



**UNIVERSIDAD  
DEL AZUAY**

**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA EN MINAS**

**“Propuesta de exploración y diseño de explotación de depósito aurífero  
secundario en el río Panki, Taisha-Morona Santiago”**

Trabajo previo a la obtención del grado académico de:

**INGENIERO EN MINAS**

**Autor:**

**JUAN CARLOS MALDONADO REINOZO**

**Director:**

**ING. LEONARDO NÚÑEZ RODAS**

**CUENCA – ECUADOR**

**2024**

## **DEDICATORIA**

Mi tesis le dedico a Cecilia Reinozo con todo mi amor y cariño por su esfuerzo y sacrificio, por el haberme permitido cursar una carrera universitaria por el bien de mi futuro, con su presencia siempre me supo guiar hacia adelante a pesar de mis tropiezos y malos aciertos por esto y mucho más, este trabajo de tesis es para mi madre amada.

**Juan Carlos Maldonado Reinozo**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradezco a Dios por haberme permitido culminar esta carrera maravillosa y no haber desistido en el camino.

A mis padres por el apoyo incondicional y el esfuerzo de ellos durante toda mi vida especialmente en mi etapa universitaria.

A mis hermanas que compartimos la experiencia universitaria además de estar presentes en las alegrías y tristezas a lo largo de mi vida.

Además, quiero agradecer a la universidad y a los docentes que me acompañaron a lo largo de la carrera, brindando sus conocimientos para formar grandes profesionales en su área con ética y moral.

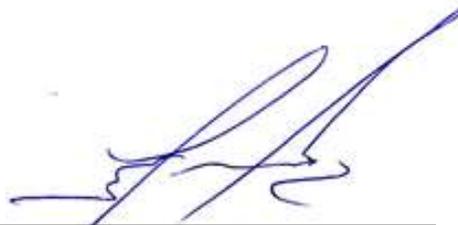
**Juan Carlos Maldonado Reinozo**

**“PROPUESTA DE EXPLORACIÓN Y DISEÑO DE EXPLOTACIÓN DE  
DEPÓSITO AURÍFERO SECUNDARIO EN EL RIO PANKI, TAISHA-MORONA  
SANTIAGO”**

**RESUMEN**

En el marco de la presente investigación se abordó la propuesta de exploración y diseño de explotación de un depósito o placer aurífero secundario en el río Panki, situado en el cantón Taisha, provincia de Morona Santiago. En esta zona se observaron trabajos mineros no adecuados en áreas vecinas y posiblemente ausencia de bases legales para la extracción de oro aluvial. Para la propuesta, en primer lugar, se determinaron las reservas minerales, el volumen de material estéril y el método de explotación que será a cielo abierto, logrando definir 5 fases para obtener la producción total del depósito. Las salidas de campo fueron esenciales para levantar información, que contribuyó al diseño final del sistema de explotación secundario; todo este estudio fue respaldado por ensayos de laboratorio que confirmaron la presencia de oro en dicho río.

**Palabras claves:** exploración, explotación, placer aurífero, cantón Taisha, sistema de explotación secundario.



Ing. Leonardo Aníbal Núñez Rodas

**Director del Trabajo de Titulación**

**“PROPOSAL FOR EXPLORATION AND EXPLOTATION DESIGN OF  
SECONDARY GOLD PLACES IN THE PANKI RIVER, TAISHA-MORONA  
SANTIAGO”**

**ABSTRACT**

Within the framework of this research, the proposal for the exploration and design of the exploitation of a deposit or secondary gold placer in the Panki River, located in the Taisha canton, province of Morona Santiago, was addressed. In this area, inadequate mining work was observed in neighboring areas and possibly there was a lack of legal basis for alluvial gold extraction. For the proposal, firstly, the mineral reserves, the volume of waste material and the method of exploitation that will be open pit were determined, managing to define 5 phases to obtain the total production of the deposit. The field trips were essential to gather information, which contributed to the final design of the secondary exploitation system; This study was supported by laboratory tests that confirmed the presence of gold in the river.

**Keywords:** exploration, exploitation, gold placer, Taisha canton, secondary mining system.



---

Ing. Leonardo Aníbal Núñez Rodas

**Director of the Degree Project**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>i</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>ii</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS .....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>x</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS .....</b>	<b>xii</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>2</b>
1.1 Aspectos generales.....	2
<i>1.1.1 Descripción de la zona de estudio.....</i>	<i>2</i>
<i>1.1.2 Ubicación geográfica.....</i>	<i>2</i>
<i>1.1.3 Topografía.....</i>	<i>5</i>
<i>1.1.4 Clima.....</i>	<i>6</i>
<i>1.1.5 Geología.....</i>	<i>6</i>
<i>1.1.6 Geomorfología.....</i>	<i>8</i>
1.1.6.1 Dominio fisiográfico zona subandina.....	10
1.1.6.2 Dominio fisiográfico amazonía periandina.....	10
1.1.6.3 Dominio fisiográfico medio aluvial amazónico.....	10
1.1.6.4 Morfología .....	11
1.1.6.5 Descripción de geoformas.....	12

1.2 Marco teórico.....	14
<b>1.2.1 Minería a cielo abierto.....</b>	<b>14</b>
<b>1.2.2 Diseño de explotación de canteras .....</b>	<b>15</b>
<b>1.2.3 Localización de yacimientos .....</b>	<b>16</b>
1.2.3.1 Parámetros geotécnicos.....	17
1.2.3.2 Parámetros hidrogeológicos.....	18
1.2.3.3 Parámetros del material extraíble.....	18
1.2.3.4 Parámetros ambientales.....	19
1.2.3.5 Características geométricas según el tipo de excavación.....	20
<b>1.2.4 Estimación de reservas .....</b>	<b>22</b>
<b>1.2.5 Diseño del depósito .....</b>	<b>22</b>
1.2.5.1 Estabilidad de taludes.....	25
1.2.5.2 Orientaciones y dimensiones de los bancos.....	26
1.2.5.3 Altura de banco .....	27
1.2.5.4 Anchura de plataformas de trabajo.....	27
1.2.5.5 Bermas .....	27
<b>1.2.6 Accesos y pistas .....</b>	<b>28</b>
1.2.6.1 Acceso .....	28
1.2.6.2 Pistas .....	29
<b>1.2.7 Drenaje y desagüe.....</b>	<b>29</b>
1.3 Marco legal.....	29
<b>1.3.1 Constitución de la República del Ecuador.....</b>	<b>29</b>

<b>1.3.2 Código penal.....</b>	<b>30</b>
<b>1.3.3 Código de salud.....</b>	<b>30</b>
<b>1.3.4 Código orgánico de organización territorial, autonomía y descentralización (artículo del 1 al 6).....</b>	<b>30</b>
<b>1.3.5 Ley de minería .....</b>	<b>30</b>
<b>1.3.6 Reglamento de seguridad minera.....</b>	<b>30</b>
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>31</b>
2.1 Metodología aplicada.....	31
2.2 Levantamiento topográfico.....	32
2.3 Geología regional.....	32
2.4 Geología local.....	32
2.5 Reservas de la cantera.....	33
2.6 Ensayos de laboratorio.....	33
<b>2.6.1 Consideraciones para el cálculo de reservas .....</b>	<b>35</b>
<b>2.6.2 Estimado de la reserva.....</b>	<b>35</b>
2.7 Parámetros técnicos.....	36
<b>2.7.1 Parámetros de los bancos .....</b>	<b>36</b>
<b>2.7.2 Ángulo de inclinación del talud de trabajo.....</b>	<b>36</b>
2.8 Diseño de explotación de placeres auríferos secundarios.....	37
<b>2.8.1 Carga de sedimentos .....</b>	<b>38</b>
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>39</b>
3.1 Análisis de la calidad del material de explotación.....	39

3.2 Cálculo de las reservas.....	40
3.3 Vida útil de la cantera.....	43
3.4 Coeficiente de destape.....	43
3.5 Diseño de explotación de la cantera.....	44
<b>3.5.1 Ubicación del proyecto .....</b>	<b>44</b>
<b>3.5.2 Destape o sobrecarga.....</b>	<b>46</b>
<b>3.5.3 Arranque de la grava.....</b>	<b>47</b>
<b>3.5.4 Lavado de la grava aurífera .....</b>	<b>47</b>
<b>3.5.5 Fases de explotación.....</b>	<b>48</b>
<b>3.5.6 Almacenamiento de la grava aurífera .....</b>	<b>53</b>
<b>3.5.7 Tratamiento físico de agua del proceso de lavado.....</b>	<b>54</b>
<b>3.5.8 Cierre de bloques explotados.....</b>	<b>55</b>
<b>3.5.9 Maquinaria .....</b>	<b>56</b>
3.6 Selección de equipo.....	58
<b>3.6.1 Cronograma de actividades .....</b>	<b>61</b>
3.7 Evaluación Económica.....	63
<b>3.7.1 Costos .....</b>	<b>63</b>
<b>3.7.2 Financiamiento.....</b>	<b>64</b>
<b>3.7.3 Ingresos .....</b>	<b>64</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>67</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>70</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>72</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Coordenadas del área minera.....	3
<b>Tabla 2.</b> Depósitos superficiales presentes en el cantón y formaciones geológicas.....	7
<b>Tabla 3.</b> Dominios y regiones fisiográficas existentes en el cantón Taisha .....	9
<b>Tabla 4.</b> Contextos morfológicos y geoformas presentes en el cantón. ....	12
<b>Tabla 5.</b> Criterios de clasificación de canteras .....	16
<b>Tabla 6.</b> Propiedades de áridos para la determinación de su calidad.....	18
<b>Tabla 7.</b> Operaciones mineras en canteras.....	20
<b>Tabla 8.</b> Parámetros Geométricos.....	20
<b>Tabla 9.</b> Volumen de explotación.....	23
<b>Tabla 10.</b> Análisis de suelos .....	34
<b>Tabla 11.</b> Densidad aparente .....	34
<b>Tabla 12.</b> Ensayo al fuego .....	35
<b>Tabla 13.</b> Resultados de las muestras de laboratorio.....	39
<b>Tabla 14.</b> Cálculo de volúmenes.....	40
<b>Tabla 15.</b> Cálculo de la reserva probable.....	42
<b>Tabla 16.</b> Cronograma .....	61
<b>Tabla 17.</b> Costos operativos.....	63
<b>Tabla 18.</b> Ingresos brutos.....	65
<b>Tabla 19.</b> Resumen presupuestario .....	65

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación del cantón Taisha en la zona 6.....	3
<b>Figura 2.</b> División parroquial del cantón Taisha .....	4
<b>Figura 3.</b> Mapa del Cantón de Taisha.....	4
<b>Figura 4.</b> Topografía del área de estudio .....	5
<b>Figura 5.</b> Columna estratigráfica de la cuenca oriente (Taisha).....	6
<b>Figura 6.</b> División geográfica de los distintos dominios fisiográficos existentes en el cantón Taisha .....	9
<b>Figura 7.</b> Características geológicas de explotación .....	17
<b>Figura 8.</b> Trabajos a cielo abierto .....	19
<b>Figura 9.</b> Parámetros geométricos de explotación de canteras.....	21
<b>Figura 10.</b> Transporte de material .....	24
<b>Figura 11.</b> Estabilidad de taludes .....	25
<b>Figura 12.</b> Reservas probables.....	42
<b>Figura 13.</b> Vista Aérea de la zona de explotación del proyecto .....	45
<b>Figura 14.</b> Delimitación de la zona de explotación del proyecto .....	45
<b>Figura 15.</b> Estado inicial del frente.....	46
<b>Figura 16.</b> Descapote .....	46
<b>Figura 17.</b> Explotación .....	47
<b>Figura 18.</b> Lavado de grava .....	48
<b>Figura 19.</b> Primera fase de explotación, definida como corte #1 .....	49
<b>Figura 20.</b> Segunda fase de explotación, definida como corte #2 .....	50
<b>Figura 21.</b> Tercera fase de explotación, definida como corte #3.....	51

<b>Figura 22.</b> Cuarta fase de explotación, definida como corte #4 .....	52
<b>Figura 23.</b> Quinta fase de explotación, definida como corte #5 .....	53
<b>Figura 24.</b> Tratamiento del agua de lavado .....	55
<b>Figura 25.</b> Cierre de bloques explotados .....	56
<b>Figura 26.</b> Excavadora mediana .....	58
<b>Figura 27.</b> Cargadores de ruedas compactos .....	59
<b>Figura 28.</b> Concentrador Z .....	59
<b>Figura 29.</b> Bomba con motor 4 tiempos 6.5 HP .....	60
<b>Figura 30.</b> Cuadro de prefactibilidad.....	66

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Ensayo de análisis de suelos .....	72
<b>Anexo 2.</b> Ensayo al fuego, determinación de oro libre.....	73
<b>Anexo 3.</b> Mapa topográfico.....	74

Juan Carlos Maldonado Reinozo

Trabajo de Titulación

Ing. Leonardo Núñez Rodas

Marzo, 2024

**“PROPUESTA DE EXPLORACIÓN Y DISEÑO DE EXPLOTACIÓN DE  
DEPÓSITO AURÍFERO SECUNDARIO EN EL RIO PANKI, TAISHA-MORONA  
SANTIAGO”**

**INTRODUCCIÓN**

La minería ha sido practicada desde tiempos antiguos siendo fundamental para el desarrollo de muchas sociedades. En la actualidad, la minería es una actividad importante en muchos países, y la extracción de oro una de las principales actividades mineras en todo el mundo. El oro es un metal precioso que ha sido valorado por su belleza y rareza desde la antigüedad, y sigue siendo un activo importante en la economía global.

En este contexto, el presente trabajo de investigación se enfocó en la propuesta de exploración y diseño de explotación de placeres auríferos en el río Panki, ubicado en la provincia de Taisha, en la región de Morona Santiago, Ecuador. La minería en esta región ha sido una actividad importante durante muchos años, y la extracción de oro ha sido una de las principales actividades económicas de la zona.

El objetivo de este trabajo fue analizar la viabilidad de la explotación de los placeres auríferos en el río Panki, seguidamente se propuso un diseño de explotación sostenible con el medio ambiente. Para ello, se desarrolló un estudio geológico, analizando los métodos de extracción de oro existentes, y se propuso un diseño de explotación considerando aspectos ambientales y sociales de la zona.

## CAPÍTULO 1

### ASPECTOS GENERALES Y MARCO TEÓRICO

#### 1.1. Aspectos generales

##### 1.1.1. Descripción de la zona de estudio

El cantón Taisha está ubicado en sentido nororiente de la provincia de Morona Santiago, entre la Cordillera del Kutukú, frontera sur con el Perú y el río Pastaza, posee una extensión de 6.169,7 km<sup>2</sup> aproximadamente. El cantón Taisha fue fundado el 28 de junio de 1996 y está conformada por cuatro parroquias rurales: Tuutinentza, Huasaga, Pumpuenta y Macuma, ostentando una población total de 18.437 habitantes. Taisha es uno de los últimos pueblos indígenas que mantienen los lenguajes jíbaros: achuar y shuar (del Corral et al., 2019).

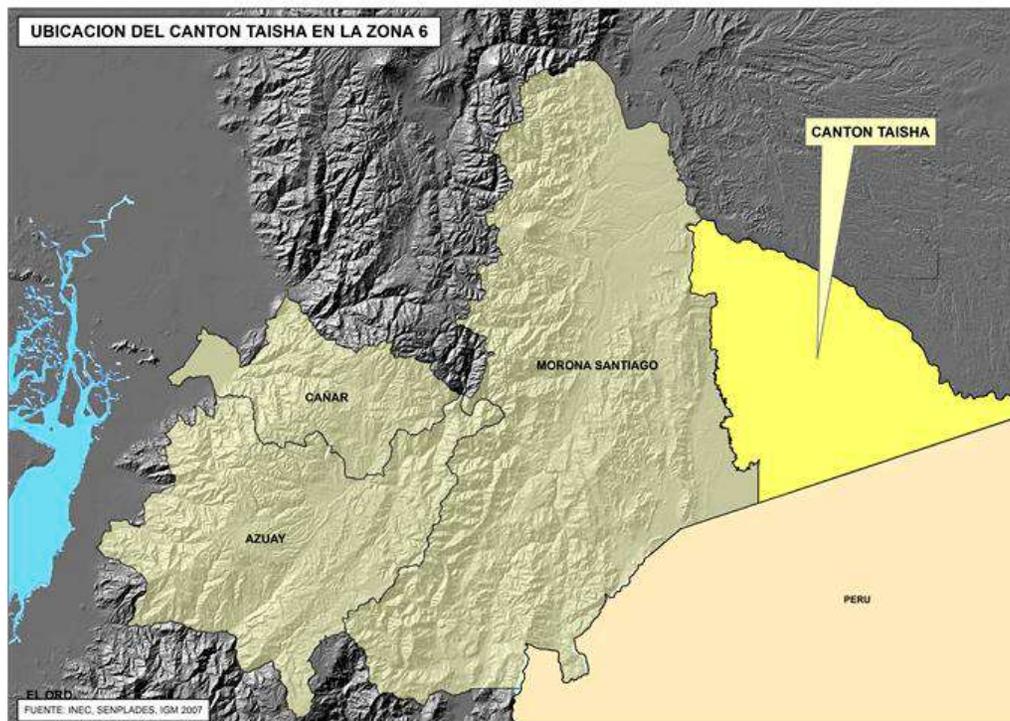
En la zona de estudio solo se ha podido constatar la existencia de la minería artesanal y sin un fundamento legal para la extracción del mineral de oro. Hasta el momento, no se han llevado a cabo estudios científicos que pudieran ayudar al descubrimiento de un recurso minero potencial. Por lo tanto, no se tiene ninguna evidencia de la presencia del mineral en cantidades que puedan motivar una inversión a gran escala de recursos financieros para su extracción.

##### 1.1.2. Ubicación geográfica

El desarrollo del siguiente trabajo de investigación se realizó en el cantón de Taisha, de la provincia de Morona Santiago, Ecuador.

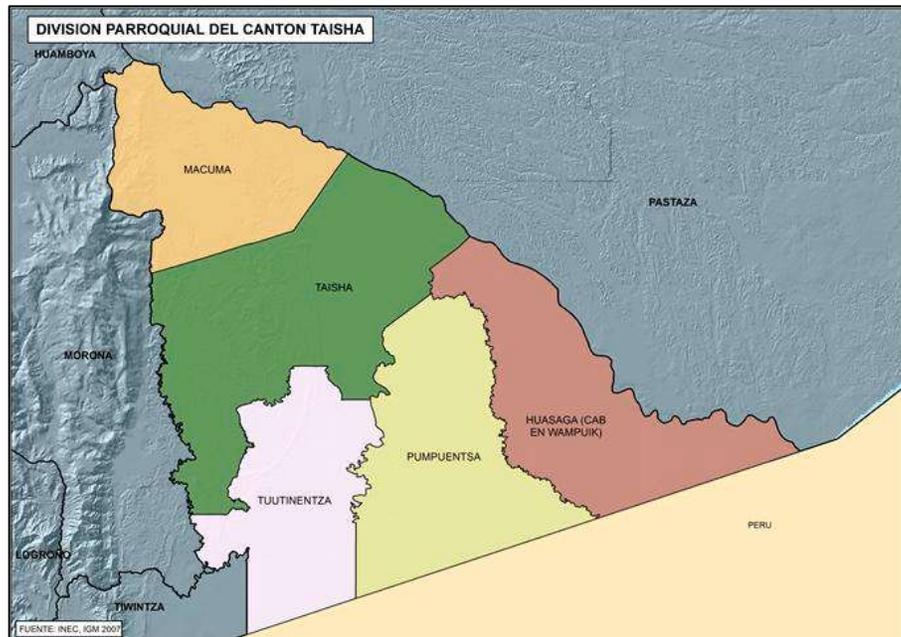
**Tabla 1***Coordenadas del área minera*

Provincia	Cantón	Parroquia	Concesión
Morona Santiago	Taisha	Taisha	Santa Cecilia
Coordenadas del punto de partida del área concesionada			
Coordenadas UTM WGS84			
	X		Y
	216401		9740794
	216901		9740794
	216901		9741094
	216401		9741094
Superficie: 10 ha			

**Fuente:** Elaboración Propia**Figura 1.***Ubicación del cantón Taisha en la zona 6***Fuente:** Dirección de Métodos, Análisis e Investigación (2014).

**Figura 2.**

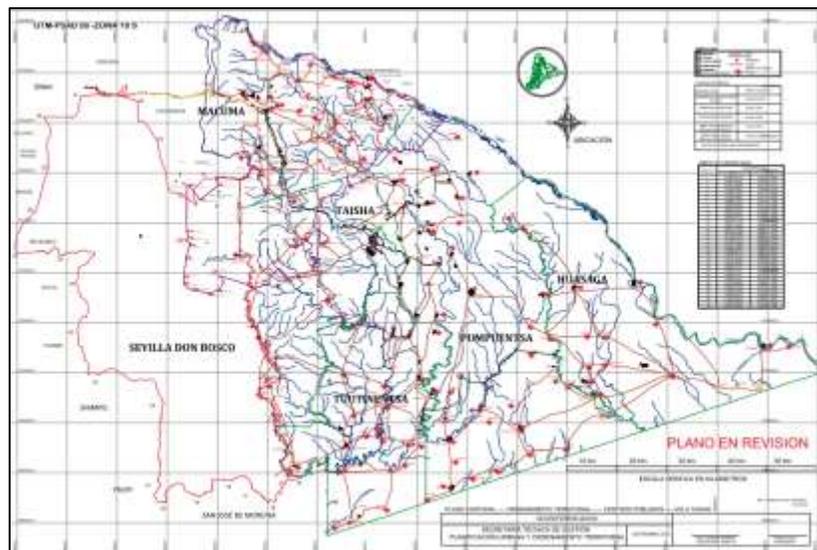
*División parroquial del cantón Taisha*



**Fuente:** Dirección de Métodos, Análisis e Investigación (2014).

**Figura 3.**

*Mapa del Cantón de Taisha*



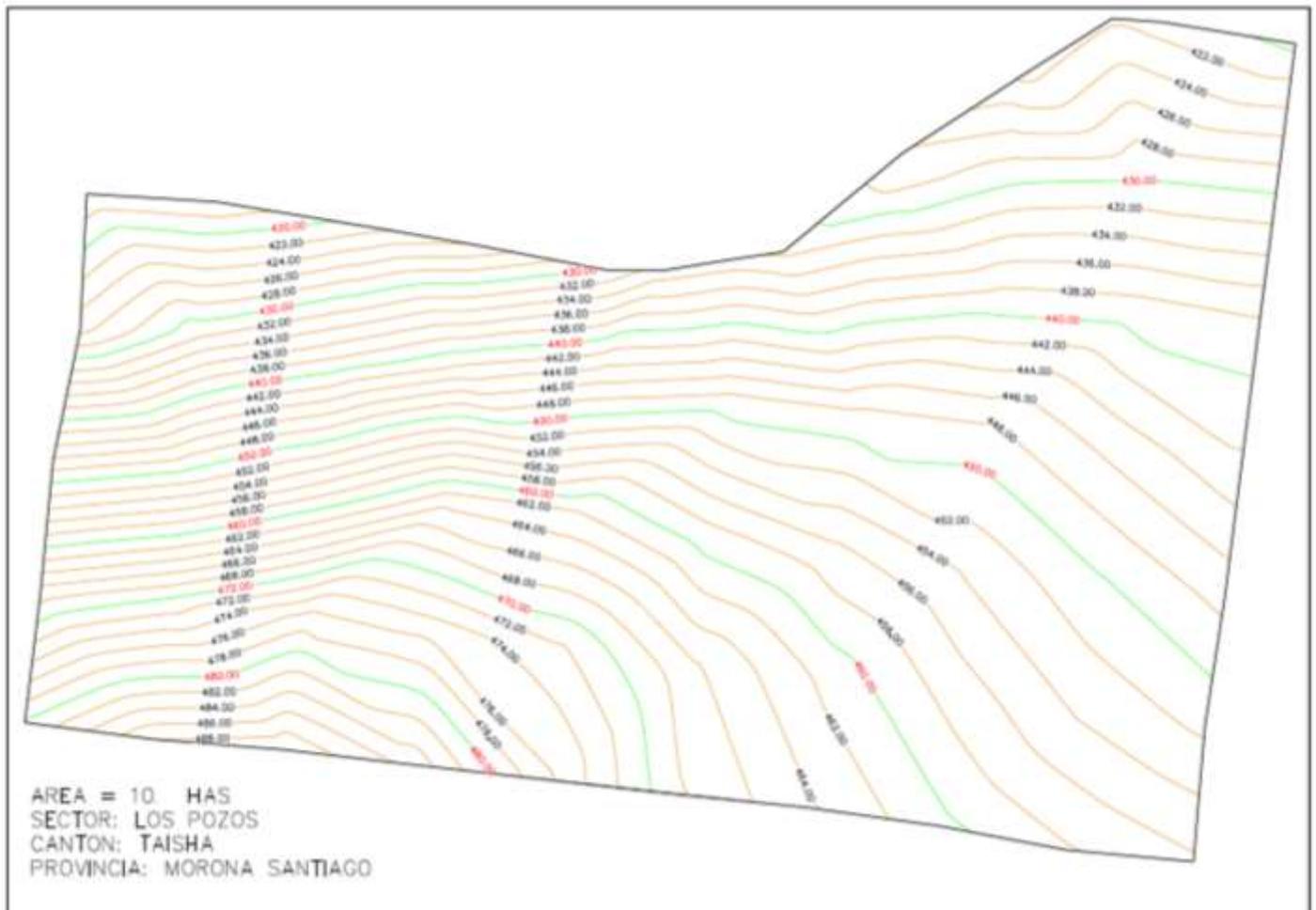
**Fuente:** del Corral et al (2019).

### 1.1.3. Topografía

El levantamiento topográfico consiste en la altimetría y planimetría de los potenciales yacimientos auríferos en los placeres del río Panki. Con este estudio se obtiene una apreciación general de las dimensiones del yacimiento, tipo y posibles problemas que puedan presentarse durante el desarrollo de la propuesta.

**Figura 4.**

*Topografía del área de estudio*



**Fuente:** Elaboración Propia



**Tabla 2***Depósitos superficiales presentes en el cantón y formaciones geológicas*

<b>Formación geológica o depósito superficial</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Edad</b>	<b>Litología</b>	<b>Km<sup>2</sup> (aprox)</b>
Depósitos de ladera (derrumbe)	Qdl3	Cuaternario	Mezcla heterogénea de materiales finos y fragmentos angulares rocosos de muy diverso tamaño	11
Depósitos de ladera (coluvial)	Qdl4	Cuaternario	Mezcla heterogénea de materiales finos y fragmentos angulares rocosos con ausencia de estratificación y estructuras de ordenamiento interno	85
Depósitos coluvio aluviales	Qdca	Cuaternario	Limo-arcillas, arenas, gravas y bloques	43
Depósitos aluviales	Qda	Cuaternario	Arenas, limos, arcillas y conglomerados	133
Depósitos aluviales (terrazas)	Qda8	Cuaternario	Conglomerado limo arenoso, arcilla limosa	62
Formación Mera	OMr	Cuaternario	Estratificación cruzada	
Formación Chambira	MioPICh	Mioceno-Plioceno	Areniscas de grano medio a muy grueso con intercalaciones de lutitas; areniscas tobáceas y conglomerados interestratificados	46

Formación Arajuno	MioPICh	Mioceno- Plioceno	Arenas y areniscas con tamaño de grano variable y color pardo; niveles de conglomerados con intercalaciones discontinuas de arcilla abigarrada	147
Formación Tiyuyacu	PalTy	Paleoceno	Conglomerado de cuarzo, lutita chert en matriz areno-limosa; areniscas	171

**Fuente:** Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (2015).

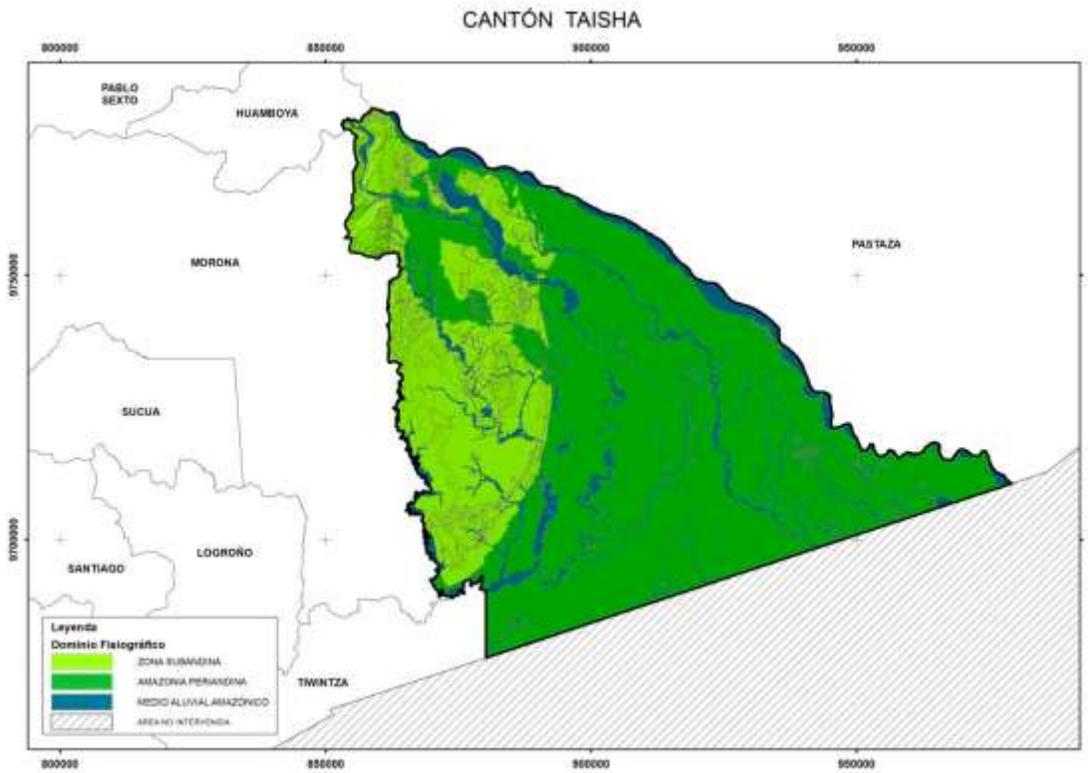
#### ***1.1.6. Geomorfología***

- **Dominios y regiones fisiográficos**

La región del cantón Taisha posee alrededor de 6.145 km<sup>2</sup>, en la cual, se distinguen tres dominios fisiográficos. Su ubicación geográfica se muestra en la Figura 6, la extensión de cada uno de estos dominios se muestra en la tabla 3.

**Figura 6.**

*División geográfica de los distintos dominios fisiográficos existentes en el cantón Taisha.*



**Fuente:** Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (2015).

**Tabla 3**

*Dominios y regiones fisiográficas existentes en el cantón Taisha*

Región	Dominio Fisiográfico	Superficie	Porcentaje
	Zona Subandina	1560 km <sup>2</sup>	25%
Amazonía	Amazonía Periandina	3968 km <sup>2</sup>	65%
	Medio Aluvial Amazónico	617 km <sup>2</sup>	10%

**Fuente:** Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (2015).

#### **1.1.6.1. Dominio fisiográfico zona subandina**

Se caracteriza por estar robustamente limitado por su geología estructural, ya que concierne con el levantamiento anticlinal Napo. Al norte se origina la Cordillera del Napo, entre los ríos San Miguel y Anzú, Así mismo, en dirección sur la formación morfológica más particular está constituida por las Cordilleras del Cóndor y del Cutucú (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2015).

#### **1.1.6.2. Dominio fisiográfico amazonía periandina**

El cantón se delimita en toda la franja oriental y central, específicamente en los márgenes de los ríos Chimbime, la frontera con el Perú, Pastaza y Macuma, con alturas de entre los 400 y 700 m.s.n.m. En términos morfológicos se encuentran dentro del dominio de los Piedemontes distales, distinguidos por testigos de cono de esparcimientos y superficies de conos de esparcimiento, compuestos principalmente por areniscas y arcillas tobáceas que presentan conglomerados gruesos con estratificación cruzada de la Formación Mera de edad Holocenos (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2015).

#### **1.1.6.3. Dominio fisiográfico medio aluvial amazónico**

Está determinado y representado por los depósitos asociados a los ríos de la cuenca amazónica. Es un régimen muy inestable en el tiempo, ya que, los procesos de sedimentación y erosión fluviales son muy intensos. Conjuntamente, el sistema fluvial reconoce con rapidez los cambios meteorológicos y tectónicos, donde circulan entre los valles estrechos formados por los sedimentos Neógenos y Paleógenos (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2015).

#### 1.1.6.4. Morfología

- Cordillera del Cutucú: Está formada por relieves sobre rocas areniscas y calcáreas, estas no poseen cobertura de cenizas volcánicas. Se sitúa en la zona noroccidental, dominando el cerro Wisui y las Lomas Kampaneint, este contexto se identifica como el de menor carácter dentro del dominio de la Zona Subandina, con altitudes que oscilan entre los 600 y 1.500 m.s.n.m. Su extensión se acerca a los 180 km<sup>2</sup>, equivalentes al 3% de la extensión total del cantón (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2015).
- Estructuras orientales subandinas: Se refiere a un grupo de relieves, con identidad propia en correlación con los otros del mismo dominio (Cutucú, Cóndor y Cordilleras del Napo), que trazan un borde submeridiano a partir del Tena hasta las inmediaciones de la región de Morona.  
  
Se ubican, en el borde occidental del cantón con altitudes que oscilan entre los 400 y 700 m.s.n.m. En las fracciones centro-norte y en las proximidades del río Pastaza, se origina el anticlinal determinado como Cangaimé-Macuma, sobre las formaciones Chalcana y Tiyuyacu de edades Mioceno y Paleoceno. En dirección centro-sur, se halla una mayor proporción de estructura geológicas y vertientes que alcanzan importantes pendientes, que corresponden a la Formación Chambira y Arajuno. La extensión se aproxima a los 1.400 km<sup>2</sup>, lo que equivale a un 22,4% del total del cantón (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2015).

- Colinas periandinas occidentales: El cantón Taisha se encuentra emplazado en el extremo suroriental, aproximándose al límite con el Perú, con una superficie de 195 km<sup>2</sup>, que equivale al 3,2% del total (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2015).

**Tabla 4**

*Contextos morfológicos y geoformas presentes en el cantón.*

<b>Contexto Morfológico</b>	<b>Grupo Genético</b>	<b>Geoforma</b>	<b>km<sup>2</sup> (aprox.)</b>
Cordillera del Cutucú: relieves sobre rocas calcáreas y areniscas con y sin formas estructurales.	Tectónico-Erosivo	Relieve colinado muy bajo	3
		Relieve colinado bajo	206
		Relieve colinado medio	289
		Relieve colinado alto	107
		Relieve colinado muy alto	47
Sin cobertura de cenizas volcánicas	Poligénicas	Coluvio - aluvial reciente	<1
		Coluvio – aluvial antiguo	3
		Cerro testigo	1
Estribaciones orientales subandinas, relieves sobre arcillas y areniscas (parcialmente fosilizadas por las formaciones de piedemonte)	Fluvial	Valle en V	1
		Barranco	2
		Superficie de cono de esparcimiento	3427
		Superficie de cono de esparcimiento disectado	2
	Laderas	Abrupto de cono de esparcimiento	<1
		Testigo de cono de esparcimiento	257
		Vertiente rectilínea con abruptos	3
		Vertiente heterogénea	3

**Fuente:** Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (2015).

#### **1.1.6.5. Descripción de geoformas**

- Fluvial: Se muestra desplegada a lo extenso de toda la superficie del cantón, específicamente en los ríos Huasaga en el centro, Pastaza en el norte y Cangaimo al sur. Esta geoforma está caracterizada por depósitos aluviales

existentes, los cuales, son depositados y transportados por los sistemas fluviales de gránulos muy disparejos y con marcadas diversificaciones verticales y laterales de facies, preparados en bordes inmediatos al canal fluvial (Ministerio de Agricultura, Ganaderia, Acuacultura y Pesca, 2015).

- Laderas: Está se localiza en la región noroccidental del cantón, en las zonas de San Ángel, Cerro Wisui, el río Macuma y el río Panki. Está ubicada dentro de los contextos morfológicos: Estribaciones orientales subandinas y Cordillera del Cutucú. Está caracterizada por la presencia de una pendiente que oscila entre mediana a fuerte (de 13% a 60%) y un desnivel que varía entre los 30 y los 400 metros (Ministerio de Agricultura, Ganaderia, Acuacultura y Pesca, 2015)..
- Estructural: Este tipo de geoformas, están distribuidas al occidente del cantón. Estas mesetas, dominantes sobre el terreno adyacente, se despliegan sobre las capas horizontales de las formas geológicas Arajuno, Chambira, Mera y Chalcana (Ministerio de Agricultura, Ganaderia, Acuacultura y Pesca, 2015).
- Tectónico-erosivo: Estos relieves se despliegan en tres sectores, primeramente, al centro-este del cantón, al noroeste junto al Cerro Wisui, estos se ubican en el interior del contexto morfológico denominado Estribaciones orientales subandinas y finalmente en el extremo suroriental del cantón, cercano al límite con el Perú, se presenta el contexto morfológico Colinas periandinas occidentales (Ministerio de Agricultura, Ganaderia, Acuacultura y Pesca, 2015).

- Poligénicas: Se encuentran ubicados en la zona céntrica. Tiene presencia en el interior del contexto morfológico de Estribaciones orientales subandinas. Exhibe una pendiente de mediana intensidad con forma de V, formada principalmente por arcillas, arenas, bloques, gravas y limos característicos de los depósitos coluvio-aluviales (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2015).

## **1.2. Marco teórico**

### **1.2.1. Minería a cielo abierto**

La extracción a cielo abierto hace referencia al procedimiento de obtener minerales en la superficie terrestre, en contraste con la minería subterránea. En esta técnica, se utilizan herramientas y explosivos para retirar una considerable cantidad de tierra con el fin de acceder a los depósitos minerales. Esto da lugar a la formación de enormes cráteres, que pueden tener diámetros superiores a los 10 kilómetros y profundidades que varían generalmente entre 100 y 900 metros. Gracias a la avanzada maquinaria de excavación, así como a la implementación de cintas transportadoras, sistemas de conductos y nuevos materiales, es viable extraer grandes cantidades de material en un corto período de tiempo. Esto permite que la extracción de incluso menos de un gramo de oro por cada tonelada de material extraído sea económicamente provechosa (Bellotti, 2011).

La actividad minera a cielo abierto conlleva una significativa alteración de la superficie terrestre. Genera depresiones cuyas dimensiones están vinculadas a la cantidad total de material extraído durante la operación, y estas depresiones forman una modificación morfológica permanente en el terreno. Durante la fase de exploración minera, varias actividades pueden ocasionar impactos ambientales, tales como mapeos topográficos

y geológicos, preparación de accesos viales, establecimiento de campamentos y estructuras auxiliares, estudios hidrogeológicos, investigaciones geofísicas, y la excavación de pozos de reconocimiento y zanjas (Bellotti, 2011).

### ***1.2.2. Diseño de explotación de canteras***

Este se refiere a una secuencia de acciones realizadas con el fin de sacar provecho de un recurso valioso. En este caso en particular nos referimos a la recuperación de rocas duras para llevar a cabo una clasificación y posteriormente un proceso de transformación de grava, arena, ripio, material de base y sub base (Taype, 2016).

Se hace referencia a una cantera como la fuente primaria de obtención de suelos y rocas utilizadas en la construcción de estructuras. Una cantera es un lugar donde se lleva a cabo la explotación de minerales, generalmente al aire libre, para obtener rocas que pueden ser utilizadas con fines ornamentales, para la obtención de materiales como áridos o para aplicaciones industriales. Dependiendo del tipo de material requerido, una cantera puede ser de suelos, de rocas o una combinación de ambos (Taype, 2016).

**Tabla 5***Criterios de clasificación de canteras*


---

Disponibilidad del material de donde debe considerarse no solo que haya cantidad Suficiente, sino que tenga potencia o proporción suficiente del agregado requerido.

---

Calidad del mismo de lo cual se puede hacer una estimación preliminar visualmente in situ y se debe verificar mediante los ensayos de laboratorio que son fundamentales para aceptar cercanía o rechazar un agregado.

---

Cercanía de las obras a la cantera y acceso a la misma (medios de transporte) que influyen en el costo del proyecto y que determinan la elección de una entre varias canteras que tengan agregados similares.

---

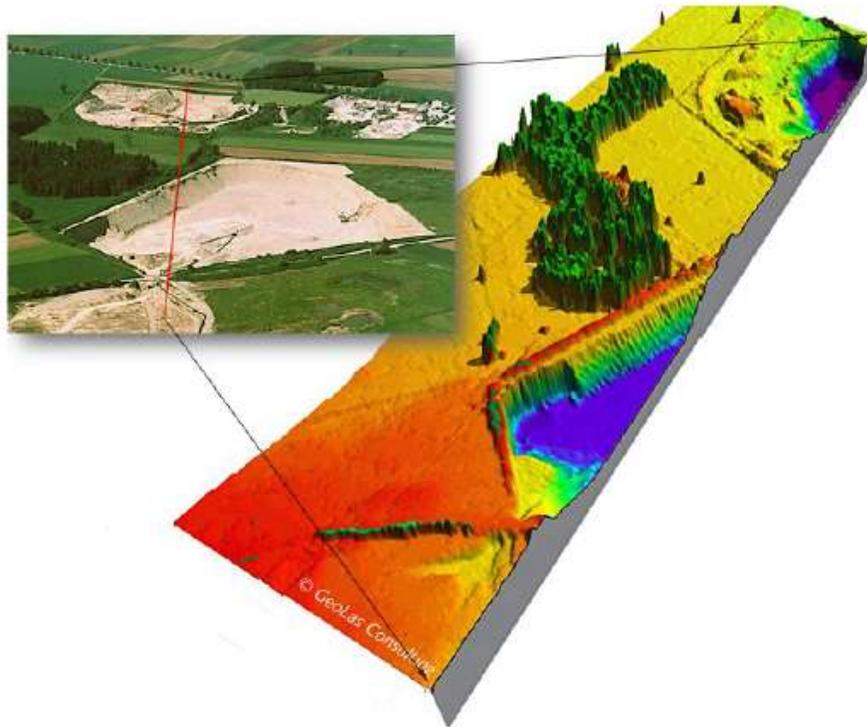
Todos estos aspectos demandan no solamente de la inspección ocular y visita a la zona, sino del análisis de lo que se denomina calidad de los agregados, que se efectúa con los resultados de los ensayos realizados a los mismos en el laboratorio para saber las propiedades y las características que además de diversas guardan relación entre sí.

---

**Fuente:** Elaboración Propia

**1.2.3. Localización de yacimientos**

La información relacionada con el medio ambiente y la geología constituye el inicio de investigaciones previas a la explotación de depósitos. Estos estudios se basan principalmente en analizar detalladamente las explotaciones cercanas a las zonas de interés, considerando tanto la cantidad como la calidad de lo demandado. Esto se hace en función de la demanda anticipada, teniendo en cuenta aspectos tecnológicos, geotécnicos y geológicos de las áreas seleccionadas (Herrera, 2007).

**Figura 7.***Características geológicas de explotación*

**Fuente:** Herrera (2007).

Las labores de estimación que preceden a la explotación de un yacimiento de áridos natural, permiten especificar lo siguiente:

**1.2.3.1. Parámetros geotécnicos**

La selección de zonas inicia con la realización y estudio del mapa geológico, después, se inicia la realización de un análisis fotogeológico que posibilite precisar de manera más detallada las áreas de inclinación de la formación rocosa, así como su ángulo de inclinación y los puntos donde emerge a la superficie. En los casos donde, la cobertura vegetal impide la ejecución de las observaciones, los reconocimientos a través de técnicas

de sondeos y geofísicas se hacen indispensables para detallar los parámetros geotécnicos (Herrera, 2007).

### 1.2.3.2. Parámetros hidrogeológicos

La meta principal reside en determinar la ubicación del nivel freático en la posible zona de explotación. Esto se reconoce como uno de los elementos cruciales para evaluar la factibilidad de la operación, ya que mantener una extracción constante de agua en la cantera podría dar lugar a un aumento considerable en los costos operativos (Herrera, 2007).

### 1.2.3.3. Parámetros del material extraíble

En la siguiente tabla se presentan las características de los áridos que deben ser tomadas en cuenta al evaluar su idoneidad para diversas aplicaciones:

**Tabla 6**

*Propiedades de áridos para la determinación de su calidad*

---

Naturaleza petrológica: Determina características geomecánicas y durabilidad del árido

---

Texturas superficiales: Está influenciado por el rozamiento interno y en la resistencia al pulimento árido, tamaño y forma del grano, porosidad

---

Densidad del conjunto: En función de la porosidad y la mineralogía

---

Propiedades mecánicas: Módulos elásticos de conjunto, función de módulos elásticos de los minerales y de los poros presentes

---

Resistencia a la compresión: Para valorar su calidad mecánica choque y atrición

---

Compacidad: Por su influencia en la absorción de agua y de ligante

---

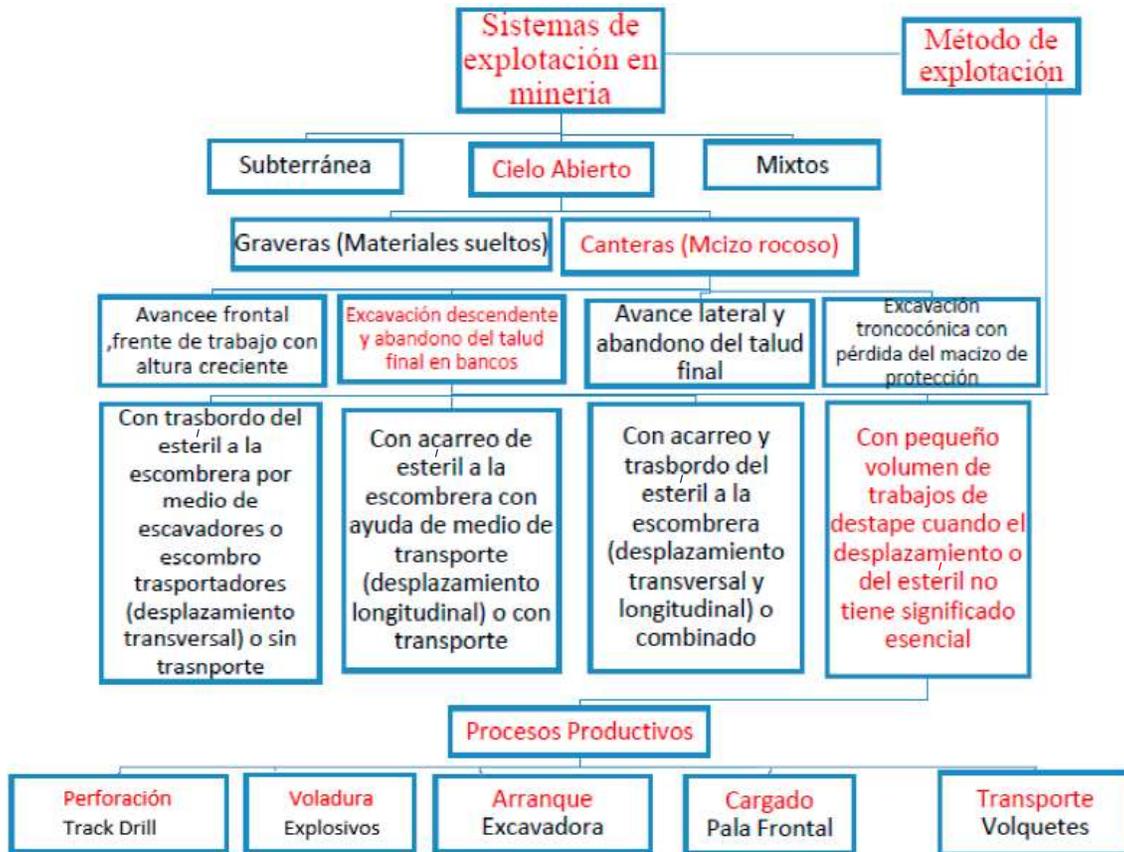
**Fuente:** Herrera (2007).

### 1.2.3.4. Parámetros ambientales

La creación y ejecución de un plan de utilización requiere abordar un aspecto de gran alcance y tener en cuenta factores ambientales de alta complejidad. Estas iniciativas no solo representan una herramienta fundamental para la gestión ambiental, sino que también se valoran en la actualidad como elementos de seguridad.

**Figura 8.**

*Trabajos a cielo abierto*



**Fuente:** Santana (2019).

Considerando las labores a llevar a cabo, las operaciones mineras se llevarán a cabo de la siguiente manera:

**Tabla 7**

*Operaciones mineras en canteras*

---

Eliminación de la capa vegetal que recubre la cantera

La extracción del material se realizará mediante maquinaria apropiada, lo que implicará la separación del material rocoso a través de la perforación y el uso de explosivos.

Se procederá a cargar el material extraído y transportarlo en vehículos hacia las trituradoras, o en casos particulares, hacia los compradores pertinentes.

Fragmentación y categorización del material.

Envío del material al cliente.

---

**Fuente:** Santana (2019).

**1.2.3.5. Características geométricas según el tipo de excavación**

A continuación, se exponen en la tabla los elementos geométricos clave que constituyen la planificación de las excavaciones:

**Tabla 8**

*Parámetros Geométricos*

---

**Altura de banco:** es la distancia vertical entre dos niveles o lo que es hasta la parte más alta o cabeza del mismo.

---

**Talud de banco:** es el ángulo delimitado entre la horizontal y la línea de máxima pendiente de la cara del banco.

---

**Talud de trabajo** es el ángulo determinado por los pies de los bancos entre los cuales se encuentra alguno de los tajos o plataformas de trabajo. Es, en consecuencia, una pendiente provisional de la excavación.

---

Límites finales de la excavación: son aquellas situaciones espaciales hasta las que se realizan las excavaciones

---

Talud final de es el ángulo del talud estable delimitado por la horizontal y la línea que une explotación el pie del banco inferior y la cabeza del superior.

---

Bermas son aquellas plataformas horizontales existentes en los límites de la excavación sobre los taludes finales, que coadyuvan a mejorar la estabilidad de un talud y las condiciones de seguridad frente a deslizamientos o caída de rocas.

---

Pistas son las estructuras viales dentro de una explotación a través de las cuales se extraen los materiales, o se efectúan los movimientos de equipos y servicios entre diferentes puntos de la misma.

Se caracterizan por su anchura, su pendiente y su perfil.

---

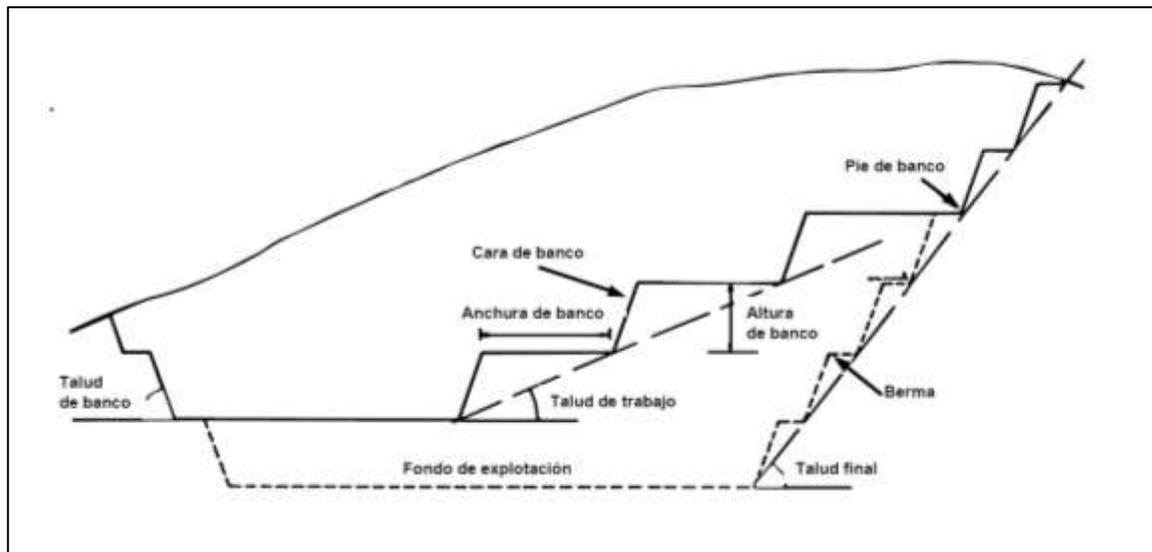
Ángulo de reposo es el talud máximo para el que es estable sin deslizar el material suelto que lo de material constituye y en condiciones de drenaje total, después de vertido.

---

**Fuente:** Herrera (2007).

### Figura 9.

*Parámetros geométricos de explotación de canteras*



**Fuente:** Herrera (2007).

#### **1.2.4. Estimación de reservas**

Para realizar la estimación, se efectúa el cálculo del perímetro de la cantera y se determina la superficie del polígono resultante. Esta cantera se encuentra situada adyacente a la orilla del río y desempeña el papel de guiar el curso del flujo del río, previniendo inundaciones más allá de los límites naturales. Se emplea una zona de explotación con un ancho aproximado de 30 metros, que es el espacio requerido para redirigir el curso del río en una línea recta. Luego, se determina el volumen de material extraído en función del área del proyecto, considerando la máxima profundidad entre la cota del nivel freático y la superficie superior "superficie TIN" (Cuesta et al., (2022)).

#### **1.2.5. Diseño del depósito**

Se analiza la extensión horizontal del depósito, y su envergadura se ajusta al espacio más reducido requerido para garantizar la operación fluida de los equipos de excavación. El cálculo del ancho mínimo se efectúa a través de la siguiente fórmula (Cuesta et al., (2022)):

$$A_p = (M * 2) + A \quad (1)$$

La posibilidad de extracción se encuentra restringida por la disponibilidad de la maquinaria de excavación, lo que implica la necesidad de realizar una estimación basada en el grupo de camiones volquete asignados para el transporte de áridos. Para realizar este cálculo, se emplean los siguientes parámetros como puntos de referencia (Cuesta et al., (2022)).

$$P_d = N * C * V \quad (2)$$

Pd: Producción diaria

N: Cantidad de camiones volquete disponibles

C: Capacidad de los camiones volquete

V: Número de viajes efectuados en un día

En la fase de planificación del proyecto se contemplan tres niveles de producción diferentes: elevado, intermedio y reducido. Al mismo tiempo, se analiza la capacidad y el número de los equipos requeridos para el proceso de explotación y transporte, también el tonelaje de reposición del pétreo, con el objeto de conseguir la vida útil del yacimiento y el ritmo de explotación diario demandado.

**Tabla 9**

*Volumen de explotación*

Cálculo del volumen efectivo de explotación				
Esc.	Cap. de explotación (m <sup>3</sup> /d)	Reposición diaria	Vol. Efectivo de explotación	Análisis
1	480 m <sup>3</sup> /d	477.71 m <sup>3</sup> /d	2.29 m <sup>3</sup> /d	La capacidad de explotación y reposición son muy similares, por lo tanto, este escenario se caracteriza por ser de bajo impacto
2	640 m <sup>3</sup> /d	477.71 m <sup>3</sup> /d	162.29 m <sup>3</sup> /d	La capacidad de explotación es ligeramente mayor a la reposición natural del río, lo que permite aumentar la producción.
3	800 m <sup>3</sup> /d	477.71 m <sup>3</sup> /d	322.29 m <sup>3</sup> /d	La capacidad de explotación es notablemente mayor, haciendo posible disminuir costos operativos con una alta producción.

**Fuente:** Cuesta et al (2022).

**Figura 10.***Transporte de material***Fuente:** Herrera (2007).

Para calcular la duración potencial del depósito, se establece una relación entre el volumen que puede ser extraído y el volumen que efectivamente se extraerá, teniendo en cuenta la reposición del material rocoso. Esto implica la creación de varios escenarios con el fin de identificar los factores más beneficiosos para la operación.

Donde:

Dependiendo del tipo de escala (baja, media o alta) se calcula,

$$T = \frac{\text{Vol.de la Cantera}}{\text{Vol.efectivo de la Exp.}} \quad (3)$$

T = Estimación de la duración del proyecto



- Examinar las detonaciones en los bordes de la excavación para reducir el desgaste en la porción no excavada del terreno.

- Implementación de sistemas de drenaje seguros en las masas de tierra para aliviar los esfuerzos generados por el agua.

#### **1.2.5.2. Orientaciones y dimensiones de los bancos**

Una vez establecidas las inclinaciones seguras de los taludes, es necesario efectuar un estudio de la geometría de los bancos, está se encuentra condicionada por la orientación relativa de los taludes en relación a la estratificación y su disposición. No obstante, resulta viable detallar las diversas situaciones que podrían surgir en los taludes de extracción y ofrecer algunos principios esenciales para la planificación de su estructura (Herrera, 2007).

Con los estudios que se realicen se consiguen las siguientes características físico-mecánicas como:

- Desgaste por abrasión
- Distribución de tamaños de partículas (granulometría)
- Densidad o peso específico
- Contenido de humedad
- Capacidad de resistencia a la compresión simple

Y con la definición de estas características se efectúa el cálculo de los parámetros técnicos que permiten conseguir el diseño de explotación con elementos como (Santana, 2019):

- Cantidad de niveles o bancos.
- Altura de cada banco.
- Profundidad de la cantera.

- Ángulo de inclinación del talud.
- Ancho de la berma.
- Tamaño de la superficie de trabajo o plataforma de trabajo.

#### **1.2.5.3. Altura de banco**

Por lo común, se calculan las medidas de los dispositivos de carga y excavación, los estándares para elegir el enfoque de explotación y los atributos del sustrato rocoso. En líneas generales, el elemento restrictivo para definir la elevación de las plataformas es el aspecto relacionado con la carga, además de la altitud máxima que puede lograr la pala excavadora (Herrera, 2007).

#### **1.2.5.4. Anchura de plataformas de trabajo**

Se refiere a la inclusión de los espacios necesarios para permitir la operación simultánea de las máquinas en la zona. Esto implica asegurar que haya espacio adecuado para que las palas y los camiones volquete puedan moverse sin acercarse demasiado al frente de trabajo. Además, se busca mantener una distancia de al menos cinco metros del borde del banco para garantizar la seguridad durante el desarrollo normal de las tareas (Herrera, 2007).

#### **1.2.5.5. Bermas**

Se utilizan como áreas de acceso en las pendientes de una excavación y al mismo tiempo como espacios de protección para detener los materiales que puedan desprenderse desde las partes superiores hasta las zonas de trabajo en los niveles inferiores (Herrera, 2007).

### **1.2.6. Accesos y pistas**

Constituyen los elementos más desafiantes en términos de infraestructura para definir, ya que deben garantizar un acceso seguro y completo a todas las áreas de la cantera. Estos aspectos se relacionan con las rutas por las cuales se desplazan los vehículos dentro del complejo de explotación.

Las pautas de diseño para las carreteras y los accesos varían. En el caso de las carreteras, el tránsito es constante, usual en ambas direcciones y a velocidades más altas. Por otra parte, en los puntos de entrada, que se emplean de manera ocasional y únicamente para facilitar el tránsito de las máquinas destinadas a labores auxiliares, el flujo de vehículos es mínimo y se lleva a cabo a velocidades considerablemente más bajas.

#### **1.2.6.1. Acceso**

Las pendientes de los accesos no deben exceder el 20% (equivalente a  $11^\circ$ ) bajo ninguna circunstancia. En términos de su amplitud, deben ser al menos dos metros más anchos que la máquina o unidad más ancha que circulará por ellos. Adicionalmente, es necesario incorporar un espacio de al menos dos metros entre el límite del acceso y la parte inferior de la pendiente. Cuando se esté planificando y diseñando los puntos de entrada, se debe fundamentar el ancho, las zanjas de drenaje y el espacio adicional propuesto tomando en cuenta tanto la categoría del acceso como las peculiaridades particulares de la maquinaria involucrada. Esto permitirá ofrecer una descripción detallada del diseño de los puntos de entrada en los planos, incorporando la disposición de los carriles, las áreas de berma, los puntos medianos y los radios de giro en las curvas, las conexiones con el terreno en los puntos de encuentro, los cruces en las intersecciones, y la representación de las elevaciones y las secciones transversales (Herrera, 2007, pág. 24).

### **1.2.6.2. Pistas**

El diseño debe ser concebido de manera que los equipos de transporte puedan desplazarse a una velocidad constante y en condiciones de seguridad óptimas. En este sentido, las premisas de diseño se centran principalmente en (Herrera, 2007):

- Inclinación de la pendiente
- Dimensión de la carretera
- Trayectorias curvas: tamaños de radio, inclinación y margen adicional
- Visibilidad en las curvas y alteraciones en la elevación
- Secciones cóncavas o tramos en ascenso
- Cuidado y conservación a largo plazo

### **1.2.7. Drenaje y desagüe**

El diseño de la operación de extracción debe basarse en estudios como los hidrogeológicos e hidrológicos, que se centran en comprender las demandas de drenaje y desagüe de la explotación. Estos estudios permiten identificar las medidas correctivas y preventivas necesarias para garantizar un manejo adecuado del agua en la operación (Herrera, 2007).

## **1.3. Marco legal**

### **1.3.1. Constitución de la República del Ecuador:**

- Título I, “De los Principios Fundamentales”, artículo 3 “Deberes del Estado”, numeral 3.
- Capítulo II “De los Derechos Civiles”, artículo 23, numeral 6.
- Sección 4ª. “De la Salud”, artículo 42.

- Sección 2ª. “Del Medio Ambiente”, capítulo 5 “De los Derechos Colectivos”, artículo 86.

**1.3.2. Código penal:**

- Artículo 437, establece una serie de infracciones tipificadas como Delitos Ambientales, relacionados con aspectos de contaminación ambiental, destrucción de biodiversidad, y manejo inadecuado de sustancias tóxicas y peligrosas.

**1.3.3. Código de salud:**

- Artículo 6, determina que el saneamiento ambiental es el conjunto de actividades dedicadas a acondicionar y controlar el ambiente en que vive el hombre, a fin de proteger su salud.

**1.3.4. Código orgánico de organización territorial, autonomía y descentralización (artículo del 1 al 6)**

- Capítulo I, De la “Prevención y Control de la contaminación del Aire”.
- Capítulo II, De la “Preservación de la Contaminación de Aguas” en su Artículo 6.

**1.3.5. Ley de minería**

- De la “Preservación del Medio Ambiente” (Artículo del 78 al 85).

**1.3.6. Reglamento de seguridad minera:**

- Decreto Ejecutivo No. 3934. RO/ 999 de 30 de Julio de 1996 (Artículos 38, 43, 44, 45)

## CAPÍTULO 2

### METODOLOGÍA Y ENSAYO EXPERIMENTAL

#### 2.1. Metodología aplicada

Para llevar a cabo la investigación y lograr los objetivos establecidos, se siguieron los siguientes pasos:

- Recopilación de información y especificaciones escritas de la zona de estudio:
  - Cantón Taisha, provincia de Morona Santiago
- Investigación documental para el diseño de la cantera y las estructuras de protección de la ribera: Se llevó a cabo una búsqueda minuciosa en fuentes de referencia y literatura especializada con el propósito de adquirir conocimiento acerca del diseño más adecuado para la cantera y las medidas de defensa necesarias para la ribera del río.
- Excursiones de campo: Se realizaron visitas al sitio de investigación con el propósito de llevar a cabo evaluaciones en el lugar. Estas excursiones comprendieron la evaluación directa del impacto ambiental, estudios geológicos, análisis del mercado y la recolección sistemática de información relevante que contribuyó al diseño integral de la cantera.
- Planteamientos de los diseños: Utilizando programas como AutoCAD, Civil 3D y Microsoft Office, se llevaron a cabo los planteamientos y esquemas de diseño basados en la información recopilada y los criterios obtenidos durante las salidas de campo.

- Conclusiones y recomendaciones: Se presentaron las conclusiones obtenidas de la investigación y se formularon recomendaciones relacionadas con el diseño de la cantera y las estructuras de defensa ribereñas.

## **2.2. Levantamiento topográfico**

La zona de investigación se define a partir de puntos recabados en el terreno mediante el empleo de sistemas de posicionamiento global (GPS). Estos datos se aprovechan para construir un mapa de localización, el cual, a su vez, se emplea en la generación de un modelo digital de elevación a través del programa informático ArcGIS. Para generar las líneas de nivel requeridas en este procedimiento, se recurre a imágenes captadas por satélites.

## **2.3. Geología regional**

La descripción de la geología de la región se basa en los detalles presentados en el informe técnico del proyecto "Levantamiento de Cartografía Temática Escala 1:25.000, Lote 2", que fue llevado a cabo en 2015 por el Sistema de Información de Tierras (SIGTIERRAS) del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca.

## **2.4. Geología local**

La elaboración minuciosa de la descripción geológica local se ejecutó principalmente a través de la recolección y evaluación de datos preliminares referentes a la geología en la región circundante. Esto permitió identificar las formaciones y unidades geológicas que son visibles en el área de investigación, además se realizó una visita técnica para levantar información a mayor detalle. En cuanto a los trabajos ejecutados se tiene el levantamiento de 7 afloramientos mediante fichas de campo, 4 muestreos mediante

calicatas y con ello la confección del mapa geológico con sus respectivos perfiles geológicos, analizados e interpretados en el software ArcGis10.5

## **2.5. Reservas de la cantera**

La cantidad de material disponible para su extracción en un área o sector específico se denomina "reservas". La evaluación de estas reservas se basa en diversas indagaciones iniciales, que abarcan actividades como exploración, levantamiento topográfico, estudio de suelos y análisis de las propiedades del material.

El proceso se inicia al definir los límites de la cantera y medir el área del terreno circundante. Esta cantera está situada en la ribera del río y cumple el propósito de regular el cauce del río para prevenir desbordamientos más allá de sus márgenes naturales. Para evaluar las reservas minerales, se emplea una zona de extracción con una anchura cercana a los 20 metros, lo cual, permite realizar un cálculo del volumen del material extraído al vincular el área de investigación con la máxima profundidad existente entre la superficie superior (superficie TIN) y el nivel del agua subterránea.

## **2.6. Ensayos de laboratorio**

Para esto, se realizó el levantamiento de información in situ, para lo cual, se utilizaron calicatas obteniendo muestras que fueron analizadas en el laboratorio, con la finalidad de comprobar la calidad del material de explotación, por lo tanto, estos parámetros ayudaron a conocer las reservas posibles, probadas, probables.

Al recolectar muestras directamente en el lugar, se llevaron a cabo los correspondientes ensayos en laboratorio. Estos ensayos permitieron establecer la calidad promedio del material rocoso. Utilizando estas muestras, se realizaron los siguientes

ensayos de acuerdo con las normativas del INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización) y las normas de la ASTM (Sociedad Estadounidense de Ensayos y Materiales):

- Norma técnica ecuatoriana INEN 696: Análisis granulométrico en los áridos, texturas fino y grueso. Ver. Anexo 1.
- ASTM C- 128: Método de Ensayo Normalizado para Determinar la Densidad, la Densidad Relativa (densidad aparente). Ver. Anexo 1.
- Ensayo al fuego para determinar la cantidad de oro mineral. Ver. Anexo 2.

**Tabla 10**

*Análisis de suelos*

<b>Textura %</b>			
<b>Arena</b>	<b>Limo</b>	<b>Arcilla</b>	<b>Clase Textural</b>
<b>52</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>Franco</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 11**

*Densidad aparente*

<b>Densidad aparente</b>	
<b>Determinada analíticamente por el método gravimétrico</b>	<b>1,50 g/cm<sup>3</sup></b>

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 12***Ensayo al fuego*

<b>Muestras:</b>	<b>J1</b>	<b>J2</b>	<b>J3</b>	<b>J4</b>	<b>J5</b>
	0,12 g/Tn	0,05 g/Tn	0,10 g/Tn	0,05 g/Tn	0,03 g/Tn

**Fuente:** Elaboración propia.**2.6.1. Consideraciones para el cálculo de reservas**

Para la obtención de las reservas se utilizó la información relevante del relieve topográfico y la geología del área.

La evaluación de la cantidad de material disponible se llevó a cabo utilizando un enfoque geométrico simple, debido a la uniformidad del terreno en cuestión. En consecuencia, el volumen del material se determinó multiplicando el área explotable por la profundidad promedio, considerando datos extraídos de las excavaciones realizadas en el terreno.

- Para las reservas probadas: Se basó en los datos de las excavaciones de calicatas (Estratigrafía del suelo).
- Para las reservas probables: Se consideró una profundidad adicional de 1 metro, lo que podría revelar mayores cantidades de material, convirtiéndose en reservas prospectivas y potenciales a medida que se realicen exploraciones más detalladas

**2.6.2. Estimado de la reserva:**

- Para el bloque probado

$$\mathbf{Reserva\ 1 = A * P1} \quad (4)$$

Dónde:

A: Superficie de la zona de interés según el levantamiento topográfico

P1: Profundidad verificada mediante excavaciones en las calicatas.

- Para el bloque probable

$$\mathbf{Reserva\ 2 = A * P2} \quad (5)$$

Dónde:

A: Superficie de la zona de interés según el levantamiento topográfico

P2: Profundidad verificada mediante excavaciones en las calicatas

- Reserva total:

$$\mathbf{Reserva\ Total = Reserva\ 1 + Reserva\ 2} \quad (6)$$

## 2.7. Parámetros técnicos

### 2.7.1. Parámetros de los bancos

Los bancos o plataformas de trabajo se establecieron en función de los pozos exploratorios o calicatas, de las cuales se extrajeron las muestras de suelos, esto con el objetivo de definir las etapas de la explotación minera.

### 2.7.2. Ángulo de inclinación del talud de trabajo

La fórmula siguiente se utiliza como punto de referencia:

$$\mathbf{\alpha = \arctan(f)} \quad (7)$$

f = Coeficiente de resistencia de Protodyakonov

$$\mathbf{f = R_{cop}/100} \quad (8)$$

R<sub>cop</sub> = Resistencia a la compresión simple

## 2.8. Diseño de explotación de placeres auríferos secundarios

La metodología para este apartado se basa en la identificación del sistema de explotación, de acuerdo a los parámetros evaluados en las fases anteriores como: topografía, área de explotación, volumen de material a explotar, características del depósito y características de rendimiento tanto de los equipos como de la maquinaria.

La valoración de la excavación se realizó considerando tanto la longitud del depósito como su extensión en dirección longitudinal. Sin embargo, el ancho de la excavación se adapta de manera precisa al espacio mínimo necesario para asegurar el rendimiento eficaz de la maquinaria de excavación.

$$A_p = (M^2) + A \quad (9)$$

Para el cálculo de la vida útil del depósito, se pudo calcular relacionando las reservas probadas con el volumen de producción anual, lo cual, se encuentra representado en la siguiente fórmula:

$$V_u = (\text{Reservas probadas } m^3) / (\text{Volumen de producción anual } m^3/\text{año}) \quad (10)$$

El ciclo de trabajo está estrechamente ligado a la demanda del material y al rendimiento de la maquinaria, por lo que para fines del proyecto se toma en consideración la carga y descarga del material para una volqueta de 15m<sup>3</sup>.

La cantidad de material que se puede extraer del depósito está limitada por la disponibilidad de la maquinaria asignada para el trabajo. Por lo tanto, resulta esencial realizar un cálculo aproximado de la cantidad de camiones requeridos para el transporte de material. Esto se hace con el propósito de alcanzar la tasa diaria de extracción necesaria y estimar la duración prevista de la explotación del yacimiento.

En otras palabras, para asegurar que se cumpla con la producción diaria deseada y para evaluar cuánto tiempo durarán las reservas material mineralizado, es crucial establecer la cantidad adecuada de volquetas para el transporte de los materiales. Esto asegurará un ritmo de explotación sostenible y óptimo para el depósito.

$$Pd = N * C * V \quad (11)$$

Pd: Producción diaria

N: Cantidad de camiones volquete disponibles

C: Capacidad de carga de los camiones volquete

V: Traslados efectuados en un día

Para analizar el ámbito económico se calculó el costo de producción por la extracción de m<sup>3</sup>.

### **2.8.1. Carga de sedimentos**

El objetivo de este diseño fue examinar el comportamiento del flujo del río. Con este fin, se empleó una teoría general que concibe el cauce del río como un canal abierto asimétrico, en el que el agua se comporta como un líquido ideal inelástico, con fricción mínima, y las partículas siguen la dirección del flujo.

Aunque el agua no es un líquido ideal perfecto, se acerca lo suficiente a esta característica. Por lo tanto, para describir con mayor precisión el comportamiento del agua, se emplean coeficientes y fórmulas empíricas. Estas herramientas permiten obtener una descripción más exacta y detallada del flujo del agua en el río y su dinámica fluvial.

### CAPÍTULO 3

#### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

##### 3.1. Análisis de la calidad del material de explotación

Una vez, realizada la recolección de las muestras a ser analizadas en el laboratorio, con la finalidad de comprobar la calidad del material. Se muestra a continuación los resultados de los ensayos realizados:

**Tabla 13**

*Resultados de las muestras de laboratorio*

<b>COD</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Nombre</b>	<b>Análisis AU (g/t)</b>
36359	9,7	J-1	0,12
36360	9,7	J-2	0,05
36361	8,1	J-3	0,1
36362	9,65	J-4	0,05
36362	11,2	J-5	0,03

**Fuente:** Elaboración Propia

De la tabla 13 podemos verificar que de las cinco muestras que se analizaron excavadas a través, de calicatas en el área que se plantea explotar, existe la presencia de oro (Au) lo cual, nos permite tener un valor de ley con el que podemos realizar la estimación de reservas probables.

### 3.2. Cálculo de las reservas

**Tabla 14**

*Cálculo de volúmenes*

<b>POZO EXPLORATORIO</b>	<b>LEY g/t</b>	<b>VOLUMEN DE EXTRACCIÓN TOTAL (m³)</b>	<b>VOLUMEN DE ESTERIL (m³)</b>	<b>VOLUMEN DE MATERIAL DE INTERÉS (m³)</b>
1	0,12	9667,37	2250	7417,37
2	0,05	8852	2250	6602
3	0,1	6037,58	2250	3787,58
4	0,05	7121,75	2250	4871,75
5	0,03	7271,75	2250	5021,75
		<b>38950,45</b>	<b>11250</b>	<b>27700,45</b>

**Fuente:** Elaboración Propia

- Para el pozo 1:

La densidad de material de interés es de **1,5 g/cm³**.

Para transformar de m³ a toneladas se debe multiplicar por la densidad del material:

$$Reserva\ 1 = 7417,37\ m^3 \times 1,5\ \frac{g}{cm^3} = 11\ 126,055\ t$$

Posteriormente se debe multiplicar por la ley presente en el pozo exploratorio:

$$Reserva\ 1 = 11\ 126,055\ Tn \times 0,12\ \frac{g}{t} = 1\ 335,127\ g$$

- Para el pozo 2:

$$\text{Reserva 2} = 6602 \text{ m}^3 \times 1,5 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} = 9903 \text{ t}$$

$$\text{Reserva 2} = 9903 \text{ Tn} \times 0,05 \frac{\text{g}}{\text{t}} = \mathbf{495,15 \text{ g}}$$

- Para el pozo 3:

$$\text{Reserva 3} = 3787,58 \text{ m}^3 \times 1,5 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} = 5681,37 \text{ t}$$

$$\text{Reserva 3} = 5681,37 \text{ Tn} \times 0,1 \frac{\text{g}}{\text{t}} = \mathbf{568,14 \text{ g}}$$

- Para el pozo 4:

$$\text{Reserva 4} = 4871,75 \text{ m}^3 \times 1,5 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} = 7307,63 \text{ t}$$

$$\text{Reserva 4} = 7307,63 \text{ Tn} \times 0,05 \frac{\text{g}}{\text{t}} = \mathbf{365,38 \text{ g}}$$

- Para el pozo 5:

$$\text{Reserva 5} = 5021,75 \text{ m}^3 \times 1,5 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} = 7532,63 \text{ t}$$

$$\text{Reserva 5} = 7532,63 \text{ Tn} \times 0,03 \frac{\text{g}}{\text{t}} = \mathbf{225,98 \text{ g}}$$

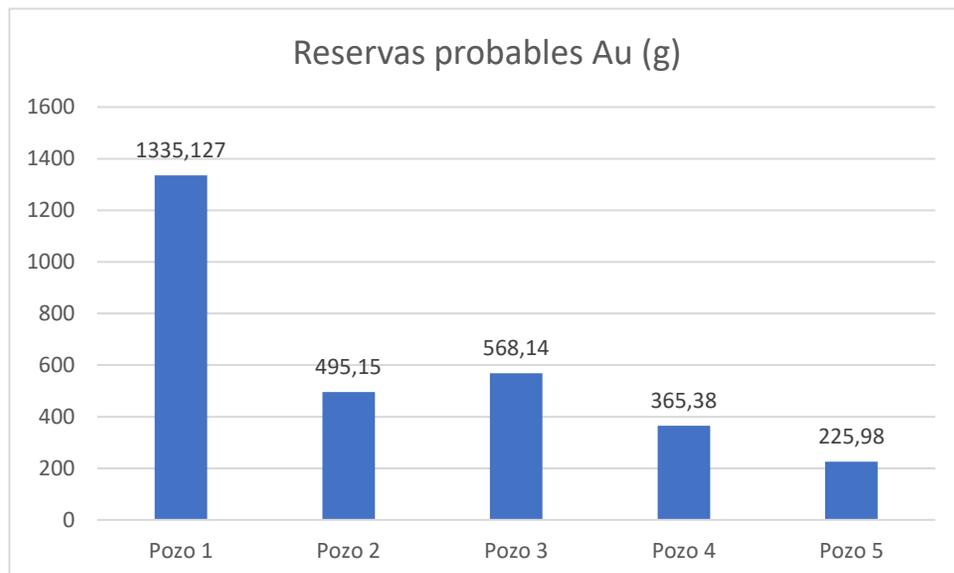
$$\text{Reservas Totales} = R1 + R2 + R3 + R4 + R5$$

$$\text{Reservas Totales} = 1335,127 \text{ g} + 495,15 \text{ g} + 568,14 \text{ g} + 365,38 \text{ g} + 225,98 \text{ g}$$

$$= \mathbf{2989,78 \text{ g}}$$

**Tabla 15***Cálculo de la reserva probable*

<b>POZO EXPLORATORIO</b>	<b>LEY g/t</b>	<b>VOLUMEN DE EXTRACCIÓN TOTAL (m<sup>3</sup>)</b>	<b>VOLUMEN DE ESTERIL (m<sup>3</sup>)</b>	<b>VOLUMEN DE MATERIAL DE INTERÉS (m<sup>3</sup>)</b>	<b>RESERVAS PROBABLES DE AU (g)</b>
1	0,12	9667,37	2250	7417,37	1 335,127
2	0,05	8852	2250	6602	495,15
3	0,1	6037,58	2250	3787,58	568,14
4	0,05	7121,75	2250	4871,75	365,38
5	0,03	7271,75	2250	5021,75	225,98
		<b>38950,45</b>	<b>11250</b>	<b>27700,45</b>	<b>2 989,78</b>

**Fuente:** Elaboración Propia**Figura 12.***Reservas probables***Fuente:** Elaboración Propia.

### 3.3. Vida útil de la cantera

Para lograrlo, se realizó el cálculo del volumen de material a extraer necesario para la operación de la empresa. En este contexto, se tiene los siguientes parámetros:

- 27 700,45 metros cúbicos de material de interés (grava aurífera).
- 11 250 metros cúbicos de material estéril.
- Se dispone de una volqueta de 15 m<sup>3</sup>.
- Ritmo de explotación: 800 m<sup>3</sup>/ día

$$Vida\ util = \frac{27\ 700.45\ m^3 + 11\ 250\ m^3}{800\ m^3/día}$$

$$Vida\ util = \frac{38950.45}{800} \text{ días} = 48 \text{ días}$$

Cabe aclarar que estos 48 días son los días netos que se tiene de descapote y explotación, debiendo sumar los días adicionales de preparación del frente, liquidación, cierre del mismo y otros posibles imprevistos. Ver tabla

### 3.4. Coeficiente de destape

El coeficiente de destape se describe como la proporción entre el volumen de material estéril y el volumen de reservas industriales, y se determina utilizando la expresión o fórmula siguiente:

$$Km = \frac{Vest}{Rind}$$

Km= Coeficiente

Vest= Volumen de material estéril

Rimd= Reservas de material de interés

$$Km = \frac{11250}{27700,45} = 0.04$$

El coeficiente de destape es de 0.04 en el proceso de extracción de material en la cantera. Esto significa que, en este contexto, el 4% del volumen total extraído corresponde a material estéril, mientras que el 96% es material aprovechable.

### **3.5. Diseño de explotación de la cantera**

El diseño de la explotación se llevó a cabo en 5 diferentes etapas, las cuales permitieron una extracción eficiente del material, teniendo en cuenta todos los parámetros que se han analizado previamente.

#### **3.5.1. Ubicación del proyecto**

Se ha preparado un mapa que muestra la ubicación de la cantera que será explotada, situada cerca de las orillas del río Panki.

**Figura 13.**

*Vista Aérea de la zona de explotación del proyecto*



**Fuente:** Elaboración Propia

**Figura 14.**

*Delimitación de la zona de explotación del proyecto*



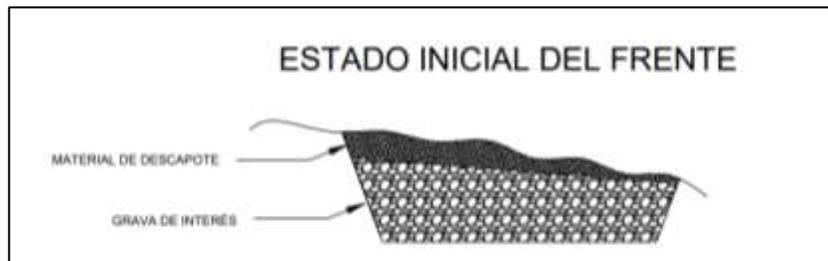
**Fuente:** Elaboración Propia

### 3.5.2. Destape o sobrecarga

El destape es el paso inicial donde se realiza el desbroce de la sobrecarga de la grava aurífera, este trabajo se realiza también con la ayuda de excavadoras, la materia a remover en este depósito consiste principalmente de limo arenoso y arcilla plástica, esta sobrecarga se colocará en la escombrera laterales para su uso posterior en la rehabilitación del terreno.

#### Figura 15.

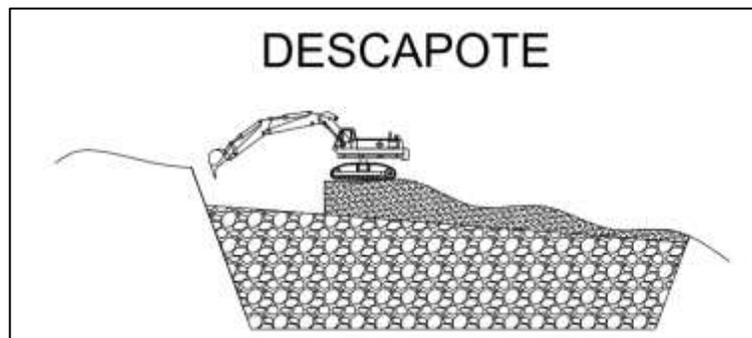
*Estado inicial del frente*



**Fuente:** Elaboración Propia

#### Figura 16.

*Descapote*



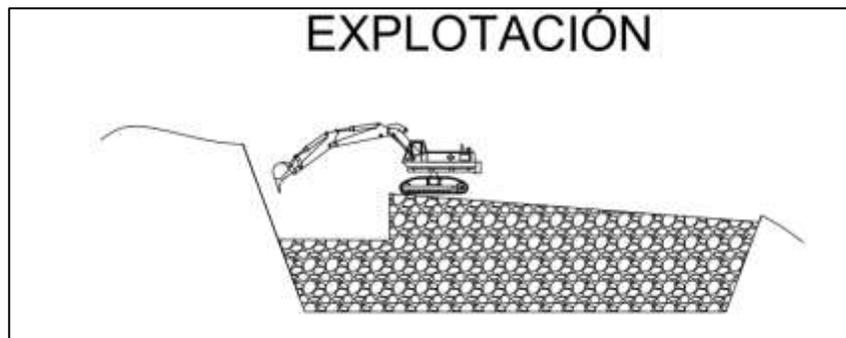
**Fuente:** Elaboración Propia

### 3.5.3. *Arranque de la grava*

Se comienza con una excavadora a realizar trincheras de corte para continuar con el arranque de la grava, este arranque se lo hace mediante el método en seco y mediante banqueo descendente con un ángulo de talud de  $70^\circ$ , y ya que el corte se realizó a 12 m de profundidad la extracción se realizó con la ayuda de dos excavadoras.

#### **Figura 17.**

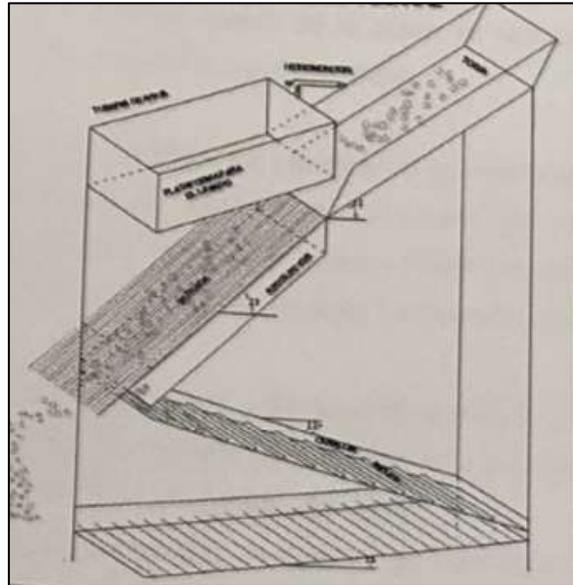
*Explotación*



**Fuente:** Elaboración Propia

### 3.5.4. *Lavado de la grava aurífera*

En la recuperación de oro en la planta de clasificación y lavado tipo Z se la realiza por gravimetría con el uso de agua a presión, dado esto no se utilizan sustancias químicas por ello no existe contaminación en el agua y el suelo.

**Figura 18.***Lavado de Grava*

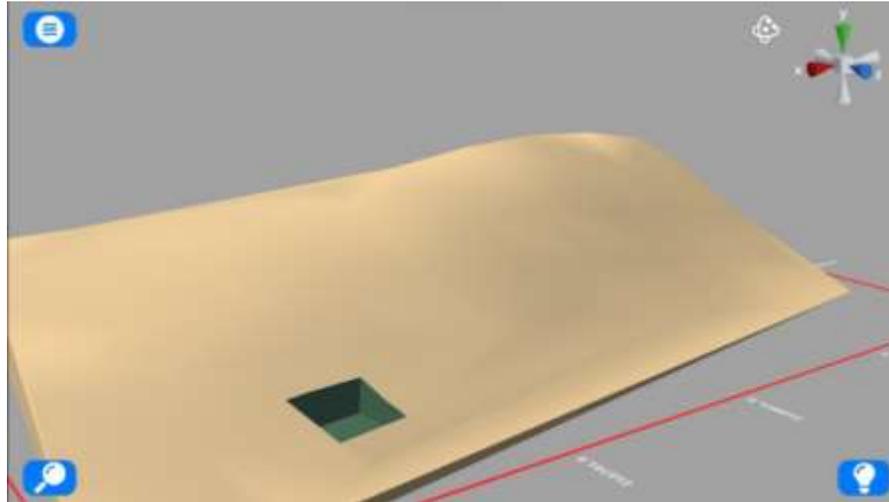
**Fuente:** Elaboración Propia

**3.5.5. Fases de explotación**

Para establecer el diseño de explotación se realizaron 5 pozos exploratorios, los cuales nos sirvieron como eje para definir las posteriores fases de explotación; es decir se establecieron 5 cortes de explotación dentro del área minera. Definiendo un sistema de explotación a cielo abierto.

**Figura 19.**

*Primera fase de explotación, definida como corte #1*

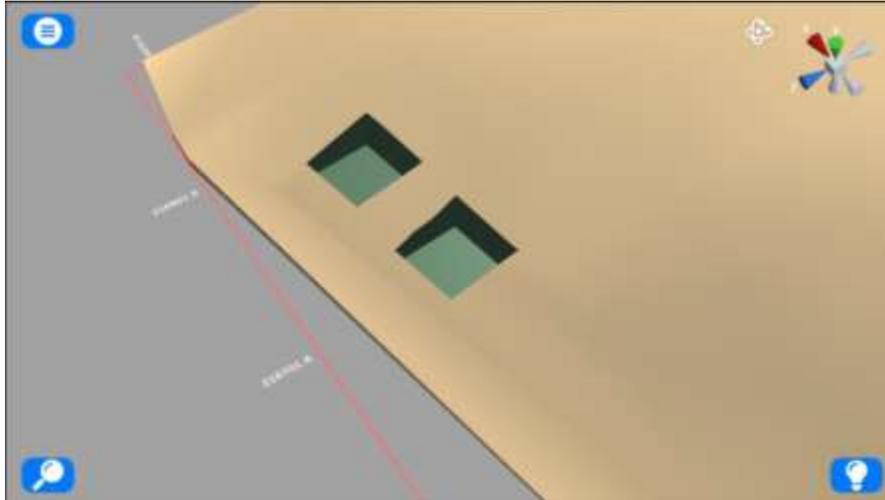


**Fuente:** Elaboración Propia

En esta fase se realizó el movimiento de 2 250 m<sup>3</sup> de material estéril, y 7 417,37 m<sup>3</sup> de grava aurífera, es decir material de interés para ser lavado posteriormente. La plataforma de trabajo se extiende de manera regular hacia el norte de la concesión minera con 6 m de ancho en función del ancho de la volqueta.

**Figura 20.**

*Segunda fase de explotación, definida como corte #2*

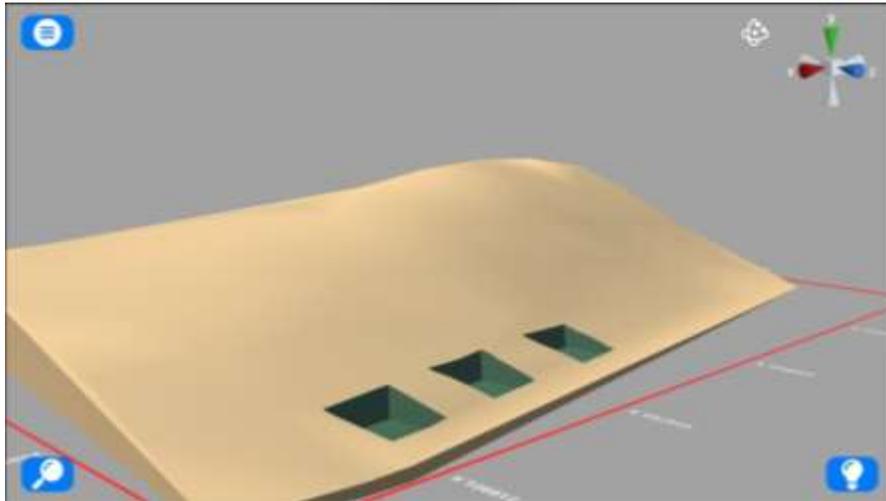


**Fuente:** Elaboración Propia

En esta fase se realizó el movimiento de 2 250 m<sup>3</sup> de material estéril, la misma cantidad que las demás fases, ya que la capa de estéril fue constante y regular. Además, se tuvo que transportar 6 602 m<sup>3</sup> de grava aurífera. La plataforma de trabajo se extendió de manera similar a la fase anterior, hacia el norte de la concesión minera con 8 m de ancho en función del ancho de la volqueta.

**Figura 21.**

*Tercera fase de explotación, definida como corte #3*

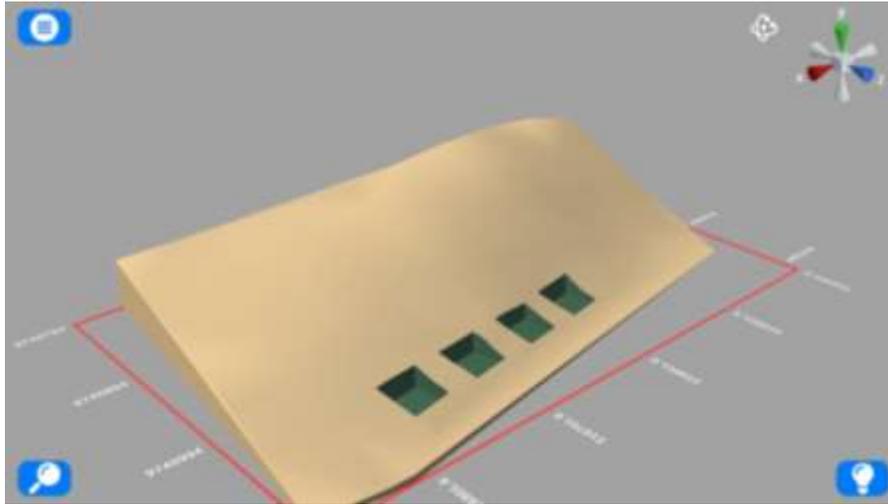


**Fuente:** Elaboración Propia

En esta fase se realizó el movimiento de 2 250 m<sup>3</sup> de material estéril. También se tuvo que transportar 3 787,58 m<sup>3</sup> de grava aurífera para ser lavada. La plataforma de trabajo se extendió paralela a la fase 2, con un ancho de vía de 6 m para facilitar el libre movimiento de la volqueta.

**Figura 22.**

*Cuarta fase de explotación, definida como corte #4*

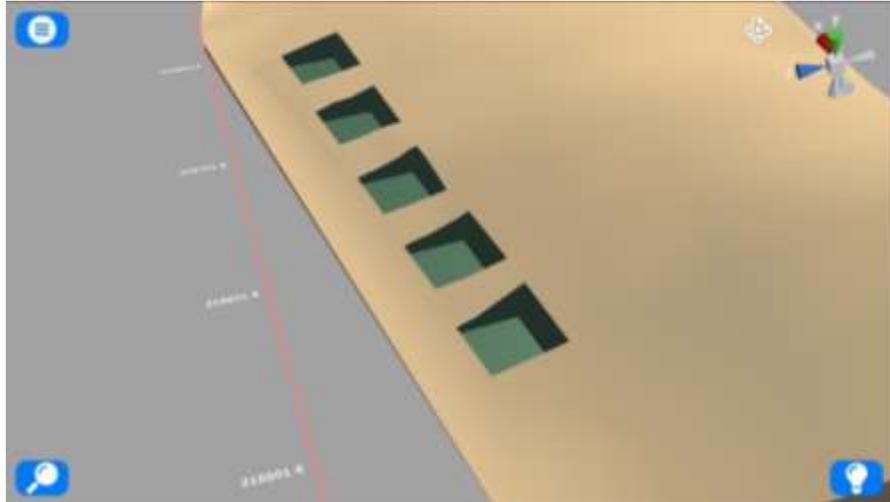


**Fuente:** Elaboración Propia

En esta fase se transportó 2 250 m<sup>3</sup> de material estéril, y 4 871,75 m<sup>3</sup> de grava aurífera, al ser la penúltima fase de explotación, el ancho de la plataforma de trabajo fue de 10 m de ancho hacia el norte de la concesión y en paralelo a la plataforma 3. A la par todo el material estéril junto con los restos de roca sin interés son transportados a la plataforma de trabajo del corte #1 para lograr mayor estabilidad y de esta manera empezar con el proceso de cierre de mina.

**Figura 23.**

*Quinta fase de explotación, definida como corte #5*



**Fuente:** Elaboración Propia

En esta fase final se realizó el movimiento de 2 250 m<sup>3</sup> de material estéril y se transportó 5 121,75 m<sup>3</sup> de grava aurífera. La plataforma de trabajo se acondicionó para iniciar con la etapa de cierre de mina. Todo el material estéril y todos los residuos producto de la lavada de la grava se usaron para rellenar las plataformas de trabajo de las fases anteriores.

### **3.5.6. Almacenamiento de la grava aurífera**

La sobrecarga extraída del primer bloque minado, así como el material procesado por la planta de lavado, se transportarán hacia una escombrera temporal. La ubicación de esta escombrera se selecciona de manera que cumpla con varios objetivos: facilitar el progreso de la actividad de extracción, minimizar los costos de transporte y vertido, asegurar un adecuado drenaje y permitir la reposición del material en los bloques ya explotados.

Es importante destacar que estas escombreras temporales no tienen dimensiones y formas fijas predefinidas, ya que se forman gradualmente a medida que se acumula la sobrecarga y el material de la planta de lavado. El material almacenado en estas escombreras temporales se utiliza posteriormente para rellenar las plataformas previamente explotadas, lo que contribuye a una gestión eficiente de los recursos y minimiza el desperdicio.

### ***3.5.7. Tratamiento físico de agua del proceso de lavado***

El agua que se utiliza para el lavado de la grava es recirculada, teniendo un mínimo de pérdidas por evaporación

Las dimensiones de las piscinas que permiten la sedimentación, decantación y clarificación del agua son de 15m x 14m x 3m, para una mejor efectividad de recirculación, lo cual garantiza con mejor eficiencia del uso del recurso hídrico.

- Piscinas de sedimentación: Es la primera piscina que llega el agua después del lavado de la grava, esta piscina va a separar por acción de la gravedad los sólidos más densos del agua.
- Piscina de decantación: Donde se terminarán de separar las partículas de los sedimentos mediamente densos, pasando de esta manera a un bajo porcentaje de sedimentos a la piscina de clarificación.
- Piscinas de clarificación: Es la piscina donde los sedimentos más finos son retenidos por medio de la gravedad, el agua de esta piscina entra nuevamente al sistema de lavado en la Planta Clasificadora tipo Z.

**Figura 24.**

*Tratamiento del agua de lavado*

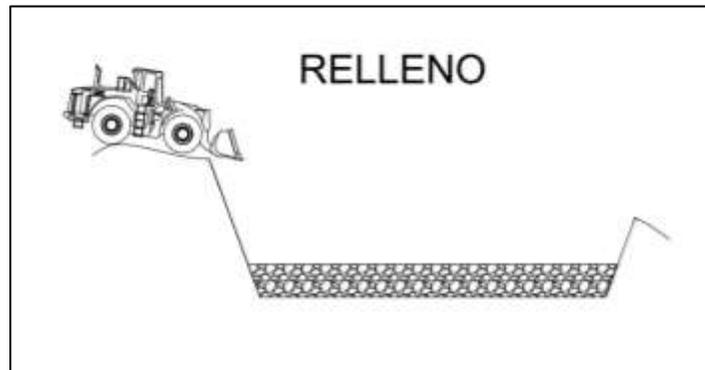


**Fuente:** Elaboración Propia

**3.5.8. Cierre de bloques explotados**

Se lo realiza en tres etapas: cierre progresivo, cierre final y post cierre.

- Cierre progresivo: se lo realiza desde el momento que empieza la explotación. De manera que esta avanza los bloques ya explotados se van rellenando con la grava lavada y luego el suelo rehabilitado de la zona explotada.
- Cierre final: corresponde a la rehabilitación de todos los bloques intervenidos dentro del área de explotación así también de las piscinas, el agua utilizada para el lavado será tratada y se realizará el muestreo de calidad del efluente previo a su descarga.
- Post cierre: consiste en el seguimiento de los bloques rehabilitados de los componentes ambientales, para dejar el área en iguales o similares condiciones a las encontradas.

**Figura 25.***Cierre de bloques explotados***Fuente:** Elaboración Propia**3.5.9. Maquinaria**

Para determinar el tipo y cantidad de maquinaria que se necesita para el proyecto a una explotación diaria de 800 m<sup>3</sup> se utilizó la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{P \times T}{3600 \times BF \times E \times A}$$

Q= Capacidad del cucharón de excavadora (m<sup>3</sup>)

3600= factor de transformación de segundos a horas

P= Producción requerida (m<sup>3</sup>/h)

T= Tiempo de ciclo teórico (s)

BF= Factor de llenado del balde

E= Eficiencia del Operador (%)

A= Disponibilidad física del equipo (%)

Para la producción requerida (P) se realizó el cálculo tomando en cuenta que se trabajará en una sola jornada (8 horas) y con una producción diaria de 800 m<sup>3</sup>.

$$P = \frac{800 \text{ m}^3}{8 \text{ h}} = 100 \text{ m}^3/\text{h}$$

Para obtener el tiempo de ciclo teórico se tomó el tiempo de la operación completa (ciclo completo) con un cronómetro, desde el momento que la excavadora comienza a cavar hasta cuando vuelve a cavar nuevamente.

El tiempo de ciclo fue de 30 segundos (0.5 minutos).

Dividiendo:

$$\frac{60 \text{ min}}{0.5 \text{ min}} = 120 \text{ ciclos por hora}$$

Para el Factor de llenado del Balde (BF), se tomó en cuenta el 95 % ya que el material en su mayoría es arena con grava.

Para la eficiencia del trabajador se tomó el valor de 90%.

Disponibilidad física del equipo, este dato se refiere a que, si el equipo estará totalmente operativo en todo el tiempo que se esté realizando el trabajo, tomando el porcentaje del 85%

Reemplazando los datos en la fórmula se obtiene lo siguiente:

$$Q = \frac{100 \text{ m}^3/\text{h} \times 30 \text{ segundos}}{3600 \times 0.95 \times 0.9 \times 0.85}$$

$$Q = 1.14 \text{ m}^3$$

La capacidad del cucharón de la excavadora para poder ejercer 120 ciclos por cada hora de trabajo sería de 1.14 m<sup>3</sup>

### 3.6. Selección de equipo

Teniendo en cuenta la producción requerida y la capacidad del balde se obtuvo:

#### **Figura 26.**

*Excavadora mediana*



**Fuente:** Elaboración Propia

**Figura 27.**

*Cargadores de ruedas compactos*



**Fuente:** Elaboración Propia

**Figura 28.**

*Concentrador Z*



**Fuente:** Elaboración Propia

**Figura 29.**

*Bomba con motor 4 tiempos 6.5 HP*



**Fuente:** Elaboración Propia

**3.6.1. Cronograma de actividades**

A continuación, se muestra el cronograma de las actividades a realizar en cada actividad de explotación del proyecto

**Tabla 16**

*Cronograma*

N° corte	Actividad	Cantidad de días																Total días
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Corte 1	Preparación del frente de explotación	■	■															16
	Descapote		■	■														
	Extracción				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
	Liquidación							■				■					■	
	Cierre del frente															■	■	
Corte 2	Preparación del frente de explotación	■																15
	Descapote	■	■															
	Extracción			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
	Liquidación						■				■				■			
	Cierre del frente														■	■		
Corte 3	Preparación del frente de explotación	■																11
	Descapote	■	■															
	Extracción			■	■	■	■	■	■	■								
	Liquidación						■				■							
	Cierre del frente										■	■						

Corte 4	Preparación del frente de explotación	■	■															13
	Descapote		■	■														
	Extracción				■	■	■		■	■	■	■						
	Liquidación							■					■					
	Cierre del frente												■	■				
Corte 5	Preparación del frente de explotación	■																16
	Descapote	■	■															
	Extracción			■	■	■		■	■	■	■							
	Liquidación						■					■						
	Cierre del frente											■	■	■	■	■	■	
TOTAL DE DÍAS																	71	

Fuente: Elaboración Propia

### 3.7. Evaluación económica

#### 3.7.1. Costos

Se consideró la mano de obra, la depreciación, el combustible y los costos de mantenimiento. Además, se asignó un 10% del subtotal para gastos imprevistos con el fin de garantizar la estabilidad financiera del proyecto.

**Tabla 17**

*Costos operativos*

COSTOS OPERATIVOS							
N° CORTE	COSTO X HORA DE PERSONAL	COSTO DE MAQUINARIA X HORA	NÚMERO DE HORAS X DÍA	CANTIDAD DE DÍAS	COSTO OPERATIVO X HORA	COSTO OPERATIVO X DÍA	COSTO OPERATIVO TOTAL
CORTE 1	\$ 3,75	\$ 70,65	8	16	\$ 74,40	\$ 1.190,40	\$ 19.046,40
CORTE 2	\$ 3,75	\$ 70,65	8	15	\$ 74,40	\$ 1.190,40	\$ 17.856,00
CORTE 3	\$ 3,75	\$ 70,65	8	11	\$ 74,40	\$ 1.190,40	\$ 13.094,40
CORTE 4	\$ 3,75	\$ 70,65	8	13	\$ 74,40	\$ 1.190,40	\$ 15.475,20
CORTE 5	\$ 3,75	\$ 70,65	8	16	\$ 74,40	\$ 1.190,40	\$ 19.046,40
						<b>COSTO OPERATIVO</b>	<b>\$ 84.518,40</b>
						<b>INVERSIÓN INICIAL</b>	<b>\$ 8.000,00</b>
						<b>COSTOS TOTALES</b>	<b>\$ 92.518,40</b>

**Fuente:** Elaboración Propia

### **3.7.2. *Financiamiento***

Una vez que se haya determinado la inversión necesaria, es de vital importancia buscar formas de financiar el proyecto. Para esto, se deben considerar las fuentes de financiamiento, que pueden ser tanto internas como externas. Las fuentes internas incluyen el capital inicial, las utilidades retenidas y la venta de activos no esenciales. Las fuentes externas involucran la obtención de préstamos y la búsqueda de inversores o socios externos para el proyecto. La elección de las fuentes de financiamiento dependerá de la disponibilidad de recursos y de la estrategia financiera del proyecto o empresa:

- Fuentes Internas:

Aporte de los socios = 100% = USD\$ 8.000

- Fuentes Externas:

No se financiará con fuentes externas.

### **3.7.3. *Ingresos***

Para calcular los ingresos totales, se emplean las cantidades determinadas por el cálculo del volumen de reservas probables y se multiplican por el precio fijado.

**Tabla 18***Ingresos brutos*

INGRESOS BRUTOS			
N°CORTE	RESERVAS PROBABLES (g)	PRECIO (\$Au/g)	INGRESOS TOTALES (\$)
CORTE 1	1 335,127	55	\$ 73.431,99
CORTE 2	495,15	55	\$ 27.233,25
CORTE 3	568,14	55	\$ 31.247,70
CORTE 4	365,38	55	\$ 20.095,90
CORTE 5	225,98	55	\$ 12.428,90
<b>INGRESOS TOTALES</b>			<b>\$ 164.437,74</b>

**Fuente:** Elaboración Propia

**Tabla 19***Resumen presupuestario*

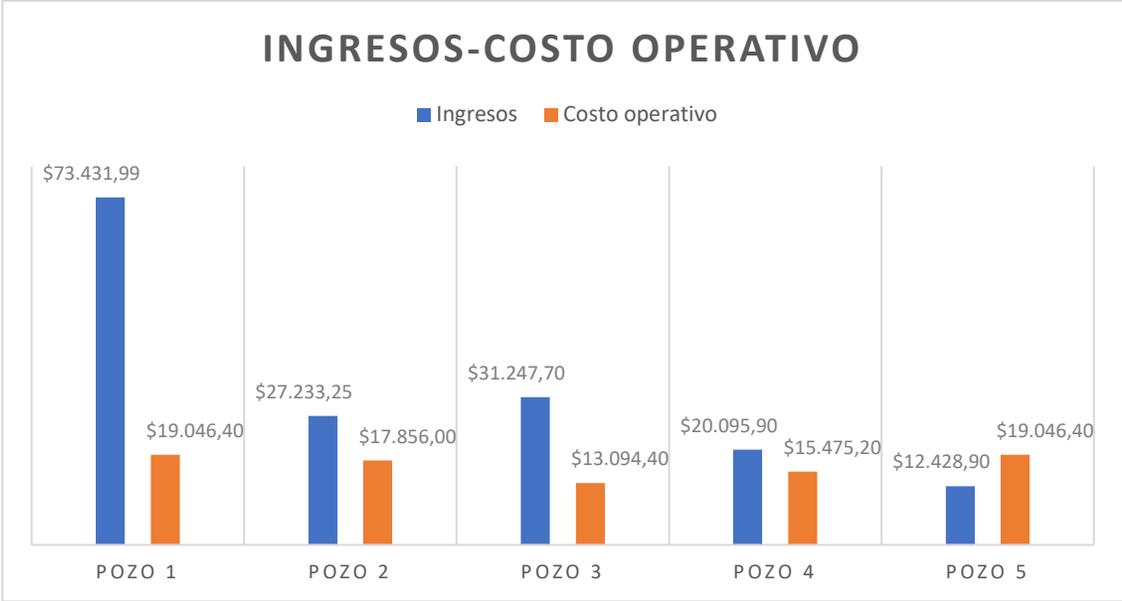
N°CORTE	INGRESOS TOTALES (\$)	COSTO OPERATIVO TOTAL
CORTE 1	\$ 73.431,99	\$ 19.046,40
CORTE 2	\$ 27.233,25	\$ 17.856,00
CORTE 3	\$ 31.247,70	\$ 13.094,40
CORTE 4	\$ 20.095,90	\$ 15.475,20
CORTE 5	\$ 12.428,90	\$ 19.046,40
	\$ 164.437,74	\$ 84.518,40
<b>Utilidad</b>	<b>\$</b>	<b>79.919,34</b>

**Fuente:** Elaboración Propia

Se puede observar en la tabla 14 una utilidad del proyecto de **\$USD 79.919, 34.**

**Figura 30.**

*Cuadro de prefactibilidad*



**Fuente:** Elaboración Propia

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- La zona de estudio presenta potenciales yacimientos auríferos en los placeres del río Panki, lo que permite la extracción de oro en la zona. Además, se ha comprobado la calidad del material de explotación a través de los ensayos realizados en el laboratorio, lo que permite estimar las reservas probables.
- La investigación documental y las salidas de campo fueron fundamentales para adquirir conocimiento acerca del diseño más adecuado para la cantera.
- Definido el sistema de explotación a cielo abierto por 5 fases o cortes se concluye que:
  - Las operaciones en el corte #1 duraran 16 días, con un costo operativo de \$ 19.046,40. Tomando en cuenta el precio del gramo de oro a 55\$ se tiene un ingreso de \$ 73.431,99. Lo que significó 54 385,59 \$ de utilidad.
  - Las operaciones en el corte #2 duraran 15 días, con un costo operativo de \$ 17.856,00. Tomando en cuenta el precio del gramo de oro a 55\$ se tiene un ingreso de \$ 27.233,25. Lo que significó 9 377,25 \$ de utilidad.
  - Las operaciones en el corte #3 duraran 11 días, con un costo operativo de \$ 13.094,40. Tomando en cuenta el precio del gramo de oro a 55\$ se tiene un ingreso de \$ 31.247,70. Lo que significó 18 153,30 \$ de utilidad.

- Las operaciones en el corte #4 duraron 13 días, con un costo operativo de \$ 15.475,20. Tomando en cuenta el precio del gramo de oro a 55\$ se tiene un ingreso de \$ 20.095,90. Lo que significó 4 620.7 \$ de utilidad para esta fase.
- Las operaciones en el corte #5 duraron 16 días, con un costo operativo de \$ 19.046,40. Tomando en cuenta el precio del gramo de oro a 55\$ se tiene un ingreso de \$ 12.428,90. Lo que significó una pérdida de 6 617,5 \$.
- Finalmente, tras 71 días de explotación se obtuvo un costo de operaciones de \$ 84.518,40 y un ingreso de 164.437,74 \$; generando una utilidad neta de \$ 79.919,34.
- En función al precio del mineral, se puede tomar la decisión de no explotar la fase 5, ya que la cantidad de mineral presente no es suficiente para generar una utilidad.
- En yacimientos de carácter aluvial no se tiene la certeza de tener determinada cantidad de mineral, ya que en cuestión de metros la ley puede cambiar considerablemente.

## **Recomendaciones**

- Implementar medidas de protección y restauración ambiental en la zona de estudio, con el fin de minimizar el impacto ambiental y social de la explotación de recursos minerales.
- Realizar estudios adicionales para determinar la cantidad y calidad de los recursos minerales presentes en la zona de estudio, con el fin de obtener una estimación más precisa de las reservas probables.
- Diseñar y construir estructuras de protección de la ribera del río que sean efectivas y sostenibles, minimizando el impacto ambiental y social.
- En yacimientos aluviales se debe tener una malla de pozos exploratorios adecuada para toda la extensión de la concesión, de esta manera se puede tener datos confiables de margen de utilidades.
- Se recomienda adecuar un espacio físico cercano a la concesión, el cual sirva para acumular el material lavado, así como material estéril; ya que este material servirá para rellenar las plataformas de trabajo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bellotti. (2011). Minería a cielo abierto versus glaciares en alerta roja en Argentina. *Alma Mater Studiorum*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/33553708.pdf>
- Cuesta, Camacho, Cuenca, & Llivisaca. (Febrero de 2022). Diseño de Explotación para la Cantera Municipal Perteneciente a la Parroquia Macas, en el Cantón Morona, Provincia de Morona Santiago. *Polo del Conocimiento*, 7(2). Obtenido de <http://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es>
- del Corral, Cabrero, Mejía, & Castro. (2019). Análisis de la capacidad turística del cantón Taisha de acuerdo al diagnóstico. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, Volumen 8 (2): 223 - 224 (ISSN 1390-5600), 1-12. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7153091.pdf>
- Dirección de Métodos, Análisis e Investigación. (25 de Febrero de 2014). Ficha de Cifras Generales. Ecuador: SENPLADES - Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo. Obtenido de <https://docplayer.es/154736433-Canton-taisha-provincia-de-morona-santiago-se-encuentra-en-la-zona-6-de-planificacion.htm>
- Dirección de Protección Ambiental Gobierno Autónomo Descentralizado de Morona Santiago. (2015). *Cartilla Meteorológico de Morona Santiago*. Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Morona Santiago. Obtenido de <https://docplayer.es/39653601-Cartilla-meteorologico-de-morona-santiago.html>
- Herrera. (2007). *Diseño de Explotación de Canteras*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. Obtenido de <https://doi.org/10.20868/UPM.book.21839>

- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2015). *Levantamiento de Cartografía Temática Escala 1:25.000, Lote 2. Canton Taisha: ACOTECNIC – INGEOMATICA*. Obtenido de [http://metadatos.sigtierras.gob.ec/pdf/Memoria\\_tecnica\\_Geomorfologia\\_TAISHA\\_20151117.pdf](http://metadatos.sigtierras.gob.ec/pdf/Memoria_tecnica_Geomorfologia_TAISHA_20151117.pdf)
- Santana. (2019). *Diseño de Explotación de la Cantera G.M de materiales de construcción de la Concesión Minera G.M. 2 (130950003) del cantón Montecristi, provincia de Manabí*. Tesis de Pregrado, Universidad Central de Ecuador, Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental, Quito.
- Taype. (2016). *Diseño de Explotación de Cantera para Agregados, Distrito Huayuachi*. Tesis de pregrado, UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ, FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, Huancayo. Obtenido de <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4107/Taype%20Matamoros.pdf?sequence=1>

ANEXOS

Anexo 1. Ensayo de análisis de suelos



**ESTACION EXPERIMENTAL DEL AUSTR0**  
**LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS**  
 km 12 1/2 vía El Descanso - BULLCAY - Guailiceo www@iniap.gob.ec  
 Azuay - Ecuador TeleFax: (07) 2171161



**INFORME DE ANALISIS DE SUELOS**

DATOS DEL PROPIETARIO				DATOS DE LA PROPIEDAD				DATOS DE LA MUESTRA			
Nombre :	Carlos Maldonado	Nombre :		Fecha Muestreo :	04/12/2023						
Dirección :	Sucua	Provincia :	MORONA SANTIAGO	Fecha Ingreso :	15/12/2023						
Ciudad :	TAISHA	Parroquia :	SUCUA	Fecha Emisión :	20/12/2023						
Teléfono :	0960513656	Ubicación :	Los Pozos	Cultivo Actual :	N/E						
Técnico :	Correo-e : N/E	Latitud :									
		Longitud :									

N° Laborat.	Identificación	Textura (%)			Clase Textural	cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>				cm <sup>3</sup> /g/cm <sup>3</sup>		mg/100mL		dSm	%	%	%	
		Arena	Limo	Arcilla		C.C.	Sat.	P.M.	A.D.	C.H.	D.A.	A+H	Al					Na
7887		52	32	16	Franco	0.23	0.45	0.11	0.12	1.24	1.41							26.70

NOTA:

- La Densidad aparente como un valor referencial de acuerdo a los porcentajes de: Arena, arcilla y limo es de: 1.41 g/cc
- La Densidad aparente determinada analíticamente por método gravimétrico es de: 1.50 g/cc

Interpretación		
Sim, R, No	C.E.	M.O.
Ad = Adecuado	ND = No Salino	S = Bajo
LT = Ligero Toxic	LS = Lig. Salino	M = Medio
T = Tóxico	S = Salino	A = Alto
	MS = Muy Salino	

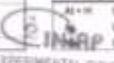
Abreviaturas	
C.C.	Capacidad de Campo
Sat.	Saturación
P.M.	Punto de Marchitez
A.D.	Agua Disponible
C.H.	Condensidad Hidráulica

Abreviaturas	
C.E.	Condensidad Eléctrica
M.O.	Medida Orgánica
D.A.	Densidad Aparente
H.T.	Humedad Total
C.H.	Humedad Capilar-Hídrica
M.S.	Humedad Saca
H.	Humedad

Elemento	Metodología	Extractante	Intervalo de Referencia	
M.O.	Análisis gravimétrico (100°C)	No Agua	Lig. Salino	Lig. Salino
Na	Extracción de poliacrilamida	Agua	A+H: 0.91 - 1.90	C.E.: 2.00 - 4.00
CS	Extracción de poliacrilamida	Agua	0.21 - 1.00	Medio
Al	Saturación Capilar	No Agua	0.99 - 1.90	M.O.: 0.10 - 0.30

  
**Responsable Laboratorio**

NE: No Entrega  
 Se prohíbe la reproducción total o parcial de este documento, los datos deberán ser apropiadamente citados.

  
**ESTACION EXPERIMENTAL CHOCORUYO**  
 Laboratorio de Suelos y Aguas  
**Laboratorista**

## Anexo 2. Ensayo al fuego, determinación de oro libre



Información del cliente	
Cliente	: Juan Carlos Maldonado Reinozo
Telefono	: 0960513656
Dirección	: Cuenca

Fecha de ingreso : 12/7/2023 7:51:03

Fecha de ensayo : 12/7/2023 10:00

Fecha de entrega : 12/7/2023 15:46



### INFORME DE ENSAYO

Ref. N° 15883

Cod. Lab.	N° Bag	pmr (kg)	T. M.	Detalle de muestra	analito	Au
					unidad	g/Tm
					método	mjb FA
36359	1	9,70	Ar	J-1		0,12
36360	1	9,20	Ar	J-2		0,05
36361	1	8,10	Ar	J-3		0,10
36362	1	9,65	Ar	J-4		0,05
56563	1	11,20	Ar	J-5		0,03

...Información proporcionada por el cliente. JVmetals no es responsable de dicha información.  
 N° Bag (cantidad de bolsas que conforman el compuesto para el análisis)  
 pmr (peso de muestra recibida), TM (tipo de muestra), CC=concentrado, Mi=mineral, Ar=arena

**Información de método**

mjb cc_FA(Nw)	Determinación de oro y plata en concentrados polimetálicos por ensayo a fuego aplicando el método Newmont (SGC-PEJV07-06)
mjb cc_FA	Determinación de oro y plata en concentrados polimetálicos por ensayo a fuego (SGC-PEJV07-03)
mjb FA	Determinación de oro y plata en minerales y concentrados por ensayo a fuego (SGC-PEJV07-03).
mjb FA*	Determinación de oro en minerales y relaves $\leq 1,25$ g/t por ensayo a fuego y AA (SGC-PEJV07-04).
mjb EAA	Determinación de Cu, Pb, Zn, As, Sb, Fe, Mo, Bi, por digestión ácida y espectroscopia de absorción atómica

El ensayo fue realizado en la instalación del laboratorio, Sitio El Pache.  
 Los resultados obtenidos en este informe corresponden solamente a los ítems ensayados.  
 Los ítems de ensayos se almacenaran por un periodo de 2 meses.  
 Esta prohibida la reproducción parcial de este informe sin la autorización escrita del laboratorio JV metals.  
 JVmetals no se responsabiliza por el origen o toma de la muestra.



LABORATORIO QUIMICO METALURGICO  
**REPORTADO**  
 Ing. Químico José Bueno Malla  
 Jefe de laboratorio  
 1011-17-1386578

pag 1 de 1  
Fin el informe

Diego Mora  
PROPIETARIO  
Ing. José Bueno Malla  
JEFE DE LABORATORIO

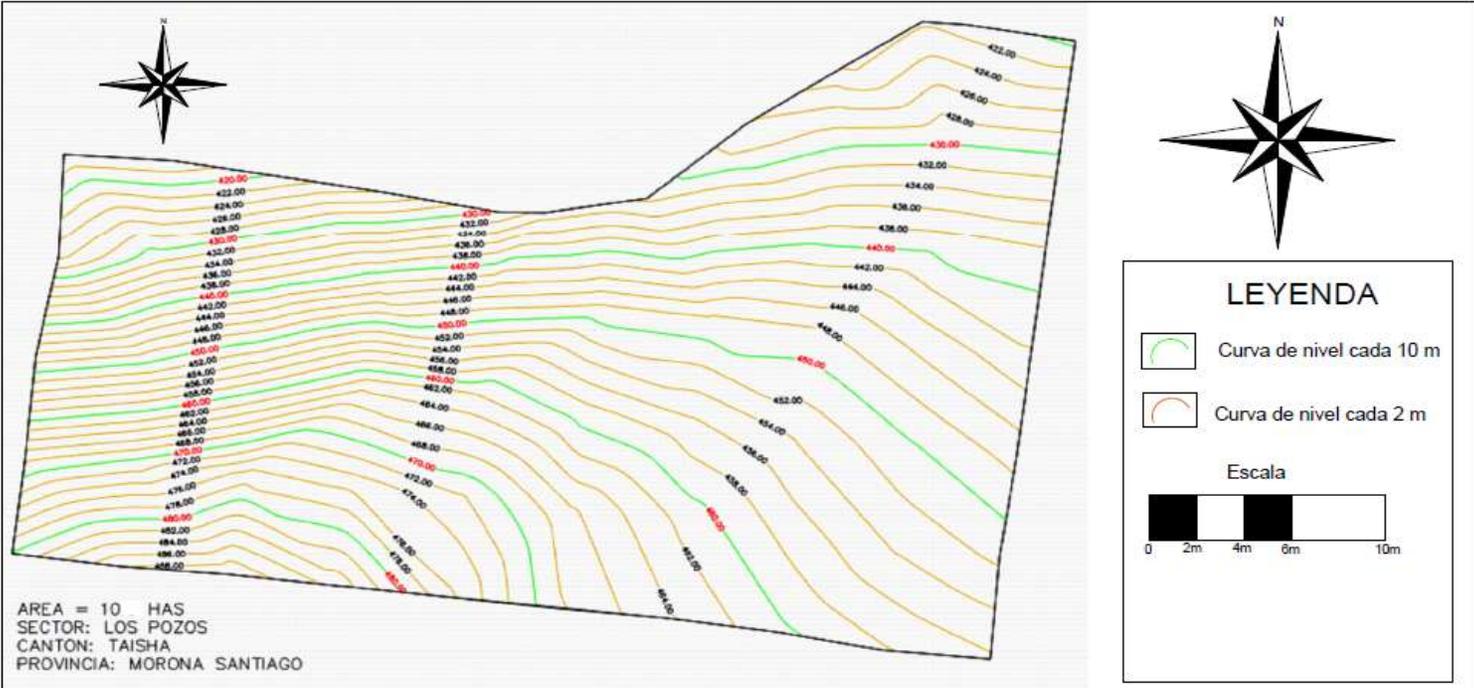
Via principal, frente a la empresa eléctrica.  
EL PACHE - PORTOVELO - EL ORO

lab.jvmetals@gmail.com



OFICINA: 2948 803  
0969 537170

Anexo 3. Topografía del área



**LEYENDA**

- Curva de nivel cada 10 m
- Curva de nivel cada 2 m

**Escala**

0 2m 4m 6m 10m



UNIVERSIDAD DEL AZUAY  
Facultad de Ciencia y Tecnología  
Escuela de Ingeniería en Minas  
Topografía Proyecto de Placeres Aluviales\_TAISHA

Contenido: Topográfico  
Fecha: 10/04/2023  
Dibujante: Juan Carlos Maldonado Reinozo  
Ubicación: Sector Los Pozos  
Cantón Taisha\_Morona Santiago