



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA MINAS

**DISEÑO DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN DE MATERIALES
PÉTREOS EN EL ÁREA MINERA “ZONA DE MANEJO
ESPECIAL RÍO UPANO”, CÓDIGO 90000373, UBICADA EN LAS
PARROQUIAS SEVILLA DON BOSCO, MACAS Y GENERAL
PROAÑO, CANTÓN MORONA, PROVINCIA DE MORONA
SANTIAGO**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO EN MINAS

AUTOR:

JEAN CARLOS FAREZ ATIENCIA

Macas - Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA MINAS

**DISEÑO DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN DE MATERIALES
PÉTREOS EN EL ÁREA MINERA “ZONA DE MANEJO
ESPECIAL RÍO UPANO”, CÓDIGO 90000373, UBICADA EN LAS
PARROQUIAS SEVILLA DON BOSCO, MACAS Y GENERAL
PROAÑO, CANTÓN MORONA, PROVINCIA DE MORONA
SANTIAGO**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO EN MINAS

AUTOR: JEAN CARLOS FAREZ ATIENCIA

DIRECTOR: Ing. FABIÁN RICARDO OJEDA PARDO M.Sc.

Macas - Ecuador

2022

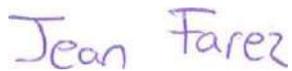
©2022, Jean Carlos Farez Atencia

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, JEAN CARLOS FAREZ ATIENCIA, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Macas, 27 de octubre de 2022

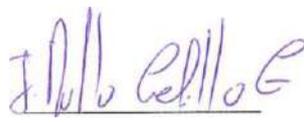


Jean Carlos Farez Atencia

140097432-3

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA DE MINAS

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN DE MATERIALES PÉTREOS EN EL ÁREA MINERA “ZONA DE MANEJO ESPECIAL RÍO UPANO”, CÓDIGO 90000373, UBICADA EN LAS PARROQUIAS SEVILLA DON BOSCO, MACAS Y GENERAL PROAÑO, CANTÓN MORONA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO**, realizado por el señor: **JEAN CARLOS FAREZ ATIENCIA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos y legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Christian Adrian Ordoñez Guaycha M.Sc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-10-27
Ing. Fabián Ricardo Ojeda Pardo M.Sc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-10-27
Ing. Juan Pablo Cedillo Espinoza M.Sc. ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-10-27

DEDICATORIA

El presente Trabajo de Integración Curricular se lo dedico principalmente a mi querida madre Marlene, por ser el pilar fundamental de mis logros, por estar en todo momento conmigo, por el amor y apoyo incondicional que siempre me ha brindado. A mi padre Ramiro, por ser un ejemplo a seguir, por sus sabios consejos y por la motivación impartida para seguir adelante en todo ámbito. A mi hermana Mayret, por el tiempo compartido, por el apoyo mutuo y motivación que ella siempre me ha ofrecido. A mis hermanos paternos Lucas y Victoria, por ser los seres que me llenan de alegría.

Jean

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios, por bendecirme con la vida, permitirme culminar un logro importante en mi vida y por haberme dado una hermosa familia.

A mis padres, por los recursos económicos brindados y por ser la base principal para que este sueño tan anhelado se cumpla y poder seguir con mi formación académica y profesional.

A mi madre, de manera especial, quien ha sido la persona que en todo momento me ha apoyado y siempre ha estado conmigo en las buenas y en las malas.

Al Ing. Gregory Cuesta, Ing. Fabian Ojeda, Ing. Juan Cedillo, Ing. Marco Mejía, Ing. Christian Ordoñez por la asesoría y tiempo brindado para el desarrollo del presente documento.

A todos los docentes que me han sabido inculcar e impartir nuevos conocimientos durante mi vida académica.

Al Ilustre Municipio del cantón Morona por la apertura al área minera y uso de sus instalaciones para realizar el presente trabajo.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Sede Morona Santiago, por haberme dado la oportunidad de formarme académicamente como profesional en Minas.

A mis amigos y compañeros por compartir gratos momentos llenos de alegría.

Jean

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xx
RESUMEN.....	xxi
ABSTRACT.....	xxii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Antecedentes.....	3
1.2. Planteamiento del Problema.....	3
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	4
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	4
1.5. Planteamiento de la hipótesis.....	4
1.6. Accesibilidad a la información.....	5
1.7. Factibilidad del proyecto.....	5

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	6
2.1. Información de la zona de estudio.....	6
2.1.1. <i>Localización</i>	6
2.1.2. <i>Ubicación cartográfica</i>	7
2.1.3. <i>Vías de acceso</i>	8
2.1.4. <i>Hidrografía</i>	8
2.1.5. <i>Topografía y planimetría</i>	9

2.1.6.	Clima y Temperatura	10
2.1.7.	Geomorfología	10
2.2.	Marco geológico	11
2.2.1.	Geología regional	11
2.2.1.1.	<i>Formaciones</i>	11
2.2.1.2.	<i>Estructuras geológicas</i>	12
2.2.2.	Geología local	12
2.2.2.1.	<i>Estratigrafía local</i>	13
2.3.	Marco teórico	14
2.3.1.	Geología de pétreos	14
2.3.1.1.	<i>Geología de depósitos naturales pétreos</i>	14
2.3.2.	Generalidades de las rocas	15
2.3.2.1.	<i>Ciclo de las rocas</i>	15
2.3.2.2.	<i>Clasificación de las rocas</i>	16
2.3.3.	Lecho o cauce de río	17
2.3.3.1.	<i>Caudal de un río</i>	17
2.3.4.	Tipos de depósitos	17
2.3.4.1.	<i>Aluviales</i>	17
2.3.4.2.	<i>Eluviales</i>	18
2.3.4.3.	<i>Coluviales</i>	18
2.3.4.4.	<i>Fluviales</i>	18
2.3.4.5.	<i>Ríos meandriformes</i>	18
2.3.4.6.	<i>Marinos</i>	18
2.3.4.7.	<i>Eólicos</i>	18
2.3.4.8.	<i>Glaciares</i>	19
2.3.4.9.	<i>Playeros</i>	19
2.3.5.	Sistemas de explotación a cielo abierto	19
2.3.5.1.	<i>Cortas</i>	19
2.3.5.2.	<i>Terrazas</i>	19

2.3.5.3.	<i>Bancos múltiples descendentes</i>	20
2.3.5.4.	<i>Contorno</i>	20
2.3.5.5.	<i>Canteras</i>	20
2.3.5.6.	<i>Descubiertas</i>	20
2.3.5.7.	<i>Graveras</i>	20
2.3.6.	<i>Sistemas de explotación para graveras</i>	21
2.3.6.1.	<i>Explotaciones secas</i>	21
2.3.6.2.	<i>Explotación con rebajamiento del nivel freático</i>	21
2.3.6.3.	<i>Explotación bajo lámina de agua</i>	21
2.3.7.	<i>Explotación minera en los ríos</i>	22
2.3.7.1.	<i>Extracción directa</i>	23
2.3.7.2.	<i>Explotación por diques transversales</i>	23
2.3.7.3.	<i>Explotación por diques longitudinales</i>	23
2.3.8.	<i>Categorización de recursos y reservas mineras</i>	24
2.3.8.1.	<i>Recursos minerales</i>	24
2.3.8.2.	<i>Reserva mineral</i>	24
2.3.9.	<i>Estimación de reservas por el método de perfiles</i>	25
2.3.9.1.	<i>Método de los perfiles</i>	26
2.3.10.	<i>Levantamiento Topográfico</i>	27
2.3.10.1.	<i>Topografía</i>	27
2.3.10.2.	<i>Batimetría</i>	27
2.3.10.3.	<i>Métodos topográficos en batimetría</i>	27
2.4.	<i>Generalidades de los materiales pétreos</i>	28
2.4.1.	<i>Materiales pétreos</i>	28
2.4.1.1.	<i>Trituración de materiales pétreos</i>	29
2.4.2.	<i>Explotación de materiales pétreos</i>	29
2.4.3.	<i>Parámetros de explotación de materiales pétreos</i>	29
2.4.3.1.	<i>Geométricos</i>	30
2.4.3.2.	<i>Hidrogeológicos</i>	30

2.4.3.3.	<i>Del material</i>	30
2.4.3.4.	<i>Medioambientales</i>	30
2.4.4.	Características físicas y mecánicas de los materiales	30
2.4.4.1.	<i>Densidad</i>	31
2.4.4.2.	<i>Durabilidad</i>	31
2.4.4.3.	<i>Dureza</i>	31
2.4.4.4.	<i>Resistencias mecánicas</i>	32
2.4.4.5.	<i>Resistencia a la intemperie</i>	32
2.4.4.6.	<i>Propiedades térmicas</i>	32
2.4.4.7.	<i>Combustibilidad</i>	32
2.4.4.8.	<i>Impermeabilidad</i>	32
2.4.4.9.	<i>Resistencia a compresión</i>	33
2.4.4.10.	<i>Elasticidad</i>	33
2.4.4.11.	<i>Propiedades eléctricas</i>	33
2.4.5.	Granulometría de los materiales	33
2.4.5.1.	<i>Ensayo granulométrico</i>	34
2.4.6.	Abrasividad o desgaste de las rocas	34
2.5.	Procesos para la extracción de materiales pétreos	34
2.5.1.	Operaciones básicas para la extracción del material	34
2.5.1.1.	<i>Labores de preparación</i>	35
2.5.1.2.	<i>Arranque del material</i>	35
2.5.1.3.	<i>Carguío</i>	35
2.5.1.4.	<i>Transporte</i>	35
2.5.1.5.	<i>Clasificación</i>	36
2.5.1.6.	<i>Acopio</i>	36
2.5.1.7.	<i>Beneficio y transformación</i>	36
2.5.2.	Sistemas de arranque, carguío y transporte	36
2.5.2.1.	<i>Sistema discontinuo</i>	36
2.5.2.2.	<i>Sistema continuo</i>	37

2.5.2.3.	<i>Sistema de transporte mixto y arranque continuo</i>	37
2.5.3.	<i>Maquinaria</i>	37
2.5.3.1.	<i>Maquinaria según su capacidad</i>	37
2.5.3.2.	<i>Equipos de arranque y carguío</i>	38
2.5.3.3.	<i>Equipos de transporte del material</i>	39
2.5.3.4.	<i>Equipos de la planta de tratamiento</i>	40
2.6.	<i>Diseño de explotación de materiales pétreos</i>	41
2.6.1.	<i>Diseño de explotación</i>	41
2.6.2.	<i>Criterios para la elección del método de explotación</i>	42
2.6.2.1.	<i>Elección del método de destape</i>	42
2.6.2.2.	<i>Elección del método de extracción</i>	43
2.6.3.	<i>Parámetros técnicos de un diseño de explotación</i>	43
2.6.3.1.	<i>Factores especiales del yacimiento</i>	43
2.6.3.2.	<i>Condiciones geológicas e hidrogeológicas</i>	43
2.6.3.3.	<i>Propiedades geomecánicas</i>	44
2.6.3.4.	<i>Factores tecnológicos</i>	44
2.6.3.5.	<i>Consideraciones socio-ambientales</i>	44
2.6.3.6.	<i>Consideraciones económicas</i>	45
2.6.4.	<i>Tiempos de producción</i>	45

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	46
3.1.	Metodología	46
3.3.1.	<i>Fase I: Recopilación de información de la zona de estudio</i>	47
3.3.1.1.	<i>Trabajo de gabinete</i>	47
3.3.1.2.	<i>Recolección de datos</i>	48
3.3.1.3.	<i>Registro de la información</i>	48
3.3.2.	<i>Fase II: Caracterización del depósito y materiales pétreos</i>	48
3.3.2.1.	<i>Toma de muestras</i>	49

3.3.2.2.	<i>Análisis de muestras</i>	49
3.3.2.3.	<i>Ensayo granulométrico</i>	49
3.3.2.4.	<i>Ensayo de abrasividad</i>	51
3.3.2.5.	<i>Estimación de reservas</i>	53
3.3.3.	<i>Fase III: Determinación de la capacidad de reposición del Río Upano</i>	54
3.3.3.1.	<i>Levantamiento topográfico</i>	54
3.3.3.2.	<i>Levantamiento batimétrico</i>	54
3.3.3.3.	<i>Procesamiento de datos batimétricos</i>	56
3.3.3.4.	<i>Elaboración de perfiles longitudinales</i>	56
3.3.3.5.	<i>Determinación de la capacidad de reposición de materiales</i>	57
3.3.4.	<i>Fase IV: Diseño del sistema de explotación</i>	57
3.3.4.1.	<i>Trabajo de campo</i>	57
3.3.4.2.	<i>Sistematización de datos</i>	58
3.3.4.3.	<i>Diseño de explotación</i>	58
3.3.4.4.	<i>Topografía</i>	58
3.3.4.5.	<i>Análisis de datos</i>	61
3.3.4.6.	<i>Análisis de costos de producción</i>	61
3.2.	<i>Materiales</i>	62

CAPÍTULO IV

4.	<i>RESULTADOS</i>	63
4.1.	<i>Caracterización y tipo de depósito</i>	63
4.1.1.	<i>Caracterización de los materiales del depósito</i>	63
4.1.2.	<i>Resultado del ensayo granulométrico por tamizado</i>	65
4.1.3.	<i>Resultado del ensayo de abrasión</i>	66
4.1.4.	<i>Estimación de recursos</i>	67
4.1.4.1.	<i>Reservas explotables en la zona A</i>	67
4.1.4.2.	<i>Reservas explotables en la zona B</i>	68
4.2.	<i>Reposición de materiales pétreos en el lecho del río Upano.</i>	69

4.2.1.	<i>Acción erosiva del río Upano</i>	69
4.2.2.	<i>Análisis batimétrico</i>	70
4.2.2.1.	<i>Análisis del corte batimétrico zona A</i>	70
4.2.2.2.	<i>Análisis del corte batimétrico zona B</i>	71
4.2.2.3.	<i>Resultados de batimetría</i>	71
4.2.3.	<i>Interpretación de secciones</i>	76
4.2.3.1.	<i>Interpretación de perfiles transversales en la zona A (aguas arriba)</i>	76
4.2.3.2.	<i>Interpretación de perfiles transversales en la zona B (aguas abajo)</i>	80
4.2.4.	<i>Determinación de la capacidad de reposición</i>	82
4.2.4.1.	<i>Capacidad de reposición zona A</i>	82
4.2.4.2.	<i>Capacidad de reposición zona B</i>	83
4.3.	<i>Diseño del sistema de explotación</i>	84
4.3.1.	<i>Descripción detallada de las operaciones contempladas en el proyecto minero</i>	84
4.3.1.1.	<i>Preparación</i>	85
4.3.1.2.	<i>Arranque</i>	86
4.3.1.3.	<i>Carguío</i>	86
4.3.1.4.	<i>Transporte</i>	87
4.3.1.5.	<i>Acopio</i>	89
4.3.1.6.	<i>Planta de tratamiento – Transformación</i>	89
4.3.1.7.	<i>Beneficio</i>	91
4.3.2.	<i>Detalle de equipos y maquinaria</i>	91
4.3.2.1.	<i>Maquinaria para el arranque</i>	91
4.3.2.2.	<i>Maquinaria para el carguío y transporte</i>	92
4.3.2.3.	<i>Maquinaria y equipos en la planta de procesamiento del material</i>	93
4.3.3.	<i>Propuesta del diseño de explotación</i>	95
4.3.4.	<i>Bancos de explotación</i>	96
4.3.4.1.	<i>Banco de explotación aguas arriba</i>	97
4.3.4.2.	<i>Banco de explotación aguas abajo</i>	99
4.3.5.	<i>Rendimiento de maquinaria, insumos, consumos y costos</i>	101

4.3.5.1.	<i>Tiempos de producción.....</i>	<i>101</i>
4.3.5.2.	<i>Insumos para el desempeño de la maquinaria.....</i>	<i>102</i>
4.3.5.3.	<i>Consumo de combustible.....</i>	<i>102</i>
4.3.5.4.	<i>Depreciación de la maquinaria.....</i>	<i>103</i>
4.3.6.	<i>Aspectos económicos.....</i>	<i>104</i>
4.3.6.1.	<i>Inversiones para el proyecto.....</i>	<i>104</i>
4.3.6.2.	<i>Costos de producción, gastos operacionales y administrativos.....</i>	<i>105</i>
4.3.6.3.	<i>Personal requerido.....</i>	<i>106</i>
4.3.6.4.	<i>Costos y gastos totales, de forma semestral.....</i>	<i>107</i>
4.3.6.5.	<i>Costo por metro cúbico.....</i>	<i>107</i>
4.3.7.	<i>Plan de prevención y mitigación de impactos.....</i>	<i>108</i>
4.3.8.	<i>Seguridad e higiene minera-industrial y gestión de riesgos.....</i>	<i>110</i>
4.3.9.	<i>Manejo de desechos.....</i>	<i>113</i>
4.3.10.	<i>Relaciones comunitarias y condiciones sociales.....</i>	<i>115</i>
	CONCLUSIONES.....	117
	RECOMENDACIONES.....	119
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Coordenadas de ubicación del proyecto	7
Tabla 2-2:	Potenciales efectos de la explotación de materiales de arrastre en ríos	22
Tabla 3-2:	Escala de Mohs	31
Tabla 4-2:	Clasificación de los materiales en función de la resistencia a compresión	33
Tabla 1-4:	Tamaño de grano de los materiales existentes en la zona.....	64
Tabla 2-4:	Resultado del ensayo granulométrico.....	65
Tabla 3-4:	Volumen por secciones de las reservas explotables zona A	68
Tabla 4-4:	Volumen por secciones de las reservas explotables zona B	69
Tabla 5-4:	Total de reservas mineras explotables.....	69
Tabla 6-4:	Volúmenes de material zona A	72
Tabla 7-4:	Volúmenes de material zona B	73
Tabla 8-4:	Capacidad de reposición de material pétreo aguas arriba.....	83
Tabla 9-4:	Capacidad de reposición de material pétreo aguas abajo	84
Tabla 10-4:	Especificaciones técnicas de cada maquinaria	92
Tabla 11-4:	Detalle de equipos y maquinaria	94
Tabla 12-4:	Registro de producción mensual aguas arriba	98
Tabla 13-4:	Propuesta de producción semestral en el banco aguas arriba	98
Tabla 14-4:	Registro de producción mensual aguas abajo.....	100
Tabla 15-4:	Propuesta de producción semestral en el banco aguas abajo	100
Tabla 16-4:	Tiempo de ciclo óptimo para 3 viajes por volquete.....	101
Tabla 17-4:	Tiempo de ciclo óptimo para 4 viajes por volquete.....	102
Tabla 18-4:	Insumos requeridos por la maquinaria del área minera	102
Tabla 19-4:	Consumo de combustible de cada maquinaria	103
Tabla 20-4:	Depreciación de maquinaria del GAD Morona.....	104
Tabla 21-4:	Inversiones del proyecto	104
Tabla 22-4:	Gastos operacionales.....	105
Tabla 23-4:	Gastos de mantenimiento	105
Tabla 24-4:	Gastos administrativos.....	106
Tabla 25-4:	Costo del personal de las actividades mineras.....	106
Tabla 26-4:	Costos y gastos de productividad.....	107
Tabla 27-4:	Plan de prevención y mitigación de impactos	108
Tabla 28-4:	Plan de seguridad y salud ocupacional.....	110
Tabla 29-4:	Plan de manejo de desechos.....	114

Tabla 30-4: Plan de relaciones comunitarias, capacitación y comunicación social116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Mapa de ubicación del proyecto.....	6
Figura 2-2:	Ubicación del área Zona de Manejo Especial Río Upano.....	7
Figura 3-2:	Acceso a la Zona de Manejo Especial Río Upano	8
Figura 4-2:	Mapa topográfico del área "Zona de Manejo Especial Río Upano".....	9
Figura 5-2:	Planimetría del área minera	10
Figura 6-2:	Geología Regional del cantón Morona	11
Figura 7-2:	Mapa geológico local del área minera	13
Figura 8-2:	Proceso del ciclo litológico	16
Figura 9-2:	Resultados de Exploración, Recursos y Reservas Minerales	25
Figura 10-2:	Estimación de reservas por el método de perfiles	26
Figura 11-2:	Maquinaria para minería a cielo abierto	38
Figura 12-2:	Equipo para el arranque y carguío de material	39
Figura 13-2:	Maquinaria para el transporte de material	40
Figura 14-2:	Planta de tratamiento de materiales pétreos	41
Figura 1-3:	Registro de información en campo	48
Figura 2-3:	Proceso del ensayo de granulometría.....	50
Figura 3-3:	Colocación de muestras para ser pesado.....	50
Figura 4-3:	Pesado del tamaño de grano de los tamices	51
Figura 5-3:	Preparación de muestras	52
Figura 6-3:	Colocación de muestras en la máquina de abrasión Los Ángeles	52
Figura 7-3:	Modelo de formato para ensayo de abrasión	53
Figura 8-3:	Tramo comprendido en la zona A	55
Figura 9-3:	Tramo comprendido en la zona B.....	56
Figura 10-3:	Trabajo de campo en el área minera del río Upano	57
Figura 11-3:	Ortofoto de la zona de estudio.....	59
Figura 12-3:	Curvas de nivel y elevaciones en la zona de estudio y alrededores	60
Figura 13-3:	Modelo de elevación digital correspondiente a la zona de interés	61
Figura 1-4:	Principales características del Río Upano.....	64
Figura 2-4:	Resultado del ensayo de abrasión	67
Figura 3-4:	Perfil aguas arriba.....	71
Figura 4-4:	Perfil aguas abajo	71
Figura 5-4:	Planimetría realizada en el área minera	74
Figura 6-4:	Levantamiento topográfico y batimétrico realizado en el área minera.....	75

Figura 7-4:	Perfil transversal de la abscisa 0+025.00.....	76
Figura 8-4:	Perfil transversal de la abscisa 0+100.00.....	77
Figura 9-4:	Perfil transversal de la abscisa 0+200.00.....	77
Figura 10-4:	Perfil transversal de la abscisa 0+300.00.....	78
Figura 11-4:	Perfil transversal de la abscisa 0+400.00.....	78
Figura 12-4:	Perfil transversal de la abscisa 0+444.84.....	79
Figura 13-4:	Secciones aguas arriba.....	79
Figura 14-4:	Perfil transversal de la abscisa 0+025.00.....	80
Figura 15-4:	Perfil transversal de la abscisa 0+100.00.....	80
Figura 16-4:	Perfil transversal de la abscisa 0+200.00.....	81
Figura 17-4:	Perfil transversal de la abscisa 0+275.00.....	81
Figura 18-4:	Secciones aguas abajo	82
Figura 19-4:	Ruta transporte interno	88
Figura 20-4:	Instalaciones de la Trituradora Municipal	90
Figura 21-4:	Modelamiento de las terrazas aluviales del río Upano.....	95
Figura 22-4:	Modelado de los bancos de explotación en área minera	96
Figura 23-4:	Modelamiento del sistema de explotación en el área minera	96
Figura 24-4:	Modelamiento del sistema de explotación en el banco aguas arriba	99
Figura 25-4:	Modelamiento del sistema de explotación en el banco aguas abajo.....	101

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Fases de la metodología.....	47
Gráfico 2-3:	Procesos Mineros en la Zona de Manejo Especial Río Upano	58
Gráfico 1-4:	Curva granulométrica	66
Gráfico 2-4:	Operaciones mineras en el área de libre aprovechamiento	85
Gráfico 3-4:	Diagrama de flujo del proceso en la planta de tratamiento.....	91

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** INFORMACIÓN LEGAL Y RAZÓN SOCIAL DE LA “ZONA DE MANEJO ESPECIAL RÍO UPANO”
- ANEXO B:** ACUMULACIÓN DE MATERIAL PÉTREO BAJO EL PUENTE DEL RÍO UPANO
- ANEXO C:** LLANURA ALUVIAL DEL RÍO UPANO
- ANEXO D:** MAPA DE UBICACIÓN DEL PROYECTO
- ANEXO E:** MAPA TOPOGRÁFICO DEL ÁREA MINERA
- ANEXO F:** MAPA GEOLÓGICO DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR
- ANEXO G:** MAPA REGIONAL DEL CANTÓN MORONA
- ANEXO H:** MAPA GEOLÓGICO DEL ÁREA MINERA
- ANEXO I:** MODELAMIENTO TRIDIMENSIONAL DEL CAUCE DEL RÍO UPANO

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo diseñar un sistema idóneo de explotación de materiales pétreos en base al transporte de sedimentos en el área minera Zona de Manejo Especial Río Upano, ubicada en el cantón Morona, provincia de Morona Santiago. Se realizó un levantamiento topográfico y batimétrico del área de estudio y con ayuda de los softwares: ArcGIS, QGIS, AutoCAD y Civil 3D se analizó la topografía, morfología, geología, hidrología, estimación de reservas de cada terraza aluvial, entre otros parámetros importantes para definir un diseño de explotación. A su vez se procedió a caracterizar los materiales pétreos existentes en el área minera a través de la identificación, ensayos granulométricos y de abrasividad. Por medio del análisis batimétrico se estableció el comportamiento fluvial y variaciones del río Upano; también se calculó el volumen de material de cada frente de explotación. Además, con la creación de pozos de sedimentación se determinó la capacidad de reposición de materiales pétreos en el lecho del río Upano. Una vez recopilada toda la información, se propuso un diseño de explotación en dos frentes de trabajo mediante banqueo con avance unidireccional en sentido sur-norte o viceversa, en un solo lado del río, es decir, explotación por bancos de frente continuo con cargado directo en retroceso a los volquetes. Esta propuesta al ser ejecutada como plan piloto de forma trimestral, obtuvo resultados beneficiosos, motivo por el cual el Gobierno Municipal del cantón Morona mantiene realizando labores de extracción bajo este diseño de explotación en el área minera Zona de Manejo Especial Río Upano. En conclusión, se recomienda aplicar el presente diseño de explotación a los diferentes Gobiernos Autónomos Descentralizados y titulares mineros que exploten material pétreo en el lecho del río Upano u otras zonas que presenten similares características geomecánicas e hidrogeológicas.

Palabras clave: <DISEÑO>, <EXPLORACIÓN>, <REPOSICIÓN>, <MATERIAL PÉTREO>, <RÍO UPANO>, <BANCOS>.



D.B.R.A.I.
Ing. Cristian Castilla



2111-DBRA-UTP-2022

ABSTRACT

The aim of this work was to design a suitable system for the exploitation of stone materials based on sediment transport in the mining area of the Upano River Special Management Zone, located in Morona canton, province of Morona Santiago. A topographic and bathymetric survey of the study area was carried out and with the help of ArcGIS, QGIS, AutoCAD and Civil 3D software, the topography, morphology, geology, hydrology, reserve estimation of each alluvial terrace, among other important parameters to define an exploitation design, were analyzed. At the same time, we proceeded to characterize the existing stone materials in the mining area through identification, granulometric and abrasiveness tests. Through the bathymetric analysis, the fluvial behavior and variations of the Upano River were established; the volume of material of each exploitation front was also calculated. Furthermore, with the creation of sedimentation pits, the capacity for replenishment of stone materials in the Upano riverbed was determined. Once all the information was compiled, an exploitation design was proposed in two work fronts by means of benching with unidirectional advance in a south-north direction or vice versa, on only one side of the river, that is, exploitation by continuous front benching with direct loading in backward direction to the dump trucks. This proposal, executed as a pilot plan on a quarterly basis, obtained beneficial results, which is why the Municipal Government of Morona canton continues to carry out extraction work under this mining design in the mining area of the Upano River Special Management Zone. In conclusion, it is recommended that this mining design should be applied to the different Autonomous Decentralized Governments and mining companies that mine stone material in the Upano riverbed or other areas with similar geomechanically and hydrogeological characteristics.

Keywords: <DESIGN>, <EXPLOITATION>, <REPOSSESSION>, <STONE MATERIAL>, <UPANO RIVER>, <BANKS>.



Silvia Elizabeth Cárdenas Sánchez

C.I. 0603927351

INTRODUCCIÓN

Los pétreos son aquellos materiales naturales inorgánicos o derivados de las rocas que han sido o no procesados por la mano del ser humano para ser utilizados en la industria de la construcción. Estos materiales presentan suficiente dureza mecánica y resistencia a las circunstancias medioambientales. Estas rocas se extraen de forma mecánica, manual o mediante el uso de explosivos de acuerdo a las condiciones medioambientales, geotécnicas e hidrogeológicas en las que se encuentre el material.

La extracción de materiales pétreos que se encuentra en los lechos de los ríos presenta gran interés para su comercialización, utilización y beneficio como materia prima en la fabricación y elaboración de diferentes materiales que son usados en la industria de la construcción, obras públicas y civiles de acuerdo a las necesidades que se requiera. Estos materiales pueden ser utilizados de forma natural o procesados según la demanda que exista en un determinado sector. Para la explotación de depósitos aluviales se utiliza maquinaria minera tales como excavadoras y camiones volquetes, los cuales se encargan de realizar las operaciones de arranque, carguío y transporte del material extraído hasta el punto de descarga del mismo de acuerdo a las necesidades que tenga un sector específico. La planificación de un ciclo de transporte efectúa iteraciones de las flotas óptimas sujetas a las disponibilidades operativas y mecánicas de las maquinarias previstas a ejecutar las labores de explotación. La metodología de planificación contribuye en la elaboración de un diseño adecuado de explotación acorde a las características geológicas del terreno a fin de realizar de forma conveniente las labores mineras para la extracción de materiales pétreos.

El río Upano ubicado en las parroquias Sevilla Don Bosco, Macas y General Proaño, cantón Morona, provincia de Morona Santiago, es la principal fuente proveedora de materiales pétreos para la construcción de obras civiles. Por lo cual el Gobierno Municipal del cantón Morona realiza operaciones de extracción de dichos recursos mediante libre aprovechamiento de materiales de construcción para obras públicas de acuerdo al artículo 144 de la Ley de Minería.

La concesión minera libre aprovechamiento Zona de Manejo Especial Río Upano, ha recibido la autorización para la explotación de materiales de construcción para obras públicas otorgada por el Ministerio de Minería mediante resolución MM-CZM-CS-2016-0401-RM emitido el 11 de octubre del 2016.

El Gobierno Municipal del Cantón Morona, con el fin de promover el desarrollo sustentable del entorno territorial, urbano y rural, a través de programas y ejecutar servicios públicos de calidad y mejorar de manera sostenida la calidad de vida de los ciudadanos con una política de responsabilidad socio ambiental y en cumplimiento a lo establecido en la Ley de Minería vigente en el Ecuador, requiere presentar ante la subsecretaria regional de Minas Sur Zona 6, los informes de Producción Minera semestralmente, del área de Libre Aprovechamiento "ZONA DE MANEJO ESPECIAL RÍO UPANO", Código 90000373", con el fin de que permita diseñar, corregir, potenciar y optimizar los métodos de extracción de los materiales de construcción, con el compromiso firme de causar el menor impacto posible en las áreas de influencia directa e indirecta del proyecto.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

Las constantes precipitaciones en el cantón Morona, conlleva a crecientes del río Upano, ocasionando que sus aguas no mantengan un cauce fijo y que la topografía del terreno cambie constantemente. Adicionalmente la dinámica fluvial del río provoca la erosión, socavación y acumulación de material pétreo en especial bajo el puente del río Upano.

El Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Morona (GAD Morona) preocupado por los daños que pudieran ocasionarse si no se toman las medidas preventivas que garanticen que la infraestructura del puente sobre el río Upano para que esté a buen recaudo; y considerando que esta estructura es de suma importancia para el sistema vial y desarrollo de la provincia, ha previsto la ejecución de actividades de mitigación y de protección de la infraestructura pública a través de la Autorización de Libre Aprovechamiento del área minera Zona de Manejo Especial Río Upano. Las labores de explotación de materiales pétreos llevadas a cabo en este sitio contribuyen fundamentalmente para mitigar estos problemas; mas no es, una solución definitiva.

1.2. Planteamiento del Problema

Debido a que en la zona no se realiza una adecuada explotación de los recursos, se ha provocado un incremento erosivo, variantes en el caudal del río de su curso natural, entre otros cambios que a su vez ponen en riesgo la infraestructura del puente y asentamientos aledaños.

La inexistencia de una metodología técnica por parte del Gobierno Municipal del cantón Morona y falta de información para la extracción de materiales pétreos han generado el desbordamiento del río al margen derecho, afectando el cauce fluvial y alterando la topografía del lugar.

El GAD del cantón Morona no cuenta con un diseño idóneo de explotación de materiales en el área minera Zona de Manejo Especial Río Upano que ayude a minimizar costos operacionales en las labores de extracción del material, a su vez no existe una adecuada planificación técnica-económica y operacional para la explotación de pétreos que se adapte a las características físicas-mecánicas del lugar.

1.3. Justificación

El río Upano es una de las principales fuentes hídricas que contiene material pétreo producto del arrastre y sedimentación de materiales. La concesión minera es explotada de forma empírica sin contar con un diseño técnico minero que alivie los problemas de encauzamiento del río y posibles riesgos en el puente y asentamientos cercanos.

El GAD Municipal del cantón Morona en base a las necesidades del sector y de la sociedad requiere de la obtención de materiales pétreos para la construcción de obras públicas. Por tal motivo es importante contar con un sistema idóneo de explotación que se ajuste a las condiciones geotécnicas de la zona, que permita aprovechar al menor costo económico posible las actividades de extracción del material.

El presente diseño de explotación pretende generar información detallada y técnica al GAD Municipal del cantón Morona, en la correcta extracción de los materiales pétreos mediante libre aprovechamiento en el río Upano destinados a la construcción de obras públicas.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Diseñar un sistema idóneo de explotación de materiales pétreos en base al transporte de sedimentos en el área minera Zona de Manejo Especial Río Upano, ubicada en el cantón Morona, provincia de Morona Santiago.

1.4.2. Objetivos específicos

- Caracterizar el material pétreo existente en la Zona de Manejo Especial Río Upano.
- Determinar la capacidad de reposición del material pétreo en el lecho del río Upano.
- Proponer el diseño del sistema idóneo de explotación de materiales pétreos en el área minera.

1.5. Planteamiento de la hipótesis

El diseño del sistema idóneo de explotación de materiales pétreos en el área minera Zona de Manejo Especial Río Upano, permitirá un adecuado aprovechamiento de los recursos materiales existentes en el sector.

1.6. Accesibilidad a la información

El GAD Morona ha facilitado material bibliográfico, informes de producción, datos técnicos-económicos y operacionales de la zona de estudio para desarrollar el presente Trabajo de Integración Curricular. La información de campo en el área minera será recopilada por el estudiante bajo la guía del tutor empresarial. La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), ha brindado infraestructura, como profesionales para el desarrollo del presente Proyecto Técnico a través de la guía y seguimiento del Director y Asesor del Trabajo de Integración Curricular.

1.7. Factibilidad del proyecto

Este proyecto tuvo a su disposición los recursos necesarios tanto económicos como bibliográficos para realizar investigaciones, asesoramiento operacional y técnico por parte de los ingenieros del área de Recursos Naturales del Departamento de Gestión Ambiental y Servicios Públicos del GAD Morona, y finalmente, disposición y seguimiento por parte del Director y Asesor académico del Proyecto Técnico llevado a partir de la ESPOCH para realizar un diseño idóneo de explotación en el área minera “Zona de Manejo Especial Río Upano”.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Información de la zona de estudio

2.1.1. Localización

La zona de estudio se encuentra ubicada al este del territorio ecuatoriano, en la jurisdicción de la provincia de Morona Santiago, cantón Morona, en las parroquias Sevilla Don Bosco, General Proaño y Macas, según consta en el Catastro Minero a cargo de la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables.

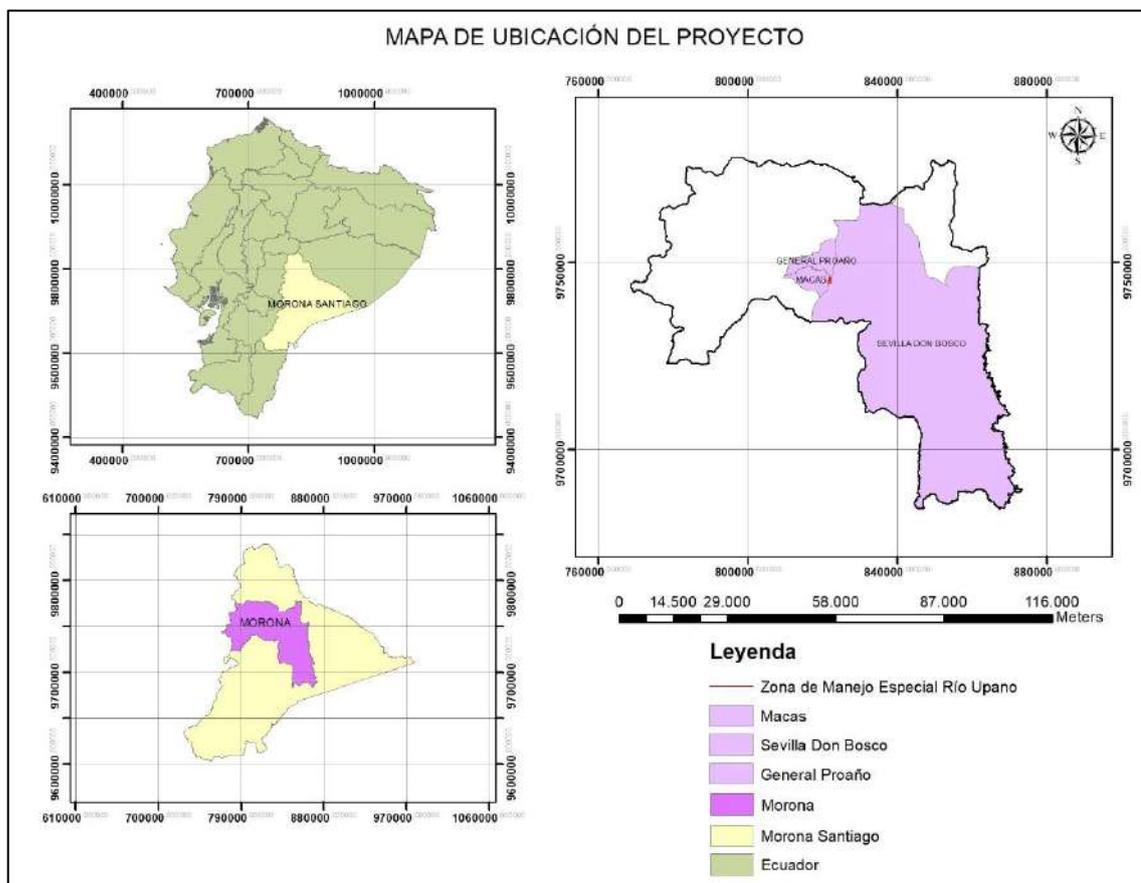


Figura 1-2: Mapa de ubicación del proyecto

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

2.1.2. Ubicación cartográfica

La Zona de Manejo Especial Río Upano se dedica a la explotación de materiales de construcción bajo el puente del río Upano en la vía Macas–Puyo en una superficie conformada de 70 hectáreas mineras.



Figura 2-2: Ubicación del área Zona de Manejo Especial Río Upano

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

La concesión minera de libre aprovechamiento Zona de Manejo Especial Río Upano se localiza en la zona geográfica 17 Sur, la cual presenta las siguientes coordenadas UTM en el sistema geodésico WGS 84:

Tabla 1-2: Coordenadas de ubicación del proyecto

Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17S				
Descripción	Coordenada X	Coordenada Y	Distancias	Metros
PP	821740.00	9745925.00	PP - P1	400.00
P1	821740.00	9745255.00	P1 – P2	1300.00
P2	821440.00	9744625.00	P2 – P3	700.00
P3	821440.00	9744625.00	P3 – P4	600.00
P4	821440.00	9745925.00	P4 – P5	300.00
P5	821440.00	9745925.00	P5 – PP	700.00

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

2.1.3. Vías de acceso

El ingreso al área de libre aprovechamiento se realiza desde el centro de la ciudad de Macas por la Avenida Juan de la Cruz hacia la calle Teniente Hugo Ortiz (Troncal Amazónica E45), a la altura del puente río Upano vía Macas-Puyo.



Figura 3-2: Acceso a la Zona de Manejo Especial Río Upano

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

2.1.4. Hidrografía

La subcuenca del río Upano se enmarca dentro de la cuenca hidrográfica del río Santiago, la cual cubre la mayor parte del cantón Morona con una superficie aproximada de 1,152,808 ha. El río Upano emana desde la Laguna Negra, recibiendo como afluentes a su margen derecho a los ríos Salado Grande, Salado Chico, Cugusha, Abanico, Copueno, Domono, Arapicos y Jurumbaino; mientras que en su margen izquierdo a los ríos Samingo, Sangay, Anguchaca, Yuquipa y Volcán. Durante su trayecto de norte a sur conforma el valle del Upano, que se refiere a la zona habitada, en donde ha sufrido grandes impactos ambientales causado por la actividad productiva.

Este río luego de salir del cantón Morona, continua hacia el sur para juntarse con el río Paute, formando de este modo el río Namangoza que luego se une con el río Zamora para formar el río Santiago (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Morona, 2014, p. 76).

El primordial potencial del río Upano es la explotación de pétreos que se produce en las orillas, siendo este material demasiado bueno para la construcción de obras civiles; en esta zona se encuentra gran cantidad de materiales pétreos, los cuales se depositan en el lecho del río Upano debido a los constantes arrastres producidos por las fuertes precipitaciones suscitadas en el cantón Morona.

2.1.5. Topografía y planimetría

El área minera Zona de Manejo Especial Río Upano se emplaza en un territorio en donde la topografía es bastante irregular, esto se debe a que constantemente existen crecidas del cauce del río, así mismo las erupciones del volcán Sangay afectan las características físicas del terreno.

La planimetría propuesta muestra: las características físicas del área de estudio objeto de libre aprovechamiento, diferencias de alturas en relación a las curvas de nivel, toda esta información recabada es el resultado de un levantamiento topográfico del lecho del río Upano.

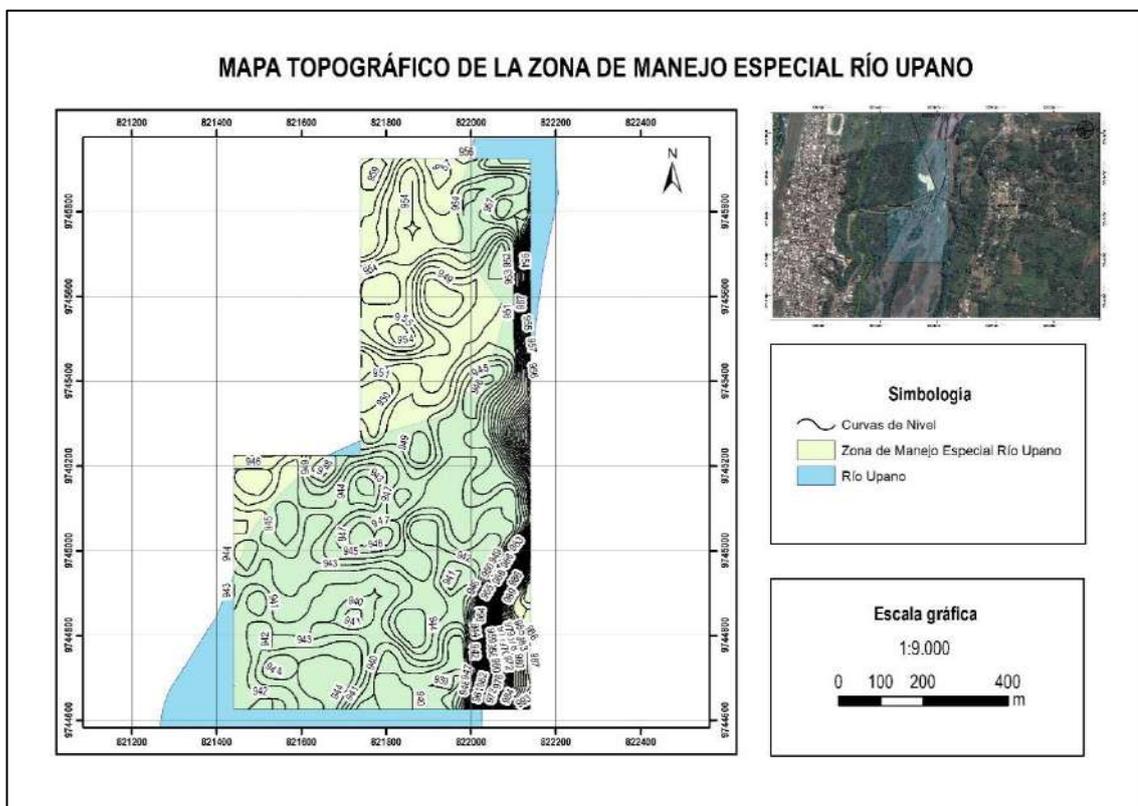


Figura 4-2: Mapa topográfico del área "Zona de Manejo Especial Río Upano"

Realizado por: Farez, Jean, 2022.



Figura 5-2: Planimetría del área minera

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

2.1.6. Clima y Temperatura

En el cantón Morona, especialmente en las parroquias General Proaño, Sevilla Don Bosco y Macas la temperatura generalmente oscila entre los 14 a 26 grados Celsius, con precipitaciones promedio anual de 2,452.1 mm/año y la humedad relativa es superior al 80 %. Estas zonas se hallan en una región bioclimática húmedo tropical y lluviosa con mayores precipitaciones en los meses de marzo, abril y octubre (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Morona, 2014, p. 50).

2.1.7. Geomorfología

Las parroquias de Sevilla Don Bosco, General Proaño y Macas se encuentran por encima de una meseta ondulada que presenta algunos cambios en el sentido norte-sur en sus niveles topográficos, estas zonas se detectan cruzadas por abundantes quebradas entre las que prepondera la quebrada Plazayacu, rodeada por tres ríos: Copueno, Jurumbaino y al este la subcuenca del Río Upano, la cual se encuentra a 980 metros sobre el nivel del mar (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Morona, 2014, p. 403).

2.2. Marco geológico

2.2.1. Geología regional

El cantón Morona se encuentra situado en la región Amazónica dentro de la Cordillera Real u Oriental, limitada al este y oeste por la zona Subandina y el Valle Interandino respectivamente. La fuente hídrica Upano se caracteriza por ser un río que contiene un cauce entrelazado en un valle con una multitud de canales menores que se encuentran trenzados entre sí, compuesto por partículas sólidas de origen volcánico procedentes del volcán Sangay.

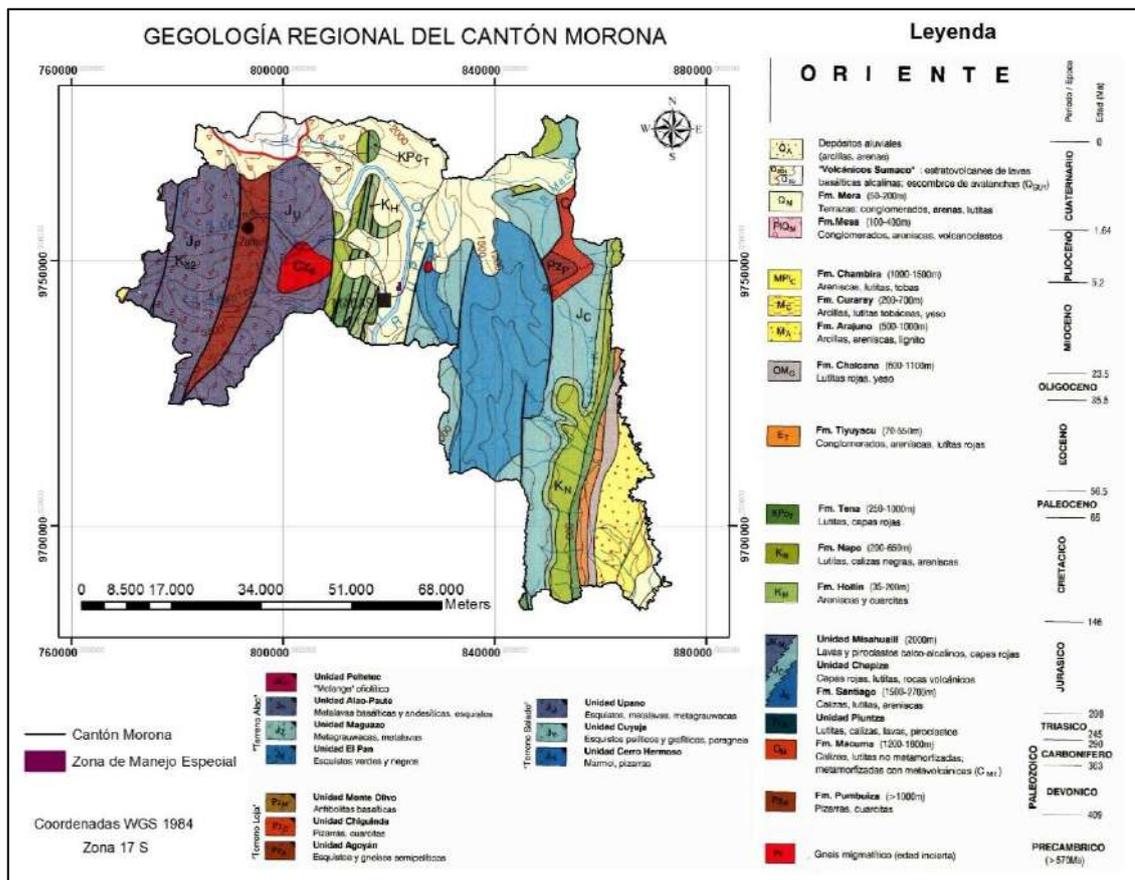


Figura 6-2: Geología Regional del cantón Morona

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

2.2.1.1. Formaciones

Regionalmente las formaciones principales que bordean al área de libre aprovechamiento son:

Formación Mesa (Plioceno): Engloba una serie de terrazas comprendidas por yacimientos clásicos medios y gruesos, procedentes de la repetitiva erosión de la región Sierra. Las terrazas

indican evidencia de levantamiento, fallamiento y se encuentran parcialmente revestidos por yacimientos Cuaternarios posteriores.

Formación Mera (Cuaternario): Corresponde a las terrazas topográficamente inferiores o también conocidas como más jóvenes, cuyos depósitos abarcan abanicos de arcillas y areniscas tobáceas provenientes de piedemonte del Cuaternario. Hacia la zona este en las terrazas aluviales los sedimentos reducen en tamaño de grano, espesor y altitud.

Formación Hollín: Formada especialmente por cuarcitas y areniscas cuarzosas blancas compactas con un espesor de grano medio a grueso compuesta por lutitas fracturadas. La formación tiene un espesor de 80 a 240 metros.

2.2.1.2. Estructuras geológicas

A continuación, se detallan las primordiales estructuras geológicas que influyen en el área minera:

Zona Subandina: Zona caracterizada por una actividad volcánica y sísmica demasiado intensa resultante del contacto entre la cuenca Oriente y los andes orientales comprendida por cabalgamientos y pliegues. En esta zona predominan estructuras como: la cordillera del Cóndor, levantamiento Cutucú, depresión Pastaza y al sur levantamiento Napo.

Valle del Río Upano: En el pleistoceno medio y superior en la superficie Mera-Upano se acumularon lahares en el valle del río Upano procedente de dos colapsos sucesivos en el volcán Sangay.

2.2.2. Geología local

La geología local en relación al área de libre aprovechamiento y su zona de influencia directa se encuentra caracterizada por eventos tectónicos, sísmicos, volcánicos y erosivos debido a que el sitio ecológicamente se ubica en la Zona Subandina-piedemonte de la Cordillera Oriental.

El área minera se centra en un espacio ubicado en el Valle del Río Upano, bajo el puente en la vía Macas–Puyo; por su localización el río Upano ha sido la principal fuente de transporte de sedimentos (material de construcción) del Volcán Sangay a la Cuenca Oriental.

El área de libre aprovechamiento Zona de Manejo Especial Río Upano se ubica en la planicie aluvial del río Upano; caracterizándose como un área de Depósitos Aluviales y sedimentos detríticos de origen muy reciente geológicamente hablando; el material que es transportado y depositado por acción del agua contiene arenas, gravas, cantos rodados y bloques de composición andesítica basáltica, pertenecientes al período Cuaternario. En el sitio la presencia de vegetación es escasa o nula, misma que es representada por pindos y otra vegetación pionera.

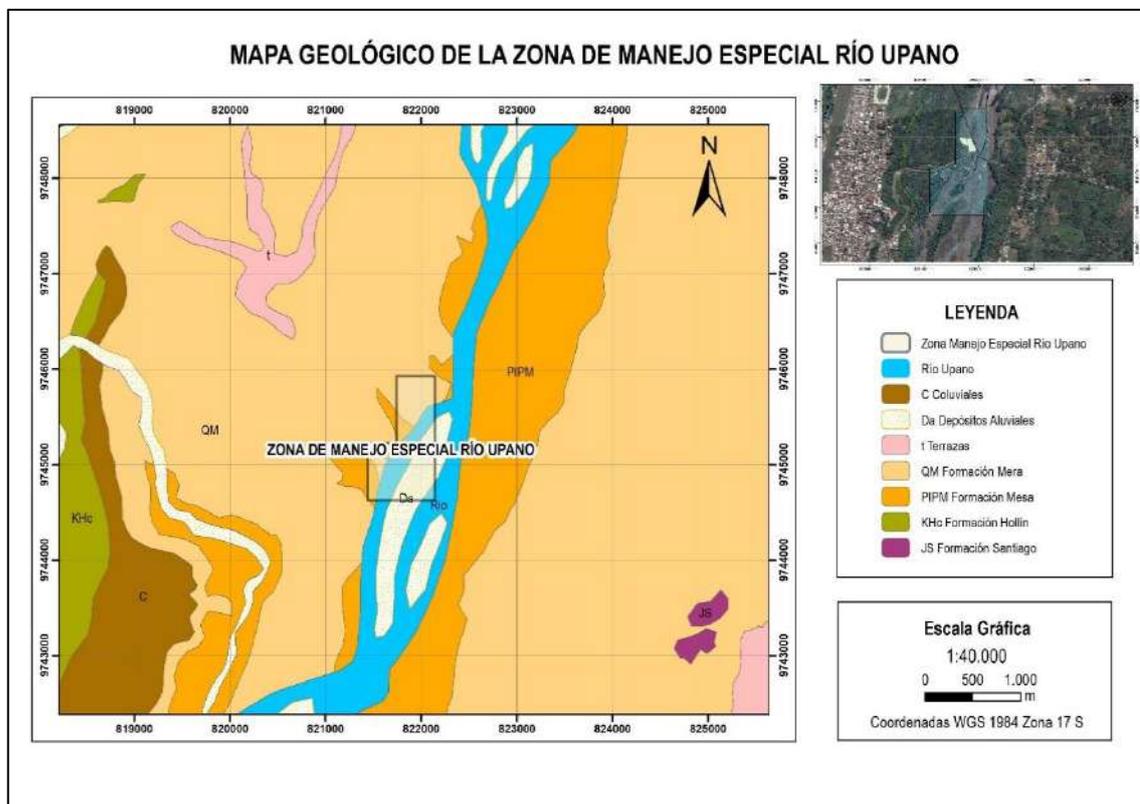


Figura 7-2: Mapa geológico local del área minera

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

2.2.2.1. Estratigrafía local

De acuerdo con el análisis geológico del área de estudio se evidencia que se encuentra primordialmente asentada sobre la formación Mera con existencia de Terrazas y Depósitos Aluviales, que se describen a continuación:

Formación Mera (QM): Aflora especialmente en las riberas del río Upano donde comprende sus terrazas holocenas, depósitos potentes de piedemonte que se extienden a partir de los Andes en la parte oeste del Oriente ocultando las formaciones geológicas más antiguas en extensas áreas.

Formación Mesa–Mera (PIPM): Formada por depósitos de materiales gruesos de origen volcánico, matriz arenosa y en menor cantidad clastos de rocas metamórficas o de granito.

Depósitos y Terrazas Aluviales (Da): Se encuentran en la unión de los ríos Capataza y Pastaza comprendidos por cantos rodados de diverso origen y de bajo espesor en matriz areno arcillosa y limosa, mal seleccionados.

2.3. Marco teórico

2.3.1. Geología de pétreos

Se entiende como geología al estudio de las propiedades y características de los materiales que se encuentran en el planeta Tierra, esta ciencia tiene como objeto dar a conocer su estructura, naturaleza, configuración y los fenómenos exógenos y endógenos que suceden en su interior (Tarbuck y Lutgens, 2015, p. 2).

La geología requiere una aplicación y comprensión del conocimiento en los principios físicos, biológicos y químicos, puesto que esta ciencia no solo se basa en experimentos y observaciones llevadas en el campo, sino que también se realiza en el laboratorio, por ejemplo, el estudio de algunos materiales terrestres permite entender varios procesos que suceden en la corteza terrestre (Tarbuck y Lutgens, 2015, p. 2).

2.3.1.1. Geología de depósitos naturales pétreos

Los materiales sedimentarios como gravas, cantos rodados y bloques son el resultado de procesos de meteorización preexistente del material rocoso. Las gravas se conforman por materiales que han sido completamente separados de otros (Vadillo, 1996, p. 5).

La calidad de estos materiales depende de las propiedades de la roca, como su textura, mineralogía, características del depósito, morfología, homogeneidad y especialmente de su grado de meteorización (Explora Geología, 2010, p. 13).

2.3.2. Generalidades de las rocas

Se define como rocas a los materiales que están compuestos por uno o más minerales sólidos, con propiedades químicas y físicas bien definidas, agrupándose de forma natural, siendo el resultado de varios procesos geológicos que se produce en el ciclo litológico (Asensio, 2010, p. 3).

2.3.2.1. Ciclo de las rocas

De acuerdo con Asensio (2010, p. 3), el ciclo de las rocas o también denominado ciclo litológico se refiere al conjunto de procesos de formación que permite que cualquier material de la corteza terrestre con el paso del tiempo geológico pueda convertirse en una roca, ya sea ígnea, sedimentaria o metamórfica.

Este ciclo empieza con la consolidación del magma, que es roca fundida formada a gran profundidad debajo de la superficie terrestre. Con el pasar del tiempo, el magma se enfría y comienza a solidificarse, proceso conocido como cristalización que ocurre por debajo de la superficie de la Tierra o luego de una erupción volcánica, dando como resultado en la superficie la formación de rocas magmáticas, las cuales al sufrir procesos de metamorfismo se convierten en rocas metamórficas (Tarbuck y Lutgens, 2005, p. 28).

Estas rocas al salir a la superficie, experimentan un proceso de meteorización, donde la atmósfera provoca la erosión y degradación de la masa rocosa ayudando a la formación de detritos. Por lo cual, los materiales resultantes pueden o no ser desplazados por la acción de la gravedad antes de ser transportados por algún agente erosivo (Tarbuck y Lutgens, 2005, p. 28).

Luego, estos sedimentos sufren un proceso de conversión en roca, llamado litificación, dando lugar a que los sedimentos cambien en sus propiedades físico-químicas, lo cual produce las rocas sedimentarias (Tarbuck y Lutgens, 2005, p. 28).

Las rocas sedimentarias experimentan un proceso de metamorfismo, transformándose en rocas metamórficas o por la acción de fluidos activos químicamente pueden convertirse en rocas metasomáticas sedimentarias. El resultado de este proceso al someterse a metamorfismo, dan lugar a rocas metamórficas, las cuales por medio de un proceso de fusión parcial o migmatización, forman rocas ígneas, o a su vez, las rocas metamórficas al salir a la superficie pueden transformarse en detritos, convirtiéndose en rocas sedimentarias. Las rocas metamórficas por

medio del proceso de fusión pueden convertirse en magma, y de esa manera empieza nuevamente el ciclo litológico (Tarbuck y Lutgens, 2005, p. 28).

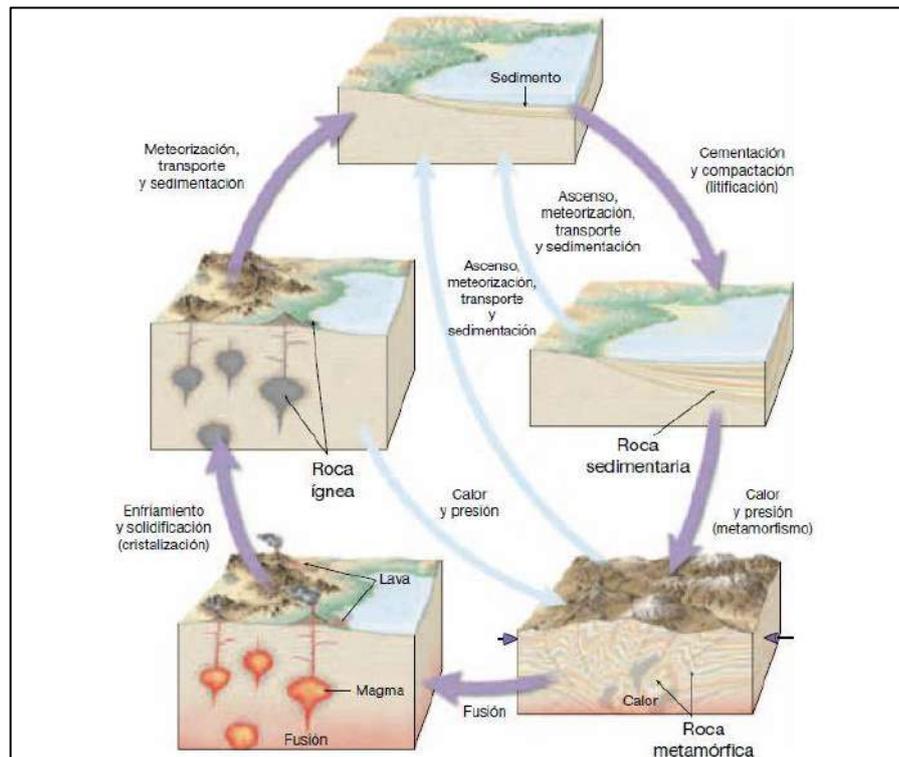


Figura 8-2: Proceso del ciclo litológico

Fuente: Tarbuck, E.; Lutgens, F., 2005, p. 27.

2.3.2.2. Clasificación de las rocas

Según Varela (2014, pp. 45-46), la clasificación sistemática de las rocas se comprende en tres grandes grupos, los cuales se muestran a continuación:

Rocas ígneas: Se forman a partir de la solidificación del magma cuando este se enfría, este proceso se denomina cristalización de acuerdo con un conjunto determinado de minerales, dependiendo de la composición magmática. Cuando la roca fundida se solidifica en la superficie se llama roca ígnea extrusiva, mientras que las rocas ígneas intrusivas se forman en profundidad.

Rocas sedimentarias: Son rocas formadas por el acopio de partículas y materiales sólidos de varios tamaños acumulados en la superficie terrestre denominados sedimentos, los cuales se depositan en distintos lugares por la acción de diferentes procesos físico-químicos y fenómenos que actúan en la biosfera, atmósfera e hidrosfera, dando así materiales consolidados.

Rocas metamórficas: Son las que se forman a partir de la transformación de rocas preexistentes sedimentarias, ígneas o incluso metamórficas, que han sido sometidas bajo la acción de algunos agentes como temperatura, presión litostática y dirigida, produciendo cambios en su composición mineralógica, textural y química.

2.3.3. Lecho o cauce de río

El cauce o lecho de un río se refiere al canal natural por el cual fluye una corriente de agua dada por la acción de la gravedad, en la misma se encuentran materiales granulares y sedimentos producto del desgaste y disgregación de rocas ígneas, sedimentarias o metamórficas (Alarcón, 2016, p. 19).

Se entiende como lecho menor o normal a aquel cauce por el cual fluye agua por un curso mínimo o intermedio, mientras que una llanura de inundación o lecho mayor hace referencia al lecho máximo que ocupa un caudal de agua producido en período de lluvias o crecidas de aguas muy altas (Alarcón, 2016, p. 19).

2.3.3.1. Caudal de un río

El caudal de un río indica la cantidad de agua que fluye en un lecho o cauce de río en un lugar y tiempo determinado, este factor depende de la cantidad o escasez de precipitaciones o lluvias que se presenten en un sitio específico (Alarcón, 2016, p. 19).

2.3.4. Tipos de depósitos

De acuerdo con Explora Geología (2010, pp. 14-16), los depósitos de materiales pétreos de origen natural con potencial económico rentable se encuentran en varios medios o lugares de sedimentación. Los tipos de yacimientos minerales más comunes englobando las características primordiales de los materiales que abarcan, se dividen en:

2.3.4.1. Aluviales

Son depósitos comprendidos por arenas y gravas, presentan una gran cantidad de materiales finos y cohesión elevada. Un abanico aluvial es una masa de materiales detríticos que han sido transportados y sedimentados por un aluvión o flujo.

2.3.4.2. Eluviales

Se consideran a los materiales que han sido alterados in situ o que han presentado poco transporte y arrastre. Estos yacimientos presentan una cantidad muy alta de materiales finos, poseen materia orgánica y comprenden productos de escaso interés económico en la obtención de áridos de buena calidad.

2.3.4.3. Coluviales

Depósitos gravitacionales compuestos por inestables masas de gravas, bloques y cantos que presentan poco transporte y que son producto de la alteración, recubriendo laderas. Son materiales utilizados en la obtención de áridos.

2.3.4.4. Fluviales

Formados por cursos de agua continuos con una llanura de inundación y pendientes moderadas que siguen un conjunto de sistemas de canales fluviales. Forman depósitos de áridos poco profundos y extensos, con materiales clasificados pocos finos (Vadillo, 1996, p. 6).

2.3.4.5. Ríos meandriformes

En este tipo de depósito fluvial se representa un desarrollo del sistema fluvial, en donde se encuentran extensos lechos de inundación limosos-arenosos, que comprenden excelentes yacimientos para áridos de tipo grava y arena.

2.3.4.6. Marinos

Conformado por plataformas costeras y antiguas playas, deltas, cordones litorales y otras estructuras, los cuales se han quedado bajo el mar, producto de las oscilaciones del nivel del mar. Por lo cual se realiza explotación mediante succionamiento hidráulico o dragas de cuchara (Vadillo, 1996, p. 7).

2.3.4.7. Eólicos

Este tipo de yacimiento está formado por fracciones finas de arcillas, arenas y limos, consecuencia de la disgregación de las rocas por erosión o meteorización, los cuales son transportados y

almacenados por la acción del viento. Estos materiales presentan un ángulo de rozamiento demasiado bajo y índices de redondez altos (Vadillo, 1996, p. 7).

2.3.4.8. Glaciares

Son los materiales formados por la erosión o no por un glaciar, pero que han sido trasladados y acumulados en el hielo. Producen extensas acumulaciones de yacimientos detríticos con granulometrías de décimas de milímetros hasta bloques mayores a un metro cúbico (Vadillo, 1996, p. 7).

2.3.4.9. Playeros

Forman depósitos importantes que presentan aplanamientos, grado de selección granulométrica y índices de redondez muy elevados. Estos yacimientos de extensiones casi planas se encuentran conformados por arena en las orillas del mar, lago o río.

2.3.5. Sistemas de explotación a cielo abierto

Dentro de los métodos de minería que se efectúan en la superficie del terreno, se establecen los siguientes sistemas de explotación a cielo abierto:

2.3.5.1. Cortas

Es un método muy tradicional usado en la minería metálica y en los depósitos de carbón. Su sistema de extracción se lleva a cabo tridimensionalmente mediante banqueo descendente, en donde debe haber un desfase entre bancos con el fin de obtener unas plataformas mínimas de trabajo para que los equipos operen de la mejor manera con condiciones eficientes de seguridad (Herrera, 2006, p. 7).

2.3.5.2. Terrazas

Empleado para depósitos horizontales de forma irregular de uno o más niveles mineralizados con recubrimientos altos mediante banqueo con avance unidireccional, permitiendo almacenar el estéril en los pozos creados y transportándolos alrededor de la explotación. La altura dependerá de la dureza del macizo rocoso y del equipamiento que será utilizado en los procesos de extracción y carguío (Herrera, 2006, p. 8).

2.3.5.3. Bancos múltiples descendentes

Sistema de explotación de forma descendente en la cual se taja al depósito en escalones, en donde la altura del banco estará relacionada con el tamaño de la maquinaria de carguío (Herrera, 2006, p. 8). Del mismo modo, el ancho de cada banco deberá ser el adecuado para que el equipo de transporte y carguío pueda laborar sin inconveniente alguno.

2.3.5.4. Contorno

Se basa en la excavación del mineral y del material estéril de forma transversal hasta llegar al límite económico rentable, dejando únicamente un talud de banco y progresión longitudinal a lo largo del afloramiento. Es factible realizar una transferencia de los estériles para su pronta recuperación del área ya que este sistema presenta escasa profundidad de los huecos y gran desarrollo de explotación (Herrera, 2006, p. 9).

2.3.5.5. Canteras

Este método se refiere a la extracción de materiales de construcción, rocas ornamentales e industriales. Consiste en pequeñas explotaciones cercanas a los lugares de abastecimiento de materias primas para uso en la industria de la construcción, obras civiles e infraestructuras. Pueden realizarse mediante bancos múltiples que permiten operar los trabajos con óptimas condiciones de seguridad y pronta recuperación de las áreas afectadas, o bancos únicos de gran altura (Herrera, 2006, p. 10).

2.3.5.6. Descubiertas

Este sistema se aplica a depósitos horizontales y tumbados, en donde el recubrimiento de estéril es bajo, generalmente a los 50 metros. Se basa en la extracción del material desde el fondo de la explotación mediante un avance unidireccional con un solo banco en el que se realiza el arranque del material estéril y vertido del mismo (Herrera, 2006, p. 8).

2.3.5.7. Graveras

Los materiales aluviales y detríticos como gravas, cantos rodados y arenas que se encuentran depositados en terrazas y valles de los cauces, se explotan intensamente debido a la alta demanda que presentan estos materiales en el campo de la construcción (Herrera, 2006, p. 10). Al ser materiales

poco cohesionados, se realiza labores de arranque en un solo banco efectuados por maquinaria como excavadoras, retroexcavadoras y equipos de transporte como volquetes.

2.3.6. Sistemas de explotación para graveras

De acuerdo con Herrera (2006, p. 21), la extracción de materiales naturales granulares o detríticos según las características hidrológicas y geológicas del yacimiento, se puede realizar mediante:

2.3.6.1. Explotaciones secas

Este método se basa en excavaciones tridimensionales por banqueo descendente o ascendente hasta llegar al fondo del lecho previsto del depósito. Según la profundidad, el avance se lo puede realizar mediante un frente único o escalonado, conformado por uno o más bancos. La extracción de estos materiales pétreos se la realiza mediante equipos mecánicos de arranque, carguío y transporte del mineral (Vadillo, 1996, p. 18).

Estas zonas de explotación se encuentran por lo general en las terrazas altas de los yacimientos fluviales, teniendo gran accesibilidad visual de los minerales que se deseen extraer, de este modo mejorando las condiciones de operación del equipamiento minero (Vadillo, 1996, p. 18).

2.3.6.2. Explotación con rebajamiento del nivel freático

Sistema de explotación basado en el descenso del nivel freático mediante alguna variante como: una red de zanjas que son excavadas por debajo del nivel de explotación, pantallas de impermeabilización o un conjunto de pozos de bombeo perimetrales al lugar de extracción. Por ende, es indispensable tener un equipo de bombas para mantener el nivel adecuado del agua a la altura deseada (Vadillo, 1996, p. 18).

2.3.6.3. Explotación bajo lámina de agua

En los depósitos donde el nivel freático se halla muy cercano a la superficie, o a una cierta profundidad, suele extraerse el material parcial o totalmente bajo una lámina de agua. Este método es similar al sistema de explotaciones secas, con la diferencia que este procedimiento se efectúa en un solo banco, con la misma altura y profundidad del pozo inundado. Cuando la parte elevada del yacimiento se halla seca, la explotación se hace mediante un sistema mixto, en donde se emplean equipos diferentes para cada zona (Vadillo, 1996, p. 18).

2.3.7. Explotación minera en los ríos

La explotación de materiales pétreos provenientes de los ríos es una actividad fundamental para el desarrollo de las obras civiles, públicas y arquitectónicas de la humanidad (Méndez, 2019, p.23). A escala mundial, existen abundantes ríos en los que se aprovechan los materiales de construcción como gravas, cantos, bloques, arenas, ripios, entre otros, los cuales son extraídos en gran cantidad por el ser humano para ser utilizados en el campo de la construcción, infraestructuras e edificaciones, ya sea por las condiciones físico-mecánicas que poseen, del mismo modo estos materiales son utilizados como materia prima para la fabricación de agregados usados en las construcciones y obras (Méndez, 2019, p. 23).

Un factor importante a tomar en cuenta en la explotación de materiales provenientes de los ríos son los costos de extracción, carguío y transporte del material, ya que estos son bajos a comparación con los costos de operación en canteras, debido a que los materiales pétreos tienen un procedimiento mínimo en cuanto a su tratamiento operativo (Ramírez, 2009, p. 54). En la Tabla 2-2, se puede visualizar las consecuencias que genera la explotación de materiales pétreos en los ríos.

Tabla 2-2: Potenciales efectos de la explotación de materiales de arrastre en ríos

Efectos	Efectos aguas arriba	Efectos aguas abajo
<ul style="list-style-type: none"> • Erosión de orillas • Descenso del nivel freático • Menor velocidad del flujo • Descenso de los niveles del y agua y del fondo • Destrucción de hábitats acuáticos y riparios • Socavación de estructuras y puentes 	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento del gradiente hidráulico • Erosión Regresiva • Acorazamiento del lecho • Mayor velocidad del flujo • Erosión de afluentes • Ensanchamiento del cauce y socavación de orillas • Socavación de estructuras y puentes • Descenso de los niveles del agua y del fondo • Destrucción de hábitats acuáticos y riparios 	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de la turbiedad y de los sedimentos suspendidos • Mayor inestabilidad de las bancas y el lecho • Erosión del lecho • Descenso de los niveles del agua y del fondo • Socavación de estructuras y puentes • Obstrucción de captaciones y vertimientos por sedimentos en suspensión • Destrucción de hábitats acuáticos y riparios.

Fuente: Ramírez, 2009, p. 56.

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

La extracción de estos materiales de construcción causa graves consecuencias en el sistema fluvial de los ríos, provocado por el desbalance en el transporte de sedimentos ocasionados en el área de

explotación, generando erosión del cauce que puede llegar a alcanzar extensas distancias aguas abajo y aguas arriba, del mismo modo, produce la inestabilidad de las orillas, erosión remontante o regresiva en los afluentes, morfología del cauce, afectación de la flora y fauna, descenso del nivel freático, deterioro de la calidad del agua, cambios en el tamaño de los materiales del lecho y sobre todo poniendo en alto riesgo las estructuras e infraestructuras cercanas a lo largo del cauce (Ramírez, 2009, p. 54).

2.3.7.1. Extracción directa

Es considerado como el método más usado por las concesiones y empresas mineras para la explotación de materiales de construcción, ya que presenta bajos costos de operación. Este sistema consiste en que el equipo utilizado para la extracción siga la dirección y cauce del río, por lo cual es indispensable que las vías de acceso se encuentren en buen estado. La maquinaria de carguío es la encargada de llevar el material del lugar de extracción hacia las zonas de stock y clasificación del mismo (Méndez, 2019, p. 29).

2.3.7.2. Explotación por diques transversales

De acuerdo con Manrique (2008, pp. 1-2), la explotación por diques transversales se refiere a un método que mantiene una armonía con el medio ambiente, usado en la explotación del material de arrastre utilizando mínimos recursos económicos, generando de esta forma mayor producción rentable.

Para su correcta operación este sistema utiliza maquinaria como retroexcavadoras, volquetes para el carguío y transporte del material, herramientas manuales, entre otros. La capacidad de estos equipos va a depender de las condiciones geométricas del río, motivo por el cual es importante realizar estudios batimétricos y topográficos en la zona de estudio (Mojica y Manrique, 2008, p. 3).

2.3.7.3. Explotación por diques longitudinales

Son estructuras donde se construyen diques que sigan el cauce del río. Para la construcción de estas obras se debe de utilizar materiales con alta resistencia, puesto que estos materiales deberán resistir los caudales del río. (Méndez, 2019, p. 28).

2.3.8. Categorización de recursos y reservas mineras

Mediante la clasificación y metodología de recursos y reservas se puede determinar el proceso para el cálculo de las reservas mineras y materiales de construcción existentes en una determinada zona.

2.3.8.1. Recursos minerales

Se refiere a la concentración del mineral de interés económico rentable sobre la superficie de la Tierra, en donde existe probabilidades razonables de cantidad y forma del material que genere una eventual explotación económica. Las características geológicas, ubicación, cantidad, ley de un recurso mineral son estimadas por la interpretación de conocimientos geológicos (Medina, 2016, párr. 10). Considerando la confianza geológica, los recursos minerales se dividen en:

Recurso mineral inferido: Se refiere a la parte de un recurso en la que se puede estimar el contenido, tonelaje y ley mineral mediante un bajo nivel de confianza. Estos se infieren por medio de evidencias geológicas. Mediante técnicas de localizaciones se deduce información de confiabilidad y calidad incierta (Medina, 2016, párr. 11).

Recurso mineral indicado: Parte de un recurso el cual es estimado con un moderado nivel de certidumbre en su densidad, características físicas, forma, contenido y ley mineral. Estos minerales son considerados con suficiente grado de confianza para realizar un plan, diseño y evaluación de la viabilidad económica del yacimiento (Medina, 2016, párr. 12).

Recurso mineral medido: Es la cantidad de un depósito con alto grado de confianza en cuanto a su forma, tonelaje, densidad, características físico-mecánicas, ley y contenido de mineral. Consiste en la exploración a detalle de información confiable resultantes de pruebas obtenidas y muestreo mediante técnicas in situ (Medina, 2016, párr. 13).

2.3.8.2. Reserva mineral

Se entiende como reserva mineral a la parte que se puede extraer económicamente de un recurso mineral indicado o medido. Son las evaluaciones que se realizan para estimar los estudios de factibilidad de modificadores y factores económicos, metalúrgicos, de extracción, mercadotecnia, sociales, legales, ambientales y gubernamentales (Medina, 2016, párr. 14). Se subdividen en las siguientes categorías:

2.3.9.1. Método de los perfiles

Es un método geométrico aplicado a cuerpos materiales o minerales irregulares que han sido evaluados mediante sondeos, posibilitando establecer perfiles, cortes o secciones para la interpretación de los mismos (Bustillo y López, 1997, p. 164).

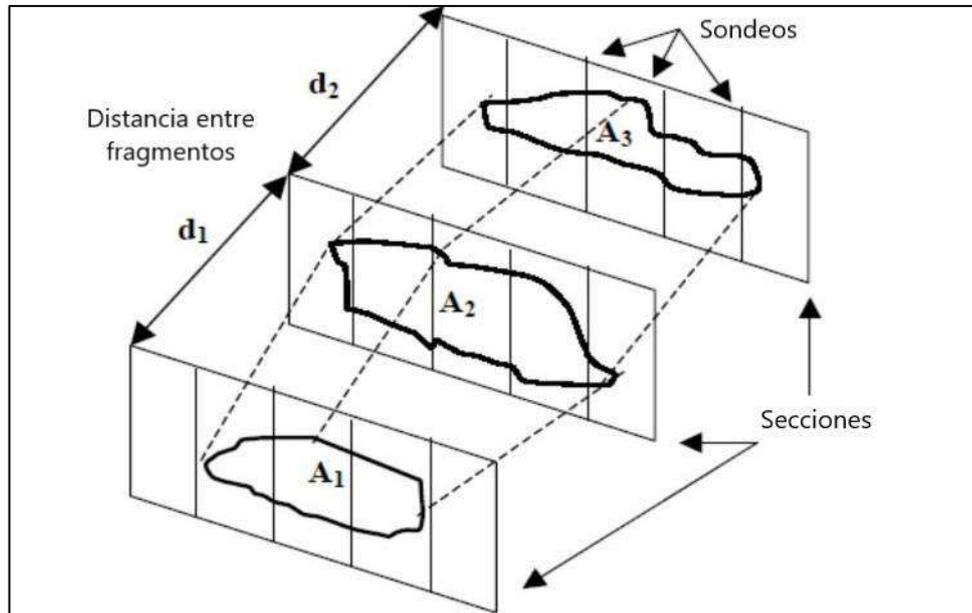


Figura 10-2: Estimación de reservas por el método de perfiles

Fuente: Bustillo, M.; López, C., 1997, p. 166.

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

Este método consiste en trazar perfiles verticales a lo largo de un tramo del yacimiento o de una determina zona y calcular las reservas de cada bloque, para posteriormente cuantificar la cantidad de reserva total. Para la estimación de reservas por este método se considera los siguientes pasos:

- Delimitar y calcular la zona de estudio.
- Determinar los volúmenes de material de cada bloque.
- Obtener las reservas de material en bloques.
- Por último, calcular el total de reservas en el área.

Para determinar el volumen de material de cada bloque se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen del bloque} = \frac{(a1 + a2) * d1}{2}$$

Donde:

a1= primera sección

a1= segunda sección

d1= distancia entre segmentos

Para calcular la reserva total se realiza la sumatoria de las reservas de cada bloque, se lo puede determinar mediante la siguiente ecuación:

$$Volumen\ total = \frac{(a_1 + a_2) * d_1}{2} + \frac{(a_2 + a_3) * d_2}{2} + \dots + \frac{(a_n + a_{n+1}) * d_n}{2}$$

2.3.10. Levantamiento Topográfico

Por medio de un estudio topográfico se puede determinar las características físicas de un terreno como las cotas o elevaciones de diferentes puntos, del mismo modo se puede conocer las coordenadas geográficas de cada punto con exactitud.

Un levantamiento topográfico hace referencia al estudio descriptivo y técnico de una determinada área para representar la ubicación de un objeto, superficie o terreno mediante la toma de datos. Las características a considerar en la zona de estudio son geográficas, físicas y geológicas.

2.3.10.1. Topografía

Se refiere a la ciencia que se encarga del estudio de procedimientos que establecen las posiciones de diferentes puntos ubicados en la superficie de la Tierra, con sus detalles y formas. Para ello se realiza mediciones de ángulos, elevaciones y distancias.

2.3.10.2. Batimetría

Es la prospección topográfica que se realiza al relieve superficial de terrenos cubiertos por agua como el fondo de los lechos de los ríos. Dentro de este levantamiento se establecen coordenadas X, Y, Z (profundidad), las cuales determinan las irregularidades que se presentan en el curso del agua.

2.3.10.3. Métodos topográficos en batimetría

Un levantamiento batimétrico se organiza en perfiles, los cuales consisten en la agrupación de puntos compuestos en una dirección determinada. Los principales métodos son:

Métodos de posicionamiento planimétrico: Por medio de este método se realiza el levantamiento desde la superficie de la tierra. Para medir la profundidad y determinar la posición de un punto se debe seguir una serie de procesos adecuados.

Métodos de posicionamiento altimétrico: Se basa en la determinación de la cota de los puntos a través de la medición de la distancia vertical que se encuentra entre el punto del fondo y la superficie del agua.

2.4. Generalidades de los materiales pétreos

2.4.1. Materiales pétreos

Los materiales pétreos son agregados de partículas minerales o derivados de rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias que son usados ampliamente en el campo de la construcción, obras civiles, públicas o arquitectónicas. Se considera material pétreo a todo cuerpo que no ha experimentado un proceso industrial diferente a los procedimientos de clasificación y/o trituración granulométrica (Méndez, 2019, p. 24).

Estos materiales presentan condiciones especiales de calidad, ya que son altamente resistentes a los golpes, condiciones medioambientales, agentes atmosféricos y externos. Por lo cual son muy utilizados en la industria de la construcción como elemento resistente, duradero, decorativo en el recubrimiento de suelos y paredes, materia prima para la elaboración de otros materiales (Méndez, 2019, p. 24).

Se puede obtener estos materiales por medio de la explotación en los lechos de ríos, canteras o por el libre aprovechamiento en distintos lugares donde existe grandes cantidades de material pétreo (Méndez, 2019, p. 24).

En cuanto a las etapas que se emplea para la explotación de materiales pétreos, se empieza con la exploración de la zona en donde se encuentra el depósito, la cual debe generar abastecimiento para sus diferentes fines como producción, comercialización, utilización en obras, entre otros.

Luego se realiza la extracción de estos materiales mediante el empleo de equipamiento minero, posteriormente se emplea el proceso de carguío y transporte del material hacia la planta de beneficio, en donde se procede a realizar diferentes procesos como lavado, trituración y clasificación del material, los cuales quedan listos para su respectivo uso y beneficio.

2.4.1.1. Trituración de materiales pétreos

Este proceso consiste en la reducción de tamaño de materiales desde un metro a un centímetro, mediante trituración primaria (de 1 m a 0.10 m) y trituración secundaria (de 0.10 m a 0.01 m). La trituración se basa en la transformación física de la composición de la materia sin modificar su naturaleza. Por medio de una molienda se produce un material lo más homogéneo posible, por lo cual en la mayoría de ocasiones es fundamental realizar el debido tratamiento de los materiales pétreos, acorde al beneficio que se requiera. Debido a la gran cantidad de materiales que pueden ser procesados, los equipos de trituración ofrecen un alto nivel de flexibilidad operativa (Ramirez, 2013, párr. 1).

2.4.2. Explotación de materiales pétreos

La Constitución de la República del Ecuador decreta que los gobiernos autónomos descentralizados tienen la responsabilidad y potestad de regular, delimitar, autorizar y controlar la explotación de materiales pétreos que se encuentren en los lechos de los ríos, playas de mar, lagos y canteras (León, 2017, p. 17).

Cada gobierno municipal tiene la competencia de controlar y regular la extracción de materiales pétreos en disposición al mandato constitucional y de acuerdo con el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización, ya que estos materiales son propiedad del Estado ecuatoriano (León, 2017, p. 18).

Los gobiernos metropolitanos y municipales son los encargados de otorgar los derechos mineros de explotación de materiales pétreos en canteras o lechos de ríos a las personas naturales, jurídicas, públicas o privadas. Conforme a las necesidades civiles requeridas por la comunidad, cada entidad municipal puede extraer material pétreo mediante libre aprovechamiento para la construcción de obras públicas (León, 2017, p. 19).

2.4.3. Parámetros de explotación de materiales pétreos

Según Herrera (2007, p. 2), en el documento “Diseño de Explotaciones de Cantera”, considera que los datos medioambientales y geológicos son la clave fundamental para realizar estudios previos de aproximación en un depósito, estos trabajos deben definir los siguientes parámetros dentro de la explotación de materiales pétreos:

2.4.3.1. Geométricos

Los depósitos de materiales pétreos están delimitados por un modelo estructural y geológico, para lo cual es imprescindible realizar un plano geológico-estructural, estudios topográficos de la zona de interés para definir el volumen y la forma del material, las limitaciones naturales y variaciones del espesor del yacimiento. Con los datos obtenidos se puede definir correctamente un plan de explotación.

2.4.3.2. Hidrogeológicos

Establecen la viabilidad y metodología de extracción del material, posición del nivel freático, cauce del río, y aguas de infiltración. A su vez condicionan el desarrollo de los planes de recuperación de las extracciones del material.

2.4.3.3. Del material

Se refieren a las condiciones de calidad en las que se encuentra el material para su respectiva comercialización o beneficio. El primer parámetro a considerar es la granulometría y resistencia del material, de igual forma se debe tener en cuenta las características físico mecánicas, naturaleza petrológica y mineralógica de los elementos.

2.4.3.4. Medioambientales

Los parámetros ambientales dan a conocer las condiciones del agua, suelo y aire en las que se encuentra la zona a ser explotada. Estos indicadores permiten entender de mejor manera los aspectos medioambientales.

2.4.4. Características físicas y mecánicas de los materiales

Los materiales pétreos usados en la industria de la construcción son considerados como sustancias heterogéneas que se caracterizan por presentar extensos rangos de variación estructural, textural y composicional. Según las características que tenga cada roca se adecua su aplicabilidad para cierto propósito específico. Se considera las siguientes propiedades físicas y mecánicas de los materiales pétreos:

2.4.4.1. Densidad

La densidad de estos materiales está comprendida de 2 a 3 g/cm³. Esta propiedad depende del porcentaje de volumen de huecos, como también de los minerales que integran el material (Crespo, 2010, p. 18).

2.4.4.2. Durabilidad

Se refiere al período de uso del material sin perder sus propiedades ni deteriorarse. La durabilidad de los materiales de construcción es alta, ya que duran cientos de años sin cambiar sus propiedades. Por lo que la estructura del cuerpo rocoso es inalterable ante la acción de agentes exteriores, lo que provoca solo una modificación en la capa más superficial del sólido (Crespo, 2010, p. 18).

2.4.4.3. Dureza

Es la resistencia a la penetración, rozamiento, rayadura que oponen las rocas ante otros cuerpos. En esta propiedad influye la dureza de los minerales y la cohesión de masa que tengan estos materiales (Crespo, 2010, p. 18). Como se observa en la Tabla 3-2, la dureza de algún material se puede determinar mediante la escala de Mohs, la cual se ordena del sólido más blando al más duro.

Tabla 3-2: Escala de Mohs

Dureza	Mineral	Prueba
1	Talco	Se puede rayar fácilmente con la uña
2	Yeso	Se puede rayar con la uña con más dificultad
3	Calcita	Se puede rayar con una moneda de cobre
4	Fluorita	Se puede rayar con un cuchillo de acero
5	Apatito	Se puede rayar difícilmente con un cuchillo
6	Ortosa	Se puede rayar con una lima para el acero
7	Cuarzo	Raya el vidrio, un cristal
8	Topacio	Raya a todos los anteriores
9	Corindón	Raya a la mayoría de los metales
10	Diamante	Es el material más duro

Fuente: Crespo, 2010.

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

2.4.4.4. Resistencias mecánicas

Los materiales pétreos presentan una excelente resistencia a la compresión o contracción. Mientras mayor sea la densidad del cuerpo mayor resistencia tiene. Estos materiales presentan baja resistencia a tracción, flexión y compresión simultáneas (Crespo, 2010, p. 18).

2.4.4.5. Resistencia a la intemperie

Al ser materiales naturales, los pétreos presentan una elevada resistencia a los agentes exteriores. Como se ha podido observar, existe una infinidad de construcciones con rocas desde hace cientos de años que se encuentran en buen estado (Crespo, 2010, p. 19). Agentes como el viento, agua de lluvia, oxígeno y los gases de combustión son los que afectan la durabilidad de los materiales.

2.4.4.6. Propiedades térmicas

Presentan baja conducción del frío o del calor, bajo coeficiente de conductividad térmica. No obstante, cuando estos materiales presentan humedad, su conductibilidad aumenta un poco. Las contracciones o dilataciones térmicas únicamente afectan a la capa superficial del cuerpo, en cambio la masa interior del material sufre una pequeña deformación por efecto de la temperatura (Crespo, 2010, p. 18).

2.4.4.7. Combustibilidad

La resistencia al fuego que presentan los materiales pétreos es variable, la cual se considera de tipo media baja y menor si el cuerpo presenta humedad. Por esa razón, en caso de estar en presencia con el calor o incendios el material resiste cierto tiempo sin romperse, pasado ese lapso se crean tensiones elevadas en los materiales (Crespo, 2010, p. 19).

2.4.4.8. Impermeabilidad

La permeabilidad del agua depende del tipo de material pétreo, mientras mayor cantidad de poros tenga el material mayor es la permeabilidad. Al circular agua por los poros del sólido se aumenta el tamaño de estos al ser desgastados por erosión (Crespo, 2010, p. 19). El material es considerado impermeable al no presentar poros.

2.4.4.9. Resistencia a compresión

Se refiere a la resistencia del material que opone al ser aplastado, considerando que es la única resistencia favorable de los materiales pétreos (Crespo, 2010, p. 20). En la tabla 4-2, se puede observar una clasificación de la resistencia a compresión de los materiales.

Tabla 4-2: Clasificación de los materiales en función de la resistencia a compresión

Clase	Resistencia	Presión
Clase A	resistencia muy alta	mayor de 2250 kg/m ²
Clase B	resistencia alta	de 1125 a 2250 kg/m ²
Clase C	resistencia media	560 a 1125 kg/m ²
Clase D	resistencia baja	280 a 560 kg/m ²
Clase E	resistencia muy baja	70 a 280 kg/m ²

Fuente: Crespo, 2010.

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

2.4.4.10. Elasticidad

Los materiales de construcción no presentan elasticidad. Las rocas no se deforman, solo se rompen. Algunas muestras granulares en grandes agrupaciones pueden presentar cierta deformación (Crespo, 2010, p. 19).

2.4.4.11. Propiedades eléctricas

En cuanto a las propiedades eléctricas, los materiales de construcción son malos conductores de electricidad, debido a que su coeficiente de conductividad eléctrica es demasiado bajo (Crespo, 2010, p. 19).

2.4.5. Granulometría de los materiales

La granulometría da a conocer el tamaño de los granos de los sedimentos. Realizar un análisis granulométrico de materiales determina cuantitativamente la distribución de medidas de las partículas, del mismo modo mediante este análisis se puede determinar el origen, propiedades mecánicas y cálculo de la abundancia de cada grano acorde a su tamaño dentro de una escala granulométrica (Quintuña, 2019, p. 10).

La distribución granulométrica de los materiales varía de acuerdo a las propiedades físicas, químicas y mecánicas. Para controlar la calidad de los sólidos granulados es de suma importancia conocer la distribución del mineral acorde al tamaño de sus partículas (Quintuña, 2019, p. 10).

2.4.5.1. Ensayo granulométrico

Para poder determinar la composición granulométrica del material y su clasificación de tamaños se realizan ensayos granulométricos mediante una serie de distintos tamices, los tamices A.S.T.M consideran tamaños que van desde: 2", 2 ½", 1", ¾", ½", ⅜", 4", 8", 16", 32"; o los tamices INEN: 53 mm, 37.5 mm, 26.5 mm, 26.5 mm, 19 mm, 13.2 mm, 9.5 mm, 4.75 mm, 2.3 mm, 1.18 mm, 0.60 mm, 0.30 mm, 0.075 mm (Quintuña, 2019, p. 10).

2.4.6. Abrasividad o desgaste de las rocas

Por medio de un ensayo de abrasividad se puede conocer el coeficiente de desgaste que poseen los materiales gruesos de río a través de equipos desarrollados para determinar la resistencia a la abrasión de los agregados de acuerdo a las especificaciones de las normas de referencia de cada maquinaria (Quintuña, 2019, p. 9). Para realizar dicho procedimiento se lo emplea granulométricamente preparando la muestra que es sometida a abrasión en la máquina, en donde se expresa la pérdida de masa del material o desgaste del mismo en relación a su masa inicial. Por medio de la siguiente ecuación se puede determinar el porcentaje o cantidad del desgaste que ha sufrido la muestra en los ensayos de abrasividad:

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

Donde:

P%= Porcentaje de desgaste de la roca

Mi= Masa inicial

Mf= Masa final

2.5. Procesos para la extracción de materiales pétreos

2.5.1. Operaciones básicas para la extracción del material

Las labores básicas de explotación son aquellas operaciones que separan el material del substrato al que pertenecen y transportarlo, se encuentran organizadas por varias fases que son las siguientes:

2.5.1.1. Labores de preparación

Consisten en las distintas operaciones que son las encargadas de retirar el recubrimiento de la capa vegetal, perfil de meteorización y cubierta de otros estériles, con el fin de dejar despejado los materiales a extraer. En algunos casos no es necesario realizar labores de destape, ya que las zonas de explotación no presentan vegetación (Explora Geología, 2010, p. 68). Considerando el volumen del material estéril o vegetal a retirar se puede emplear el desmonte mediante excavadoras y volquetes si se tiene volúmenes pequeños, en cambio, cuando las cantidades del recubrimiento son grandes se debe emplear una adecuada planificación para realizar esta labor la cual optimice costos de preparación.

2.5.1.2. Arranque del material

Consiste en extraer el material del suelo o sub suelo mediante maquinaria (retroexcavadoras, excavadoras, bulldozer, mototraíllas, gradas) de acuerdo a las condiciones del terreno. Cuando el macizo rocoso no permite el arranque directo del material se emplea fases de perforación y voladura mediante el uso de explosivos (ExploraGeología, 2010, p. 68).

2.5.1.3. Carguío

El material extraído es directamente cargado por equipos de transporte. Se utiliza maquinaria como: retroexcavadoras, excavadoras, palas cargadoras, de acuerdo a las condiciones en las que se realice el trabajo (Explora Geología, 2010, p. 69).

2.5.1.4. Transporte

Una vez cargado el material pétreo de la zona de explotación según el caso, se transporta el material hacia la planta de tratamiento o directamente a la construcción u obra. El transporte se lo puede realizar mediante dumper, camiones o volquetes (Explora Geología, 2010, p. 69).

2.5.1.5. Clasificación

En caso de ser necesario, se realiza la clasificación de los materiales mediante procesos manuales o mecánicos según su tamaño y forma. Se puede clasificar el material depositándolo en superficies con aberturas, dejando pasar los granos de menor diámetro, mientras que los agregados de mayor tamaño son retenidos y separados (ExploraGeología, 2010, p. 70).

2.5.1.6. Acopio

Consiste en el almacenamiento del material en determinadas zonas de acopio clasificándolo según sus propiedades físicas mecánicas o características granulométricas, acorde a la necesidad que se requiera, ya sea para su respectivo beneficio, comercialización o transformación.

Almacenamiento en pila: El material que se ha extraído es transportado y descargado por medio de volquetes amontonando el material en lugares específicos.

Almacenamiento en silos: Se refiere al descargue directo por medio de máquinas de transporte hasta las zonas de consumo, o se realiza mediante bandas transportadoras.

2.5.1.7. Beneficio y transformación

De acuerdo a las necesidades que requiera la sociedad, infraestructura e industria, la comercialización o beneficio de los materiales pétreos pueden comprender procesos de trituración, molienda, homogenización o mezcla, lavado, entre otras fases.

2.5.2. Sistemas de arranque, carguío y transporte

Luego de seleccionar un método de explotación adecuado para la extracción de pétreos, es importante identificar los sistemas de arranque, carguío y transporte del material. Estos sistemas pueden ser:

2.5.2.1. Sistema discontinuo

Es el sistema más utilizado, consiste en que las operaciones de arranque del material se efectúen utilizando medios explosivos o mediante equipos mecánicos discontinuos como excavadoras, y el transporte se lleven a cabo por medio de volquetes o camiones mineros (Herrera, 2006, p. 12).

2.5.2.2. Sistema continuo

El arranque, carga y transporte del material pétreo es operado por un único equipo que conecta la zona de explotación con el área de descarga. Usualmente estas unidades son operadas por motores eléctricos (Herrera, 2006, p. 12).

2.5.2.3. Sistema de transporte mixto y arranque continuo

Es un sistema escasamente utilizado en la extracción del material, se basa en que los equipos de arranque deben ser minadores y rotopalas, los cuales permiten el arranque continuo, el material extraído es colocado en una cinta transportadora hasta llegar a la planta de tratamiento (Herrera, 2006, p. 13).

2.5.3. Maquinaria

Dado los procesos operativos en la minería a cielo abierto se necesita de maquinaria especializada para cumplir con todas las operaciones que se llevan a cabo en la industria minera. Estos equipos mineros influyen en los siguientes procesos mineros:

2.5.3.1. Maquinaria según su capacidad

Considerando lo mencionado en el Catálogo de Productos Caterpillar (2015), según su capacidad los equipos y maquinarias se dividen en:

Maquinaria pesada: Se refiere a la maquinaria de gran tamaño con volumetría y peso considerado, es usada para mover cantidades de tierra, explotaciones mineras a cielo abierto y grandes obras civiles.

Maquinaria semipesada: Maquinarias de medianas proporciones que se utilizan en la construcción y transporte de materiales. Estos equipos corresponden a carros cisternas, camiones volquetes y escaleras.

Equipos livianos: Consideradas maquinarias de dimensiones pequeñas o equipos especializados como: bombas de agua, compresores, montacargas y cortadoras de acero.

Herramientas menores: Son equipos pequeños de fácil manipulación que ayudan a realizar trabajos complementarios.



Figura 11-2: Maquinaria para minería a cielo abierto

Fuente: CATERPILLAR, 2015.

2.5.3.2. Equipos de arranque y carguío

La maquinaria a utilizarse para el arranque del material depende de la resistencia que tiene la roca a la rotura y a la producción de extracción que se desea alcanzar. Estas operaciones de arranque y cargue del material se lo realiza con equipos móviles como excavadoras frontales o retroexcavadoras, palas cargadoras sobre ruedas y bulldozers, dependiendo del lugar donde se encuentre el material se usa dragalinas y perforadoras.

Excavadoras: Es una maquinaria sobre ruedas o cadena que puede rotar 360°, esta máquina realiza las funciones de excavar, cargar, elevar, girar y descargar el material por la acción de una pala o cuchara fija mecánica.

Pala cargadora: Es un equipo mecánico comprendido por un tractor sobre ruedas u orugas y una pala cargadora con dos brazos articulados que juntan ambos módulos permitiendo la elevación y movimiento de la cuchara.

Retroexcavadora: Maquinaria que tiene una pala cargadora en la parte frontal y un brazo excavador en la parte posterior. El cucharón que tiene este equipo posee una gran capacidad de carga de material, es capaz de nivelar, empujar, recolectar y cargar varios elementos. El brazo de esta máquina cumple la función de excavar a una profundidad de 4 metros, dependiendo del equipo puede alcanzar los 7 metros de excavación.

Bulldozer: Es un equipo autom3vil de excavaci3n y empuje compuesto de un tractor sobre dos ejes con neumáticos o sobre orugas. Esta m3quina mecánica posee una pala frontal de gran dimensi3n usada para el transporte del material o nivelaci3n del terreno.



Figura 12-2: Equipo para el arranque y carguío de material

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

2.5.3.3. Equipos de transporte del material

Para el transporte del material la maquinaria más utilizada son los dumper, camiones rígidos o articulados y volquetes.

Dumper: Es un transporte sobre ruedas dentro de una explotaci3n minera. Estos equipos transportan el material desde el frente de trabajo hasta su zona de vertido como: acopios, tolvas o escombreras.

Camión rígido: Son aquellos camiones en donde su estructura es de una única pieza, es decir, el remolque y la cabina del operador est3n unidas.

Camión articulado: Vehículos mecánicos que tienen acoplado un semirremolque, capaces de cargar extensas cantidades de material. Este sistema de diseño brinda mayor maniobrabilidad y giro del equipo.

Volquete: Estas maquinarias se utilizan para el acarreo, traslado y descarga del material. Estos equipos mineros se emplean en el transporte interno desde la zona de explotaci3n hacia su

respectivo vertido, además pueden realizar transporte externo por vías o carreteras hasta su punto de destino para sus diferentes usos y beneficios.



Figura 13-2: Maquinaria para el transporte de material

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

2.5.3.4. Equipos de la planta de tratamiento

Dentro de una planta de tratamiento de materiales pétreos se puede encontrar equipos como: alimentadores, tolvas, zarandas, equipamiento de molienda, trituradoras, cribas, silos, cintas transportadoras, motores y bombas, equipos de lavado y clasificación.

La clasificación de materiales es el proceso que se puede realizar en seco y en húmedo, el cual consiste en separar en dos o más productos los sólidos de acuerdo a su tamaño o forma. Existen diferentes cribas para la clasificación del material como se muestra a continuación:

Cribas vibrantes: Usadas para la clasificación de productos de diferentes tipos de tamaño. Formadas por un chasis vibrante que contiene en su interior algunos elementos de cribado (Explora Geología, 2010, p. 96).

Cribas estáticas: Equipos utilizados para la separación de fragmentos gruesos que se encuentran en suspensión de líquidos. Están conformados por barras de acero gruesas que sirven para conducir el material y canalizar el agua.

Clasificador espiral: Consiste en separar por métodos de cribado partículas sólidas que se hallan en una mezcla de líquidos y sólidos en diferentes fracciones según la densidad o el tamaño de las partículas.



Figura 14-2: Planta de tratamiento de materiales pétreos

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

2.6. Diseño de explotación de materiales pétreos

2.6.1. Diseño de explotación

Se entiende como diseño de explotación al conjunto de procedimientos eficientes que se desarrollan en las distintas labores mineras de preparación y extracción del material, que permiten cumplir con las correctas directrices y producción planificada de la mina. Para realizar un diseño idóneo se debe tener en cuenta aspectos como la hidrología, geología, metalurgia, exploración, entre otras características importantes a considerar en la zona de estudio (Méndez, 2019, p. 27).

Un diseño de explotación utiliza los recursos económicos, sociales, humanos e ingenieriles que se encuentren al alcance del titular o empresa minera limitando de este modo, los procesos de extracción del material (Méndez, 2019, p. 28).

En otras palabras, un diseño de extracción de los materiales de una zona específica debe programar las actividades que implican el correcto funcionamiento y desempeño de la mina. Para ello se debe considerar la maquinaria y equipos mineros a utilizarse, el área a explotar, dimensionamiento de las obras de infraestructura, almacenamiento interno y externo de los

materiales, la calidad y el tipo de rocas a extraer de acuerdo a las condiciones del terreno de una zona determinada, entre otros aspectos importantes para definir un plan idóneo de explotación (Méndez, 2019, p. 28).

El agua es el recurso natural más utilizado por los seres humanos, por lo cual se debe realizar diseños óptimos de explotación en los lechos de ríos acordes a las situaciones ambientales, económicas y sociales del sector a explotar.

Dentro del área de explotación, un diseño debe tener en cuenta las características del depósito como: geomecánica, geología, recuperación, límites de destape, dilución, entre otros factores que ayudan al proceso de extracción de los materiales cumpliendo con los estándares ambientales, técnicos, económicos y legales. Englobando parámetros operacionales como: volumen a extraer, transporte, diseño de bancos o pozos, ciclo del minado, uso del agua, parámetros de la legislación ambiental y minera, entre otros (Méndez, 2019, p. 28).

La etapa de diseño determina las operaciones mineras que se llevaran a cabo durante el transcurso de explotación de materiales tales como: vías de acceso, sistemas de extracción del material, maquinaria a utilizarse, capacidad de la planta de tratamiento, entre otros factores que ayudan a cumplir de manera correcta cada operación y labor.

2.6.2. Criterios para la elección del método de explotación

Para determinar el sistema de explotación a emplearse, ya sea a cielo abierto o subterráneo, se debe considerar la ubicación, cobertura del estéril, morfología, condiciones del depósito, entre otros factores (Argüello, 2015, p. 41).

Los métodos de explotación que se emplean en minería a cielo abierto se pueden clasificar en función al grado de mecanización, naturaleza de minado, a la continuidad del arranque del material y por el tipo de yacimiento (Argüello, 2015, p. 41).

2.6.2.1. Elección del método de destape

De acuerdo con lo que mencionan varios autores, el mejor método de destape de depósitos de materiales pétreos, según la maquinaria a utilizarse, es utilizando excavadoras para el arranque del estéril y volquetes para el transporte hacia los botaderos o escombreras. Estas máquinas tienen gran operatividad al realizar este tipo de labores, ya que se adaptan a las dimensiones y condiciones del frente de trabajo (Argüello, 2015, p. 41).

2.6.2.2. Elección del método de extracción

Para elegir un método óptimo de extracción para un depósito de materiales pétreos es fundamental determinar el modelo de destape del yacimiento, el mecanismo de arranque y el tipo de transporte del material. Estos aspectos representan la mayor cantidad de costos de operación en una mina, por lo cual es importante elegir de manera correcta los recursos que se utilizan en estas actividades operacionales (Argüello, 2015, p. 43).

Los parámetros geométricos y geológicos son los que influyen en cómo debe llevarse a cabo la explotación, los cuales se enfocan en el volumen del material extraíble, la calidad de los materiales, la homogeneidad y potencia de cobertura del depósito.

La maquinaria que se emplea para la extracción del material debe de ser de pronta disponibilidad con fácil acceso al área de explotación. El estudio adecuado de sus costos de operación, rendimientos, capacidades y dimensiones aportan una eficaz labor en el frente de explotación (Argüello, 2015, p. 43).

2.6.3. Parámetros técnicos de un diseño de explotación

A continuación, se describen los parámetros técnicos que actúan en el diseño de un sistema de explotación de materiales de construcción.

2.6.3.1. Factores especiales del yacimiento

Estas características son las más importantes, ya que permiten seleccionar el método de extracción del material de acuerdo a las condiciones en las que se encuentre el depósito, inciden en determinar un método para el diseño de la mina, manejo de los materiales y la futura tasa de producción (Dávila, 2017, p. 58).

2.6.3.2. Condiciones geológicas e hidrogeológicas

Los factores geológicos de las rocas determinan la selección de un sistema de explotación, mientras que las condiciones hidrogeológicas afectan al bombeo y drenaje (Dávila, 2017, p.58). La mineralogía se basa en las exigencias que tiene un mineral al ser procesado, las características que actúan en este aspecto son:

- Composición química de los minerales
- Petrología y mineralogía
- Meteorización, uniformidad, alteración
- Estructura del depósito
- Hidrología

2.6.3.3. Propiedades geomecánicas

Las propiedades geológicas, mecánicas y físicas de las rocas que contiene un depósito, son características fundamentales en la selección de la maquinaria para el arranque del material (Dávila, 2017, p. 59).

2.6.3.4. Factores tecnológicos

De acuerdo con Dávila (2017, p. 59), los factores tecnológicos que actúan en el diseño de una mina se refieren a las limitaciones que tiene cada método de extracción, las cuales incluyen:

- Selección del método de explotación para diferenciar el mineral de interés y estéril
- Recuperación del material a extraer
- Capital económico disponible, mano de obra requerida, maquinaria con disponibilidad, tiempos del ciclo de trabajo.
- Grado de concentración en el frente de trabajo.

2.6.3.5. Consideraciones socio-ambientales

Hacen referencia a la afectación del medio ambiente, ámbitos políticos, sociales, culturales y económicos de la sociedad (Dávila, 2017, p. 60). Entre estas consideraciones se encuentran:

- Actividades económicas del sector
- Control de la contaminación atmosférica
- Cantidad de habitantes en las áreas aledañas
- Tipo de cultura, vivienda y condiciones comunitarias
- Fuerza laboral
- Seguridad e higiene

2.6.3.6. Consideraciones económicas

La cantidad económica que tenga una empresa o titular minero determina el éxito o fracaso de la misma (Dávila, 2017, pp. 59-60). Los factores que influyen en estas consideraciones son:

- Tasa de producción
- Reservas del material
- Vida útil de la mina
- Productividad
- Tiempos de operación
- Comercialización o beneficio

2.6.4. Tiempos de producción

Para calcular el ciclo de producción se debe realizar estudios de tiempos que revelen los procesos más demorados en los que se debe mejorar el ritmo de operación o capacidad de la maquinaria. Los tiempos de producción se pueden dividir en:

Tiempos fijos: Hacen referencia a los tiempos que se emplea en cargar el material a la maquinaria de transporte y a las maniobras que se realiza al momento de transportar y descargar los sólidos (Benavides, 2016, p. 100).

Tiempos variables: Se examinan en función de las distancias a los lugares de extracción y la velocidad promedio en que la maquinaria de transporte emplea en el acarreo, viaje de ida cargado y retorno sin carga. Para estos tiempos se debe tomar en cuenta el estado de las vías de acceso, las condiciones mecánicas y de rendimiento de los equipos (Benavides, 2016, p. 101).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

El Universo del presente trabajo técnico es la concesión minera de libre aprovechamiento del Gobierno Municipal del cantón Morona que abarca una extensión de 70 ha, la cual se ubica en las parroquias de Sevilla Don Bosco, General Proaño y la ciudad de Macas, cantón Morona, provincia de Morona Santiago. La muestra que se considera para este estudio es el área minera “Zona de Manejo Especial Río Upano”, debido a que no cuenta con un diseño de explotación de materiales pétreos.

3.1. Metodología

Para lograr ejecutar los objetivos planteados del presente proyecto técnico en el tiempo acordado, se divide el trabajo en cuatro fases (Gráfico 1-3), basándose en una investigación técnica-científica y descriptiva a través de la siguiente metodología:

- *Investigación documental:* se refiere a la recopilación de la información bibliográfica y documental de fuentes confiables acerca del área minera “Zona de Manejo Especial Río Upano”.
- *Investigación de campo:* es la información que se obtiene a través de la observación, trabajos de exploración, recolección de datos y muestras en la zona de estudio.
- *Investigación experimental:* hace referencia al diseño experimental mediante el análisis de datos y muestras recopiladas en la investigación de campo, a través de ensayos llevados a cabo en el laboratorio del Consejo Provincial de Morona Santiago y en el laboratorio de la sede ESPOCH Macas.
- *La investigación descriptiva:* analiza las propiedades de los materiales pétreos y características fundamentales del terreno en función a la problemática de la investigación para de este modo proponer un diseño idóneo de explotación en base al transporte de sedimentos en el área minera Zona de Manejo Especial Río Upano.

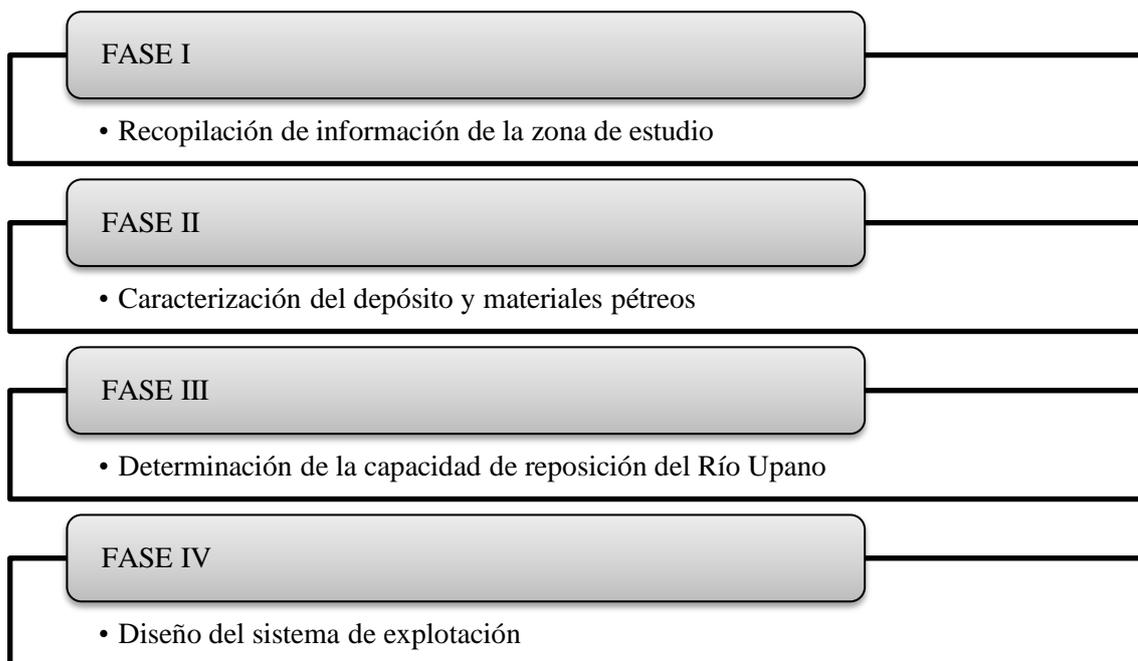


Gráfico 1-3: Fases de la metodología

Realizado por: Farez, Jean, 2022

Mediante los servicios de Microsoft Office: Word y Excel se elabora el presente Proyecto Técnico, tablas, cálculo de costos y dimensionamiento de flota. Por medio de los softwares de administración de escritorio (Desktop): ArcGIS y QGIS se analiza información geográfica importante de la zona de estudio, permitiendo recopilar y organizar datos. Con la ayuda de los diferentes tipos de software de Autodesk: AutoCAD y Civil 3D se procede a la elaboración y simulación de un diseño de explotación.

3.3.1. Fase I: Recopilación de información de la zona de estudio

3.3.1.1. Trabajo de gabinete

En esta primera etapa, se recopila información bibliográfica de la zona de estudio en cuanto a las propiedades físico mecánicas de las rocas, ubicación, geología, topografía, geomecánica, geomorfología, características geotécnicas del lugar, entre otra documentación importante. Estos datos son obtenidos de manera previa en el área de Recursos Naturales del Departamento de Gestión Ambiental y Servicios Públicos del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Morona, en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) del GAD Provincial de Morona Santiago.

3.3.1.2. Recolección de datos

De acuerdo a las investigaciones in situ, basadas en la observación, recopilación de información mineralógicas/operativas, datos topográficos, muestreo realizado en el área minera, se procede a revisar y describir estos apuntes obtenidos descritos en el acápite 2.1 y 2.2.



Figura 1-3: Registro de información en campo

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

3.3.1.3. Registro de la información

La información recopilada es analizada y procesada a través de programas informáticos, que permiten la elaboración de mapas, tablas y gráficos. Por medio del software ArcGIS 10.8 y QGIS Desktop 3.16.0 se procede a realizar mapas acerca de la localización, ruta de acceso y mapas geológicos de la zona de estudio. Toda esta documentación obtenida es referente principalmente a las propiedades físicas-mecánicas y parámetros operativos para la explotación a cielo abierto de materiales pétreos existentes en el área de interés.

3.3.2. Fase II: Caracterización del depósito y materiales pétreos

Para lograr cumplir con el primer objetivo establecido, se comprende los siguientes procedimientos:

3.3.2.1. Toma de muestras

Dentro del área de estudio se recolecta alrededor de 1 m³ de material pétreo en las riberas del río Upano, comprendido por arenas, gravas y cantos rodados para realizar los respectivos ensayos de abrasividad y granulometrías puestas a cabo en laboratorio.

3.3.2.2. Análisis de muestras

Se procede a realizar los análisis físicos en el laboratorio de las muestras obtenidas para determinar el tamaño de grano de los sedimentos y desgaste de las rocas.

Se realiza estudios en el laboratorio de las muestras de acuerdo con las características físico-mecánicas de los materiales pétreos con el fin de proponer un modelo óptimo de extracción y generar una propuesta de manejo de explotación viable dentro de la zona minera del río Upano.

3.3.2.3. Ensayo granulométrico

Para determinar el porcentaje de material que existe en el área minera comprendido por bloques, cantos rodados, gravas y arenas, se realizó un análisis granulométrico de 1 m³ de muestra, la cual fue recolectada en una zona específica con gran acumulación de pétreos. Para efectuar este ensayo granulométrico por tamizado ASTM D-422 se llevó a cabo los siguientes procedimientos:

- El material recolectado de 1 m³ fue clasificado mediante una criba con aperturas mayores a 5 cm, del 100% de la muestra inicial el 90% fue retenido.
- El material pasante fue recogido en un saco para luego ser ensayado en el laboratorio del GAD Morona Santiago.
- En el laboratorio se procedió a lavar, secar y homogenizar las muestras mediante un horno eléctrico.
- La muestra representativa se colocó en los tamices 4", 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N°10, N°40, N°200 y menor de N°200. La muestra se empieza colocando desde el tamiz con mayor abertura.
- Se realizó un análisis granulométrico mediante agitador de tamices, en la cual se esperó por 10 minutos en lo que el equipo efectuaba su trabajo.
- Al finalizar el tiempo de operación del agitador de tamices se procedió a pesar la porción de material retenido de cada tamiz en una balanza electrónica.

- Por último, los datos obtenidos son tabulados en un formato específico que maneja el laboratorio del Consejo Provincial.



Figura 2-3: Proceso del ensayo de granulometría

Realizado por: Farez, Jean, 2022.



Figura 3-3: Colocación de muestras para ser pesado

Realizado por: Farez, Jean, 2022.



Figura 4-3: Pesado del tamaño de grano de los tamices

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

3.3.2.4. Ensayo de abrasividad

Para conocer el grado de desgaste que poseen los materiales pétreos en el área minera producto del arrastre y sedimentación del cauce del río, se procedió a realizar un ensayo de abrasividad en el laboratorio del Gobierno Autónomo Descentralizado de Morona Santiago (GAD Morona Santiago) mediante la máquina de abrasión Los Ángeles, la cual determina la resistencia al desgaste que tienen las rocas. Este ensayo se realizó a través de la siguiente metodología:

- Se identificó muestras representativas del área de estudio y se recolectó el material en sacos con un peso aproximadamente de 30 kg.
- En el laboratorio las muestras recolectadas fueron lavadas, secadas y homogenizadas a través de un horno eléctrico para de este modo obtener material homogéneo para ser ensayado.
- El material obtenido es pasado por los tamices 1 ½", 1", ¾", ½" y ⅜". En el tamiz 1 ½" debe pasar el 100% de material, en los tamices restantes se debe de tener 1250 gr que suman en total 5000 gr, los cuales serán sometidos al ensayo de abrasión en la máquina Los Ángeles.
- En la máquina se debe colocar 12 bolas de acero y los 5000 gr de material, luego se deja que el molino realice su trabajo alrededor de 15 minutos con una velocidad operativa de 30 a 33 rpm.

- Culminado el proceso del molino, se extrae el producto generado y se realiza una comparativa entre el peso inicial y final, de este modo se obtiene el porcentaje de desgaste que presenta la muestra.



Figura 5-3: Preparación de muestras

Realizado por: Farez, Jean, 2022.



Figura 6-3: Colocación de muestras en la máquina de abrasión Los Ángeles

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

Mediante el siguiente formato establecido por el laboratorio del GAD Morona Santiago se determina el porcentaje de desgaste que presenta una muestra al ser sometida a un ensayo de abrasión en la maquina Los Ángeles.

		ENSAYO DE ABRASIÓN INEN 860 AASHTO T-96		
=====				
PROYECTO	TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR			
YACIMIENTO	MINA RIO UPANO	MATERIAL:	ALUVIAL DE RIO	
FECHA	4/05/22	MUESTRA:	1	
		PROFUND.:	3.0 m.	
=====				
1.- ENSAYO DE ABRASION LOS ANGELES				
=====				
	METODO	MASA INICIAL	MASA FINAL	%
		gr	gr	ABRASION

	A			

	ESPECIF. : <	40,00%	SI CUMPLE	
=====				

Figura 7-3: Modelo de formato para ensayo de abrasión

Fuente: GAD Provincial de Morona Santiago, 2020.

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

3.3.2.5. Estimación de reservas

Con los perfiles y cortes batimétricos realizados en la zona A (aguas arriba) y zona B (aguas abajo) se puede determinar las reservas de material que contiene cada banco de explotación dentro de la concesión minera, de este modo, se puede proponer un sistema de explotación idóneo en base a la reposición de material pétreo. Ya que al determinar el lapso que se demora el caudal del río Upano en reponer la cantidad total de material que existe en cada zona, se puede elaborar un diseño de explotación para un determinado tiempo de acuerdo a la capacidad de sedimentación de materiales en el lecho del río Upano.

Mediante el método de perfiles para la estimación de reservas, se procede a cuantificar las reservas de material de cada bloque por dos cortes realizados, para luego calcular la cantidad total de reserva de cada banco mediante la sumatoria de todos los bloques.

3.3.3. Fase III: Determinación de la capacidad de reposición del Río Upano

Dentro del área de estudio se realiza un levantamiento topográfico y batimétrico para poder determinar la profundidad máxima de explotación en el lecho del río Upano, estimar la capacidad de reposición y volumen de material pétreo existente en la zona.

3.3.3.1. Levantamiento topográfico

Con la ayuda de una estación total TRIMBLE S5 y GPS, se procede a realizar un replanteo topográfico de los puntos que delimitan la concesión minera en base al sistema de coordenadas UTM WGS84. La toma de estos puntos genera la topografía y ubicación de la zona de estudio mediante el software ArcGIS.

3.3.3.2. Levantamiento batimétrico

El levantamiento batimétrico se lleva a cabo en dos zonas específicas: la primera zona A (aguas arriba) en una longitud de 448.84 m y la segunda zona B (aguas abajo) a lo largo de un tramo de 299.08 m. La zona A se lo realiza aguas arriba del puente río Upano ya que abarca una extensa área con acumulación de pétreos y la zona B aguas abajo por encontrarse en una zona favorable para la explotación de dichos materiales.



Figura 8-3: Tramo comprendido en la zona A

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

Se ejecuta el levantamiento batimétrico y topográfico con una estación computarizada modelo TRIMBLE S5 y su respectivo nivel. En cada zona se comienza con la toma de datos a lo largo del tramo desde un punto de partida inicial hasta llegar al punto final.



Figura 9-3: Tramo comprendido en la zona B

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

3.3.3.3. Procesamiento de datos batimétricos

Al finalizar el levantamiento de información en diferentes puntos estratégicos de cada zona (aguas arriba y aguas abajo), se comienza a extraer la base de datos mediante el software Autodesk AutoCAD 2021.

Este levantamiento topográfico contribuye en la determinación de reposición de material pétreo en el lecho del río Upano. Para ello en base a las herramientas que ofrece el programa informático Civil 3D 2021 se elabora un modelo o diseño de los datos obtenidos en la prospección topográfica. De este modo se obtiene el volumen de material existente en dichas zonas.

3.3.3.4. Elaboración de perfiles longitudinales

Con el software AutoCAD 2021 y con los cortes batimétricos realizados, se procede a realizar los perfiles longitudinales de la zona A y zona B para determinar las variaciones del río Upano dentro

del área minera. De este modo se puede comprender de mejor manera el comportamiento del río interpretado en cada sección realizada en el levantamiento batimétrico.

3.3.3.5. Determinación de la capacidad de reposición de materiales

Por medio de los cortes batimétricos y levantamiento realizado en la zona A y zona B, se estimó el volumen de material existente en cada banco, por lo cual mediante la creación de pozos de explotación se determinó la capacidad de reposición de materiales en el lapso de un mes, para de este modo proponer un sistema de explotación idóneo en base al transporte de sedimentos en la Zona de Manejo Especial Río Upano. Se realizó un control diario y mensual durante los meses de abril, mayo y junio.

3.3.4. Fase IV: Diseño del sistema de explotación

3.3.4.1. Trabajo de campo

En esta etapa a través de la identificación de los procesos y levantamiento de información de campo, se realiza un diagnóstico de la situación actual en la concesión minera acerca de las actividades operacionales que lleva a cabo el GAD Municipal del cantón Morona para la explotación de materiales pétreos.



Figura 10-3: Trabajo de campo en el área minera del río Upano

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

3.3.4.2. Sistematización de datos

En la oficina de trabajo se analiza, procesa y redacta la documentación recopilada in situ mediante el empleo de herramientas, técnicas y programas informáticos que faciliten describir a detalle el sistema de explotación y las operaciones mineras que se contemplan en el proyecto.

Los procesos mineros en el área de libre aprovechamiento Zona de Manejo Especial Río Upano, bajo modalidad de administración directa por parte del GAD Morona, se puede visualizar en el Gráfico 2-3.

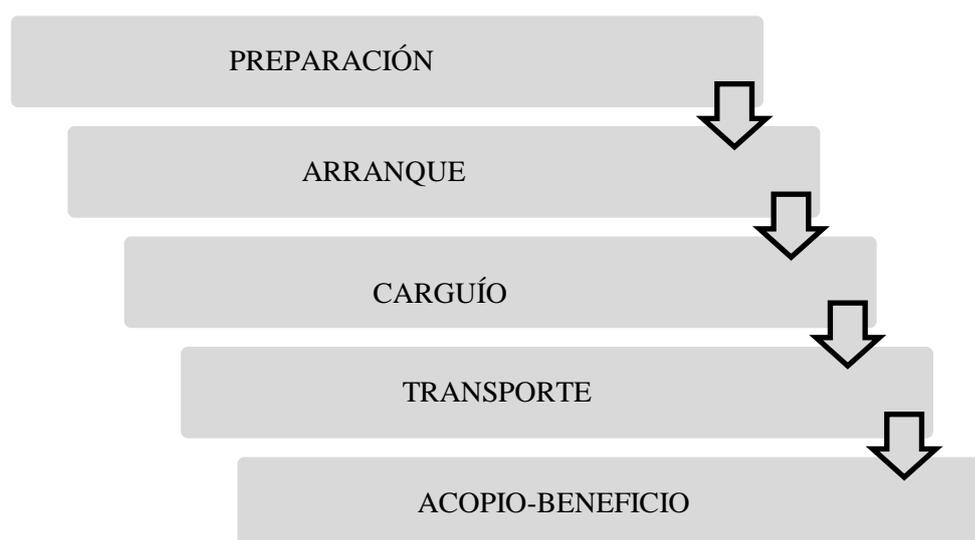


Gráfico 2-3: Procesos Mineros en la Zona de Manejo Especial Río Upano

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

3.3.4.3. Diseño de explotación

Para realizar un diseño óptimo de explotación que ayude a reducir costos y sea de mayor efectividad, se debe de considerar los costos de extracción, transporte, como también elementos que rigen la naturaleza del área minera, factores topográficos, estructura del material pétreo, factores hidrológicos y geológicos, orientación natural de la zona, entre otros parámetros importantes a tomar en cuenta que generen el aprovechamiento total de la mina.

3.3.4.4. Topografía

Para proponer un sistema de explotación idóneo acorde a las características físicas del terreno y capacidad de reposición de materiales en el lecho del río es importante conocer la superficie real del área. Por tal razón se realizó un estudio topográfico con el uso de una estación total y GPS

con la guía de un técnico del GAD Municipal Morona. Los datos recopilados del estudio topográfico fueron correlacionados con una Ortofoto del área de estudio obtenida de Bing Satellite a través del software de código libre QGIS Desktop 3.16.0 para de este modo extraer con mayor precisión las elevaciones y curvas de nivel de la zona en donde se encuentra la concesión minera.

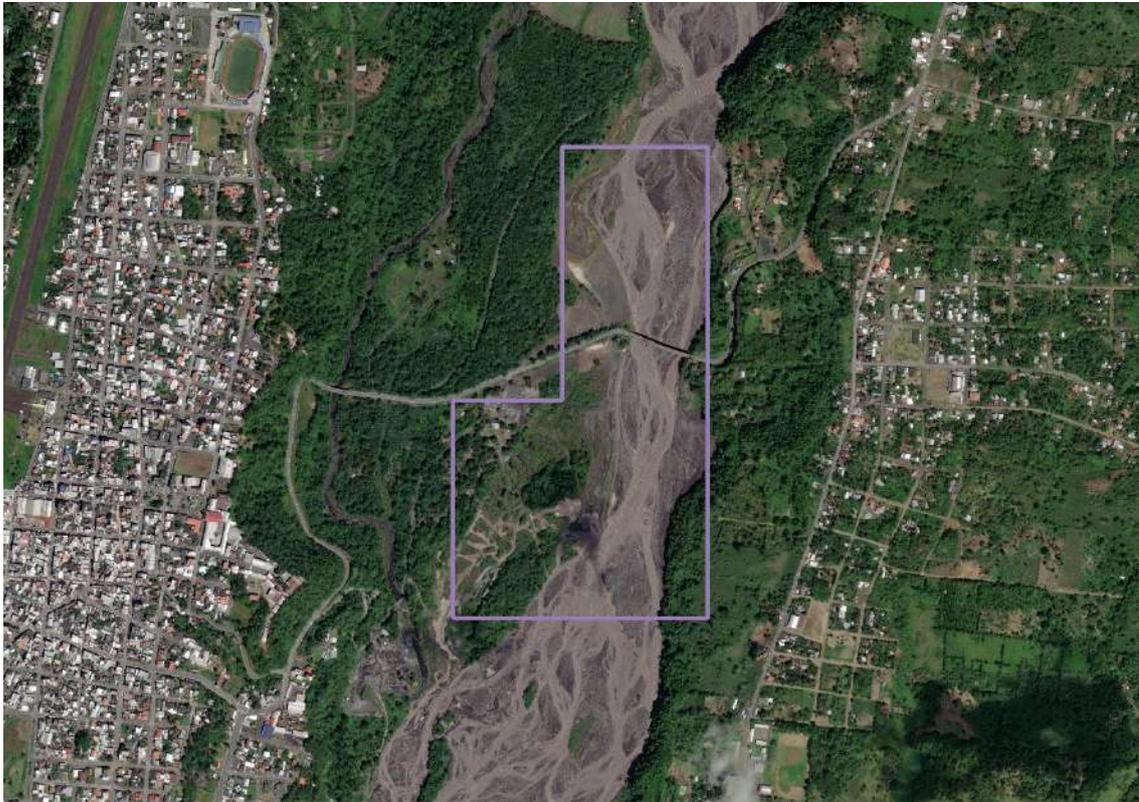


Figura 11-3: Ortofoto de la zona de estudio

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

De acuerdo a la información obtenida, mapa topográfico y estudio planimétrico realizado en la zona de interés se procede a realizar un diseño de explotación con dos bancos explotables: el primero sección aguas arriba del puente río Upano dentro de un área de 5.87 has y el segundo aguas abajo en una zona comprendida por 3 has.

Curvas de nivel

De acuerdo al levamiento topográfico realizado, por medio de imágenes satelitales de Google Earth, se generará las curvas de nivel con sus respectivas elevaciones, permitiendo de este modo tener una mejor apreciación del relieve en la zona de estudio y a su alrededor.



Figura 12-3: Curvas de nivel y elevaciones en la zona de estudio y alrededores

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

Generación del TIN

Con las curvas de nivel se puede crear un modelo de elevación digital TIN (Triangular Irregular Networks), el cual permite analizar y visualizar de mejor manera el relieve del área de estudio. Para generar este medio digital se ejecuta las curvas de nivel en el software ArcGIS, con la herramienta “Create TIN” se obtiene la representación morfológica de dicha zona.

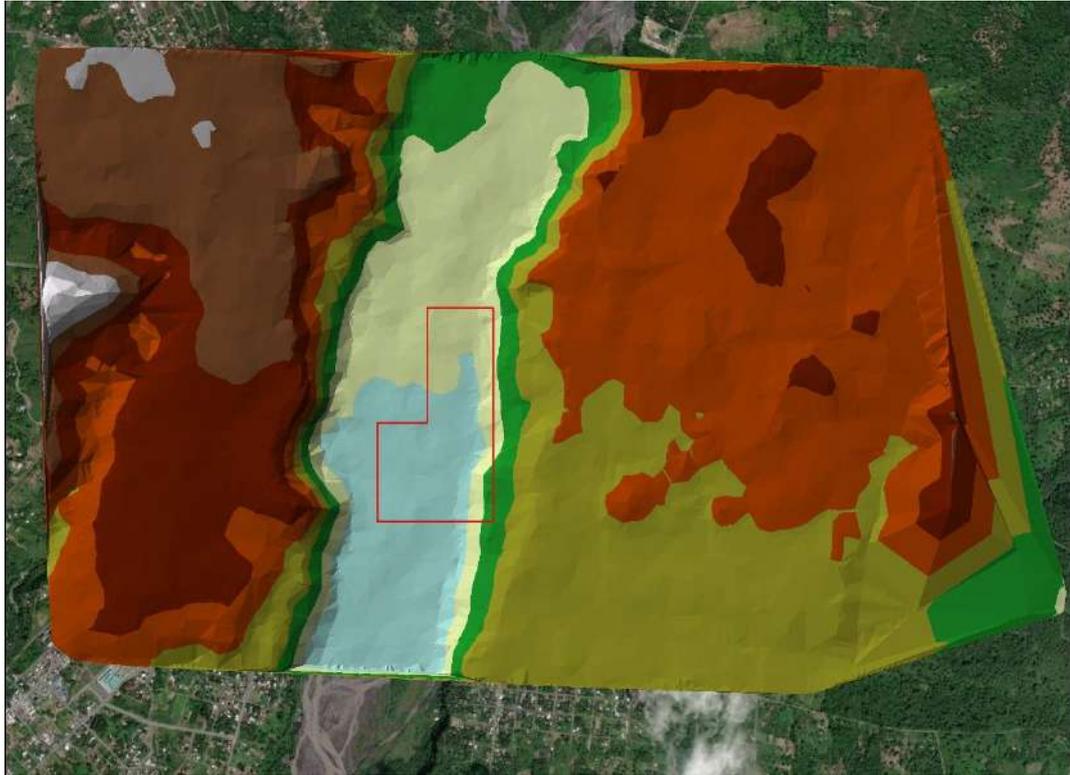


Figura 13-3: Modelo de elevación digital correspondiente a la zona de interés

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

3.3.4.5. *Análisis de datos*

Con los datos obtenidos sobre el estudio batimétrico y capacidad de reposición de materiales pétreos en el área minera, se procede a ejecutar un diseño de explotación en base al transporte de sedimentos dentro del libre aprovechamiento “Zona de Manejo Especial Río Upano”.

Una vez elaborado el diseño de explotación, se llevó a cabo el mismo como plan piloto durante el segundo trimestre del año 2022, de este modo mediante la recopilación de información acerca de las actividades operativas para la producción del material pétreo y tiempos del ciclo operativo de las maquinarias para el arranque y transporte del material, se puede determinar el diseño idóneo de explotación de forma semestral, plan que será ejecutado durante dos años administrativos.

3.3.4.6. *Análisis de costos de producción*

Mediante un análisis económico se puede determinar los costos de producción de forma semestral para la extracción de material pétreo requerido por parte del GAD Morona para la construcción de obras públicas dentro del cantón Morona, para este caso se pretende minimizar los costos y gastos maximizando los beneficios de forma eficiente para la productividad de la mina.

3.2. Materiales

Los materiales a utilizarse para el trabajo de gabinete y de campo son:

- Computador o Laptop
- Estación Total
- Gps
- Cámara Fotográfica
- Registros, informes y documentación bibliográfica
- Instrumentos de escritorio
- Libreta de campo
- Vehículo
- Equipos de Protección Personal
- Servicios de Microsoft Office 365
- Software AutoCAD y Civil 3D
- Software ArcGIS
- Software QGIS

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Caracterización y tipo de depósito

4.1.1. Caracterización de los materiales del depósito

La Zona de Manejo Especial Río Upano se encuentra en un depósito aluvial, conformado por bloques, cantos rodados, gravas y arenas. La acumulación de estos sedimentos y detritos son producto del arrastre de material desde el volcán Sangay hasta sedimentarse en el lecho del río Upano formando bancos o terrazas. La topografía del área de estudio es bastante irregular puesto que constantemente existen crecidas del cauce del río y las erupciones del volcán Sangay afectan las características físicas del terreno.

Los materiales pétreos existentes en el área minera son ampliamente utilizados para obras civiles, ya que presentan excelentes resistencias mecánicas y sus propiedades físicas son idóneas para el campo de la construcción. Los pétreos que contiene el área minera son:

Bloques: Este material es proveniente de la roca, el cual casi no ha sufrido ningún tipo de transformación. Se lo puede encontrar en grandes cantidades dentro del área de estudio.

Cantos rodados: Son producto de la erosión y transporte de rocas ígneas, considerados como fragmentos de roca más o menos redondeados y superficie lisa. De igual forma este material es abundante en el área minera.

Gravas: Sedimentos formados por clastos procedentes de la fragmentación y disgregación de las rocas. Estas rocas granulares se encuentran en moderadas cantidades en el lecho del río Upano.

Arenas: Son áridos finos con pequeña granulometría, producto del desgaste de las rocas y transporte del mismo. Estas partículas de rocas se encuentran en pocas cantidades dentro de la concesión minera.

El material a ser aprovechado son los áridos y pétreos o los denominados materiales de construcción; mismos que son el resultado de la disgregación de las rocas y se caracteriza por su resistencia mecánica, tamaño y estabilidad química.



Figura 1-4: Principales características del Río Upano

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

Los materiales predominantes en la zona de estudio son los cantos rodados con dimensiones desde los 6.4 cm hasta los 25.6 cm, y bloques los cuales poseen tamaños mayores a 25.6 cm. En el lecho del río Upano se puede apreciar bloques que llegan hasta los 90 cm. También se encuentran moderadamente gravas de tamaño grueso, medio y fino. A su vez, en el área minera existe la presencia de arenas, aunque este material se lo halla en porcentajes pequeños. En la tabla 1-4, se muestra el tamaño de grano de los materiales existentes en la zona minera.

Tabla 1-4: Tamaño de grano de los materiales existentes en la zona

Material	Clasificación	Tamaño
Bloques		>256 mm
Cantos rodados		256 a 64 mm
Gravas	Grueso	20 a 64 mm
	Medio	20 a 6.3 mm
	Fino	6.3 a 2 mm
Arena	Grueso	2 a 0.63 mm
	Medio	0.63 a 0.2 mm
	Fino	0.2 a 0.063 mm

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

4.1.2. Resultado del ensayo granulométrico por tamizado

Del 10% de material pasante de la criba, se obtuvo 4 kg de muestra la cual al ser sometida a procesos de lavado, secado y homogenización tuvo un peso de 3.78 kg, esta cantidad de muestra fue ensayada.

De acuerdo al análisis granulométrico por tamizado llevado a cabo en el laboratorio del GAD Morona Santiago, en la tabla 2-4, se muestra los resultados obtenidos del ensayo según la norma ASTM D422, la cual determina los porcentajes de material que pasan por los diferentes tamices hasta la malla N°200 (74 mm). Los cantos rodados y bloques no fueron analizados en este ensayo ya que fueron retenidos por la criba debido a que presentan tamaños mayores a los 6.4 cm. Se pudo determinar que del 10% de material pasante de la criba, el 74% corresponde a gravas, mientras que el 20% es arena y alrededor del 6% son materiales finos menores a la malla N°200.

Tabla 2-4: Resultado del ensayo granulométrico

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)						
TAMIZ	ABERTURA	PESO RET.	PESO RET.	%	%	%
	(mm)	PARCIAL	ACUMULADO	RETENIDO	QUE PASA	ESPECIFICADO
4"	101.6	-	0.0	0.00	100.00	
3"	76.2		0.0	0.00	100.00	
2"	50.8		0.0	0.00	100.00	
1½"	38.1		79.0	1.97	98.03	
1"	25.4		545.0	13.60	86.40	
¾"	19.1		1,020.0	25.46	74.54	
½"	12.7		1,800.0	44.93	55.07	
⅜"	9.52		2,234.0	55.77	44.23	
N°4	4.76		2,945.0	73.51	26.49	
< N°4						
N°10	2		3,386.0	84.52	15.48	
N°40	0.425		3,664.0	91.46	8.54	
N°200	0.07		3,782.0	94.41	5.59	
< N°200			4,006.0	5.59		
TOTAL			4,006.0			
PESO ANTES DEL LAVADO=			4,006.0	gr	ÁRIDO	%
PESO DESPUES DEL LAVADO=			3,782.0	gr	GRAVA	74 %
					ARENA	20 %
					FINOS	6 %

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

En el gráfico 1-4, se representa gráficamente mediante una curva granulométrica los resultados obtenidos del ensayo granulométrico por tamizado, en donde se muestra el porcentaje de material que pasa en comparación a la abertura de cada tamiz (mm).

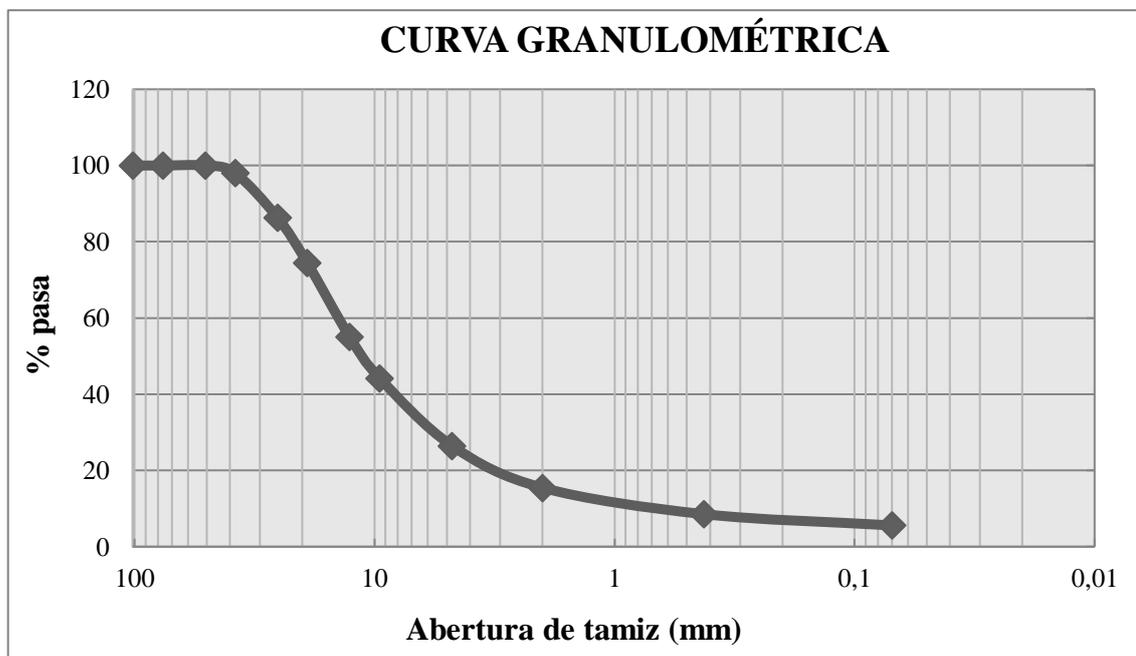


Gráfico 1-4: Curva granulométrica

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

4.1.3. Resultado del ensayo de abrasión

Según a la norma INEN 860 (AASHTO T-96), los materiales o agregados no deben de presentar un porcentaje de desgaste de la roca mayor al 50%. De acuerdo a las especificaciones del ensayo de abrasión al tener un porcentaje menor al 40%, el material cumple con las características idóneas para ser usado en obras civiles y de construcción.

		ENSAYO DE ABRASIÓN INEN 860 AASHTO T-96			
=====					
PROYECTO	TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR				
YACIMIENTO	MINA RIO UPANO	MATERIAL:	ALUVIAL DE RIO		
FECHA	4/05/22	MUESTRA:	1		
		PROFUND.:	3.0	m.	
=====					
1.- ENSAYO DE ABRASION LOS ANGELES					
=====					
	METODO	MASA INICIAL	MASA FINAL	%	
		gr	gr	ABRASION	
	A	5.000,00	3.855,00	29,70%	
=====					
	ESPECIF. :	<	40,00%	SI CUMPLE	
=====					

Figura 2-4: Resultado del ensayo de abrasión

Fuente: GAD Provincial de Morona Santiago, 2020.

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

En la figura 2-4, se muestra el resultado del ensayo de abrasión mediante la máquina Los Ángeles realizado en el laboratorio del GAD Provincial Morona Santiago, en donde se obtuvo un porcentaje de 29.07%, lo cual conforme a la norma INEN 860 al poseer un porcentaje de desgaste menor al 40%, el material de la zona de estudio cumple con las especificaciones técnicas para ser utilizado en obras civiles y en el campo de la construcción.

4.1.4. Estimación de recursos

4.1.4.1. Reservas explotables en la zona A

Para calcular la cantidad de reservas explotables en el banco de extracción aguas arriba comprendido por 58,657.19 m² (5.87 has) con una potencia de la capa de material promedio de 3.10 m según el levantamiento batimétrico, se consideró una distancia de 25 m entre cada perfil. De acuerdo a la ecuación del método de perfiles para calcular las reservas totales se obtuvo 75,886.97 m³ de materiales pétreos en esta zona.

En la tabla 3-4, se detalla el volumen de cada bloque por dos secciones para luego obtener el volumen total de reservas.

Tabla 3-4: Volumen por secciones de las reservas explotables zona A

Sección	Área (m ²)	Distancia (m)	Volumen del bloque (m ³)	Volumen total (m ³)
0	6.95	0.00	0.00	0.00
1	205.86	25.00	2,660.13	2,660.13
2	188.04	25.00	4,923.75	7,583.88
3	183.50	25.00	4,644.25	12,228.13
4	189.37	25.00	4,660.88	16,889.01
5	168.33	25.00	4,471.25	21,360.26
6	157.08	25.00	4,067.63	25,427.89
7	135.24	25.00	3,654.00	29,081.89
8	119.20	25.00	3,180.50	32,262.39
9	129.72	25.00	3,111.50	35,373.89
10	154.87	25.00	3,557.38	38,931.27
11	186.11	25.00	4,262.25	43,193.52
12	186.18	25.00	4,653.63	47,847.15
13	194.33	25.00	4,756.38	52,603.53
14	203.85	25.00	4,977.25	57,580.78
15	187.47	25.00	4,891.15	62,472.28
16	186.70	25.00	4,677.13	67,149.21
17	197.92	25.00	4,807.75	71,956.96
18	198.25	19.84	3,930.01	75,886.97

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

4.1.4.2. Reservas explotables en la zona B

El banco de explotación aguas abajo abarca un área de 30,035.86 m² (3 has) con una potencia promedio de la capa de material de 3 m, se consideró una distancia de 25 m entre cada perfil. Las reservas explotables en esta zona son de 38,915.53 m³ de material.

En la tabla 4-4, se muestra el volumen de bloque por dos secciones y el volumen total de material existente en la zona B.

Tabla 4-4: Volumen por secciones de las reservas explotables zona B

Sección	Área (m ²)	Distancia (m)	Volumen del bloque (m ³)	Volumen total (m ³)
0	0.00	0.00	0.00	0.00
1	189.93	25.00	2,374.13	2,374.13
2	178.65	25.00	4,607.25	6,981.38
3	165.11	25.00	4,297.00	11,278.38
4	155.17	25.00	4,003.50	15,281.88
5	148.10	25.00	3,790.88	19,072.76
6	148.54	25.00	3,708.00	22,780.76
7	162.35	25.00	3,886.13	26,666.89
8	169.38	25.00	4,146.63	30,813.52
9	166.43	25.00	4,197.63	35,011.15
10	71.42	25.00	2,973.13	37,984.28
11	3.08	25.00	931.25	38,915.53

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

En la tabla 5-4, se muestra el volumen total de material a extraer en un área de 88,693.05 m² comprendida por dos frentes de explotación, dando un total de 114,802.50 m³ de reservas mineras explotables dentro de la concesión minera.

Tabla 5-4: Total de reservas mineras explotables

Frente de explotación	Área (m ²)	Profundidad mínima (m)	Profundidad máxima (m)	Volumen (m ³)
Aguas arriba del puente	58,657.19	1.58	3.89	75,886.97
Aguas abajo del puente	30,035.86	2.44	3.71	38,915.53
Total (m³)	88,693.05	-	-	114,802.50

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

4.2. Reposición de materiales pétreos en el lecho del río Upano.

4.2.1. Acción erosiva del río Upano

Los depósitos de material pétreo existentes en la zona de estudio son el resultado de la erosión, transporte, abrasión y depositación de sedimentos y detritos provenientes del volcán Sangay producto del arrastre del caudal del río Upano.

La acción erosiva del río Upano se debe a la intensidad de corriente de agua a lo largo del perfil longitudinal del río, ya que la velocidad del agua a lo largo del cauce no es constante. Por tal motivo la erosión fluvial del río Upano se divide en distintas fases a lo largo de cada tramo del mismo.

Los materiales pétreos acumulados en el área minera “Zona de Manejo Especial Río Upano” son el resultado de los procesos erosivos que se da en el curso alto de esta subcuenca hidrográfica, en donde la corriente de agua presenta gran velocidad y por ende se produce mayor desgaste en las rocas; seguido del transporte y arrastre de materiales en los niveles intermedios del cauce del río; posteriormente la erosión por acción mecánica al registrar menor velocidad de corriente, comienza la acumulación de material erosionado en el curso bajo del río Upano debido a la velocidad menor del agua.

Las características propias de la zona de estudio presentan materiales depositados en bancos o terrazas, ya que la concesión minera se encuentra en las partes bajas del río Upano, por tal motivo el cauce del río es poco profundo que, al momento de crecidas causadas por las altas precipitaciones, este cauce no posibilita el flujo normal por tener grandes acumulaciones de material sedimentado, generando de este modo inundación y desbordamiento de las zonas aledañas e infraestructura civil.

4.2.2. Análisis batimétrico

De acuerdo a los objetivos planteados, una vez realizado el estudio topográfico y levantamiento batimétrico en el área minera, se analizaron los resultados por medio de la interpretación de perfiles longitudinales de cada zona.

4.2.2.1. Análisis del corte batimétrico zona A

En la figura 3-4, se puede observar los cortes batimétricos realizados en la zona A (aguas arriba) a lo largo de un tramo de 444.84 metros, comprendido por 89 abscisas cada 5 metros. De acuerdo a la línea base de este perfil se puede visualizar que la profundidad máxima y mínima en relación a su espejo de agua es 3.89 m y 1.58 m respectivamente, con considerables variaciones a lo largo de su razante.

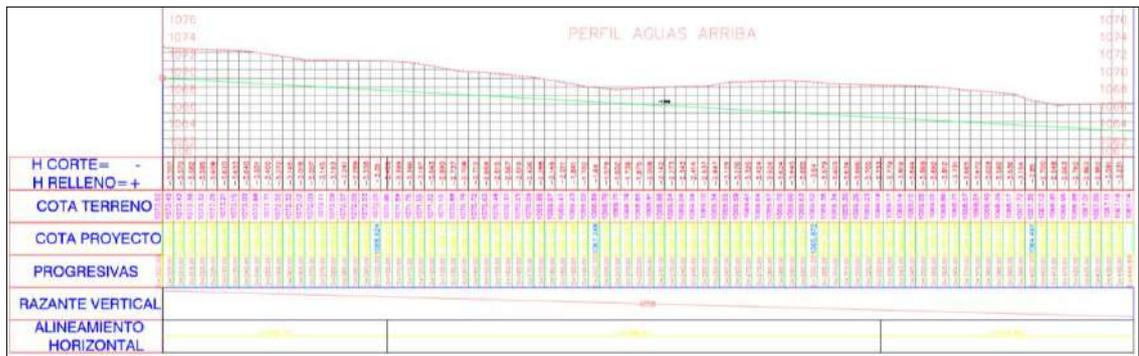


Figura 3-4: Perfil aguas arriba

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

4.2.2.2. Análisis del corte batimétrico zona B

En la Figura 4-4, se puede visualizar el perfil longitudinal obtenido en la zona B (aguas abajo) interpretado en 60 abscisas cada 5 m, en donde la profundidad máxima con respecto al espejo de agua es de 3.71 m y la profundidad mínima alcanza los 2.44 m. La zona B presenta características semejantes a la zona A, debido a que las condiciones en las que se encuentra depositado el material son las mismas.



Figura 4-4: Perfil aguas abajo

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

4.2.2.3. Resultados de batimetría

En la tabla 6-4 se puede observar los resultados obtenidos del levantamiento realizado en la zona A (aguas arriba), en donde el volumen de material pétreo a extraer en esta zona es de aproximadamente 76,101.86 m³. De acuerdo a las características físicas del terreno la profundidad máxima de explotación oscila entre los 3 a 3.9 m.

Tabla 6-4: Volúmenes de material zona A

Volumen de material zona A (aguas arriba)				
Abscisa	Área de corte (m ²)	Volumen de corte (m ³)	Volumen de corte acumulado (m ³)	Volumen Neto
0+000.00	6.95	0.00	0.00	0.00
0+025.00	205.86	2,660.19	2,660.19	2,660.19
0+050.00	188.04	4,923.86	7,584.05	7,584.05
0+075.00	183.50	4,644.30	12,228.34	12,222.68
0+100.00	189.37	4,660.82	16,889.16	16,877.83
0+125.00	168.33	4,596.22	21,485.38	21,474.05
0+150.00	157.08	4,067.58	25,552.96	25,541.63
0+175.00	135.24	3,653.90	29,206.86	29,195.53
0+200.00	119.20	3,180.42	32,387.28	32,375.95
0+225.00	129.72	3,111.53	35,498.81	35,487.48
0+250.00	154.87	3,557.46	39,056.27	39,044.94
0+275.00	186.11	4,262.22	43,318.49	43,307.16
0+300.00	186.18	4,653.57	47,972.06	47,960.72
0+325.00	194.33	4,756.40	52,728.46	52,717.11
0+350.00	203.85	5,054.12	57,782.58	57,771.21
0+375.00	187.47	4,891.48	62,674.06	62,662.69
0+400.00	186.70	4,689.73	67,363.79	67,352.42
0+425.00	197.92	4,820.28	72,184.07	72,172.70
0+444.84	198.25	3,929.16	76,113.23	76,101.86

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

Los resultados de los cortes batimétricos realizados en la zona B (aguas abajo) se puede visualizar en la tabla 7-4, el volumen total de material existente en esta zona es de 38,867.41 m³. En este terreno se puede explotar hasta una profundidad máxima de 3.8 m.

Tabla 7-4: Volúmenes de material zona B

Volumen de material zona B (aguas abajo)				
Abscisa	Área de corte (m²)	Volumen de corte (m³)	Volumen de corte acumulado (m³)	Volumen Neto
0+000.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+025.00	189.93	2,374.16	2,374.16	2,374.16
0+050.00	178.65	4,607.33	6,981.50	6,981.50
0+075.00	165.11	4,297.08	11,278.58	11,278.58
0+100.00	155.17	4,003.50	15,282.08	15,282.08
0+125.00	148.10	3,790.85	19,072.92	19,072.92
0+150.00	148.54	3,708.05	22,780.98	22,780.98
0+175.00	162.35	3,837.85	26,618.83	26,618.83
0+200.00	169.38	4,146.50	30,765.33	30,765.33
0+225.00	166.43	4,197.58	34,962.91	34,962.91
0+250.00	71.42	2,973.19	37,936.11	37,936.11
0+275.00	3.08	931.30	38,867.41	38,867.41

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

En la figura 3-4 y 4-4, se presentan los perfiles verticales de cada banco con sus respectivos cortes en cada sección, en la tabla 6-4 y 7-4 se muestra el volumen de excavación correspondiente a cada banco dando un total de 114,969.27 m³.

En la figura 5-4 y figura 6-4, se puede observar a través de un diseño el levantamiento topográfico y batimétrico que se realizó en el área minera “Zona de Manejo Especial Río Upano” para de este modo determinar la capacidad de reposición de materiales que presenta el lecho del río y en base al volumen de material existente en la zona proponer un sistema idóneo de explotación.



Figura 5-4: Planimetría realizada en el área minera

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

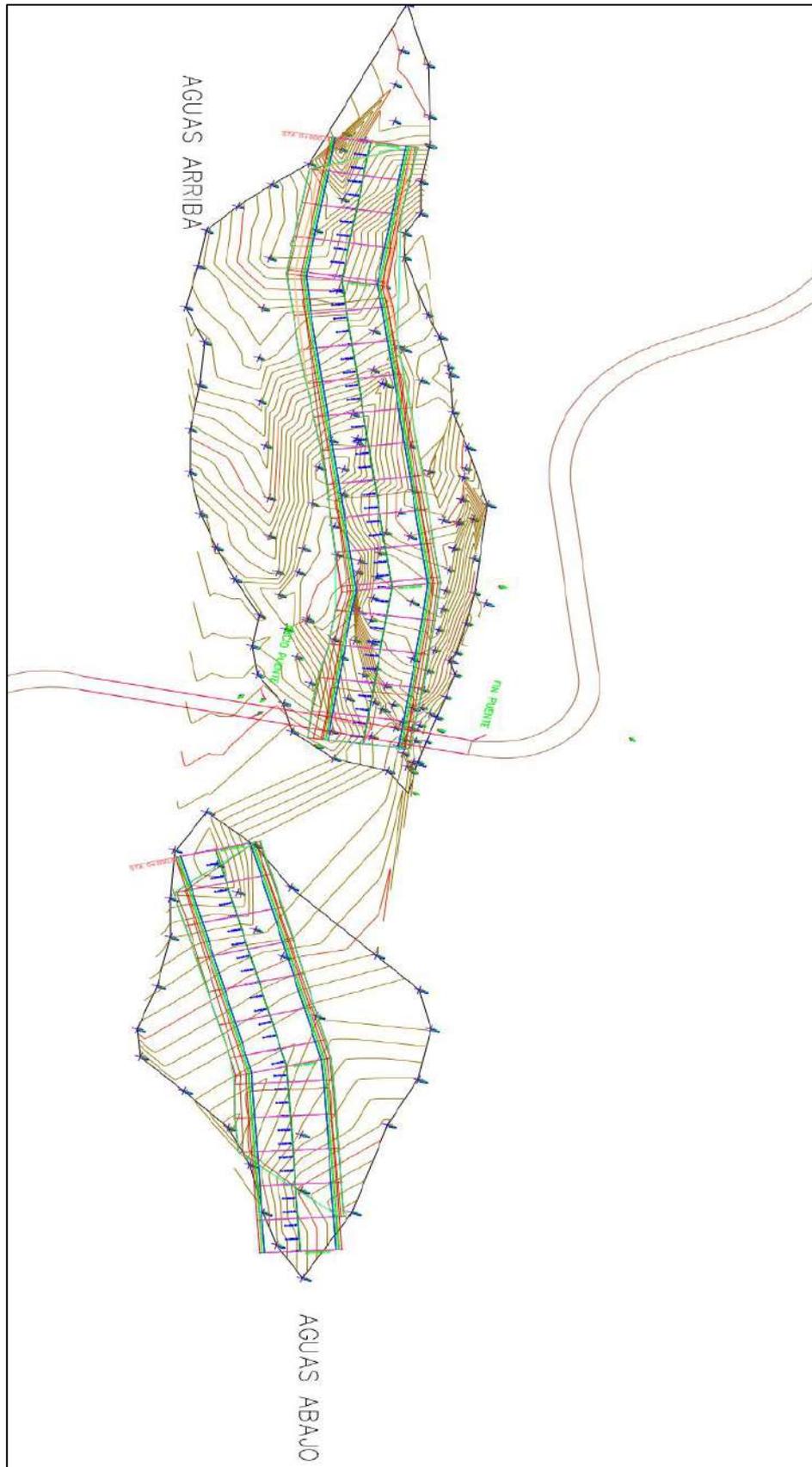


Figura 6-4: Levantamiento topográfico y batimétrico realizado en el área minera

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

4.2.3. Interpretación de secciones

De acuerdo a los perfiles batimétricos elaborados se puede determinar la capacidad de reposición de material pétreo en cada zona, dado que en cada sección se realizó un área de corte y volumen de corte para de este modo estimar la cantidad de material existente en cada zona.

Para la zona A se consideró la interpretación de perfiles en 6 abscisas, mientras que en la zona B se examinó la interpretación en 4 abscisas. Mediante una representación gráfica se puede observar el área y volumen de corte de cada sección.

4.2.3.1. Interpretación de perfiles transversales en la zona A (aguas arriba)

En esta zona se realizó 19 perfiles transversales, por lo cual para su mejor entendimiento se interpretó su volumen total de material en las siguientes secciones:



Figura 7-4: Perfil transversal de la abscisa 0+025.00

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

En la figura 7-4, se muestra el perfil transversal realizado en la abscisa 0+025.00, en esta sección el área de corte es de 205.86 m² con un volumen de corte de 2,660.19 m³, en donde el volumen total es de 2,660.19 m³.

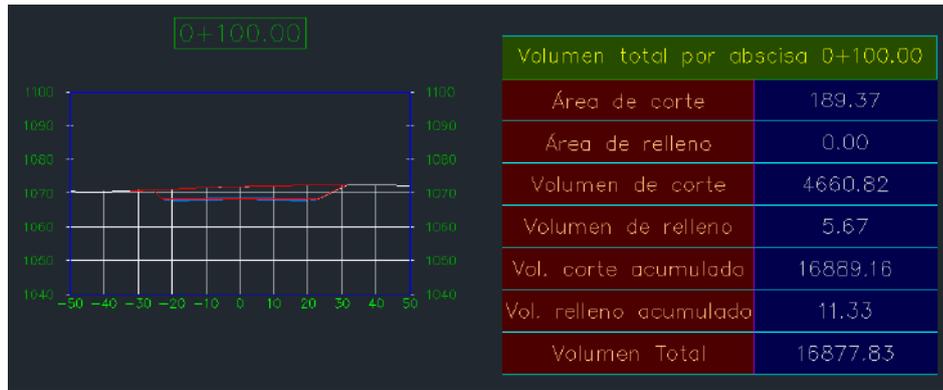


Figura 8-4: Perfil transversal de la abscisa 0+100.00

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

En la figura 8-4, se puede observar el perfil transversal de la abscisa 0+100.00 de la zona aguas arriba, el área de corte que se realizó fue de 189.37 m² obteniendo de este modo un volumen de corte de 4,460.82 m³, hasta esta sección se tiene un volumen neto de 16,877.83 m³.

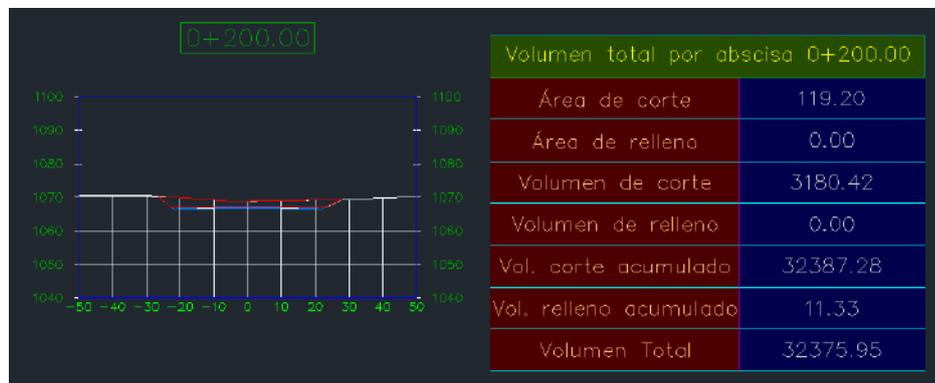


Figura 9-4: Perfil transversal de la abscisa 0+200.00

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

En la figura 9-4, se muestra la interpretación transversal del perfil elaborado en la abscisa 0+200.00, el área de trabajo es de 119.20 m² con un volumen de corte de 3,180.42 m³, el volumen total de material hasta el momento es de 32,375.95 m³.

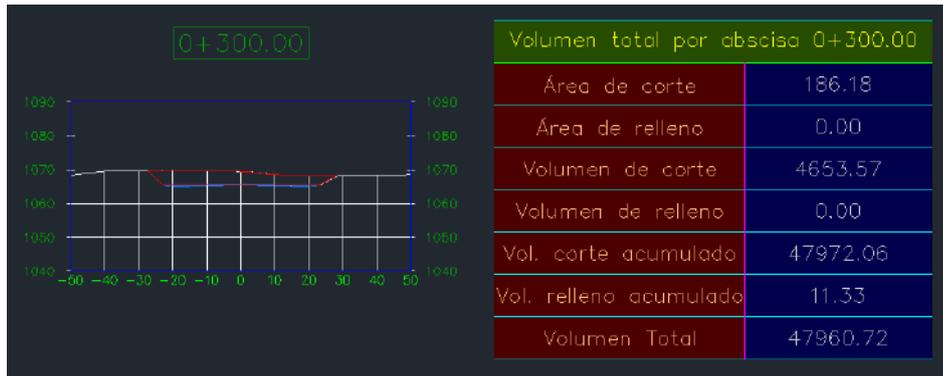


Figura 10-4: Perfil transversal de la abscisa 0+300.00

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

De acuerdo a la figura 10-4, el área y volumen de corte en la abscisa 0+300.00 es de 186.18 m² y 4,653.57 m³ respectivamente, hasta esta sección la cantidad de material pétreo existente en la zona A es de 47,960.72 m³.

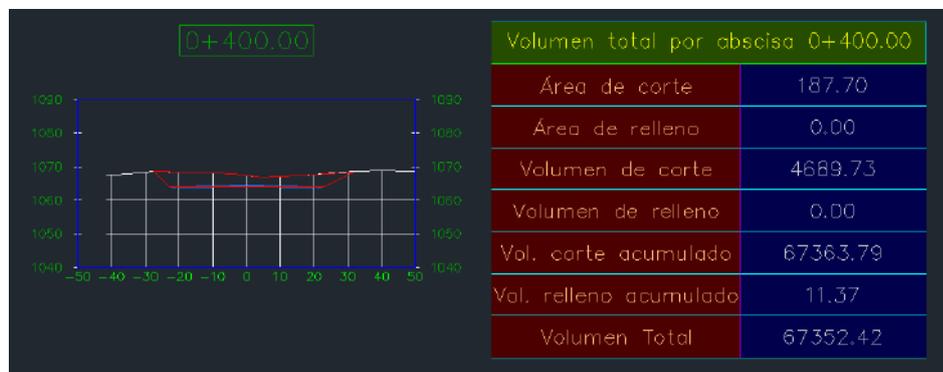


Figura 11-4: Perfil transversal de la abscisa 0+400.00

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

El perfil transversal de la abscisa 0+400.00 representada en la figura 11-4, muestra que el área de corte que se llevó a cabo fue de 187.70 m² y el volumen de corte de 4,689.73 m³, el volumen neto acumulado en esta sección es de 67,353.42 m³. Desde la abscisa 0+300.00 hasta el punto 0+400.00 se tiene la mayor cantidad de material de la zona con un total de 19,391.70 m³.

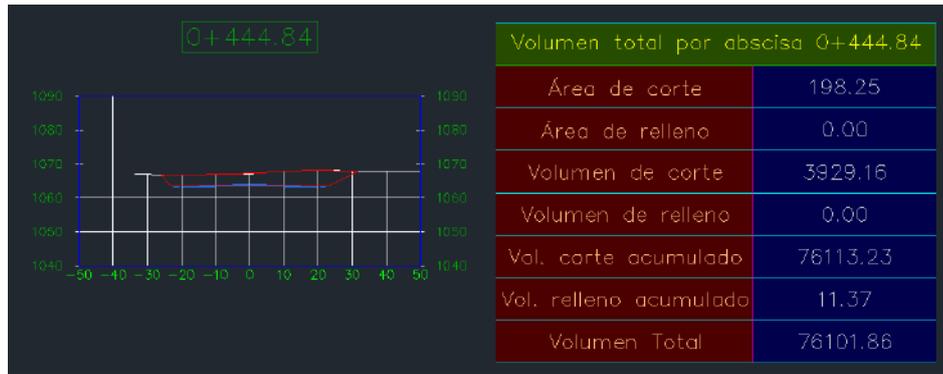


Figura 12-4: Perfil transversal de la abscisa 0+444.84

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

En la figura 12-4, se muestra el perfil transversal del último punto realizado en la abscisa 0+444.84, en esta sección el área de corte es de 198.25 m² y el volumen de corte es 3,929.16 m³, obteniendo como resultado 76,101.86 m³ de material existente en la zona aguas arriba.

Para la interpretación de los cortes batimétricos de la zona A (aguas arriba) se consideró la cota inicial, 4 cotas intermedias y la cota final, debido a que son los puntos más representativos y por ello se los toma como referencia.

En la figura 13-4, se puede observar los 19 perfiles transversales realizados en la zona A (aguas arriba), el punto que tiene mayor volumen de corte es la abscisa 0+350.00. En un tramo comprendido por 444.84 m se tiene una cantidad de 76,101.86 m³ de material pétreo.

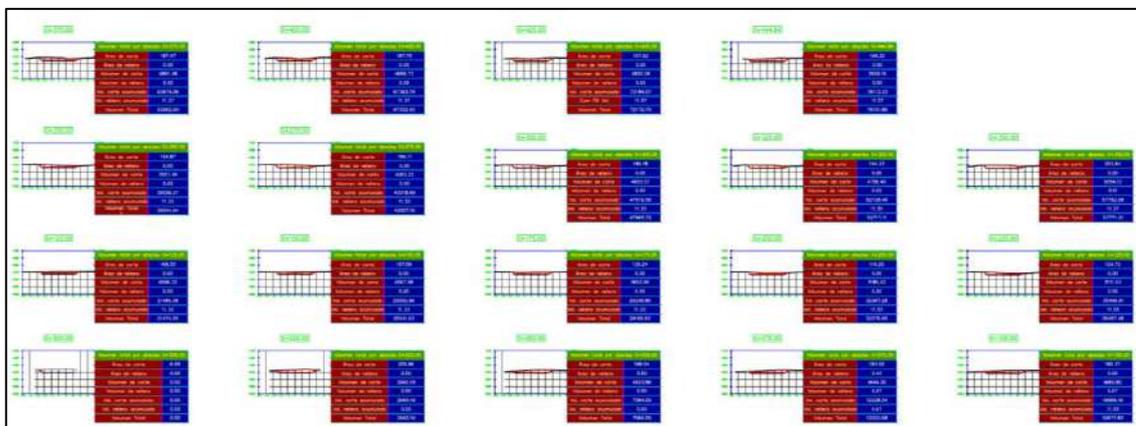


Figura 13-4: Secciones aguas arriba

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

4.2.3.2. Interpretación de perfiles transversales en la zona B (aguas abajo)

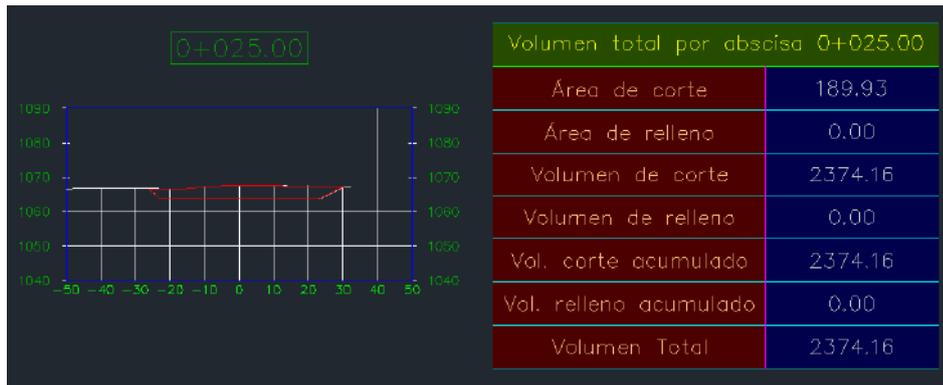


Figura 14-4: Perfil transversal de la abscisa 0+025.00

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

En la figura 14-4, se muestra el perfil transversal de la abscisa 0+025.00, en donde se empieza el corte batimétrico con un área de trabajo de 189.93 m² y un volumen de corte de 2,374.16 m³, obteniendo un volumen neto de 2,374.16 m³.

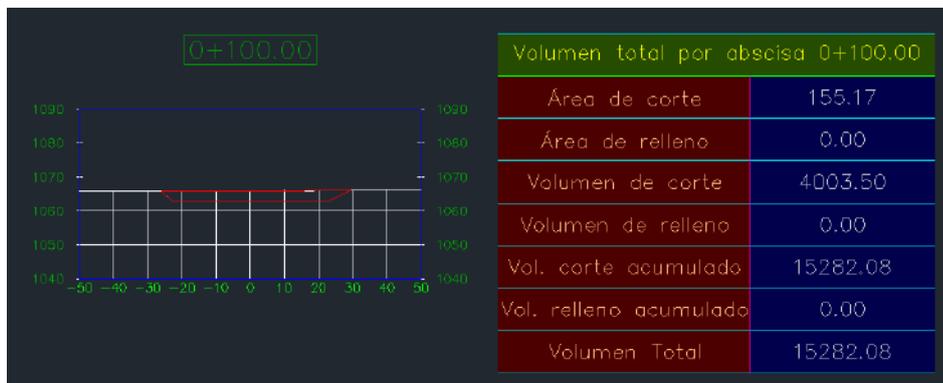


Figura 15-4: Perfil transversal de la abscisa 0+100.00

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

El perfil transversal de la abscisa 0+100.00 se lo representa en la figura 15-4, en esta sección el área de corte es de 155.17 m² y el volumen de corte es 4,003.50 m³, con un volumen total de 15,282.08 m³ de material.

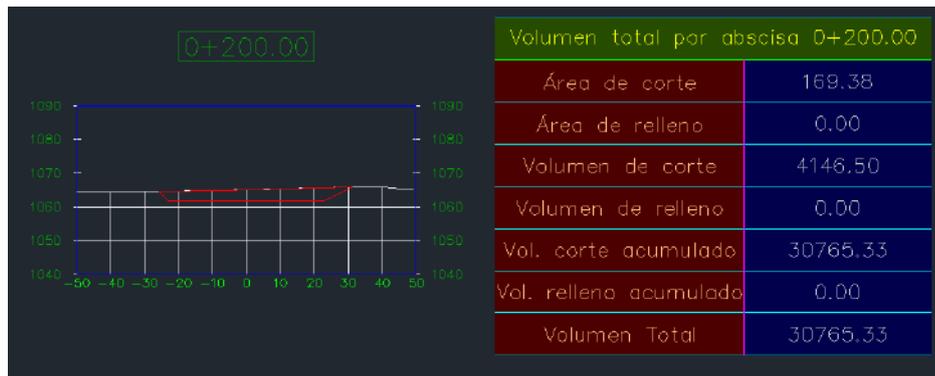


Figura 16-4: Perfil transversal de la abscisa 0+200.00

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

En la figura 16-4, se muestra el perfil transversal realizado en la abscisa 0+200.00, el área de corte es de 169.38 m² y el volumen de corte es 4,146.50 m³, obteniendo un volumen neto hasta esta sección de 30,765.33 m³. Desde la abscisa 0+100.00 al punto 0+200.00 se puede encontrar la mayor acumulación de material con un total de 15,483.25 m³.

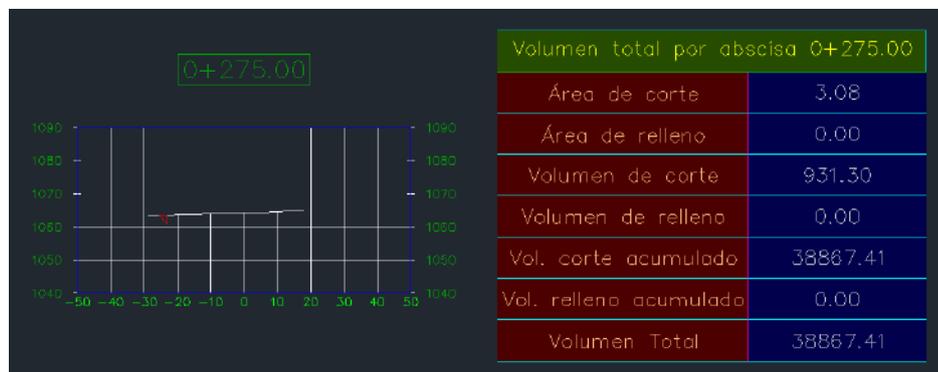


Figura 17-4: Perfil transversal de la abscisa 0+275.00

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

En la figura 17-4, se puede observar el último perfil elaborado en la abscisa 0+275.00, el área de trabajo es de 3.08 m² y el volumen de corte es 931.30 m³, obteniendo un volumen total de 38,867.41 m³ de material en la zona B (aguas abajo).

En la zona B se tomó como referencia la cota inicial, dos intermedias y la cota final, dado que estos puntos son estratégicos en la interpretación de los cortes realizados en cada abscisa. En la figura 18-4, se muestra los 11 perfiles transversales realizados en la zona aguas abajo, por lo cual en un tramo de 298.08 m se estima la cantidad de 38,867.41 m³ de material pétreo. La sección que tiene mayor volumen de corte es la abscisa 0+ 050.00 con 4,607.33 m³ de material.

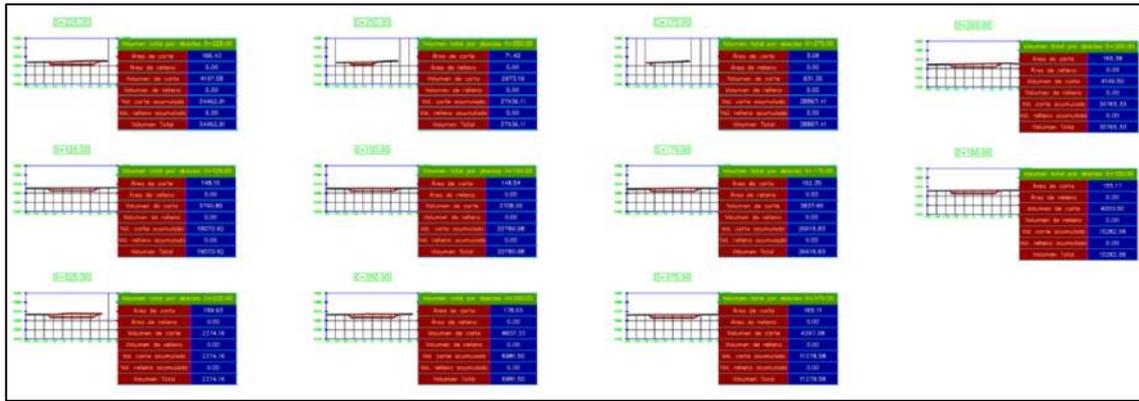


Figura 18-4: Secciones aguas abajo

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

4.2.4. Determinación de la capacidad de reposición

El volumen total de material pétreo existente en los dos bancos de explotación es de 114,969.27 m³, en cada zona se determinó cuanto material se repone durante un mes, para de este modo estimar la cantidad de material que el río repone en un día en cada zona.

4.2.4.1. Capacidad de reposición zona A

En esta zona se realizó un pozo de excavación de 3 m de profundidad, 30 m de ancho por 145 m de largo, extrayendo de este modo aproximadamente 13,050 m³ de material con la ayuda de maquinaria del GAD Morona. Por lo cual en el mes de abril debido a las altas crecidas del río Upano causadas por las intensas lluvias, en un tiempo de 30 días se repuso alrededor de 12,683.65 m³, en mayo del mismo modo por las fuertes lluvias que se da en la zona de estudio, en un lapso de 31 días el cauce del río repuso aproximadamente 13,094 m³ de material y durante el mes de junio por el clima templado del sector el río repuso cerca de 12,273 m³ de pétreos.

Con estos datos se estima que trimestralmente el río Upano en esta zona de explotación repone alrededor de 38,050.65 m³ de material, por lo cual semestralmente el río repone 76,101.30 m³. De este modo se puede deducir que el río Upano se demora 6 meses para reponer la cantidad de material pétreo que existe en la zona A que es de 76,101.86 m³. La capacidad de reposición mensual promedio en el banco de explotación aguas arriba es de 12,683.55 m³, por lo cual se puede estimar que el caudal del río Upano repone 422.79 m³ diariamente.

En la tabla 8-4, se detalla la capacidad de reposición de material pétreo durante los meses de abril, mayo y junio, de igual forma se muestra el volumen de material que durante un determinado

tiempo el río realiza la reposición. En el transcurso de un año el caudal del río Upano repone aproximadamente 152,202.60 m³.

Tabla 8-4: Capacidad de reposición de material pétreo aguas arriba

Control mensual				
Mes	Abril	Mayo	Junio	Total
Capacidad de reposición (m³)	12,683.65	13,094.00	12,273.00	38,050.65
Capacidad de reposición aguas arriba				
Periodo		Volumen (m³)		
Diario		422.79		
Mensual		12,683.55		
Trimestral		38,050.65		
Semestral		76,101.30		
Anual		152,202.60		

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

4.2.4.2. Capacidad de reposición zona B

En la zona B (aguas abajo) mediante un pozo de explotación de 20 m de ancho, 110 m de largo y 3 m de profundidad, se obtuvo alrededor de 6,600 m³ de material extraído, de este modo se pudo determinar el volumen de pétreos que se acumula durante un mes.

En el mes de abril por las precipitaciones constantes en el sector, el caudal del río Upano repuso cerca de 6,477.91 m³ de material, en mayo 6,794 m³ producto de las fuertes crecidas del caudal del río y en junio el río repuso 6,158 m³ de pétreos, motivo del clima templado que se presenta en el área durante este mes. En el lapso de un mes la capacidad de reposición promedio del río en esta zona es de 6,476.64 m³, por lo cual se puede decir que diariamente el caudal del río repone 215.89 m³ en este banco de explotación. Trimestralmente se deposita 19,429.91 m³ de material, por tal motivo en un tiempo de seis meses el río repone 38,859.82 m³, lo que quiere decir que en el transcurso de un semestre en este banco de explotación el río repone toda la cantidad de material existente en esta zona, cuya cantidad es de 38,867.41 m³. Durante un año la capacidad de reposición de material pétreo en este pozo de explotación es de 77,719.64 m³. En la tabla 9-4, se muestra la capacidad de reposición de material pétreo en la zona aguas abajo en diferentes períodos de tiempo.

Tabla 9-4: Capacidad de reposición de material pétreo aguas abajo

Control mensual				
Mes	Abril	Mayo	Junio	Total
Capacidad de reposición (m³)	6,477.91	6,794.00	6,158.00	19,429.91
Capacidad de reposición aguas arriba				
Periodo		Volumen (m³)		
Diario		215.89		
Mensual		6,476.64		
Trimestral		19,429.91		
Semestral		38,859.82		
Anual		77,719.64		

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

4.3. Diseño del sistema de explotación

4.3.1. Descripción detallada de las operaciones contempladas en el proyecto minero

El sistema de explotación empleado por el Gobierno Municipal del Cantón Morona en esta zona es a cielo abierto de material aluvial o lecho de río por el método de bancos o terrazas en un área de 70 hectáreas, con 2 bancos explotables, los cuales dan un área total de 88,693.05 m² (8.87 hectáreas). Este sistema de explotación consiste en un método de banqueo con avance en una sola dirección, ya que este sistema es el adecuado para depósitos con recubrimientos potentes, además el pozo de excavación creado permite la acumulación de materiales producto del arrastre del caudal del río. El área minera Zona de Manejo Especial Río Upano se encuentra en el régimen de pequeña minería por lo cual la capacidad de producción para minería de aluviales o materiales pétreos es de 800 m³ por día no consolidados, así mismo la extracción de materiales pétreos en pequeña minería no tiene restricción alguna para uso de maquinaria.

El sistema de explotación actual en la zona de libre aprovechamiento está sujeto o en dependencia fundamentalmente al tipo de depósito y del estado en que este se encuentra en la naturaleza; es decir considerando que el material a explotar son depósitos aluviales compuesto por gravas, cantos rodados y bloques, mismos que se encuentran poco cohesionados, lo cual permite que las labores de arranque se efectúen de manera directa con la utilización de equipos mecánicos.

Con lo expuesto el sistema de explotación a cielo abierto es: explotación por bancos de frente continuo con cargado directo en retroceso a los volquetes; sistema basado en un método de

banqueo con avance de una sola dirección en sentido sur–norte o viceversa, en un solo lado del río; es decir de manera directa a través de un solo banco se aprovecha el material de construcción en labores que no superan una profundidad promedio de 3 metros en la orilla del cauce fluvial del río Upano.

Esta labor permite crear un cauce artificial para conducir el eje hídrico por el centro del lecho, dando como resultado positivo precautelar la infraestructura pública al encauzar la fuerza de arrastre hacía el centro del puente de la vía Macas–Puyo.

Al ser un proyecto bajo la modalidad de administración directa; las actividades de extracción de los materiales de construcción dentro del área de libre aprovechamiento involucran las siguientes operaciones mineras descritas en el gráfico 2-4:

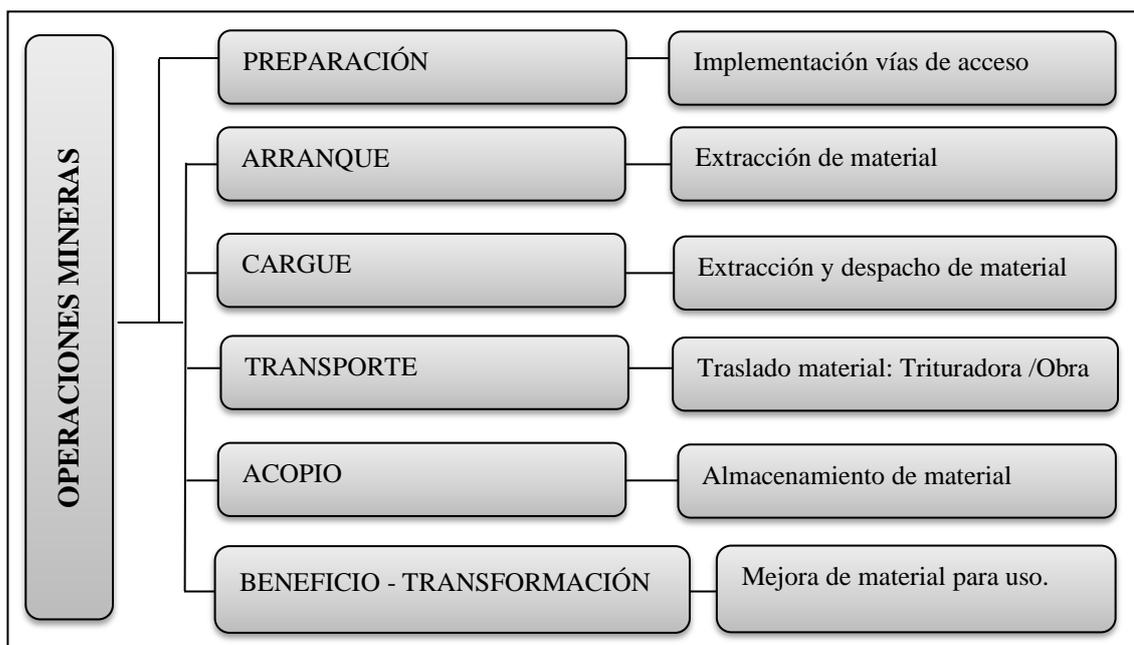


Gráfico 2-4. Operaciones mineras en el área de libre aprovechamiento

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

4.3.1.1. Preparación

Las actividades mineras al desarrollarse sobre depósitos aluviales, no afectan las coberturas de suelo vegetal; debido a que las mismas son inexistentes en el frente de explotación. Para la preparación del área de explotación como se ha indicado anteriormente al no existir presencia de vegetación en el frente de explotación, no es necesario actividades de destape; la única actividad es la adecuación de una vía de acceso desde la vía Macas–Puyo E45 hacia el frente de explotación ubicado en los bajos del puente.

La adecuación consiste en la prolongación de una vía ya implementada por los titulares mineros colindantes con el área de libre aprovechamiento; no ha sido necesaria la implementación de bermas de seguridad considerando que las actividades de extracción están apartadas del eje hídrico.

Dentro del área de libre aprovechamiento, específicamente en los frentes de explotación no se ha realizado la instalación de ningún tipo de infraestructura o instalaciones; las labores de explotación al ser realizadas de manera directa, el material es trasladado a la trituradora municipal o hacia la finalidad pública, por lo cual no ha sido necesario construir o ubicar ningún tipo de estructura.

4.3.1.2. Arranque

Por medio de una excavadora de oruga se inicia con el minado en forma mecánica del material a extraer, el mismo que es colocado inmediatamente en un volquete. De no encontrarse el equipo de transporte se procede a apilar el material a un costado del área de trabajo hasta que pueda ser transportado. No se aplica el método de cribado por lo tanto no se realiza el lavado ni clasificación del material, tampoco es necesario la utilización de explosivos. Las rocas de gran tamaño que se encuentren en el sector, son ubicadas en forma ordenada a los costados del río con la finalidad de que sirvan como protección natural en épocas de crecidas.

La extracción del material pétreo, se lo realiza de manera directa con la explotación de bancos en sentido sur-norte o viceversa, para esto se emplea equipos mecánicos específicamente excavadoras de giro montada sobre orugas, equipo que con la extensión del brazo permite la extracción a una profundidad promedio de 3 m.

El ciclo de trabajo para el arranque consiste en introducir la cuchara de la excavadora y extraer el material pétreo sin ningún tipo de clasificación y acumularlo; el proceso de extracción muchas de las veces son simultáneas al cargue en los baldes de los volquetes. El proceso cíclico y repetitivo, se complementa cuando los volquetes cargados trasladan el material de construcción hacia el sitio definido.

4.3.1.3. Carguío

El carguío de los materiales pétreos es un método cíclico de cargue y despacho directo de los vehículos, mismo que consiste en colocar el material extraído del frente de explotación en los

medios de transporte utilizados en la mina; es decir con la utilización de una excavadora de giro montada sobre orugas, posterior a la extracción del material de interés se procede al llenado del cucharón, carguío y despacho inmediato de los volquetes; el material extraído es llevado al sitio de tratamiento y cribado, o al destino final en la obra pública específica.

El material que por sus dimensiones no presente condiciones adecuadas para las actividades planificadas es ubicado en los laterales del sitio de explotación; conformando posibles y temporales bermas de seguridad para de este modo ir formando un canal, mismo que a futuro servirá para encauzar las aguas hacia el centro del río y debajo del puente.

4.3.1.4. Transporte

Las labores de transporte consisten en trasladar el material de construcción desde el frente de explotación hacia el sitio de criba o acopio, o hacia el frente de trabajo; estas labores se las realizan de manera directa: la excavadora de giro abastece a los volquetes de 12 m³, de manera inmediata estos trasladan el material al destino final.

Los volquetes deben estar en buen estado con la finalidad de garantizar el transporte de material y el cuidado ambiental, el material transportado obligatoriamente debe ser cubierto mediante una lona de protección para evitar la caída de material con la finalidad de evitar posibles accidentes y contaminación del aire. La circulación de volquetes se realiza únicamente por las vías autorizadas respetando las leyes y ordenanzas fijadas a nivel local y nacional.

El material obtenido en el área de libre aprovechamiento Zona de Manejo Especial Río Upano, debido a que no necesita de un proceso de clasificación en el sitio; es cargado directamente a los volquetes para ser trasladados hacia la Trituradora Municipal del cantón Morona (sitio de acopio) o directamente a los proyectos en construcción (aperturas de vías, afirmado vial u obras públicas); es decir la actividad se divide en:

Transporte interno

Transporte interno se considera aquel que necesariamente el material recibe un tratamiento en las instalaciones municipales para su posterior uso. El transporte de material se lo realiza hacia la Trituradora Municipal por rutas ya predefinidas con el objeto de evitar que el transporte pesado ingrese hacia el centro urbano; en este sitio el material recibe el debido tratamiento para la obtención de: base, sub-base, triturado, cisco, etc.; mismo que es utilizado para abastecer a los

proyectos en ejecución. La planta trituradora del Gobierno Municipal se encuentra a unos 4 kilómetros del sitio de explotación.

En la figura 19-4, se puede observar la ruta del transporte de material por medio de volquetes desde la concesión minera hasta la Trituradora Municipal, que va desde el área de libre aprovechamiento – vía Macas Puyo (E45) – Avenida (Av.) Juan de la Cruz – Av. de la Ciudad – Av. Remigio Madero – Trituradora Municipal.

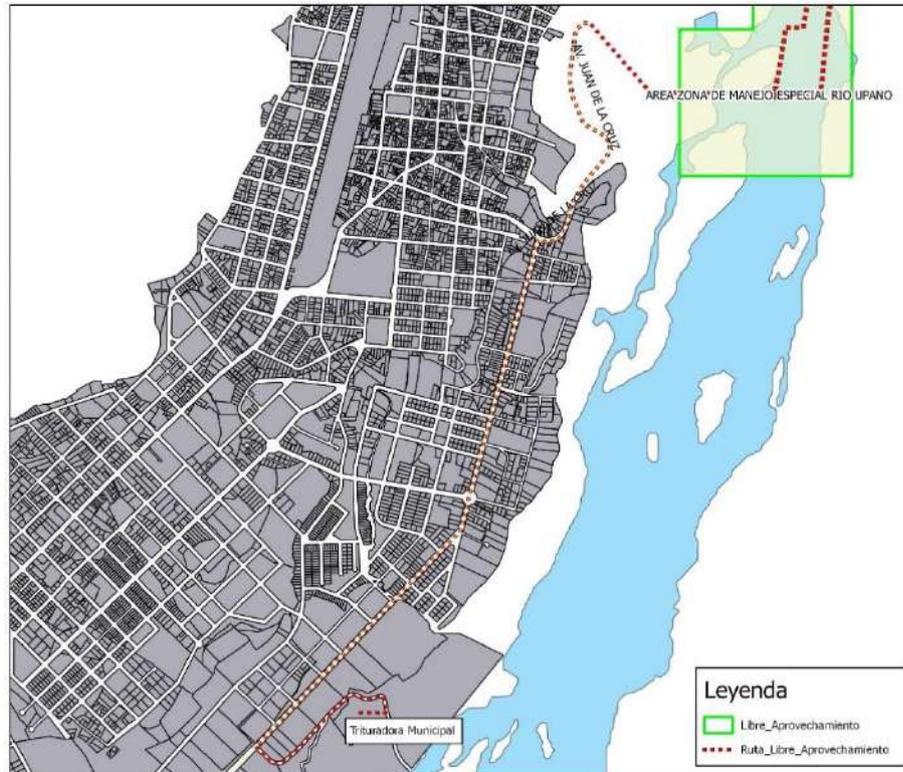


Figura 19-4: Ruta transporte interno

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

Transporte externo

Posterior al tratamiento respectivo el material de construcción en un proceso continuo y mecanizado, a través de una cargadora frontal abastece a los volquetes, mismos que se encargan de distribuir el material de construcción a los diferentes frentes de trabajo u obras; dependiendo de la ubicación se establecen rutas específicas orientadas a no interferir con el tráfico habitual de la ciudad.

Para ambos casos los materiales extraídos del área de libre aprovechamiento o el sitio de stock, para su transporte y a efectos de evitar dispersión de material particulado y derrames en las carreteras, se dispone que todos los volquetes cargados utilicen lonas o carpas de seguridad.

4.3.1.5. Acopio

Posterior a la recepción del material de construcción desde el área de libre aprovechamiento, este es almacenado en la Trituradora Municipal para el respectivo tratamiento y posterior uso. El sistema de almacenamiento es en pila; el descargue de material se hace en volquetes, luego se procede al arrume del material con una cargadora.

4.3.1.6. Planta de tratamiento – Transformación

El beneficio del material de construcción consiste en el proceso de separación, molienda, trituración, mezcla y homogenización, y otros procedimientos semejantes a los cuales el material se somete para su posterior utilización.

La operación minera de tratamiento del material realizada por la municipalidad, permite agregar valor al producto final, obteniendo de esta manera una granulometría del material pétreo que cumpla con las especificaciones técnicas, así como estándares de calidad, necesarios y específicos a cada actividad u obra; esto es posible al disminuir el tamaño de los cantos provenientes del frente de explotación a través de procesos mecanizados, utilizando trituradoras, clasificadas en primaria y secundaria. Para ello se siguen las siguientes fases:

Clasificación: Con la utilización de una zaranda, la cual retiene materiales menores a un diámetro de 15 cm, se separa el material de construcción (cantos rodados, gravas) para posteriormente realizar su tratamiento en las plantas de trituración. En ocasiones el material es utilizado de manera directa sin ningún tipo de tratamiento.

Trituración: Posterior al tratamiento en la zaranda, el material de construcción es depositado en la tolva de la trituradora primaria reduciendo los cantos rodados a un tamaño promedio de 15 cm a 10 cm. Seguidamente mediante una banda transportadora el material resultante se traslada hacia la trituradora secundaria donde posterior al tratamiento se produce grano cubico homogéneo y de calidad. El material resultante de la trituradora secundaria es trasladado a la criba para el refinamiento del material; desde la criba se obtiene: cisco, material 3/8, sub base y base.

Lavado: durante el proceso de extracción y posteriormente para la utilización del material pétreo, no se utiliza agua en el proceso.

La infraestructura en el área de tratamiento consta de:

- 2 zarandas para la clasificación del material que no requiere tratamiento.
- 1 tolva de recepción de material pétreo.
- 1 trituradora primaria.
- 1 trituradora secundaria.
- 1 criba; utilizada para clasificar el material de construcción.

La capacidad de la planta de procesamiento es de 240 m³/h. La Trituradora Municipal no aplica calidad de agua después del proceso, ni tampoco tratamiento de las piscinas de sedimentación ya que no existen. En el gráfico 3-4, se muestra el proceso que se realiza en la planta de tratamiento en la Trituradora Municipal del cantón Morona.



Figura 20-4: Instalaciones de la Trituradora Municipal

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

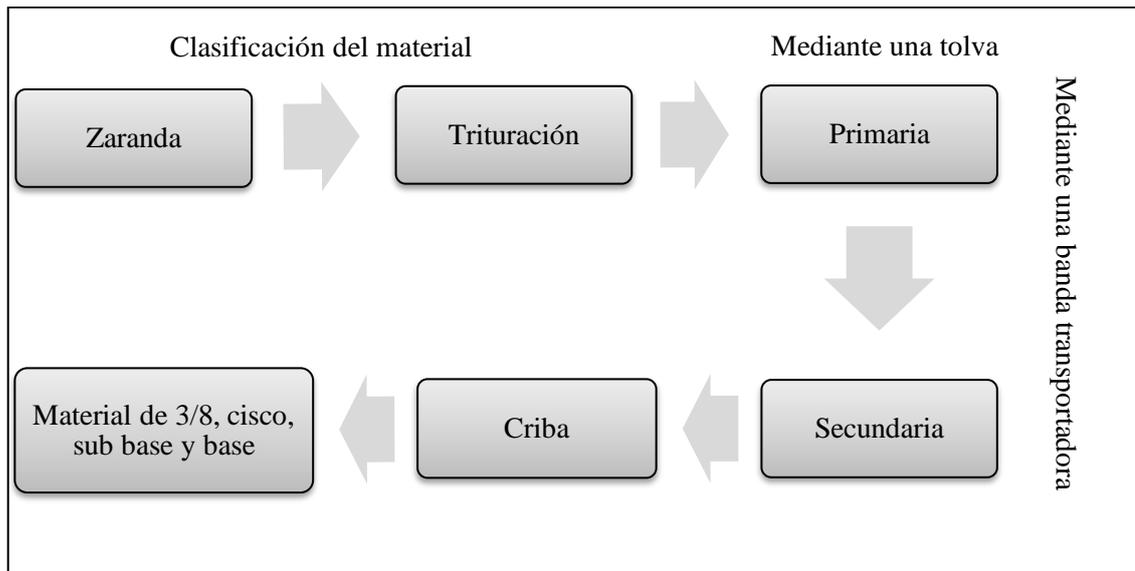


Gráfico 3-4: Diagrama de flujo del proceso en la planta de tratamiento

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

4.3.1.7. Beneficio

El material pétreo extraído del área de trabajo y en algunos de los casos procesado en la planta de tratamiento es destinado para las siguientes actividades:

- Apertura, afirmado y mantenimiento de las vías del cantón Morona y de la provincia de Morona Santiago.
- Conformación de la estructura de vías a ejecutarse en el cantón Morona y la provincia de Morona Santiago.
- Material pétreo de abastecimiento a las plantas trituradoras y de asfalto del Gobierno Municipal del cantón Morona y Gobierno Provincial.
- Plan veredas del cantón Morona.
- Obras públicas cantonal y provincial.
- Abastecimiento para construcción de viviendas y otros por parte de las personas que explotan material pétreo en la playa del río Upano.

4.3.2. Detalle de equipos y maquinaria

4.3.2.1. Maquinaria para el arranque

La maquinaria utilizada para la extracción de material pétreo en el área minera son excavadoras cuyo tren de rodaje es sobre orugas, ya que estos equipos presentan una mayor maniobrabilidad

y mejor tracción lo cual permite giros de 360° con facilidad y posicionamiento con rapidez. Los vehículos sobre orugas son ideales para trabajos en terrenos irregulares y son muy utilizados en la industria minera.

Para el arranque del material en el banco de explotación aguas arriba se realizará con dos excavadoras hidráulicas de marca Komatsu PC-200LC-7 y PC-200LC-8, mientras que en el banco de explotación aguas abajo con una excavadora Caterpillar modelo Cat 324-DL. En la tabla 10-4, se muestra las especificaciones técnicas más importantes de cada maquinaria.

Tabla 10-4: Especificaciones técnicas de cada maquinaria

Especificaciones técnicas de cada excavadora			
Maquinaria:	PC-200LC-7	PC-200LC-8	Cat 324-DL
Tipo:	De orugas	De orugas	De orugas
Transmisión:	Hidráulica	Hidráulica	Hidráulica
Potencia Neta:	143 HP	148 HP	168 HP
Ponen Bruta:	143 HP	155 HP	188 HP
Capacidad del cucharón:	0.50 – 1.17 m ³	0.50 – 1.20 m ³	1.35 m ³
Peso de operación:	19,200.00 – 21,260.00 kg	19,400.00 – 21,460.00 kg	23,600.00 kg
Capacidad de combustible:	340 litros – 400 litros	400 litros	520 litros
Longitud:	9.48 m	9.48 m	10.05 m
Ancho:	3.00 m	3.18 m	3.39 m
Altura:	3.19 m	3.19 m	2.98 m
Profundidad máxima de excavación:	5.38 m	6.62 m	6.85 m
Altura máxima de carga:	6.63 m	7.11 m	6.59 m
Alcance máximo a lo largo del suelo:	8.66 m	9.70 m	9.83 m

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

4.3.2.2. Maquinaria para el carguío y transporte

El carguío del material lo realiza las mismas excavadoras, posterior al arranque de pétreos la maquinaria procede al despacho del mismo de forma inmediata en los volquetes. Una vez cargado el material en el balde del volquete, se realiza el transporte del mismo a los diferentes lugares de destino o hacia la planta de tratamiento.

Se cuenta con la disponibilidad de 20 volquetes, de los cuales 17 operan en el área minera, mientras que el resto por cuestiones mecánicas se encuentran en mantenimiento, y también porque en la planta de tratamiento se necesita de al menos un volquete para el transporte de material,

estos 3 camiones volquetes se hallan en la Trituradora Municipal y en el Cerramiento Municipal del cantón Morona.

4.3.2.3. Maquinaria y equipos en la planta de procesamiento del material

En la planta de tratamiento municipal se encuentra un volquete HINO GH que es utilizado para el transporte de material, mediante una cargadora frontal Caterpillar Cat-324DL se procede al llenado del volquete, a su vez esta maquinaria cumple la función de traslado de material a otro lugar de almacenamiento. Se dispone de una trituradora primaria de 100 HP, una trituradora secundaria POWERCRUSHER HCS 3715, una criba sobre orugas POWERCRUSHER PC 10/60 I, dos zarandas para la clasificación del material que no necesita tratamiento, una alimentadora y una tolva de recepción de material pétreo.

En la tabla 11-4, se detalla la maquinaria y equipos utilizados para la explotación de materiales pétreos del área minera Zona de Manejo Especial Río Upano, los cuales comprenden de volquetes, excavadoras, una cargadora frontal y trituradoras utilizadas para el tratamiento de material en caso de ser necesario.

Tabla 11-4: Detalle de equipos y maquinaria

Descripción	Tipo	Marca	Modelo	Capacidad	Característica
Volquete	GH	HINO	GH1JGUD	12 m ³	VMA-0163
Volquete	GH	HINO	GH1JGUD	12 m ³	VMA-0164
Volquete	GH	HINO	GH1JGUD	12 m ³	VMA-0165
Volquete	GH	HINO	GH1JGUD	12 m ³	VMA-0166
Volquete	GH	HINO	GH1JGUD	12 m ³	VMA-0167
Volquete	NISSAN	NISSAN DIESEL	CWB459HDLB	12 m ³	VMA-0169
Volquete	NISSAN	NISSAN DIESEL	CWB459HDLB	12 m ³	VMA-0170
Volquete	NISSAN	NISSAN DIESEL	CWB459HDLB	12 m ³	VMA-0171
Volquete	NISSAN	NISSAN DIESEL	CWB459HDLB	12 m ³	VMA-0172
Volquete	TGA	MAN	TGA 33400 6X4 BBS	12 m ³	VEA-0255
Volquete	TGA	MAN	TGA 33400 6X4 BBS	12 m ³	VEA-0263
Volquete	TGA	MAN	TGA 33400 6X4 BBS	12 m ³	VEA-0264
Volquete	UD	UD TRUCKS QUESTER	CWE64R 11MS AC 10.8 2P 6X4 TM DIESEL	12 m ³	VMA-1133
Volquete	UD	UD TRUCKS QUESTER	CWE64R 11MS AC 10.8 2P 6X4 TM DIESEL	12 m ³	VMA-1135
Volquete	UD	UD TRUCKS QUESTER	CWE64R 11MS AC 10.8 2P 6X4 TM DIESEL	12 m ³	VMA-1149
Volquete	UD	UD TRUCKS QUESTER	CWE64R 11MS AC 10.8 2P 6X4 TM DIESEL	12 m ³	VMA-1152
Volquete	UD	UD TRUCKS QUESTER	CWE64R 11MS AC 10.8 2P 6X4 TM DIESEL	12 m ³	VMA-1154
Volquete	UD	UD TRUCKS QUESTER	CWE64R 11MS AC 10.8 2P 6X4 TM DIESEL	12 m ³	VMA-1169
Volquete	UD	UD TRUCKS QUESTER	CWE64R 11MS AC 10.8 2P 6X4 TM DIESEL	12 m ³	VMA-1170
Volquete	UD	UD TRUCKS QUESTER	CWE64R 11MS AC 10.8 2P 6X4 TM DIESEL	12 m ³	VMA-1174
Excavadora	Cat 324-DL	Caterpillar	Cat 324-DL	188 HP	MP-06
Excavadora	PC-200-7	Komatsu	PC-200LC-7	143 HP	MP-07
Excavadora	PC-200-8	Komatsu	PC-200LC-8	155 HP	MP-08
Cargadora	Frontal	Caterpillar	938-G	160 HP	MP-01
Tanquero	GH	HINO	GH1JMUA	300 gal	VMA-0173
Camioneta	TM 4X4	Mazda	BT-50 CD STD		VMA-0219
Trituradora	Primaria	MIN	ELECTRICO 100 HP		
Trituradora	Secundaria	HARTL	CRUSHER 44602142		

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

4.3.3. Propuesta del diseño de explotación

Las reservas de materiales pétreos en el lecho del río Upano no son del todo inagotables puesto que las condiciones de sedimentación del material son producto del arrastre del caudal del río, debido a los períodos de escorrentía constante en la zona. Por tal motivo, se puede decir que la vida útil de la mina es indefinida por un largo tiempo, siempre y cuando la extracción de materiales sea acorde a la capacidad de reposición del río.

Considerando la cantidad de material pétreo que posee cada banco de explotación se realiza un pozo de excavación tanto en la zona A y zona B en base a la capacidad de reposición de materiales pétreos producto del arrastre del caudal del río Upano durante un tiempo determinado de seis meses, esto se ejecuta con el fin de establecer un diseño de explotación semestral, dado que el GAD Morona necesita presentar informes de producción del área minera dos veces al año.

La reserva de material de cada banco de explotación debe ser aproximadamente la misma cantidad de material que tiene cada pozo de excavación para retener pétreos en el lapso de seis meses, con la finalidad de que se acumule materiales solamente en los pozos de sedimentación creados para así extraer material sin afectar el cauce del río Upano ni la infraestructura del puente y asentamientos aledaños.

En la figura 21-4 y 22-4, se puede observar el modelamiento tridimensional realizado en el software ArcScene y ArcGIS Pro de las terrazas aluviales a explotar del río Upano en el área minera. Considerando que la línea de color rojo es el área delimitada de la concesión minera y las de color blanco corresponden a los bancos de explotación.



Figura 21-4: Modelamiento de las terrazas aluviales del río Upano

Realizado por: Farez, Jean, 2022.



Figura 22-4: Modelado de los bancos de explotación en área minera

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

4.3.4. Bancos de explotación

En la figura 23-4, se muestra una visualización 3D realizada en el software ArcGIS, en donde se puede observar que el sistema de explotación empleado en el área minera es mediante banqueo con avance unidireccional. Este método dentro de la Zona de Manejo Especial Río Upano se lleva a cabo en dos terrazas aluviales, el primer frente de explotación se encuentra aguas arriba y el segundo aguas abajo.



Figura 23-4: Modelamiento del sistema de explotación en el área minera

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

El personal y maquinaria requerida para la productividad en el área minera laboran 8 horas diarias durante 24 días del mes. Se cuenta con la disponibilidad de 17 volquetes y 3 excavadoras para la extracción del material.

4.3.4.1. Banco de explotación aguas arriba

La capacidad de reposición promedio mensual y diaria en este banco de explotación es de 12,683.55 m³ y 422.79 m³ respectivamente, por lo cual se pretende extraer alrededor de 76,101.86 m³ de material pétreo de forma semestral para abastecer las necesidades requeridas dentro del cantón Morona. La extracción de materiales pétreos durante seis meses en este banco de explotación se realizará de manera directa en un pozo de excavación de 30 m de ancho por 145 m de longitud, con una profundidad de 3 m, esto se realiza con la finalidad de que al terminar el período semestral de producción el banco tenga la misma cantidad de material pétreo producto de la reposición del mismo causado por el arrastre del caudal del río durante este lapso de tiempo, para de este modo comenzar nuevamente con la explotación del volumen requerido cada seis meses de materiales de construcción por parte del GAD Morona para obras públicas.

Mediante dos excavadoras Komatsu se arrancará alrededor de 528.48 m³ de material pétreo durante 8 horas diarias por 24 días operativos de un mes, se cuenta con la disponibilidad operativa de 11 volquetes en esta zona para el carguío de material. Al día cada volquete realizará de 3 a 4 viajes, dando un total de 44 viajes promedio diariamente, puesto que la capacidad de carguío de cada volqueta es de 12 m³.

Como plan piloto este diseño de explotación se puso a prueba durante los meses de abril, mayo y junio, obteniendo resultados beneficiosos, por tal motivo este sistema de explotación es idóneo para el área minera. En la tabla 12-4, se muestra los resultados de producción obtenidos durante tres meses, con esto se puede deducir que la productividad de los tres meses restantes es igual al trimestre puesto en práctica, de esta manera se obtiene un plan adecuado de explotación de forma semestral.

Tabla 12-4: Registro de producción mensual aguas arriba

Disponibilidad de volquetes	Mes	Promedio de viajes por día	Número total de viajes realizados	Material extraído mensualmente (m³)
11	Abril	43-45	1,056	12,672
11	Mayo	43-45	1,061	12,732
11	Junio	43-45	1,054	12,648
Total			3,171	38,016

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

En la tabla 13-4, se puede observar el plan idóneo de producción semestral en base a la producción trimestral llevada a cabo como plan piloto en el área minera durante los meses de abril, mayo y junio; tomando en cuenta que el volumen de material a extraer durante este período es de 76,101.86 m³. Este plan de manejo de explotación en vista a la efectividad técnica y operativa que presenta, en la actualidad el GAD Morona se mantiene trabajando bajo este diseño de forma semestral.

Tabla 13-4: Propuesta de producción semestral en el banco aguas arriba

Disponibilidad de volquetes	Mes	Promedio de viajes por día	Promedio de viajes por mes	Estimación total de material extraído (m³)
11	Mes 1	43-45	1,051-1,061	12,612-12,732
11	Mes 2	43-45	1,051-1,061	12,612-12,732
11	Mes 3	43-45	1,051-1,061	12,612-12,732
11	Mes 4	43-45	1,051-1,061	12,612-12,732
11	Mes 5	43-45	1,051-1,061	12,612-12,732
11	Mes 6	43-45	1,051-1,061	12,612-12,732
Total			6,342	76,104

Realizado por: Farez, Jean, 2022.



Figura 24-4: Modelamiento del sistema de explotación en el banco aguas arriba

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

En la figura 24-4, en base al software ArcGIS se muestra un modelamiento 3D que describe el sistema de explotación idóneo del banco aguas arriba, donde se puede visualizar que mediante el uso de excavadoras se arranca el material mediante extracción directa creando de este modo un pozo de excavación delimitado, el cual al culminar el tiempo de producción semestral contará nuevamente con el volumen de material requerido para obras públicas producto del arrastre y sedimentación, para de este modo extraer el material depositado en la misma área con una profundidad de excavación no mayor a los 3 m.

4.3.4.2. Banco de explotación aguas abajo

La capacidad de reposición en la zona aguas abajo es menor a la zona aguas arriba, puesto que la mayoría de material producto del arrastre por el caudal del río se deposita aguas arriba, el río en este banco de explotación repone 215.89 m^3 diariamente y $6,476.64 \text{ m}^3$ mensualmente. En esta zona se necesita explotar aproximadamente $38,867.41 \text{ m}^3$ de forma semestral. Se cuenta con la disponibilidad operativa de una excavadora Caterpillar 324 DL y 6 volquetes que trabajarán continuamente abasteciendo todos los pedidos y necesidades de la municipalidad como administración directa, haciendo un promedio de 3 a 4 viajes diarios por volquete con un total de 23 viajes aproximadamente por día y con una capacidad de 12 m^3 de material transportado por viaje, se explotará diariamente 269.91 m^3 . Las dimensiones del pozo de extracción para el banco de explotación aguas abajo es de 110 m de largo, 20 m de ancho y 3 m de profundidad.

Como plan piloto esta propuesta se puso a prueba durante el segundo trimestre del año 2022, de este modo se establece un diseño idóneo de explotación de forma semestral. En la tabla 14-4, se muestra el registro de producción de los meses de abril, mayo y junio.

Tabla 14-4: Registro de producción mensual aguas abajo

Disponibilidad de volquetes	Mes	Promedio de viajes por día	Número total de viajes realizados	Material extraído mensualmente (m ³)
6	Abril	22-23	540	6,480
6	Mayo	22-23	537	6,444
6	Junio	22-23	543	6,516
Total			1,620	19,440

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

En la tabla 15-4, se muestra un diseño adecuado de producción semestral para el banco de explotación aguas abajo en base a la producción del segundo trimestre del año 2022 ejecutado como plan piloto, considerando que la cantidad total de material pétreo a explotar durante un semestre en este banco es de 38,867.41 m³. El GAD Morona en vista a que este diseño de explotación es el más idóneo para la extracción de material pétreo en el área minera Zona de Manejo Especial Río Upano, en la actualidad lleva a cabo sus actividades mineras rigiéndose totalmente a este plan de explotación.

Tabla 15-4: Propuesta de producción semestral en el banco aguas abajo

Disponibilidad de volquetes	Mes	Promedio de viajes por día	Promedio de viajes por mes	Estimación total de material extraído (m ³)
6	Mes 1	22-23	535-545	6420-6540
6	Mes 2	22-23	535-545	6420-6540
6	Mes 3	22-23	535-545	6420-6540
6	Mes 4	22-23	535-545	6420-6540
6	Mes 5	22-23	535-545	6420-6540
6	Mes 6	22-23	535-545	6420-6540
Total			3239	38,868

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

En la figura 25-4, se puede visualizar un modelo tridimensional realizado en el software ArcGIS sobre el sistema de explotación empleado en el banco aguas abajo, la extracción de material es de manera directa con avance en una sola dirección.



Figura 25-4: Modelamiento del sistema de explotación en el banco aguas abajo

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

4.3.5. Rendimiento de maquinaria, insumos, consumos y costos

4.3.5.1. Tiempos de producción

Considerando que la distancia desde el área minera hacia los lugares de beneficio para obras públicas oscila entre los 5 km a 30 km a la redonda, se plantea calcular el tiempo óptimo del ciclo operativo de carga y acarreo de los materiales de construcción cuando cada volquete realiza tres y cuatro viajes durante una jornada de trabajo de 8 horas por día. En la tabla 16-4, se muestra el tiempo de ciclo óptimo para 3 viajes por volquete y en la tabla 17-4, se puede observar los tiempos operativos para 4 viajes diarios por volquete.

Tabla 16-4: Tiempo de ciclo óptimo para 3 viajes por volquete

Tiempos para 3 viajes por volquete	
Descripción	Tiempo (min)
Tiempo de carga	8.00
Tiempo de ida cargado	80.00
Tiempo de giro, posicionamiento y descarga	4.00
Tiempo de viaje de regreso descargado	60.00
Tiempo de posicionamiento en el punto de carguío	2.00
Tiempo imprevisto	6.00
Tiempo óptimo de producción	160.00
Tiempo total en tres viajes	480.00

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

Tabla 17-4: Tiempo de ciclo óptimo para 4 viajes por volquete

Tiempos para 4 viajes por volquete	
Descripción	Tiempo (min)
Tiempo de carga	8.00
Tiempo de ida cargado	60.00
Tiempo de giro, posicionamiento y descarga	4.00
Tiempo de viaje de regreso descargado	40.00
Tiempo de posicionamiento en el punto de carguío	2.00
Tiempo imprevisto	6.00
Tiempo óptimo de producción	120.00
Tiempo total en cuatro viajes	480.00

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

4.3.5.2. Insumos para el desempeño de la maquinaria

Para el desempeño y rendimiento óptimo de la maquinaria que labora dentro del área de libre aprovechamiento, se emplea cierta cantidad de insumos de forma semestral, los cuales se detallan en la tabla 18-4.

Tabla 18-4: Insumos requeridos por la maquinaria del área minera

Insumos	
Descripción	Cantidad semestral
Diésel	168,421.05 galones
Gasolina	352.94 galones
Aceites	1,200 galones
Grasas	400 libras

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

4.3.5.3. Consumo de combustible

En la tabla 19-4, se muestra el consumo de combustible de la maquinaria requerida en el área minera, considerando que el tiempo de operatividad de las excavadoras es de 8 horas diarias, mientras que los volquetes recorren entre 170 km hasta 210 km diariamente, dependiendo la distancia del destino final del material, por lo general los lugares destinados oscilan entre los 5 km a 30 km a la redonda del área minera. Para este caso se consideró que los volquetes recorren aproximadamente 189.50 km por día.

Tabla 19-4: Consumo de combustible de cada maquinaria

Maquinaria	Tipo de combustible	Precio combustible	Consumo por hora o kilometro	Consumo diario	Costo diario
Excavadora Cat 324-DL	Diésel	\$ 1.90 gal	6,34 gal/h	50.72 gal	\$ 90.37
Excavadora PC-200LC-7	Diésel	\$ 1.90 gal	4,75 gal/h	38.04 gal	\$ 72.28
Excavadora PC-200LC-8	Diésel	\$ 1.90 gal	5.81 gal/h	46.49 gal	\$ 88.33
Volqueta HINO 12 m ³	Diésel	\$ 1.90 gal	7.29 km/gal	26.00 gal	\$ 45.60
Volqueta NISSAN 12 m ³	Diésel	\$ 1.90 gal	7.43 km/gal	25,50 gal	\$ 48.45
Volqueta UD TRUCKS 12 m ³	Diésel	\$ 1.90 gal	6.65 km/gal	28.50 gal	\$ 54.15
Volqueta MAN 12 m ³	Diésel	\$ 1.90 gal	7,90 km/gal	24.00 gal	\$ 49.40
Camioneta Mazda BT-50	Gasolina	\$ 2.55 gal	26 km/gal	2.45 gal	\$ 6.25

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

4.3.5.4. Depreciación de la maquinaria

En la tabla 20-4, se muestra la depreciación y tiempo de vida operativa de la maquinaria que dispone el GAD Morona para la extracción de materiales pétreos en el área minera, se considera un límite de 20 años de vida útil para la maquinaria adquirida hasta el año 2010 puesto que estas ya son reparadas recientemente, mientras que la maquinaria nueva se designa un tiempo de 15 años con sus respectivas reparaciones y mantenimientos. La maquinaria utilizada en la Zona de Manejo Especial Río Upano no presenta desgaste acelerado, debido a que constantemente se realiza el mantenimiento preventivo y correctivo de las mismas.

Tabla 20-4: Depreciación de maquinaria del GAD Morona

Maquinaria	Valor del activo	Valor residual (10%)	Valor a depreciar	Año de adquisición	Vida operativa (años)	Año final de vida útil
Excavadora Cat 324-DL	\$ 187,200.00	\$ 18,720.00	\$ 169,000.00	2008	20	2028
Excavadora PC-200LC-7	\$ 165,000.00	\$ 16,500.00	\$ 148,500.00	2005	20	2025
Excavadora PC-200LC-8	\$ 173,400.00	\$ 17,340.00	\$ 156,060.00	2009	20	2029
Volqueta HINO 12 m ³	\$ 95,449.99	\$ 9,544.99	\$ 85,904.99	2009	20	2029
Volqueta NISSAN 12 m ³	\$ 126,324.79	\$ 12,632.48	\$ 113,692.31	2010	20	2030
Volqueta UD TRUCKS 12 m ³	\$ 116,990.00	\$ 11,699.00	\$ 105,291.00	2019-2020	15	2034-2035
Volqueta MAN 12 m ³	\$ 102,490.14	\$ 10,249.01	\$ 92,241.13	2009	20	2029

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

4.3.6. Aspectos económicos

4.3.6.1. Inversiones para el proyecto

Las inversiones realizadas para la obtención de la presente área de libre aprovechamiento son de una tasa de inscripción en el registro minero, así como también el pago de técnicos profesionales para la tramitación y obtención de los permisos ambientales.

Tabla 21-4: Inversiones del proyecto

Descripción	Valor
Inscripción en el Registro Minero	\$ 400,00
Trámites Legales	\$ 11,998.97
Regulación Ambiental	\$ 2,180.00
Informes de producción	\$ 0.00
Auditorías Mineras	\$ 969,77
Compra de maquinaria y equipos	\$ 0.00
Construcción de infraestructura	\$ 0.00
Materiales y suministros	\$ 2,700.00
Total	\$ 18,248.74

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

4.3.6.2. Costos de producción, gastos operacionales y administrativos

Los costos de producción, gastos operacionales, de mantenimiento y administrativos son considerados de forma semestral, puesto que esta información es necesaria para adjuntar en los informes de producción que presenta el GAD Morona ante la subsecretaria regional de Minas Sur Zona 6.

En la tabla 22-4, se muestra los gastos operacionales que se requiere en el proyecto para un periodo de seis meses. De igual forma, en la tabla 23-4, se puede observar los gastos de mantenimiento e implementos de seguridad requeridos por la maquinaria y personal respectivamente.

Tabla 22-4: Gastos operacionales

Insumos	
Descripción	Valor
Diésel	\$ 320,000.00
Gasolina	\$ 900.00
Aceites	\$ 24,000.00
Grasas	\$ 1,200.00
Total	\$ 346,100.00

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

Tabla 23-4: Gastos de mantenimiento

Gastos de mantenimiento	
Descripción	Valor
Mantenimiento de maquinaria	\$ 54,000.00
Repuestos	\$ 90,000.00
Lubricantes	\$ 35,000.00
Implementos de seguridad industrial	\$ 18,000.00
Total	\$ 197,000.00

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

En la tabla 24-4, se muestra los gastos administrativos de forma semestral para llevar a cabo el proyecto. Los gastos de alimentación no son requeridos puesto que el personal dispone de una hora de comida y tiempo para descansar. El área minera no cuenta con campamentos ni infraestructura debido a que el horario de trabajo del personal es de 07:30 am hasta las 16:30 pm

con horario de almuerzo y descanso desde las 12:00 pm hasta las 13:00 pm, por tal motivo no es necesario el uso de energía eléctrica, vivienda, entre otros.

Tabla 24-4: Gastos administrativos

Gastos administrativos	
Descripción	Valor
Sueldos	\$ 201,366.00
Alimentación	\$ 0.00
Arriendos	\$ 0.00
Viáticos	\$ 0.00
Teléfono	\$ 0.00
Energía eléctrica	\$ 0.00
Valores varios	\$ 5,400.00
Imprevistos	\$ 3,720.00
Total	\$ 210,486.00

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

4.3.6.3. Personal requerido

En la tabla 25-4, se muestra el personal requerido para la ejecución del proyecto, en este caso se consideró el costo total semestral del personal, teniendo en cuenta que el GAD Morona necesita presentar los informes de producción semestralmente. Dado que el personal no labora feriados ni domingos, se considera 24 días laborables durante un mes.

Tabla 25-4: Costo del personal de las actividades mineras

Descripción	Cantidad	Costo unitario mensual	Costo total mensual	Costo total semestral
Ingeniero Supervisor	1	\$ 2,449.00	\$ 2,449.00	\$ 14,694.00
Jefe de trabajos	1	\$ 1,940.00	\$ 1,940.00	\$ 11,640.00
Operador de excavadora	3	\$ 702.00	\$ 2,106.00	\$ 12,636.00
Choferes profesionales	21	\$ 636.00	\$ 13,356.00	\$ 80,136.00
Ayudante de excavadora	3	\$ 479.00	\$ 1,437.00	\$ 8,622.00
Ayudante de volquete	21	\$ 449.00	\$ 9,429.00	\$ 56,574.00
Topógrafo	1	\$ 1,266.00	\$ 1,266.00	\$ 7,596.00
Cadeneros	3	\$ 526.00	\$ 1,578.00	\$ 9,468.00
Total		\$ 8,447.00	\$ 33,561.00	\$ 201,366.00

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

4.3.6.4. Costos y gastos totales, de forma semestral

En la tabla 26-4, se muestra los costos y gastos totales para la extracción de materiales pétreos en el área minera Zona de Manejo Especial Río Upano, dando un total de \$ 753,586.00 para la productividad de la mina de forma semestral.

Tabla 26-4: Costos y gastos de productividad

Descripción	Valor
Gastos operacionales	\$ 346,100.00
Gastos de mantenimiento	\$ 197,000.00
Gastos administrativos	\$ 210,486.00
Total	\$ 753,586.00

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

4.3.6.5. Costo por metro cúbico

El área minera necesita explotar alrededor de 114,969.27 m³ de material pétreo semestralmente para abastecer las necesidades civiles requeridas en el cantón Morona, por tal motivo, se realiza el cálculo del costo de producción por metro cúbico. Se tiene una cantidad total de \$ 753,586.00 que el GAD Morona gasta de manera semestral para la productividad de la mina, por lo cual se utiliza la siguiente fórmula para determinar el costo de extracción del material por metro cúbico:

$$\text{Costo por metro cúbico} = \frac{\text{Costo total de productividad}}{\text{Volumen total de extracción}}$$

$$\text{Costo por metro cúbico} = \frac{\$ 753,586.00}{114,969.27 \text{ m}^3}$$

$$\text{Costo por metro cúbico} = 6.55 \text{ \$/m}^3$$

Para explotar 1 m³ de material pétreo en el área minera Zona de Manejo Especial Río Upano, el GAD Municipal del cantón Morona gasta aproximadamente \$ 6.55 dólares estadounidenses, dando un resultado óptimo en cuanto a costo-beneficio.

4.3.7. Plan de prevención y mitigación de impactos

En la tabla 27-4, se puede observar el plan de prevención y mitigación de impactos que será llevado a cabo durante el plazo de 24 meses, este plan tiene como objetivo evitar, remediar y mejorar los impactos negativos del proyecto.

Tabla 27-4: Plan de prevención y mitigación de impactos

Actividad	Responsable	Presupuesto	Medidas propuestas
Mantenimiento de maquinaria	Gobierno Municipal del cantón Morona	\$ 216,000.00	Maquinaria en buen estado: Se realizará en forma periódica la revisión y mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria pesada que se encuentra realizando la actividad de extracción y también de los volquetes que transportan el material pétreo hasta su destino final para evitar derrame de aceites, grasas y control de ruido.
Humectación de vías	Gobierno Municipal del cantón Morona	\$ 1,500.00	Humectación de vías: Utilización de un camión cisterna de agua para el riego de la superficie de las vías a ser utilizadas en el transporte de pétreos para disminuir el material particulado (polvo) en épocas de verano.
Dotación de combustible	Jefe de trabajo del Gobierno Municipal del cantón Morona	\$ 30,600.00	Dotación de combustible: El combustible para la maquinaria que no pueda movilizarse diariamente a los talleres municipales, se abastecerá de combustible por intermedio de un vehículo provisto de tanques de 55 galones cada uno, el mismo que será bombeado manualmente a la maquinaria en su lugar de trabajo para evitar su derrame al suelo. El resto de maquinaria y equipo caminero se abastecerá de combustible en el Cerramiento Municipal o en estaciones de servicio autorizadas.
Extracción de material pétreo	Gobierno Municipal del cantón Morona	\$ 30,600.00	Trabajos controlados: No se ingresará a zonas donde se encuentren reservadas para la recreación y turismo, así como se procurará dejar adecentando estos espacios para este propósito. Realizar los trabajos en forma ordenada: Los trabajos de extracción se realizarán en forma ordenada para evitar que se genere una intervención indiscriminada por toda la zona y se afecte el paisaje del entorno.
Transporte	Choferes de volquetes y jefe de trabajo	\$ 3,000.00	Protección en el transporte: Para el transporte de material, es obligación del conductor y su ayudante, colocar una carpa de protección en el cajón de carga del volquete con la finalidad de que por acción del aire y movimiento del vehículo partículas del material pudieran afectar a personas que se hallaren a lo largo del trayecto,

			además de evitar el derrame de material que pudiera causar cualquier accidente a peatones o automotores.
Almacenamiento y disposición final de material pétreo	Gobierno Municipal del cantón Morona	\$ 0.00	Planificación: Se desarrollará una planificación con la finalidad de que el material pétreo desalojado pueda ser transportado a lugares donde puedan ser utilizados de forma inmediata, para evitar la excesiva acumulación en las zonas de almacenamiento previstas.
Monitoreo y seguimiento	Gobierno Municipal del cantón Morona	\$ 0.00	Actividades <ul style="list-style-type: none"> • El control y seguimiento del cumplimiento de este plan, en el período constructivo será responsabilidad directa del jefe de trabajo en obra y, responsabilidad indirecta del personal responsable de áridos y pétreos del Gobierno Municipal. • La Unidad de Control y Calidad Ambiental tiene la responsabilidad administrativa de velar por el cumplimiento del plan. Será la misma Unidad Administrativa el ente de coordinación directa con la fiscalización y/o administrador de las obras en los procesos constructivos. • La sección de Control y Calidad Ambiental de la Dirección de Gestión Ambiental y Servicios Públicos del GAD Municipal del Cantón Morona realizará monitoreos una vez por semana de la calidad del ruido en el área de influencia.
Mantenimiento	Gobierno Municipal del cantón Morona	\$ 0.00	Actividades <ul style="list-style-type: none"> • Debido a que en el proyecto no se emplazará ningún tipo de infraestructura para el desarrollo de las actividades, lo único que ameritará en el mantenimiento son las vías de ingreso a la zona por lo que esta actividad se lo realizará periódicamente para evitar el deterioro de las mismas. • Será necesario de acuerdo a las crecidas del río el retiro de materia vegetal como árboles, raíces y otros que por producto del arrastre de las aguas del río se acumulen en el área; el Gobierno Municipal del cantón Morona se encargará de realizar esta actividad cuando sea necesario.

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

4.3.8. Seguridad e higiene minera-industrial y gestión de riesgos

En cuanto a los sistemas de comunicación y alarma, en el área de libre aprovechamiento no existen campamentos construidos ni habitables a los contornos; los operadores de las maquinarias tienen teléfono móvil con señal para la comunicación ante cualquier emergencia.

No existe algún registro de incidentes, accidentes y enfermedades profesionales y ocupacionales en la mina, puesto que no se ha suscitado percances de accidentes de trabajo por el momento, en virtud que se maneja la prevención y seguridad de trabajo. La jornada de trabajo que realizan los operadores con la maquinaria pesada en la zona minera no es permanente, por tal motivo consumen agua embotellada.

La concesión minera no aplica procedimientos de almacenamiento, manejo, uso, utilización y preparación de explosivos, ya que estos no son necesarios para extraer el material pétreo del área minera. Del mismo modo no aplica una matriz de evaluación de factores de riesgo por proceso de exploración inicial, ya que la fase de prospección y exploración no es requerida en esta zona.

En la tabla 28-4, se muestra el plan de seguridad y salud ocupacional para prevenir y evitar posibles accidentes y riesgos laborales durante las actividades mineras desarrolladas por el personal en la mina. Este programa tendrá una vigencia de 2 años.

Tabla 28-4: Plan de seguridad y salud ocupacional

Actividad	Responsable	Presupuesto	Medidas propuestas
Salud y Seguridad Ocupacional	Gobierno Municipal del cantón Morona	\$ 0.00	Publicidad de medidas preventivas: Capacitación al personal de trabajo sobre el programa de contingencias, con la finalidad de obtener una ágil respuesta a eventos inesperados y estos puedan ser atendidos oportunamente.
Restricción de ingreso al área de trabajo	Jefe de trabajo del Gobierno Municipal del cantón Morona	\$ 0.00	Control de ingreso: No se permitirá el ingreso al área de trabajo a personas que no sean autorizadas y no cuenten con el equipo de protección personal adecuado con la finalidad de evitar accidentes.
Riesgo de incendios	Jefe de trabajo del Gobierno Municipal del cantón Morona	\$ 0.00	Plan de defensa contra incendios: Se debe manejar un sistema de defensa contra incendios que incluya colocación de extintores y señalización de acuerdo a lo que determina el cuerpo de bomberos. Incineración o quema: No se permitirá la incineración de ningún tipo de residuo o producto en el área de trabajo. Almacenamiento de material inflamable: Toda fuente de calor, deberá estar alejada de bodegas o sectores donde se

			<p>encuentren almacenados productos inflamables, además se prohíbe fumar cerca de estas áreas.</p> <p>Procedimientos de respuesta ante la ocurrencia de incendios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ante todo, se debe “mantener la calma” • Identificar el lugar de la ocurrencia del incendio. • El personal capacitado utilizará los extintores para sofocar el fuego. • Llamar al 911 con la finalidad de recibir la ayuda especializada del cuerpo de bomberos. • Si el incendio es de grandes proporciones, no arriesgar la integridad física de los obreros y técnicos, y ponerse a buen recaudo. • Retirar del área cercana al incendio, maquinaria y equipo inflamable.
Procedimientos de respuesta ante la ocurrencia de accidentes laborales	Jefe de trabajo del Gobierno Municipal del cantón Morona	\$ 0.00	<p>Procedimientos a realizar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interrumpir las actividades que se encuentran desarrollando. • Se comunicará inmediatamente al encargado del frente de trabajo y encargado de seguridad industrial para que tomen las medidas oportunas. • Brindar los primeros auxilios siempre y cuando exista personal capacitado para el efecto, caso contrario notificar inmediatamente al 911 para que envíe el equipo de primeros auxilios adecuado. • Concluida la emergencia se procederá a elaborar el correspondiente reporte de accidentes que contendrá al menos la siguiente información: causa del accidente; número de personas afectadas, tipos de lesiones producidas, acciones emprendidas y recomendaciones.
Prevención por inundación o crecida del río	Jefe de trabajo del Gobierno Municipal del cantón Morona	\$ 0.00	<p>Procedimientos a realizar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interrumpir las actividades de extracción en el cauce del río cuando se determine la probabilidad de lluvias en las partes altas de la cuenca del río Upano y el sector. • Retiro en forma ordenada del personal que se encuentra en el cauce del río. • Retiro de la maquinaria que se encuentra en el cauce del río y ubicación de la misma fuera del cauce del río. • No reiniciar las labores de extracción hasta que el caudal del río vuelva a la normalidad y las lluvias hayan parado. • La maquinaria que se encuentra en la zona debe obligatoriamente ser retirada del área de trabajo todos los días al culminar su jornada laboral y ser ubicada en una zona segura fuera del cauce del río, con la finalidad de

			evitar daños en la misma por crecidas del río durante la noche y horas no laborables.
Programa de salud ocupacional y riesgos de accidentes laborales	Jefe de trabajo del Gobierno Municipal del cantón Morona	\$ 1,000.00	<p>Colocación de conos de seguridad</p> <p>Este tipo de señalización se colocará en los sectores donde la maquinaria se encuentre trabajando garantizando la seguridad y movilidad del personal y equipos dentro del proyecto. La maquinaria destinada para el efecto, deberá contar cada una con un par de conos de seguridad para ser utilizados en el momento adecuado.</p> <p>Colocación de cintas de seguridad</p> <p>Este tipo de cinta de señalización será ubicado en los perímetros del sitio de explotación y en los lugares donde el material sea transportado, a fin de garantizar la seguridad de trabajadores y peatones. Se deberá contar con soportes para colocar las cintas de seguridad y delimitar los espacios de trabajo. Se necesitará al menos 10 rollos de 300 m de cintas de seguridad.</p> <p>Colocación de letreros de advertencia o precaución</p> <p>Esta señalización se empleará en el lugar donde sea transportado el material pétreo. Se utilizará para informar a la ciudadanía de los trabajos que se desarrollan en los tramos de las vías que pudieran ser interrumpidas, entrada y salida de vehículos pesados, etc. Esta señalización tendrá unas dimensiones estandarizadas y se colocará en sitios visibles en las zonas de trabajo. Estas serán colocadas con suficiente anticipación para advertir la restricción y riesgo de la zona de influencia del proyecto.</p>
Programa de suministro de equipos de protección personal para minimizar accidentes laborales	Jefe de trabajo del Gobierno Municipal del cantón Morona	\$ 42,000.00	<p>Acciones a desarrollarse:</p> <p>Con la finalidad que el personal técnico y trabajadores del proyecto se encuentren protegidos contra cualquier incidente que pudiera ocasionarse en la ejecución del mismo, se dotará obligatoriamente de acuerdo a las actividades a desarrollarse del equipo de protección personal (EPP), además de la ropa de trabajo como chalecos reflectivos, cascos, botas de caucho, gafas, protectores auditivos, etc.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Protección de la cara y los ojos: Se utilizarán en las labores en la que los ojos o en que la cara de los trabajadores pueda ser alcanzados por fragmentos desprendidos por alguna actividad específica. • Protección auditiva: se utilizará con la operación de maquinaria y equipo pesado. • Protección de cabeza: Se usarán para labores en que los trabajadores se encuentren expuestos a herramientas y materiales que se caigan desde alturas. Se proporcionará

			<p>de cascos duros con estructura de correas ajustables en la base plástica.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Protección de manos: Es recomendable el uso de guantes en labores en las que las manos se encuentren expuestas a golpes, fricciones, cortaduras, etc. Los guantes deben ser de neopreno, el cual es un material textil plástico resistente. • Protección del sistema respiratorio: Se emplearán máscaras contra polvo al trabajar en ambientes donde se produzcan partículas en suspensión, por ejemplo, en el área de desbroce y excavación de pozos. • Protección de pies: Se implementará a los operadores y trabajadores de botas de caucho para agua y lodo. <p>Verificar regularmente el estado de los equipos de protección personal (EPP) y uniformes de los trabajadores para su debida reposición.</p>
--	--	--	--

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

4.3.9. Manejo de desechos

Las actividades que se realizarán en el proyecto no son proclives a la generación de algún tipo de desecho, por lo que no se afectará al ambiente con la disposición de residuos en la zona.

Para evitar cualquier tipo de generación de residuos se dispondrá la colocación de recipientes o basureros en los volquetes y demás equipo de trabajo con la finalidad de que los residuos generados por los choferes u operadores de maquinaria no sean arrojados directamente al ambiente.

En la tabla 29-4, se muestra el plan de manejo de desechos aplicable para el lapso de 24 meses, este programa tiene el propósito de establecer condiciones y medios para ejecutar la gestión de residuos generados en todas las actividades del área minera. El presupuesto del mantenimiento de maquinaria y dotación de combustible está incluido en el plan de prevención y mitigación de impactos (tabla 27-4), por tal motivo es el mismo.

Tabla 29-4: Plan de manejo de desechos

Actividad	Responsable	Presupuesto	Medidas propuestas
Mantenimiento de maquinaria	Gobierno Municipal del cantón Morona	\$ 216,000.00	Manejo adecuado de residuos peligrosos: El mantenimiento de la maquinaria se lo realizará en los talleres del Gobierno Municipal, así como en los talleres autorizados del cantón Morona para desarrollar estas actividades, estos deberán cumplir con la normativa para almacenamiento temporal de aceites y grasas, y entregar este residuo al gestor ambiental autorizado. El cambio de aceites y grasas o el mantenimiento de la maquinaria no se lo realizará en el área de las playas del río Upano.
Dotación de combustible	Jefe de trabajo del Gobierno Municipal del cantón Morona	\$ 30,600.00	Dotación de combustible: Los recipientes de combustible y otros implementos como franelas, waipes, y otros materiales utilizados para este objetivo, deberán ser retirados inmediatamente del área de trabajo y colocados en los lugares destinados para estos residuos en los talleres autorizados para ser entregados al gestor ambiental autorizado.
Extracción de material pétreo	Gobierno Municipal del cantón Morona	\$ 500.00	Recipientes para recolección de residuos: Se dispondrá en las inmediaciones del área de trabajo obligatoriamente de tres recipientes que permitan recolectar los desechos producidos durante las diferentes etapas del proyecto. La recolección se lo hará en forma separada de acuerdo al sistema de clasificación de residuos sólidos que ha determinado la municipalidad para la ciudad de Macas. Estos recipientes estarán bajo techo y señalizados, semanalmente su contenido deberá ser traslado al relleno sanitario de la ciudad de Macas para lo cual se coordinará con el Departamento de Gestión Ambiental Municipal. Los recipientes pueden ser tachos metálicos de 55 galones de aceites lubricantes ya vaciados y acondicionados (pintados y rotulados) para cada función.
Transporte	Choferes de volquetes y jefe de trabajo	\$ 300.00	Colocación de basureros: Se dispondrá que cada volquete y maquinaria pesada que forma parte del equipo de trabajo del proyecto contenga un basurero en el interior de su unidad con la finalidad de que los residuos que se produzcan no sean arrojados a los exteriores de la unidad. Es responsabilidad del chofer u operador de cada maquinaria pesada, que luego de su jornada de trabajo deban colocar los residuos producidos en lugares apropiados para la recolección diaria fuera de sus equipos de trabajo.

Almacenamiento y disposición final de material pétreo	Gobierno Municipal del cantón Morona	\$ 500.00	Recipientes para recolección de residuos: Se dispondrá en la zona de almacenamiento de tres recipientes que permitan recolectar los desechos producidos. La recolección se lo hará en forma separada de acuerdo al sistema de clasificación de residuos sólidos que ha determinado la municipalidad para la ciudad de Macas. Estos recipientes estarán bajo techo y señalizados, semanalmente su contenido deberá ser traslado al relleno sanitario de la ciudad de Macas para lo cual se coordinará con el Departamento de Gestión Ambiental Municipal.
---	--------------------------------------	-----------	---

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

4.3.10. Relaciones comunitarias y condiciones sociales

En la tabla 30-4, se muestra el plan de relaciones comunitarias, capacitación y comunicación social, el cual establece un conjunto de actividades que permiten la eficiente y fluida comunicación a la sociedad de las actividades que se realizan en el área de libre aprovechamiento durante la ejecución del proyecto en el transcurso de dos años.

Tabla 30-4: Plan de relaciones comunitarias, capacitación y comunicación social

Actividad	Responsable	Presupuesto	Medidas propuestas
Socialización a la comunidad	Gobierno Municipal del cantón Morona	\$ 2,000.00	Publicidad en la prensa escrita, radial y televisiva: Se realizarán por los medios de comunicación de la localidad, la difusión de las actividades a desarrollar con la finalidad de que la comunidad esté enterada de este proyecto.
Señalización e información	Jefe de trabajo del Gobierno Municipal del cantón Morona	\$ 1,000.00	Carteles de señalización e información: Se colocarán letreros de señalización e informativos donde se proporcionará la información del proyecto donde deberá constar el número telefónico del personal a cargo, con la finalidad de que cualquier ciudadano pueda solicitar información del proyecto.
Requerimiento de mano de obra	Jefe de trabajo del Gobierno Municipal del cantón Morona	\$ 1,000.00	De requerir mano de obra extra fuera del personal municipal, se contratará mano de obra local, para ello se colocará una lona de 1 m por 1 m con el listado de personal que se requiere en la obra.
Comunicación	Gobierno Municipal del cantón Morona	\$ 1,000.00	Utilización de los medios de comunicación del cantón: Por medio de la prensa escrita, radial o televisiva, se informará del proyecto durante su ejecución con la finalidad de mantener informada a la comunidad.
Capacitación	Jefe de trabajo del Gobierno Municipal del cantón Morona	\$ 0.00	Capacitación al personal sobre el proyecto: Se realizará un taller de capacitación con el personal técnico y de trabajo que laborará en el proyecto, con la finalidad de dar a conocer los objetivos, los alcances y la finalidad del proyecto, además se capacitará en salud ocupacional y riesgos de trabajo, técnicas de primeros auxilios, defensa contra incendios, medidas de contingencias, se determinará un encargado de coordinar en casos de emergencia. Capacitación al personal residuos sólidos: Por medio de la unidad de desechos del Gobierno Municipal, se capacitará al personal con la finalidad de llevar un adecuado manejo de los residuos a generarse en el proyecto.

Realizado por: Farez, Jean, 2022.

CONCLUSIONES

El proyecto minero de libre aprovechamiento de materiales de construcción para obra pública “Zona de Manejo Especial Río Upano”, código 90000373, es un depósito aluvial que se encuentra localizado dentro de la subcuenca del río Upano, afluente principal de la cuenca hidrográfica del río Santiago. El área minera está comprendida por áridos y pétreos los cuales son producto de la erosión, transporte, abrasión y sedimentación de materiales provenientes del volcán Sangay a lo largo del cauce del río Upano.

Una vez realizados los ensayos granulométricos, el 90 % de material de arrastre depositado en bancos o terrazas en el lecho del río Upano corresponde a bloques y cantos rodados, mientras que del 10% de material restante el 74% son gravas, el 20% arena y el 6% es material fino.

Mediante el ensayo de abrasividad se pudo determinar que los materiales pétreos existentes en la concesión minera muestran un coeficiente de desgaste de 29.07%, al tener un porcentaje menor al 40%, estos materiales presentan condiciones óptimas para ser utilizados en el campo de la construcción, según lo establecido en la norma técnica ecuatoriana INEN 860:2011.

Conforme al levantamiento topográfico y batimétrico realizado en dos bancos explotables, se pudo determinar la cantidad de material pétreo existente en cada zona, en el banco de explotación aguas arriba el volumen de material es 76,101.86 m³ en un área de 58,657.19 m², y en el banco de explotación aguas abajo es 38,867.41 m³ en un área comprendida por 30,035.86 m².

La reposición de materiales pétreos en el lecho del río Upano se produce de forma natural debido a las crecidas del caudal del río producto de los diferentes procesos fluviales y constantes precipitaciones que se da eventualmente en la zona. La capacidad de reposición mensual de material pétreo en la zona A (aguas arriba) es de 12,883.55 m³ en un tramo de 145 metros de largo por 30 metros de ancho y 3 metros de profundidad, por lo cual se puede estimar que la reposición diaria de material es de 422.79 m³. Mientras que la zona B (aguas abajo) posee una capacidad de reposición de forma mensual de 6,476.64 m³ en un pozo de excavación de 110 metros de largo por 20 metros de ancho y 3 metros de profundidad, en el lapso de 30 días la capacidad de reposición diaria en esta zona es de 215.89 m³, esta zona presenta una capacidad de reposición menor debido a que la mayoría de material queda retenido en la zona A.

El sistema de explotación a cielo abierto bajo el régimen de pequeña minería en el área minera es explotación por bancos de frente continuo con cargado directo en retroceso a los volquetes, es decir, de manera directa mediante banqueo con avance unidireccional, las labores de arranque se

realizan en un solo banco efectuados por excavadoras, el material extraído es colocado directamente en los volquetes y transportado hasta su destino final. En base a la capacidad de reposición que presenta el depósito se propuso un diseño de explotación de forma semestral durante dos años, vigencia que establece el Ministerio Sectorial para la ejecución de un proyecto de libre aprovechamiento. Semestralmente el Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Morona explotará $114,969.27 \text{ m}^3$ para abastecer de este modo las necesidades y obras requeridas en el sector. Cada banco de explotación tiene un área delimitada para la extracción de material pétreo con una profundidad de excavación de 3 metros, esto se realiza en base a que al finalizar el periodo de producción de forma semestral el pozo creado disponga de la misma cantidad de material extraído producto de la reposición del mismo, para nuevamente empezar la extracción en la misma área. En el banco de explotación aguas arriba en un área delimitada por 145 m de longitud y 30 m de ancho se extraerá aproximadamente $76,101.86 \text{ m}^3$ de material pétreo en el lapso de seis meses. Mientras que en un área de 110 m de largo por 20 de ancho se pretende explotar alrededor de $38,867.41 \text{ m}^3$.

Durante un mes se laborará 24 días con una jordana de trabajo diaria de 8 horas, se cuenta con la disponibilidad operativa de 20 volquetes y 3 excavadoras, en la zona A se explotará diariamente 528.48 m^3 y en la zona B 269.91 m^3 , dando un total de 798.09 m^3 de material pétreo extraídos por día.

RECOMENDACIONES

Al obtener resultados beneficiosos mediante este diseño de explotación empleado en el área minera “Zona de Manejo Especial Río Upano”, se recomienda aplicar la presente propuesta a los diferentes Gobiernos Autónomos Descentralizados y titulares mineros que exploten material pétreo en el lecho del río Upano u otras zonas que presenten similares características geomecánicas e hidrogeológicas.

En base a las inspecciones realizadas por el personal técnico de campo del GAD Morona, se ha evidenciado que por la dinámica fluvial del río se provoca la erosión, socavación y acumulación de material pétreo en la parte baja del puente del río Upano; por tal motivo se recomienda realizar actividades de desazolve del material acumulado en los bajos del puente del río Upano, aprovechando así, la temporada de verano; con el objeto de precautelar las bases del puente sobre el río Upano (vía Macas–Puyo). Sin embargo, debido a la gran capacidad de arrastre que posee el río Upano las actividades de desazolve requeridas, deben realizarse de forma permanente mientras las condiciones climáticas e hidrológicas lo permitan.

El Gobierno Municipal del cantón Morona debe realizar charlas sobre la importancia del uso de los equipos de protección personal a obreros y técnicos. De igual manera es indispensable que el GAD Morona informe de forma semestral con anterioridad al 15 de julio y 15 de enero de cada año sobre la producción del área de libre aprovechamiento ante la Subsecretaría de Minas.

El Gobierno Municipal del cantón Morona bajo el régimen de competencias y como autoridad cantonal en el ámbito de regulación, autorización y control de la explotación de materiales áridos y pétreos debe controlar periódicamente la explotación artesanal y de las concesiones mineras en relación al perímetro próximo al puente del río Upano en la vía Macas–Puyo.

BIBLIOGRAFÍA

ALARCÓN ESPINOSA, Santiago David. Diseño de explotación para materiales pétreos en el Río Boladel de la Concesión Minera María Felicia (Trabajo de titulación), (Grado). [En línea]. Universidad del Azuay, Facultad de Ciencia y Tecnología, Escuela de Ingeniería en Minas. Cuenca-Ecuador. 2016. pp. 12-30. [Consulta: 2022-02-18]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/5831>

ARGÜELLO BONILLA, Daniel Alejandro. Diseño de explotación de los materiales de construcción existentes en la cantera “Santa Anita”, ubicada en la parroquia Salache, cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi (Trabajo de titulación), (Grado). [En línea]. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental, Carrera de Ingeniería en Minas. Quito-Ecuador. 2015. pp. 41-44. [Consulta: 2022-02-25]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/7703>

ASENSIO, Sara. *Ciclo litológico y rocas.* [En línea]. Valencia: 2012. [Consulta: 16 de febrero 2022]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16649/ciclo%20rocas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

BENAVIDES OCHOA, Diego Xavier. Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales áridos y pétreos en el área minera “El Huato”, código 600155, ubicada en las parroquias Malacatos y San Pedro de Vilcabamba, cantón y provincia de Loja (Trabajo de titulación), (Grado). [En línea]. Universidad Nacional de Loja, Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables, Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial. Loja-Ecuador. 2016. pp. 92-101. [Consulta: 2022-03-03]. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/13437>

BUSTILLO REVUELTA, Manuel; & LÓPEZ JIMENO, Carlos. *Manual de Evaluación y Diseño de Explotaciones Mineras.* Madrid, España: Entorno Gráfico, 1997, pp. 159-186.

CATERPILLAR. *Catálogo de productos CATERPILLAR.* [En línea]. 2015. [Consulta: 15 de febrero 2022]. Disponible en: https://www.cat.com/es_MX/products/new/equipment.html

CRESPO ESCOBAR, Santiago. *Materiales de construcción para edificación y obra civil.* San Vicente del Raspeig-España: Editorial Club Universitario, 2010, pp. 17-23.

DÁVILA ORTIZ, Luis Eduardo. Diseño de explotación del mineral existente en el bloque “cascada”, del área minera “El Corazón”, ubicada en la parroquia Garcia Moreno, cantón Cotacachi, provincia de Imbabura (Trabajo de titulación), (Grado). [En línea]. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental, Carrera de Ingeniería en Minas. Quito-Ecuador. 2017. pp. 58-60. [Consulta: 2022-02-28]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/12693>

EXPLORA GEOLOGÍA. *Estudio sobre Áridos y Pétreos: Geología, legislación, medio ambiente, normativa, explotación y tratamiento.* [En línea]. Madrid: 2010. [Consulta: 16 de febrero 2022]. Disponible en: https://www.academia.edu/35681968/ESTUDIO_SOBRE_%C3%81RIDOS

GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN MORONA. *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Morona.* [En línea]. 2014. [Consulta: 06 de junio 2022] Disponible en: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1460000290001_DOCUMENTO%20FINAL%20PCDOT_M%202015-2019_15-03-2015_21-36-57.pdf

GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PROVINCIAL DE MORONA SANTIAGO. *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Morona Santiago.* [En línea]. 2020. [Consulta: 04 de mayo 2022] Disponible en: https://moronasantiago.gob.ec/wp-content/uploads/2021/07/TOMO-II-_FASE-DIAGNOSTICO-ESTRATEGICO1.pdf

HERRERA HERBERT, Juan. *Métodos de minería a cielo abierto.* [En línea]. Madrid: 2006. [Consulta: 22 de febrero 2022]. Disponible en: https://oa.upm.es/10675/1/20111122_METODOS_MINERIA_A_CIELO_ABIERTO.pdf

HERRERA HERBERT, Juan. *Diseño de Explotaciones de Cantera.* [En línea]. Madrid: 2007. [Consulta: 23 de febrero 2022]. Disponible en: https://oa.upm.es/21839/1/071120_L3_CANTERAS-ARIDOS.pdf

MEDINA MEDINA, Bernardo David. Estudio de impacto ambiental de la planta de materiales pétreos del G.A.D. Municipal de Morona, Provincia de Morona Santiago (Trabajo de titulación)

(Grado). [En línea]. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Macas-Ecuador. 2018. pp. 76. [Consulta: 2022-03-07]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/10161>

MEDINA TAPIA, Victor. *Recursos y Reservas Minerales* [Blog]. 2016. [Consulta: 28 de febrero 2022] Disponible en: <https://post.geoxnet.com/codigo-jorc-recursos-y-reservas-minerales/>

MÉNDEZ ABARCA, Darío Fabricio. Batimetría en el Río Upano tramo Tundaime-Sera para el manejo de material pétreo, enfocado a la explotación con reposición del material en los sectores de Tundaime y Centro Sera (Trabajo de titulación) (Grado). [En línea]. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Agronómica. Macas-Ecuador. 2019. pp. 10-32. [Consulta: 2022-02-21]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/10759>

MOJICA VILLAMIZAR, Rubén; & MANRIQUE ALFONSO, Jenny. *Diques transversales: Método de explotación minero-ambiental.* [En línea] 2018 [Consulta: 17 de febrero 2022] Disponible en: http://www.uptc.edu.co/export/sites/default/facultades/f_sogamoso/pregrado/minas/documentos/DIQUES_TRANSVERSALES_METODO_DE_EXPLORACION_MINERO_x_AMBIENTAL.pdf

LAUCES, César. *Los Áridos: Historia, clasificación, transformación, reciclado, maquinaria, tecnología y aplicación.* [En línea]. 2010. [Consulta: 28 de febrero 2022]. Disponible en: <http://www.interempresas.net/Construccion/Articulos/37082-Los-aridos.html>

LEÓN ORTIZ, María Fernanda. Diseño de explotación para materiales pétreos en el río Jubones de la concesión minera Sánchez. [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad del Azuay, Facultad de Ciencia y Tecnología, Escuela de Ingeniería en Minas. Cuenca-Ecuador. 2017. pp. 14-25. [Consulta: 2022-02-16]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/6855>

LLIVISACA ONCE, Ángel Fabián. Rediseño de explotación para la cantera municipal perteneciente a la Parroquia Macas, en el Cantón Morona, provincia de Morona Santiago (Trabajo de titulación) (Grado). [En línea]. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Agronómica. Macas-Ecuador. 2021. pp. 8-60.

[Consulta: 2022-04-21]. Disponible en:
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15375>

QUINTUÑA GALLARDO, Pedro Nicolás. 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) (Grado). [En línea]. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Agronómica. Macas-Ecuador. 2021. pp. 2-45. [Consulta: 2022-02-20]. Disponible en:
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10760>

RAMÍREZ, Carlos. Metodología para estimar los volúmenes máximos de explotación de materiales de arrastre en un río. *Ingeniería y Competividad* [En línea]. 2009, (Colombia), 11(2), pp. 53-61. [Consulta: 25 de febrero 2022]. ISSN 0123-3033. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=291323541006>

RAMIREZ, N. *Trituración* [Blog] 2013 [Consulta: 23 de febrero 2022] Disponible en:
<http://proindustriales.blogspot.com/2013/05/trituracion.html>

REYES BARRERA, Carlos Diego. Optimización de los procesos de explotación en la zona minera de áridos y pétreos del Río Upano (Trabajo de titulación) (Grado). [En línea]. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Agronómica. Macas-Ecuador. 2021. pp. 24-52. [Consulta: 2022-05-02]. Disponible en:
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15373>

VADILLO FERNANDEZ, Lucas. *Guía de restauración de graveras*. Madrid-España: Instituto Tecnológico Geominero de España, 1996, pp. 5-21.

VARELA, Ricardo. *Manual de Geología* [En línea]. La Plata: 2014. [Consulta: 15 de febrero 2022]. Disponible en:
http://www.insugeo.org.ar/libros/misc_21/pdf/varela_misclanea_21_manual_de_geologia.pdf

TARBUCK, Edward; & LUTGENS, Frederick. *Ciencias de la Tierra*. 8^{va} ed. Madrid-España: Pearson Education S.A., 2005, pp. 77-240.

VALENCIA NUÑEZ EDISON ROBERTO. *Investigación operativa: Programación lineal, problemas resueltos con soluciones detalladas*. [En línea]. Ambato: 2018. [Consulta: 03 de marzo

del 2022]. Disponible en:
<https://revistas.uta.edu.ec/Books/libros%202019/investoperativadig.pdf>

ANEXOS

ANEXO A: INFORMACIÓN LEGAL Y RAZÓN SOCIAL DE LA “ZONA DE MANEJO ESPECIAL RÍO UPANO”

Nombre o Razón Social del Titular:		Registro Único de Contribuyente:	
GOBIERNO MUNICIPAL DEL CANTÓN MORONA		1460000290001	
Dirección tributaria/societaria:	Teléfono:	Casilla Judicial:	Correo electrónico:
Simón Bolívar entre 24 de Mayo y 9 de Octubre	2 700143 ext 1213	8	trodriguez@mmorona.gob.ec
Representante Legal:	Franklin Alejandro Galarza Guzmán		
Teléfono:	Número de cédula:	Correo electrónico:	
2 700143	1400263776	mmorona@macas.gob.ec	
Nombre del área:		Código:	
Zona de Manejo Especial Río Upano		90000373	
Provincia:	Cantón:	Parroquias:	
Morona Santiago	Morona	Macas Sevilla Don Bosco General Proaño	
Lugar/Sector:		Regional:	
Río Upano		Macas	

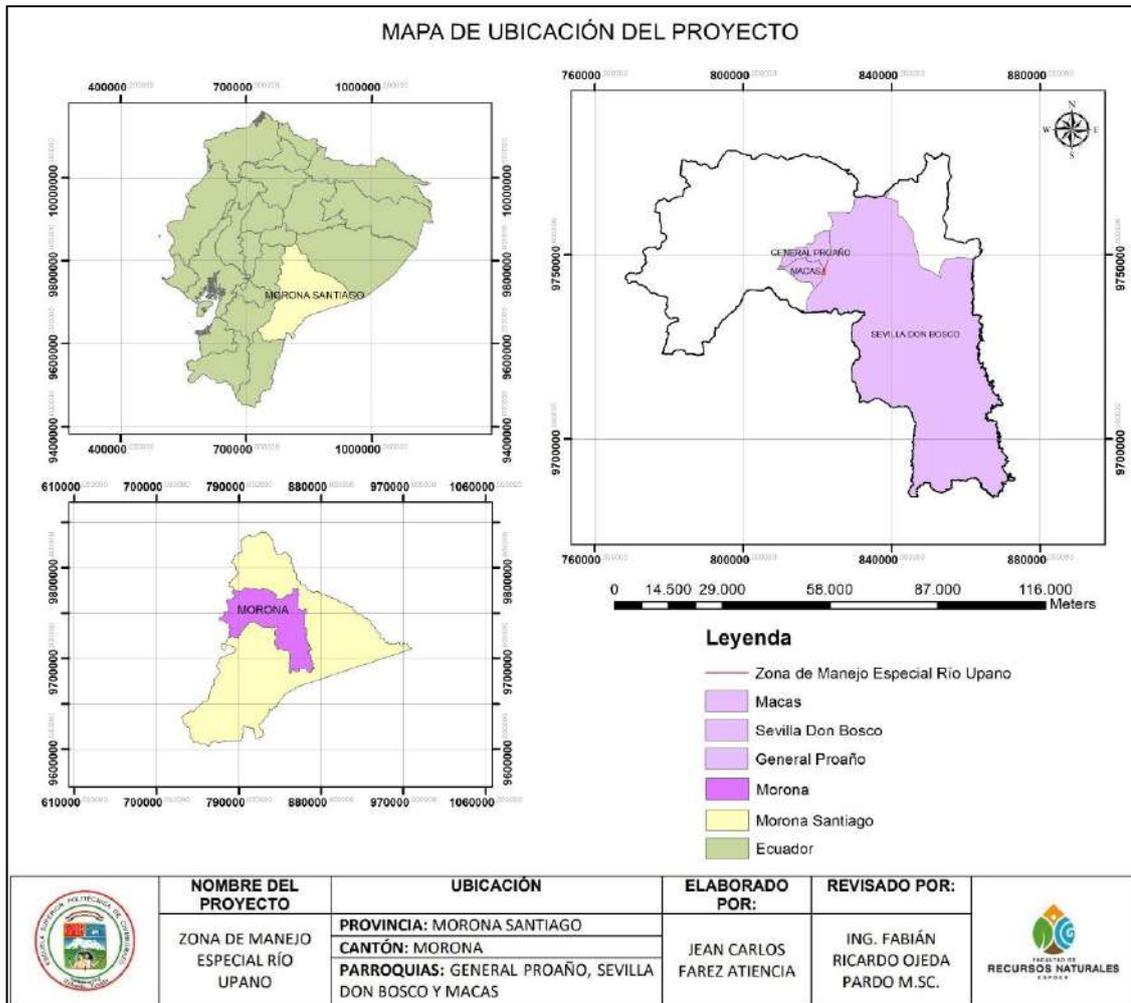
ANEXO B: ACUMULACIÓN DE MATERIAL PÉTREO BAJO EL PUENTE DEL RÍO UPANO



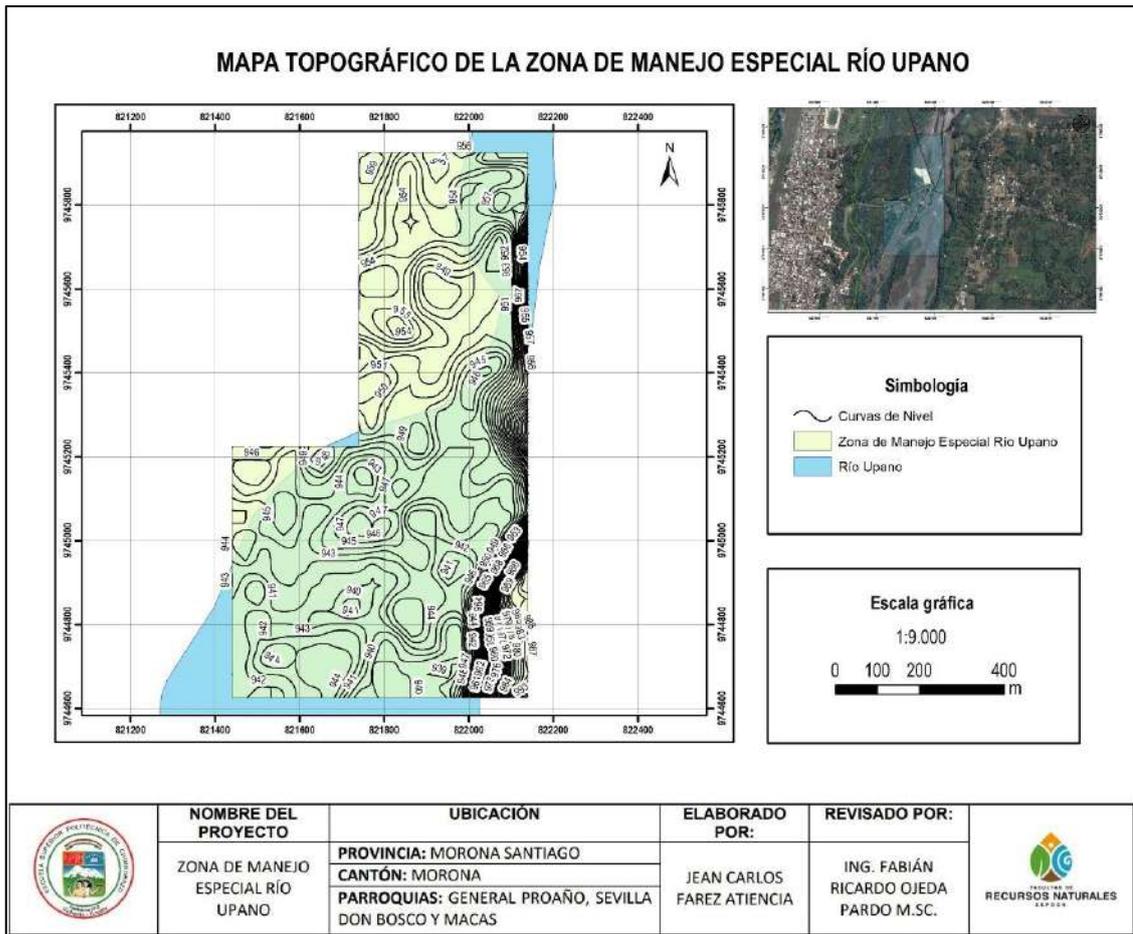
ANEXO C: LLANURA ALUVIAL DEL RÍO UPANO



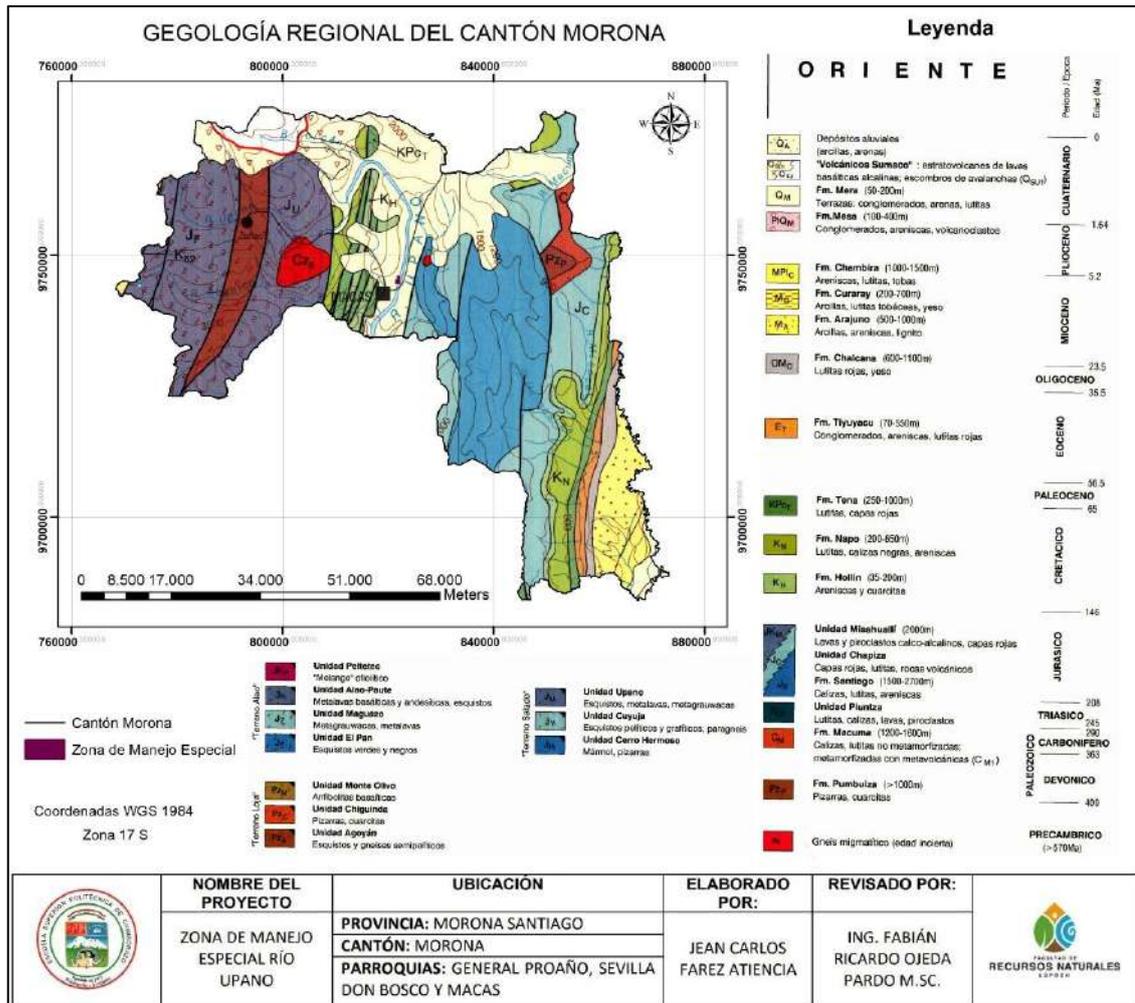
ANEXO D: MAPA DE UBICACIÓN DEL PROYECTO



ANEXO E: MAPA TOPOGRÁFICO DEL ÁREA MINERA



ANEXO G: MAPA REGIONAL DEL CANTÓN MORONA



ANEXO H: MAPA GEOLÓGICO DEL ÁREA MINERA



ANEXO I: MODELAMIENTO TRIDIMENSIONAL DEL CAUCE DEL RÍO UPANO





epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL**

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 11 / 11 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Jean Carlos Farez Atencia
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Recursos Naturales
Carrera: Ingeniería en Minas
Título a optar: Ingeniero en Minas
f. responsable: Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz

D.B.R.A.I.
Ing. Cristhian Castillo



2111-DBRA-UTP-2022