grado, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio institucional Universidad Cooperativa de Colombia.
- Maquqam, (2015). *Guía Completa de Maquinaria de construcción. Excavadora hidráulica Hyundai R210LC7*. <https://maquqam.com/tecnicas/construccion-4768/hyundai/r210lc-7.html>

- Mingarro, F. (1996). *Degradación y conservación del patrimonio arquitectónico*. Complutense. ISBN: 84-89365-84-9.
- Mojica, V. y Manrique, A. (2008). “*Diques Transversales: Método de explotación minero – ambiental.*” Escuela de ingeniería de minas Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Boyacá.
- MTOP. (2002). *Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes*. Quito: MTOP
- Navarro, S. (2008). *Topografía II*. Nicaragua: UNI-Norte
- Norberto, E. (1984). *Cartas Topográficas, su interpretación y uso en suelos*. Argentina
- Ortega, R. (2015). *Desarrollo de elementos estructurales de proyectos de edificación*. Elearning. <https://books.google.com.ec/books?id=gNNWDwAAQBAJ>
- Pardo, J. (2022). *Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción del área minera “Zamora Bombuscaro” – código 500681, ubicada en la parroquia Zamora, cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio institucional Universidad Nacional de Loja.
- Piña, A. (s.f.). *Métodos de explotación de yacimientos superficiales*. <http://saber.ucv.ve/bitstream/123456789/9455/1/TEMA%201%20M%C3%A9todos%20de%20explotaci%C3%B3n%20de%20Yacimientos%20superficiales.pdf>.
- Registro Oficial Suplemento 517. [Ley de minería]. Por la cual se establece la Ley 45 de 2018. 28 de julio de 2020.
- Registro oficial 670 de 2016 [Consejo Municipal del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Catamayo]. Por la cual se establece la Ordenanza Sustitutiva que Regula, Autoriza y Controla la Explotación de Materiales Áridos y Pétreos en el Cantón Catamayo. 4 de agosto de 2016.
- Rincón, M., Vargas, W., y González, C. (2017). *Topografía: conceptos y aplicaciones*. (1a ed.). Bogotá: Ecoe Ediciones Ltda
- Rojas, H. (Sábado, 31 de octubre de 2020). *Geología*. <http://sismologiaeducativa.blogspot.com/2020/10/que-es-la-geologia-el-estudio-de-la.html>
- Rojas, J. (2021). *Optimización del Sistema de Explotación para la extracción de materiales áridos y pétreos del Área Minera Dyna Código 30000457, ubicada en la parroquia Arenillas, cantón Arenillas, provincia de El Oro*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio institucional-UNL.

- Román S. (2016). *Hyundai 210 seria nueva catálogo*.  
<https://es.slideshare.net/silviroman3/hyundai-210-serie-nueva-catalogo>
- Rosas, R. (2018). *Guía de Productos TRIO 2018. WEIR*.  
<https://es.scribd.com/document/498581081/Guia-de-productos-TRIO-2018#>
- Sanz J., ; Duque E., & Gómez S. (2010). *La Resistividad del Suelo en funcion de la frecuencia*.  
 Scientia Et Technica, vol. XVI, núm. 44, abril, 2010, pp. 1-6 Universidad Tecnológica de  
 Pereira Pereira, Colombia. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84917316001>
- Santamaría, J. y Sanz, T. (2005), *Manual de prácticas de topografía y cartografía*, España:  
 Universidad de La Rioja.
- Seguridad Minera, (2013). *Elección de métodos de explotación minera*. Revista Seguridad Minera.  
<https://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/eleccion-de-metodos-de-explotacion-minera/>
- Tamayo, A. (2016). “*Optimización del Sistema de Explotación para la Extracción de Materiales Áridos y Pétreos del Área Minera “Junior Acumulada Código 600524”, Ubicada en el Sector Chinguilamaca, entre la Parroquia Malacatos-Valladolid del Cantón Loja y Parroquia Purunuma del Cantón Gonzanamá, Provincia de Loja* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio institucional-UNL.
- Tarback, E. y Lutgens, F. (2005). *Ciencias de la Tierra. Una Introducción a la Geología Física*.  
 Madrid: PEARSON PRENTICE HALL
- Universidad del Quindío (s.f.). *Planimetría*.  
<https://bdigital.uniquindio.edu.co/bitstream/handle/001/5932/Capitulo%201%20pre%20C3%20A1mbulo.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- WEIR (2023). *Criba para minas*. Direct INDUSTRY by Virtual expo group.  
<https://www.directindustry.es/prod/weir-minerals/product-23306-1735957.html>

## 11 Anexos

### Anexo 1. Entrevista al titular minero

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b> <b>FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NO RENOVABLES</b> <b>CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL</b>
<b>Datos Informativos:</b>	
<b>Nombres y Apellidos del titular minero:</b>	Estuardo Líder Martínez Zúñiga
<b>C.I.:</b>	1101429585
<b>Nombre de la concesión minera:</b>	"El Diamante"
<b>Código de la concesión minera:</b>	600841
<b>FORMATO DE ENTREVISTA</b>	
<b>Preguntas:</b>	
1.	<b>¿Cuál es la superficie concesionada del área minera?</b> 88Ha.
2.	<b>¿El terreno donde se encuentra el área minera es propio?</b> Una parte
3.	<b>¿Cuántas Hectáreas de terreno son propias en el área minera?</b> Aproximadamente 5
4.	<b>¿Cuál es la superficie a explotar con la que trabajan?</b> 3 Ha. aproximadamente
5.	<b>¿Con cuántos frentes de trabajo cuenta el área minera?</b> 1 frente de trabajo
6.	<b>¿Cuál es la superficie del o los frentes de explotación del área minera?</b> Desconozco
7.	<b>¿En qué fase minera se encuentra el área minera?</b> Se encuentra en la fase de explotación, pero, actualmente no se está trabajando porque no nos quieren dar permiso, porque dicen que estamos afectando a la captación de agua potable, diciendo que estamos ocasionando socavaciones.
8.	<b>¿Qué actividades se realizan en el área minera?</b> Ahora ninguna hasta obtener el permiso.
9.	<b>¿Cómo era su sistema de trabajo?</b> El material se obtenía recolectando lo acumulado en la playa del río cuando era arrastrado por la corriente, se excavaba una zanja de 4 o 5 metros de ancho por 12 o 15 metros de largo dependiendo, a una profundidad cercana a 2,5 metros, para que se acumule el material, luego se lo recolectaba con la retroexcavadora y se lo colocaba en la volqueta para colocar en la zaranda para lavarlo y clasificarlo cuando pedían ese material con esas condiciones o también se lo almacenaba cuando se acumulaba demasiado por la falta de venta, aunque también habían ocasiones que lo llevaban directamente. El agua que se ocupa para lavar estaba acumulada a la orilla del río en una poza y cuando se lavaba se lo hacía con la bomba que llevaba el agua por la manguera y por medio de un chorro se cubría el material, ya lavada se dirigía a una poza para que se sedimente y posterior regar el agua en cultivos del sector. Además, se usaba una trituradora para preparar el gravón, la trituradora era de tipo mandíbulas que reducía la piedra cuando se requería material para la construcción por lo general era de ¾ o 3/8 a lo que se reducía.
10.	<b>¿Se retira algún material en la superficie antes de obtener el material que explota?</b> No se necesita retirar suelo ni vegetación de la superficie excepto cuando en el sitio se deja de trabajar y crecen poquitas plantas.
11.	<b>¿Qué suelen hacer con el material superficial de no interés que retiran antes de la explotación?</b> Cuando hay por tiempos en los que no se ha trabajado seguidamente se procede a cortarlo y quemarlo
12.	<b>¿Cuáles son las actividades que realizan para la obtención del material a explotar?</b> Solo se usa la retro-excavadora para recoger el material acumulado y lavarlo y clasificarlo antes de almacenarlo para la venta si es que no se ha vendido
13.	<b>¿Con cuánto volumen material almacenado suelen contar?</b> Como para dos volquetas de 8m <sup>3</sup> , serían 16m <sup>3</sup>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NO RENOVABLES  
CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Datos Informativos:

Nombres y Apellidos del titular minero:	Estuardo Líder Martínez Zúñiga
C.I:	1101429585
Nombre de la concesión minera:	"El Diamante"
Código de la concesión minera:	600841

FORMATO DE ENTREVISTA

Preguntas:

14. **¿Qué volumen de material remueven en el destape?**  
Talvez un 5% cuando se ha dejado de trabajar por mucho tiempo
15. **¿Qué actividades de preparación realizan?**  
Ninguna cuando se trabaja consecutivamente, solo si se ha dejado por un tiempo sin trabajar se retira un poco de maleza que haya crecido
16. **¿Ha realizado piscinas para la obtención del material, qué profundidad tienen?**  
Piscinas no se ha realizado, porque no se requiere, solo se requiere pozas para acumular agua para el lavado que se realizan cerca a la orilla del río pero sin meternos en él, además en el lugar en el que trabajamos se acumula el material por la corriente del río.
17. **¿Qué tipo de material extraen?**  
Arena gruesa, grava, gravón y piedra de río.
18. **¿Cómo está distribuido el espacio de su área de trabajo?**  
Tenemos un campamento que se lo usa como vivienda, baños, y un canchón para acumular el material y recolectarlo del río y solíamos tener una criba que fue destruida debido a que no se ha estado trabajando y se la llevó a otro lugar.
19. **¿De qué material está construido las infraestructuras que tiene en el área minera?**  
Solo el campamento y baños son de ladrillo, cemento, techo de zinc.
20. **¿Cuántas personas trabajan en el área minera?**  
Suele trabajar una persona que es mi ayudante y administrador y cuando había ventas se alquila maquinaria para la recolección del material y un chorrero que es el ayuda a lavar el material.
21. **¿Qué responsabilidades tienen los trabajadores?**  
La persona que me ayudaba permanentemente era quien me ayudaba a cuidar el terreno, y recibir a los volqueteros cuando se vendía material ayudando a cargar o ayudarme a ver que trabajos haga el de la retro excavadora cuando se alquilaba y el otro trabajador se encarga de lavar el material en la zaranda, le decimos chorrero.
22. **¿Qué cantidad de insumos están utilizando?**  
Antes se utilizaban solo palas, mangueras para el lavado, agua, antes utilizábamos diesel en galones para colocar en el motor de la trituradora
23. **¿Qué maquinaria pesada utiliza en el área minera?**  
Cuando hay contratos se utiliza volquetes y retroexcavadora
24. **¿La maquinaria que suele utilizar es propia o es alquilada?**  
Es alquilada
25. **¿Las volquetas utilizadas en el área minera para transporte de material son propia o alquilada?**  
Alquilada
26. **¿Qué maquinaria utilizaban para la explotación?**  
Excavadora GUIZHON JONYANG JY-60C de 1.7 m3, Volqueta Nissan 205 Mod 79 de 6m3, Zaranda  
Excavadora de orugas Caterpillar 320L
27. **¿Cuáles eran los tiempos aproximados de la realización de las actividades para la producción?**  
En la extracción del material del río por cada cargada del cucharón se demoraba mas o menos unos 49 minutos y cargando el material a el volquete unos 47 segundos, luego cuando el volquete llevaba el material a la zaranda en ir y regresar se demoraba 5 minutos, igualmente la zaranda demoraba 5 minutos en clasificar lo que le dejaba el volquete, adicional la excavadora encargada de llevar el material clasificado al stock se demoraba un minuto aproximadamente. Todo el proceso era alrededor de 5 minutos considerando siempre algún contratiempo.
28. **¿Quién realiza el mantenimiento a la maquinaria?**  
Los dueños de la maquinaria



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NO RENOVABLES  
CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Datos Informativos:

Nombres y Apellidos del titular minero:	Estuardo Líder Martínez Zúñiga
C.I:	1101429585
Nombre de la concesión minera:	"El Diamante"
Código de la concesión minera:	600841

FORMATO DE ENTREVISTA

Preguntas:

29. **¿Dónde se realiza el mantenimiento de la maquinaria?**  
La realizan, me imagino que en los talleres de Catamayo
30. **¿Cómo era la zaranda?**  
La zaranda tenía un altura de 5 m y 3 metros de ancho las longitudes variaban de 12m, 8m, 4m, con una diferencia de altura de 1m cada una estaba conformada por 3 mallas respectivamente de varillas entrecruzadas de 2", 1 1/2", 1", y 1/8" y aberturas de 10cm, 5cm, 1cm, para la clasificación del material.
31. **¿Cuenta con campamento, de que materiales está construido?**  
Si, de ladrillo, cemento, techo de zinc
32. **¿Actualmente con que maquinaria y equipos cuenta, que le puedan servir para retomar las actividades de explotación?**  
Actualmente tengo un excavadora Hyundai R210LC7 que la utilizo para fines agrícolas, mantengo la bomba para el lavado del material.
33. **¿Ha considerado la posibilidad de adquirir maquinaria?**  
Si, porque se perdía muchos ingresos alquilando maquinaria, quiero adquirir una cargadora y una zaranda vibratoria de las que he escuchado son mas rentables.
34. **¿Para el acceso, cuenta con permisos de colindantes, o como es el acceso?**  
El acceso es por mis terrenos, no necesito permiso de otros propietarios
35. **¿Tiene un técnico geólogo/minero?**  
Si
36. **¿El técnico geólogo/minero es permanente o temporal?**  
Es temporal
37. **¿Para qué actividades requiere al técnico geólogo/minero?**  
Solo para realizar los informes de producción, memorias técnicas, auditorias, o cuando se requiera algún trámite específico
38. **¿Qué profesionales a contratado en el área minera?**  
Para el estudio de impacto ambiental que exigía el gobierno, se contrató un Ingeniero Ambiental que hizo el estudio para sacar la licencia ambiental, aparte también nos ayuda con monitoreo, auditorías ambientales, planes de manejo ambiental.  
También contratábamos una contadora para que pueda entregar las facturas de las ventas del material explotado y la contabilidad para los informes de producción que también exigen.

FIRMA DEL ENTREVISTADO

FIRMA DEL RESPONSABLE

## Anexo 2. Ficha de información del área minera

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b> <b>FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NO RENOVABLES</b> <b>CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL</b>				
DATOS GENERALES DEL TITULAR DE DERECHOS MINEROS				
NOMBRE DEL ÁREA		CODIGO	NOMBRE DE LA MINA (SOCIEDAD)	
"EL DIAMANTE"		600841		
PARROQUIA		CANTON	PROVINCIA	
EL TAMBO - NAMBACOLA		CATAMAYO - GONZANAMÁ	LOJA	
FASE		TIPO DE MINERIA	ESCALA DE MINERIA	
EXPLOTACIÓN		ALUVIAL	PEQUEÑA	
NOMBRE DEL TITULAR	Estuardo Líder Martínez Zñiga		REPRESENTANTE LEGAL	Estuardo Líder Martínez Zñiga
NOMBRE DEL ASESOR TECNICO	Ing. Iván Escobar Cevallos			
COORDENADAS PSAD 56/UTM DE LA MINA			ORIENTACION (RUMBO)	SUPERFICIE CONCESION
PP	Longitud	Latitud		88 Ha
PP	684000	9547000		
1	684200	9547000		
2	684200	9546700		
3	684400	9546700		
4	684400	9546000		
5	684600	9546000		
6	684600	9545400		
7	684700	9545400		
8	684700	9545000		
9	684200	9545000		
10	684200	9545500		
11	684000	9545500		
NÚMERO DE PERSONAS QUE TRABAJAN EN LA MINA				
DIRECTIVO	ADMINISTRATIVO	PROFESIONAL	OPERATIVO	AFILIADOS AL IESS
	1	2	1	1
<b>Comentarios:</b>				
				
FIRMA DEL TITULAR		FIRMA DEL RESPONSABLE		

NOTA: Elaborado por el autor, 2022

**Anexo 3. Chequeo de la infraestructura del área.**

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b> <b>FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NO RENOVABLES</b> <b>CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL</b>									
<b>NOMBRE DEL RESPONSABLE</b>	Karen P. Martínez Maldonado								
<b>FECHA DE CHEQUEO</b>	11 de noviembre de 2022								
INFRAESTRUCTURAS	Estado			Mantenimiento		Reparación		Observación	
	B	R	M	SI	NO	SI	NO		
<b>Vías de acceso</b>		x			x			X	Retirar cobertura vegetal
<b>Criba fija</b>					x				Se la robaron, sugerir implementar
<b>Bomba de agua</b>	x					x		x	
<b>Campamento</b>	x					x		x	
<b>Baños</b>		x			x			x	Implementos robados que se deben instalar, colocar el techo y la puerta y realizar limpieza
<b>Bodega</b>	x					x		X	
<b>Servicios Básicos</b>	x					x		X	
<b>Área de Combustible</b>					X				
<b>Zona de parqueo</b>	x					x		x	
<b>Zona mantenimiento</b>					x				Implementar una zona para mantenimiento
<b>B= BUENO R=Regular M=Malo</b>									
									
<b>FIRMA DEL TITULAR</b>				<b>FIRMA DEL RESPONSABLE</b>					

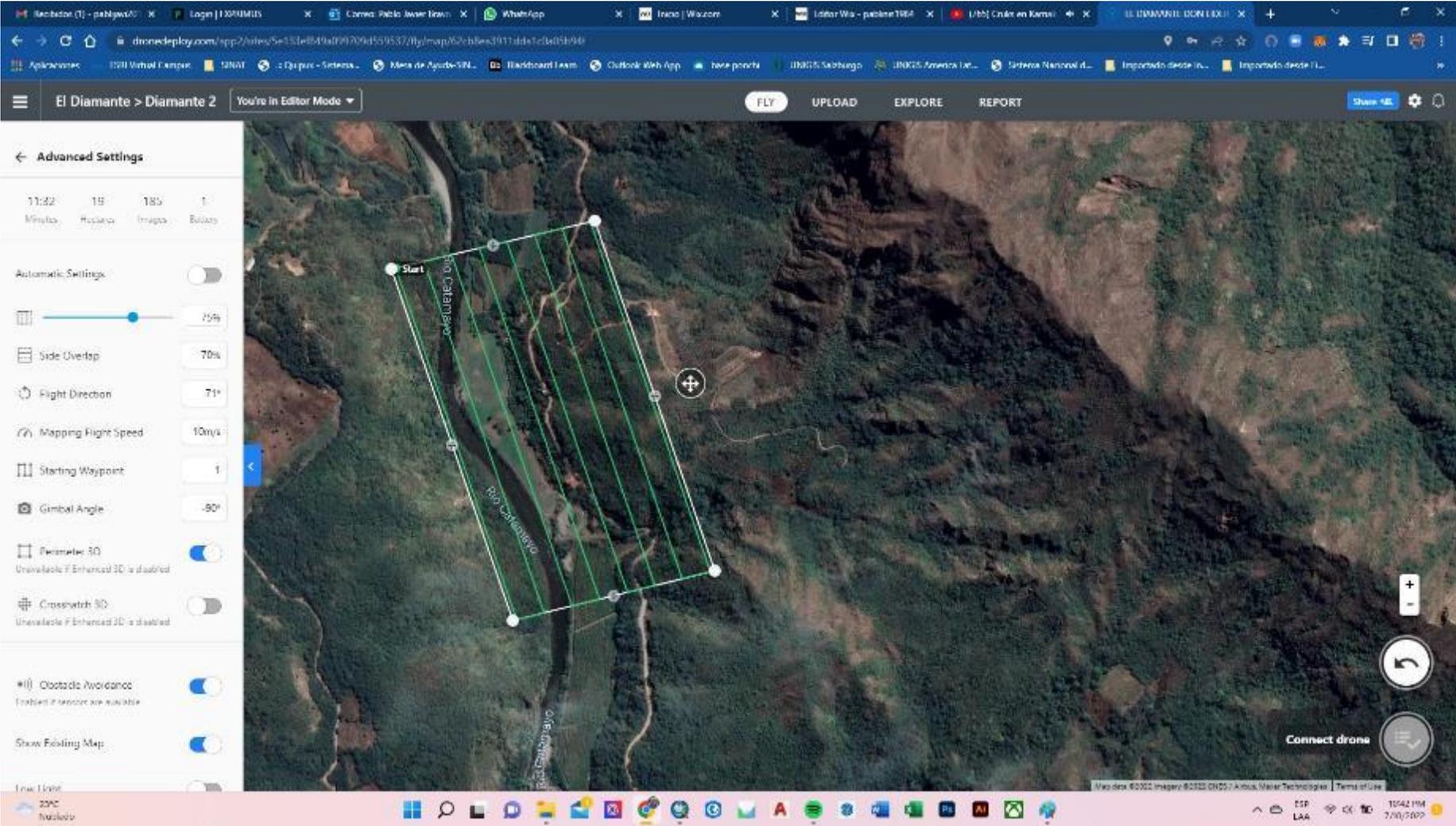
**NOTA:** Elaborado por el autor, 2022

**Anexo 4. Ficha para materiales pétreos y áridos**

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b> <b>FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NO RENOVABLES</b> <b>CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL</b>		
<b>ASPECTOS DE INSPECCION</b>	<b>REGISTRO DE INFORMACION</b>	
<b>DISEÑO DE EXPLOTACION</b>	SI	<b>NO</b>
	<b>NO</b>	
<b>CONSERVACION DE HITOS DEMARCATORIOS</b>	SI	<b>SI</b>
	<b>NO</b>	
<b>TIPO DE ROCAS Y ARIDOS</b>	Arena, grava, gravón, piedra.	
<b>METODO DE EXPLOTACION A CIELO ABIERTO</b>		
<b>BANCOS ASCENDENTES</b>		
<b>BANCOS DESCENDENTES</b>		
<b>BLOQUES</b>		
<b>GRAVERAS</b>	<b>X</b>	
<b>OTROS</b>		
<b>ESTABILIDAD DE TALUDES</b>	COEFICIENTE DESTAPE	10%
	ANGULO DE TALUD	N/A
	ANCHO DE PLATAFORMA	
	BERMA DE SEGURIDAD	<b>NO</b>
	CONTROL DE DRENAJES	<b>NO</b>
	AZUD	<b>NO</b>
	MURO DE ESCOLLERA	<b>NO</b>
	<b>OTROS</b>	
<b>ÁREA INTERVENIDA CON EL CIELO ABIERTO</b>	LARGO	521 m
	ANCHO	Irregular entre 40 y 100
	PROFUNDIDAD	2 m
	DIAMETRO MAYOR	100
	DIAMETRO MENOR	40
	<b>OTROS</b>	
<b>TRANSPORTE</b>	CAMIONES	No
	CORREA TRANSPORTADORA	No
<b>CARGUIO</b>	MANUAL	Si
	METODOS MECANICOS	Esporádico
<b>SISTEMA ELECTRICO</b>	SI	
	<b>NO</b>	No
<b>PRODUCCION</b>	DIARIA (m3/dia)	MENSUAL (m3 / mes)
<b>BLOQUES</b>		
<b>RIPIO</b>		
<b>ARENA</b>	100	
<b>GRAVA</b>	100	
<b>GRAVÓN</b>		100
<b>PIEDRA BASÍLICA</b>		
<b>POLVO FINO</b>		
<b>OTROS</b>	100	
<b>ESCOMBRERAS</b>	SI	<b>NO X</b>
	NUMERO DE ESCOMBRERAS	
	DIMENSION APROXIMADA	

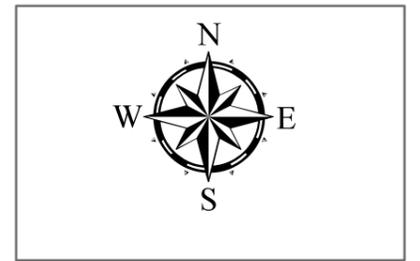
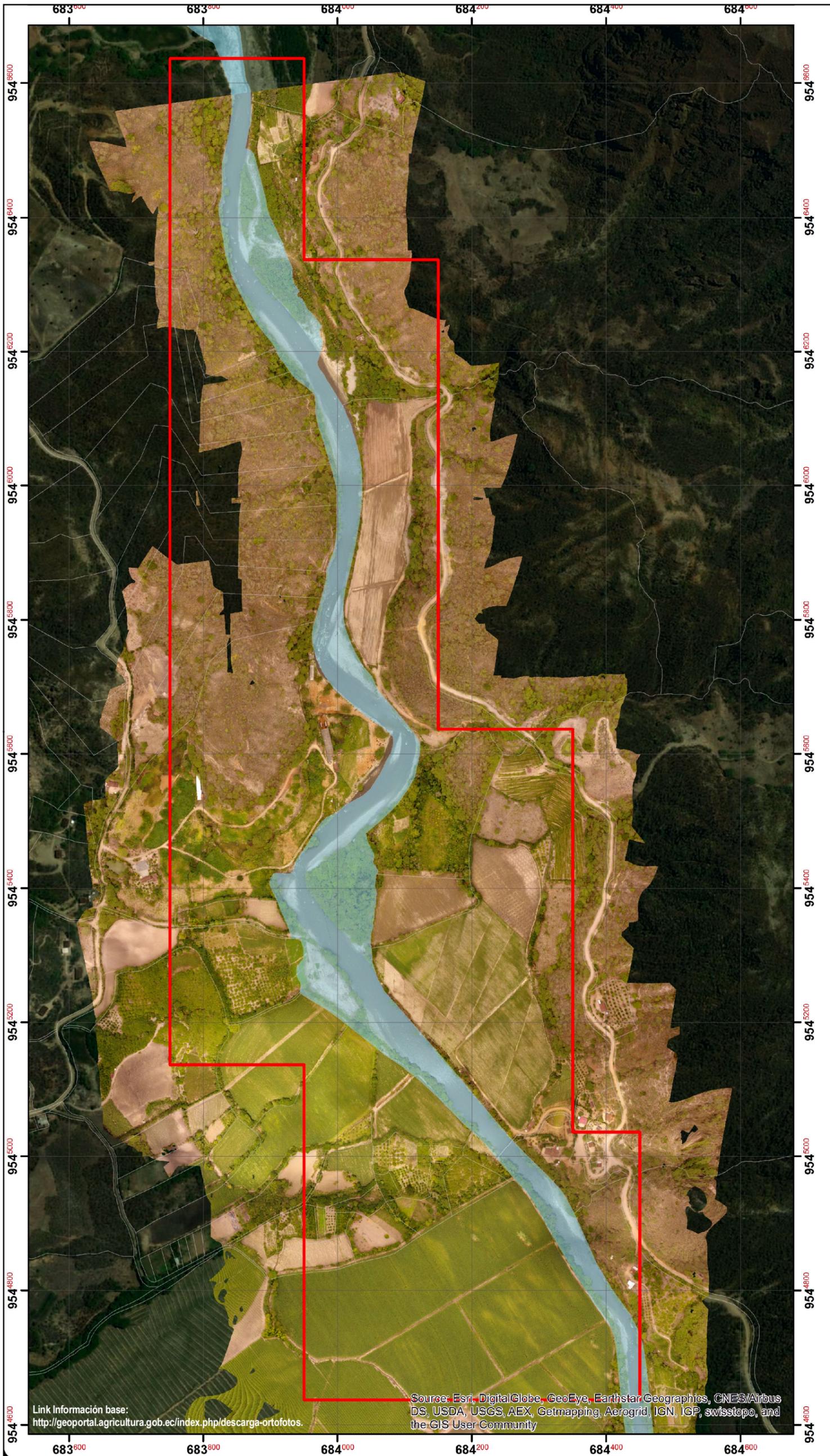
Fuente: Autor, 2022

Anexo 5. Planificación del vuelo con DRONE.



**Anexo 6.** Orthofoto base para la topografía “El Diamante”.

# ORTHOFOTO A DETALLE DEL ÁREA MINERA "EL DIAMANTE" CÓDIGO 600841



## LEYENDA

- Área el Diamante
- Limite de predios

### Red Hídrica

- Río Catamayo

ORTHOFOTO AREA EL DIAMANTE.jpg

### RGB

- Rojo: Band\_1
- Verde: Band\_2
- Azul: Band\_3

### Orthofoto

## ESCALA

1 centimetro = 140 metros

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR UTM ZONA 17S WGS 84



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
FACULTAD DE LA ENERGÍA, DE LAS INDUSTRIAS  
Y DE LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES  
CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y  
ORDENAMIENTO TERRITORIAL

CONTIENE: Orthofoto Área Minera "El Diamante" cód. 600841

UBICACIÓN: Provincia de Loja, cantón Catamayo,  
parroquia El Tambo, sector Huayco Bajo.

ELABORADO POR:

Inez M.

REVISADO POR:

Ing. Fernando Renguel

Elaborado por:  
KAREN PAOLA  
MARTINEZ MALDONADO

FECHA:

18-09-2023

ESCALA:

1:1000

LAMINA:

1

Link Información base:  
<http://geoportal.agricultura.gob.ec/index.php/descarga-ortofotos>.

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AEX, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo, and the GIS User Community

**Anexo 7.** Orthofoto base para la topografía del frente de explotación “El Diamante”.

# ORTHOFOTO DEL FRENTE DE EXPLOTACIÓN EN EL ÁREA MINERA "EL DIAMANTE" CÓDIGO 600841



## LEYENDA

--- Vías secundarias

--- Vía Principal

### Red Hídrica

🌊 Río Catamayo

### ORTHOFOTO AREA EL DIAMANTE.jpg

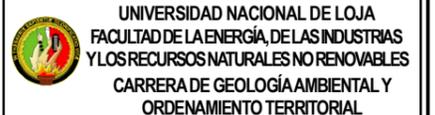
🔴 Rojo: Band\_1

🟢 Verde: Band\_2

🟡 Azul: Band\_3

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR UTM ZONA 17S WGS 84

ESCALA  
1 centímetro = 15 metros



CONTIENE: Orthofoto del frente de explotación del área minera "El Diamante" cód. 600841

UBICACIÓN: Provincia de Loja, cantón Catamayo, parroquia El Tambo, sector Huayco Bajo.

ELABORADO POR:  
Karen P. Martínez M.

REVISADO POR:  
Ing. Fernando Renguel

Elaborado y autorizado por:  
KAREN PAOLA MARTINEZ MALDONADO

FECHA:  
18-09-2023

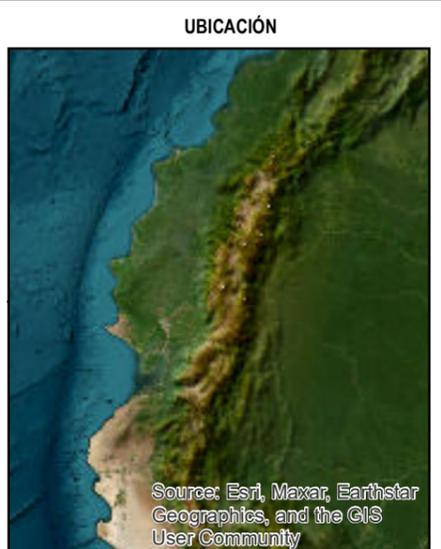
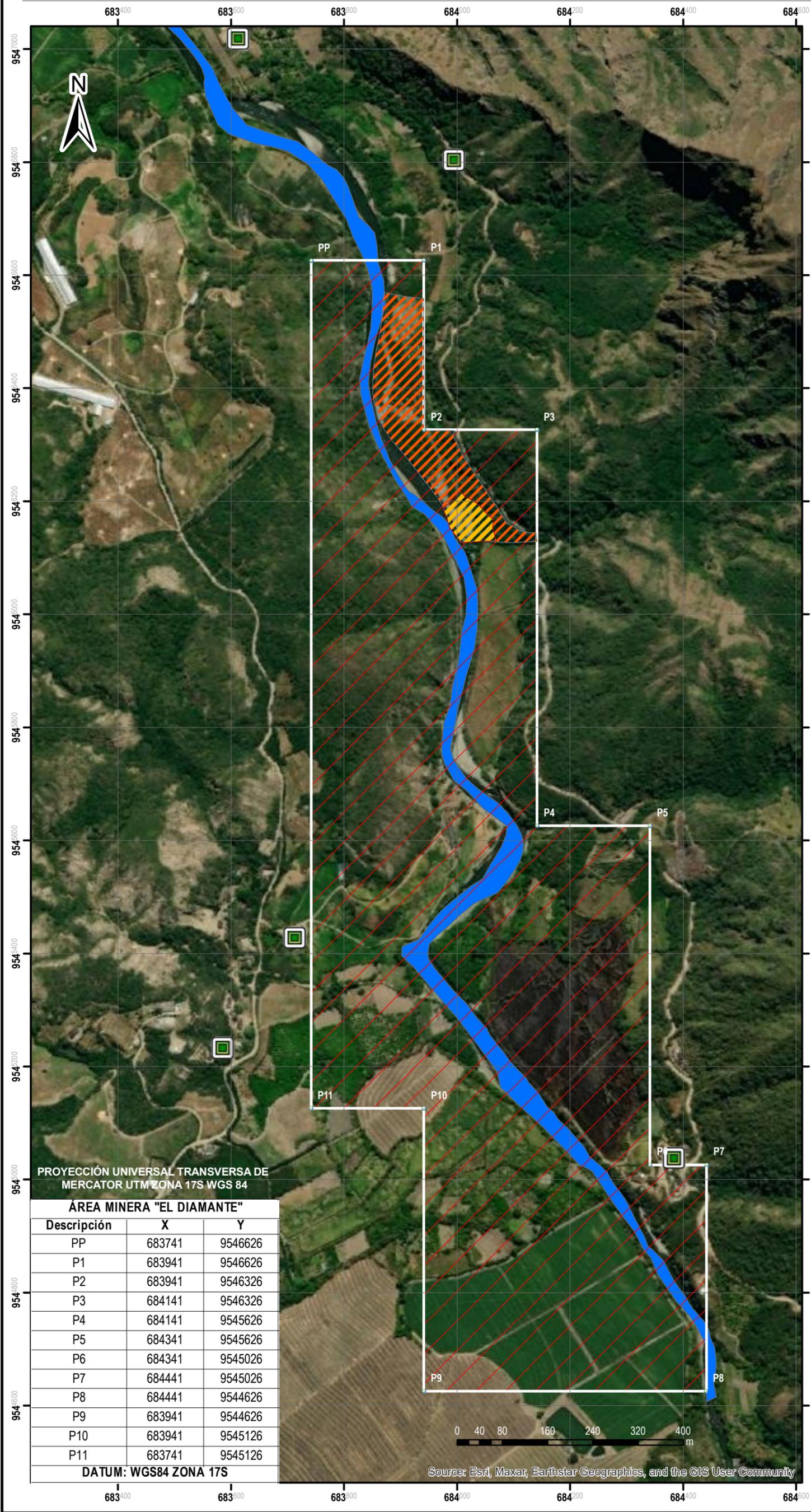
ESCALA:  
1:1000

LAMINA:  
2

Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community

**Anexo 8.** Mapa de ubicación de concesión minera “El Diamante”.

# MAPA DE UBICACIÓN ÁREA MINERA "EL DIAMANTE" CÓD. 600841



**SÍMBOLOS CONVENCIONALES**

**Curvas de Nivel**

- Curvas de nivel principal (cada 5 m)
- Curvas de nivel secundarias (1m)

**Hidrografía**

- Río Catamayo

**Vías**

- Segundo orden
- Tercer orden

**Asentamientos**

- Concesión Minera "El Diamante"
- Frete de explotación
- Terreno del titular minero
- Poblados

Escala Gráfica 1:7000

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
 FACULTAD DE LA ENERGÍA, DE LAS INDUSTRIAS  
 DE LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES  
 CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y  
 ORDENAMIENTO TERRITORIAL

CONTIENE: Mapa de Ubicación Concesión Minera  
 "El Diamante" cód. 600841

UBICACIÓN: Provincia de Loja, cantón Catamayo,  
 parroquia El Tambo, sector Huayco Bajo.

ELABORADO POR:  
 Karen P. Martínez M.  
 KAREN PAOLA MARTINEZ MALDONADO

REVISADO POR:  
 Ing. Fernando Renguel

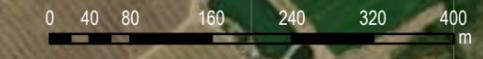
FECHA: 18-09-2023

ESCALA: 1:1000 LAMINA: 3

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE  
 MERCATOR UTM ZONA 17S WGS 84

ÁREA MINERA "EL DIAMANTE"		
Descripción	X	Y
PP	683741	9546626
P1	683941	9546626
P2	683941	9546326
P3	684141	9546326
P4	684141	9545626
P5	684341	9545626
P6	684341	9545026
P7	684441	9545026
P8	684441	9544626
P9	683941	9544626
P10	683941	9545126
P11	683741	9545126

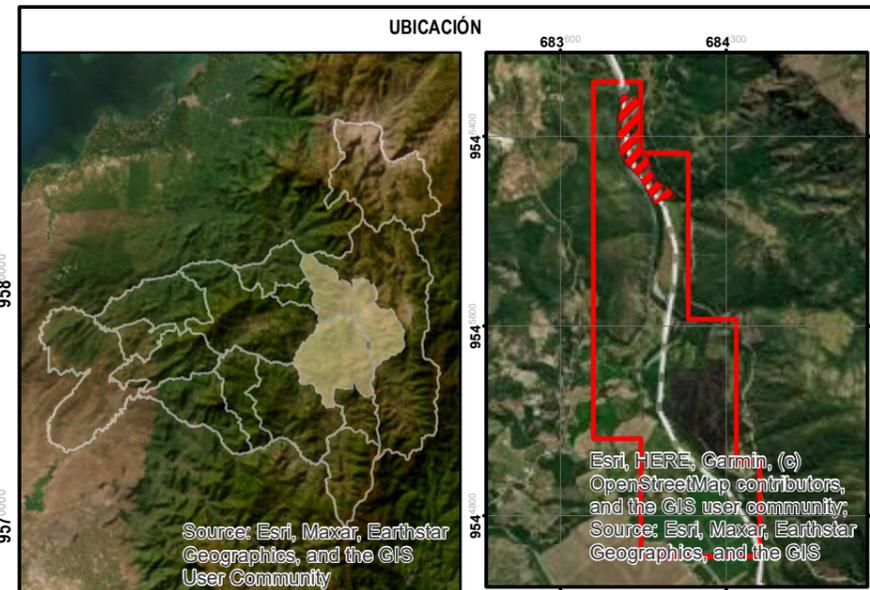
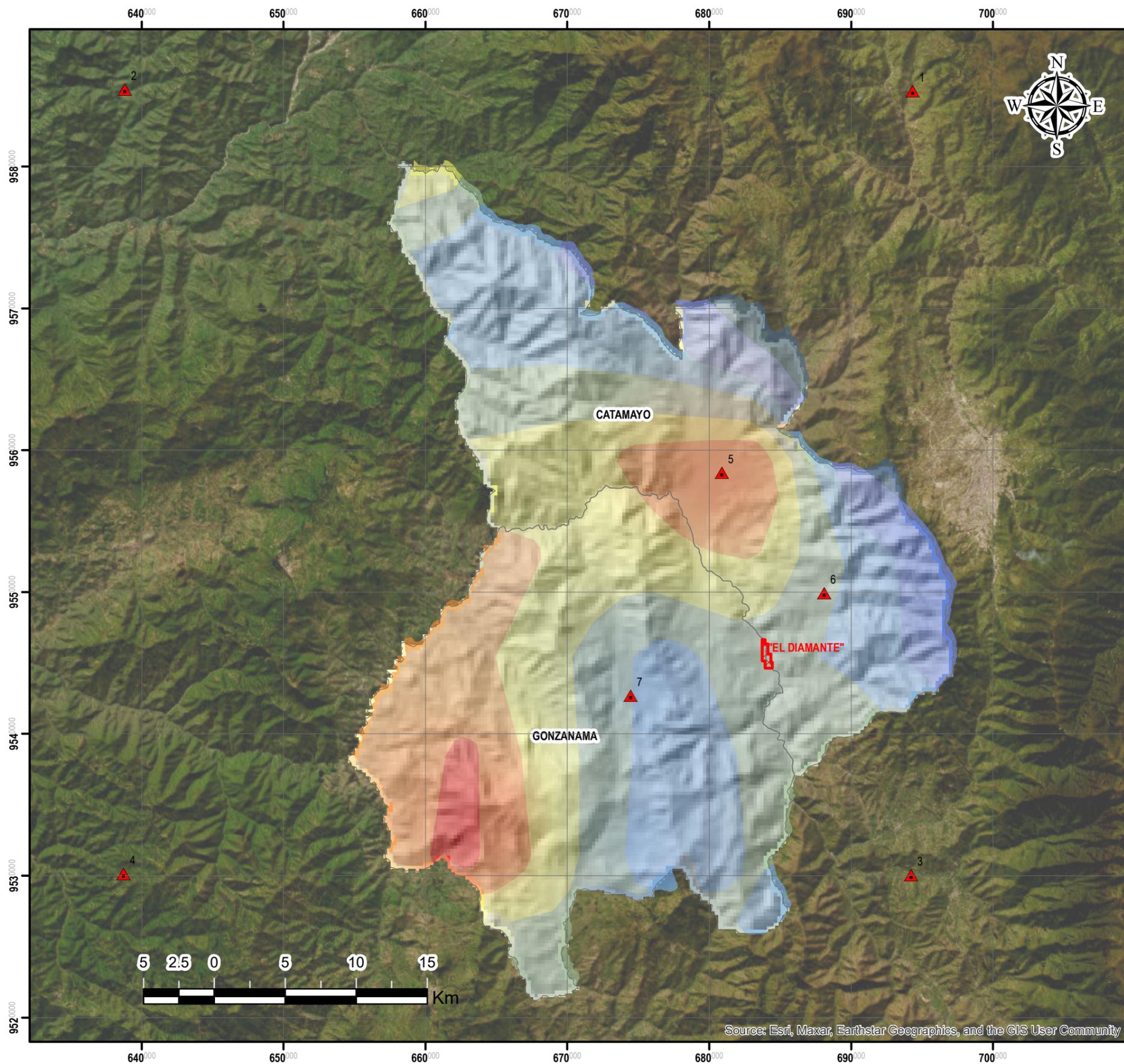
DATUM: WGS84 ZONA 17S



Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community

**Anexo 9.** Mapa de Isotermas de la concesión minera “El Diamante”

# MAPA DE ISOTERMAS DEL ÁREA MINERA "EL DIAMANTE", CÓD. 600841



ESTACIÓN	COORDENADAS UTM WGS84		T° PROMEDIO	T° DETERMINADA
	X	Y		
1	694347	9585312	19.68	19.68
2	638808	9585407	19.31	19.31
3	694229	9530018	20.09	20.09
4	638724	9530126	21.33	21.33
5	680892	9558407	24.00	18.53
6	688113	9549924	19.00	15.04
7	674472	9542676	17.00	13.81

**SIMBOLOS CONVENCIONALES**

**Infraestructura**

- ▲ Estaciones Meteorológicas
- ▨ Área Minera "El Diamante"

PROYECCIÓN UTM ZONA 17S WGS 84  
ESCALA GRÁFICA 1:300

**TEMPERATURA MEDIA ANUAL T (°C) 2001 - 2021**

SIMBOLOGIA	RANGO T (°C)
Dark Blue	24 - 26
Blue	22 - 24
Light Blue	20 - 22
Light Green	18 - 20
Yellow	16 - 18
Orange	14 - 16
Red	12 - 14

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
FACULTAD DE LA ENERGÍA, DE LAS INDUSTRIAS Y  
LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES  
CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

CONTIENE: Mapa de Isotermas del Área Minera "El Diamante" cód. 600841

UBICACIÓN:  
Provincia: Loja Cantón: Catamayo - Gonzanamá Parroquia: El Tambo - Nambacola

ELABORADO POR:  
KAREN P. MARTÍNEZ M.  
Firmado electrónicamente por:  
KAREN PAOLA MARTÍNEZ MALDONADO

REVISADO POR:  
ING. FERNANDO J. RENGUEL

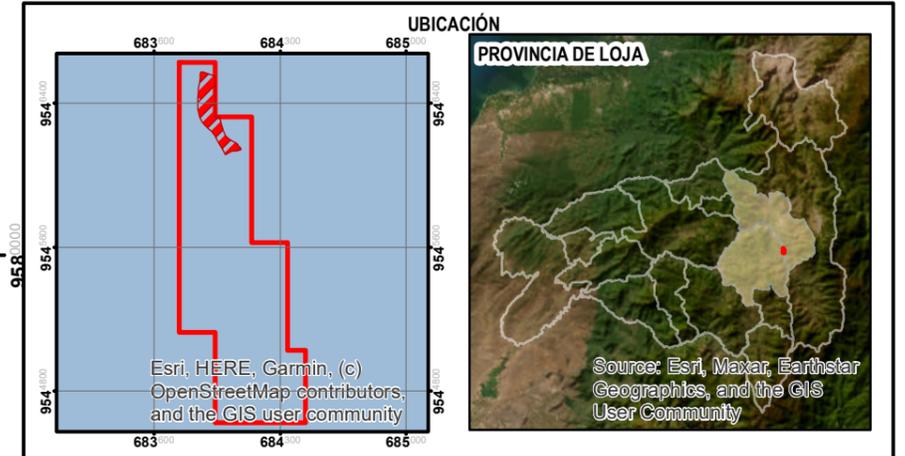
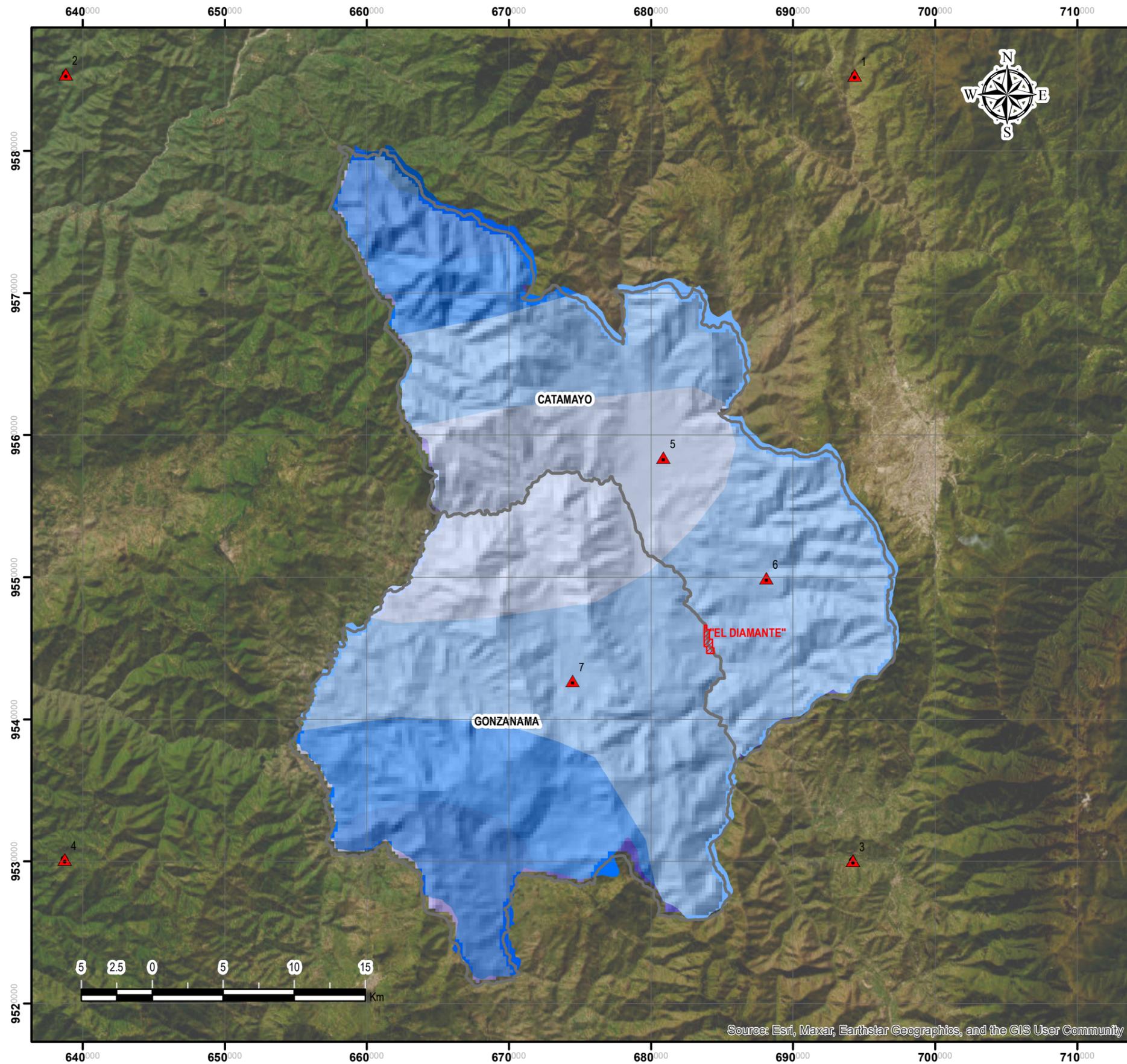
FECHA:  
18-09-2023

ESCALA:  
1:1000

LÁMINA:  
4

**Anexo 10.** Mapa de Isoyetas de la concesión minera “El Diamante”

# MAPA DE ISOYETAS DEL ÁREA MINERA "EL DIAMANTE", CÓD. 600841



PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR UTM ZONA 17S WGS 84

Escala Impresión: 1:300

ESTACIÓN	COORDENADAS UTM WGS84	
	X	Y
1	694347	9585312
2	638808	9585407
3	694229	9530018
4	638724	9530126
5	680892	9558407
6	688113	9549924
7	674472	9542676

RANGOS PRECIPITACIONES CATAMAYO			RANGOS PRECIPITACIONES GONZANAMÁ		
RANGO (mm)	AREA	PERÍMETRO	RANGO (mm)	AREA	PERÍMETRO
750-1000	389.352.896	141.109.913	750-1000	326.546.176	105.029.341
500-750	149.578.926	68.021.604	500-750	135.999.634	57.547.964
1000-1250	55.597.611	49.232.252	1250-1500	8.207.981	47.819.649
1250-1500	4.927.923	3.434.161	1000-1250	154.567.914	72.347.335
1500-1750	7.455.932	14.636.565			

SIMBOLOS CONVENCIONALES		PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL (mm) 2001 - 2021	
	Estaciones Metereológicas		1500 - 1750
	Área Minera "El Diamante"		1250 - 1500
			1000 - 1250
			750 - 1000
			500 - 750

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
 FACULTAD DE LA ENERGÍA, DE LAS INDUSTRIAS Y DE  
 LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES  
 CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

CONTIENE: Mapa de Isoyetas en el Área Minera "El Diamante" cód. 600841

UBICACIÓN: Provincia: Loja Cantón: Catamayo - Gonzanamá Parroquia: El Tambo - Nambacola

ELABORADO POR:  
 KAREN P. MARTÍNEZ M.

REVISADO POR:  
 ING. FERNANDO J. RENGUEL

ELABORADO POR:  
 KAREN PAOLA MARTÍNEZ MALDONADO

FECHA:  
 18-09-2023

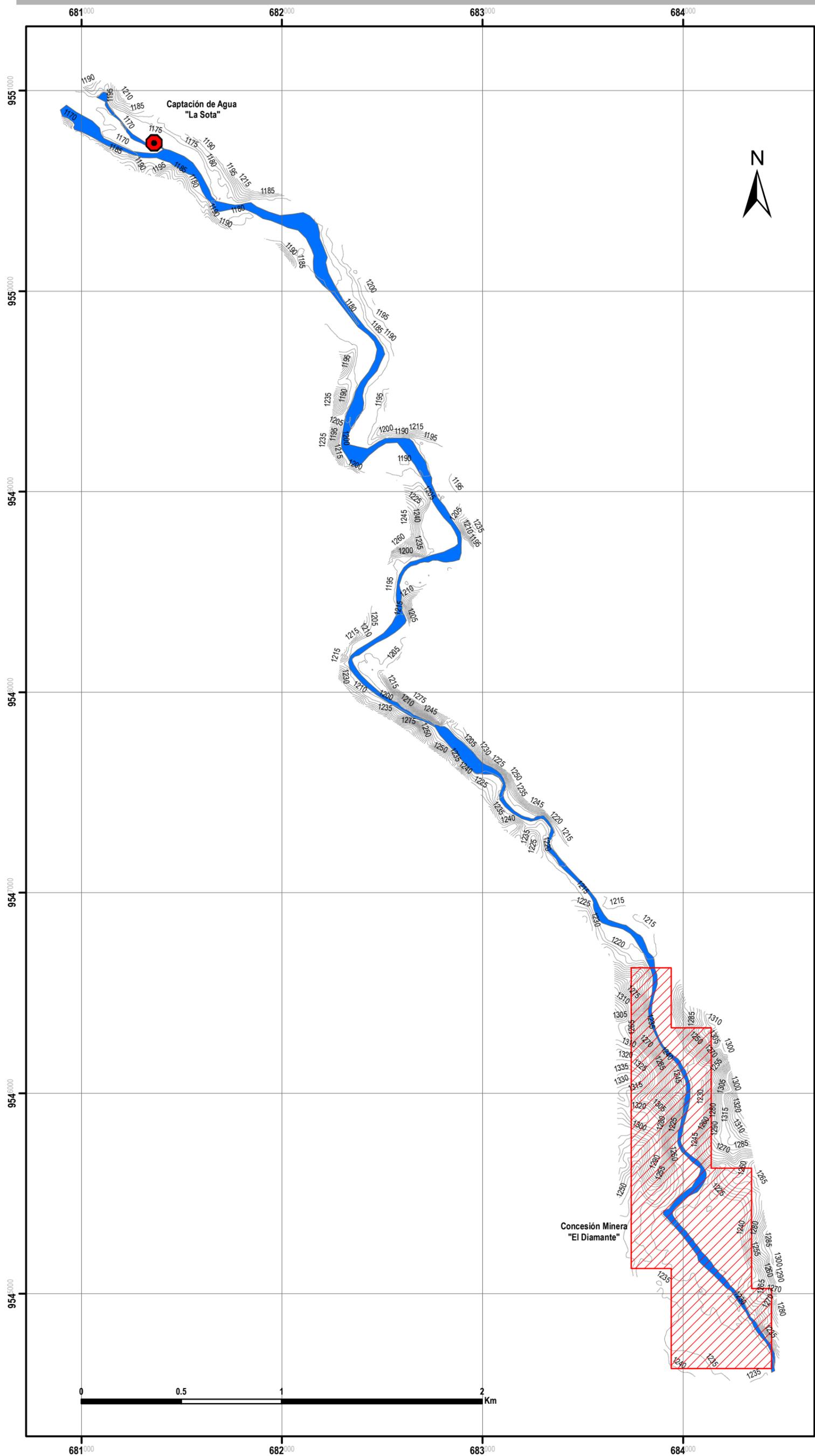
ESCALA:  
 1:1000

LÁMINA:  
 5

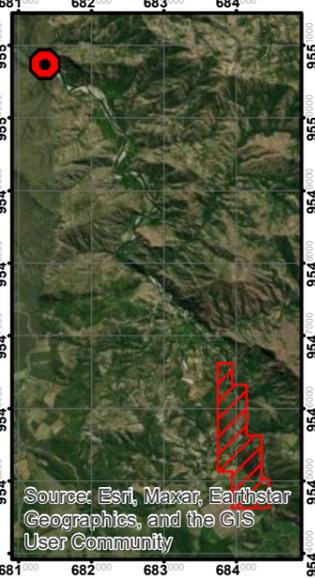
Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community

**Anexo 11.** Mapa Topográfico concesión minero “El Diamante”-Captación de agua potable “La Sota”

MAPA TOPOGRÁFICO CONCESIÓN MINERA "EL DIAMANTE" - CAPTACIÓN DE AGUA PÓTABLE CATAMAYO "LA SOTA"



UBICACIÓN



- SIMBOLOS CONVENCIONALES**
- Curvas de Nivel
    - Curvas de nivel principal
  - Hidrografia
    - Rio Catamayo
  - Asentamientos
    - Concesión Minera "El Diamante"
    - Captación de agua potable "La Sota"

**CAPTACIÓN DE AGUA PÓTABLE "LA SOTA"**

COORDENADAS		
UTM/WGS84	X	Y
	681361	9550739
ÁREA MINERA "EL DIAMANTE"		
Descripción	X	Y
PP	683741	9546626
P1	683941	9546626
P2	683941	9546326
P3	684141	9546326
P4	684141	9545626
P5	684341	9545626
P6	684341	9545026
P7	684441	9545026
P8	684441	9544626
P9	683941	9544626
P10	683941	9545126
P11	683741	9545126
DATUM: WGS84 ZONA 17S		

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR UTM ZONA 17S WGS 84  
Escala Impresión 1:19000

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
FACULTAD DE LA ENERGÍA, DE LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES  
CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

CONTIENE: Mapa Topográfico Concesión Minera "El Diamante" céd. 600841 a Captación agua potable "La Sota"

UBICACIÓN: Provincia de Loja, Cantón Catamayo, Parroquia "El Tambo"

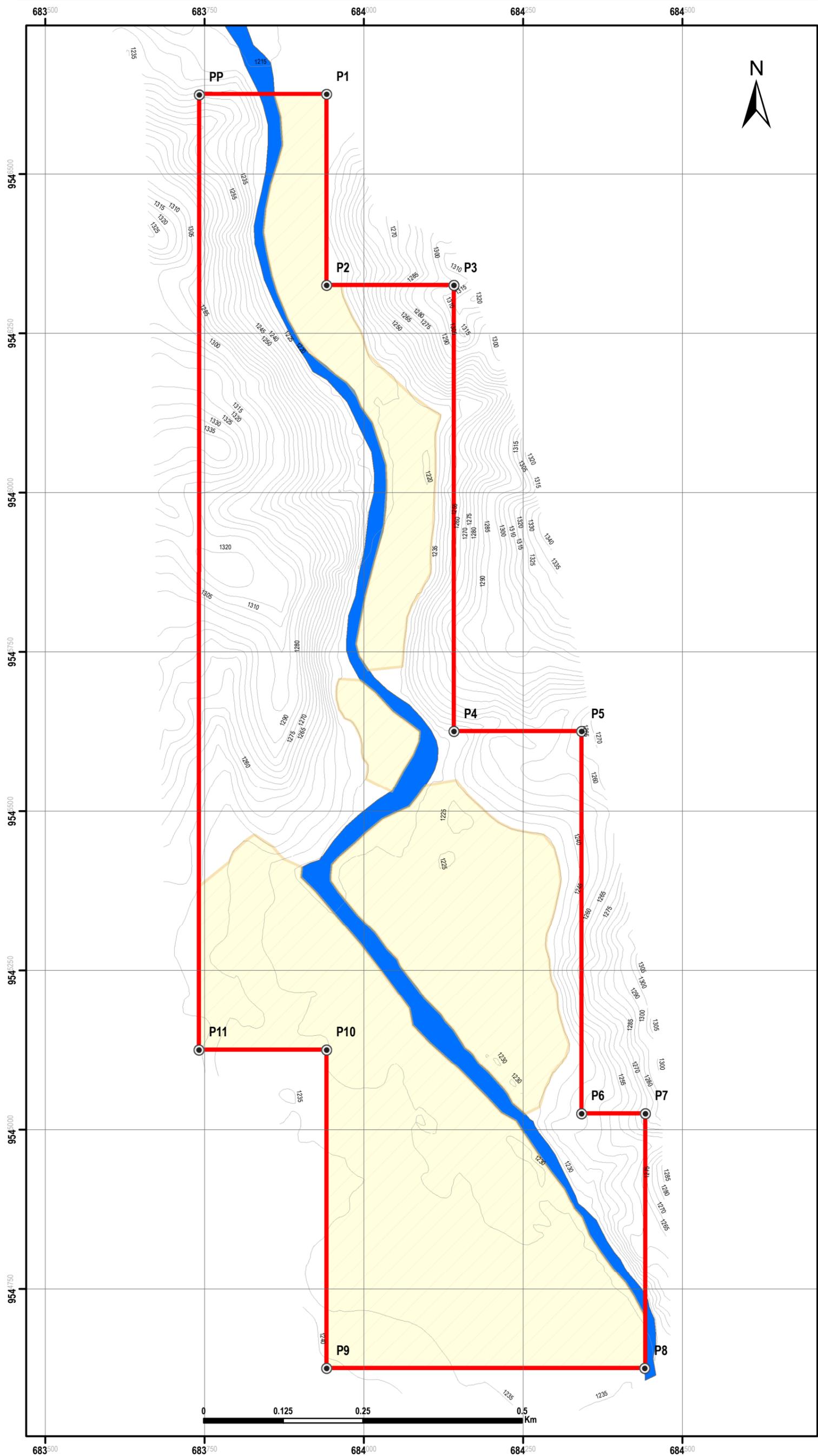
ELABORADO POR: KAREN P. MARTÍNEZ M. 	REVISADO POR: ING. FERNANDO RENDEL
ELABORADO POR: KAREN PHOLA MARTÍNEZ MALDONADO	ESCALA: LÁMINA: 1:1000 6

18-09-2023

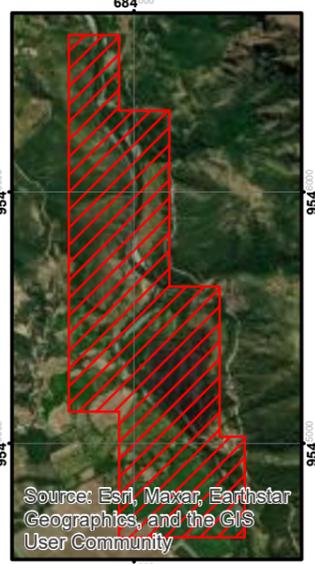


**Anexo 12.** Mapa Topográfico de la concesión minera “El Diamante”

# MAPA TOPOGRÁFICO DE LA CONCESIÓN MINERA "EL DIAMANTE"



## UBICACIÓN



### SÍMBOLOS CONVENCIONALES

**Curvas de Nivel**  
 — Curvas de nivel principal

**Hidrografía**  
 Rio Catamayo

**Asentamientos**  
 Concesión Minera "El Diamante"  
 Área explotable

### ÁREA MINERA "EL DIAMANTE" COORDENADAS

Descripción	X	Y
PP	683741	9546626
P1	683941	9546626
P2	683941	9546326
P3	684141	9546326
P4	684141	9545626
P5	684341	9545626
P6	684341	9545026
P7	684441	9545026
P8	684441	9544626
P9	683941	9544626
P10	683941	9545126
P11	683741	9545126

**DATUM: WGS84 ZONA 17S**

### DATOS DEL DEPÓSITO

DESCRIPCIÓN	ÁREA (m <sup>2</sup> )	ÁREA (Ha.)	PROFUNDIDAD (m)
ÁREA EXPLOTABLE	465.110.52	46.51	3.76

### CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL DEPÓSITO

ÁREA (m <sup>2</sup> )	PROFUNDIDAD (m)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
465.110.52	3.76	1.748.815.56

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR UTM ZONA 17S WGS 84  
 Escala Impresión: 1:6000

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
 FACULTAD DE LA ENERGÍA, DE LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES  
 CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

CONTIENE: Mapa Topográfico de la Concesión Minera "El Diamante" céd. 600841

UBICACIÓN: Provincia de Loja, Cantón Catamayo, Parroquia "El Tambo"

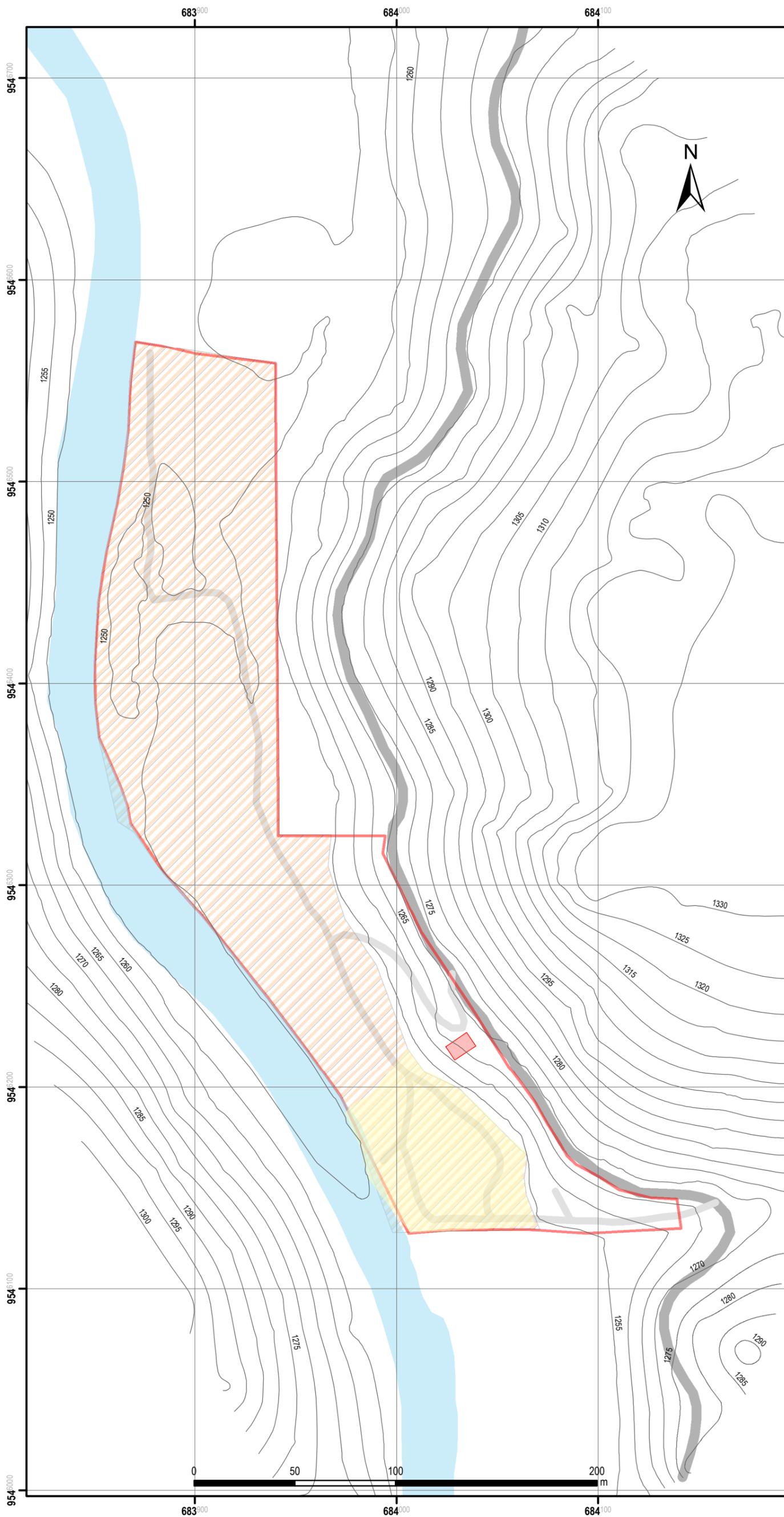
ELABORADO POR: KAREN P. MARTÍNEZ M.  
 REVISADO POR: ING. FERNANDO RENDEL

ELABORADO POR: KAREN PHOLA MARTÍNEZ MALDONADO  
 ESCALA: 1:1000 LÁMINA: 7

18-09-2023

**Anexo 13.** Mapa Topográfico del frente de la concesión minera “El Diamante”

# MAPA TOPOGRÁFICO DEL FRENTE DE EXPLOTACIÓN DEL ÁREA MINERA "EL DIAMANTE", CÓD. 600841



### UBICACIÓN

Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community

Esri, HERE, Garmin, (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS user community, Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS

### SÍMBOLOS CONVENCIONALES

**Curvas de Nivel**

- Curvas Principales
- Curvas Secundarias

**Hidrografía**

- Río Catamayo

**Vías**

- Vía Principal
- Vías secundarias

**Infraestructura**

- Campamento
- Límite predial (5,10 Ha)
- Frente de explotación (0,53 Ha)
- Área explotable (3,1Ha)

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR UTM ZONA 17S WGS 84

ESCALA IMPRESIÓN 1:2000

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
 FACULTAD DE LA ENERGÍA, DE LAS INDUSTRIAS  
 Y DE LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES  
 CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y  
 ORDENAMIENTO TERRITORIAL

CONTIENE: Mapa Topográfico del frente de explotación del Área Minera "El Diamante" cód. 600841

UBICACIÓN: Provincia: Loja Cantón: Catamayo - Gonzanamá  
 Parroquia: El Tambo - Nambacola

ELABORADO POR:  
 KAREN P. MARTÍNEZ M.

REVISADO POR:  
 ING. FERNANDO J. RENGEL

KAREN PAOLA MARTÍNEZ MALDONADO

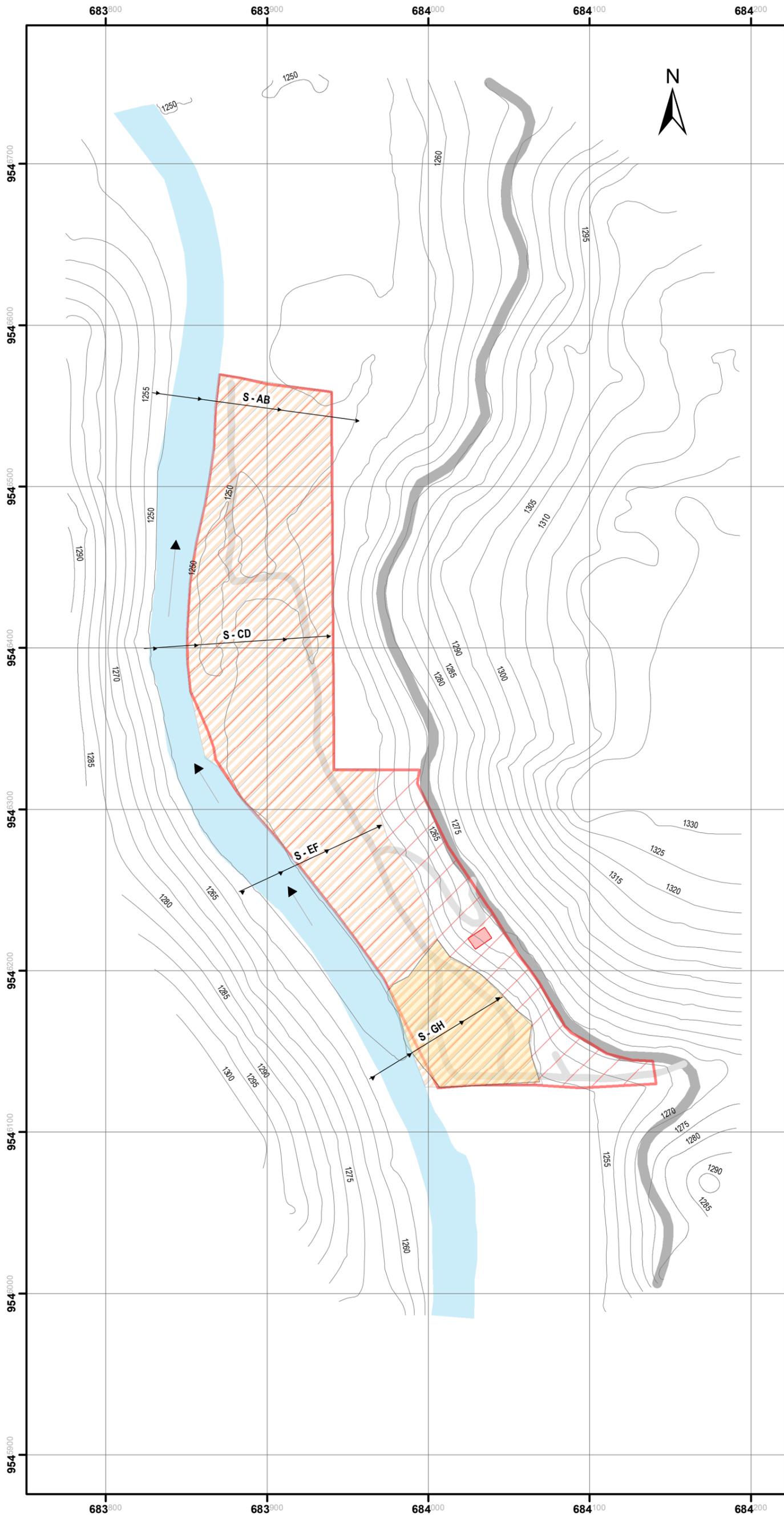
FECHA: 23-08-2023

ESCALA: 1:1000

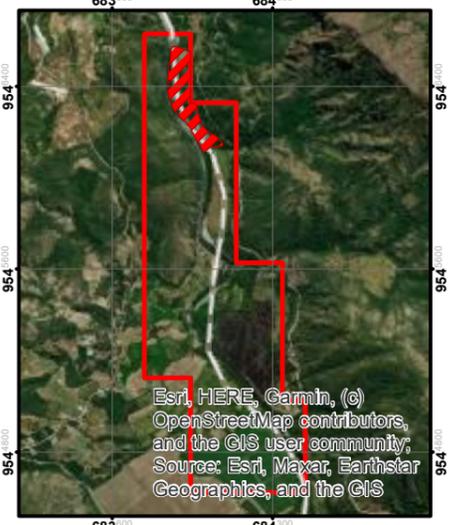
LÁMINA: 8

**Anexo 14.** Mapa de ubicación de los cortes topográficos

# CORTES TOPOGRÁFICOS, FRENTE DE EXPLOTACIÓN ÁREA MINERA "EL DIAMANTE", CÓD. 600841



## UBICACIÓN



### Simbolos convencionales

- Curvas de Nivel**
- Curvas Principales
  - Cortes de perfiles
- Hidrografia**
- Río Catamayo
- Vías**
- Vía Principal
  - Vías secundarias
- Infraestructura**
- Campamento
  - ▨ Límite predial (5,10 Ha)
  - ▨ Frente de explotación (0,53 Ha)
  - ▨ Área explotable (3,1 Ha)

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR UTM ZONA 17S WGS 84

ESCALA IMPRESIÓN:  
1:2500



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
FACULTAD DE LA ENERGÍA, DE LAS INDUSTRIAS  
Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES  
CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y  
ORDENAMIENTO TERRITORIAL

CONTIENE: Cortes topográficos del frente de explotación del Área Minera "El Diamante" cód. 600841

UBICACIÓN: Provincia: Loja Cantón: Catamayo - Gonzanamá  
Parroquia: El Tambo - Nambacola

ELABORADO POR:  
KAREN P. MARTÍNEZ M.

REVISADO POR:  
ING. FERNANDO J. RENGUEL



firmado electrónicamente por  
KAREN PAOLA  
MARTÍNEZ MALDONADO

FECHA:  
18-09-2023

ESCALA: 1:1000 LÁMINA: 9

**Anexo 15.** Cortes topográficos del frente de la concesión minera “El Diamante”

# PERFILES TOPOGRÁFICOS DEL FRENTE DE EXPLOTACIÓN DEL ÁREA MINERA "EL DIAMANTE", CÓD. 600841

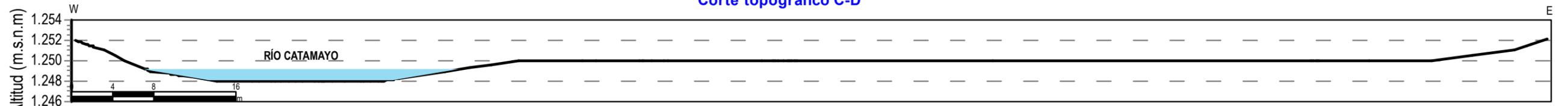
**Corte topográfico A-B**



Perfiles topográficos "El Diamante"

Escala de trabajo: 1:1000      Escala de impresión:  
 Horizontal: 1:580  
 Vertical: 1:580

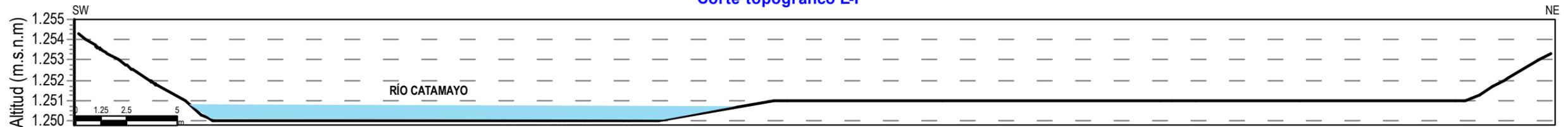
**Corte topográfico C-D**



Perfiles topográficos "El Diamante"

Escala de trabajo: 1:1000      Escala de impresión:  
 Horizontal: 1:415  
 Vertical: 1:415

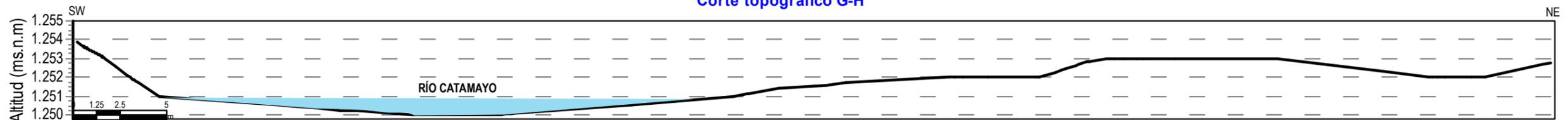
**Corte topográfico E-F**



Perfiles topográficos "El Diamante"

Escala de trabajo: 1:1000      Escala de impresión:  
 Horizontal: 1:220  
 Vertical: 1:220

**Corte topográfico G-H**



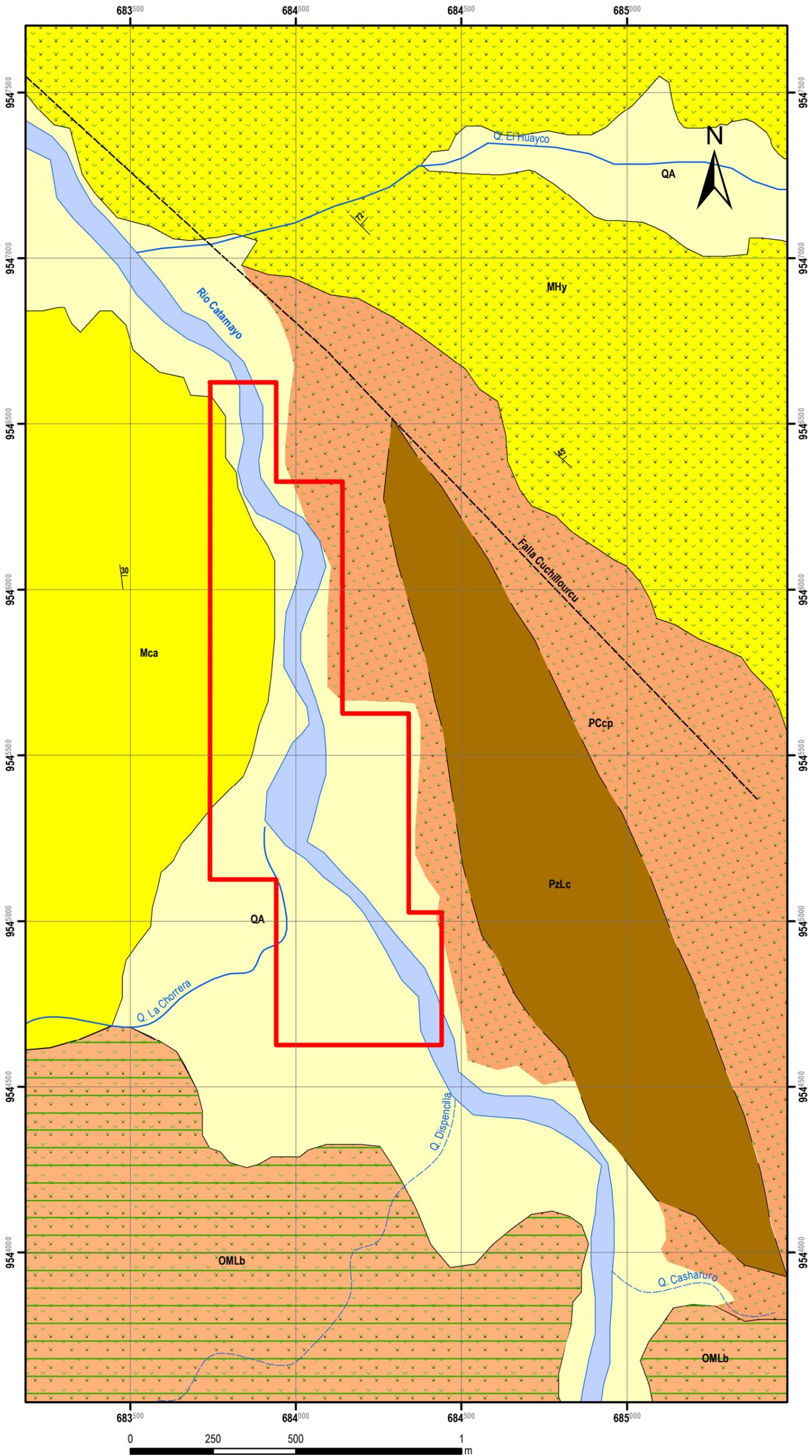
Perfiles topográficos "El Diamante"

Escala de trabajo: 1:1000      Escala de impresión:  
 Horizontal: 1:240  
 Vertical: 1:240

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b> FACULTAD DE LA ENERGÍA, DE LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL	
CONTIENE: Perfiles Topográficos de la Concesión Minera "El Diamante" cód. 600841	
UBICACIÓN: Provincia de Loja, Cantón Catamayo, Parroquia "El Tambo"	
ELABORADO POR: KAREN P. MARTÍNEZ M.	REVISADO POR: ING. FERNANDO RENGEL
Firmado electrónicamente por: KAREN PAOLA MARTÍNEZ M. DONADO	ESCALA TRABAJO: LÁMINA: 1:1000 10

**Anexo 16.** Mapa de la Geología Regional en la concesión minera “El Diamante”

# MAPA GEOLÓGICO REGIONAL DEL ÁREA MINERA "EL DIAMANTE"



## UBICACIÓN



## LEYENDA

<b>QA</b>	<b>Depósitos Aluviales</b> Material poco consolidado, con cantos y bloques de rocas metamórficas y volcánicas
<b>MHy</b>	<b>Unidad Huayco</b> Aglomerados con dastos de andesitas porfíricas en matriz arenosa, con intercalaciones de flujos de brechas volcánicas
<b>Mca</b>	<b>Formación Catamayo</b> Lutitas y limollas de tonalidades verdes y púrpuras, areniscas con aporte volcánico y tabas de composición calcárea
<b>OMLb</b>	<b>Formación Loma Blanca</b> Brechas volcánicas porfíricas, con niveles de tobas andesíticas púrpuras y areniscas volcánicas
<b>PCcp</b>	<b>Unidad Capilla</b> Andesitas y andesitas basálticas de color verde oscuro, junto a brechas volcánicas con fillos andesíticos y flujos aglomerados.
<b>PzLc</b>	<b>Unidad Chiguinda</b> Fillos, cuarcitas, esquistos pellicos y esquistos grafitosos.

## SIMBOLOS GEOLÓGICOS

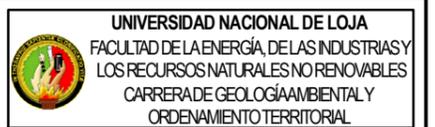
<b>Contactos</b>	
	Contacto Observado
	Contacto Interferido
<b>Fallas</b>	
	Falla Inferida
<b>Estructuras Geológicas</b>	
	Estratificación Inclínada

## SIMBOLOS CONVENCIONALES

<b>Hidrografía</b>	
	Río Intermitente
	Río Perenne
<b>Asentamientos</b>	
	Concesión Minera "El Diamante"

## ESCALA GRÁFICA

1:12500



CONTIENE: Mapa de la Geología Regional del Área Minera "El Diamante" cód. 600841

UBICACIÓN: Provincia de Loja, cantón Catamayo, parroquia "El Tambo"

ELABORADO POR:  
KAREN P. MARTÍNEZ M.

REVISADO POR:  
ING. FERNANDO RENGEL



Firmado electrónicamente por:  
KAREN PAOLA MARTÍNEZ MALDONADO

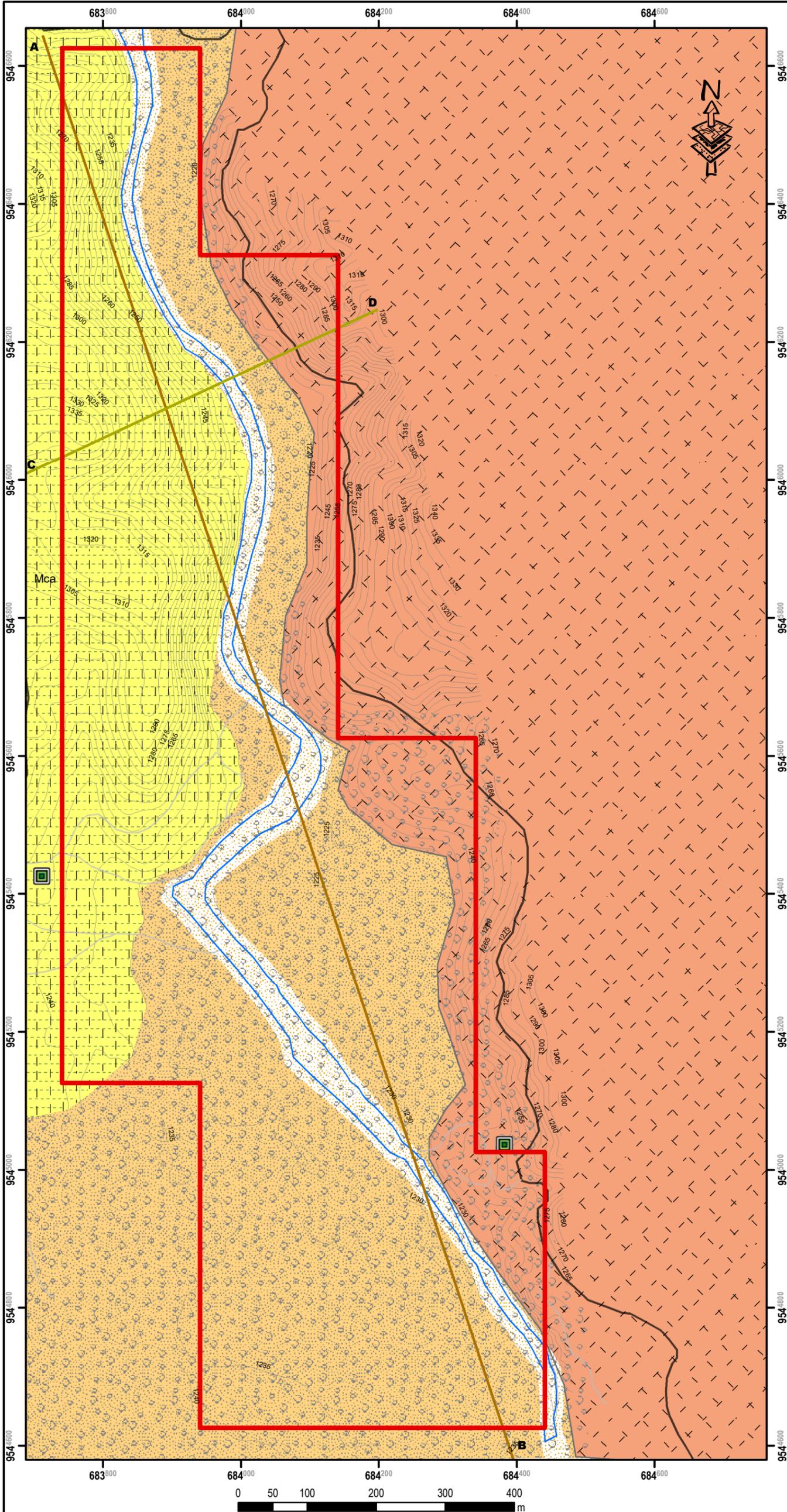
FECHA:  
19-09-2023

ESCALA: LÁMINA:  
1:100000 11

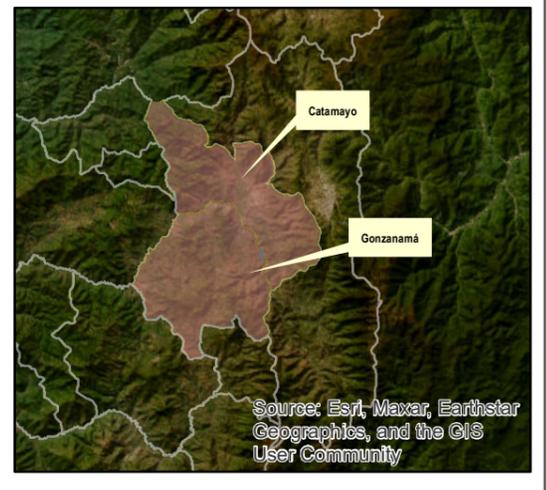
PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR UTM ZONA 17S WGS 84  
DATUM HORIZONTAL: SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL (WGS) 1984  
DATUM VERTICAL: NIVEL MEDIO DEL MAR. ESTACIÓN MAREOGRÁFICA LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA

**Anexo 17.** *Mapa de la Geología Local en la concesión minera “El Diamante”*

# MAPA DE LA GEOLOGÍA LOCAL ÁREA MINERA "EL DIAMANTE" CÓDIGO 600841



## UBICACIÓN



## LEYENDA

- Depósitos Aluviales
  - Arenas y Areniscas
  - Lutitas y limolitas
  - Andesitas
- SÍMBOLOS GEOLÓGICOS**
- Contactos
  - Contacto Observado
- SÍMBOLOS CONVENCIONALES**
- Hidrografía**
- Río Perenne (Río Catamayo)
- Vías**
- Vía Principal
  - Vías secundarias
- Asentamientos**
- Concesión Minera "El Diamante"
  - Poblados

PROYECCIÓN UNIVERSAL  
TRANSVERSA DE MERCATOR  
UTM ZONA 17S WGS 84

ESCALA IMPRESIÓN:  
1:6000

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
FACULTAD DE LA ENERGÍA, DE LAS INDUSTRIAS  
DE LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES  
CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y  
ORDENAMIENTO TERRITORIAL

CONTIENE: Mapa de la Geología Local de la Concesión Minera "El Diamante"  
cód. 600841

UBICACIÓN:  
Provincia de Loja, cantón Catamayo, parroquia El Tambo, sector: Huayco Bajo

ELABORADO POR:  
KAREN P. MARTÍNEZ M.

REVISADO POR:  
ING. FERNANDO RENGUEL

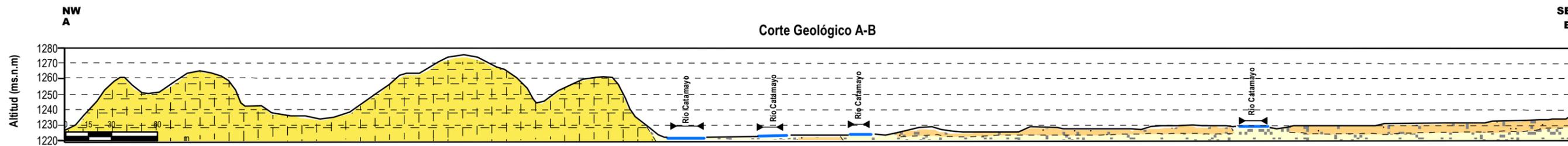
FECHA:  
18-09-2023

ESCALA DETALLE:  
1:1000

LÁMINA:  
12

**Anexo 18.** *Cortes geológicos en la concesión minera “El Diamante”*

# PERFILES DE GEOLOGÍA LOCAL ÁREA MINERA "EL DIAMANTE" CÓDIGO 600841

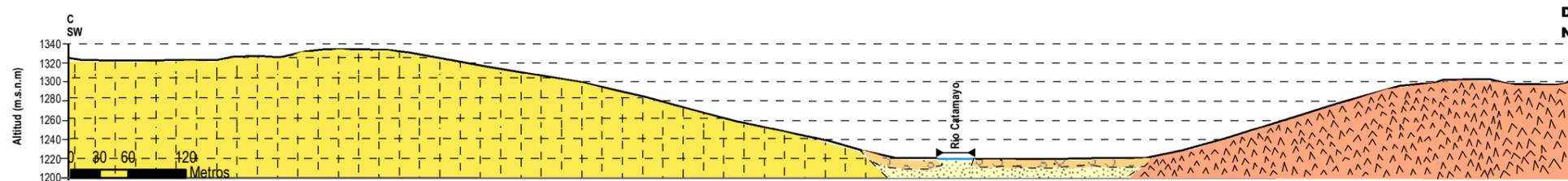


ESCALA DE TRABAJO 1:1000  
 ESCALA DE IMPRESIÓN  
 HORIZONTAL: 1:2700  
 VERTICAL: 1:2700

LEYENDA	
	Depósitos Aluviales
	Arenas y Areniscas
	Lutitas y limolitas
	Rio Catamayo

SIMBOLOGÍA	
	Perfil Topográfico
	Contacto Inferido

**Corte Geológico C-D**



ESCALA DE TRABAJO 1:1000  
 ESCALA DE IMPRESIÓN  
 HORIZONTAL: 1:6000  
 VERTICAL: 1:6000

LEYENDA	
	Depósitos Aluviales
	Arenas y Areniscas
	Lutitas y limolitas
	Andesitas
	Rio Catamayo

SIMBOLOGÍA	
	Perfil Topográfico
	Contacto Inferido

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE LA ENERGÍA, DE LAS INDUSTRIAS Y DE LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL			
CONTIENE: Cortes Geológicos de la Concesión Minera "El Diamante" cód. 600841			
UBICACIÓN: Provincia de Loja, cantón Catamayo, parroquia El Tambo, sector: Huayco Baño			
ELABORADO POR: KAREN P. MARTÍNEZ M.	REVISADO POR: ING. FERNANDO RENGUEL	Firmado electrónicamente por: KAREN PAOLA MARTÍNEZ	Firmado electrónicamente por: FERNANDO MALDONADO
FECHA: 18-09-2023	ESCALA DETALLE: 1:1000	ESCALA DE IMPRESIÓN: 16000	LÁMINA: 13

**Anexo 19.** Fichas de Afloramiento

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b> <b>FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NO RENOVABLES</b> <b>CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL</b>			
<b>ÁREA MINERA "EL DIAMANTE" CÓDIGO 600841</b>			
<b>DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS</b>			
<b>Número de Afloramiento</b>			1
<b>Coordenadas de Ubicación DATUM:</b>	X		
	Derecha	683815	9546658
	Centro	683824	9546650
	Izquierda	683826	9546642
<b>Litología de las Capas del Afloramiento</b>			
<b>Descripción</b>			
Al norte límite de la concesión se encuentra el aglomerado de matriz limoso con cantos de lutitas y limolitas de tonos verdosos y púrpuras expuesto a un alto grado de intemperismo, cubierto en la parte superior y base por vegetación herbácea y arbustiva			
<b>Ancho Total (m)</b>	22	<b>Altura Total del Afloramiento (m)</b>	3.5
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Antrópico	<b>Referencia:</b> Entrada Libre aprovechamiento "Santa Rita"	
<b>Fotografía</b>			
			



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NO RENOVABLES  
CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

ÁREA MINERA "EL DIAMANTE" CÓDIGO 600841

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Número de Afloramiento		2	
Coordenadas de Ubicación DATUM:		X	Y
	Derecha	683649	9545772
	Centro	683646	9545759
	Izquierda	683651	9545751

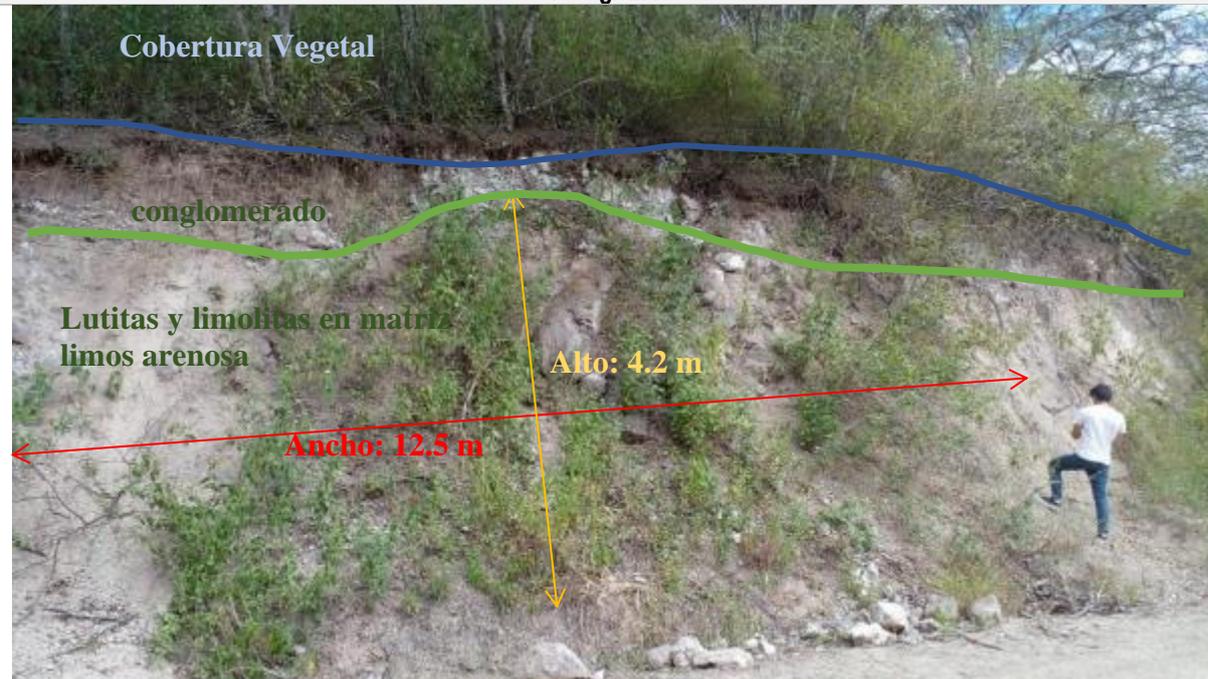
Litología de las Capas del Afloramiento

Descripción

Afloramiento en la parte norte de la concesión, cubierto por vegetación, altamente meteorizada con presencia de una capa de conglomerados en la parte superior de 80 cm bien gradados de clastos redondeados con matriz arenosa y limosa seguido de una capa de potencia 3,60 m con matriz limo arenosa y clastos de limolitas y lutitas de tonalidades verdosas y púrpuras.

Ancho Total (m)	12.50	Altura Total del Afloramiento (m)	4,2
Tipo de Afloramiento	Antrópico	Referencia: vía a Santa Rita	

Fotografía





UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NO RENOVABLES  
CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

ÁREA MINERA "EL DIAMANTE" CÓDIGO 600841

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Número de Afloramiento		3	
Coordenadas de Ubicación DATUM:		X	Y
	Derecha	683924	9545320
	Centro	683937	9545318
	Izquierda	683945	9545315
Litología de las Capas del Afloramiento			
Descripción			
Afloramiento expuesto al margen del río Catamayo, compuesto por limo, capas de arcilla, areniscas cubiertas de material vegetal, en la parte inferior existe un depósito fluvial por arrastre del río compuesto de material mal gradado con matriz arenoso y limosa cuyas rocas son redondeadas, semi redondeadas y alargadas producto del arrastre de rocas metamórficas y volcánicas			
Ancho Total (m)	26,30	Altura Total del Afloramiento (m)	2,3
Tipo de Afloramiento	Antrópico	Referencia: Entrada 2 Libre aprovechamiento "Santa Rita"	

Fotografía





UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NO RENOVABLES  
CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

ÁREA MINERA "EL DIAMANTE" CÓDIGO 600841

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Número de Afloramiento		4	
Coordenadas de Ubicación DATUM:		X	Y
	Derecha	684015	9546244
	Centro	684006	9546254
	Izquierda	683996	9546263

Litología de las Capas del Afloramiento

Descripción

Afloramiento de Andesitas de tonos verdosos, en la parte inferior de la base se puede observar deposito coluvial de material producto de la erosión y meteorización de la andesita.

Ancho Total (m)	21.5	Altura Total del Afloramiento (m)	8
Tipo de Afloramiento	Antrópico	Referencia: vía de acceso del titular de "El Diamante"	

Fotografía





UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NO RENOVABLES  
CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

ÁREA MINERA "EL DIAMANTE" CÓDIGO 600841

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Número de Afloramiento		5	
Coordenadas de Ubicación DATUM:		X	Y
	Derecha	684150	9546102
	Centro	684160	9546113
	Izquierda	684165	9546121

Litología de las Capas del Afloramiento

Descripción

afloramiento de lavas andesíticas de color grisáceo, bastante alteradas y agrietadas producto de la meteorización, en matriz areno arcillosa

Ancho Total (m)	23.5	Altura Total del Afloramiento (m)	2,2
Tipo de Afloramiento	Antrópico	Referencia: vía a la Era	

Fotografía





UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NO RENOVABLES  
CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

ÁREA MINERA "EL DIAMANTE" CÓDIGO 600841

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Número de Afloramiento		6	
Coordenadas de Ubicación DATUM:		X	Y
	Derecha	684148	9546002
	Centro	684151	9546016
	Izquierda	684153	9546024

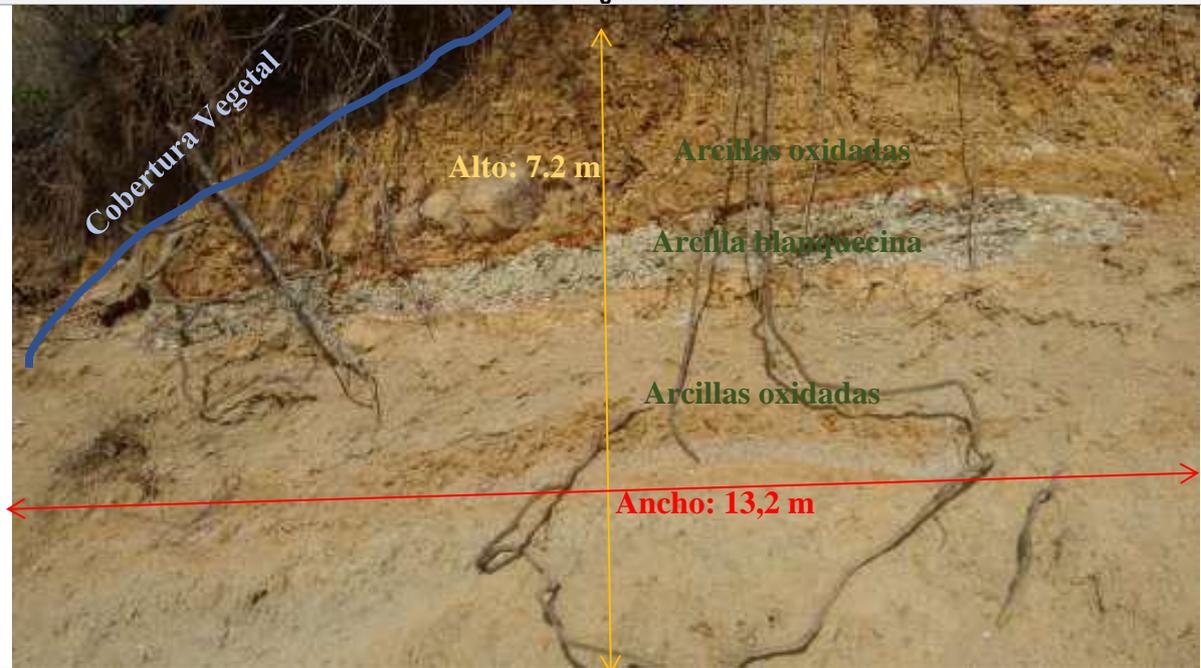
Litología de las Capas del Afloramiento

Descripción

Diques de arcilla de color gris blanquecino, intercalada con arcillas oxidadas con tonalidades rojo violáceo y anaranjado intenso, con azimut 30°N y un buzamiento de 45°E.

Ancho Total (m)	13,2	Altura Total del Afloramiento (m)	7,2
Tipo de Afloramiento	Antrópico	Referencia: vía a la Era	

Fotografía





UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NO RENOVABLES  
CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

ÁREA MINERA "EL DIAMANTE" CÓDIGO 600841

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Número de Afloramiento		7	
Coordenadas de Ubicación DATUM:		X	Y
	Derecha	684124	9545784
	Centro	684123	9545788
	Izquierda	684123	9545795

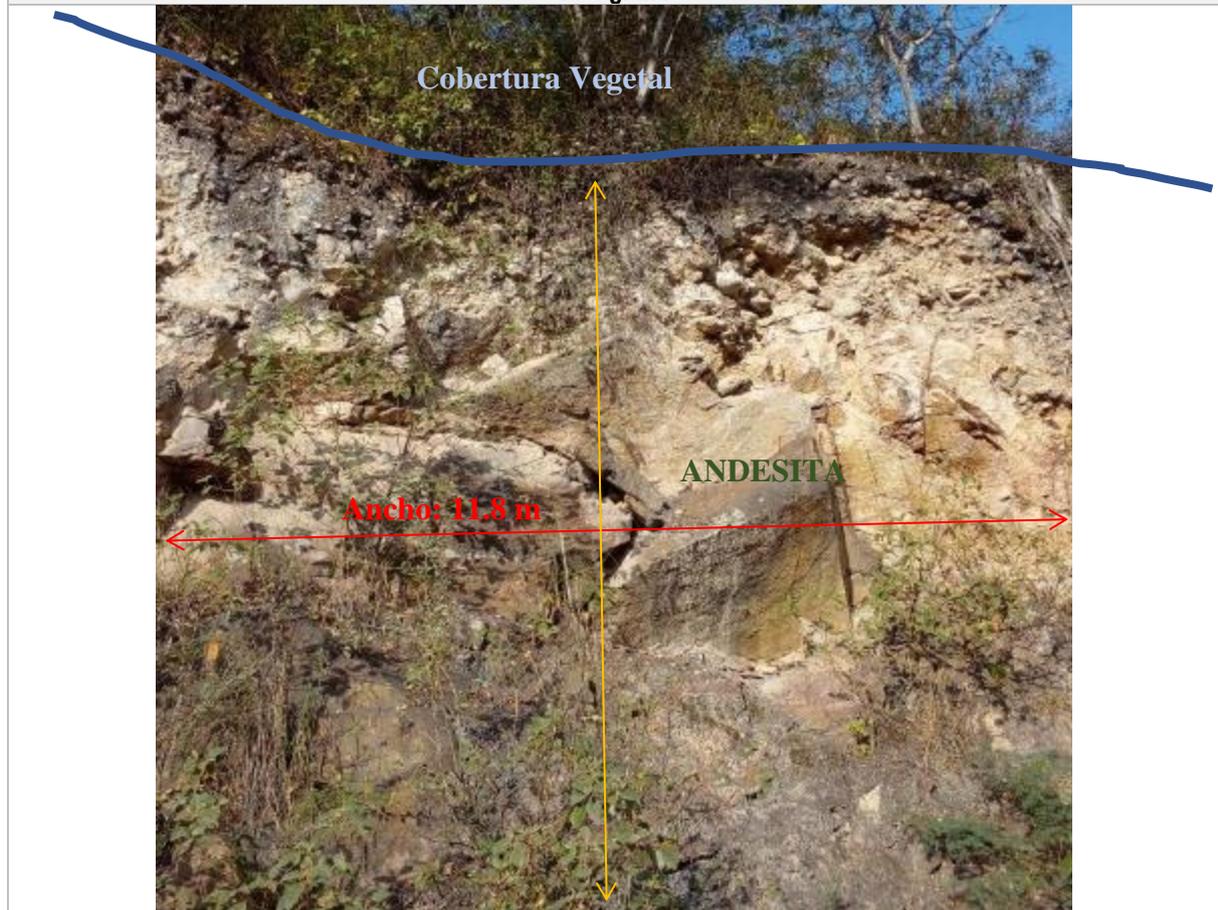
Litología de las Capas del Afloramiento

Descripción

Andesitas alteradas producto de alto intemperismo, presencia de matriz arcillo arenosa con tonalidades anaranjadas, cubierta de vegetación tanto en la parte superior como inferior que acelera la exposición del afloramiento a la oxidación.

Ancho Total (m)	11.8	Altura Total del Afloramiento (m)	8.40
Tipo de Afloramiento	Antrópico	Referencia: vía a la Era	

Fotografía



Nota: Elaborado por Autor, 2022



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NO RENOVABLES  
CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

ÁREA MINERA "EL DIAMANTE" CÓDIGO 600841

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Número de Afloramiento		8	
Coordenadas de Ubicación DATUM:		X	Y
	Derecha	684124	9545799
	Centro	684123	9545788
	Izquierda	684123	9545783

Litología de las Capas del Afloramiento

Descripción

Presencia de un afloramiento artificial compuesto por dos bancos cubierto de vegetación herbácea y arbustiva intemperizado, conformado de un aglomerado de matriz arcillo arenosa mal gradado con andesitas sub angulosas de distintos tamaños desde 40cm a 2cm con tonalidades grises claros, clastos verdosos.

Ancho Total (m)	8,3	Altura Total del Afloramiento (m)	12
Tipo de Afloramiento	Antrópico	Referencia: vía a la Era	

Fotografía





UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NO RENOVABLES  
CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

ÁREA MINERA "EL DIAMANTE" CÓDIGO 600841

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Número de Afloramiento		9	
Coordenadas de Ubicación DATUM:		X	Y
	Derecha	684400	9545374
	Centro	684402	9545387
	Izquierda	684404	9545407
Litología de las Capas del Afloramiento			
Descripción			
Aglomerado mal gradado de 11,2 metros de alto y 20 metros de ancho, cubierto por bastante vegetación herbácea y arbustiva, compuesto de matriz arcillo arenosa y cantos sub angulosos de andesita de tonos verdosos principalmente expuesto a un alto intemperismo.			
Ancho Total (m)	20	Altura Total del Afloramiento (m)	11,2
Tipo de Afloramiento	Antrópico	Referencia: vía a la Era	

Fotografía





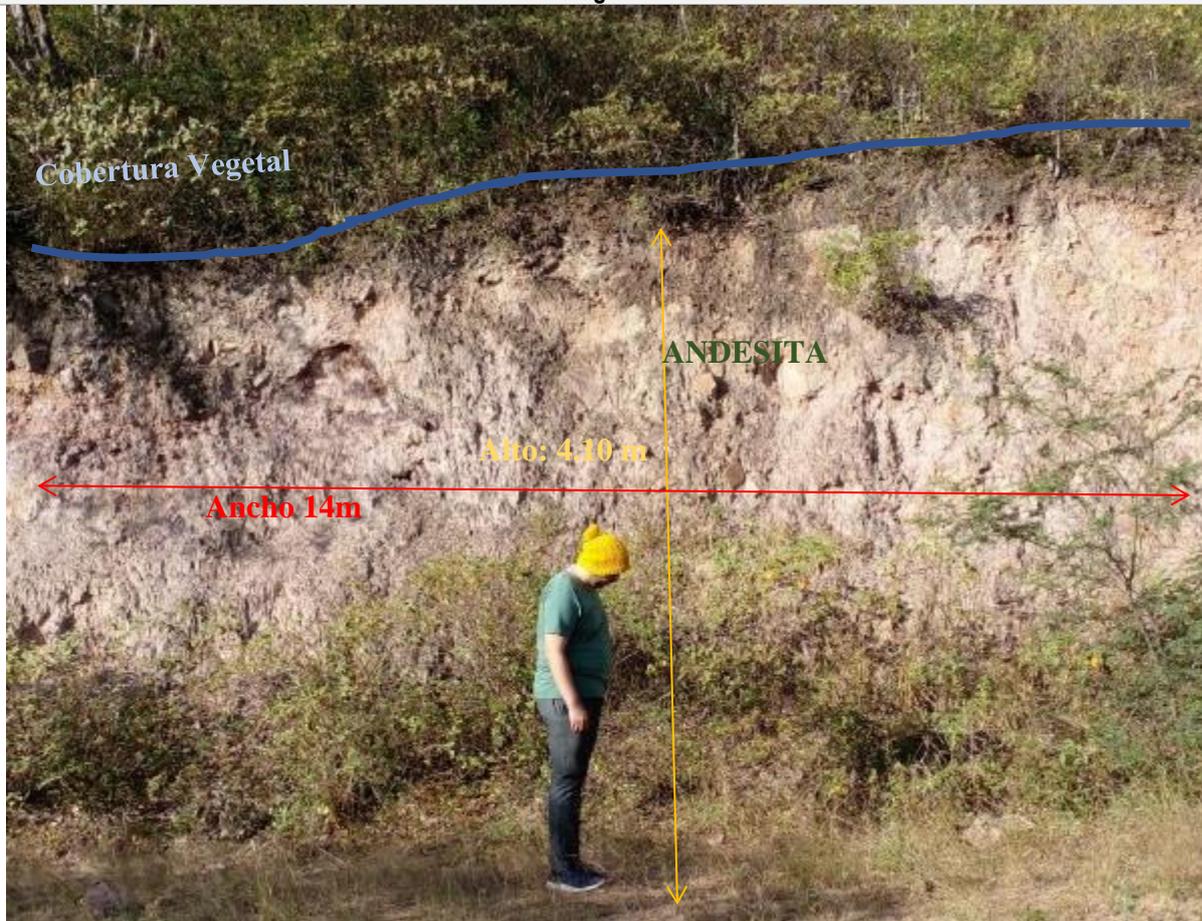
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NO RENOVABLES  
CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

ÁREA MINERA "EL DIAMANTE" CÓDIGO 600841

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Número de Afloramiento		10	
Coordenadas de Ubicación DATUM:		X	Y
	Derecha	684378	9545252
	Centro	684381	9545258
	Izquierda	684383	9545265
Litología de las Capas del Afloramiento			
Descripción			
Aglomerado de matriz arcillo arenosa con cantos de andesitas gris blanquecino, verdosas subangulosas, mal gradado producto de la alta meteorización, el aglomerado está cubierto por vegetación en la parte superior y en la base.			
Ancho Total (m)	14	Altura Total del Afloramiento (m)	4.10
Tipo de Afloramiento	Antrópico	Referencia: vía a la Era	

Fotografía





UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NO RENOVABLES  
CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

ÁREA MINERA "EL DIAMANTE" CÓDIGO 600841

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

Número de Afloramiento		11	
Coordenadas de Ubicación DATUM:		X	Y
	Derecha	684407	9545169
	Centro	684405	9545173
	Izquierda	684402	9545177

Litología de las Capas del Afloramiento

Descripción

Afloramiento de arcilla con tonalidades anaranjadas y rojizas por su grado de oxidación, en la parte superior cobertura vegetal, presenta un 30% de clastos de andesitas alteradas de tonos verdosos producto de la meteorización.

Ancho Total (m)	10.5	Altura Total del Afloramiento (m)	2,2
Tipo de Afloramiento	Antrópico	Referencia: vía a la Era	

Fotografía





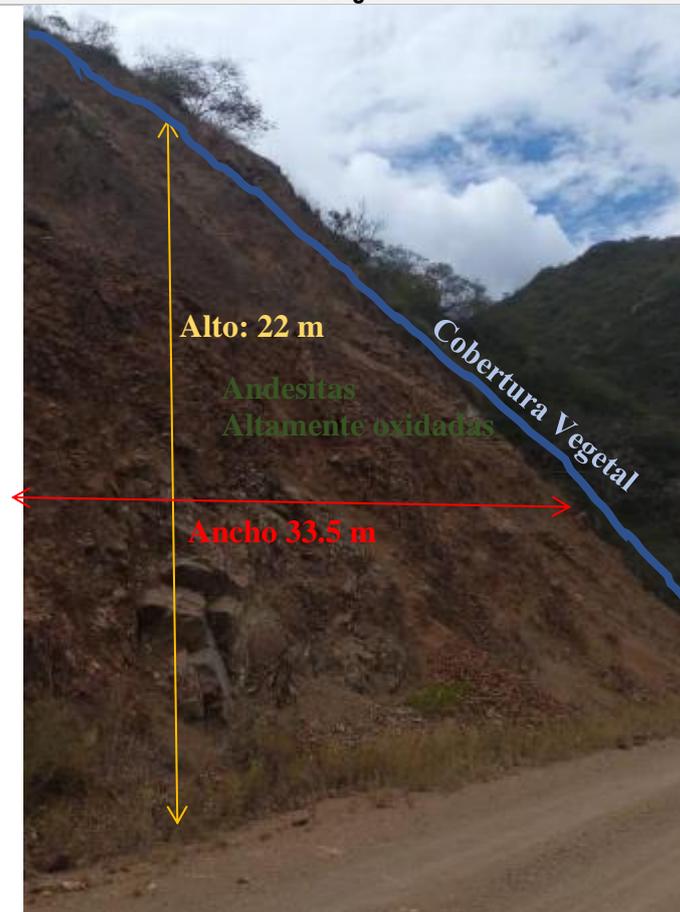
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NO RENOVABLES  
CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

ÁREA MINERA "EL DIAMANTE" CÓDIGO 600841

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

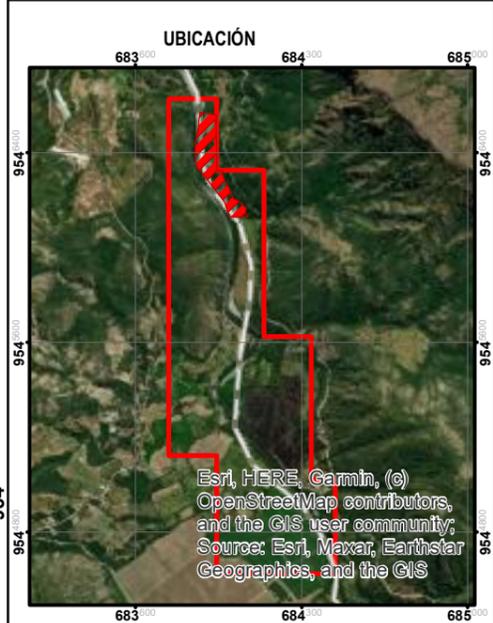
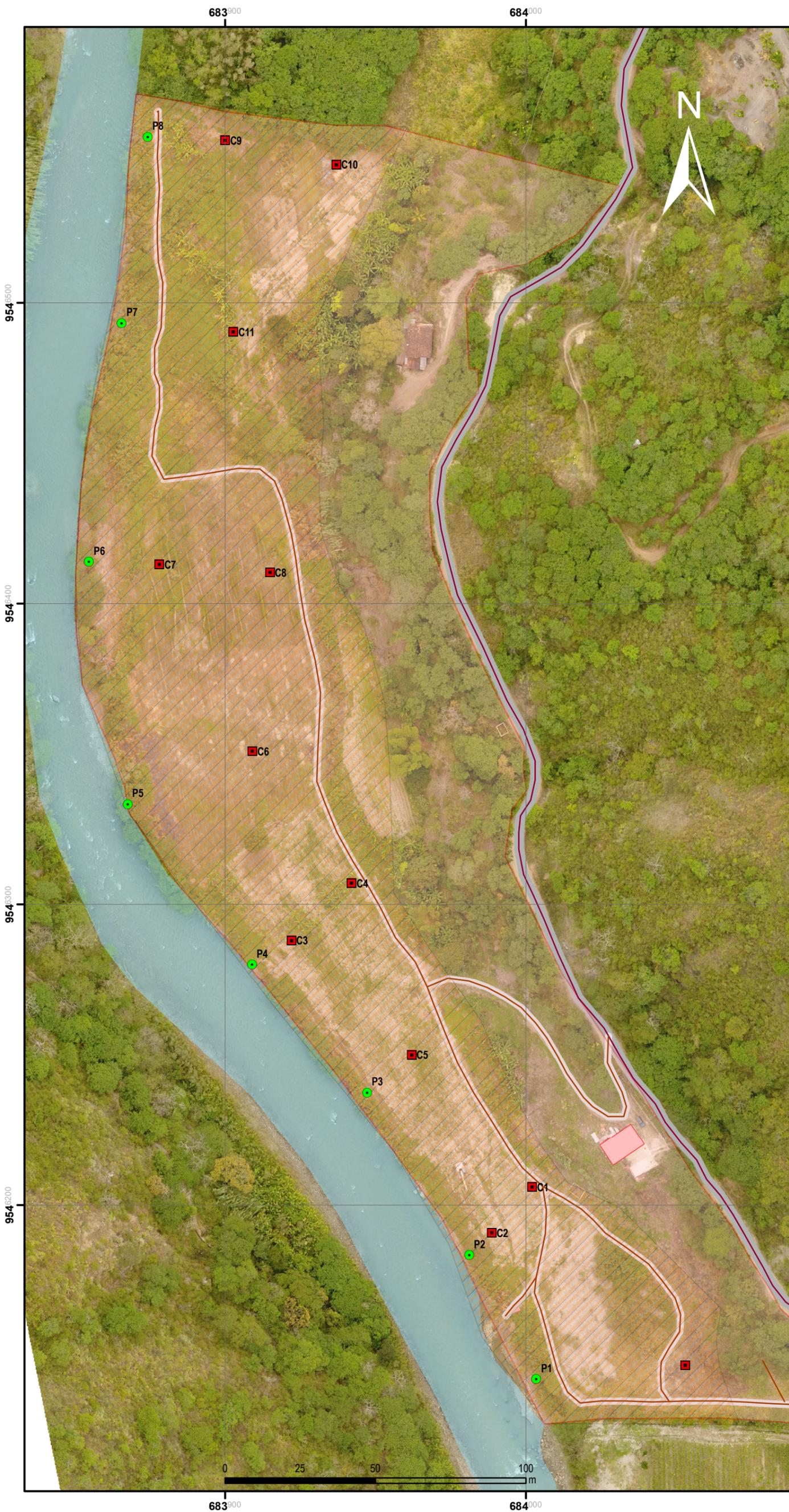
Número de Afloramiento		12	
Coordenadas de Ubicación DATUM:		X	Y
	Derecha	684786	9544542
	Centro	684754	9544538
	Izquierda	684705	9544542
Litología de las Capas del Afloramiento			
Descripción			
Macizo rocoso de Lavas Andesíticas, altamente alteradas, grado de oxidación elevado, matriz arcillosa producto de la meteorización			
Ancho Total (m)	33.5	Altura Total del Afloramiento (m)	22
Tipo de Afloramiento	Antrópico	Referencia: vía a la Era	

Fotografía



**Anexo 20.** Mapa de ubicación de las calicatas en la concesión minera “El Diamante”

# MAPA DE UBICACIÓN DE CALICATAS EN EL ÁREA MINERA "EL DIAMANTE", CÓD. 600841



**SIMBOLOS CONVENCIONALES**

**Hidrografía**  
 Río Catamayo

**Vías**  
 Via Principal  
 Vías secundarias

**Infraestructura**  
 Campamento  
 Limite predial (5,10 Ha)  
 Área explotable (3,31 Ha)

**Calicatas**  
 Calicatas  
 Puntos de Cateo

PUNTO	COORDENADAS UTM/WGS84		PROFUNDIDAD (m)
	X	Y	
C1	684002	9546210	1.60
C2	683989	9546190	1.80
C3	683922	9546290	1.70
C4	683942	9546310	1.70
C5	683962	9546250	1.10
C6	683909	9546350	2.10
C7	683878	9546410	1.60
C8	683915	9546410	2.30
C9	683900	9546550	1.85
C10	683937	9546550	2.80
C11	683903	9546490	2.40
P1	684003	9546140	1.58
P2	683981	9546180	1.6
P3	683947	9546240	1.5
P4	683909	9546280	1.53
P5	683868	9546330	1.45
P6	683855	9546410	1.44
P7	683866	9546490	1.63
P8	683874	9546560	1.67

PROYECCIÓN UTM ZONA 17S WGS 84  
 ESCALA IMPRESIÓN 1:1300

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
 FACULTAD DE LA ENERGÍA, DE LAS INDUSTRIAS Y DE LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES  
 CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

CONTIENE: Mapa de ubicación de calicatas y puntos de cateo en el Área Minera "El Diamante" cód. 600841

UBICACIÓN: Provincia: Loja Cantón: Catamayo - Gonzanamá Parroquia: El Tambo - Nambacola

ELABORADO POR: KAREN P. MARTÍNEZ M.  
 REVISADO POR: ING. FERNANDO J. RENGEL

Firmado electrónicamente por: KAREN PAOLA MARTÍNEZ MALDONADO

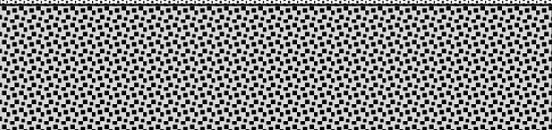
FECHA: 18-09-2023 ESCALA: 1:1000 LÁMINA: 14

**Anexo 21.** Descripción de calicatas

		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b> <b>FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS</b> <b>RECURSOS NO RENOVABLES</b> <b>CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO</b> <b>TERRITORIAL</b>		
<b>Calicata #:</b>	1	<b>Coordenadas</b> <b>UTM /WGS84</b>	<b>X:</b>	684002
<b>Granulometría:</b>	Limo, arena, grava.		<b>Y:</b>	9546206
<b>Profundidad de excavación</b>	3.60 m		<b>Z:</b>	1229
<b>% Material según Granulometría</b>				
% Grava= 32.45, % Arena= 35.79, % Finos= 31.76				
<b>Prof.</b>	<b>Simbología</b>	<b>Descripción</b>		
0.10 m		Limo		
3.50 m		Arena, Grava		
				



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS  
RECURSOS NO RENOVABLES  
CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO  
TERRITORIAL**

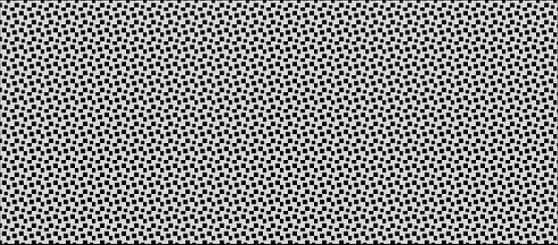
<b>Calicata #:</b>	2	<b>Coordenadas UTM /WGS84</b>	<b>X:</b>	683993
<b>Granulometría:</b>	Limo, arena, grava.		<b>Y:</b>	9546198
<b>Profundidad de excavación:</b>	3.80 m		<b>Z:</b>	1219
<b>Prof.</b>	<b>Simbología</b>	<b>Descripción</b>	<b>% Material según Granulometría</b>	
0.07 m		Limo, C.V.		
3.73 m		Arena, Grava	% Grava=66.00 % Arena=28.62 % Finos= 5.39	

**Fotografía:**





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
**FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS**  
**RECURSOS NO RENOVABLES**  
**CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO**  
**TERRITORIAL**

<b>Calicata #:</b>	3	<b>Coordenadas UTM /WGS84</b>	<b>X:</b>	683922
<b>Granulometría:</b>	Limo, arena, grava.		<b>Y:</b>	9546285
<b>Profundidad de excavación:</b>	3.70 m		<b>Z:</b>	1233
<b>Prof.</b>	<b>Simbología</b>	<b>Descripción</b>	<b>% Material según Granulometría</b>	
0,06 m		Limo, C.V.		
3.64 m		Arena, Grava	% Grava=64.91 % Arena=25.17 % Finos= 9.92	

**Fotografía:**



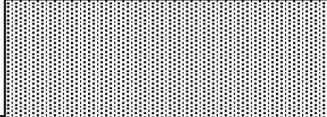
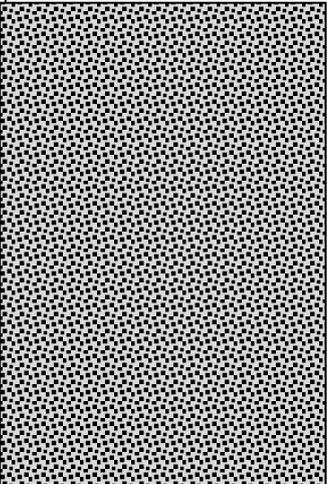


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS  
RECURSOS NO RENOVABLES  
CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y  
ORDENAMIENTO TERRITORIAL**

<b>Calicata #:</b>	4	<b>Coordenadas UTM /WGS84</b>	<b>X:</b>	683942
<b>Granulometría:</b>	Limo, arena, grava.		<b>Y:</b>	9546307
<b>Profundidad Nivel Freático:</b>	3.70 m		<b>Z:</b>	1232

**% Material según Granulometría**

% Grava=65.07; % Arena=29.71; % Finos= 5.22

Prof.	Simbología	Descripción
0,05 m		Limo, C.V.
3.65 m		Arena, Grava



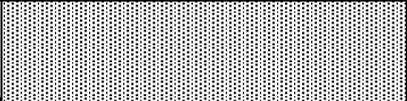
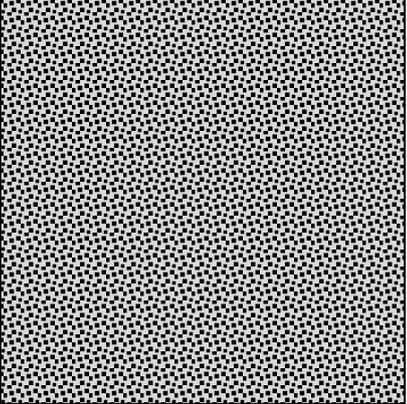


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y  
LOS RECURSOS NO RENOVABLES  
CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y  
ORDENAMIENTO TERRITORIAL**

<b>Calicata #:</b>	5	<b>Coordenadas UTM /WGS84</b>	<b>X:</b>	683962
<b>Granulometría:</b>	Limo, arena, grava.		<b>Y:</b>	9546269
<b>Profundidad Nivel Freático:</b>	3.10 m		<b>Z:</b>	1219

**% Material según Granulometría**

%Grava=51.06; %Arena=36.68; %Finos= 12.26

Prof.	Simbología	Descripción
0,05 m		Limo, C.V.
3.05 m		Arena, Grava



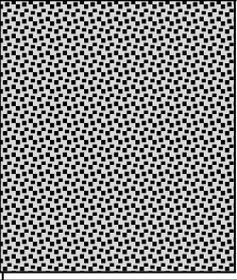
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
**FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS**  
**RECURSOS NO RENOVABLES**  
**CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO**  
**TERRITORIAL**

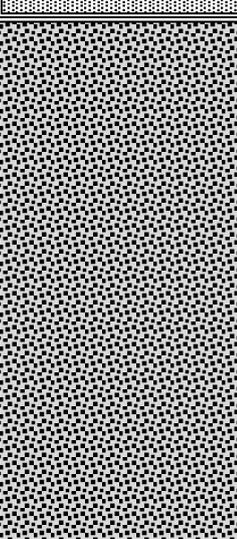
<b>Calicata #:</b>	6	<b>Coordenadas UTM /WGS84</b>	<b>X:</b>	683909
<b>Granulometría:</b>	Limo, arena, grava.		<b>Y:</b>	9546350
<b>Profundidad Nivel Freático:</b>	4.10 m		<b>Z:</b>	1245

**% Material según Granulometría**

% Grava=30; % Arena=64; % Finos= 6

Prof.	Simbología	Descripción
12 cm		Limo, C.V.
398 cm		Arena, Grava

		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b> <b>FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS</b> <b>RECURSOS NO RENOVABLES</b> <b>CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO</b> <b>TERRITORIAL</b>		
<b>Calicata #:</b>	7	<b>Coordenadas</b> <b>UTM /WGS84</b>	<b>X:</b>	683878
<b>Granulometría:</b>	Limo, arena, grava.		<b>Y:</b>	9546413
<b>Profundidad Nivel Freático:</b>	3.60 m		<b>Z:</b>	
<b>% Material según Granulometría</b>				
Limo 6%; Arena 63%; Grava 31%				
<b>Prof.</b>	<b>Simbología</b>	<b>Descripción</b>		
10 cm		Limo, C.V.		
350 cm		Arena, Grava		

		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b> <b>FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS</b> <b>RECURSOS NO RENOVABLES</b> <b>CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y</b> <b>ORDENAMIENTO TERRITORIAL</b>		
<b>Calicata #:</b>	8	<b>Coordenadas</b> <b>UTM /WGS84</b>	<b>X:</b>	683914
<b>Granulometría:</b>	Limo, arena, grava.		<b>Y:</b>	9546410
<b>Profundidad Nivel Freático:</b>	4.30 m		<b>Z:</b>	
<b>% Material según Granulometría</b>				
Limo: 7%; Arena: 71%; Grava: 22%				
<b>Prof.</b>	<b>Simbología</b>	<b>Descripción</b>		
15 cm		Limo, C.V.		
415 cm		Arena, Grava		

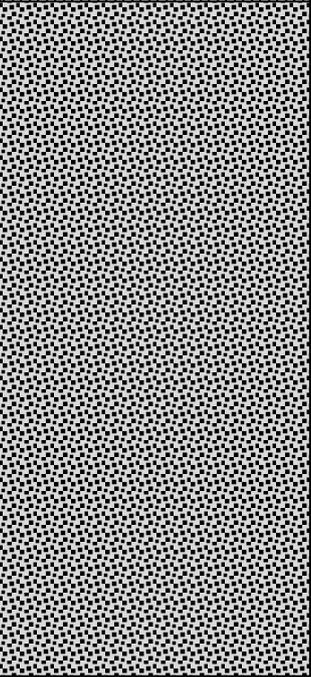


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
**FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS**  
**RECURSOS NO RENOVABLES**  
**CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y**  
**ORDENAMIENTO TERRITORIAL**

<b>Calicata #:</b>	9	<b>Coordenadas UTM /WGS84</b>	<b>X:</b>	683900
<b>Granulometría:</b>	Limo, arena, grava.		<b>Y:</b>	9546554
<b>Profundidad:</b>	3.86 m		<b>Z:</b>	

**% Material según Granulometría**

% Grava=25; % Arena=68; % Finos= 7

Prof.	Simbología	Descripción
13 cm		Limo, C.V.
373 cm		Arena, Grava



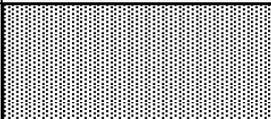
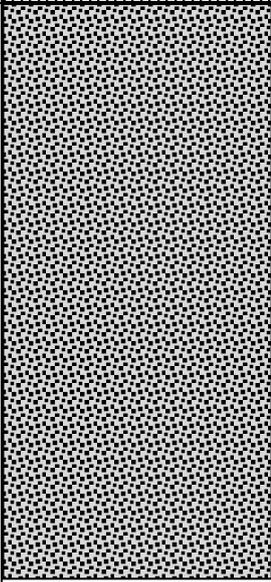


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS  
RECURSOS NO RENOVABLES  
CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y  
ORDENAMIENTO TERRITORIAL**

<b>Calicata #:</b>	10	<b>Coordenadas UTM /WGS84</b>	<b>X:</b>	683937
<b>Granulometría:</b>	Limo, arena, grava.		<b>Y:</b>	9546546
<b>Profundidad Nivel Freático:</b>	4.80 m		<b>Z:</b>	

**% Material según Granulometría**

% Grava=31; % Arena=65; % Finos= 4

Prof.	Simbología	Descripción
10 cm		Limo
470 cm		Arena, con clastos gruesos





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
 FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y  
 LOS RECURSOS NO RENOVABLES  
 CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y  
 ORDENAMIENTO TERRITORIAL**

<b>Calicata #:</b>	11	<b>Coordenadas UTM /WGS84</b>	<b>X:</b>	683902
<b>Granulometría:</b>	Limo, arena, grava.		<b>Y:</b>	9546490
<b>Profundidad Nivel Freático:</b>	4.40 cm		<b>Z:</b>	

**% Material según Granulometría**

%Grueso=10; %Grava=25; %Arena=62; %Finos= 3

Prof.	Simbología	Descripción
10 cm		Limo, C.V.
40 cm		Arena
80 cm		Grava
310 cm		Grueso de 8 a 17cm

## **Anexo 22. Protocolo de muestreo**

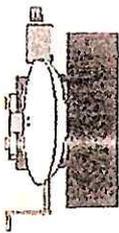
### **PROTOCOLO DE MUESTREO DE SUELOS PARA ESTUDIOS GEOLOGICO – GEOTÉCNICOS**

1. Las excavaciones se realizarán de forma mecánica mediante la utilización de una retroexcavadora a una profundidad de 1 a 4m, se darán las dimensiones adecuadas en planta para permitir la correcta realización del muestreo y asegurar la estabilidad de las paredes. Los materiales necesariamente ripables con excavadora, son objeto de problemas de desmoronamiento de las paredes que impiden su adecuada excavación, lo que debe ser tomado en cuenta en la toma de muestras.
2. Si ha seleccionado un sitio con suelo aluvial, es posible la existencia de aguas subterráneas antes de alcanzar los 2 metros. Si encuentra agua, será imposible seguir excavando, pero tome muestras del suelo del fondo de la calicata a la mayor profundidad posible.
3. La toma de muestras se efectuará siempre en la pared de la calicata, seleccionada con precisión el nivel que se quiere muestrea e indicándose exactamente la profundidad del muestreo, para determinar los distintos horizontes del suelo: esto se denomina perfil del suelo en caso de existir. En ningún caso se tomarán muestras del material existente en el fondo de la calicata ni a profundidad inferior a medio metro, se realiza un esquema del perfil del suelo de cada calicata que excave, se mide y se anota las profundidades de cada horizonte, se anota en el esquema realizado el lugar en que se tomó cada muestra.
4. Antes de proceder a la restitución del terreno extraído, si se observa la existencia de humedad o empieza resumir agua en el pozo excavado, se mantendrá abierta la calicata durante unos 30 minutos con el fin de valorar y estimar en lo posible la permeabilidad del terreno. Se procederá al adecuado cierre y compactación de las calicatas abiertas de manera que se restituya la totalidad del terreno extraído.
5. Por último, las calicatas serán descritas, adjuntándose al informe un corte estratigráfico del terreno, así como el estado del mismo en cuanto a humedad, dureza o compacidad de cada estrato. Estos puntos de control serán ubicados mediante coordenadas X, Y y Z, describiendo los principales aspectos litológicos y estructurales, muestras tomadas, datos geológicos de estructura y calidad, etc. Esta información será la base para elaborar el modelo geológico del yacimiento o depósito.

#### **PROCEDIMIENTO PARA LA TOMA DE MUESTRAS**

1. El muestreo y análisis de calidad de las muestras de mineral y mantos, deben seguir las normas y procedimientos nacionales o internacionales y deberán estar plasmados en protocolos.
2. Se toma las muestras en saco para la realización de ensayos en el número y cuantía que se determinen. La cantidad por cada muestra será de 25 a 50 Kg la suficiente para poder realizar los ensayos de análisis granulométrico, densidad real, densidad aparente, el ensayo de abrasión de los Ángeles. La cantidad será determinada en función del tamaño máximo de los granos del material.
3. La recolección de las muestras se realizará en sacos de plástico de suficiente consistencia para su transporte y de modo que se evite durante el mismo la pérdida de finos. De cada muestra en saco se tomará una fracción suficiente para la determinación de la humedad natural, la cual se recogerá en un envase hermético o funda hermética, etiquetándolo correctamente para su posterior identificación utilizando etiquetas adhesivas, una de las cuales, se colocará en el interior del saco como medida de seguridad.

**Anexo 23.** Formato de SE.V. en la concesión minera “El Diamante”



ESTSUELCON CIA. LTDA.

# ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIO DE SUELOS, LABORATORIO, CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN

DATOS DE CAMPO EN SAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

Arreglo Schumberger

PROYECTO:

SECTOR:

COORDENADAS: X 63959

Y: 9546264 Z:

SOLICITADO POR:

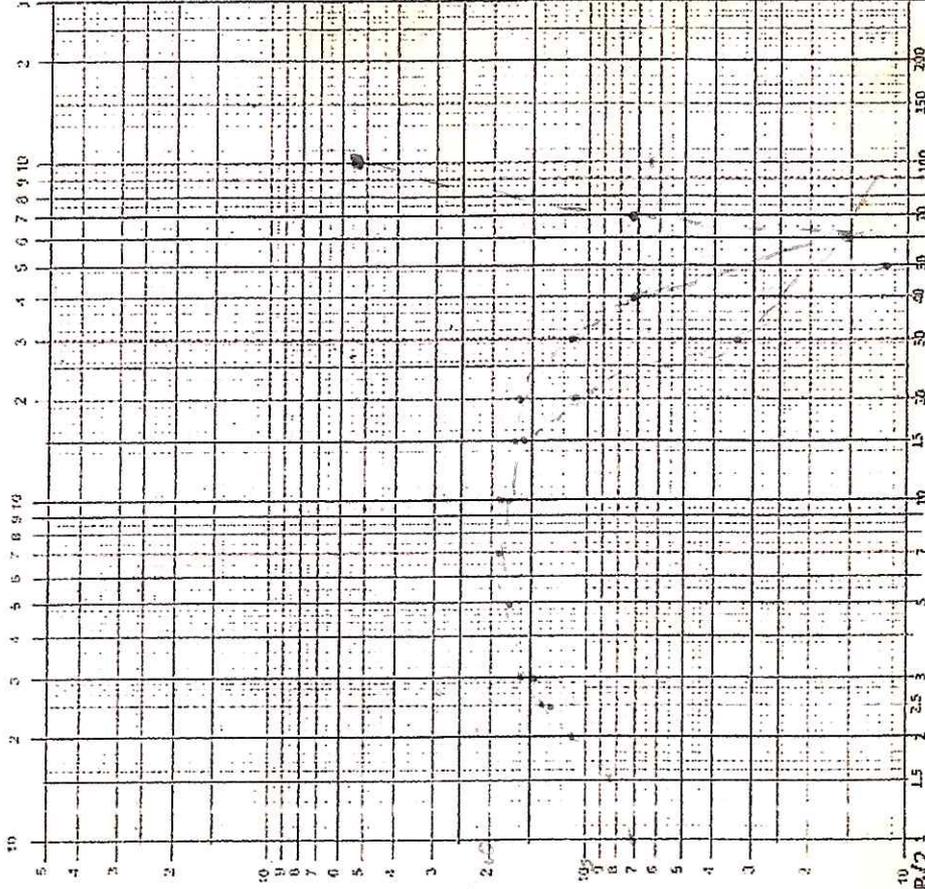
S.E.V.:

AZIMUT: 149

ABSCISA:

REALIZADO POR:

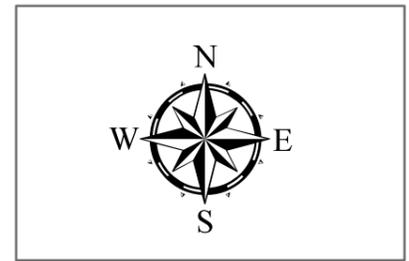
N°	AB/2	COLOR	MIN	COLOR	k	$\Delta V/I$	$\rho_a$ (Ohm.m)
1	1	AZUL	0.5	ROJO	2.4		71.91
2	1.5	AMARILLO	0.5		6.28		86.09
3	2	BLANCO	0.5		11.78		116.19
4	2.5	VERDE	0.5		18.85		131.55
5	2.5		1	AZUL	8.25		135.80
6	3	NEGRO	0.5		27.5		140.95
7	3		1		12.6		149.25
8	5	AMARILLO BLANCO	1		37.7		171.68
9	7	AZUL VERDE	1		75.4		183.06
10	10	NEGRO	1		155.5		171.85
11	10		2.5		58.9		177.94
12	15	AMARILLO	1		351.9		165.04
13	15		2.5	VERDE	137.4		171.80
14	20	VERDE	2.5		247.4		129.30
15	20		10	NEGRO	47.1		163.58
16	30	BLANCO	2.5		561.6		38.49
17	30		10		125.7		128.14
18	40	AZUL NEGRO	10		235.6		70.05
19	50	BLANCO	10		377		10.92
20	70	AMARILLO	10		754		74.06
21	100	BLANCO	10		1555.1		642.29
22	150	VERDE	10		3518.6		
23	200	AZUL	10		6267.5		



642.29  
489.45 92

**Anexo 24.** Mapa de ubicación del SEV en la concesión minera “El Diamante”

# UBICACIÓN DEL S.E.V EN EL ÁREA MINERA "EL DIAMANTE" CÓDIGO 600841



**LEYENDA**

- Línea S.E.V
- Red Hídrica**
- Río Catamayo
- ORTHOFOTO AREA EL DIAMANTE.jpg**
- RGB**
- Rojo: Band\_1
- Verde: Band\_2
- Azul: Band\_3

LÍNEA SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL (S.E.V)		
ARREGLO	SCHLUMBERGER	
COORDENADAS	X	Y
DATUM: UTM/WGS84	683959	9546264
AZIMUT	148°	
AB/2	100	
AB	200	
N° LINEAS	1	

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR UTM ZONA 17S WGS 84

ESCALA DE IMPRESIÓN  
1 centímetro = 15 metros

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
FACULTAD DE LA ENERGÍA, DE LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES  
CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

CONTIENE: Ubicación del S.E.V en el área minera "El Diamante" cód. 600841

UBICACIÓN: Provincia de Loja, cantón Catamayo, parroquia El Tambo, sector Huayco Bajo.

ELABORADO POR:  
Karen P. Martínez M.  
Firmado electrónicamente por:  
KAREN PAOLA MARTINEZ MALDONADO

REVISADO POR:  
Ing. Fernando Renguel

FECHA: 18-09-2023      ESCALA DE TRABAJO: 1:1000      LAMINA: 15

Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community

**Anexo 25.** Fotografías del área minera



**Figura 64** *Extracción de material*  
**Nota:** Tomado por Martínez L, 2009



**Figura 65** *Carga y transporte de material a la criba fija*  
**Nota:** Tomado por Martínez L, 2009



**Figura 66** *Clasificación del material*  
**Nota:** Tomado por Martínez L, 2009



**Figura 67** *Criba fija y Clasificación del material*  
**Nota:** Tomado por Martínez L, 2009



**Figura 68** Almacenamiento o material en stock.  
**Nota:** Tomado por Martínez L, 2009

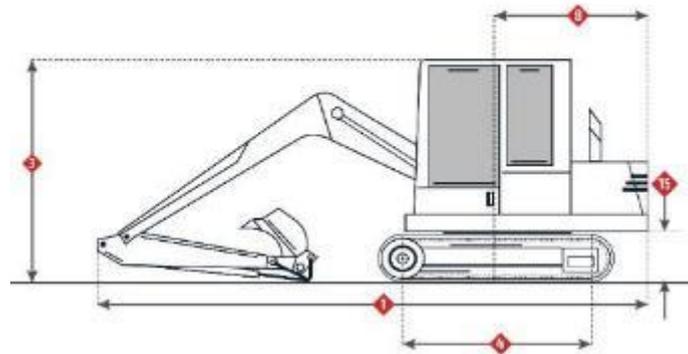


**Figura 69** Vías de acceso internas.  
**Nota:** Tomado por Martínez L, 2009

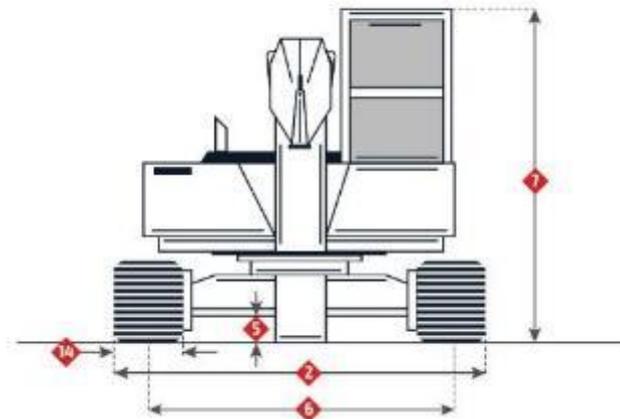


**Figura 70** *Baño para uso del personal que trabaja.*  
**Nota:** Tomado por Martínez L, 2009

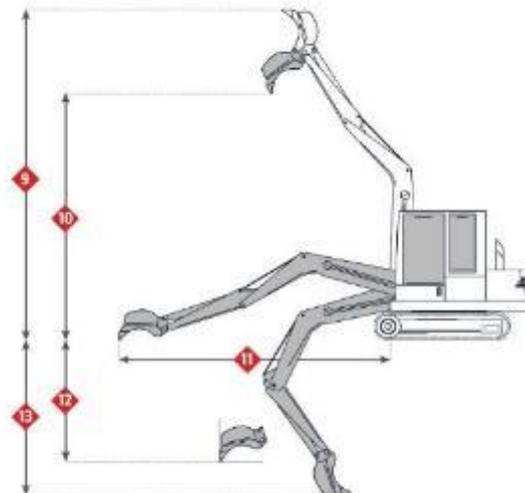
**Anexo 26.** Especificaciones técnicas de maquinarias y equipos (Excavadora Hyundai)



**Figura 71** Dimensiones laterales de la excavadora Hyundai R210 LC7  
**Nota:** Tomado de Maquqam, (2015)



**Figura 72** Dimensiones frontales de la excavadora Hyundai R210 LC7  
**Nota:** Tomado de Maquqam, (2015)



**Figura 73** Dimensiones laterales del brazo de la excavadora Hyundai R210 LC7  
**Nota:** Tomado de Maquqam, (2015)

**Tabla 68.** Características de la excavadora Hyundai R210 LC7

<b>Peso</b>	<b>21.7 t</b>	<b>Fabr. del motor</b>	<b>Cummins</b>
<b>Capacidad cuchara</b>	<b>0,92 m<sup>3</sup></b>	Modelo de motor	<b>B5.9C</b>
<b>Anchura orugas</b>	<b>600 mm</b>	Potencia nominal	<b>DIN 6271 neta de 107 kW a 2.100 rpm</b>
<b>Fuerza de rotura</b>	<b>133,4 kN</b>	cilindrada	5.880 cc
<b>Pluma</b>	<b>MB/VA</b>		
<b>TREN DE RODAJE</b>			
<b>6. Ancho de vía</b>	<b>2390 mm</b>	14. Tamaño de la zapata	600 mm
<b>DIMENSIONES</b>			
<b>7. Altura hasta la parte superior de la cabina</b>	<b>2920 mm</b>	15. Despeje del contrapeso sobre el suelo	<b>1060 mm</b>
<b>8. Radio de giro de la parte trasera de la plataforma</b>	<b>2830 mm</b>	2. Ancho hasta el lado exterior de la cadena de oruga	2990 mm
<b>5. Despeje sobre el suelo</b>	<b>480 mm</b>	4. Longitud de la cadena de la oruga a nivel del suelo	3650 mm
<b>CARACTERÍSTICA DE PLUMAS</b>			
<b>10. Altura máxima de carga</b>	<b>6330 mm</b>	1. Longitud para el transporte	9650 mm
<b>11. Alcance máximo a lo largo del nivel del suelo</b>	<b>8960 mm</b>	3. Altura para el transporte	3200 mm
<b>12. Profundidad máxima de excavación de una pared vertical</b>	<b>5280 mm</b>	9. Altura máxima de corte	9140 mm
<b>13. Profundidad máxima de excavación</b>	<b>5820 mm</b>		

Nota: Tomado de Maquqam, (2015)

**Anexo 27.** Especificaciones técnicas de maquinarias y equipos (Criba TRIO)



**Figura 74** Criba vibratoria TRIO, TIO series

**Nota:** Tomado de WEIR, 2023

**Tabla 69.** Características de la criba vibratoria

Modelo	Bandejas	Tamaño	Peso	Potencia del motor	Material	Velocidad Normal	Ángulos operación	Amplitud máxima
TIO5143	3	1525 mm x 4260 mm x 5 x 14 pie	5,523 Kg 12,176 lb	Máx.: 18,5 kW (25,15 hp) Mín.: 11 kW (14,96 hp)	200 mm 8 in	840 rpm	15-20°	9.5 mm 3/8

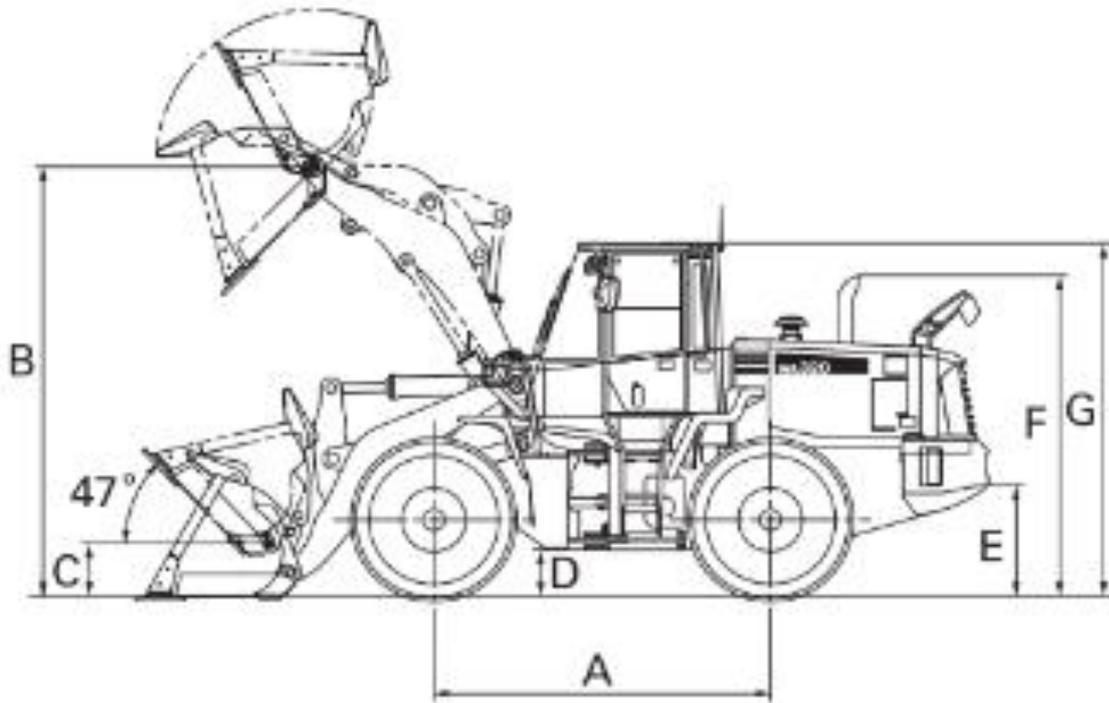
**Nota:** Elaborado por autor, 2023 **Fuente:** Rosas, R. (2028)

**Anexo 28.** Especificaciones técnicas de maquinarias y equipos (Cargador Komatsu)

**Tabla 70.** Dimensiones y especificaciones técnicas de cargador KOMATSU WA320-6

<b>Banda de rodadura</b>		<b>2050 mm</b>				
	Ancho sobre neumáticos	2590 mm				
<b>A</b>	Distancia entre ejes	3030 mm				
<b>B</b>	Altura del pasador de la bisagra, altura máx.	3905 mm				
<b>C</b>	Altura del pasador de la bisagra, posición de acarreo	480 mm				
<b>D</b>	Distancia al suelo	425 mm				
<b>E</b>	Altura de enganche	1095 mm				
<b>F</b>	Altura total, parte superior de la columna	2915 mm				
<b>G</b>	Altura total de la cabina ROPS	3200 mm				
	<b>Balde apilar</b>	<b>Balde para excavar</b>		<b>Balde para material ligero</b>		
	<b>Labios de corte apernado</b>	<b>Dientes</b>	<b>Labios de corte apernado</b>	<b>Dientes</b>	<b>Labios de corte apernado</b>	<b>Dientes</b>
<b>Capacidad de balde</b>						
<b>Colmado</b>	2.8 m <sup>3</sup>	2.6 m <sup>3</sup>	2.3 m <sup>3</sup>	2.1 m <sup>3</sup>	3.2 m <sup>3</sup>	3 m <sup>3</sup>
<b>raso</b>	2.4 m <sup>3</sup>	2.2 m <sup>3</sup>	2 m <sup>3</sup>	1.8 m <sup>3</sup>	2.8 m <sup>3</sup>	2.6 m <sup>3</sup>
<b>Ancho del balde</b>	2740 mm	2760 mm	2740 mm	2685 mm	2685 mm	2705 mm
<b>Peso del balde</b>	1230 Kg	1125 Kg	1195 Kg	1090 Kg	1410 Kg	1305 Kg
<b>Alcance con brazo horizontal y balde nivelado</b>						
<b>Altura operativa (totalmente elevado)</b>	5325 mm	5325 mm	5135 mm	5165 mm	5405 mm	5500 mm
<b>Longitud total</b>	7515 mm	7660 mm	7370 mm	7515 mm	7705 mm	7850 mm
<b>Profundidad de excavación</b>						
<b>0°</b>	85 mm	100 mm	85 mm	100 mm	85 mm	100 mm
<b>10°</b>	296 mm	335 mm	275 mm	310 mm	330 mm	370 mm
<b>Peso operativo</b>	13850 Kg	13745 Kg	13810 Kg	13705 Kg	14025 Kg	13920 Kg

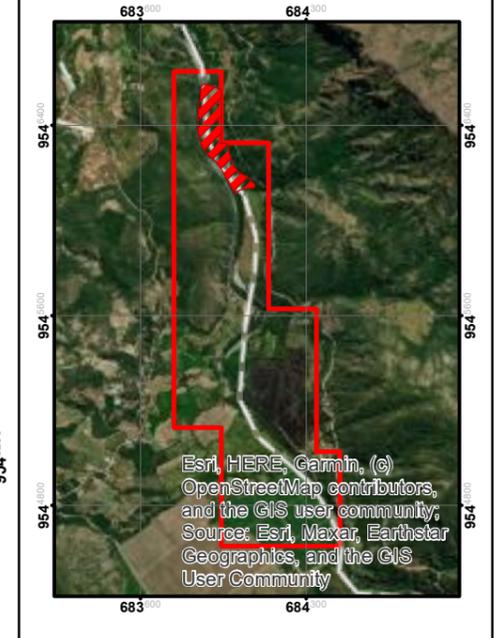
**Nota:** Tomado de KOMATSU, (2023)



**Figura 75** Dimensiones de Cargador KOMATSU WA 320 - 6  
**Nota:** Tomado de KOMATSU, (2023)

**Anexo 29.** Plano de infraestructura anterior del área minera “El Diamante”

# PLANO DE LA INFRAESTRUCTURA DEL ÁREA MINERA "EL DIAMANTE" CÓD. 600841



**Simbolos convencionales**

**Curvas de Nivel**  
 — Curvas Principales

**Hidrografía**  
 Río Catamayo

**Vías**  
 Vía Principal  
 Vías secundarias

**Infraestructura**  
 Depósito Aluvial (3.1 Ha)  
 Límite predial (5.10 Ha)  
 Campamento (100 m<sup>2</sup>)  
 Baño (5.9 m<sup>2</sup>)  
 Zona de Bomba de agua (14 m<sup>2</sup>)  
 Franja de Explotación (1400 m<sup>2</sup>)  
 Manguera circulación agua (75m dist.)  
 Zona de Cribado (33 m<sup>2</sup>)  
 Zona Almacenamiento/Stock (1800 m<sup>2</sup>)  
 Patio de Maniobras (5000 m<sup>2</sup>)

CÓD.	INFRAESTRUCTURA	ÁREA (m <sup>2</sup> )
1	Campamento	100.44
2	Baño	5.9
3	Zona de cribado	33
4	Zona de Almacenamiento/Stock	1800
5	Franja de Explotación	1400
6	Patio de Maniobras	5000
7	Bomba de agua	14
8	Manguera de circulación de agua	41
		8394.34

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR UTM ZONA 17S WGS 84  
 ESCALA IMPRESIÓN 1:700

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
 FACULTAD DE LA ENERGÍA, DELAS INDUSTRIAS Y DE LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES  
 CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

CONTIENE: Plano de infraestructura del Área Minera "El Diamante" cód. 600841

UBICACIÓN: Provincia: Loja; Cantón: Catamayo - Gonzanamá; Parroquia: El Tambo - Nambacola

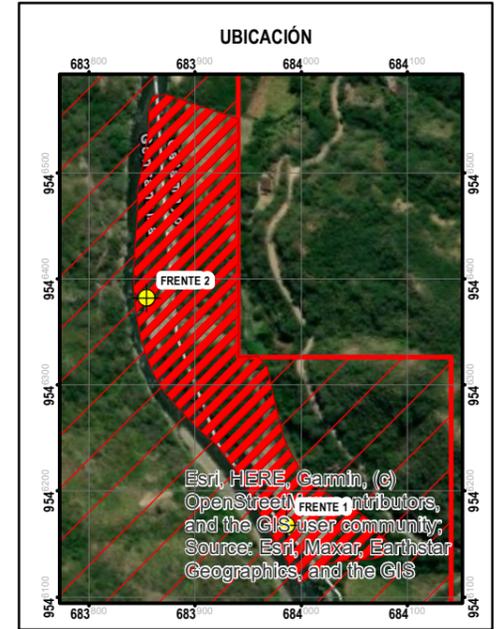
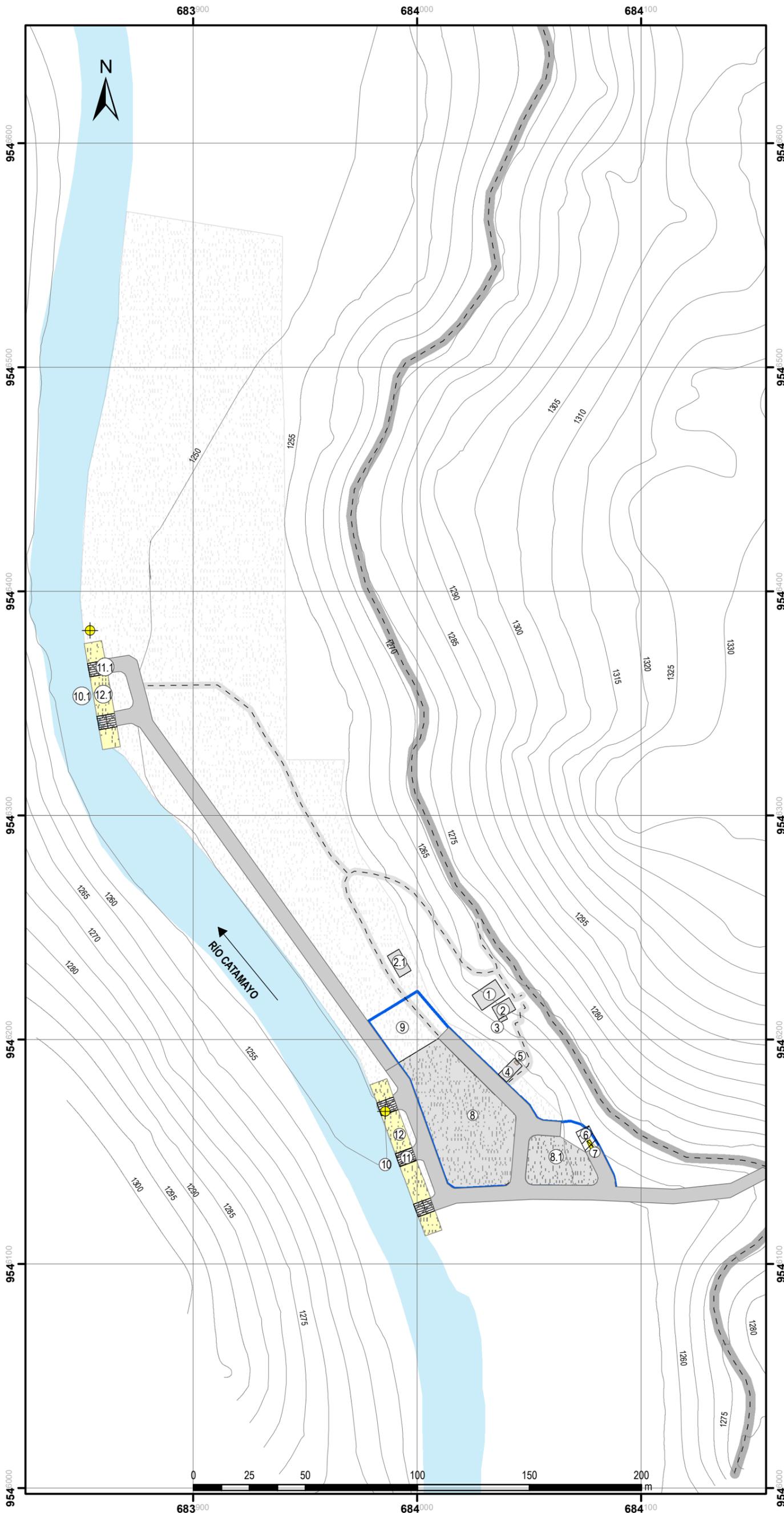
ELABORADO POR:  
 KAREN P. MARTÍNEZ M.

REVISADO POR:  
 ING. FERNANDO J. RENGUEL

FECHA: 18-09-2023  
 ESCALA TRABAJO: 1:1000  
 LÁMINA: 16

**Anexo 30.** Plano de infraestructura optimizado del área minera “El Diamante”

# PLANO DE INFRAESTRUCTURA OPTIMIZADO DEL ÁREA MINERA "EL DIAMANTE", CÓD. 600841



### Simbolos convencionales

**Curvas de Nivel**  
 — Curvas de Nivel Principales

**Hidrografía**  
 Río Catamayo

**Vías**  
 Via Principal  
 Vías de acceso secundarias  
 Caminos

**Infraestructura**  
 Frentes de explotación  
 Infraestructura  
 Criba  
 Zona de almacenamiento/stock  
 Patio de maniobras  
 Zona de cribado  
 Diques transversales (Gaviones)  
 Pozos Explotación

CÓD.	DESCRIPCIÓN	ÁREA (m2)
1	CAMPAMENTO	100.44
2	PARQUEADERO 1	66.00
2.1	PARQUEADERO 2	53.90
3	BAÑO	5.90
4	ZONA DE MANTENIMIENTO	50.00
5	TRAMPA DE GRASA	2.00
6	ZONA DE CRIBADO	65.00
7	CRIBA	6.50
8	ZONA DE ALMACENAMIENTO	590.59
8.1	ZONA DE ALMACENAMIENTO	2077.00
9	PATIO DE MANIOBRAS	4221.61
10	FRENTE DE EXPLOTACIÓN 1	720.00
10.1	FRENTE DE EXPLOTACIÓN 2	480.00
11	DIQUES FRENTE 1 (3)	144.00
11.1	DIQUES FRENTE 2 (2)	96.00
12	NOQUES FRENTE 1	432.00
12.1	NOQUES FRENTE 2	288.00

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR UTM ZONA 17S WGS 84

ESCALA IMPRESIÓN 1:1800

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
 FACULTAD DE LA ENERGÍA, DE LAS INDUSTRIAS  
 Y DE LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES  
 CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y  
 ORDENAMIENTO TERRITORIAL

CONTIENE: Plano de Infraestructura Optimizado del Área Minera "El Diamante" cód. 600841

UBICACIÓN: Provincia: Loja Cantón: Catamayo - Gonzanamá  
 Parroquia: El Tambo - Nambacola

ELABORADO POR:  
 KAREN P. MARTÍNEZ M.

REVISADO POR:  
 ING. FERNANDO J. RENGUEL

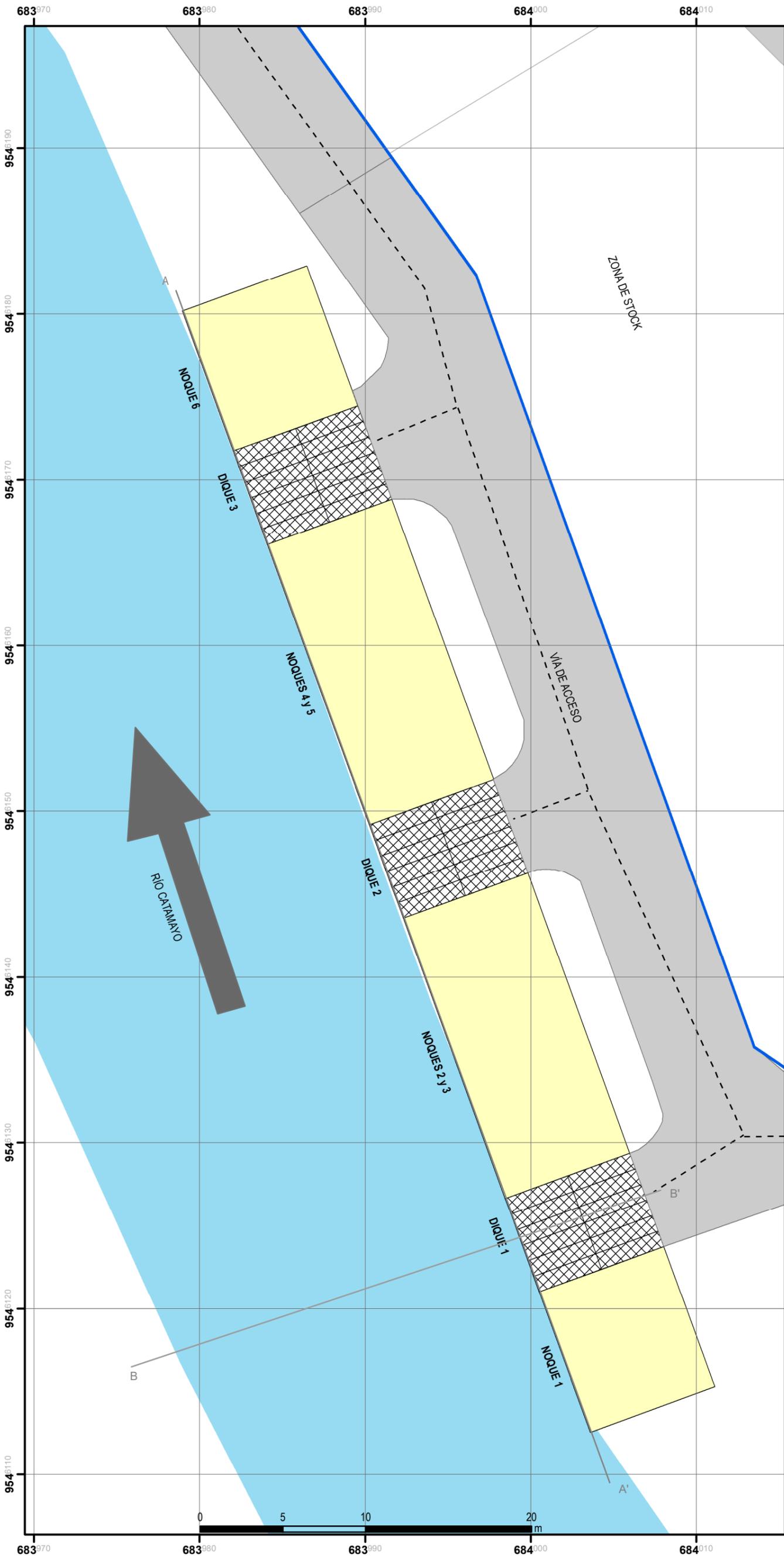
FECHA:  
 18-09-2023

ESCALA:  
 1:1000

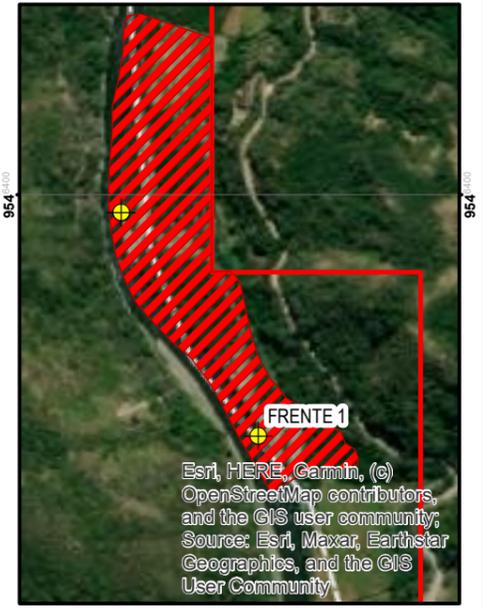
LÁMINA:  
 17

**Anexo 31.** Plano de frente de explotación 1 del área minera “El Diamante”

# PLANO DEL FRENTE DE EXPLOTACIÓN 1 DEL ÁREA MINERA "EL DIAMANTE", CÓD. 600841



## UBICACIÓN



Esri, HERE, Garmin, (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS user community; Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community

## Simbolos convencionales

- Hidrografia**  
 Río Catamayo
- Vías**  
 Vías de acceso secundarias
- Infraestructura**  
 Frentes de explotación  
 Zona de almacenamiento/stock  
 Diques transversales (Gaviones)  
 Pozos Explotación

DESCRIPCIÓN	AREA (m2)
<b>FRENTE DE EXPLOTTACIÓN 1</b>	<b>576.00</b>
DIQUE 1	48.00
DIQUE 2	48.00
DIQUE 3	48.00
	<b>144.00</b>
NOQUES DE EXPLOTACIÓN 1	72.00
NOQUES DE EXPLOTACIÓN 2	72.00
NOQUES DE EXPLOTACIÓN 3	72.00
NOQUES DE EXPLOTACIÓN 4	72.00
NOQUES DE EXPLOTACIÓN 5	72.00
NOQUES DE EXPLOTACIÓN 6	72.00
	<b>432.00</b>

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR UTM ZONA 17S WGS 84

ESCALA IMPRESIÓN: 1:250



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
 FACULTAD DE LA ENERGÍA, DE LAS INDUSTRIAS  
 Y DE LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES  
 CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y  
 ORDENAMIENTO TERRITORIAL

CONTIENE: Plano del frente de explotación 1 Área Minera "El Diamante" cód. 600841

UBICACIÓN:  
 Provincia: Loja Cantón: Catamayo -Gorzanamá Parroquia: El Tambo - Nambacola

ELABORADO POR:  
 KAREN P. MARTÍNEZ M.

REVISADO POR:  
 ING. FERNANDO J. RENGUEL  
 KAREN PAOLA MARTÍNEZ MALDONADO

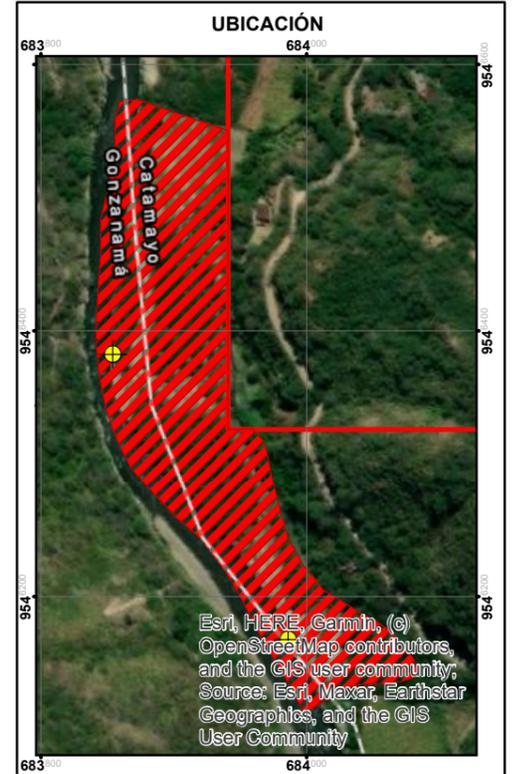
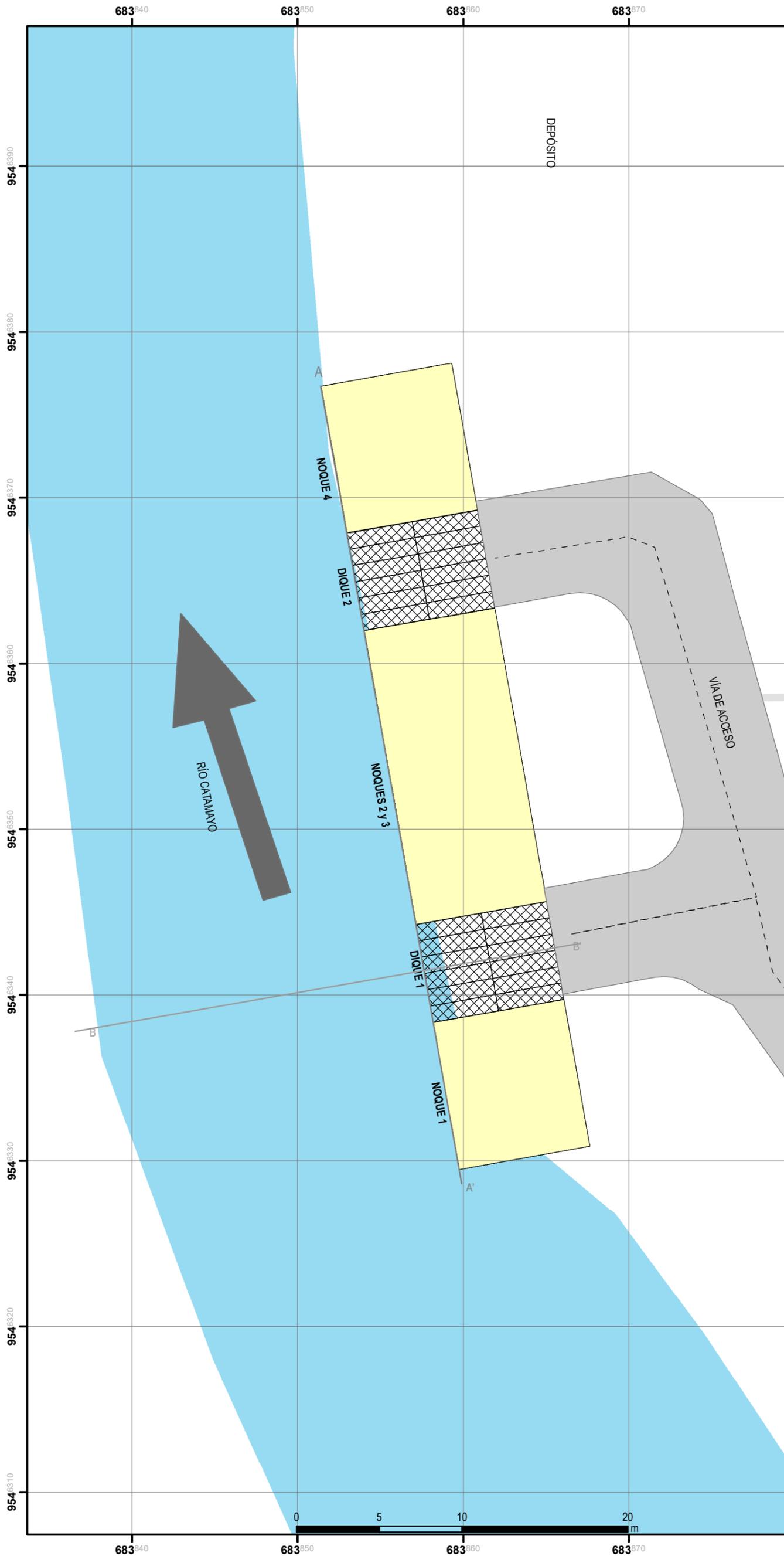
FECHA:  
 18-09-2023

ESCALA:  
 1:1000

LAMINA:  
 18

**Anexo 32.** Plano de frente de explotación 2 del área minera “El Diamante”

# PLANO DEL FRENTE DE EXPLOTACIÓN 2 DEL ÁREA MINERA "EL DIAMANTE", CÓD. 600841



## Simbolos convencionales

### Hidrografía

Río Catamayo

### Vías

Vías de acceso secundarias

### Infraestructura

Frentes de explotación

Zona de almacenamiento/stock

Diques transversales (Gaviones)

Pozos Explotación

DESCRIPCIÓN	AREA (m <sup>2</sup> )
<b>FRENTE DE EXPLOITACIÓN 2</b>	<b>384.00</b>
DIQUE 1	48.00
DIQUE 2	48.00
	<b>96.00</b>
NOQUES DE EXPLOTACIÓN 1	72.00
NOQUES DE EXPLOTACIÓN 2	72.00
NOQUES DE EXPLOTACIÓN 3	72.00
NOQUES DE EXPLOTACIÓN 4	72.00
	<b>288.00</b>

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR UTM ZONA 17S WGS 84

ESCALA GRÁFICA 1:250



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
FACULTAD DE LA ENERGÍA, DE LAS INDUSTRIAS  
Y DE LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES  
CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y  
ORDENAMIENTO TERRITORIAL

CONTIENE:  
Plano del frente de explotación 2 Área Minera "El Diamante" cód. 600841

UBICACIÓN:  
Provincia: Loja Cantón: Catamayo - Gonzanamá Parroquia: El Tambo - Nambacola

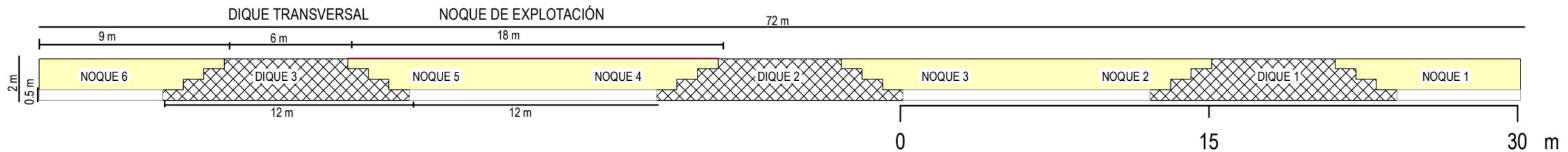
ELABORADO POR: KAREN P. MARTÍNEZ M.	REVISADO POR: ING. FERNANDO J. RENGUEL	
 <p>Elaborado e insertado en el sistema de información geográfica por: KAREN PAOLA MARTÍNEZ MALDONADO</p>		
FECHA: 18-09-2023	ESCALA: 1:1000	LÁMINA: 19

**Anexo 33.** Plano de vistas del frente de explotación 1 del área minera “El Diamante”

# PLANO DEL FRENTE DE EXPLOTACIÓN 1 DEL ÁREA MINERA "EL DIAMANTE", CÓD. 600841 SECCIÓN A-A' Y B-B'

## SECCIÓN A-A'

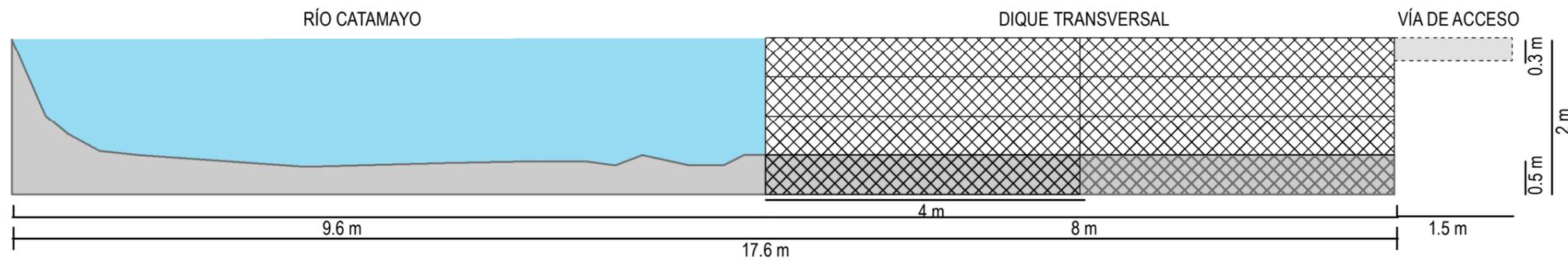
VISTA FRONTAL DEL PRENTE DE EXPLOTACIÓN 1 (DIQUES Y NOQUES DE EXPLOTACIÓN)



ESCALA IMPRESIÓN  
Escala Horizontal:  
1:220  
Escala Vertical:  
1:220

## SECCIÓN B-B'

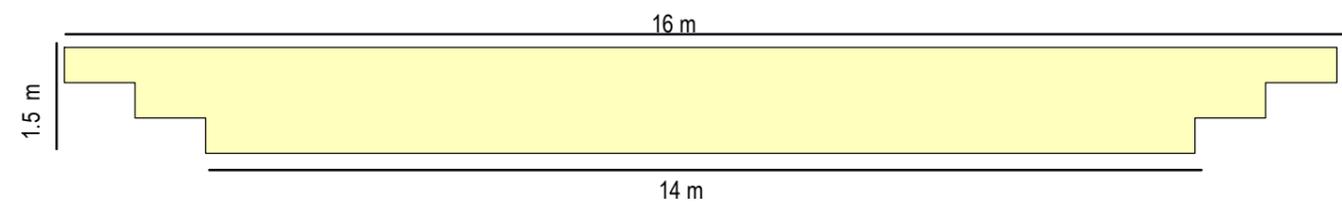
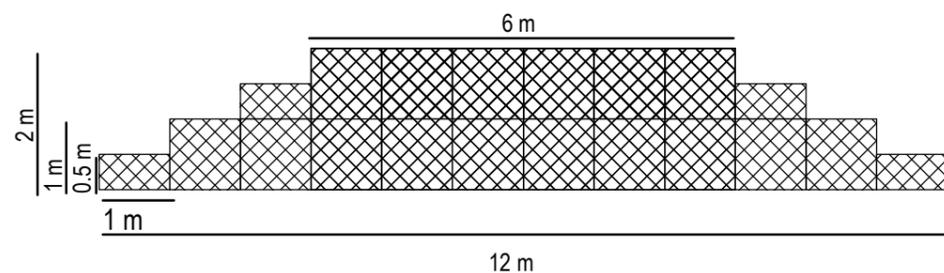
VISTA DE PERFIL DEL PRENTE DE EXPLOTACIÓN 1 (DIQUE 1)



ESCALA IMPRESIÓN  
Escala Horizontal:  
1:70  
Escala Vertical:  
1:70

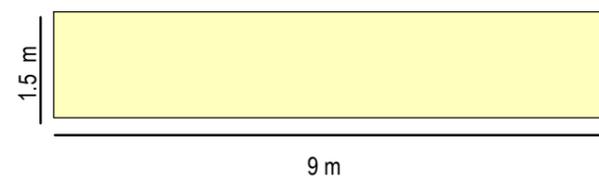
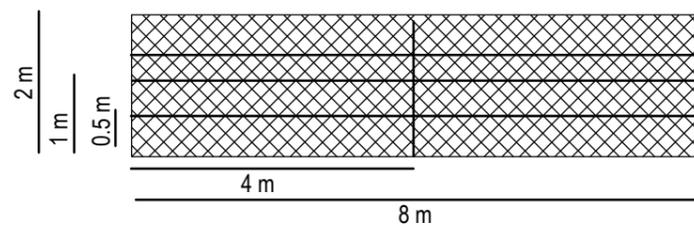
## DISEÑO DE LOS DIQUES Y FRENTE DE EXPLOTACIÓN

VISTA FRONTAL DIQUE TRANSVERSAL Y NOQUE DE EXPLOTACIÓN



ESCALA IMPRESIÓN  
Escala Horizontal:  
1:100  
Escala Vertical:  
1:100

VISTA LATERAL DIQUE TRANSVERSAL Y NOQUE DE EXPLOTACIÓN



ESCALA IMPRESIÓN  
Escala Horizontal:  
1:100  
Escala Vertical:  
1:100

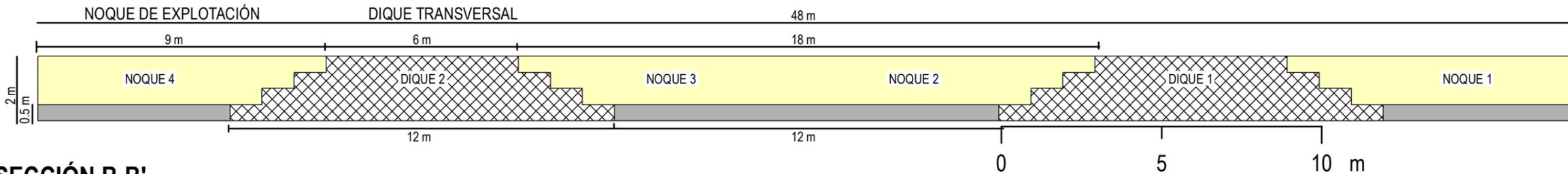
 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL</p>	
<p>CONTIENE: Plano del frente de explotación 1 Área Minera "El Diamante" cód. 600841, sección A-A' y B-B'</p>	
<p>UBICACIÓN: Provincia: Loja, cantón Catamayo-Gonzanamá Parroquia: El Tambo - Nambacola</p>	
<p>POR: PAOLA ESTRELLA MORALES</p>	<p>REVISADO POR: ING. FERNANDO J. RENGEL</p>
<p>FECHA: 18-09-2023</p>	<p>LÁMINA: 20</p>

**Anexo 34.** Plano de vistas del frente de explotación 2 del área minera “El Diamante”

# PLANO DEL FRENTE DE EXPLOTACIÓN 2 DEL ÁREA MINERA "EL DIAMANTE", CÓD. 600841 SECCIÓN A-A' Y B-B'

## SECCIÓN A-A'

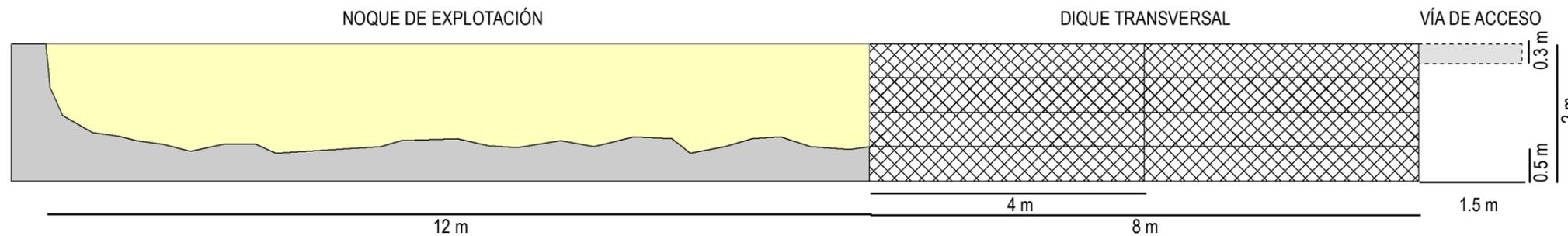
VISTA FRONTAL DEL PRENTE DE EXPLOTACIÓN 2 (DIQUES Y NOQUES DE EXPLOTACIÓN)



**ESCALA IMPRESIÓN**  
Escala Horizontal:  
1:150  
Escala Vertical:  
1:150

## SECCIÓN B-B'

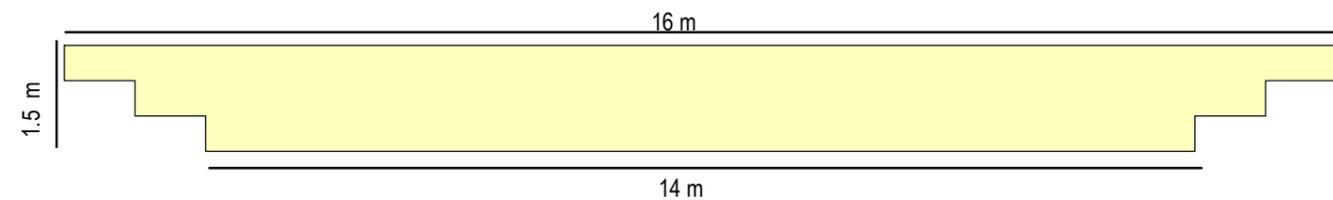
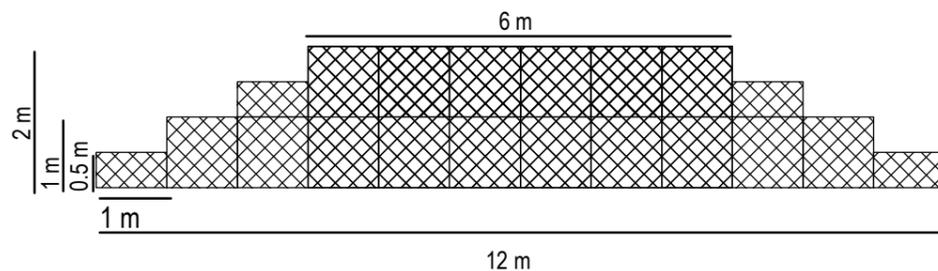
VISTA DE PERFIL DEL PRENTE DE EXPLOTACIÓN 2 (DIQUE 1)



**ESCALA IMPRESIÓN**  
Escala Horizontal:  
1:80  
Escala Vertical:  
1:80

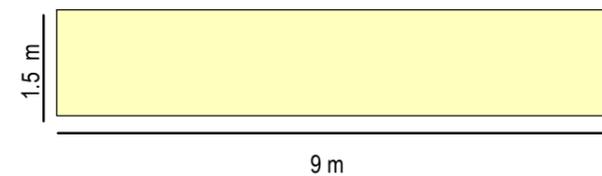
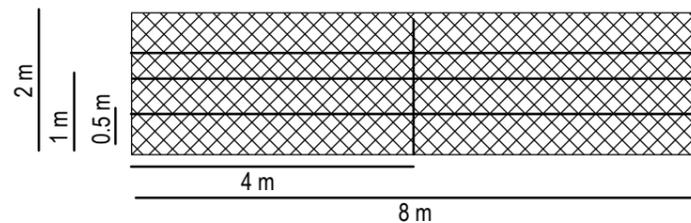
## DISEÑO DE LOS DIQUES Y FRENTE DE EXPLOTACIÓN

VISTA FRONTAL DIQUE TRANSVERSAL Y NOQUE DE EXPLOTACIÓN



**ESCALA IMPRESIÓN**  
Escala Horizontal:  
1:100  
Escala Vertical:  
1:100

VISTA LATERAL DIQUE TRANSVERSAL Y NOQUE DE EXPLOTACIÓN



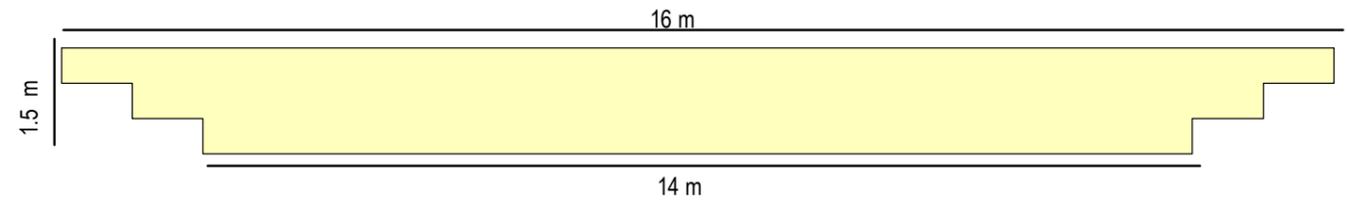
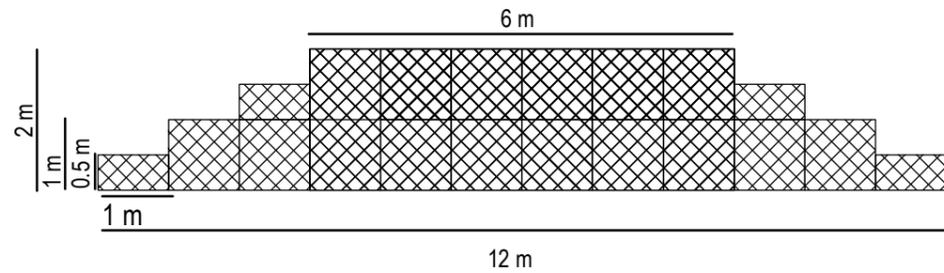
**ESCALA IMPRESIÓN**  
Escala Horizontal:  
1:100  
Escala Vertical:  
1:100

 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL</p>	
CONTIENE: Plano del frente de explotación 2 Área Minera "El Diamante" cód. 600841, sección A-A' y B-B'	
UBICACIÓN: Provincia: Loja, cantón Catamayo-Gonzanamá Parroquia: El Tambo - Nambacola	
POR:  PABLO A. RENDEL	REVISADO POR: FERNANDO J. RENGEL
FECHA: 18-09-2023	LÁMINA: 21

**Anexo 35.** Plano de la vista de los gaviones en los frentes de explotación del área minera “El Diamante”

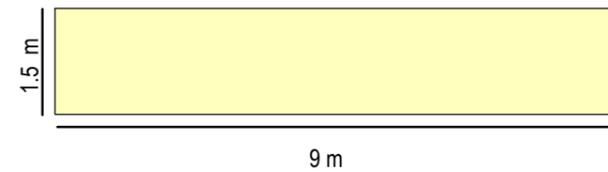
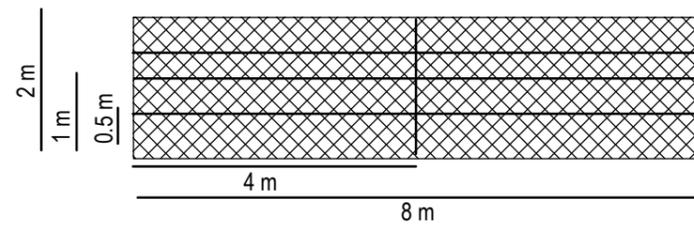
# PLANO DE GAVIONES DE LOS DIQUES TRANSVERSALES DEL ÁREA MINERA "EL DIAMANTE", CÓD. 600841

## DISEÑO DE LOS DIQUES Y FRENTES DE EXPLOTACIÓN VISTA FRONTAL DIQUE TRANSVERSAL Y NOQUE DE EXPLOTACIÓN



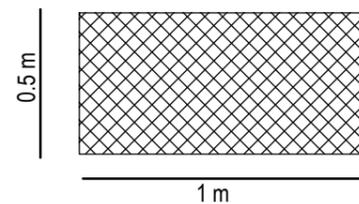
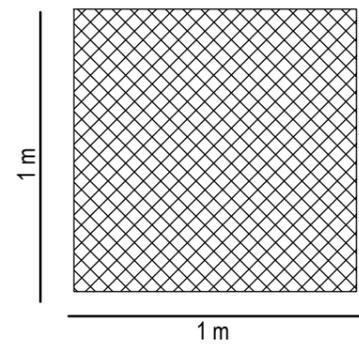
**ESCALA IMPRESIÓN**  
Escala Horizontal:  
1:100  
Escala Vertical:  
1:100

## VISTA LATERAL DIQUE TRANSVERSAL Y NOQUE DE EXPLOTACIÓN

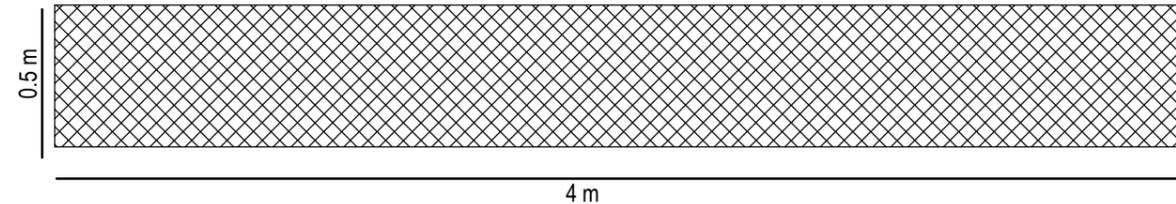
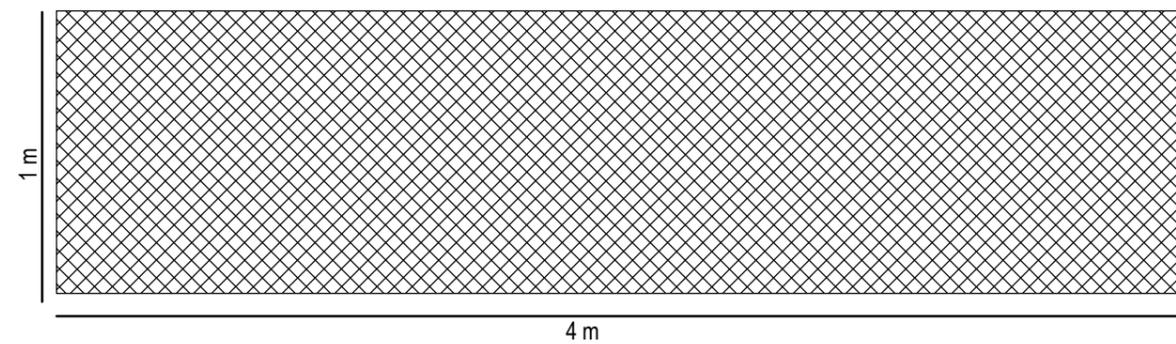


**ESCALA IMPRESIÓN**  
Escala Horizontal:  
1:100  
Escala Vertical:  
1:100

## VISTA FRONTAL GAVIÓN



## VISTA LATERAL GAVIÓN



**ESCALA IMPRESIÓN**  
Escala Horizontal:  
1:25  
Escala Vertical:  
1:25

GAVIONES POR DIQUE			
DIMENSIONES	(m)	Volumen (m3)	Cantidad
ALTO	1	4	32
ANCHO	1		
LONGITUD	4		
ALTO	0.5	2	8
ANCHO	1		
LONGITUD	4		

DIQUES TRANSVERSALES			
DIMENSIONES	(m)	Cantidad Frente 1	Cantidad Frente 2
ALTO	2	3	2
ANCHO SUP.	6		
ANCHO INF.	12		
LONGITUD	8		
ÁNGULO	27°		

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y  
LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES  
CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y  
ORDENAMIENTO TERRITORIAL

CONTIENE: Plano de gaviones de diques del Área Minera  
"El Diamante" cód. 600841.

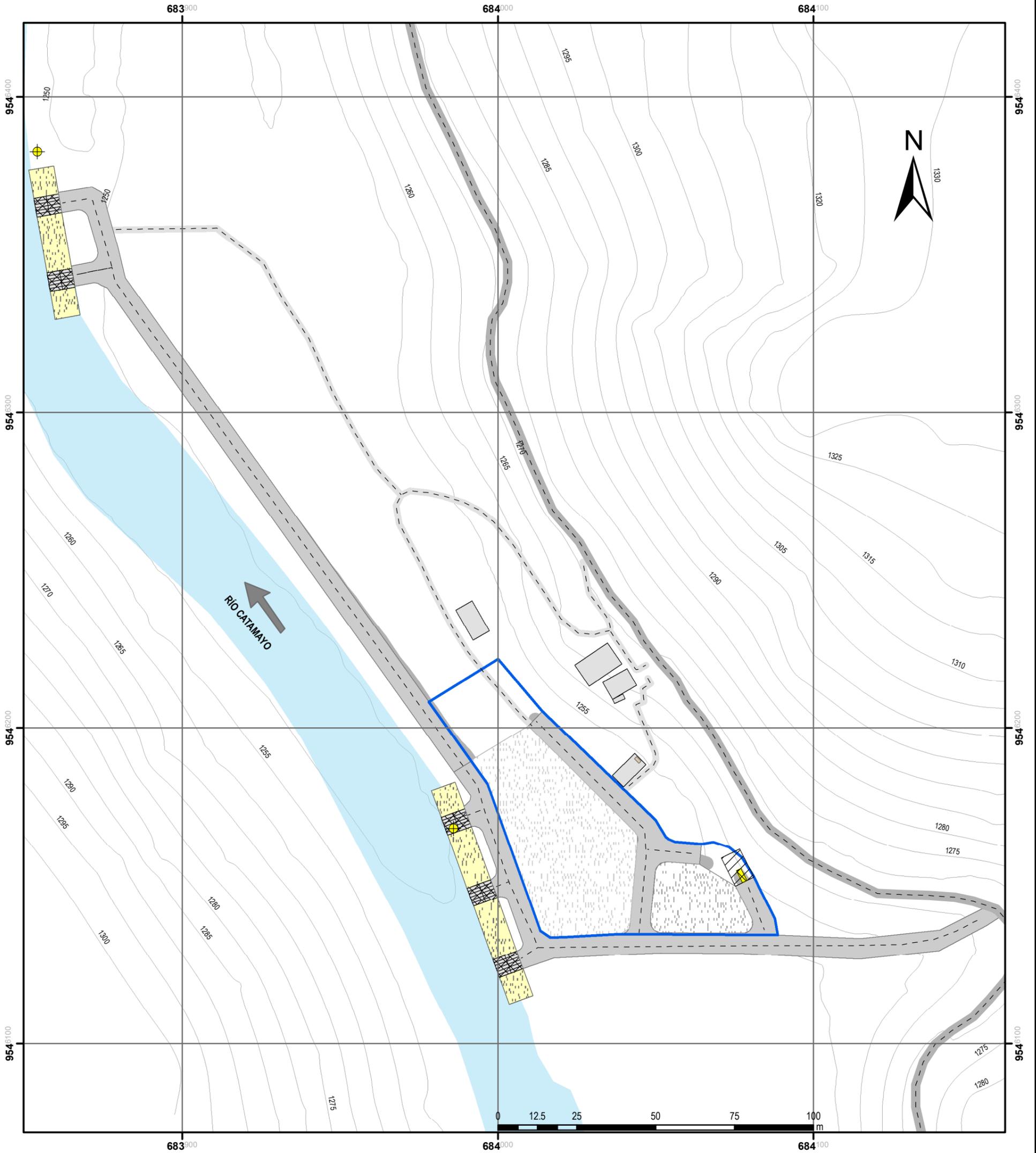
UBICACIÓN: Provincia: Loja, Cantón: Catamayo-Gonzanamá  
Parroquia: El Tambo - Nambacola

ELABORADO POR:  
ING. FERNANDO RENGEL  
REVISADO POR:  
ING. FERNANDO RENGEL

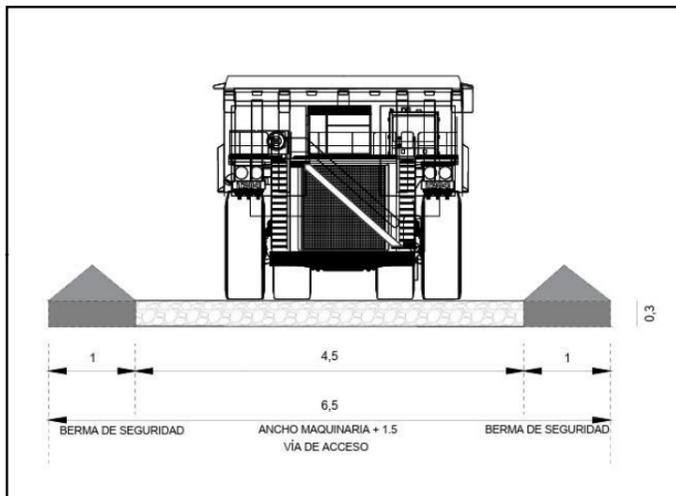
FECHA: 18-09-2023  
LÁMINA: 22

**Anexo 36.** Plano de vías optimizado del área minera “El Diamante”

# PLANO DE VÍA OPTIMIZADO DEL ÁREA MINERA "EL DIAMANTE", CÓD. 600841



Símbolos convencionales	
<b>Curvas de Nivel</b>	
	Curvas de Nivel Principales
<b>Hidrografía</b>	
	Río Catamayo
<b>Vías</b>	
	Vía Principal
	Vías optimizadas
	Caminos
<b>Infraestructura</b>	
	Frentes de explotación
	Infraestructura
	Diques transversales (Gaviones)
	Noques Explotación



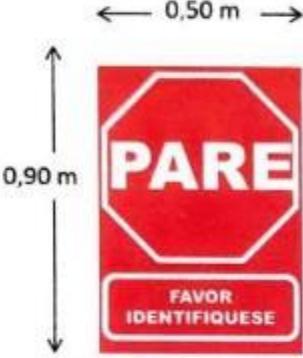
PROYECCIÓN  
UTM ZONA 17S WGS 84

ESCALA IMPRESIÓN  
1:1200

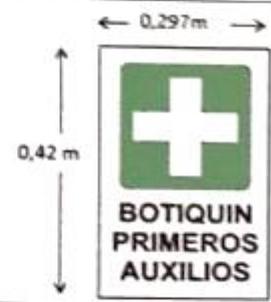
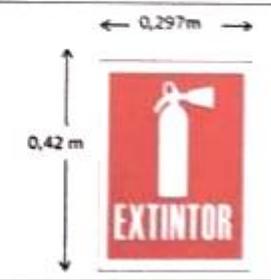
 <p><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b> FACULTAD DE LA ENERGÍA, DE LAS INDUSTRIAS Y DE LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL</p>		
CONTIENE: Plano de Vía Optimizado del Área Minera "El Diamante" cód. 600841		
UBICACIÓN: Provincia: Loja Cantón: Catamayo - Gonzanamá Parroquia: El Tambo - Nambacola		
ELABORADO POR: KAREN P. MARTÍNEZ M. 	REVISADO POR: ING. FERNANDO J. RENGUEL	Firmado electrónicamente por: KAREN PAOLA MARTÍNEZ MALDONADO
FECHA: 23-08-2023	ESCALA DETALLE: 1:1000	LÁMINA: 23

Anexo 37. Señalización de Seguridad

Señalización General

Señal a Aplicar	Lugar de Aplicación	Cantidad
	<p>Junto a la vía en el lado izquierdo del acceso</p>	<p>1</p>
	<p>Al ingreso al área Minera</p>	<p>1</p>
	<p>Al ingreso al Área Minera</p>	<p>1</p>
	<p>100 metros antes y después del ingreso al área minera (en ambos sentidos de la vía)</p>	<p>2</p>

	<p>Junto al frente de trabajo y en el Acceso al Área Minera</p>	<p>2</p>
	<p>Al ingreso al Área Minera</p>	<p>1</p>
	<p>En la Bodega</p>	<p>1</p>
	<p>A un costado de las áreas de Stock</p>	<p>2</p>

	<p>En el Punto de Encuentro previamente establecido</p>	<p>1</p>
	<p>Vivienda del Titular (sobre el Botiquín de primeros auxilios)</p>	<p>1</p>
	<p>Vivienda del Titular Campamento, Bodega</p>	<p>1</p>
	<p>En el área de trabajo</p>	<p>2</p>
	<p>Stock en Bodega</p>	<p>2 cada color</p>
	<p>En la vivienda del Titular</p>	<p>1</p>

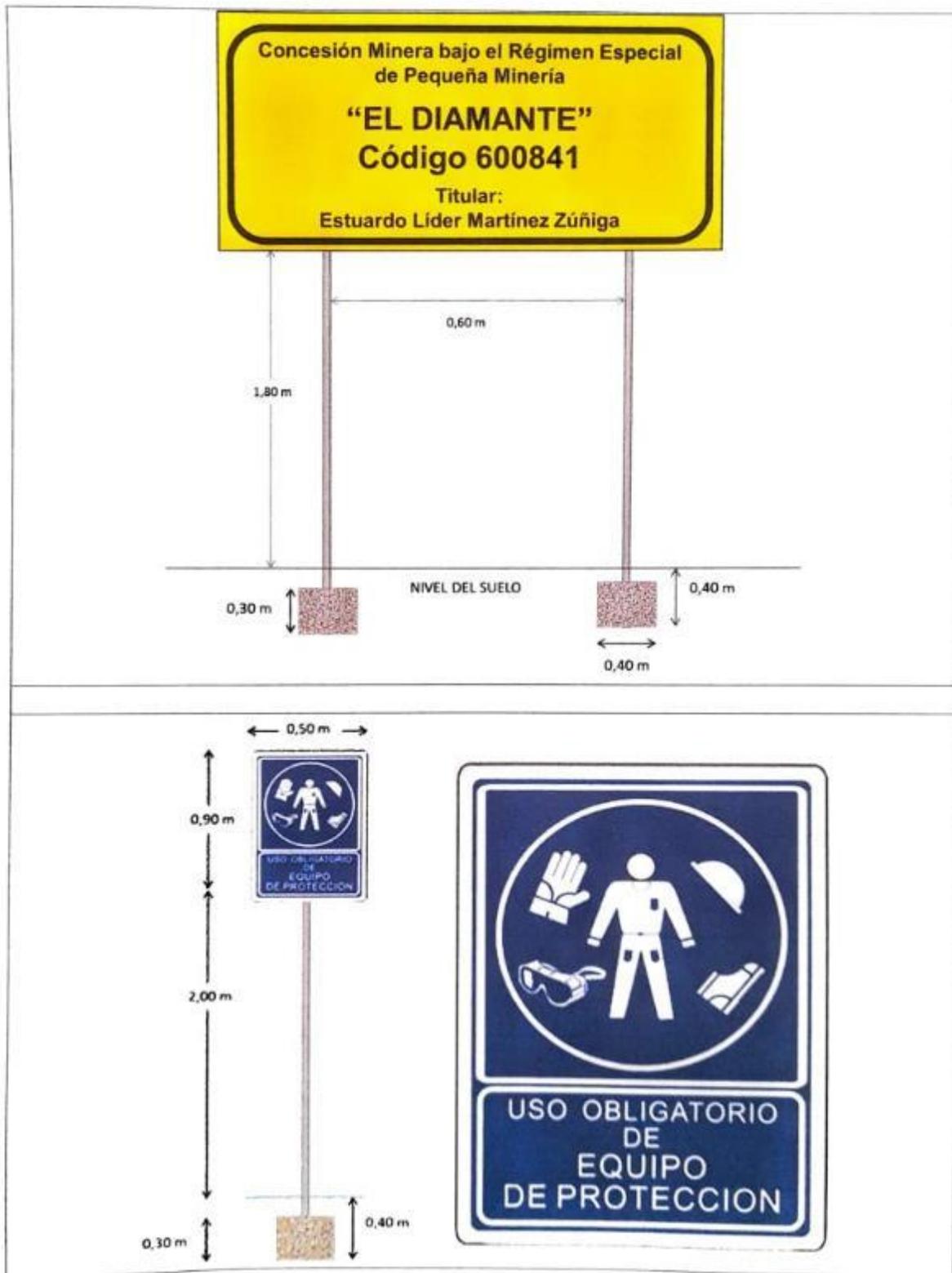
**Señalización de conciencia ambiental**

Señal a Aplicar	Lugar de Aplicación	Cantidad
 <p align="center"><b>Cuidemos la Naturaleza</b></p>	<p align="center">A un Costado de la vía antes del ingreso al Área Minera</p>	<p align="center">1</p>
 <p align="center"><b>No Encienda Fuego <u>Protejamos el</u> <u>Ambiente</u></b></p>	<p align="center">A un Costado de la vía a 150 metros después del ingreso al área minera</p>	<p align="center">1</p>
 <p align="center"><b>La Naturaleza es Vida <u>Cuidela</u></b></p>	<p align="center">Cerca del Frente de trabajo</p>	<p align="center">1</p>

### Señalización de protocolos de bioseguridad

Señal a Aplicar	Lugar de Aplicación	Cantidad
	En las Oficinas	2
	En las Oficinas	1
	En las Oficinas	1
	En las Oficinas	1
	En las Oficinas	1

### Detalle de la Implantación de la señalética



**Anexo 38.** Ensayos de Laboratorio.

**Proyecto:** Análisis de áridos  
**Provincia:** Loja **Cantón:** Catamayo  
**Ubicación:** El Diamante  
**Solicitante:** Karen Martínez **Elabora:** Diconsgeotecnico Cia. Ltda.  
**Fecha:** 17-08-22

**Datos**

**MUESTRA**

$W_{seco\ inicial} = 75321.60$

Muestra: **Cantera Catamayo**

$W_{seco\ lavado} = 703.00$

Ubicación: **Catamayo**

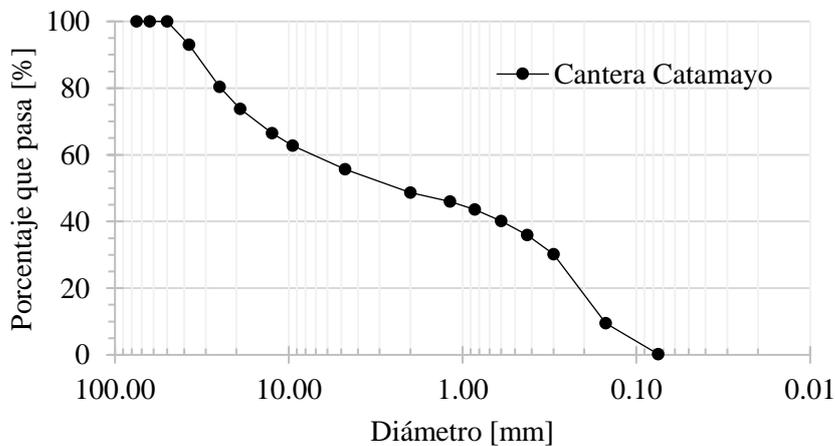
$\Sigma W_{seco\ retenido} = 700.20$  **0.4%**

Prof. [m]: **Stock**

Tamiz	W retenido parcial	Peso acumulado [g]	% Retenido	% Pasa	Especificación
3"	0	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	0	0.00	0.00	100.00	
2"	0	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	5290.5	5290.50	7.02	92.98	
1"	9522.1	14812.60	19.67	80.33	
3/4"	4980.7	19793.30	26.28	73.72	
1/2"	5474.5	25267.80	33.55	66.45	
3/8"	2813.3	28081.10	37.28	62.72	
N° 4	5348.928	33430.03	44.38	55.62	

**PASANTE N° 4** 41891.57

N° 10	88.289	38691.14	51.37	48.63	
N° 16	33.602	40693.48	54.03	45.97	
N° 20	30.293	42498.63	56.42	43.58	
N° 30	43.661	45100.38	59.88	40.12	
N° 40	53.155	48267.87	64.08	35.92	
N° 50	72.9	52611.96	69.85	30.15	
N° 100	261.5	68194.67	90.54	9.46	
N° 200	116.8	75154.75	99.78	0.22	
FONDO	2.80	75321.60	100.00	0.00	
	<b>75321.6</b>				



**Parámetros Valor**

% Grava= 44.38  
% Arena= 55.40  
% Finos= 0.22  
 $D_{60} = 7.29$   
 $D_{30} = 0.30$   
 $D_{10} = 0.16$   
 $C_u = 46.65$   
 $C_c = 0.08$   
 $LL = 0.00$   
 $LP = 0.00$

.....  
Ing. MSc. Vinicio F. Guahizaca C.

**Especialista Geotécnico**

Dirección: Av de los Paltas y Agustín Aguirre (Frente a la ANT) N° 811-16

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

**Proyecto:** Análisis de áridos  
**Provincia:** Loja **Cantón:** Catamayo  
**Ubicación:** El Diamante  
**Solicitante:** Karen Martínez **Elabora:** Diconsgeotecnico Cia. Ltda.  
**Fecha:** 17-08-22

**Detalle de prueba**  
**Norma:** INEN 861  
**Tipo de muestra:** Alterada  
**Descripción de la muestra:** Muestra 1 - Cantera Catamayo

TAMICES EN mm		GRADACIÓN			
		MÉTODO			
PASA	RETENIDO	A	B	C	D
37.50	25.00	1248.92			
25.00	19.00	1250.70			
19.00	12.50	1250.29			
12.50	9.50	1250.30			
TOTAL (A) =		5000.21			

Número de esferas	12.00	Masa carga abrasiva	5000.21
-------------------	-------	---------------------	---------

Masa total de la muestra después de 500 revoluciones (B) =	3575.00
Valor de abrasión (en porcentaje) después de 500 revoluciones (V)=	<b>28.50%</b>

*Nota: Especificación < 40%*

**SI CUMPLE**

$$V\% = (A - B)/A$$

.....  
 Ing. MSc. Vinicio F. Guahizaca C.

**Especialista Geotécnico**

**Proyecto:** Análisis de áridos

**Provincia:** Loja

**Cantón:** Catamayo

**Ubicación:** El Diamante

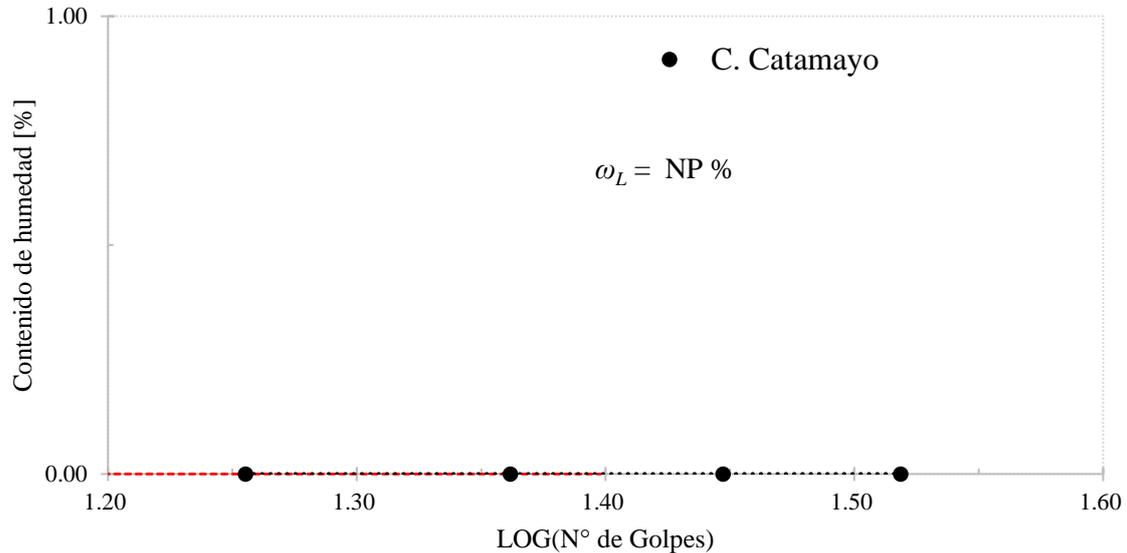
**Solicitante:** Karen Martínez

**Elabora** Diconsgeotecnico Cia. Ltda.

**Fecha:** 17-08-22

## LÍMITE LÍQUIDO (AASHTO T 89)

**Muestra 1**



## LÍMITE PLÁSTICO (AASHTO T 90)

<i>Profundidad</i>	<b>-0.50 a -1.00</b>	
Nº de recipiente	T1	T2
Peso de recipiente (g)		
Peso de suelo húmedo + recipiente (g)		
Peso de suelo seco + recipiente (g)		
Peso de suelo seco (g)		
Peso de agua (g)		
Contenido de humedad (g)		
<b>Límite Plástico <math>\omega_p</math> (%) =</b>	<b>0.000</b>	

### *Parámetros obtenidos*

Ítem	Símbolo	<b>-0.50 a -1.00</b>
Límite Líquido	$\omega_L$	-
Límite Plástico	$\omega_P$	-
Índice de Plasticidad	IP	-

Ing. MSc. Vinicio F. Guahizaca C.  
**Especialista Geotécnico**

Dirección: Av de los Paltas y Agustín Aguirre (Frente a la ANT) N° 811-16  
Tel: (07) 30 262 67 – Cel: +593 96 710 5479

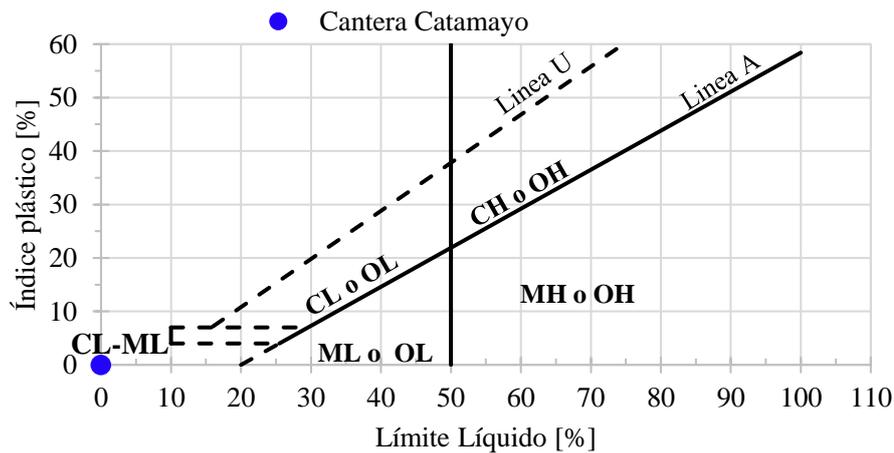
**MUESTRA 1**

<b>Proyecto:</b>	Análisis de áridos		
<b>Provincia:</b>	Loja	<b>Cantón:</b>	Catamayo
<b>Ubicación:</b>	El Diamante		
<b>Solicitante:</b>	Karen Martínez	<b>Elabora:</b>	Diconsgeotecnico Cia. Ltda.
<b>Fecha:</b>	17-08-22		

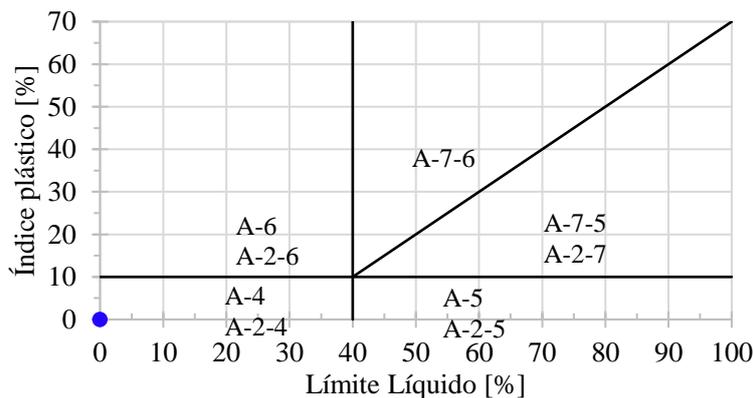
**Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS**

Parámetros	Cantera Catamayo
Límite líquido $\omega_L$ (%)	0.00
Límite Plástico $\omega_P$ (%)	0.00
Índice de plasticidad (IP)	0.00
Pasa tamiz N° 4 (5mm)	55.62
Pasa tamiz N° 40 (0.425mm)	35.92
Pasa tamiz N° 200 (0.075 mm)	0.22
% Grava =	44.38
% Arena =	55.40
% Finos =	0.22
$C_u$	46.65
$C_c$	0.08

Arena bien graduada con grava SW



**Clasificación AASHTO**



**Tipo de suelo**

A-1-b	Fragmentos de roca, grava y arena
-------	-----------------------------------

**Proyecto:** Análisis de áridos  
**Provincia:** Loja **Cantón:** Catamayo  
**Ubicación:** El Diamante  
**Solicitante:** Karen Martínez **Elabora:** Diconsgeotecnico Cia. Ltda.  
**Fecha:** 17-08-22

Detalle de prueba	
Norma: AASHTO T 180	
Método: D	
Peso de martillo [g]: 4536	
Fecha de muestreo: 12-05-22	
Prof. de muestreo Stock - Catamayo	

<b>Muestra</b>	<b>1</b> Cantera Catamayo
----------------	---------------------------

**Peso específico**

Ensayo	Nº	1	2	3	4
W. Molde:	2 g.	5853.6	5853.6	5853.6	5853.6
W. Hum.+molde:	g.	10107.4	10289.5	10380.9	10358.39
W. Muestra hum:	g.	4253.8	4435.9	4527.3	4504.79
Vol. Molde:	cm <sup>3</sup> .	2118.41	2118.41	2118.41	2118.41
D. Hum:	g/cm <sup>3</sup> .	2.01	2.09	2.14	2.13

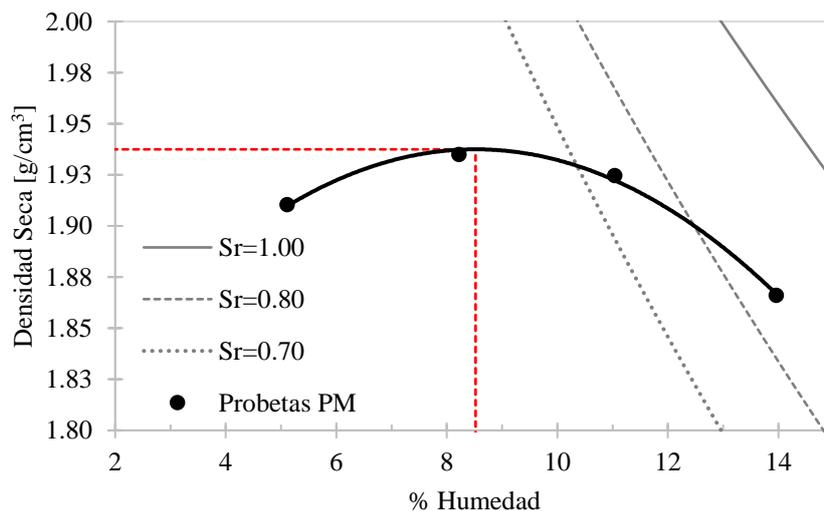
**Contenido de humedad - ASTM D-1557**

Recipiente	Nº	D1	D2	D4	D6	D7	D9	D11	D12
W. Recip:	g.	53.95	51.40	54.02	56.23	52.35	51.62	56.19	59.99
W. Hum + recip:	g.	275.70	299.80	279.20	288.00	290.90	314.30	310.10	295.80
W. Seco + recip:	g.	264.50	288.20	262.20	270.30	267.00	288.40	278.70	267.20
W agua	g.	11.20	11.60	17.00	17.70	23.90	25.90	31.40	28.60
W. Mues. Seca:	g.	210.56	236.80	208.19	214.07	214.65	236.78	222.51	207.21
C. Hum:	%	5.319	4.899	8.166	8.268	11.135	10.939	14.112	13.802
<b>Promedio</b>		<b>5.109</b>		<b>8.217</b>		<b>11.037</b>		<b>13.957</b>	

**Peso específico seco**

D. Seca	g/cm <sup>3</sup> .	1.91	1.93	1.92	1.87
---------	---------------------	------	------	------	------

$$y = -0.0023892x^2 + 0.0407055x + 1.7641038$$



$$\rho_{seca\ max} = 1.94\ g/cm^3$$

$$w_{\optimo} = 8.52\ \%$$

.....  
Ing. MSc. Vinicio F. Guahizaca C.  
**Especialista Geotécnico**

<b>Proyecto:</b>	Análisis de áridos		
<b>Provincia:</b>	Loja	<b>Cantón:</b>	Catamayo
<b>Ubicación:</b>	El Diamante		
<b>Solicitante:</b>	Karen Martínez	<b>Elabora:</b>	Diconsgeotecnico Cia. Ltda.
<b>Fecha:</b>	17-08-22		

Detalle de prueba	
Norma: <a href="#">ASTM D1883-99/AASHTO T193-98</a>	
Peso del martillo [g]: 4536	
Altura de disco esparcidor [cm]: 6.137	
Peso de la sobrecarga [g]: 4537.21	
Fecha de muestreo: 12-05-22	
Prof. de muestreo <a href="#">Stock</a>	

<b>Muestra</b>	<b>1</b>	Cantera Catamayo
----------------	----------	------------------

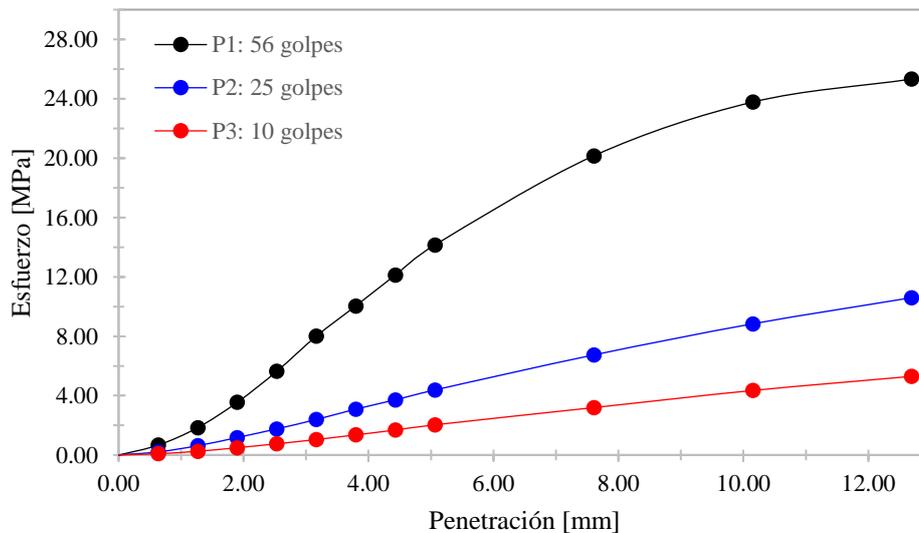
Detalle del espécimen				
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Molde:</b>				
Altura	$H [cm]$	17.66	17.64	17.66
Diámetro	$\varnothing [cm]$	15.22	15.22	15.23
Golpes/capa	$N^{\circ} [-]$	56.00	25.00	10.00
P. molde	$W_{molde} [g]$	7134.30	7136.80	7161.20
P. molde+m	$W_{molde+m} [g]$	11610.00	11337.20	11199.50
<b>Espécimen</b>				
P. suelo húmedo	$W_w [g]$	4475.70	4200.40	4038.30
Vol. suelo	$V_{suelo} [cm^3]$	2096.45	2092.81	2099.21
Dens. Humeda	$\rho_{sw} [g/cm^3]$	2.13	2.01	1.92
<b>Contenido de humedad de moldeo</b>				
Antes comp.	$\omega [‰]$	8.37	8.51	8.35
Dens. Seca	$\rho_d [g/cm^3]$	1.97	1.85	1.78
<b>Compactación</b>				
Densidad seca	$\rho_s [g/cm^3]$	1.94	1.94	1.94
H. Optima	$\omega_{optima} [‰]$	8.52	8.52	8.52
% de comp.	[‰]	101.55	95.36	91.75
Var. de humedad	$\Delta\omega [‰]$	-0.15	-0.02	-0.17

Detalle de saturación				
Tiem. de satu.	$t[h]$	96.00	96.00	96.00
Peso Saturado	$W_{sat} [g]$	11999.90	11834.90	11798.00
Agua absorbida	$W_w [g]$	389.90	497.70	598.50
% Agua	[‰]	8.71	11.85	14.82

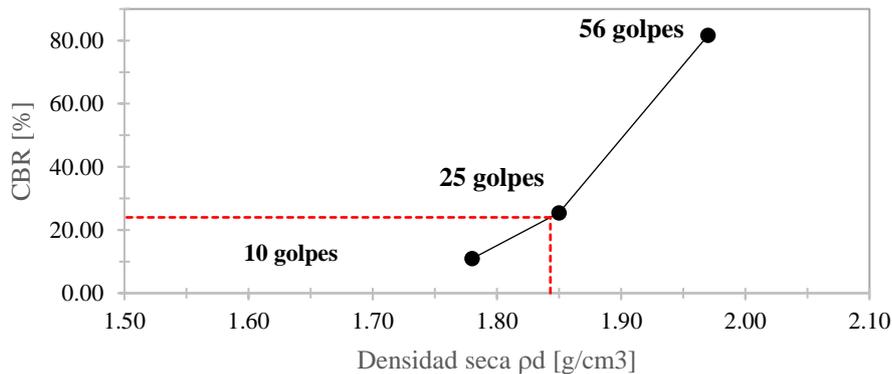
Contenido de humedad después de la saturación				
C. humedad	$\omega [‰]$	8.95	9.21	9.64

<b>Proyecto:</b>	Análisis de áridos		
<b>Provincia:</b>	Loja	<b>Cantón:</b>	Catamayo
<b>Ubicación:</b>	El Diamante		
<b>Solicitante:</b>	Karen Martínez	<b>Elabora:</b>	Diconsgeotecnico Cia. Ltda.
<b>Fecha:</b>	17-08-22		

Esponjamiento							
Molde:		1		2		3	
Ítem	Tiempo t[días]	Despl. [mm]	%	Despl. [mm]	%	Despl. [mm]	%
1	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0.00
2	1	0.25	0.22	1.09	0.95	0.76	0.66
3	2	2.69	2.33	2.18	1.89	0.79	0.69
4	3	3.53	3.06	2.21	1.92	0.81	0.70
5	4	3.89	3.38	2.34	2.03	1.02	0.89



Corrección CBR							
Molde:		1		2		3	
Despl. [mm]	Esfuerzo [MPa]	Esfuerzo [MPa]	CBR [%]	Esfuerzo [MPa]	CBR [%]	Esfuerzo [MPa]	CBR [%]
2.53	6.9	5.636	81.680	1.758	25.480	0.755	10.940



$\rho_w$ [g/cm <sup>3</sup> ]	CBR
1.97	81.68
1.85	25.48
1.78	10.94

<b>95 % de CBR</b>	<b>1.94</b>
<b>30%</b>	<b>30%</b>

**Proyecto:** Análisis de áridos  
**Provincia:** Loja  
**Ubicación:** El Diamante  
**Solicitante:** Karen Martínez

**Cantón:** Catamayo  
**Elabora:** Diconsgeotecnico Cia. Ltda.  
**Fecha:** 17-08-22

<b>DETALLE DE LA PRUEBA</b>
Norma: ASTM C88, ASHTO T 104, INEN 863
Tipo de Muestra: Stock
Descripción de la Muestra: Cantera Catamayo

W de la Muestra	<b>33427.7</b>	g
-----------------	----------------	---

**Serie Gruesa**

Fracción	Tamices		Masa Retenida (g)	% de Retenido Parcial	Masa inicial		Masa Final (g)	Intemperismo parcial (%)	Intemperismo ponderado parcial (%)	Intemperismo ponderado total (%)
	Pasante	Retenido			Parcial (g)	Total (g)				
1	63.0 mm [2 1/2"]	50.0 mm [2"]		0%		2020.3	2004.5	0.78%	0.12%	1.87%
	50.0 mm [2"]	37.5 mm [1 1/2"]	5290.50	16%	2020.3					
2	37.5 mm [1 1/2"]	25.0 mm [1"]	9522.10	28%	1011.2	1519.4	1508.5	0.72%	0.31%	
	25.0 mm [1"]	19.0 mm [3/4"]	4980.70	15%	508.2					
3	19.0 mm [3/4"]	12.5 mm [1/2"]	5474.50	16%	677.3	1011.7	988.4	2.30%	0.57%	
	12.5 mm [1/2"]	9.5 mm [3/8"]	2813.30	8%	334.4					
4	9.5 mm [3/8"]	4.75 mm [No. 4]	5346.60	16%	305.5	305.5	289	5.40%	0.86%	

W de la Muestra	<b>730.25</b>	g
-----------------	---------------	---

**Serie Fina**

Fracción	Tamices		Masa Retenida (g)	% de Retenido Parcial	Masa inicial		Masa Final (g)	Intemperismo parcial (%)	Intemperismo ponderado parcial (%)	Intemperismo ponderado total (%)
	Pasante	Retenido			Parcial (g)	Total (g)				
1	9.50 mm [3/8"]	4.75 mm (N°4)	2.33	0%	105.4		103.50	1.80%	0.01%	1.69%
2	4.75 mm (N°4)	2.36 mm (N°8)	88.29	12%	105.4		104.60	0.76%	0.09%	
3	2.36 mm (N°8)	1.18 mm [No. 16]	121.89	17%	102.1		101.00	1.08%	0.18%	
4	1.18 mm [No. 16]	600 µm [No. 30]	195.85	27%	104.9		102.60	2.19%	0.59%	
5	600 µm [No. 30]	300 µm [No. 50]	321.90	44%	102.1		100.20	1.86%	0.82%	

<b>Proyecto:</b> Análisis de áridos	<b>Cantón:</b> Catamayo
<b>Provincia:</b> Loja	<b>Elabora:</b> Diconsgeotecnico Cia. Ltda.
<b>Ubicación:</b> El Diamante	<b>Fecha:</b> 17-08-22
<b>Solicitante:</b> Karen Martínez	

**Examen cualitativo de partículas de tamaños gruesos mayores a 19.00 mm**

Fracción	Tamices		Partículas según el tipo de disgregación								Número de partículas antes
	Pasante	Retenido	División		Desmoronamiento		Agrietamiento		Exfoliación		
			N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	
1	63.0 mm [2 1/2"]	50.0 mm [2"]	-	-	-	-	-	-	-	-	
	50.0 mm [2"]	37.5 mm [1 1/2"]	-	-	-	-	-	-	-	-	
2	37.5 mm [1 1/2"]	25.0 mm [1"]	-	-	-	-	-	-	-	-	24
	25.0 mm [1"]	19.0 mm [3/4"]	-	-	-	-	-	-	-	-	

.....  
 Ing. MSc. Vinicio F. Guahizaca C.  
**Especialista Geotécnico**

**Proyecto:** Análisis de áridos  
**Provincia:** Loja **Cantón:** Loja  
**Ubicación:** El Diamante  
**Solicitante:** Karen Martínez **Elabora:** Diconsgeotecnico Cia. Ltda.  
**Fecha:** 03-02-23

**Datos**

**MUESTRA**

$W_{seco\ inicial} =$  8000.00

**Muestra:** Muestra 1

$W_{antes\ de\ lavar} =$  500.00

**Ubicación:** Cantera El Diamante

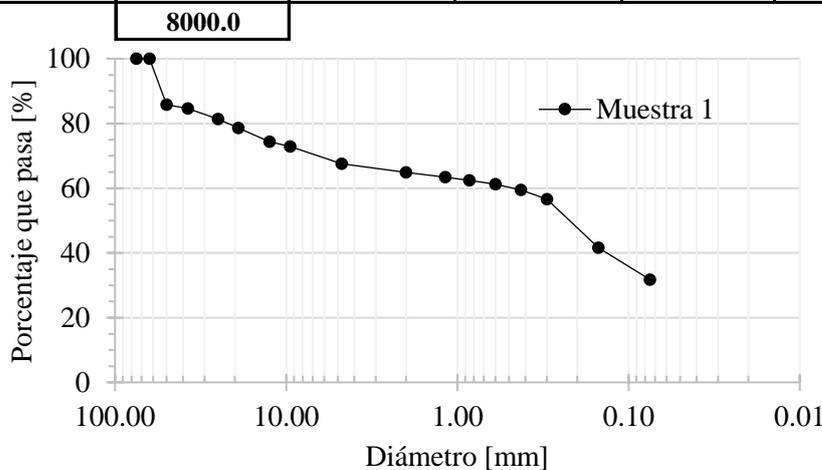
$\Sigma W_{seco\ retenido} =$  264.90

**Prof. [m]:** Stock

Tamiz	W retenido parcial	Peso acumulado [g]	% Retenido	% Pasa	Especificación
3"	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	1134.00	1134.00	14.18	85.83	
1 1/2"	93.60	1227.60	15.35	84.66	
1"	266.40	1494.00	18.68	81.33	
3/4"	215.40	1709.40	21.37	78.63	
1/2"	338.20	2047.60	25.60	74.41	
3/8"	125.60	2173.20	27.17	72.84	
N° 4	422.70	2595.90	32.45	67.55	

**PASANTE N° 4** 5404.10

N°10	19.40	2805.58	35.07	64.93	
N° 16	11.60	2930.95	36.64	63.36	
N° 20	7.00	3006.61	37.58	62.42	
N° 30	9.10	3104.97	38.81	61.19	
N° 40	12.60	3241.15	40.51	59.49	
N° 50	21.10	3469.20	43.37	56.63	
N° 100	111.00	4668.91	58.36	41.64	
N° 200	73.10	5458.99	68.24	31.76	
FONDO	235.10	8000.00	100.00	0.00	



**Parámetros Valor**

% Grava= 32.45

% Arena= 35.79

% Finos= 31.76

$D_{60} =$  0.48

$D_{30} =$

$D_{10} =$

$C_u =$

$C_c =$

$LL =$  0.00

$LP =$  0.00

Arena limosa con grava con bloques SM

Grava y arena arcillosa o limosa A-2-4

.....  
Ing. MSc. Vinicio F. Guahizaca C.  
**Especialista Geotécnico**

Dirección: Av de los Paltas y Agustín Aguirre (Frente a la ANT) N° 811-16

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

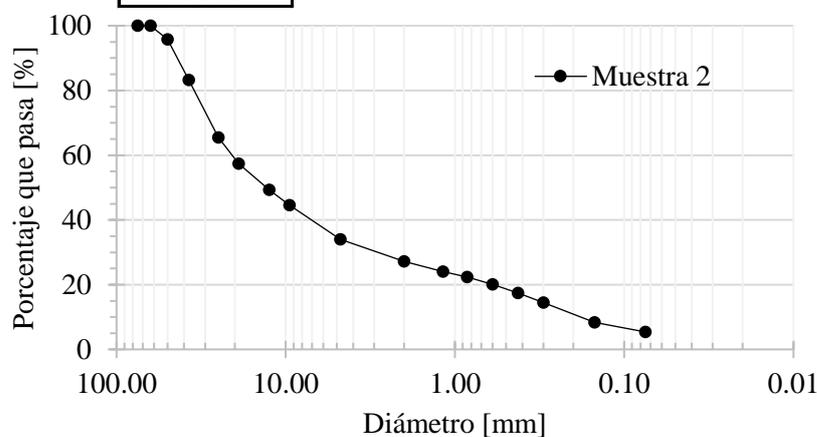
**Proyecto:** Análisis de áridos  
**Provincia:** Loja **Cantón:** Loja  
**Ubicación:** El Diamante  
**Solicitante:** Karen Martínez **Elabora:** Diconsgeotecnico Cia. Ltda.  
**Fecha:** 03-02-23

**Datos** **MUESTRA**  
 $W_{seco\ inicial} =$  6000.00 **Muestra:** Muestra 2  
 $W_{antes\ de\ lavar} =$  500.00 **Ubicación:** Cantera El Diamante  
 $\Sigma W_{seco\ retenido} =$  420.80 **Prof. [m]:** Stock

Tamiz	W retenido parcial	Peso acumulado [g]	% Retenido	% Pasa	Especificación
3"	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	254.70	254.70	4.25	95.76	
1 1/2"	748.90	1003.60	16.73	83.27	
1"	1065.90	2069.50	34.49	65.51	
3/4"	488.60	2558.10	42.64	57.37	
1/2"	486.00	3044.10	50.74	49.27	
3/8"	284.70	3328.80	55.48	44.52	
N° 4	631.00	3959.80	66.00	34.00	

**PASANTE N° 4** 2040.20

N° 10	100.00	4367.84	72.80	27.20	
N° 16	46.70	4558.39	75.97	24.03	
N° 20	24.70	4659.18	77.65	22.35	
N° 30	33.00	4793.83	79.90	20.10	
N° 40	39.40	4954.60	82.58	17.42	
N° 50	43.70	5132.92	85.55	14.45	
N° 100	90.00	5500.15	91.67	8.33	
N° 200	43.30	5676.83	94.61	5.39	
FONDO	79.20	6000.00	100.00	0.00	
	<b>6000.0</b>				



Parámetros	Valor
% Grava=	66.00
% Arena=	28.62
% Finos=	5.39
$D_{60}$ =	20.94
$D_{30}$ =	3.13
$D_{10}$ =	0.19
$C_u$ =	109.69
$C_c$ =	2.45
$LL$ =	0.00
$LP$ =	0.00

Grava bien graduada con limo con bloques **GW GM**  
Fragmentos de roca, grava y arena **A-1-a**

Ing. MSc. Vinicio F. Guahizaca C.  
**Especialista Geotécnico**

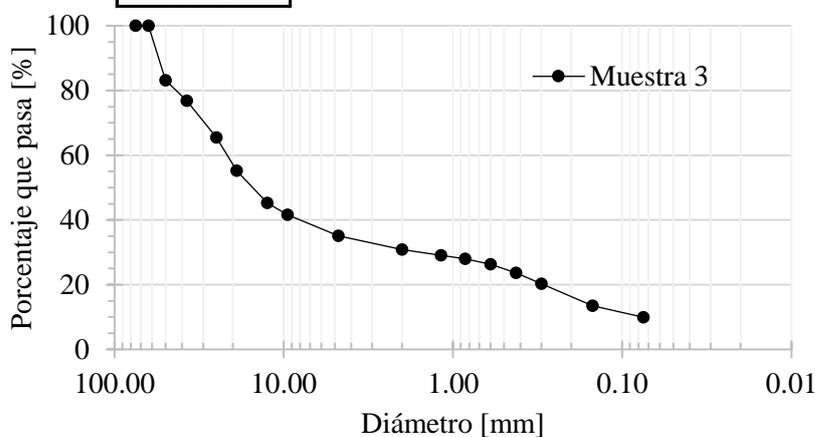
**Proyecto:** Análisis de áridos  
**Provincia:** Loja **Cantón:** Loja  
**Ubicación:** El Diamante  
**Solicitante:** Karen Martínez **Elabora:** Diconsgeotecnico Cia. Ltda.  
**Fecha:** 03-02-23

**Datos** **MUESTRA**  
 $W_{seco\ inicial} =$  8000.00 **Muestra:** Muestra 3  
 $W_{antes\ de\ lavar} =$  500.00 **Ubicación:** Cantera El Diamante  
 $\Sigma W_{seco\ retenido} =$  358.60 **Prof. [m]:** Stock

Tamiz	W retenido parcial	Peso acumulado [g]	% Retenido	% Pasa	Especificación
3"	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	1345.50	1345.50	16.82	83.18	
1 1/2"	505.30	1850.80	23.14	76.87	
1"	910.90	2761.70	34.52	65.48	
3/4"	818.80	3580.50	44.76	55.24	
1/2"	795.60	4376.10	54.70	45.30	
3/8"	297.90	4674.00	58.43	41.58	
N° 4	518.90	5192.90	64.91	35.09	

**PASANTE N° 4** 2807.10

N° 10	61.00	5535.37	69.19	30.81	
N° 16	24.70	5674.04	70.93	29.07	
N° 20	15.20	5759.37	71.99	28.01	
N° 30	24.80	5898.60	73.73	26.27	
N° 40	37.80	6110.82	76.39	23.61	
N° 50	46.90	6374.13	79.68	20.32	
N° 100	97.90	6923.76	86.55	13.45	
N° 200	50.30	7206.15	90.08	9.92	
FONDO	141.40	8000.00	100.00	0.00	
	<b>8000.0</b>				



Parámetros	Valor
% Grava=	64.91
% Arena=	25.17
% Finos=	9.92
$D_{60} =$	21.79
$D_{30} =$	1.62
$D_{10} =$	0.08
$C_u =$	284.32
$C_c =$	1.57
$LL =$	0.00
$LP =$	0.00

Grava bien graduada con limo con bloques **GW GM**  
Fragmentos de roca, grava y arena **A-1-a**

Ing. MSc. Vinicio F. Guahizaca C.  
**Especialista Geotécnico**

**Proyecto:** Análisis de áridos  
**Provincia:** Loja **Cantón:** Loja  
**Ubicación:** El Diamante  
**Solicitante:** Karen Martínez **Elabora:** Diconsgeotecnico Cia. Ltda.  
**Fecha:** 03-02-23

**Datos**

**MUESTRA**

$W_{seco\ inicial} =$  7000.00

Muestra: **Muestra 4**

$W_{antes\ de\ lavar} =$  500.00

Ubicación: **Cantera El Diamante**

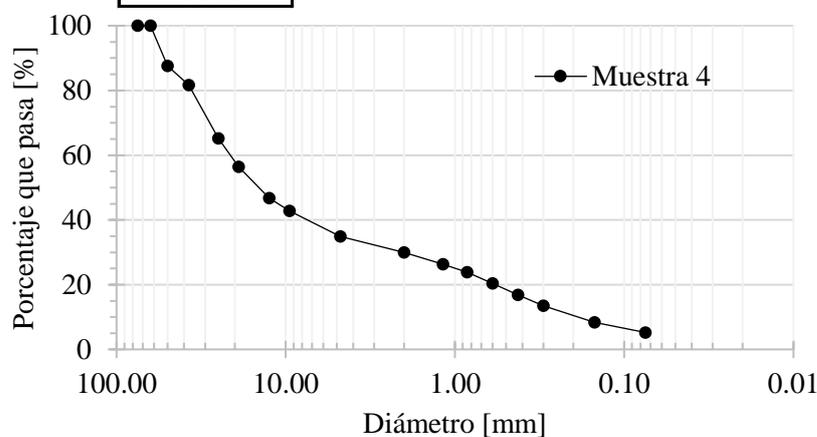
$\Sigma W_{seco\ retenido} =$  425.30

Prof. [m]: Stock

Tamiz	W retenido parcial	Peso acumulado [g]	% Retenido	% Pasa	Especificación
3"	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	869.00	869.00	12.41	87.59	
1 1/2"	411.60	1280.60	18.29	81.71	
1"	1156.40	2437.00	34.81	65.19	
3/4"	615.90	3052.90	43.61	56.39	
1/2"	674.90	3727.80	53.25	46.75	
3/8"	280.70	4008.50	57.26	42.74	
N° 4	546.30	4554.80	65.07	34.93	

**PASANTE N° 4** 2445.20

N° 10	71.40	4903.97	70.06	29.94	
N° 16	51.60	5156.32	73.66	26.34	
N° 20	36.00	5332.37	76.18	23.82	
N° 30	49.40	5573.96	79.63	20.37	
N° 40	51.00	5823.37	83.19	16.81	
N° 50	47.00	6053.22	86.47	13.53	
N° 100	74.10	6415.60	91.65	8.35	
N° 200	44.80	6634.69	94.78	5.22	
FONDO	74.70	7000.00	100.00	0.00	
	<b>7000.0</b>				



**Parámetros Valor**

% Grava= 65.07  
% Arena= 29.71  
% Finos= 5.22  
 $D_{60} =$  21.46  
 $D_{30} =$  2.03  
 $D_{10} =$  0.20  
 $C_u =$  108.49  
 $C_c =$  0.97  
 $LL =$  0.00  
 $LP =$  0.00

Graba bien graduada con limo y arena GW GM  
Fragmentos de roca, grava y arena A-1-a

Ing. MSc. Vinicio F. Guahizaca C.  
**Especialista Geotécnico**

**Proyecto:** Análisis de áridos  
**Provincia:** Loja **Cantón:** Loja  
**Ubicación:** El Diamante  
**Solicitante:** Karen Martínez **Elabora:** Diconsgeotecnico Cia. Ltda.  
**Fecha:** 03-02-23

**Datos**

**MUESTRA**

$W_{seco\ inicial} =$  6000.00

Muestra: **Muestra 5**

$W_{antes\ de\ lavar} =$  500.00

Ubicación: **Cantera El Diamante**

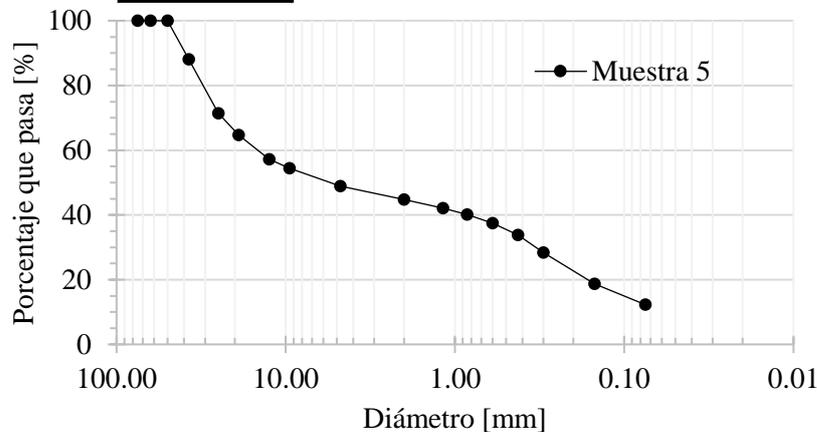
$\Sigma W_{seco\ retenido} =$  374.70

Prof. [m]: Stock

Tamiz	W retenido parcial	Peso acumulado [g]	% Retenido	% Pasa	Especificación
3"	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	715.10	715.10	11.92	88.08	
1"	1002.80	1717.90	28.63	71.37	
3/4"	399.40	2117.30	35.29	64.71	
1/2"	451.00	2568.30	42.81	57.20	
3/8"	164.70	2733.00	45.55	54.45	
N° 4	330.60	3063.60	51.06	48.94	

**PASANTE N° 4** 2936.40

N° 10	42.60	3313.78	55.23	44.77	
N° 16	27.30	3474.11	57.90	42.10	
N° 20	19.80	3590.39	59.84	40.16	
N° 30	27.20	3750.13	62.50	37.50	
N° 40	37.40	3969.77	66.16	33.84	
N° 50	55.60	4296.30	71.61	28.39	
N° 100	98.80	4876.53	81.28	18.72	
N° 200	66.00	5264.14	87.74	12.26	
FONDO	125.30	6000.00	100.00	0.00	
	<b>6000.0</b>				



**Parámetros Valor**

% Grava= 51.06

% Arena= 36.68

% Finos= 12.26

$D_{60} =$  14.93

$D_{30} =$  0.34

$D_{10} =$

$C_u =$

$C_c =$

$LL =$  0.00

$LP =$  0.00

Grava limosa GM

Fragmentos de roca, grava y arena A-1-b

.....  
Ing. MSc. Vinicio F. Guahizaca C.  
**Especialista Geotécnico**

Dirección: Av de los Paltas y Agustín Aguirre (Frente a la ANT) N° 811-16

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



# LABORATORIO DE MATERIALES SUELOS Y PAVIMENTOS

**ÁRIDO FINO PARA HORMIGÓN**

## DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA

**Solicitado:** ING. ESTUARDO LIDER MARTINEZ ZUÑIGA

**Proyecto:** ANALISIS GRANULOMETRICO DE ARENA PARA HORMIGON

### MUESTRA

### ENSAYO

Tipo de árido: Arena

Norma: **INEN 608**

Procedencia: Material del Río Catamayo

Fecha: 10 de Agosto

Sector: Huayco Bajo, Parroquia El Tambo, Cantón Catamayo, Provincia de Loja  
Concesion Minera El Diamante, Código 600841

Tamiz mm	RETENIDO			PASA %	REQUISITO % PASA	
	PESO (gr)	%	Acumulado		Lim. Inf.	Lim. Sup.
25						
19						
12.5						
9,5						
4,75					100	100
2,36	1008	29.52	29.52	70.48	95	100
1,18	676	19.80	49.31	50.69	80	100
0,600	831	24.33	73.65	26.35	50	85
0,300	470	13.76	87.41	12.59	25	60
0,150	241	7.06	94.47	5.53	10	30
0,075	100	2.93	97.39	2.61	2	10
Fondo	89	2.61	100.00	0.00		
Total	3415	100.00				

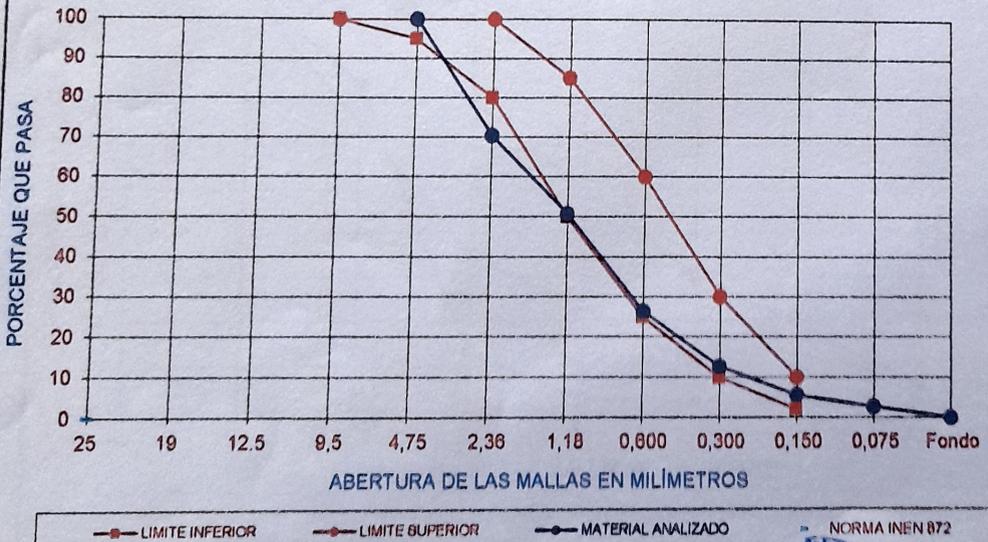
Masa Muestra de Ensayo: 3415.00 gramos

Módulo de finura:  $M_f = 3.34$

Requisito de Gradación de la Arena para hormigón

Módulo de Finura: 2,3 a 3,1

### CURVA GRANULOMÉTRICA



**Observaciones:** Muestra de Arena gruesa en estado original.

*[Firma manuscrita]*

José Songor Esparza, Ingeniero Civil  
Reg. SENESCYT 1031-02-269173





# LABORATORIO DE MATERIALES SUELOS Y PAVIMENTOS

**ÁRIDO FINO PARA HORMIGÓN**

## DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA

**Solicitado:** ING. ESTUARDO LIDER MARTINEZ ZUÑIGA

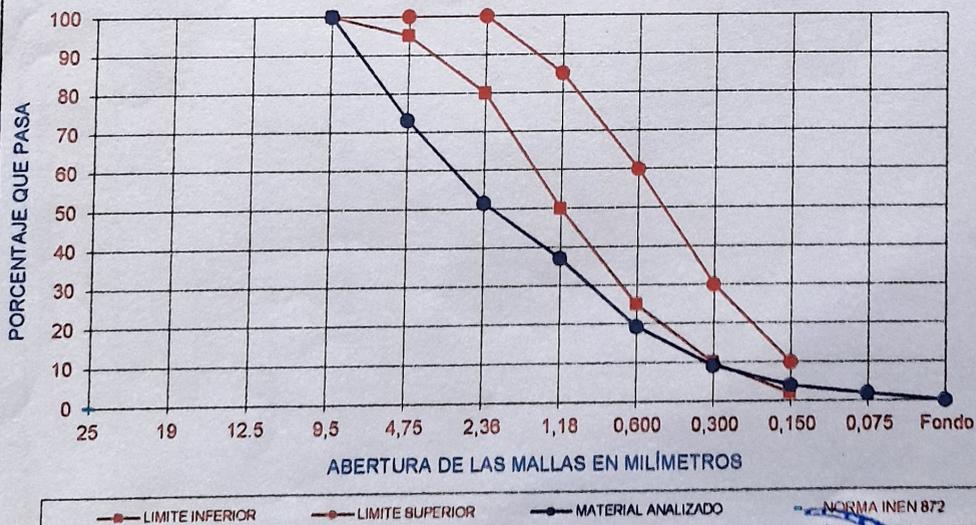
**Proyecto:** ANALISIS GRANULOMETRICO DE ARENA PARA HORMIGON

MUESTRA	ENSAYO
Tipo de árido: Arena	Norma: <b>INEN 696</b>
Procedencia: Río Catamayo	Fecha: 10 de Agosto
Sector: Huayco Bajo, Parroquia El Tambo, Cantón Catamayo, Provincia de Loja Concesion Minera El Diamante, Código 600841	

Tamiz mm	RETENIDO			PASA %	REQUISITO % PASA	
	PESO (gr)	%	Acumulado		Lim. Inf.	Lim. Sup.
25						
19						
12.5						
9,5				100.00	100	100
4,75	1255	26.87	26.87	73.13	95	100
2,36	1008	21.58	48.46	51.54	80	100
1,18	676	14.48	62.93	37.07	50	85
0,600	831	17.79	80.73	19.27	25	60
0,300	470	10.06	90.79	9.21	10	30
0,150	241	5.16	95.95	4.05	2	10
0,075	100	2.14	98.09	1.91		
Fondo	89	1.91	100.00	0.00		
Total	4670	100.00				

Masa Muestra de Ensayo: 4670.00 gramos	Módulo de finura: $M_f = 4.06$
Requisito de Gradación de la Arena para hormigón	Módulo de Finura: 2,3 a 3,1

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**Observaciones:** Muestra de Arena gruesa en estado original.

José Songor Esparza, Ingeniero Civil  
 Reg. SENESCYT 1031-02-269173





# LABORATORIO DE MATERIALES SUELOS Y PAVIMENTOS

ÁRIDO FINO PARA HORMIGÓN

DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA

Solicitado: ING. ESTUARDO LIDER MARTINEZ ZUÑIGA

Proyecto: ANALISIS GRANULOMETRICO DE ARENA PARA HORMIGON

## MUESTRA

## ENSAYO

Tipo de árido: Arena

Norma: INEN 696

Procedencia: Río Catamayo

Fecha: 10 de Agosto

Sector: Huayco Bajo, Parroquia El Tambo, Cantón Catamayo, Provincia de Loja  
Concesion Minera El Diamante, Código 600841

Tamiz mm	RETENIDO			PASA %	REQUISITO % PASA	
	PESO (gr)	%	Acumulado		Lim. Inf.	Lim. Sup.
37.5				100		
25	786	10.53	10.53	89.47		
19	502	7.93	18.45	81.55		
12.5	944	12.64	31.10	68.90		
9.5	475	6.36	37.46	62.54	100	100
4.75	1255	16.81	54.27	45.73	95	100
2.36	1008	13.50	67.76	32.24	80	100
1.18	676	9.05	76.82	23.18	50	85
0.600	831	11.13	87.95	12.05	25	60
0.300	470	6.29	94.24	5.76	10	30
0.150	241	3.23	97.47	2.53	2	10
0.075	100	1.34	98.81	1.19		
Fondo	89	1.19	100.00	0.00		
Total	7467	100.00				

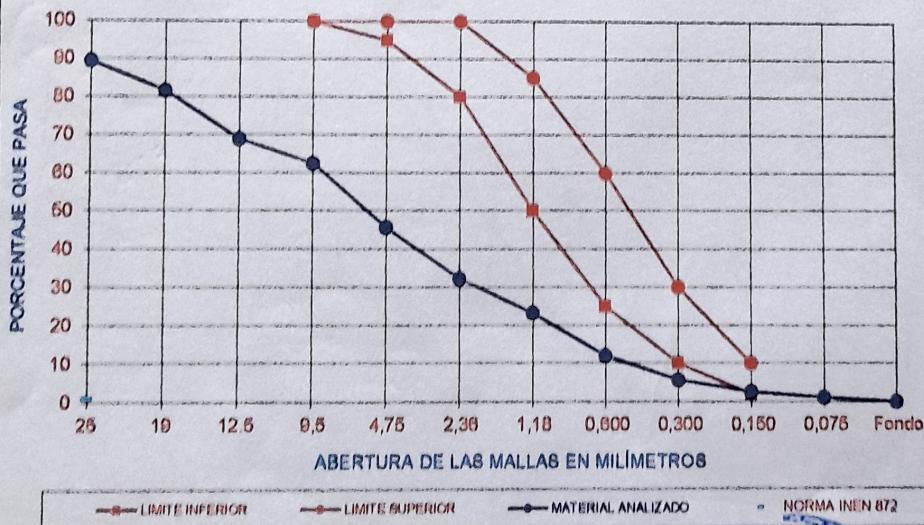
Masa Muestra de Ensayo: 7467.00 gramos

Módulo de finura:  $M_f = 5.76$

Requisito de Gradación de la Arena para hormigón

Módulo de Finura: 2,3 a 3,1

## CURVA GRANULOMÉTRICA



Observaciones: Muestra de Arena gruesa en estado original.

SUELOS Y  
PAVIMENTOS

José Songor Esparza, Ingeniero Civil  
Reg. SENESCYT 1031-02-269173





# LABORATORIO DE MATERIALES SUELOS Y PAVIMENTOS

**ÁRIDO FINO PARA HORMIGÓN**

## DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA

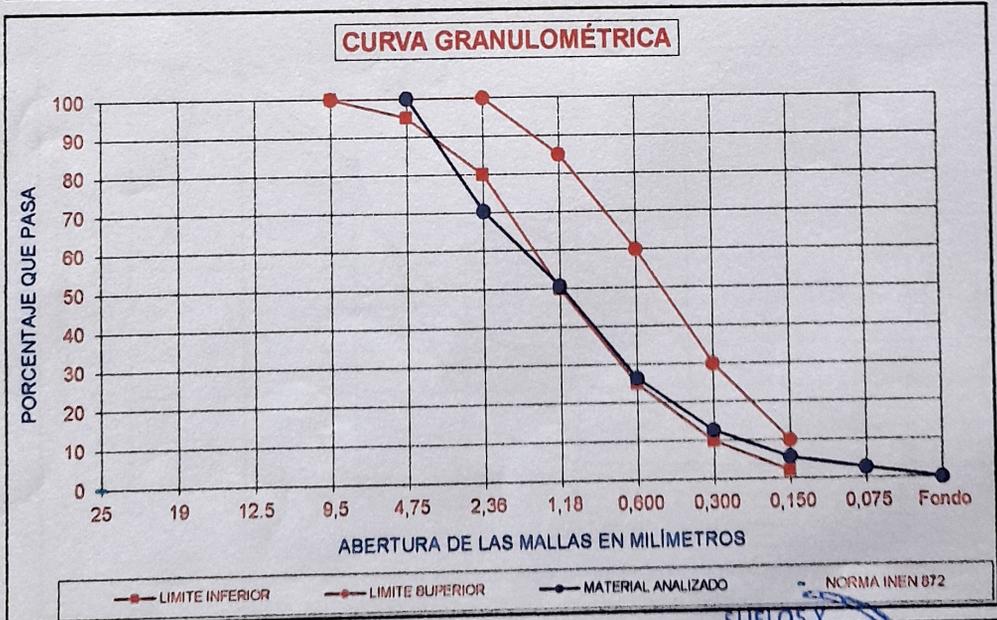
**Solicitado:** ING. ESTUARDO LIDER MARTINEZ ZUÑIGA

**Proyecto:** ANALISIS GRANULOMETRICO DE ARENA PARA HORMIGON

MUESTRA	ENSAYO
Tipo de árido: Arena	Norma: <b>INEN 696</b>
Procedencia: Material del Río Catamayo	Fecha: 10 de Agosto
Sector: Huayco Bajo, Parroquia El Tambo, Cantón Catamayo, Provincia de Loja Concesion Minera El Diamante, Código 600841	

Tamiz mm	RETENIDO			PASA %	REQUISITO % PASA	
	PESO (gr)	%	Acumulado		Lim. Inf.	Lim. Sup.
25						
19						
12.5						
9,5					100	100
4,75				100.00	95	100
2,36	1008	29.52	29.52	70.48	80	100
1,18	676	19.80	49.31	50.69	50	85
0,600	831	24.33	73.65	26.35	25	60
0,300	470	13.76	87.41	12.59	10	30
0,150	241	7.06	94.47	5.53	2	10
0,075	100	2.93	97.39	2.61		
Fondo	89	2.61	100.00	0.00		
Total	3415	100.00				

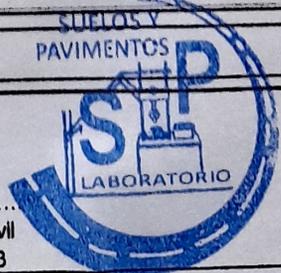
Masa Muestra de Ensayo: 3415.00 gramos	Módulo de finura: $M_f = 3.34$
Requisito de Gradación de la Arena para hormigón	Módulo de Finura: 2,3 a 3,1



**Observaciones:** Muestra de Arena gruesa en estado original.

*[Handwritten Signature]*

José Songor Esparza, Ingeniero Civil  
Reg. SENESCYT 1031-02-269173





# LABORATORIO DE MATERIALES SUELOS Y PAVIMENTOS

**ÁRIDO GRUESO PARA HORMIGÓN**

**DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA**

**Solicitado:** ING. ESTUARDO LIDER MARTINEZ ZUÑIGA

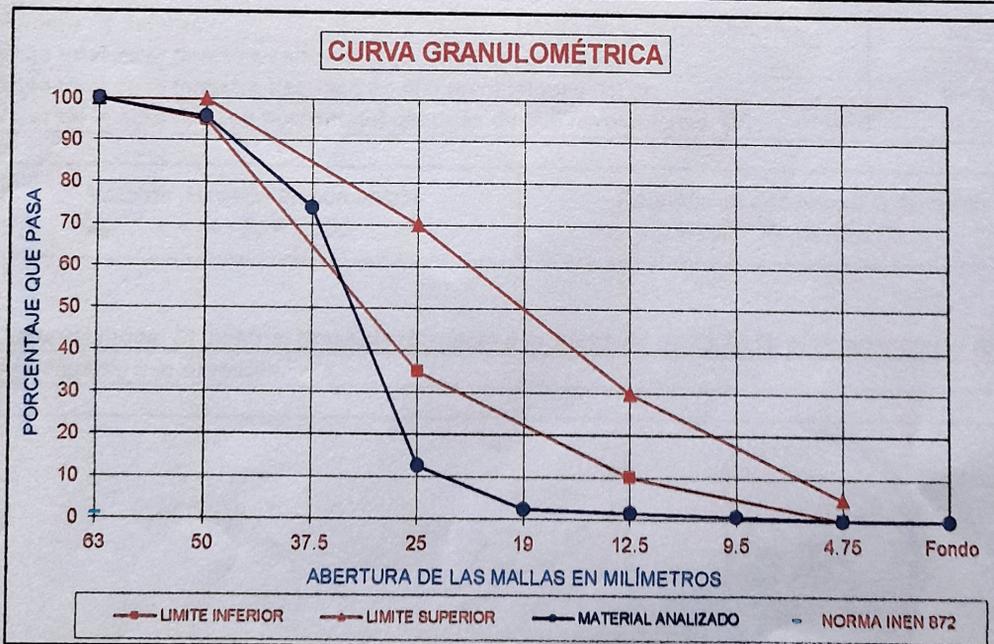
**Proyecto:** ANALISIS GRANULOMETRICO DE GRAVA PARA HORMIGON

MUESTRA	ENSAYO
Tipo de árido: Grava	Norma: <b>INEN 696</b>
Procedencia: Material del Río Catamayo	Fecha: 10 de Agosto
Sector: Huayco Bajo, Parroquia El Tambo, Cantón Catamayo, Provincia de Loja Concesion Minera El Diamante, Código 600841	

Tamiz mm	RETENIDO			PASA %	REQUISITO % PASA	
	PESO (gr)	%	Acumulado		Lim. Inf.	Lim. Sup.
63				100	100	100
50	537.00	4.23	4.23	95.77	95	100
37.5	2757.00	21.72	25.95	74.05		
25	7802.00	61.46	87.40	12.60	35	70
19	1299.00	10.23	97.64	2.36		
12.5	102.00	0.80	98.44	1.56	10	30
9.5	98.00	0.77	99.21	0.79		
4.75	92.00	0.72	99.94	0.06	0	5
Fondo	8.00	0.06	100.00	0.00		
Total	12695.00	100.00				

**Masa Muestra de Ensayo:** 12695.00 gramos

**Tamaño Máximo:** 50.0 mm



**Observaciones:** Los materiales y los datos de referencia para su identificación son proporcionados por la persona que solicita los análisis.

*(Handwritten Signature)*

José Songor Esparza, Ingeniero Civil  
Laboratorio "Suelos & Pavimentos"





# "SUELOS & PAVIMENTOS" LABORATORIO

Calle París y Vía Zamora, junto a la UTP  
Teléf. 072611053 - 0993431727

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

Muestra:	AGREGADO GRUESO	Norma Técnica: INEN 860
Procedencia:	Río Catamayo, Sector Huayco Bajo, El Tambo Consección Minera El Diamante, Código 600841	Fecha: 10 de Agosto
Solicitado:	Ing. Estuardo Lider Martínez Zuñiga	Laboratorio de Suelos & Pavimentos

### GRADACIÓN DE LA MUESTRA DE ENSAYO SEPARADA POR TAMIZADO

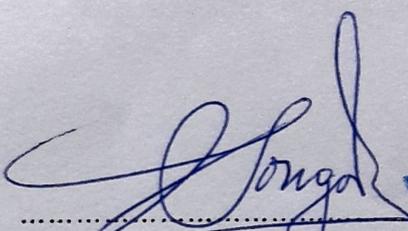
Tamices en mm		Masa de la muestra de ensayo en gramos			
		Gradación			
Pasa	Retenido	A	B	C	D
37.5	25	1250			
25	19	1250			
19	12.5	1250			
12.5	9.5	1250			
9.5	6.7				
6.7	4.75				
4.75	2.36				
Total		5000			

Número de esferas	12	Masa de la carga abrasiva	5025 g
Masa total de la muestra seleccionada antes del ensayo (A) gr.			5000.00
Masa total de la muestra después de 500 revoluciones (B) gr.			3811.00
Valor de la abrasión (en porcentaje) después de 500 revoluciones (V)			23.78 %

Valor de Abrasión en porcentaje  
 $V = (A - B)/A \times 100$

Requisito de desgaste a la Abrasión  
Máximo Porcentaje 50 %

**Observaciones: El material presenta desgaste a la Abrasión de 23,78 %, si cumple con el requisito de Desgaste a la Abrasión.**

  
SUELOS Y PAVIMENTOS  
  
LABORATORIO  
JOSÉ SONGOR ESPARZA, INGENIERO CIVIL  
REG. SENESCYT 1031-02-269173



# LABORATORIO DE MATERIALES SUELOS Y PAVIMENTOS

AGREGADO FINO

## DETERMINACIÓN DE LAS PARTICULAS FINAS MENORES A 75 MICRAS

Solicitante: Ing. Estuardo Lider Martínez Zuñiga

Proyecto: Análisis de Arena para Hormigón

MUESTRA	ENSAYO
Tipo de árido: Natural	Norma: INEN 697
Procedencia: Material del Río Catamayp	Fecha: 10 de Agosto
Sector: Huayco Bajo, Parroquia El Tambo, Cantón Catamayo, Provincia de Loja Concesion Minera El Diamante, Código 600841	

MATERIAL: ARENA

MUESTRA DE ENSAYO	No 1	No 2	No 3
PESO DEL MATERIAL ANTES DEL LAVADO	1257		
PESO DEL MATERIAL DESPUÉS DEL LAVADO	1205		
PORCENTAJE DE MATERIAL MAS FINO QUE 75 MICRONES	4.14		

PORCENTAJE PROMEDIO DE MATERIAL MÁS FINO QUE 75 MICRONES 4.14 %

OBSERVACIONES: La Norma INEN 872, Requisito de los Aridos para la Dosificación de Hormigones especifica que para la Arena, el porcentaje de las Partículas Finas menores a 75 micras, no debe ser mayor al 5 %.

José Songor Esparza, Ingeniero Civil  
Reg. SENESCYT 1031-02-269173





# LABORATORIO DE MATERIALES SUELOS Y PAVIMENTOS

AGREGADO GRUESO

## DETERMINACIÓN DE LAS PARTICULAS FINAS MENORES A 75 MICRAS

**Solicitante:** Ing. Estuardo Lider Martínez Zuñiga

**Proyecto:** Análisis de Arena para Hormigón

MUESTRA	ENSAYO
Tipo de árido: Natural	Norma: INEN 697
Procedencia: Material del Río Catamayp	Fecha: 10 de Agosto
Sector: Huayco Bajo, Parroquia El Tambo, Cantón Catamayo, Provincia de Loja Concesion Minera El Diamante, Código 600841	

MATERIAL: ARENA

MUESTRA DE ENSAYO	Nº 1	Nº 2	Nº 3
PESO DEL MATERIAL ANTES DEL LAVADO	3857		
PESO DEL MATERIAL DESPUÉS DEL LAVADO	3831		
PORCENTAJE DE MATERIAL MAS FINO QUE 75 MICRONES	0.67		

PORCENTAJE PROMEDIO DE MATERIAL MÁS FINO QUE 75 MICRONES 0.67 %

**OBSERVACIONES:** La Norma INEN 872, Requisito de los Aridos para la Dosificación de Hormigones especifica que para la Grava, el porcentaje de las Partículas Finas menores a 75 micras, no debe ser mayor al 1 %.

.....  
José Songor Esparza, Ingeniero Civil  
Reg. SENESCYT 1031-02-269173





UNIDAD DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMINERA  
LABORATORIOS UCG.

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA DISGREGACIÓN DE LOS ÁRIDOS

INF-LAB-UCG-07 - 309

PROYECTO:

SOLICITA: Ing. Lider Martínez

NORMA: INEN 863

YACIMIENTO: Roca Dura 600841

FECHA: Noviembre/06

MATERIAL: Canto Triturado

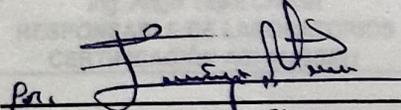
ENSAYADO: ING. J.L.C.

RESISTENCIA A LA DISGREGACIÓN						
Solución utilizada: Sulfato de sodio						
TAMIZ INEN	Gradación de la muestra original (Pi)	Gradación de la muestra (%)	Masa de las fracciones antes del ensayo (g)	Masa de las fracciones después del ensayo (g)	Porcentaje que pasa el respectivo tamiz después del ensayo (pi)	Porcentaje de pérdida compensado. $pi \times Pi/100$
ÁRIDO GRUESO						
90 mm a 63 mm						
63 mm a 50 mm	3000.62	58	5007.92	4930.00	0.0	0.0
50 mm a 37.5 mm	2007.30					
37.5 mm a 25 mm	1003.90	27	1509.10	1348.00	10.7	2.9
25 mm a 19 mm	505.20					
19 mm a 12.5 mm	669.80	14	999.13	668.00	33.1	4.7
12.5 mm a 9.5 mm	329.33					
9.5 mm a 4.75 mm	300.38	1	300.38	280.00	6.8	0.1
<b>TOTAL</b>		100				7.6

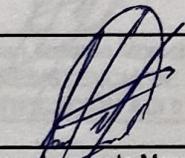
Requisito de desgaste a los sulfatos: Máximo porcentaje 12%.

El material analizado SI cumple con el requisito de desgaste a los sulfatos, puesto que el desgaste para el agregado grueso es del 7.6%.

Observaciones: Las muestras, los datos de referencia y la identificación fueron proporcionados por el interesado.

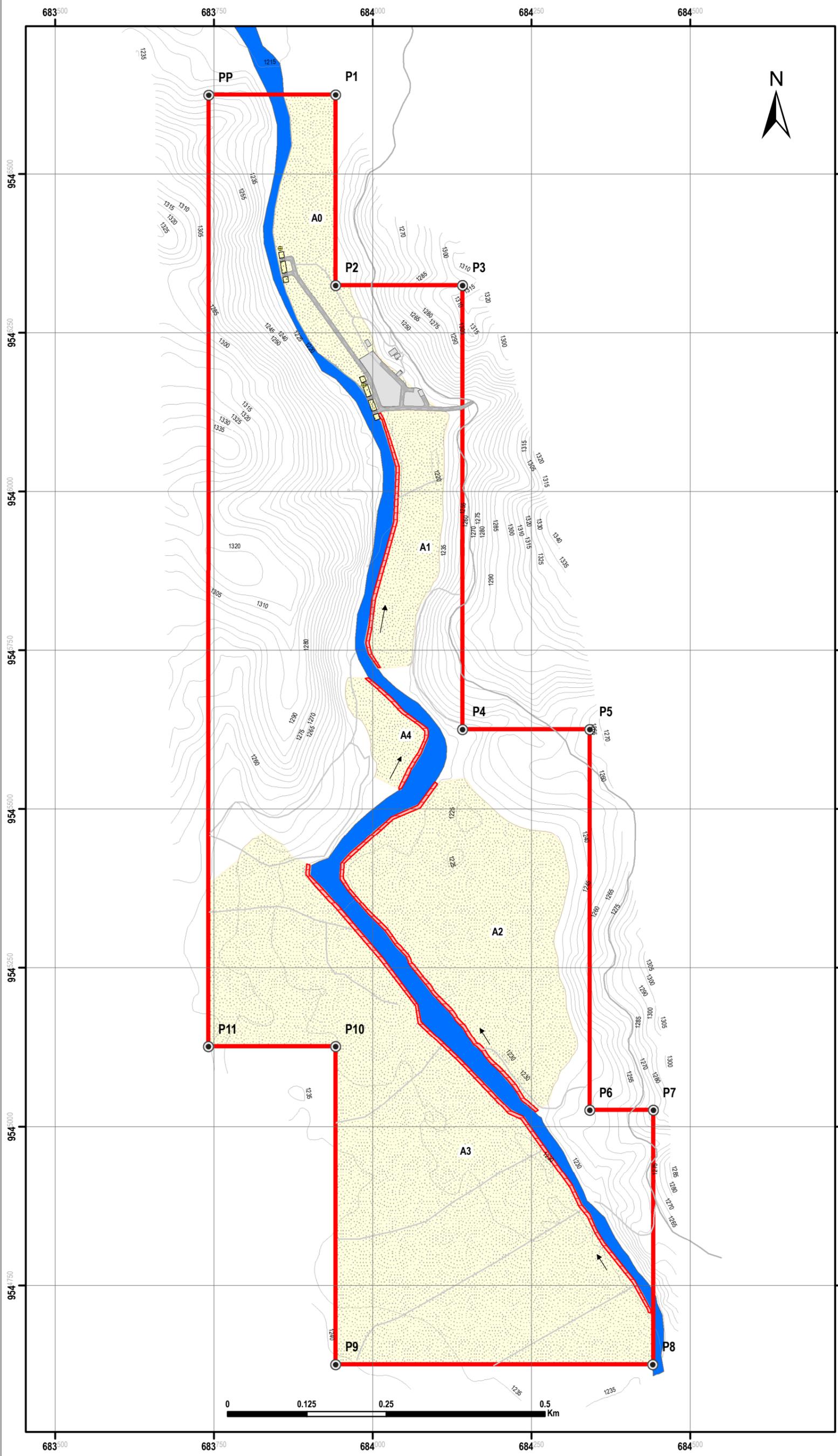
  
Ing. Angel Tapia Chavez  
RESPONSABLE DE LABORATORIOS  
CERTIFICACIÓN ACI 01005391



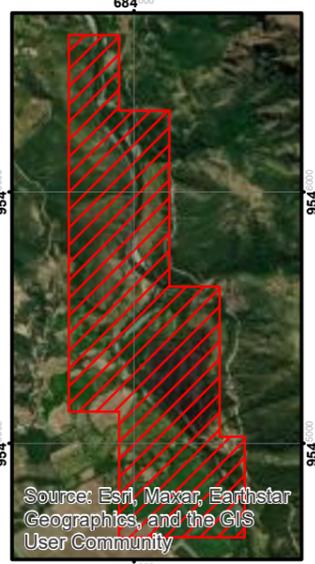
  
Ing. Jose Leonardo Morocho Cevallos  
AREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES  
CERTIFICACIÓN ACI 01033438

**Anexo 39.** Diseño de explotación de la concesión minera “El Diamante”

# DISEÑO DE EXPLOTACIÓN CONCESIÓN MINERA "EL DIAMANTE"



## UBICACIÓN



### SÍMBOLOS CONVENCIONALES

**Curvas de Nivel**  
 — Curvas de nivel principal

**Hidrografía**  
 Rio Catamayo

**Asentamientos**  
 Concesión Minera "El Diamante"  
 Área explotable  
 Berma de seguridad  
 Sentido de explotación

### ÁREA MINERA "EL DIAMANTE" COORDENADAS

Descripción	X	Y
PP	683741	9546626
P1	683941	9546626
P2	683941	9546326
P3	684141	9546326
P4	684141	9545626
P5	684341	9545626
P6	684341	9545026
P7	684441	9545026
P8	684441	9544626
P9	683941	9544626
P10	683941	9545126
P11	683741	9545126

DATUM: WGS84 ZONA 17S

DESCRIPCIÓN	ÁREA (m <sup>2</sup> )	ÁREA (Ha.)	PROFUNDIDAD (m)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
A0	31000.00	3.10	3.76	116560.00
A1	43651.56	4.37		164129.87
A2	104936.23	10.49		394560.22
A3	263294.81	26.33		989988.49
A4	10938.75	1.09	41129.70	
<b>TOTAL</b>	<b>452821.35</b>	<b>45.38</b>		<b>1706368.28</b>

### DATOS DEL DEPÓSITO

DESCRIPCIÓN	ÁREA (m <sup>2</sup> )	ÁREA (Ha.)	PROFUNDIDAD (m)
ÁREA EXPLOTABLE	452.821.35	45.38	3.76

### CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL DEPÓSITO

ÁREA (m <sup>2</sup> )	PROFUNDIDAD (m)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
452.821.35	3.76	1.706.368.28

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR UTM ZONA 17S WGS 84  
 Escala Impresión: 1:6000

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
 FACULTAD DE LA ENERGÍA, DE LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES  
 CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

CONTIENE: Diseño de explotación Concesión Minera "El Diamante" céd. 600841

UBICACIÓN: Provincia de Loja, Cantón Catamayo, Parroquia "El Tambo"

ELABORADO POR: KAREN P. MARTÍNEZ M.  
 REVISADO POR: ING. FERNANDO RENDEL

ESCALA: 1:1000 LÁMINA: 24

**Anexo 40.** Certificado de traducción del resumen

Loja, 12 de diciembre de 2023

Lic.

Cinthy Julisa Infante Requenes

**LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN MENCIÓN INGLÉS**

CERTIFICA:

Que en calidad de Licenciada en Pedagogía del Idioma Inglés realicé la traducción textual del resumen del trabajo de titulación denominado: **“Optimización del sistema de explotación del área minera “El Diamante” código 600841 barrio “El Huayco”, cantón Catamayo, provincia de Loja”** solicitado por la Sra. Karen Paola Martínez Maldonado, con C.I.: 1104897754, egresada de la carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, de la Universidad Nacional de Loja.

Lo certifico en honor de la verdad, facultando al portador del presente documento, hacer uso legal pertinente.



Cinthy Julisa Infante Requenes

**LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN MENCIÓN INGLÉS**

C.I.: 0706650108

Nº de registro:1008-2016-17-52476