



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES  
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**“ESTUDIO BATIMÉTRICO Y DE CAPACIDAD  
DE REPOSICIÓN NATURAL DE MATERIAL PÉTREO  
PARA LA APLICACIÓN DE UN MANEJO DE  
EXPLOTACIÓN EN UN TRAMO DE 6 KM DEL RÍO  
UPANO”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN  
PROYECTO TÉCNICO PARA TITULACIÓN DE GRADO**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO EN GEOLOGÍA Y MINAS**

**PEDRO NICOLÁS QUINTUÑA GALLARDO**

**MACAS- ECUADOR**

**2019**

# CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TEMA DE TESIS



## ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

EXTENSIÓN MORONA SANTIAGO

### INFORME DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Macas, febrero 18 del 2019

Ing. Romané Peñafiel Mgs.  
Directora de la ESPOCH Extensión Morona Santiago

Su despacho

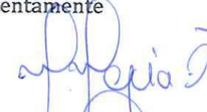
De mi consideración

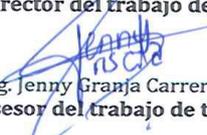
Reciba un cordial y atento saludo, a la vez deseándole éxito en las funciones que desempeña; en respuesta a los **Oficios No. 40- D-ESPOCH-EXT-MS-2019** emitidos el 14 de febrero de 2019 con respecto al borrador del trabajo de Titulación denominado "**ESTUDIO BATIMETRICO Y CAPACIDAD DE REPOSICION NATURAL DE MATERIAL PETREO PARA LA APLICACIÓN DE UN MANEJO DE EXPLOTACION EN UN TRAMO DE 6 KM DEL RIO UPANO**" desarrollado por el sr. egresado **PEDRO NICOLAS QUINTUÑA GALLARDO**; una vez realizada la revisión remitimos los siguientes criterios:

- 1.- El trabajo escrito se encuentra de **afin** a la investigación propuesta, **apegado** a los parámetros de redacción técnica.
- 2.- El trabajo escrito refleja el **100%** de la **investigación desarrollada**, complementada con el **seguimiento** técnico continuo.
- 3.- Con la presentación del documento escrito da por culminado el proceso del trabajo investigación encontrándose **habilitado** para realizar la solicitud de defensa publica del mismo y la continuación de los trámites pertinentes subsiguientes.

Si más que adicionar y agradeciendo su gentil atención nos suscribimos.

Atentamente

  
Ing. Marco Mejía, Mgs.  
Director del trabajo de titulación

  
Ing. Jenny Granja Carrera, Mgs.  
Asesor del trabajo de titulación

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Pedro Nicolas Quintuña Gallardo con CI 1400536742, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados y análisis del mismo son auténticos y originales. Los textos y documentos que provienen de otros autores están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica del contenido de este trabajo de titulación.

Macas, 7 de febrero del 2019.

Atentamente.



Pedro Nicolas Quintuña Gallardo

CI 1400536742

## **DEDICATORIA**

Yo Pedro Quintuña G. dedico este trabajo de titulación a mis padres, Reina Gallardo Arias y Pedro Quintuña Pulgarin, por siempre estar a mi lado y saber ayudarme de la mejor manera en todo lo que he necesitado siendo un apoyo incondicional en el transcurso de mi vida y por supuesto durante el transcurso de este trabajo de titulación

A mi tía abuela Fanny Arias León, la cual siempre me ha escuchado y aconsejado a tomar decisiones acertadas al transcurso de mi formación tanto personal como profesional.

A mis hermanos, Pablo y Josue los cuales me han acompañado siempre y han estado a mi lado incondicionalmente y de forma desinteresad.

## **AGRADECIMIENTO**

De una manera muy cordial al ingeniero Marco Mejía Flores, por su paciencia y haber aceptado el reto de ser el director de mi trabajo de titulación el cual me acompañó y guiado en todo el transcurso del mismo.

A la ingeniera Jenny Granja, asesora de este trabajo de titulación, por la contribución de sus conocimientos e ideas que fueron esenciales para la culminación del mismo.

A mis padres una vez más por hacer posible este sueño y por apoyarme hasta el final de este trabajo de titulación.

A mi gran amigo y compañero Alexis Rodríguez L. quien me ha ayudado y colaborado en todo el proceso y desarrollo de este trabajo de titulación.

A todos los ingenieros que fueron mis docentes, les agradezco por su paciencia y su manera de enseñar la cual fue de vital importancia para mi formación académica profesional.

Al GAD del cantón Morona por facilitarme la información y permisos necesarios para poder realizar los estudios en el río Upano sector La Barranca.

En general a la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo extensión Morona Santiago, por haber luchado y así permanecer en la ciudad de Macas y por haberme aceptado y formado como un profesional en la carrera de ingeniería en Geología y Minas y así poder ser un aporte para la sociedad.

**ÍNDICE.**

<b>CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TEMA DE TESIS.....</b>	<b>ii</b>
<b>DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD .....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....</b>	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....</b>	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>ix</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xii</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>xiii</b>
<b>CAPITULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>MARCO REFERENCIAL.....</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedente. ....	1
1.2 Planteamiento del problema. ....	1
1.3 Justificación. ....	1
1.4 Objetivos.....	2
1.4.1 Objetivos generales.....	2
1.4.2 Objetivos específicos .....	2
1.5 Planteamiento de la hipótesis.....	2
1.6 Generalidades .....	2
1.6.1 Ubicación del área de estudio. ....	2
1.6.2 Accesibilidad .....	3
1.6.3 Clima y Temperatura .....	4
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>5</b>
<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
2.1 Geología Regional .....	5
2.2 Definiciones .....	6
2.2.1 Explotación. ....	6
2.2.2 Materiales de Construcción. ....	6

2.2.3 Métodos para explotar canteras áridas.....	6
2.2.4 Batimetría .....	7
2.2.5 Métodos topográficos en batimetría. ....	7
2.2.6 Estación total. ....	8
2.2.8 Ensayo granulométrico. ....	10
2.2.9 Hidrología. ....	11
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>12</b>
<b>DISEÑO Y EXPERIMENTACIÓN.....</b>	<b>12</b>
3.1 Metodología. ....	12
3.2 Caracterización de la Zona. ....	12
3.2.1 Descripción del área.....	12
3.2.2 Geología local. ....	13
3.2.3 Fisiografía .....	14
3.2.4 Aspectos Socioeconómicos .....	14
3.3 Base Topográfica. ....	15
3.4 Procesado de los datos Batimétricos.....	17
3.5 Ensayo de abrasividad. ....	19
3.6 Ensayo granulométrico. ....	22
3.7 Método de explotación. ....	25
<b>CAPITULO IV.....</b>	<b>27</b>
<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS. ....</b>	<b>27</b>
4.1 Análisis de los cortes Batimétricos.....	27
4.2 Análisis del corte batimétrico de la zona A (Aguas arriba).....	27
4.3 Análisis del corte batimétrico de la zona B (Aguas abajo).....	28
4.4 Resultados de la batimetría. ....	28
4.5 Resultado del ensayo de desgaste. ....	40
4.6 Resultado del ensayo granulométrico. ....	41
4.7 Plan de manejo de explotación. ....	43

4.7.1 Especificación técnica de la maquinaria a utilizar.....	45
<b>CAPITULO V .....</b>	<b>47</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....</b>	<b>47</b>
5.1 Conclusiones.....	47
5.2 Recomendaciones. ....	48
<b>6. BIBLIOGRAFÍA. ....</b>	<b>49</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>50</b>

### ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.

Fotografía 1: Accesos a la zona de estudio, puente del río Upano.....	4
Fotografía 2: Estación total marca triembre.....	9
Fotografía 3: Baliza. ....	9
Fotografía 4: Características principales del río.. ....	11
Fotografía 5: Ubicación de la estación total punto partida.. ....	14
Fotografía 6: Levantamiento BM inicial.. ....	14
Fotografía 7 Zona de estudio aguas arriba del puente .....	15
Fotografía 8: Levantamiento baliza. ....	18
Fotografía 9: Puntos del levantamiento .....	18
Fotografía 10: Lahares ubicados a lo largo del rio Upano.....	18
Fotografía 11: Fisiografía del río.. ....	19
Fotografía 12: Extracción de material .....	19
Fotografía 13: Maquina de los Ángeles.....	21
Fotografía 14: 12 Bolas para el ensayo.....	21
Fotografía 15: Colocación de la muestra en molino.....	22
Fotografía 16: Clasificación mediante una criba .....	23
Fotografía 17: Clasificación como tamices. ....	23
Fotografía 18: Cargado del material grueso .....	23
Fotografía 19: Pesado del material grueso.....	23
Fotografía 20: Colocación de los 2.5 kg de muestras.....	24
Fotografía 21: Pasante de uno de los tamices .....	24
Fotografía 22: creación de pozos de extracción. ....	26
Fotografía 23: Forma de explotación de los mineros. ....	26

Fotografía 24: Maquinaria utilizada .....	45
Fotografía 25: Volquete a utilizar.....	46

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Mapa de Ubicación de la zona de estudio .....	3
Ilustración 2: Base topográfica de la zona de estudio.....	16
Ilustración 3: Corte Batimétrico de la zona A (Aguas arriba) .....	27
Ilustración 4: Corte Batimétrico de la zona B (Aguas abajo) .....	28
Ilustración 5: Perfil aguas abajo 2017, abscisa 0+0.25.00.....	29
Ilustración 6: Perfil aguas abajo 2018, abscisa 0+025.00.....	30
Ilustración 7: Perfil aguas abajo 2017, abscisa 0+075.00.....	30
Ilustración 8: Perfil aguas abajo 2018, abscisa 0+075.00.....	31
Ilustración 9: Perfil aguas abajo 2017, abscisa 0+125.00.....	31
Ilustración 10: Perfil aguas abajo 2018, abscisa 0+125.00.....	32
Ilustración 11: Perfil aguas abajo 2017, abscisa 0+175.00.....	32
Ilustración 12: Perfil aguas abajo 2018, abscisa 0+175.00.....	33
Ilustración 13: Perfil aguas abajo 2017, abscisa 0+225.00.....	33
Ilustración 14: Perfil aguas abajo 2018, abscisa 0+225.00.....	34
Ilustración 15: Perfil aguas arriba 2017, abscisa 0+025.00 .....	34
Ilustración 16: Perfil aguas arriba 2018, abscisa 0+025.00 .....	35
Ilustración 17: Perfil aguas arriba 2017, abscisa 0+075.00 .....	35
Ilustración 18: Perfil aguas arriba 2018, abscisa 0+075.00 .....	36
Ilustración 19: Perfil aguas arriba 2017, abscisa 0+150.00 .....	36
Ilustración 20: Perfil aguas arriba 2018, abscisa 0+150.00 .....	37
Ilustración 21: perfil aguas arriba 2017, abscisa 0+225.00 .....	37
Ilustración 22: Perfil aguas arriba 2018, abscisa +0.225.00 .....	38
Ilustración 23: Diseño explotación vista 3D .....	44
Ilustración 24: Diseño de explotación vista planta .....	44

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: modelo de tabla para ensayos de desgaste.....	10
Tabla 2: Clasificación del material de acuerdo al tamaño de partícula. ....	11
Tabla 3: Modelo de tabla del laboratorio para ensayo de abrasión. ....	21
Tabla 4: Modelo de tabla del laboratorio para ensayo granulométrico. ....	24

Tabla 5: Tabla de volúmenes aguas arriba. ....	39
Tabla 6: Tabla de volúmenes aguas abajo .....	39
Tabla 7: Resultado del ensayo de desgaste.....	40
Tabla 8: Resultado del ensayo de granulométrico.....	42
Tabla 9: Especificación de la maquinaria.....	45
Tabla 10: Especificación del volquete.....	46

## RESUMEN

La investigación propuesta, consiste en realizar un levantamiento batimétrico y de capacidad de reposición natural de material pétreo para la aplicación de un plan de manejo de explotación dentro de un tramo de 6 km del río Upano, ubicado en la provincia de Morona Santiago, cantón Morona parroquia Macas sector La Barranca; se realizó un levantamiento batimétrico en zonas puntuales del río Upano previo al análisis de información de campo para delimitar la zona donde las características de la misma garanticen una correcta información, para recomendar un plan de manejo de explotación de todas las zonas mineras artesanales ubicadas a lo largo del río Upano, conocer tanto el volumen de reposición, como la forma de reposición de los materiales pétreos; y un análisis granulométrico y de abrasividad para conocer las características que presentan los materiales pétreos del río Upano en este tramo de 6 km. Para los análisis de laboratorio se realizó un levantamiento de las riberas del río y recolectó muestras representativas con dimensiones similares, esta información fue de utilidad para definir y conocer toda la información técnica y necesaria que nos permitió elaborar un plan de explotación. Se concluye que la falta de medidas técnicas y de información acerca de las características que presenta el río Upano, como su profundidad optima de explotación, tipo de material, características granulométricas, de abrasividad y la forma poco técnica de explotación que tiene los mineros artesanales afectan el cauce natural del río. De igual forma se comprueba que el río repone un volumen de material superior al que se extrae, por lo que se es viable continuar con dichas actividades.

**Palabras claves:** LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO - ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS - VOLUMEN DE REPOSICIÓN - MATERIAL PÉTREO.



## ABSTRACT

The proposed research consists of carrying out a bathymetric survey and the capacity for natural replacement of stony material for the application of an exploitation management plan within a 6 km section of the Upano river, located in the province of Morona Santiago, canton Morona Macas parish, La Barranca sector; a bathymetric survey was carried out in specific areas of the Upano river prior to the analysis of field information to delimit the area where the characteristics of the river guarantee correct information, to recommend a management plan for exploitation of all artisanal mining areas located along the Upano river, to know both the volume of replacement, as well as the way of replacement of the stone materials; and a granulometric and abrasive analysis to know the characteristics that the stone materials of the Upano river present in this 6 km stretch. For the laboratory analyzes, a survey was made of the banks of the river and collected representative samples with similar dimensions, this information was useful to define and know all the technical and necessary information that allowed us to develop an exploitation plan. It is concluded that the lack of technical measures and information about the characteristics of the Upano River, such as its optimum depth of exploitation, type of material, granulometric characteristics, abrasiveness and the artisanal miners' little technical exploitation. the natural river bed. In the same way it is verified that the river replenishes a volume of material superior to the extracted one, reasonWhy it is viable to continue with these activities.

Keywords: BATHYMETRIC LIFTING- GRANULOMETRIC ANALYS-REPLACEMENT VOLUME- PETREO MATERIAL.



## INTRODUCCIÓN

La importancia económica de los áridos está íntimamente relacionada con el desarrollo socioeconómico de cada país y, consecuentemente, con la calidad de vida alcanzada en la sociedad. El río Upano ubicado en la ciudad de Macas por ser uno de los ríos que proporciona una gran parte y por no decir su totalidad de la materia prima (áridos y pétreos) para la construcción, comercialización y elaboración de hormigones y productos artificiales resistentes etc. Debería contar con un estudio técnico que proporcione la información adecuada como es el tiempo de reposición de los materiales, un sistema de explotación acorde a las características in-situ del terreno que permita una explotación ordenada y adecuada de los materiales mineros y que reduzca los impactos que se originan por dicha actividad.

La falta de información y una metodología técnica para la explotación de los materiales está causando que el cauce natural del río Upano se desborde al margen derecho afectando las áreas mineras y asentamientos cercanos

Por lo cual se procede a hacer un levantamiento de información en un tramo de 6 km a lo largo del río Upano en el sector la Barranca, mediante análisis batimétricos y toma de muestras para ensayos de abrasividad y de granulometría.

## CAPITULO I

### MARCO REFERENCIAL

#### 1.1 Antecedente.

El río Upano ubicado en la provincia de Morona Santiago, cantón Morona, parroquia Macas, es la fuente principal proveedora de materiales pétreos para la construcción de obras civiles; pero su forma empírica de explotar dicho recurso por parte de los mineros artesanales ubicados a lo largo de la franja del mismo, ha causado un incremento de su capacidad erosiva, variaciones en su curso natural como también su línea de explotación que a la larga afectará a los asentamientos cercanos y la infraestructura presente como es el puente principal.

#### 1.2 Planteamiento del problema.

La falta de información y una metodología técnica para la explotación de los materiales pétreos en el río Upano por parte de los mineros artesanales, GADS Municipales y Provinciales, está causando que el río se desborde al margen derecho, de igual forma su topografía natural y su cauce están siendo afectados por todas estas actividades.

Por esta razón se plantea realizar el estudio batimétrico y de capacidad de reposición natural de material pétreo para la aplicación de un manejo de explotación en un tramo de 6 km del río Upano.

#### 1.3 Justificación.

El río Upano por ser unos de los principales afluentes que proporciona materiales de construcción (áridos y pétreos), es explotado de una manera desordenada y empírica, generando problemas directos con las áreas mineras mismas, los asentamientos que se encuentran ubicados en las cercanías del mismo y a la comunidad, provocando riesgos a la seguridad de la colectividad que frecuentemente utilizan el río, para las distintas actividades que se puedan realizar, de tal manera es indispensable contar con una información técnica y útil que permita conocer las capacidades de carga del río Upano, el tiempo de reposición de los materiales como sus caudales máximos y mínimos, para de esta manera llevar a cabo una correcta explotación de los áridos y pétreos mediante un método de explotación técnico .

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivos generales**

- Realizar el estudio batimétrico y cálculo de la capacidad de reposición natural de material pétreo del río Upano, dentro del sector La Barranca para la aplicación de un manejo de explotación.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Realizar un levantamiento topográfico y batimétrico dentro de la zona de estudio.
- Calcular el tipo y volumen de reposición natural de los materiales pétreos en la playa del río.
- Proponer un método de explotación conforme a los parámetros técnicos obtenidos.

## **1.5 Planteamiento de la hipótesis**

“El estudio de reposición del material natural permitirá diseñar un método de explotación técnico de material pétreo, el cual permitirá tener un abastecimiento constante del mismo con un grado mínimo de afectación al entorno, evitando así desbordamientos de los cauces del río Upano”

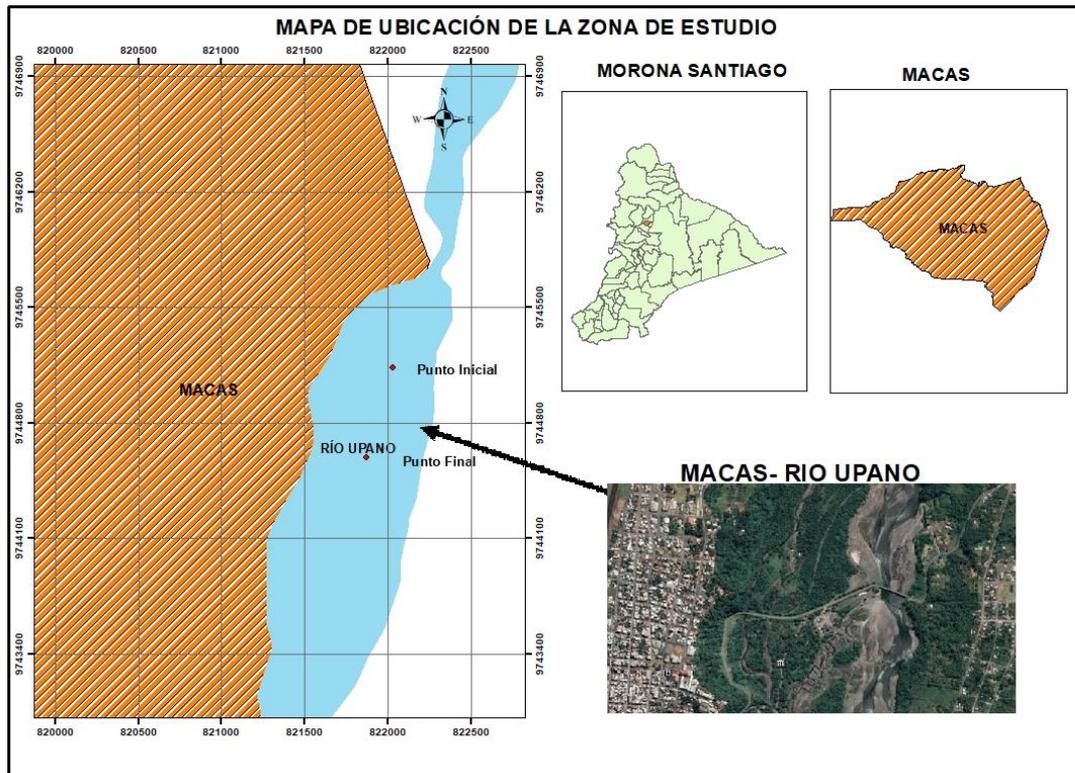
## **1.6 Generalidades**

### **1.6.1 Ubicación del área de estudio.**

El área de estudio se encuentra ubicado al Este del País, en la provincia de Morona Santiago, cantón Morona, parroquia Macas, sector La Barranca que comprende un tramo de 6 kilómetros en las siguientes coordenadas georeferenciadas en el DATUM WGS84.

Punto Inicial: 821961.18E; 9745370N.

Punto Final: 82182345E; 9744108N.



**Ilustración 1: Mapa de Ubicación de la zona de estudio**

Mapa de ubicación de la zona de estudio.

Elaborado por: Quintuña, P. 2018

### 1.6.2 Accesibilidad

Al área accedemos por la vía de primer orden ruta 46 Macas-Puyo. Desde Macas recorreremos 4 km en dirección Este hasta llegar al puente del río Upano donde se encuentra nuestro punto de partida.



**Fotografía 1:** Accesos a la zona de estudio, puente del río Upano.  
**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018

### **1.6.3 Clima y Temperatura**

“La temperatura varía en un rango de 20 a 22 grados centígrados y la humedad ambiental que esta alrededor de 88%; con precipitaciones desde los 2000 mm a 2500 mm anuales. Pertenece a una zona de clima temperada húmeda, sub-húmeda y lluviosa. Los meses de mayor precipitación son: abril, julio y septiembre”. (GAD Morona, 2012).

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO.

#### 2.1 Geología Regional

El área de estudio se encuentra ubicado en la cordillera Oriental conocida como cordillera Real, limitada al oeste con el Valle Interandino y al este por la zona Subandina. El río Upano caracterizado por ser un río de tipo anastomosado en un valle, constituido por sedimentos de tipo volcánico provenientes del volcán Sangay de composición andesita basáltico y metamórfico.

La geología representativa en la zona de estudio es:

#### **Formación Mera: (Cuaternario)**

“Posee terrazas jóvenes cuyos depósitos están compuestos por abanicos de piedemonte del período cuaternario que consisten en areniscas tobáceas y arcillas”. (Baldock, 1982).

#### **Formación Hollín**

“Constituido principalmente por cuarcitas y areniscas, tiene un espesor aproximado de 80 a 240 metros que incluye lutitas fracturadas”. (Baldock, 1982).

Las principales estructuras geológicas de influencia en la zona de estudio son:

#### **Zona subandina:**

“La zona subandina resulta del contacto entre los andes orientales y la cuenca Oriente caracterizada por pliegues y cabalgamientos con dirección NNE. Las estructuras que predominan dentro de dicha zona son al sur levantamiento Napo, depresión Pastaza, levantamiento Cutucú y la cordillera del Cóndor”. (Litherland, 1994).

#### **Valle del Río Upano**

"La superficie Mera-Upano indica que en el pleistoceno medio y superior se depositaron lahares en el valle del Upano, provenientes del volcán Sangay debido al resultado de dos colapsos sucesivos del edificio del volcán en 260 y 50 ka BP". (Baby., Rivadeneira & Barragán, 2004).

## **2.2 Definiciones**

### **2.2.1 Explotación.**

“Comprende el conjunto de operaciones, trabajos y labores minerales, destinadas a la preparación y desarrollo de la cantera y a la extracción y transporte de los materiales áridos y pétreos”. (Herrera & Pla, 2006).

Las técnicas de explotación están ligadas directamente a las características del material, maquinaria a utilizar, volumen de extracción y a la normativa vigente de la ley minera con respecto a los volúmenes máximo de extracción permitidos para la minería artesanal.

### **2.2.2 Materiales de Construcción.**

“Los materiales de construcción, consisten en 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”. (Herrera & Pla, 2006).

### **2.2.3 Métodos para explotar canteras áridas.**

“El procedimiento para realizar una explotación de áridos está determinado por los parámetros y criterios de explotación, que permita lograr el mayor aprovechamiento de los recursos de la forma más económica y segura”. (Herrera, 2007).

Los principales parámetros a considerar son:

- Talud del 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 que se encuentra alguno de los tajos o plataformas de trabajo, de modo que es una pendiente provisional en la excavación
- Bermas: son las plataformas horizontales existentes entre dos taludes de banco y que ayudan a mejorar la estabilidad del talud frente a deslizamientos y caídas de piedras.

- Pistas de trabajo: estructuras viarias dentro de una explotación a través de las que se extraen los materiales y se desplazan los equipos mecánicos.
- Disposición del material en el lecho del río o riveras.
- Volumen a explotar y capacidad de la maquinaria.

“En función de las características que presenta la zona de estudio, de los volúmenes de extracción aproximados, instructivo municipal y la ley de minería para materiales no metálicos se determinó que el método más óptimo para la extracción del mismo es el de diques transversales. Este tipo de explotación es el más usado en los materiales, producto del arrastre de los lechos de ríos, obteniendo una reducción sustancial de los costos de extracción. Una de sus ventajas es que el impacto ambiental es reducido a lo mínimo, ya que el cauce natural del río no se ve modificado y las reservas de material son recuperadas de forma natural en las distintas crecidas del río”. (Universidad Pedagógica de Colombia, 2013).

#### **2.2.4 Batimetría**

“Es el levantamiento del relieve de Superficies Subacuáticas, ya sea del fondo del mar, como cursos de aguas, lagos, embalses. Se tomarán medidas en X, Y, Z que nos permitan describir el fondo de los mismo, así como sus anomalías presentes a lo largo de su curso de fluido es decir su planimetría y altimetría”. (Pérez & Merino, 2015).

“La batimetría es la técnica asociada a la obtención de valores de la profundidad de los cuerpos de agua, la cual puede ser de tipo marina, lacustre o fluvial”. (Smith & Sandwell, 1997).

“La información batimétrica posee cuantiosas aplicaciones prácticas como ser la definición de áreas de crecimiento y hábitat de los elementos bióticos, definición de las áreas de distribución de los crustáceos, operaciones de dragado, estudios científicos, seguridad de la navegación marítima, análisis de la diversidad minero metalúrgica, la delimitación de los posibles peligros relacionados con el empleo de instrumentos de pesca y el trazado de cables y tuberías subacuáticas, entre otros”. (Calderón, 2002).

#### **2.2.5 Métodos topográficos en batimetría.**

Entre los principales y más usados se destacan:

- a) Métodos de posicionamiento planímetro

## b) Métodos de posicionamiento altimétrico

### a. Métodos de posicionamiento planímetro.

“El levantamiento es realizado desde la tierra, se realiza como cualquier levantamiento topográfico, pero para determinar la posición planimétrica de un punto, cuya profundidad queremos medir es necesario recurrir a procedimientos especiales que han ido evolucionando a medida que la tecnología avanza”. (Calderón, 2002).

- Métodos directos.
- Métodos ópticos
- Radicación
- Metodología de GPS

### b. Método de posicionamiento altimétrico.

“Consiste en determinar de la cota de los puntos midiendo la distancia vertical existente entre la superficie del agua y el punto en el fondo, refiriéndose a las coordenadas (X, Y) del punto en el que está situado en el momento de la determinación de la profundidad”. (Calderón, 2002).

Por ser uno de los métodos sencillos de realizar, es el más usado para la determinación de la profundidad mínima y máxima en los lechos de los ríos, su desventaja es que hay que tomar varias medidas para sacar un promedio real de la profundidad a medir. Para este caso se puede utilizar una estación total y GPS que nos garantizaran la confiabilidad de los datos.

#### 2.2.6 Estación total.

Es un aparato eléctrico óptimo utilizado para realizar levantamientos topográficos, su funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica. Es decir, tiene incorporado un distanciómetro eléctrico, entre sus características principales tiene incorporado una pantalla alfanumérica, leds de avisos, un distancio metro trackeador (seguidor de trayectoria) que nos permite ubicar de forma más sencilla la baliza y determinar los niveles de forma electrónica. Este instrumento realiza la medición de los ángulos a partir de marcas realizadas en los discos o balizas, de igual manera nos permiten obtener coordenadas de puntos respecto a un sistema arbitrario, o sistemas definidos. Para este

proyecto de investigación se utilizó la estación computarizada de marca triemle S3 con su respectiva baliza o nivel.



**Fotografía 2: Estación total marca triemle.**  
Elaborado por: Quintuña, P. 2018



**Fotografía 3: Baliza**  
Elaborado por: Quintuña, P. 2018

### **2.2.7 Ensayo de abrasividad o desgaste de la roca.**

“Sirve para conocer el coeficiente de desgaste que tiene los materiales o agregados gruesos de río con la máquina de los ángeles. Se lo realiza generalmente mediante la trituración de los materiales pétreos empleados en las mezclas asfálticas. Este ensayo se lo realiza granulométricamente preparando la muestra que será sometida a abrasión en la máquina de los ángeles y se expresará la pérdida de material o desgaste como el porcentaje de pérdida de masa de la muestra en relación a su masa inicial”. (Corporación Universitaria de Dios, 2015).

Mediante la siguiente ecuación determinamos el porcentaje de desgaste que ha sufrido la muestra al ser ensayada.

$$P\% = \frac{M_i - M_f}{M_i} * 100$$

La representación de los datos se las puede realizar utilizando distintos modelos de tablas, elaborado de acuerdo a la necesidades y utilidad del contratista. Un modelo común se visualiza en la tabla siguiente.

Tamaño de partículas (mm)	1	2	3	4	5	6	7
	(80-40)	(50-25)	(40-20)	(40-10)	(20-10)	(10-5)	(5-2,5)
Tamaño de las fracciones (g)							
80 – 63	2500±50						
63 – 50	2500±50						
50 - 40	5000±50	5000±50					
40 – 25		5000±25	5000±25	1250±25			
25 – 20			5000±25	1250±25			
20 – 12,5				1250±10	1250±10		
12,5 – 10				1250±10	1250±10		
10 – 6,3						1250±10	
6,3 – 5						1250±10	
5 – 2,5							5000±10
Masa inicial de muestra (Mi)	10000±100	10000±75	10000±50	5000±10	5000±10	5000±10	5000±10
Esferas							
-Número		12		12	11	8	6
-Masa(g)		5000±25		5000±25	4584±25	3330±25	2500±15
Número de Revoluciones		1000			500		

**Tabla 1:** modelo de tabla para ensayos de desgaste.

**Elaborado por:** Corporación universitaria de Dios, 2015

### 2.2.8 Ensayo granulométrico.

Las propiedades físicas y químicas de los sólidos varían de acuerdo a la distribución granulométrica de los materiales. Para poder efectuar controles de calidad en los materiales granulados es indispensable conocer la distribución del material de acuerdo al tamaño de partículas que lo conforman.

“Para la realización de este ensayo se utiliza una serie de distintos tamices, de distintos tamaños que van desde 2”, 1”, 3/4”, 4”, 8”, 16”, 32” de esta forma se podrá determinar la composición granulométrica del material y su respectiva clasificación de acuerdo a su tamaño”. (Universidad Sucre, 2007).

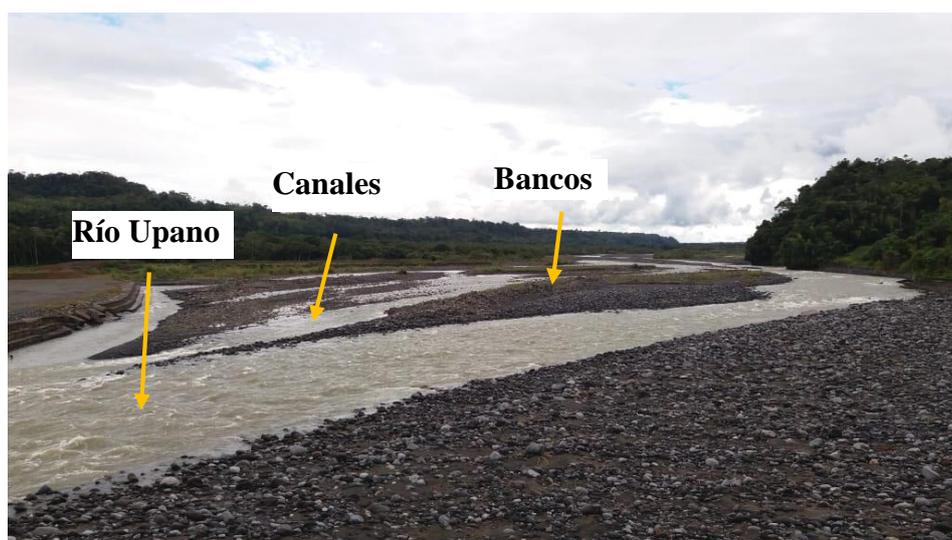
Tipo	Clasificación	Tamaño
<b>Bloques</b>		>63 mm
<b>Gravas</b>	Grueso	63 a 20 mm
	Medio	20 a 6,3 mm
	Fino	6.3 a 2 mm
<b>Arena</b>	Grueso	<2 mm a 0.63 mm
	Medio	0.63 a 0.2 mm
	Fino	0.2 a 0.063 mm

**Tabla 2:** Clasificación del material de acuerdo al tamaño de partícula.

**Elaborado por:** Corporación universitaria de Dios, 2015

### 2.2.9 Hidrología.

El río Upano es de tipo anastomosado o río terrazado, es decir que es un río constituido por una serie de canales a lo largo de su cauce, haciendo que en este se formen pequeños bancos o terrazas, provocando que el cauce de río presente variaciones en sus direcciones que caracteriza a este tipo de ríos. Una de las características principales que posee el río Upano son sus bancos y canales trenzados, que conglomeran grandes cantidades de sedimentos detríticos de interés transportados desde la cordillera de tipo volcánico (áridos y pétreos) dichos bancos son variables ya que dependen de las crecientes del río.



**Fotografía 4.** Características principales del río.

**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018

## CAPÍTULO III

### DISEÑO Y EXPERIMENTACIÓN.

#### 3.1 Metodología.

La metodología ejercida en la presente investigación es la de campo o también conocida como investigación in-situ desde el levantamiento topográfico y batimétrico; como también el estudio de la capacidad de reposición natural de material pétreo del río, complementado con análisis puntuales de laboratorio en aspectos físico-mecánicos con el fin de recopilar argumentos técnicos, necesarios para proponer los métodos de explotación y generar una propuesta de manejo de explotación de dichos áridos dentro de los 6 km de tramo del Río Upano.

#### 3.2 Caracterización de la Zona.

##### 3.2.1 Descripción del área.

Se tomó en cuenta como punto referencial, (punto 0) al puente del río Upano; el área constituida de 1 km se denomina área aguas arriba; y el área conformada por 5 km se denomina área aguas abajo; se realizó un levantamiento de información para conocer las características actuales del mismo. Donde se pudo comprobar lo siguiente:

Aguas arriba del río se visualiza una gran cantidad de material acumulado en bancos distribuidos en todo su ancho, lo que forma canales por donde circula el cauce del río. A medida que se avanza 500 metros aguas abajo se puede observar la intervención de la maquinaria del GAD Municipal de Morona, que explota material pétreo en un área aproximada a los 30 metros cuadrados, la misma que ha ocasionado una variación en la dirección de flujo natural del río, de igual manera la reposición natural del material se lo hace de manera irregular, visualizándose islotes de grandes tamaños en zonas donde el cauce del río no circula. Todas estas irregularidades en el cauce del río producto de una explotación irregular se observan en un tramo total de 100 metros aguas abajo.

Un kilómetro y medio aguas abajo se puede observar que el cauce natural del río ha sufrido una desviación ya que en su totalidad es direccionado hacia el margen derecho, en dirección de avance del mismo, este encausamiento es realizado por maquinaria de los GAD, se visualiza que el principal motivo es el aprovechamiento del material en esa zona puntal, puesto que a unos 500 metros más abajo, el río sigue retomando su curso sin

ninguna variación, debido a que no hay áreas presentes que sean usadas para extraer material pétreo.

En el recorrido que se realizó de los 6 kilómetros se pudo comprobar un número cercano a 12 áreas mineras, destinadas a la explotación de los materiales pétreos, las cuales en su mayoría limitan con las orillas del río, lo que ocasiona que el río altere su cauce en algunos tramos producto de la explotación mal llevada de los mineros artesanales.

### **3.2.2 Geología local.**

El río Upano se encuentra en un valle fluvial medio, delimitado tanto en su margen derecho como margen izquierdo por taludes de altura promedio de 50 metros constituido por lahares, intercalados por capas menores a 1 m de arcilla; perteneciente a la formación Mera-Upano de edad cuaternario provenientes del volcán Sangay. Este tipo de material se caracteriza por tener una matriz de bloques consolidados, con rocas dispuestas de forma aleatoria.

El río Upano se caracteriza por ser de tipo anastomosado es decir que posee una serie de canales pequeños formados por bancos o terrazas bajas de material detrítico de distintas dimensiones y volúmenes debido a la morfología del mismo y a la gran cantidad de material transportado desde el volcán Sangay.

A lo largo de su cauce se puede evidenciar la presencia de grandes depósitos de material pétreo (arena, grava y cantos rodados) de tipo andesita basálticas, correspondiendo esto a un material de origen cuaternario.



**Fotografía 5:** Lahares ubicados a lo largo del río Upano

**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018

### 3.2.3 Fisiografía

Donde predominan aquellos de un diámetro entre los menores a 2 cm como son las arenas, 2 a 30 cm y hasta bloques de 40 a 80 cm, conocidos como guijarros que generalmente son usados para formar escolleras a la hora de explotar el mismo.

La capacidad de arrastre de sedimentos detríticos que tiene el río Upano en las crecidas es alta, ya que se pudo observar la presencia de bloques de grandes dimensiones y redondeados lo que demuestra la gran distancia que han sido arrastrados.



**Fotografía 6:** Fisiografía del río.

**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018

### 3.2.4 Aspectos Socioeconómicos

De igual manera se puede observar unos 2 km aguas abajo la presencia de áreas mineras de tipo artesanal, que se caracterizan por la extracción de material (arena y ripio) con maquinaria de 320 HP, la cual sobrepasan lo establecido por la ley de minería e

instructivo municipal, poniendo en evidencia la falta de un control por las instituciones competentes; además en este tipo de minería artesanal la extracción de material se la realiza de una forma poco técnica, realizando pozos a una distancia del río aproximada de 20 metros, dichos pozos tiene dimensiones variadas, su funcionamiento básicamente es extraer el material y esperar que en las distintas crecidas se reponga el mismo, lo que resulta complicada debido a que los pozos se encuentran a grandes distancias del mismo cauce del río, además la explotación se basa principalmente en la demanda del producto, es decir cuando la demanda crece la explotación se la realiza de una forma rápida y desordenada para extraer la mayor cantidad de material posible en menor tiempo, por lo que se puede evidenciar en la gran cantidad de pozos realizados en distintos puntos.

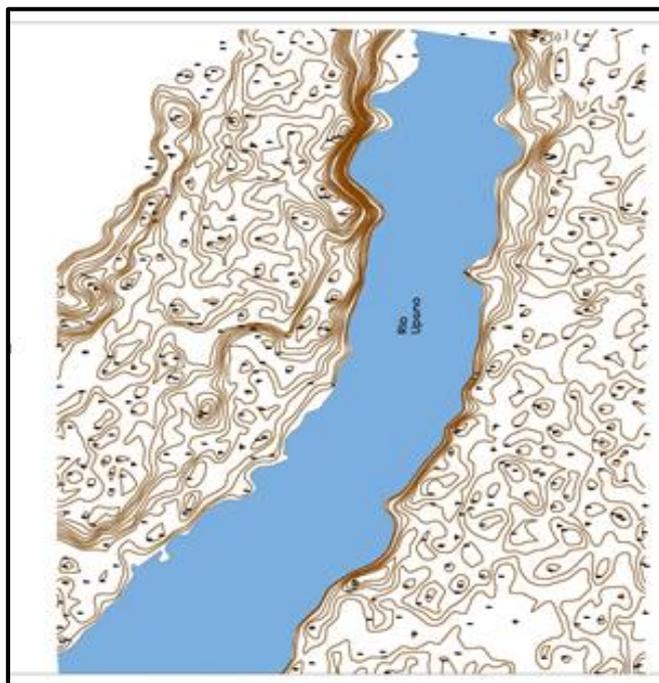


**Fotografía 7:** Extracción de material.  
**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018

### **3.3 Base Topográfica.**

Para el estudio del tramo de los 6 km del río Upano, se empleó la base topográfica del Google Earth procesada por el Global mapper y Autocad mediante la cual se obtuvo una base topográfica cada 10 m. Para realización de la base topográfica se siguieron los siguientes pasos:

- En google Earth creamos un polígono del área seleccionada con la herramienta agregar polígono, una vez dibujado el polígono, guardamos el archivo en formato kmz.
- Abrimos el archivo creado en el software global mapper, comprobamos que se encuentra en la proyección geográfica UTM, zona 17 sur en metros. Con la herramienta descargar datos en línea, al desplegarse la ventana marcamos la configuración ASTER GDEM, seleccionamos conectar y automáticamente se crea el relieve de la zona.
- Para la generación de las curvas de nivel, vamos a análisis y seleccionamos generar contorno, se despliega una ventana donde seleccionaremos la distancia entre cada curva de nivel, para nuestro caso se las realizó cada 10 metros y le damos ejecutar.
- Una vez creada las curvas, exportamos el archivo a un formato que sea compatible con el software AutoCAD (DWG).
- Abrimos el programa AutoCAD y se procede a darles los detalles que se requieren, para este caso se procedió a trazar el cauce del río y darle un color. Para de esa forma conocer y poder visualizar de mejor forma la base topográfica del río Upano.



**Ilustración 2:** Base topográfica de la zona de estudio  
**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018

### **3.4 Procesado de los datos Batimétricos.**

Para realizar el levantamiento batimétrico se consideró dos zonas específicas de 600 m aproximadamente la primera y 400 m aproximadamente la segunda; la primera fue elegida por ser considerada como zona de exclusión minera por encontrarse cerca de una obra civil sensible; la segunda se optó por ser una zona de características favorables para la explotación y por contar con el permiso de los concesionarios.

El fin primario es determinar la profundidad máxima de explotación del río, que permita estimar cual es el volumen de material posible a extraer, así como su volumen de reposición natural del mismo.

Para el levantamiento de los tramos restantes se recurre a una base topográfica, donde se delimita una tercera zona destinada a la realización del muestreo para los ensayos físico mecánicos.

Una vez identificadas las zonas para el estudio batimétrico, se hace el levantamiento topográfico y el levantamiento batimétrico, con la estación computarizada de marca TRIEMBLE S3 con su respectiva baliza o nivel; desde un punto de partida inicial en cada zona, se procede a tomar los datos a lo largo del tramo que está circunscrito dentro del mismo. Este levantamiento se realizó en los meses de octubre y diciembre del 2018

Para realizar el levantamiento topográfico se dividió en distintas etapas. La primera etapa fue la ubicación de los BM o punto de partida; en este caso los BM se encuentran ya determinados y ubicados en puntos que nos permitieron tener un mayor grado de observación de la zona total a estudiar. Una vez establecido el punto de partida se procede con el armado de la estación total.



**Fotografía 8:** Ubicación de la estación total punto de partida.

**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018

Para realizar el levantamiento con la estación total, se ubica la baliza en lugares donde el relieve cambie, es decir, elevaciones o disminución del nivel con respecto a una horizontal y tomamos la mayor cantidad de puntos que requiera dicha zona, considerando que mientras más puntos tomados mayor grado de precisión se tendrá.



**Fotografía 9:** Levantamiento BM inicial.

**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018



**Fotografía 10:** Zona de estudio aguas arriba del puente

**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018

Mediante las siguientes fotografías podemos comprobar como la baliza se ubicaba en distintos puntos de la zona analizada para obtener una topografía total de toda el área propuesta a estudiar.



**Fotografía 11:** Levantamiento baliza  
**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018



**Fotografía 12:** Puntos del levantamiento.  
**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018

Se tomó un total de 78 puntos en total del área de estudio seleccionado, que permitió de esta forma obtener un mayor grado de precisión en el levantamiento realizado. Una vez completo el levantamiento de toda el área seleccionada de estudio se procedió a extraer la base de datos en el software especializado, para este caso se utilizó el AutoCAD 2018.

Como metodología para determinar la reposición del río Upano en lapso de un año, la topografía antes mencionada se somete a comparación con otro levantamiento topográfico realizado en diciembre del 2017.

Para este efecto se utilizó las herramientas del autodesk denominado civil 3 D el cual genera un modelo o simulación producto de la comparación entre estos dos levantamientos topográficos. Obteniendo un resultado en volumen de material.

### **3.5 Ensayo de abrasividad.**

Para determinar el grado de desgaste que tienen los sedimentos de río, producto del arrastre del cauce del mismo, se realizó un ensayo de laboratorio utilizando una máquina de los ángeles, para lo cual se siguieron los siguientes pasos:

- Se identificó el área donde se procedió a tomar muestras representativas de la zona.
- Se realizó la recolección de muestras en distintos sacos con un peso aproximado de 25 kg.
- Las muestras recolectadas fueron llevadas al laboratorio, donde fueron lavadas y se realizó un roleo de la misma para obtener una muestra homogénea, para después ser sometidas al ensayo.
- Para la ejecución del ensayo se siguieron los siguientes pasos:
  - Se hace pasar un total de 1250 gr de muestra por el tamiz 1 ½ pulgada, luego un total de 1250 gr por un tamiz de ¾, en el tamiz de ½ también un total de 1250 gr y por último de ⅜ hasta obtener un total de 5000 gr de muestra.
  - Los 5000 gr de muestra se introducen al molino de ángeles, se adiciona un total de 12 bolas y se lo deja moler a una velocidad operacional de 30 a 33 rpm por un tiempo de 15 minutos.
  - Extraemos la muestra producto de la molienda y se realiza la comparación entre la masa inicial y la masa final y se obtiene el porcentaje de desgaste del mismo. Para la determinación del porcentaje de desgaste se utilizó un formato establecido por el laboratorio del Consejo Provincial, donde considera: tipo de material, masa inicial, masa final, % de abrasividad.

				
<b>ENSAYO DE ABRASIÓN</b>				
<b>INEN 860 ASBETO T-96</b>				
-----				
PROYECTO	TESIS DE GRADO			
YACIMIENTO	MISA RIO URAYO	MATERIAL:	BASE RIO	
FECHA	13/12/18	MUESTRA :	1	
		PROFUND:	8 m.	
-----				
<b>1- ENSAYO DE ABRASION LOS ANGELES</b>				
-----				
	TIPO	MASA IN.	MASA FINAL	%
		gr	gr	ABRASION
	A	5.000,00	12,00	41566,67%
-----				
	ESPECIF.: <	40,00%	SI CUMPLE	
-----				

**Tabla 3:** Modelo de tabla del laboratorio para ensayo de abrasión.

**Elaborado por:** GAD provincial de Morona Santiago, 2014

El resultado de este ensayo servirá para saber la calidad y el grado de desgaste que tiene este material y determinar si cumple los parámetros establecidos por la NEVI, donde establece un rango de desgaste no mayor al 40% de la masa inicial para materiales que serán usados como base y sub-base en la ejecución de obras civiles.



**Fotografía 13:** Maquina de los Ángeles.  
**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018



**Fotografía 14:** 12 Bolas para el ensayo.  
**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018



**Fotografía 15:** Colocación de la muestra en molino  
**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018

### **3.6 Ensayo granulométrico.**

Para la obtención de las muestras que serán sometidas al ensayo de granulometría se realizó un recorrido de una sección del río, donde se extrajo 1 m<sup>3</sup> de material. Una vez extraído el material, se procede a realizar el pesado y tamizado del mismo, ya que del 100%; el 70 % corresponde a material mayor a 15 cm de diámetros y el 30% corresponde a material inferior a estos diámetros, dicho análisis se pudo comprobar haciendo pasar el material por una criba.

Del metro cúbico de la muestra, el peso total de esta es de 1480 kg; el 70% denominado material grueso equivale en peso a 1030 kg; y de material fino que corresponde al 30% es de 440 kg.

Al material fino (30%) se realizó una homogenización mediante roleo para extraer 2.5 kg de muestra bruta (representativa), para someterla al ensayo granulométrico en los tamices de 63 mm, 31.5 mm, 16 mm, 8 mm, < 4 mm, en los cuales se hizo pasar los 2.5 kg de muestra por los 4 tamices y se pesó el retenido en cada tamiz.

De esta manera pudimos realizar una clasificación total del metro cúbico analizado, basada en una clasificación práctica y recomendada por el laboratorio del consejo provincial, en donde clasifican al material en grueso y fino, en el que todo el material mayor a 64 mm es considerado como gravas, y el material menor a ese diámetro como arenas.



**Fotografía 16:** Clasificación mediante una criba.  
**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018



**Fotografía 17:** Clasificación como tamices.  
**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018



**Fotografía 18:** Cargado del material grueso.  
**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018



**Fotografía 19:** Pesado del material grueso.  
**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018



### **3.7 Método de explotación.**

Tomando en cuenta los factores siguientes:

- Ley y reglamento de Minería
- Ordenanza Municipal e instructivos específicos para la explotación de Áridos y pétreos
- Y los parámetros técnicos mineros obtenidos en el levantamiento de información del presente estudio.

Se propone un método de explotación estándar a los permisos de minería artesanal de acorde la información recolectada en el campo y a fin a la maquinaria permitida por el estado para estas labores.

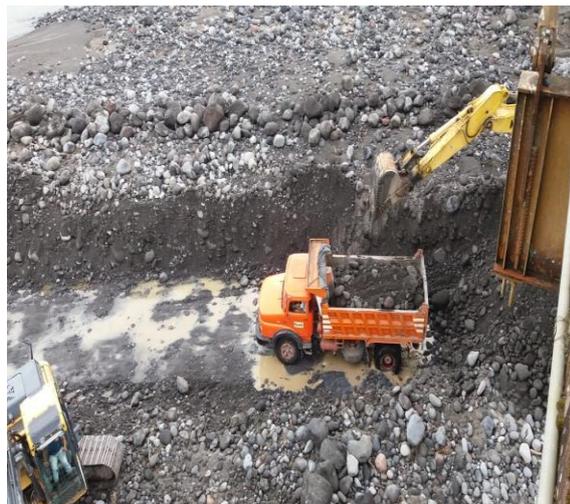
El actual método de explotación y acopio aplicado por los beneficiarios mineros del sector, es realizada de manera empírica basada en la experiencia y orientada a cubrir la demanda local del materia pétreo; fundamentándose su extracción mediante el uso de pozos alejados al cauce natural del río, es decir se crean piscinas de extensiones irregulares de 5 metros de ancho por 9 a 12 metros de largo con una profundidad variada, lo que, provoca en algunos casos la desviación del cauce natural del mismo, una afección a las vías de extracción por la erosión causada por el río y más importante aún la reposición del material se dificulta ya que la piscina se aleja del río a medida que la extracción del material avanza.

Considerando los aspectos legales y técnicos mineros antes mencionados; la propuesta del método de explotación estándar se encuentra dentro del plan de manejo de explotación.



**Fotografía 22:** creación de pozos de extracción.

**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018



**Fotografía 23:** Forma de explotación de los mineros.

**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018

## CAPITULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

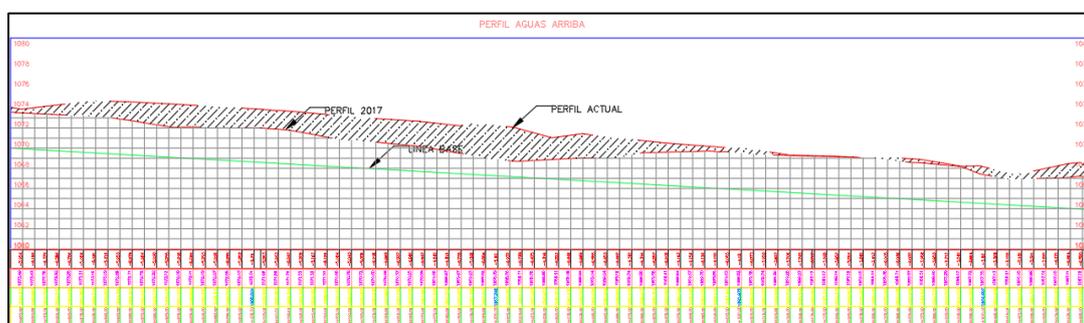
Una vez realizado el levantamiento de la zona seleccionada y el recorrido de toda la sección de estudio, se presentan los resultados de acuerdo a los objetivos planteados.

#### 4.1 Análisis de los cortes Batimétricos

Para una mejor comprensión del tramo de estudio se procede a realizar la interpretación de dos cortes longitudinales; zona A (aguas arriba) y la zona B (Aguas abajo), tomando como punto de referencia el puente del río Upano. En los cuales se podrán visualizar las variaciones que presenta la rasante del río dentro de la zona de estudio.

#### 4.2 Análisis del corte batimétrico de la zona A (Aguas arriba)

En el corte batimétrico (ilustración 3), se observa una pendiente relativamente suave obteniendo así una profundidad máxima en dicha zona que es de 3.40 m con variaciones a lo largo de su curso alcanzando profundidades mínimas de 1.5 m en relación a su espejo de agua, en vista a las características que presenta el río Upano el cual en este sector posee unas características isométricas siendo su elevación de la superficie la misma en ambos lados de la playa.

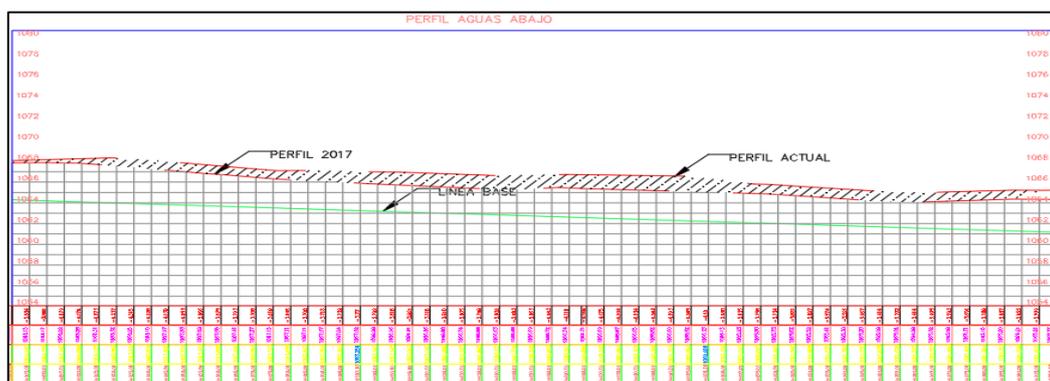


**Ilustración 3:** Corte Batimétrico de la zona A (Aguas arriba)

**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018

### 4.3 Análisis del corte batimétrico de la zona B (Aguas abajo)

En el corte batimétrico (ilustración 4), se puede observar que esta zona posee características similares a la zona A, ya que el material y las condiciones en la que se encuentra depositado son las mismas por lo que no hay variación significativa en su longitud total.



**Ilustración 4:** Corte Batimétrico de la zona B (Aguas abajo)

Elaborado por: Quintuña, P. 2018

### 4.4 Resultados de la batimetría.

Con los resultados obtenidos del levantamiento del área seleccionada ubicada debajo del puente, se pudo comprobar la cantidad de material que se puede extraer de una sección del río, así como la capacidad de reposición que tiene el mismo en las distintas crecidas en un período de 9 meses. En el primer tramo aguas arriba, en una piscina de explotación realizada de 40 metros de largo por 20 de ancho y con una profundidad de 3.40 metros se estimó un aproximado de la reserva de 68162.32 m<sup>3</sup> de material y en el tramo dos, aguas abajo en una sección de 20 metros de ancho por 20 metros de largo y una profundidad similar, se estimó una cantidad de 39419.81 m<sup>3</sup> de material pétreo.

Para comprobar la capacidad que tiene el río de reponer el material de manera natural, se realizó una piscina donde se extrajo el material hasta una profundidad de 3.40 metros y se trazó una línea base en la rasante, se esperó por un período de tiempo estimado de 9 meses, con controles mensuales y se volvió hacer un levantamiento para comprobar el nivel actual del material y de esta forma calcular la cantidad de material que repuso el río en todo ese período de tiempo.

Con el levantamiento final se puede verificar la capacidad que tiene el río de reponer el material de forma natural en las distintas crecidas y lo viable que es continuar explotando dicho material de una manera técnica y responsable con el medio

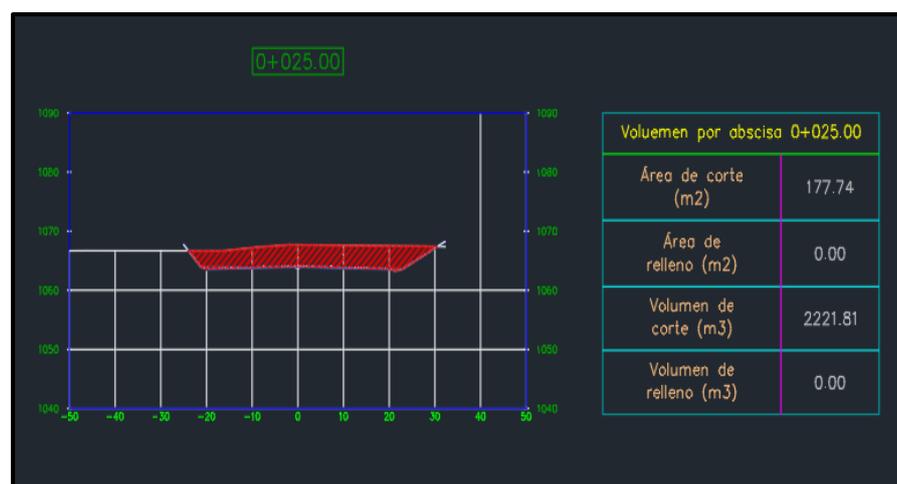
ambiente. Con la línea base trazada la primera vez y con una comparación con la línea actual realizada el 9 de diciembre del 2018 se pudo estimar una reserva de material aguas arriba de 107952.75 m<sup>3</sup> de material y aguas abajo con volumen de 21029.38 m<sup>3</sup> de material. Comparando los volúmenes de material con los actuales se estima que, en un período de 9 meses desde el primer levantamiento en el 2017, el río repuso un volumen superior al extraído en un total de 60819.81 m<sup>3</sup> de material adicionales a lo inicial. Con la información obtenida con la que se realizó la batimetría en toda esta sección, podemos decir que en el río Upano en las distintas temporadas tanto invierno como de verano repone un aproximado mensual de 14331.34 m<sup>3</sup> de material.

Se trazaron 32 perfiles en total, lo que permitió visualizar el porcentaje de material de reposición, realizando un perfil de cada abscisa y aplicado el método prismoidal para el cálculo de volumen que aplica la fórmula.

$$V: \frac{L}{3}(A1 + \sqrt{A1A2} + A2)$$

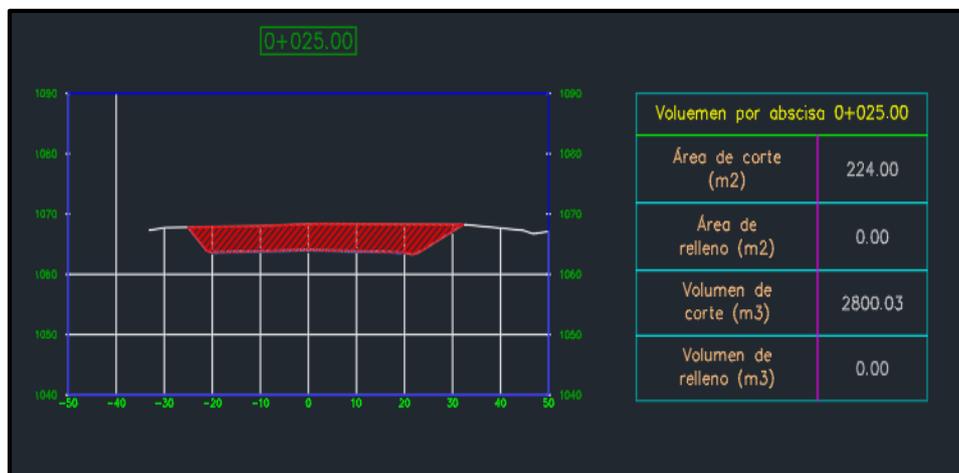
Para poder comprobar de una manera gráfica la forma en la que se depositó el material en todo el tramo de estudio, se realizó unos perfiles en las 6 abscisas, de esta forma se podrá visualizar el área de corte de cada sección y el volumen de corte aproximado que se obtendrá en dicho tramo, para que en caso de una posterior extracción saber en qué secciones se encuentra más material.

En la sección aguas abajo se realiza una comparación, los levantamientos del 2017 frente a los levantamientos del 2018.



**Ilustración 5:** Perfil 1 aguas abajo 2017, abscisa 0+0.25.00  
**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018

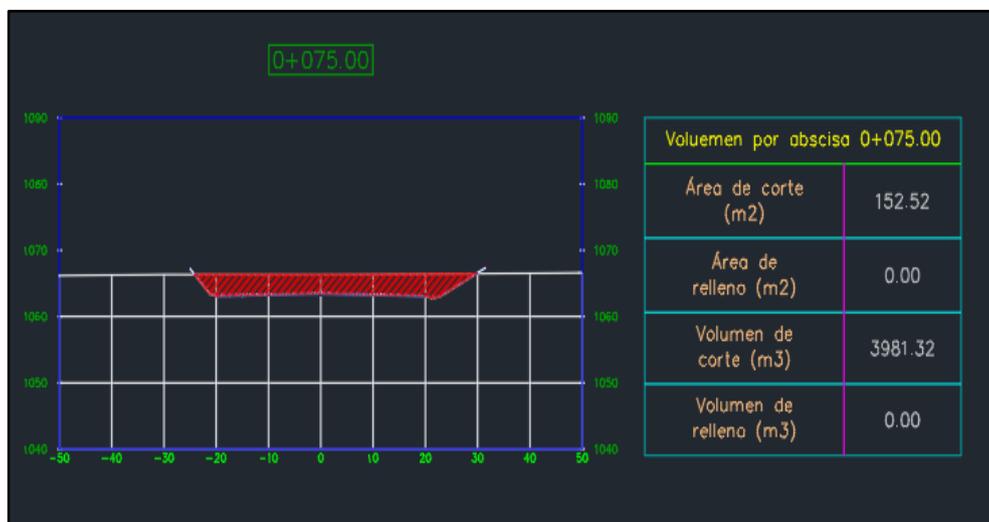
En la ilustración número 5 ubicada en la abscisa 0+025.00 en el levantamiento del 2017 podemos observar el perfil de corte, en donde el área de trabajo es 177.74 m<sup>2</sup>, en el que se obtuvo un volumen de corte de 2221.81 m<sup>3</sup>.



**Ilustración 6:** Perfil 2 aguas abajo 2018, abscisa 0+025.00

**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018

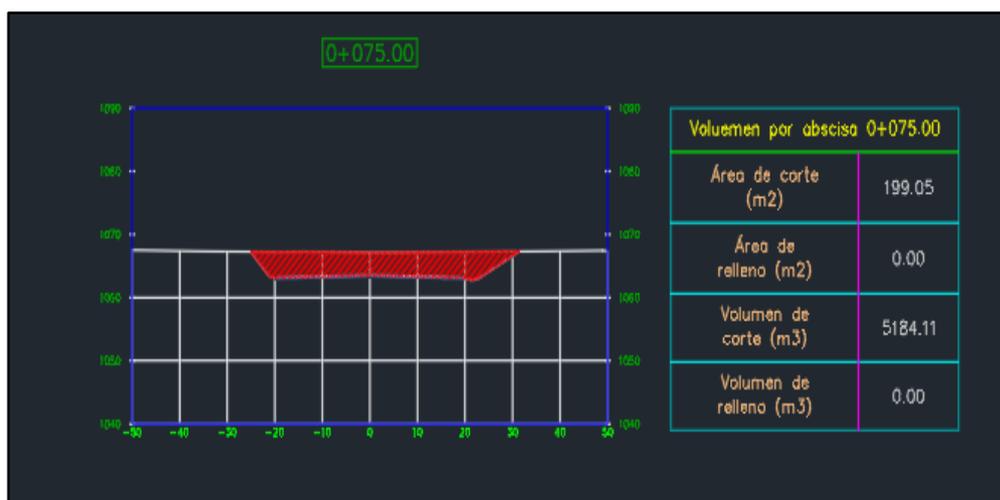
En la ilustración número 6 ubicada en la abscisa 0+025.00 en el levantamiento del 2018 podemos observar que en la misma abscisa nuestra área de corte es mayor, debido a la reposición del material se hizo más extensa, en donde el área de trabajo es ahora 224.00 m<sup>2</sup>, obteniendo un volumen de corte de 2800.03 m<sup>3</sup>. En comparación al período 2017 tenemos un incremento de material de 578.22 m<sup>3</sup> en la sección 1.



**Ilustración 7:** Perfil aguas abajo 2017, abscisa 0+075.00

**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018

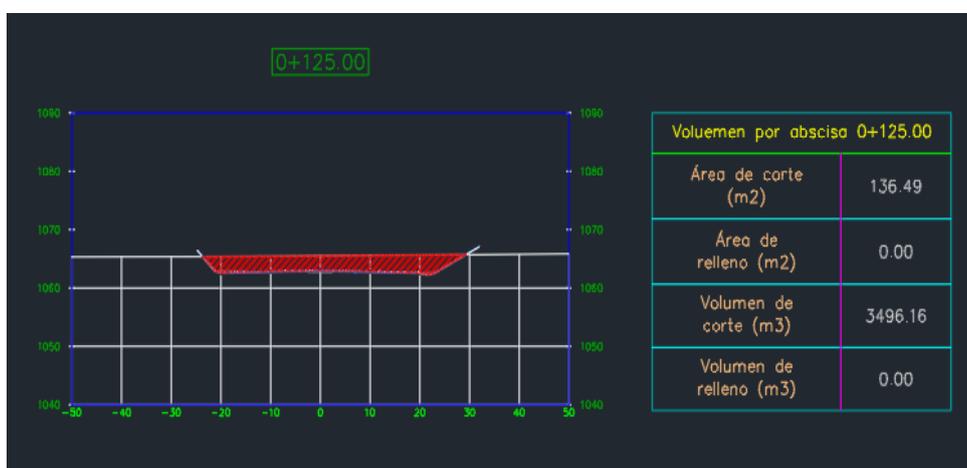
En la ilustración número 7 ubicada en la abscisa 0+075.00 en el levantamiento del 2017 podemos observar el perfil de corte, en donde el área de trabajo es 152.52. m<sup>2</sup>, en el cual obtenemos un volumen de corte de 3981.32 m<sup>3</sup>.



**Ilustración 8:** Perfil aguas abajo 2018, abscisa 0+075.00.

**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018

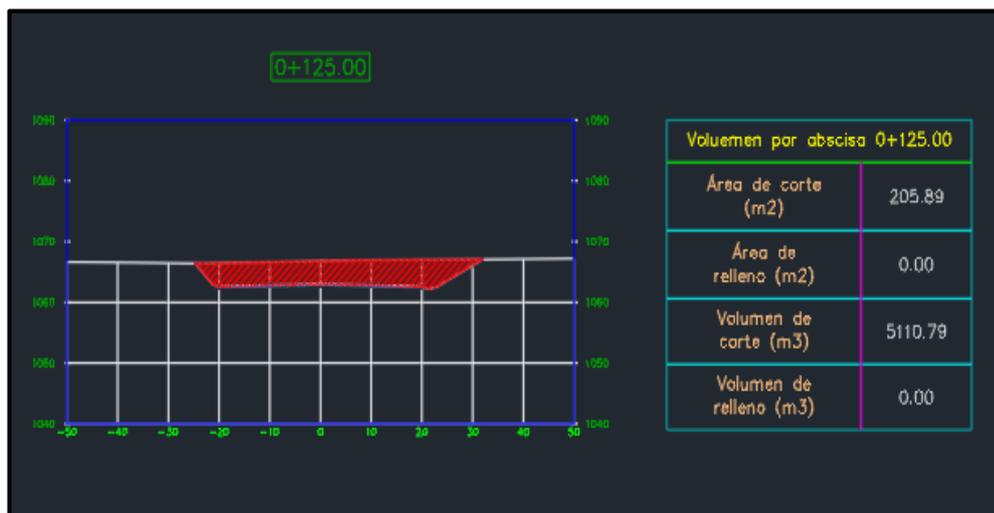
En la ilustración número 8 ubicada en la abscisa 0+075.00 en el levantamiento del 2018 podemos observar que en la misma abscisa nuestra área de corte es mayor, debido a la reposición del material se hizo más extensa, donde el área de trabajo es ahora 199.05 m<sup>2</sup>, obteniendo un volumen de corte de 5184.11 m<sup>3</sup>. En comparación al período 2017 tenemos un incremento de material de 1202.79 m<sup>3</sup> en la sección 2.



**Ilustración 9:** Perfil aguas abajo 2017, abscisa 0+125.00.

**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018

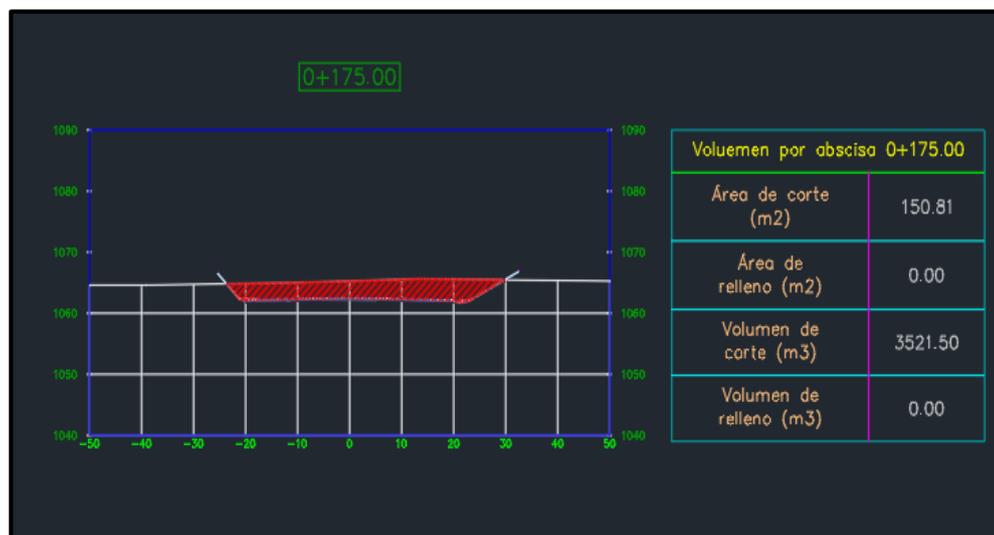
En la ilustración número 9 ubicada en la abscisa 0+125.00 en el levantamiento del 2017 podemos observar el perfil de corte, en el cual el área de trabajo es 136.49 m<sup>2</sup>, obteniendo un volumen de corte de 3496.16 m<sup>3</sup>.



**Ilustración 10:** Perfil aguas abajo 2018, abscisa 0+125.00.

**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018

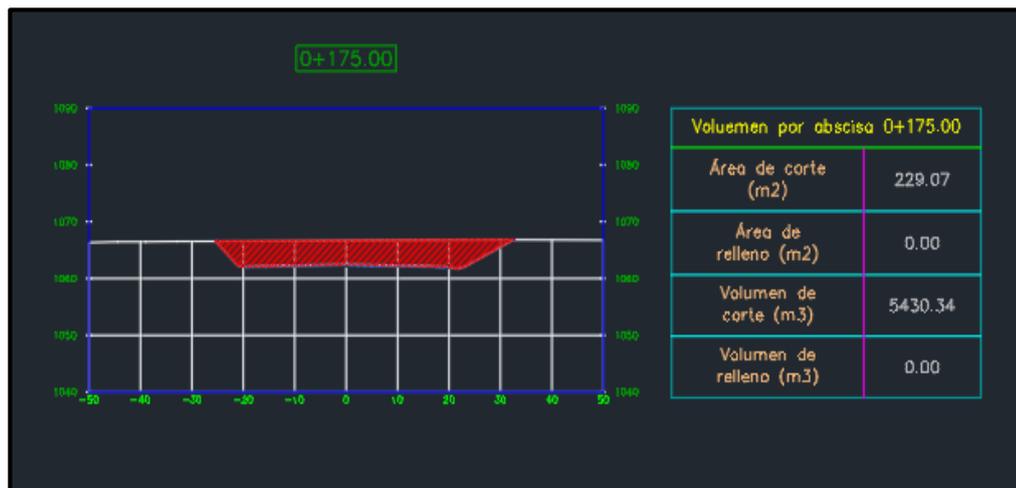
En la ilustración número 10 ubicada en la abscisa 0+125.00 en el levantamiento del 2018 podemos observar que, en la misma abscisa, nuestra área de corte es mayor, debido a que la reposición del material se hizo más extensa, en donde el área de trabajo es ahora 205.89 m<sup>2</sup>, en el cual obtenemos un volumen de corte de 5110.79 m<sup>3</sup>. En comparación al período 2017 tenemos un incremento de material de 1614.63 m<sup>3</sup> en la sección 3.



**Ilustración 11:** Perfil aguas abajo 2017, abscisa 0+175.00

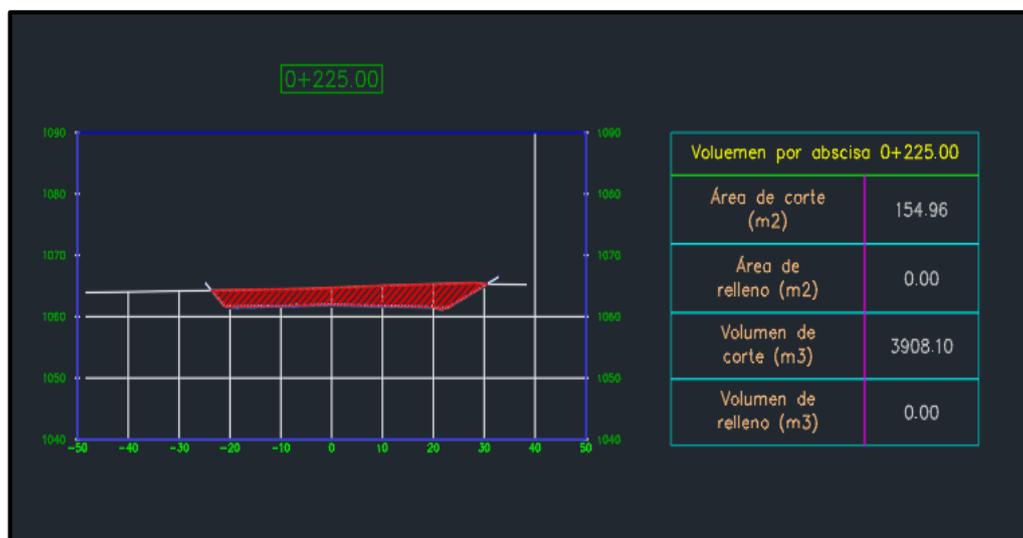
**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018

En la ilustración número 11 ubicada en la abscisa 0+175.00 en el levantamiento del 2017 podemos observar el perfil de corte, en donde el área de trabajo es 150.81 m<sup>2</sup>, en el cual obtenemos un volumen de corte de 3521.50 m<sup>3</sup>.



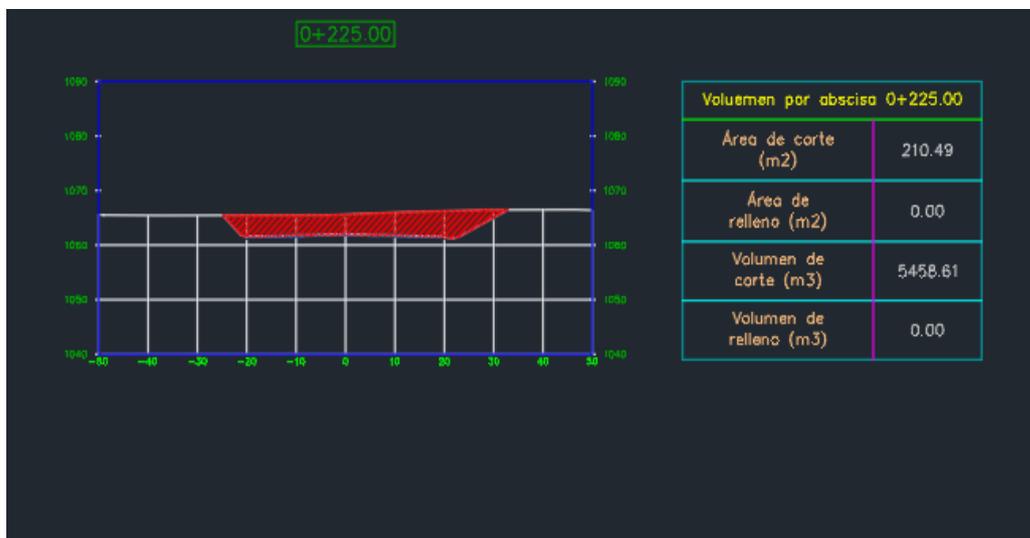
**Ilustración 12:** Perfil aguas abajo 2018, abscisa 0+175.00  
**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018

En la ilustración número 12 ubicada en la abscisa 0+175.00 en el levantamiento del 2018 podemos observar que en la misma abscisa nuestra área de corte es mayor, debido a la reposición del material se hizo más extensa, en donde el área de trabajo es ahora 229.07 m<sup>2</sup>, obteniendo un volumen de corte de 5430.34 m<sup>3</sup>. En comparación al período 2017 tenemos un incremento de material de 1908.84 m<sup>3</sup> en la sección 4.



**Ilustración 13:** Perfil aguas abajo 2017, abscisa 0+225.00  
**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018

En la ilustración número 13 ubicada en la abscisa 0+225.00 en el levantamiento del 2017 podemos observar el perfil de corte, en donde el área de trabajo es 154.96 m<sup>2</sup>, en el cual obtenemos un volumen de corte de 3908.10 m<sup>3</sup>

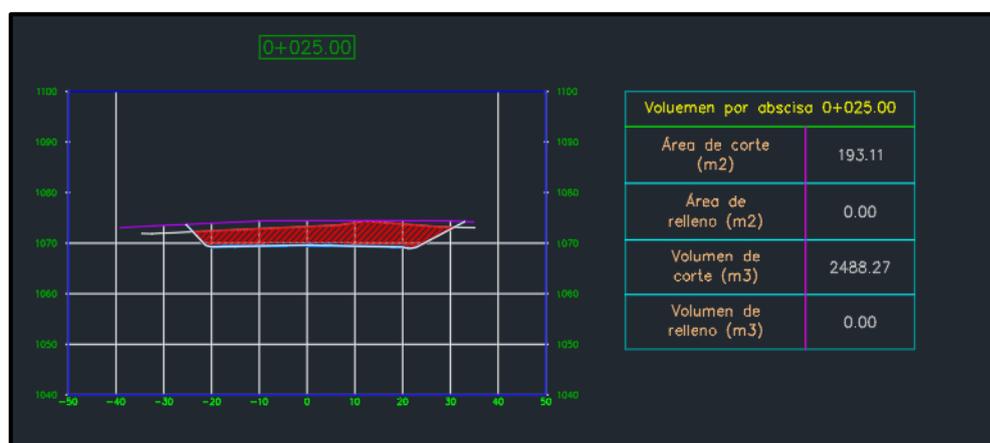


**Ilustración 14:** Perfil aguas abajo 2018, abscisa 0+225.00

**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018

En la ilustración número 14 ubicada en la abscisa 0+225.00 en el levantamiento del 2018 podemos observar que en la misma abscisa nuestra área de corte es mayor, debido a la reposición del material se hizo más extensa, en donde el área de trabajo es ahora 210.49 m<sup>2</sup>, en el cual obtenemos un volumen de corte de 5458.61 m<sup>3</sup>. En comparación al período 2017 tenemos un incremento de material de 1550.51 m<sup>3</sup> en la sección 5.

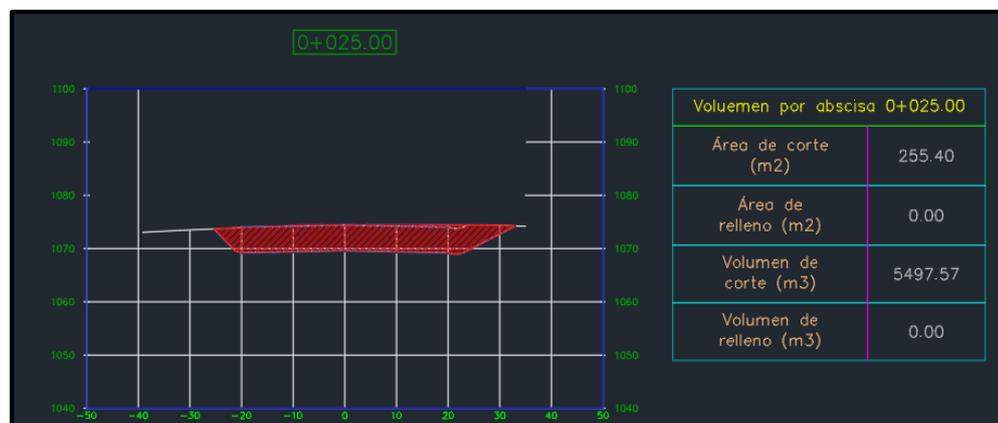
En el tramo aguas arriba, se pudo obtener la siguiente información que nos permitió realizar una comparación del material explotado y repuesto en función a los dos períodos analizados 2017 y 2018.



**Ilustración 15:** Perfil aguas arriba 2017, abscisa 0+025.00

**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018

En la ilustración número 15 ubicada en la abscisa 0+025.00 aguas arriba en el levantamiento del 2017 podemos observar el perfil de corte, en donde el área de trabajo es  $193.11 \text{ m}^2$ , en el que obtenemos un volumen de corte de  $2488.27 \text{ m}^3$



**Ilustración 16:** Perfil aguas arriba 2018, abscisa 0+025.00

**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018

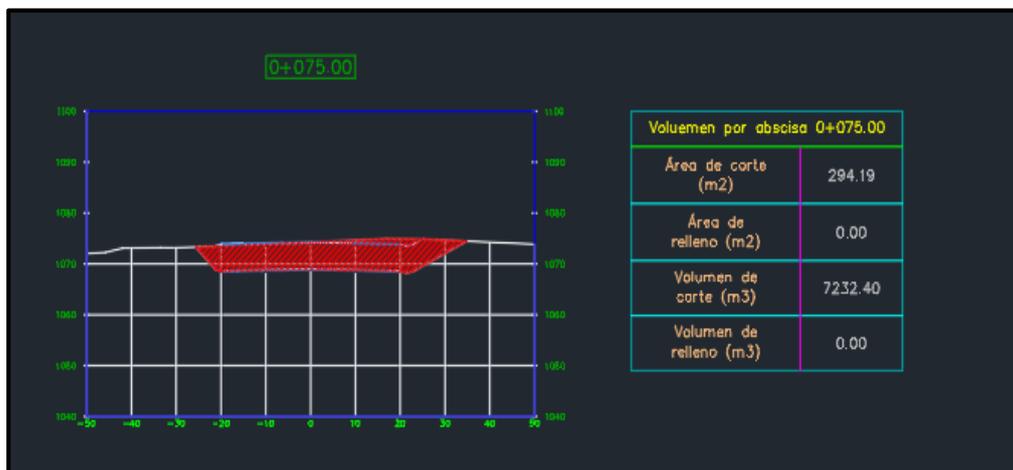
En la ilustración número 16 ubicada en la abscisa 0+025.00 en el levantamiento del 2018 podemos observar que en la misma abscisa nuestra área de corte es mayor, debido a la reposición del material se hizo más extensa, en donde el área de trabajo es ahora  $255.40 \text{ m}^2$ , en el que obtenemos un volumen de corte de  $5497.57 \text{ m}^3$ . En comparación al período 2017 tenemos un incremento de material de  $3009.3 \text{ m}^3$  en la sección 1.



**Ilustración 17:** Perfil aguas arriba 2017, abscisa 0+075.00

**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018

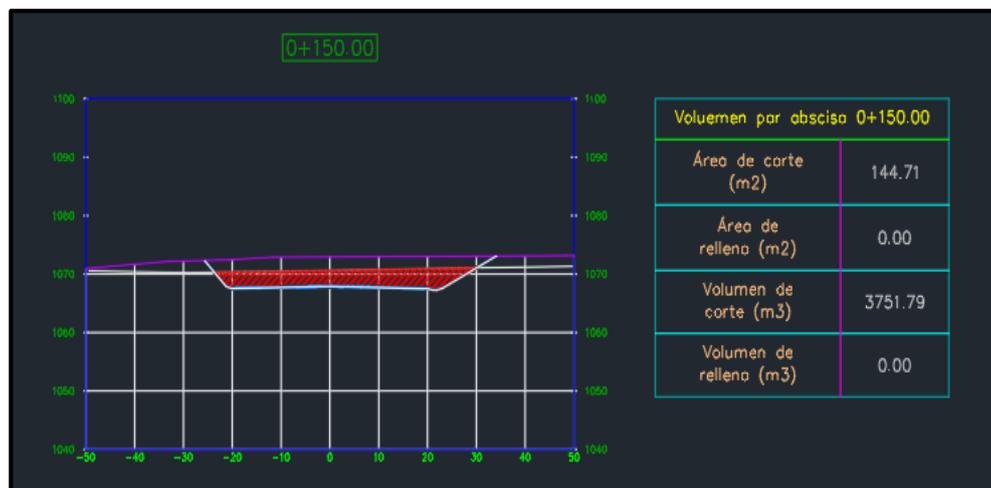
En la ilustración número 17 ubicada en la abscisa 0+075.00 aguas arriba en el levantamiento del 2017 podemos observar el perfil de corte, en donde el área de trabajo es 171.94 m<sup>2</sup>, en el que obtenemos un volumen de corte de 4354.93 m<sup>3</sup>.



**Ilustración 18:** Perfil aguas arriba 2018, abscisa 0+075.00

**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018

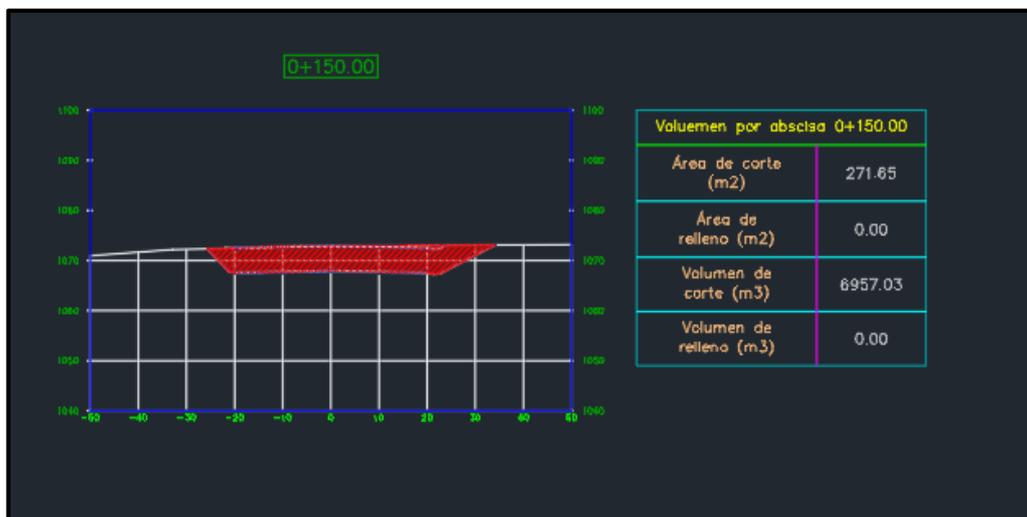
En la ilustración número 18 ubicada en la abscisa 0+075.00 en el levantamiento del 2018 podemos observar que en la misma abscisa nuestra área de corte es mayor, debido a la reposición del material se hizo más extensa, en donde el área de trabajo es ahora 294.19 m<sup>2</sup>, obteniendo un volumen de corte de 7232.40 m<sup>3</sup>. En comparación al período 2017 tenemos un incremento de material de 2877.47 m<sup>3</sup> en la sección 2.



**Ilustración 19:** Perfil aguas arriba 2017, abscisa 0+150.00

**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018

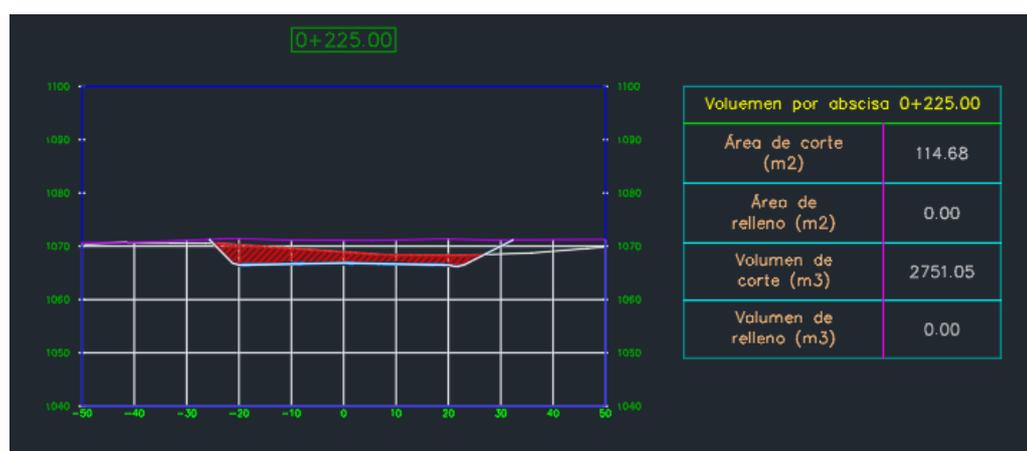
En la ilustración número 19 ubicada en la abscisa 0+150.00 aguas arriba en el levantamiento del 2017 podemos observar el perfil de corte, en donde el área de trabajo es  $144.71 \text{ m}^2$ , donde obtenemos un volumen de corte de  $3751.79 \text{ m}^3$ .



**Ilustración 20:** Perfil aguas arriba 2018, abscisa 0+150.00

**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018

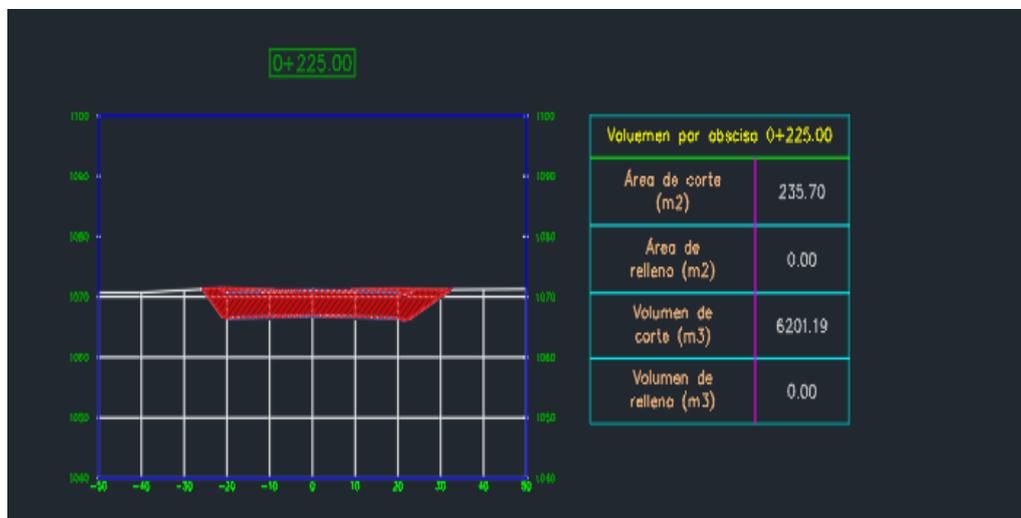
En la ilustración número 20 ubicada en la abscisa 0+150.00 en el levantamiento del 2018 podemos observar que en la misma abscisa nuestra área de corte es mayor, debido a la reposición del material se hizo más extensa, en donde el área de trabajo es ahora  $271.65 \text{ m}^2$ , en el que obtenemos un volumen de corte de  $6957.03 \text{ m}^3$ . En comparación al período 2017 tenemos un incremento de material de  $3385.24 \text{ m}^3$  en la sección 3.



**Ilustración 21:** Perfil aguas arriba 2017, abscisa 0+225.00

**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018

En la ilustración número 21 ubicada en la abscisa 0+225.00 aguas arriba en el levantamiento del 2017 podemos observar el perfil de corte, en donde el área de trabajo es 114.68 m<sup>2</sup>, en el que obtenemos un volumen de corte de 2751.05 m<sup>3</sup>.



**Ilustración 22:** Perfil aguas arriba 2018, abscisa +0.225.00  
**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018

En la ilustración número 22 ubicada en la abscisa 0+225.00 en el levantamiento del 2018 podemos observar que en la misma abscisa nuestra área de corte es mayor, debido a la reposición del material se hizo más extensa, en el cual el área de trabajo es ahora 235.70 m<sup>2</sup>, donde obtenemos un volumen de corte de 6201.19 m<sup>3</sup>. En comparación al período 2017 tenemos un incremento de material de 3450.14 m<sup>3</sup> en la sección 4.

Mediante las ilustraciones de los perfiles de cortes de algunas secciones, se pudo visualizar y realizar una comparación de los volúmenes de material en el 2017 como en el 2018. De una forma más resumida se presenta una tabla con los volúmenes de material presentes en cada abscisa aguas arriba y aguas abajo, en caso de volver a extraer material de esta zona, se puede observar las reservas de material que tiene cada abscisa, para de esta forma solo realizar la explotación por tramos hasta el volumen de material requerido.

TABLA DE VOLUMEN (AGUAS ARRIBA)			
ABSCISA	Área de corte (m <sup>2</sup> )	Volumen de corte (m <sup>3</sup> )	Volumen de corte acumulado (m <sup>3</sup> )
0+000.00	184.41	0.00	0.00
0+025.00	255.40	5497.57	5497.57
0+050.00	284.40	6747.47	12245.04
0+075.00	294.19	7232.40	19477.44
0+100.00	287.63	7272.77	26750.21
0+125.00	284.91	7429.06	34179.27
0+150.00	271.65	6957.03	41136.30
0+175.00	267.65	6741.30	47877.60
0+200.00	260.39	6600.54	54478.14
0+225.00	235.70	6201.19	60679.33
0+250.00	243.06	5984.48	66663.82
0+275.00	233.52	5957.20	72621.01
0+300.00	214.52	5600.50	78221.52
0+325.00	188.69	5040.11	83261.63
0+350.00	190.17	4727.70	87989.33
0+375.00	212.72	5036.13	93025.46
0+400.00	211.27	5299.92	98325.38
0+425.00	215.38	5333.14	103658.51
0+44.84	217.60	4294.23	107952.75

**Tabla 5:** Tabla de volúmenes aguas arriba  
**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018

TABLA DE VOLUMEN (AGUAS ABAJO)			
ABSCISA	Área de corte (m <sup>2</sup> )	Volumen de corte (m <sup>3</sup> )	Volumen de corte acumulado (m <sup>3</sup> )
0+000.00	0.00	0.00	0.00
0+025.00	224.00	2800.03	2800.03
0+050.00	215.68	5496.07	8296.10
0+075.00	199.05	5184.11	13480.21
0+100.00	202.97	5025.21	18505.42
0+125.00	205.89	5110.79	23616.21
0+150.00	214.85	5259.22	28875.43
0+175.00	229.07	5430.34	34305.77
0+200.00	226.20	5690.89	39996.66
0+225.00	210.49	5458.61	45455.27
0+250.00	200.30	5134.87	50590.14
0+275.00	204.55	5060.66	55650.80
0+299.00	193.97	4798.39	60449.19

**Tabla 6:** Tabla de volúmenes aguas abajo.  
**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018

#### 4.5 Resultado del ensayo de desgaste.

Como un aporte a la investigación, se propuso realizar un ensayo de desgaste del material que se encuentra en el río Upano, este ensayo nos permitirá conocer el grado de abrasividad y desgaste que tienen los materiales al ser sometidos a abrasión, impacto y cizalla. Con los resultados obtenidos se determinará si cumple con las especificaciones ASTTHO T-96, que nos dice: si el material presenta un desgaste menor a 0 ó igual al 50% presta las condiciones necesarias para ser usado como material de base para la construcción.

			
ENSAYO DE ABRASIÓN			
INEN 860 AASHTO T-96			
PROYECTO:	Tesis		
YACIMIENTO	MINA RIO UPANO	MATERIAL:	BASE C-1 "A"
FECHA	27/11/18	MUESTRA:	1
		PROFUND.:	0 m.
1.- ENSAYO DE ABRASION LOS ANGELES			
TIPO	MASA IN. gr	MASA FINAL gr	% ABRASION
A	5.000,00	3.883,00	28,77%
ESPECIF. : <	40,00%	SI CUMPLE	

**Tabla 7:** Resultado del ensayo de desgaste.

**Fuente:** GAD provincial de Morona Santiago; 2014

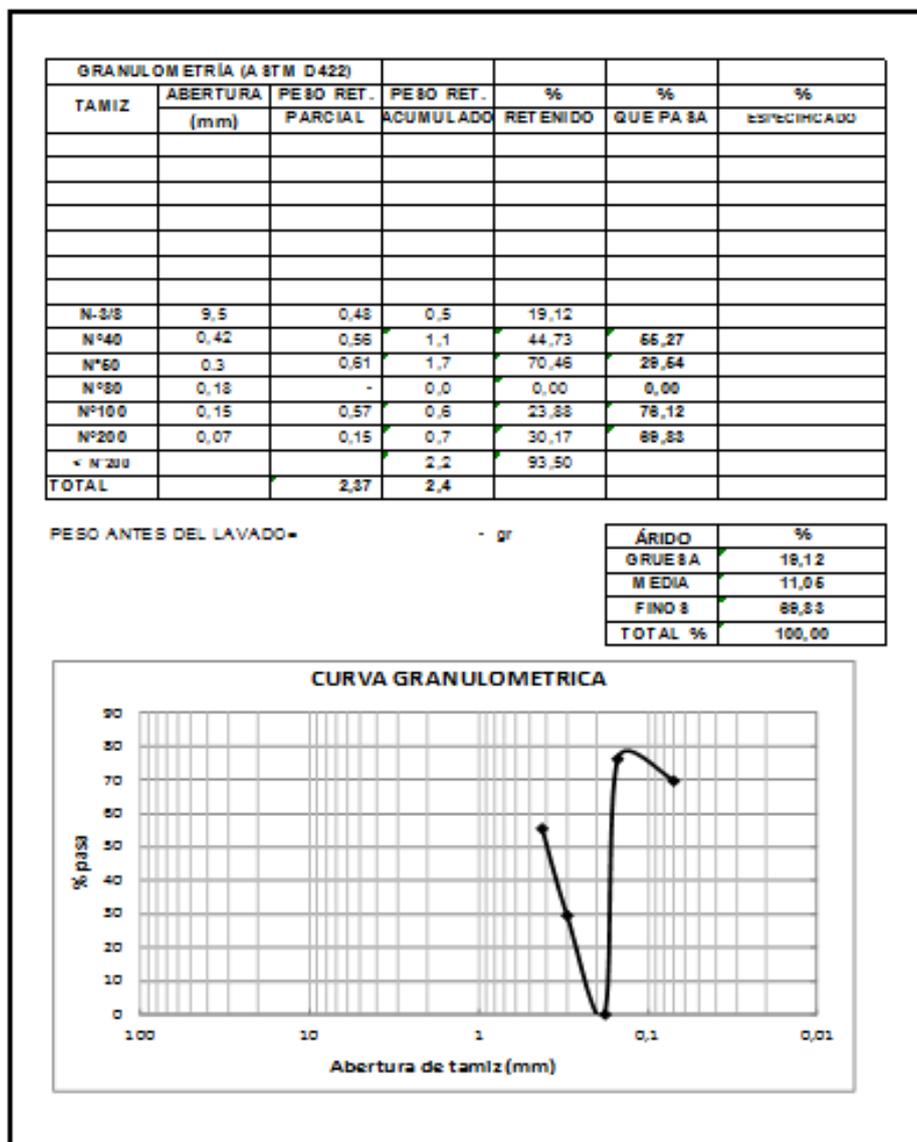
**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018

En la tabla se puede observar que en un total de 5000 gr de muestra fueron sometidas al ensayo de abrasividad por un período de tiempo de 15 minutos a una velocidad operacional de 30 a 33 RPM, el resultado de la muestra fue pesado, resultando un peso total de 3883 gr de muestra analizada. El porcentaje de abrasión de la muestra es la resta entre la muestra inicial con la muestra final en porcentaje, dando como resultado un total del 28.77 % de desgaste. De esta forma podemos comprobar que el material presenta las características normadas para ser usado como material de base.

#### **4.6 Resultado del ensayo granulométrico.**

Una vez realizado el ensayo granulométrico en un metro cúbico de material en dos puntos establecidos, se puede observar la clasificación granulométrica presente en la muestra, en donde se clasificaron a los materiales en arenas finas, gruesas, así como cantos rodados o gravas y por último bloques a los pedazos no condicionadas de material. El material predominante en este caso son los bloques de dimensiones mayores 10 hasta 60 cm y en un porcentaje reducido las arenas de tamaño medio y finas. Este ensayo es un indicador teórico y práctico del tipo de material presente en el río, pero no resulta de mucha importancia debido a que los mineros locales utilizan plantas de trituración para la obtención del material de acuerdo a los requerimientos del cliente, utilizando primero una clasificación mediante cribas donde la abertura por metro lineal depende de la capacidad del setting de la chancadora, que van desde los 15 cm hasta los 25 de esta forma realizan la primera separación, luego trasladan el material hasta la trituradora primaria donde obtiene un producto final de triturado clase uno de un diámetro de hasta 4 cm y además de arenas finas y gruesas.

### TABLA DEL ENSAYO GRANULOMÉTRICO



**Tabla 8:** Resultado del ensayo granulométrico  
**Fuente:** GAD provincial de Morona Santiago; 2014  
**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018

Una vez realizado el ensayo de granulométrica del 30% de la muestra que corresponde a un material menor a los 15 cm; se puede determinar que tenemos un 19.12% de arena gruesa, un 11.05% arena media y un 69.83% de arena fina.

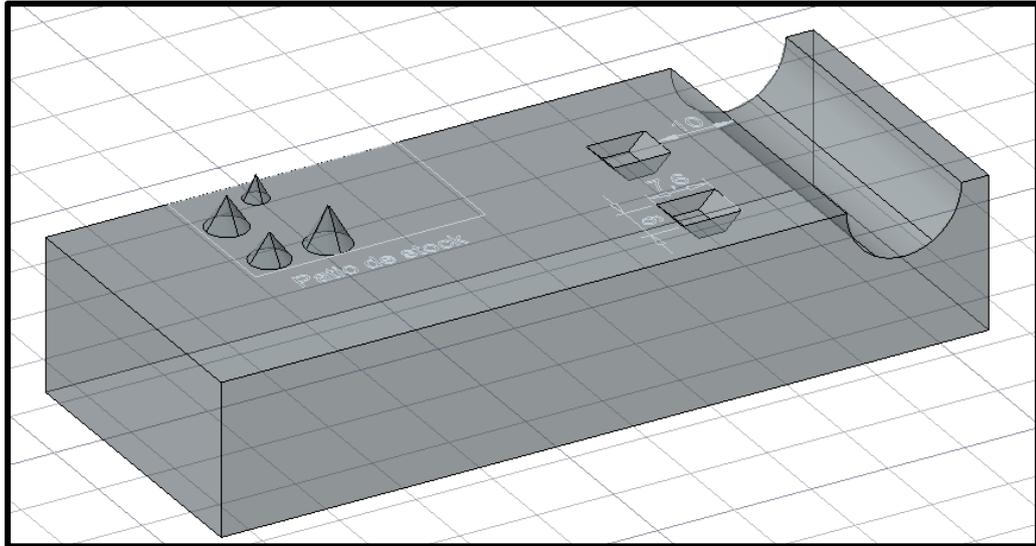
#### **4.7 Plan de manejo de explotación.**

De acuerdo a lo mencionado con anterioridad y a toda la información recopilada, se puede proponer un plan de manejo de explotación acorde a los parámetros establecidos por el Instructivo Municipal de Macas y al instructivo de maquinaria y equipos con capacidades de carga y producción en minería artesanal en el capítulo 3 Art. 5, donde establece la maquinaria a utilizar y la profundidad máxima permitida a excavar con estos límites y especificaciones de explotación y cuáles son los lineamientos a seguir para realizar dicha actividad, se establece una metodología de explotación.

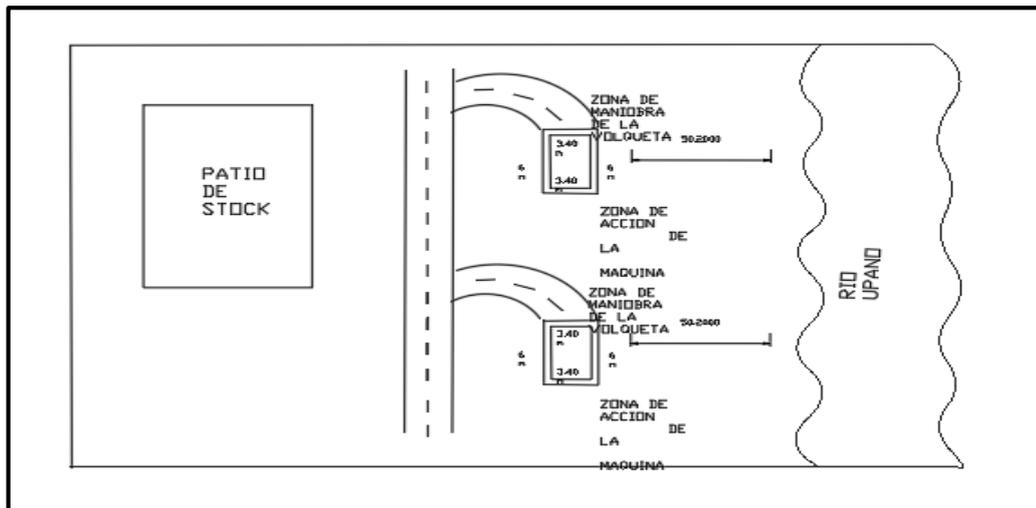
En función de todas las especificaciones antes mencionadas, la forma más adecuada de explotar el material áridos y pétreos por los mineros artesanos en este tipo de ríos, es mediante franjas ubicadas a 10 metros y de forma perpendiculares al avance natural del río, con secciones no mayores a 3 metros de ancho por 5 de largo y con una profundidad máxima de 5.40 metros, debido a que el material que se extrae es de dimensiones variadas hasta un diámetro máximo de 30 cm, los materiales superiores a esta dimensión, deberá ser utilizado como escolleras para proteger el cauce, evitando que este se desvíe y provoque afecciones a las áreas donde se está extrayendo el material.

En función a los requerimientos y la demanda del material, el área minera deberá contar con un patio de stock y una zona de clasificación de material para separar las arenas del material grueso, de esta manera se obtiene una extracción muy ordenada, amigable con el medio ambiente y más importante aún, el material se repondrá de forma natural a medida que avanza la explotación.

Como un aporte adicional y de mucha importancia se cree necesario la construcción de ataguías al margen derecho del río, en zonas de mayor probabilidad de que el río desborde su cauce en crecidas, debido al mal manejo de las zonas de explotación de material. Una de las características y ventajas que presentan este tipo de estructuras son que se pueden elaborar con el material sobre dimensionado que se extraer del mismo río en forma de pilas de mayor a menor diámetro, de esta forma se crea una estructura natural que evitara que el río pierda su cauce a la hora de realizar la explotación, conservado de esta forma la topografía natural del mismo.



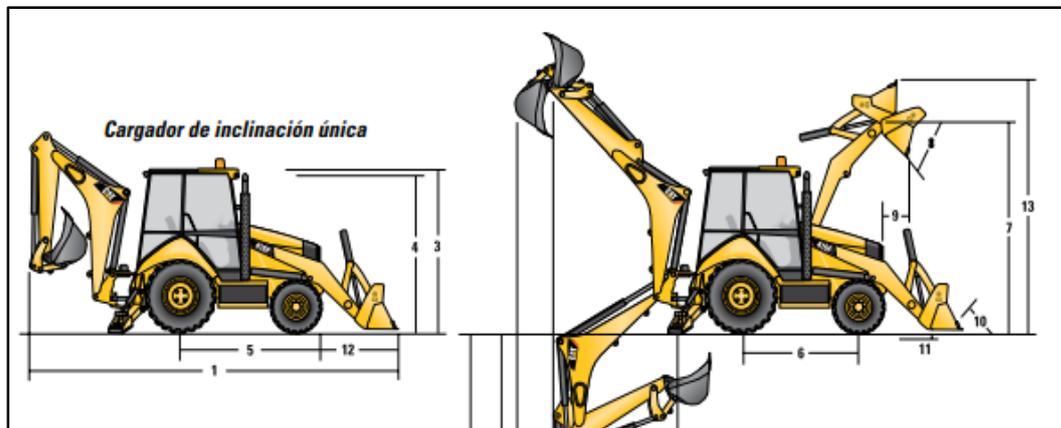
**Ilustración 23:** Diseño explotación vista 3D  
**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018



**Ilustración 24:** Diseño de explotación vista planta  
**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018

#### 4.7.1 Especificación técnica de la maquinaria a utilizar.

De acuerdo al instructivo Municipal de Macas, y al instructivo de maquinaria y equipos con capacidades de carga y producción en minería artesanal en el capítulo 3 Art. 5, detallamos los modelos más comunes y usados para este tipo de extracción.



**Fotografía 24:** Retroexcavadora a utilizar.

**Elaborado por:** Manual de Caterpillar

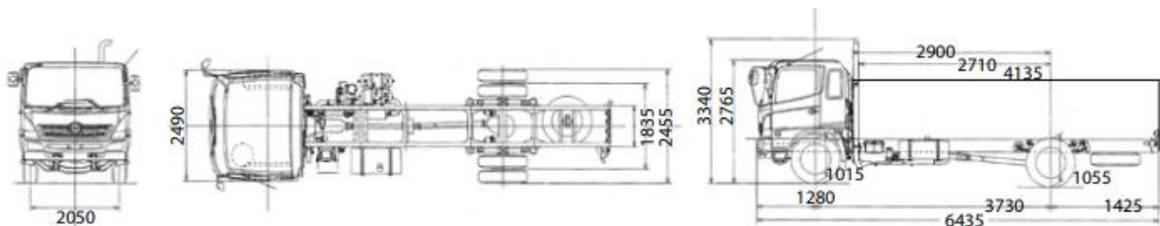
Considerando que la ley establece que no se puede superar los 5.40 metros de excavación, la capacidad y modelo de la retroexcavadora tiene que ser de 90 HP y con un cucharón de 0.64 m<sup>3</sup>, y para el transporte del mismo establece que el volquete a usarse debe tener una capacidad máxima de carga hasta de 8 m<sup>3</sup>. Para la extracción de material en la localidad se considera el uso de la retroexcavadora de marca Caterpillar 416 F2 con las siguientes características técnicas.

Longitud total	7.07 m	Altura máxima cuchara	3.47 m
Altura Total	3.57 m	Ángulo de descarga	44 grados
Altura hasta cabina	2.82 m	Alcance de descarga	0.72 m
Altura hasta escape	2.75 m	Profundidad de excavación	0.83 m
Línea de Eje Trasero	2.71 m	Profundidad del brazo	4.31 m
Altura Carga	6.33 metros	Altura Máxima operación	5.52 m
Distancia entre ejes	6.50 metros	Arco rotación brazo	180 grados

**Tabla 9:** Especificación de la retroexcavadora.

**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018

En cuanto al transporte del material se considera un volquete de marca Hino GH modelo 1828, el cual cuenta con las siguientes características técnicas; cumpliendo así con las especificaciones requeridas mencionadas anteriormente.



### **GH - Volqueta- Modelo 1828**

**Fotografía 25:** Volquete a utilizar.

**Elaborado por:** Cartilla técnica de Hino. 2005

Ancho de ejes	2.45 m
Altura Total	3.40 m
Potencia máxima	276 HP
Tracción	4 x 2
Capacidad	8 m <sup>3</sup>

**Tabla 10:** Especificación del volquete.

**Elaborado por:** Quintuña, P. 2018

Una vez planteado el Plan de manejo de explotación y recomendado el método adecuado para la explotación de material pétreo, con todos los criterios técnicos obtenidos se comprueba que es viable la explotación de dicho material en las 12 áreas mineras que se encuentran dentro de esta área de estudio.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

#### 5.1 Conclusiones

- Se realizó el levantamiento batimétrico del tramo seleccionado, donde se comprobó que hasta una profundidad de 3.40 metros es viable realizar la extracción de material en el río, en las orillas la profundidad puede aumentar hasta un máximo de 4 metros.
- El porcentaje de desgaste según el ensayo de abrasividad es de 28.77% cumpliendo así con los parámetros establecidos por las normativas NEVI y ASTTHO T-96, considerándolo así material de buena calidad.
- En cuanto a los ensayos de granulometría, en un metro cúbico de material analizado tenemos: un 20.95% de arena, 9.05% de gravas y un 70% de bloques.
- La reposición de material se lo realiza de forma natural con las eventuales crecidas que presenta el río a lo largo del año. De acuerdo al plan de desarrollo y ordenamiento territorial, 2012-2021 de la parroquia Macas, los meses de mayor precipitación son abril, julio y septiembre, donde el río Upano aumenta su caudal, por lo que ampliará su grado de reposición de material.
- Se pudo determinar que el río en un período estimado de 9 meses, tiene una capacidad de reposición de 128982.13 m<sup>3</sup> de material pétreo en un tramo de 60 metros de largo por 25 metros de ancho, dando así una capacidad de reposición mensual de 14331.13 m<sup>3</sup>, semestral de 85986.78 m<sup>3</sup> y anual de 171973.50 m<sup>3</sup>; permitiendo que la explotación de material sea viable y no altere al río como sus reservas de material.
- El método de explotación acorde al sector es, mediante la extracción con franjas perpendiculares al cauce del río, de una extensión máxima de 3.40 metros de profundidad por 5 de largo.

## **5.2 Recomendaciones.**

- Se recomienda que las instituciones de autorización y control en este caso el GAD Municipal, realicen inspecciones e implementen un plan de explotación acorde a las necesidades y resultados obtenidos en este proyecto de investigación técnica.
- Se sugiere realizar capacitaciones técnicas, enfocados a un correcto manejo de materiales (áridos y pétreos), métodos de extracción y acopio de material a los mineros Artesanales del sector.
- Que se dé cumplimiento a la Ordenanza Municipal y a la ley de minería, donde se establece las capacidades máximas de extracción y la maquinaria permitida a utilizar de acuerdo a la actividad.

## **6. BIBLIOGRAFÍA.**

Baldock, J. (1982). Geología del Ecuador, División de investigación geológica minera. Quito - Ecuador.

Baby, P., Rivadeneira, M. & Barragán, R. (2004). La cuenca oriente geológica y petróleo. Quito - Ecuador.

Smith, S. & Sandwell, J. (1997). Metodología de la batimetría y su aplicación. Madrid-España.

Calderón, M. (2002). Metodología de posicionamiento batimétrico. Barcelona - España.

Corporación Universitaria de Dios. (2015). Ensayos de abrasividad. Bogotá - Colombia.

Herrera, J. & Pla, F. (2006). Características y métodos de explotación. Madrid - España.

Herrera, J. & Pla, F. (2009). Materiales de construcción. Madrid - España.

Litherland, M. A. (1994). The metamorphic belts of Quito. Quito - Ecuador.

Duarte, M. (2014). Materiales de construcción. Quito - Ecuador.

Gobierno Autónomo Descentralizado Del Cantón Morona. (2012). Clima y temperatura. Macas- Ecuador.

Universidad Sucre. (2007). Características de los ensayos granulométricos. Medellín-Colombia.

**ANEXOS**

ANEXO 1: Mapa General de la Zona de Estudio.

ANEXO 2: Batimetría del Río Upano Aguas Arriba.

ANEXO 3: Batimetría del Río Upano Aguas Abajo.

ANEXO 4: Perfiles 2017 Aguas Arriba.

ANEXO 5: Perfiles Aguas Abajo 2017.

ANEXO 6: Perfiles Aguas Arriba 2018.

ANEXO 7: Perfiles Aguas Abajo 2018.