

UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA EN MINAS

"Optimización de las operaciones de explotación de materiales áridos y pétreos secundarios en la concesión minera Escorpión 1, Santa Isabel -Azuay"

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

INGENIERO EN MINAS

Autores:

ERICK XAVIER JARAMILLO VILLAVICENCIO

DARIO LAUTARO MUEVECELA MORALES

Director:

Ing. LEONARDO NÚÑEZ RODAS, M.Sc.

CUENCA, ECUADOR
2026

Erick Xavier Jaramillo Villavicencio.

Darío Lautaro Muevecela Morales

Trabajo de Titulación

Ing. Leonardo Aníbal Núñez Rodas

Agosto, 2026

“Optimización de las operaciones de explotación de materiales áridos y pétreos secundarios en la concesión minera Escorpión 1, Santa Isabel -Azuay”

DEDICATORIA

Dedicó este trabajo, que representa la culminación de una etapa muy importante de mi vida, a todas las personas que estuvieron conmigo durante este camino. A mis padres Mónica y Alfonso, a mis hermanos Steveen y Jenny por todo el apoyo que me han brindado desde el inicio de mis estudios. Este logro es también de ustedes, porque sin su apoyo y confianza no habría llegado hasta aquí.

A mi novia Lizbeth S, por acompañarme durante esta etapa, por su paciencia, comprensión y por estar conmigo en los momentos buenos y en los no tan buenos. Gracias por escucharme, apoyarme y darme ánimos cuando más lo necesitaba.

También quiero dedicar este trabajo a aquellas personas que ya no están conmigo, pero que fueron importantes en mi vida. Aunque hoy no puedan estar presentes para ver este momento, siempre llevaré conmigo sus recuerdos, sus enseñanzas y todo lo que significaron para mí.

Finalmente, me dedico también este logro, por no rendirme, por seguir adelante a pesar de las dificultades y por haber llegado hasta el final de este camino.

Erick Xavier Jaramillo Villavicencio

A mi madre Esther, apoyo invalorable de toda mi vida, quien con su ejemplo llevo a mi formación académica.

En memoria de mi padre Vicente y mi cuñado Adrián, cuyos recuerdos forjaron mi preparación profesional.

De manera muy especial a mi hermana Mirian, gracias a su respaldo, su paciencia infinita, y por creer en mi en los momentos difíciles.

A mis hermanos Vicente, Mélida, Jorge, Wilber, Hugo, Wilfrido, Jamil, con su respaldo incondicional coadyuvaron a la culminación de este estudio.

Darío Lautaro Muevecela Morales

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primero a Dios, por darme la vida, la salud y la fuerza para culminar esta etapa, a mis padres, por su apoyo, sus consejos, sus sacrificios y por confiar siempre en mí.

A la Universidad del Azuay, por brindarme la oportunidad de continuar con mi formación académica, y a los docentes y personal de la Carrera de Ingeniería en Minas**,** por los conocimientos y experiencias compartidas durante mi preparación profesional.

Al Ing. Leonardo Núñez Rodas, por su orientación y acompañamiento durante el desarrollo de este trabajo de titulación, así como por sus recomendaciones y aportes que fueron importantes para llevarlo a cabo.

De manera especial, agradezco al Sr. Fabián Calle, por permitirme realizar este proyecto en el área minera "Escorpión 1" y por brindar las facilidades necesarias para poder desarrollar el trabajo de campo y obtener la información requerida.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, de alguna manera, contribuyeron al desarrollo y culminación de este trabajo.

Erick Xavier Jaramillo Villavicencio

Primeramente, a Dios, a mis padres y hermanos, a la muy ilustre Universidad del Azuay, al cuerpo docente de Ingeniería en Minas, al señor Fabian Calle representante del área minera "Escorpión 1", Ing. Leonardo Núñez Rodas director de tesis, a mis compañeros de aulas y a todas las personas que de una u otra manera colaboraron en la realización de este estudio.

Darío Lautaro Muevecela Morales

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como propósito optimizar el sistema de explotación utilizado para la extracción de materiales áridos y pétreos, tomando como base el análisis de los principales parámetros técnicos relacionados con las actividades mineras que se desarrollan actualmente en el área.

Para ello, se recopiló información de las condiciones climáticas, geológicas y topográficas de la zona, además de realizar un diagnóstico del estado actual de la explotación, mediante observación directa y trabajo de campo, registrando las características de los procesos, las actividades realizadas y la maquinaria utilizada.

Con esta información se planteó una alternativa de diseño que permita mejorar el desarrollo de las operaciones, aumentar el rendimiento de la maquinaria y hacer un mejor uso de los recursos disponibles, considerando aspectos técnicos, ambientales y económicos, demostrando que bajo las condiciones evaluadas los ingresos generados por la operación es posible recuperar la inversión y obtener un beneficio adicional siendo viable el proyecto.

Palabras claves: Optimización, sistema de explotación, materiales áridos y pétreos, producción minera, rendimiento de maquinaria, rentabilidad minera.



Ing. Leonardo Aníbal Núñez Rodas

Director del trabajo de titulación

ABSTRACT

The purpose of this research was to optimize the mining method used for the extraction of aggregates and stone materials, based on an analysis of the main technical parameters associated with the mining activities currently carried out in the area.

To this end, information on the climatic, geological, and topographical conditions of the area was collected. In addition, the current state of the mining operation was assessed through direct observation and fieldwork, documenting the characteristics of the processes, the activities performed, and the machinery used.

Based on this information, an alternative design was proposed to improve operational performance, increase machinery efficiency, and optimize the use of available resources, while considering technical, environmental, and economic aspects. The results demonstrated that, under the evaluated conditions and considering the revenue generated by the operation, the investment can be recovered and an additional profit can be obtained, thus confirming the project's feasibility.

Keywords: Optimization, mining method, aggregates and stone materials, mining production, machinery performance, mining profitability.



Ing. Leonardo Aníbal Núñez Rodas

Thesis Director

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA ..... **iii**

AGRADECIMIENTOS ..... **v**

RESUMEN ..... **vi**

ABSTRACT ..... **vii**

ÍNDICE DE CONTENIDOS ..... **viii**

ÍNDICE TABLAS ..... **xiii**

ÍNDICE FIGURAS ..... **xv**

ANEXOS ..... **xvii**

INTRODUCCIÓN **1**

CAPÍTULO 1 ..... **2**

ANTECEDENTES **2**

1.1 Información general de la concesión minera "Escorpión 1" 2

1.2 Ubicación y acceso 3

1.2.1 Acceso a la Concesión ***4***

1.3 Topografía. 4

1.4 Factores climáticos de la zona 6

1.4.1 Temperatura ***8***

1.4.2 Precipitación ***11***

1.5 Geología General 14

1.6 Geología Local 15

CAPÍTULO 2 ..... **19**

MARCO TEÓRICO 19

2.1 Materiales áridos y pétreos secundarios 19

2.2 Explotación de materiales de construcción en lecho de río 19

2.2.1 Extracción directa 19

2.2.2 Diques Transversales 20

2.2.3 Diques longitudinales 20

2.3 Maquinaria minera para explotación de áridos secundarios 21

2.4 Labores de preparación 22

2.5 Planta de lavado hidráulico y clasificación granulométrica 22

2.5.1 Planta de lavado de áridos 22

2.6 Clasificación granulométrica de áridos 23

2.7 Tratamiento de aguas residuales de lavado de materiales 24

2.7.1 Piscinas de sedimentación para sólidos en suspensión 24

2.8 Componentes Clave 24

2.9 Aspectos técnicos y ambientales 26

2.10 Manejo ambiental en la explotación minera de áridos secundarios 26

2.10.1 Plan de manejo ambiental 26

2.10.2 Conformación de un plan de manejo ambiental 26

2.11 Plan de seguridad minera y salud ocupacional 28

2.11.1 Los Equipos de Protección Personal (EPP) 28

2.11.2 Seguridad industrial 29

2.11.3 Salud ocupacional 30

2.11.4 Higiene en el trabajo 30

2.12 Análisis económico en la comercialización de áridos y pétreos secundarios 30

2.12.1 Inversiones Fija *30*

2.12.2 Análisis costo-beneficio *31*

2.12.3 Flujo de caja *31*

2.12.4 Valor actual neto (VAN) *32*

CAPÍTULO 3 ..... **34**

EVALUACIÓN DE OPERACIONES MINERAS ACTUALES **34**

3.1 Análisis de las operaciones unitarias mineras principales actuales. 34

3.1.1 Esquema de Explotación *34*

3.1.2. Operaciones Unitarias Principales *35*

3.2 Análisis de las operaciones auxiliares principales 41

3.2.1 Zona de Parqueo y Mantenimiento *42*

3.2.2 Bodega y servicios básicos *43*

3.2.3 Manejo de combustibles *43*

3.2.4 Vías de acceso *44*

3.3 Análisis del ciclo de producción Actual 45

3.3.1 Tiempos de producción *45*

3.3.2 Cálculo del rendimiento de la maquinaria *47*

3.4 Análisis de las instalaciones y proceso de lavado y clasificación. 55

3.5 Evaluación técnica de la implantación (lay out) 57

3.6 Manejo ambiental en la concesión minera “Escorpión 1” 58

3.6.1 Medidas preventivas *58*

3.6.2 Cronograma valorado del plan de manejo ambiental actualizado *58*

3.6.3 Medidas correctivas *65*

3.7 Normas de seguridad minera y salud ocupacional. 65

3.7.1 Procesos: *67*

3.7.2 Riesgo en los Procesos: *67*

CAPÍTULO 4 ..... **70**

OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS MINEROS **70**

4.1 Optimización de las operaciones unitarias mineras principales 70

4.1.1 Preparación *70*

4.1.2 Extracción *71*

4.1.3 Carga y Transporte *73*

4.1.4 Número de palas necesarias para cargar en equipo de acarreo *75*

4.1.5 Tiempos de producción (tiempos fijos) *75*

4.1.6 Optimización equipos de acarreo *78*

4.1.7 Rendimiento óptimo del equipo de acarreo (Rt) *79*

4.1.8 Rendimiento real del equipo de acarreo (Rr) *80*

4.1.9 Producción total promedio por jornada de trabajo (Pp) *80*

4.1.10 Rendimiento óptimo de la maquinaria de acopio *81*

4.1.11 Cribado *82*

4.1.12 Acopio o Estoqueo *82*

4.2 Optimización de las operaciones unitarias mineras auxiliares 82

4.2.1 Infraestructura necesaria *82*

4.2.2 Vías de acarreo de material *84*

4.2.3 Vía de acarreo de material y acceso a la zona de stock y cribado *85*

4.2.4 Producción actual vs óptima *86*

4.3 Recomendaciones de mejora en el manejo ambiental de la concesión 87

4.3.1 Control y monitoreo del cauce del rio Jubones. *87*

4.3.2 Protección y estabilización de riveras *88*

4.3.3 Manejo de residuos, combustibles y sustancias peligrosas *88*

4.3.4 Plan de cierre y rehabilitación progresiva ***89***

4.4 Recomendaciones de mejora en normas de seguridad minera y salud en el trabajo. 91

4.4.1 Fortalecimiento del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo ***91***

4.4.2 Gestión de riesgos específicos de la operación minera fluvial. ***92***

4.4.3 Equipos de protección personal (EPP) – Dotación y control ***93***

4.4.4 Programa de capacitación ***94***

4.4.5 Vigilancia de la salud de los trabajadores ***96***

4.4.6 Señalización y demarcación del área de trabajo ***97***

4.4.7 Tabla de resumen de recomendaciones de seguridad minera y salud ocupacional ***98***

4.5 Análisis Económico 99

4.5.1 Flujo de Caja Mensual del 2025 ***102***

4.5.2 Composición de costos anuales ***103***

4.5.3 Cálculo de Tir y Van ***103***

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 108

Conclusiones..... 108

Recomendaciones 111

BIBLIOGRAFÍA 115

ANEXOS 118

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1: Información de la Estación 7

Tabla 2: Temperatura mínima, media y máxima 9

Tabla 3: Precipitación Anual – Estación Santa Isabel 12

Tabla 4: Clasificación y denominación de los Áridos 24

Tabla 5: Registro de tiempos por jornada de trabajo 46

Tabla 6: Tabla de la eficacia de la cuchara de la excavadora (Fé) 47

Tabla 7: Tabla de coeficiente de transformación. 48

Tabla 8: Tabla del tiempo (segundos) de duración del giro de rotación de trabajo de la excavadora. 48

Tabla 9: Producción promedio por jornada de trabajo. 53

Tabla 10:Cronograma de fechas y valores para el cumplimiento ambiental del plan de manejo dentro de la concesión minera Escorpión 59

Tabla 11: Detalles de cumplimiento de normas de seguridad ocupacional dentro de la concesión minera Escorpión 1. 65

Tabla 12: Procesos en la etapa de la extracción/explotación de materiales áridos y pétreos 67

Tabla 13: Riesgos en la seguridad y salud ocupacional dentro de las actividades que realiza el personal dentro del diagrama del proceso extractivo. 67

Tabla 14: Datos para el cálculo de la profundidad máxima de excavación. 72

Tabla 15 Calculo de Tiempos Óptimos de ida y vuelta de Transporte 76

Tabla 16: Tiempos de ciclo óptimo de producción 77

Tabla 17: Datos para el rendimiento teórico del equipo de acarreo. 78

Tabla 18: Datos para el cálculo del rendimiento real de acarreo 80

Tabla 19:Estado actual de la infraestructura Escorpión 1 83

Tabla 20: Diferencias de la producción actual y la producción óptima. 86

Tabla 21: Resumen de recomendaciones Ambientales 90

Tabla 22: Tabla de dotación y control de EPP 93

Tabla 23: Programa de Fortalecimiento de Competencias 95

Tabla 24 :Línea de salud y seguridad ocupacional. 98

Tabla 25: Análisis de Gastos de Combustible 2025. 100

Tabla 26: Datos financieros Base 2025 de Escorpión 1. 101

Tabla 27:Flujos Mensual de Caja año 2025 102

Tabla 28: Composición de Costos Anuales. 103

Tabla 29: Calculo de la evaluación de flujo de caja. 104

Tabla 30: Flujo de caja del VAN. 104

Tabla 31: Análisis de Gestión de Riesgo Financiero de Proyecto Escorpión 1. 106

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1: Mapa de ubicación de la concesión minera Escorpión 1 3

Figura 2: Acceso a la concesión minera Escorpión 1. 4

Figura 3: Mapa topográfico de cesión minera Escorpión 1. 6

Figura 4: Mapa tipo de clima de la concesión minera Escorpión 1 8

Figura 5: Histograma de Temperatura. Estación Santa Isabel 10

Figura 6: Mapa Isotermas de la concesión minera Escorpión 1 11

Figura 7: Histograma de Precipitación mensual promedio para el periodo 2008-2012 ... 13

Figura 8: Mapa de Isoyetas de la concesión minera Escorpión 1 14

Figura 9: Mapa de los Depósitos aluviales de la concesión minera Escorpión. 16

Figura 10: Mapa tomado del mapa geológico 2017, del área de estudio 17

Figura 11: Litología del área de estudio 18

Figura 12: Esquema pictográfico de una planta de lavado y clasificación de áridos gruesos y finos 23

Figura 13: Diagrama del Sistema de Operaciones de Explotación en la concesión Escorpión 1 34

Figura 14: Explotación mediante noques 35

Figura 15: Arranque de material de frente de explotación y formación de montículos ... 36

Figura 16: Carga del volquete de 12 $m3$ 37

Figura 17: Criba fija 38

Figura 18: Cargadora Komatsu 470 clasificando el material 39

Figura 19: Zona de stock 40

Figura 20: Cargadora Frontal cargando en un volquete particular 41

Figura 21: Zona de parqueo y mantenimiento de la concesión Escorpión 1 42

Figura 22: Zona de Bodega de la concesión Escorpión 1. 43

Figura 23: Zona de combustibles de la concesión Escorpión 1 44

Figura 24: Secciones de la Criba 56

Figura 25: Mapa lay out de la concesión Escorpión 1. 57

Figura 26: Medidas de alcance de brazo de la excavadora Caterpillar 320 71

Figura 27: Cálculo de profundidad de excavación. 72

Figura 28: Flujo anual en barras y recuperación acumulada en periodo de 5 años 105

Figura 29: VAN por tasa de descuento (todos los escenarios son positivos) 106

ANEXOS

Anexo 1: Registro fotográfico 118

Anexo 2: Diseño de Noques para verificación de distancias entre noques y zona de lavado y cribado..... 121

Anexo 3: Plano de Ruta de Evacuación..... 121

Anexo 4: Diseño del sedimentador..... 122

Anexo 5: Aspectos legales de la institución. 122

Anexo 6: Composición de costos totales. 123

INTRODUCCIÓN

La extracción de materiales áridos y pétreos en los cauces de los ríos representa una actividad importante para el abastecimiento de materiales utilizados en la construcción, principalmente arena, grava y piedra. Sin embargo, cuando estas actividades se realizan sin una planificación adecuada, pueden ocasionar diferentes impactos sobre el medio ambiente, por lo que es necesario establecer medidas de control y prevención durante las operaciones mineras.

El área minera Escorpión 1, con código 101848, actualmente no dispone de una producción definida con precisión. El sistema de explotación que se aplica presenta algunas deficiencias debido a la falta de información y planificación técnica, lo que ha generado una ejecución poco organizada de las actividades y un uso poco eficiente de la maquinaria. Esta situación puede afectar el rendimiento de las operaciones y generar mayores costos para el titular minero.

Ante esta situación, surge la necesidad de realizar un estudio que permita establecer un sistema de explotación más ordenado, eficiente y económicamente viable para el aprovechamiento de los materiales áridos y pétreos. La propuesta busca mejorar la forma en que se desarrollan las actividades mineras, aprovechar de mejor manera las reservas disponibles y reducir los efectos negativos que puedan generarse sobre el ambiente, evitando prácticas de explotación que no se ajusten a criterios técnicos. Por esta razón, se plantea realizar una evaluación de las condiciones actuales del área minera y de los principales aspectos relacionados con su explotación. A partir de la información obtenida, se busca plantear una alternativa de optimización que permita mejorar el rendimiento de los equipos y de los procesos de producción, considerando de manera conjunta los aspectos técnicos, ambientales y económicos**,** con el propósito de contribuir a una explotación más eficiente y sostenible de la concesión.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1 Información general de la concesión minera “Escorpión 1”

El área minera “Escorpión 1”, código 101848 cuya titular corresponde a la señora Amada Loja, comprende una superficie de 18 hectáreas y se encuentra bajo el Régimen Especial de Pequeña Minería, destinado al aprovechamiento de materiales de construcción. La concesión se localiza entre los cantones Santa Isabel y Saraguro, pertenecientes a las provincias de Azuay y Loja, respectivamente. El río Jubones atraviesa el área concesionada y constituye un límite natural entre ambas jurisdicciones. En este sector se encuentran las comunidades de Santa Isabel Chaguarurco y San Sebastián de Yuluc, donde se desarrollan las actividades relacionadas con la extracción de materiales de construcción.

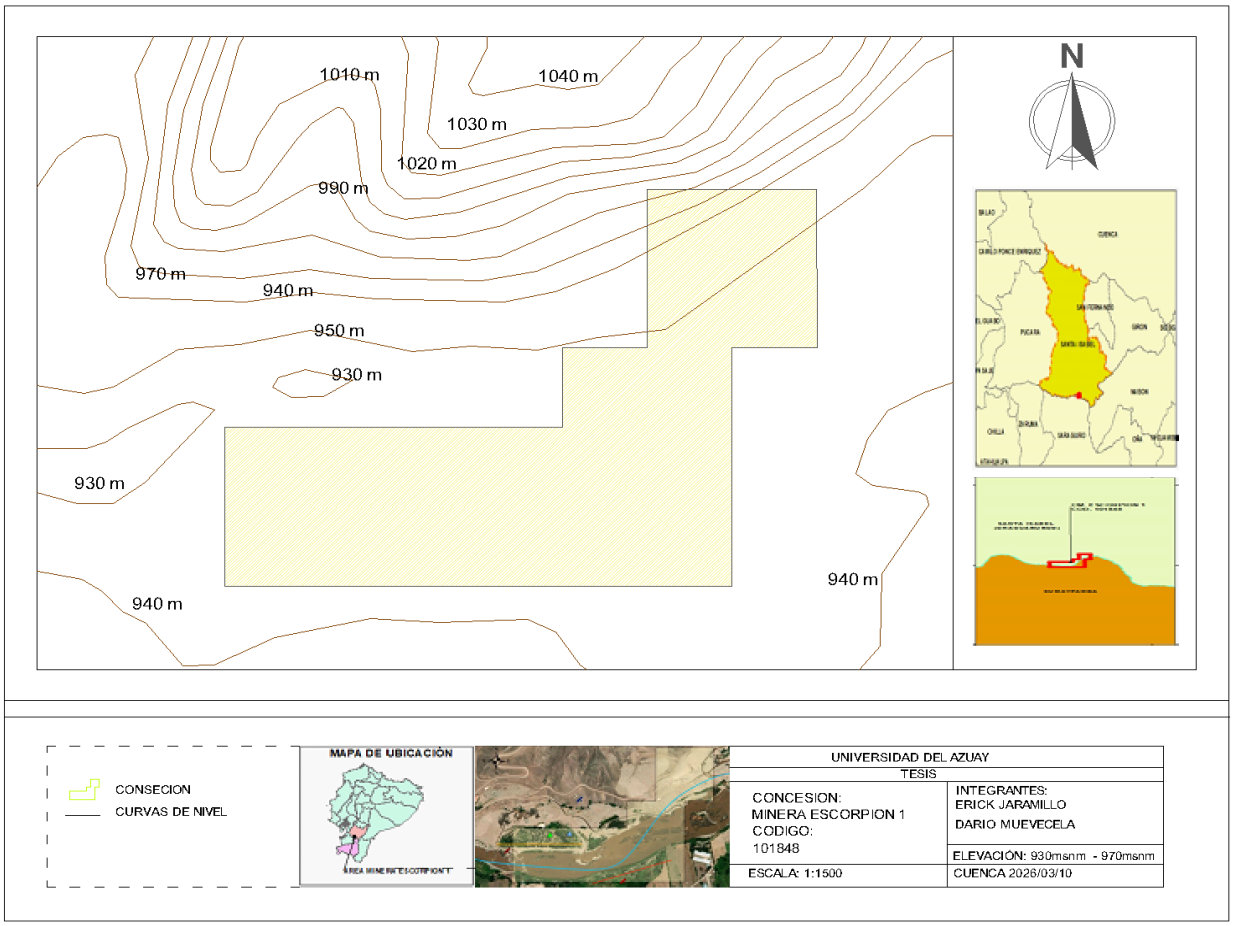
Las actividades de explotación se desarrollan a cielo abierto mediante el método de noques mixtos, considerando las características del área de explotación y las condiciones geológicas y operativas del sector. En el desarrollo de las actividades mineras se ha identificado la necesidad de fortalecer los componentes administrativo, legal y financiero de la concesión, con la finalidad de mejorar la gestión de la operación y contribuir a la sostenibilidad de las actividades extractivas.

En este contexto, resulta necesario establecer un sistema de explotación técnicamente estructurado que permita optimizar las diferentes etapas del proceso productivo, mejorar el rendimiento de las operaciones e incrementar la rentabilidad de la actividad minera.

1.2 Ubicación y acceso

La concesión minera “Escorpión 1” código 101848 está ubicada entre los cantones de Santa Isabel y Saraguro, parroquia Santa Isabel - Sumaypamba, provincias del Azuay y Loja.

Figura 1: Mapa de ubicación de la concesión minera Escorpión 1



Fuente: *Elaboración propia*

1.2.1 Acceso a la Concesión

Se accede a la concesión minera “ESCORPIÓN 1” código :101848, por la vía Cuenca-Girón-Pasaje Km 88 pasando 1km de la gasolinera Segovia, por las faldas de la entrada a Puente Loma (vía antigua del MTOP), un 6.5 km se recorre, llegando directamente a las oficinas y posteriormente llegar a los frentes de explotación.

Figura 2: Acceso a la concesión minera Escorpión 1.



Fuente: *Google Earth, 2026*

1.3 Topografía.

Se ha considerado realizar un levantamiento topográfico, para obtener información precisa sobre las características morfológicas y espaciales del terreno.

Para ello, se llevó a cabo el levantamiento topográfico del área minera “Escorpión 1 con código 101848”, iniciando con la georreferenciación del punto base mediante un receptor GPS Garmin. Las coordenadas fueron registradas en el sistema de referencia WGS-84, zona 17M. Posteriormente, utilizando una estación “GNNS RTK SOUTH”, se efectuó la toma de puntos

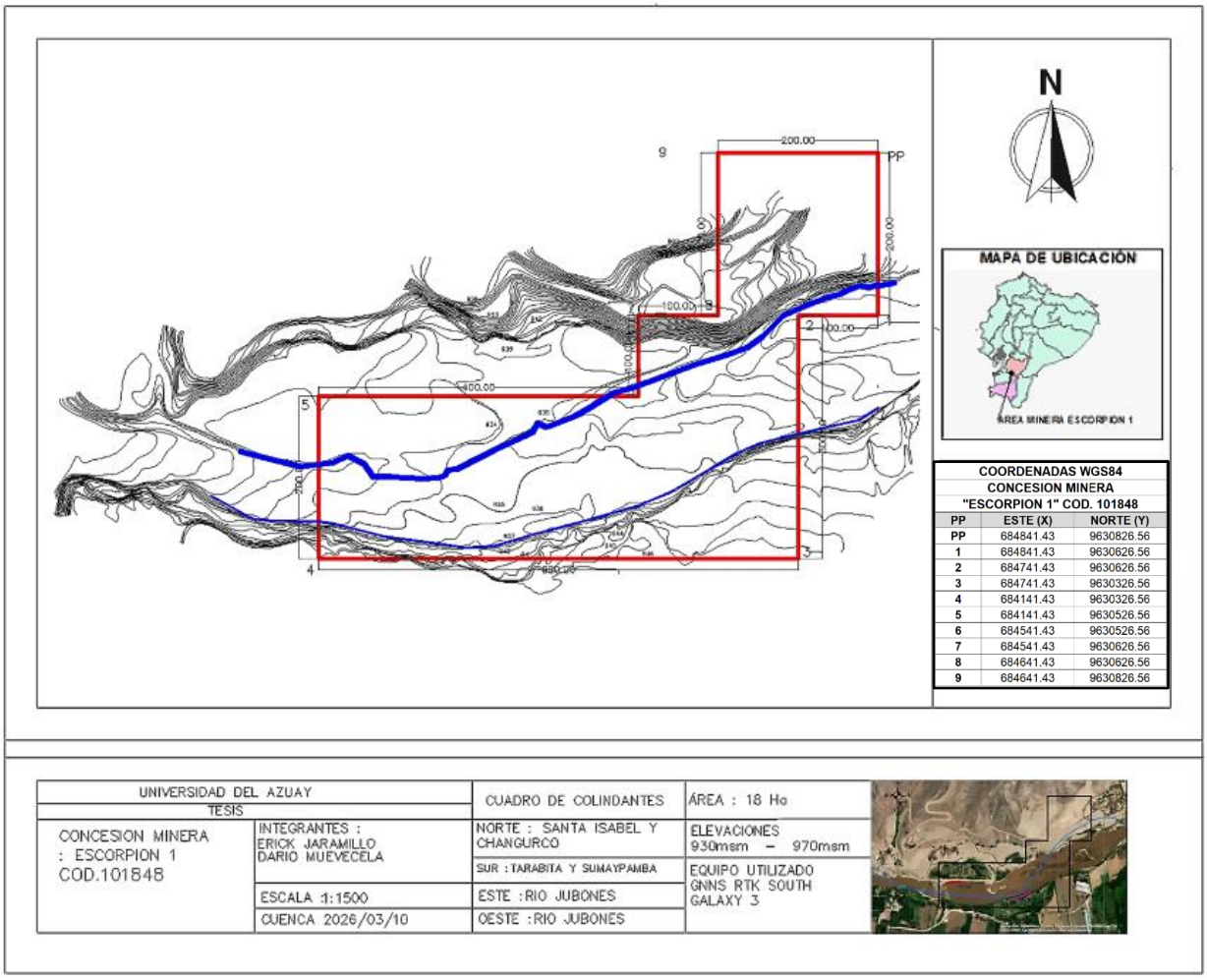
visibles dentro del área de estudio. Con el fin de cubrir la totalidad del terreno, se realizaron los cambios de estación necesarios hasta completar el levantamiento.

Una vez finalizada la captura de datos en campo, la información fue almacenada y posteriormente procesada. Los datos obtenidos se exportaron a formato Excel para su tratamiento y posterior elaboración del mapa topográfico de la concesión minera “Escorpión 1”, a una escala de 1:1500.

El levantamiento comprendió una superficie aproximada de 18 hectáreas, permitiendo identificar los frentes de extracción activos, así como las vías de acceso e infraestructuras existentes dentro del área de estudio. Esta información facilitó la delimitación de las zonas destinadas a explotación.

Con base en los datos topográficos recopilados, se elaboró un plano topográfico a escala 1:1500, incorporando curvas de nivel principales cada 10 metros y curvas secundarias cada metro. Este documento cartográfico constituye una herramienta fundamental para la localización de los frentes de explotación, la identificación de las obras e infraestructuras presentes y la definición de las áreas operativas de la concesión minera.

Figura 3: Mapa topográfico de cesión minera Escorpión 1.



Fuente: *Elaboración propia*

1.4 Factores climáticos de la zona

La concesión minera “Escorpión 1” código 101848 está ubicada entre las parroquias Sumaypamba y Santa Isabel. Por lo que se describe el clima de ambas parroquias.

En la parroquia Sumaypamba el clima es Ecuatorial meso térmico seco, respecto de la parroquia Santa Isabel en relación a la superficie por tipo de clima, tenemos que en su mayoría se presente un clima Ecuatorial Mesotérmico semihúmedo y subtropical muy seco, para el área en estudio el clima que predomina es el Ecuatorial Mesotérmico Seco siendo un clima abrigado.

Tabla 1: Información de la Estación

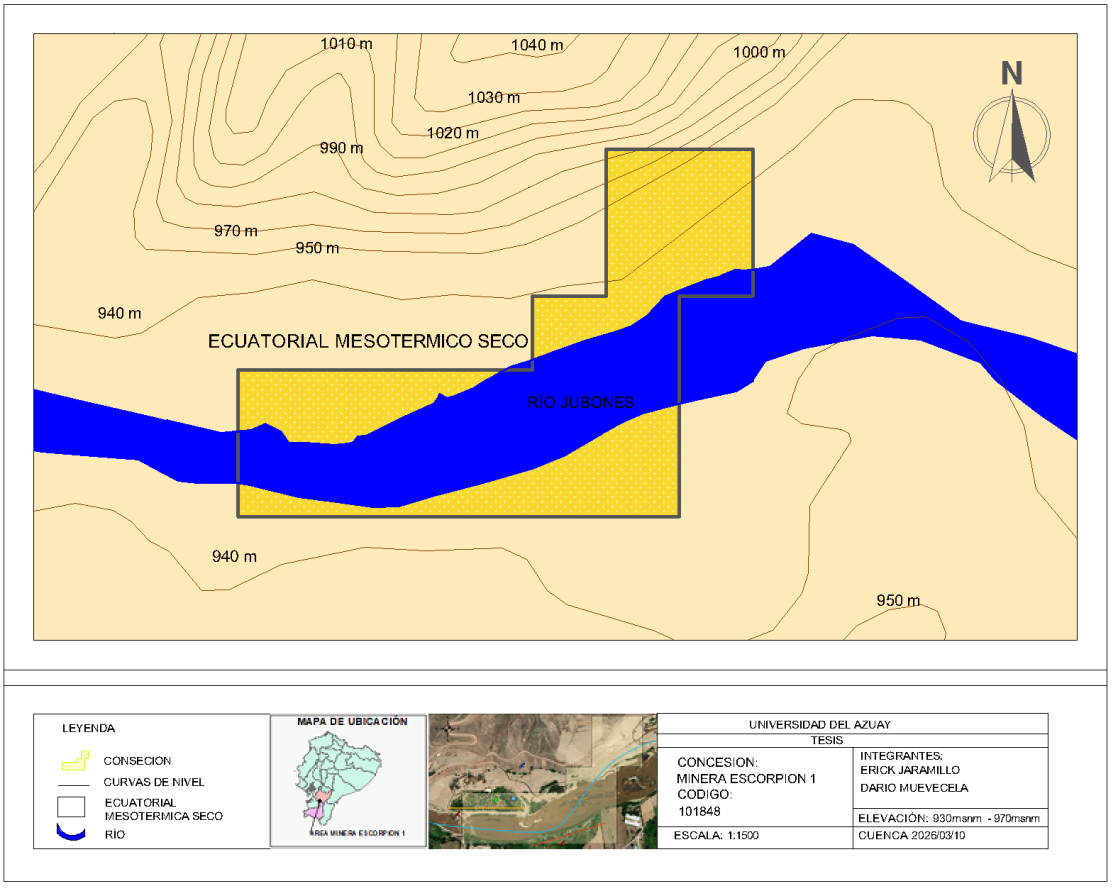
Código	Nombre	Tipo	Coordenadas (WGS 84)		Altitud	Distancia desde la estación a la infraestructura (los límites de implantación del Proyecto) (m)
			Norte	Este		
M032	Santa Isabel	Climatológica Principal	691245	9640518	1040	11.617 m

Fuente: *Elaboración propia*

En cuanto a la información meteorológica disponible, la zona cuenta con registros históricos de considerable extensión temporal, lo que permite una adecuada caracterización climática. Entre las estaciones con series de datos superiores a 40 años se encuentran Hacienda Santa Lucía, Girón y Pasaje y las estaciones de Santa Isabel y Uzhcurrumi que disponen de más de 25 años de información. De igual manera, se consideraron estaciones con registros entre 10 y 15 años, tales como Tendales, Pedernales, San Fernando y Minas de Huascachaca, las cuales aportan información complementaria relevante.

La selección de la estación meteorológica de referencia se realizó considerando criterios técnicos específicos, entre ellos la proximidad a la concesión minera, disponibilidad y continuidad de los registros, el tipo de estación requerida (climatológica), así como factores relacionados con su ubicación geográfica, tales como altitud y distancia respecto al área de estudio. Además, se tomó en cuenta la información oficial recopilada y difundida por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) en distintos períodos.

Figura 4: Mapa tipo de clima de la concesión minera Escorpión 1



Fuente: *Elaboración propia*

1.4.1 Temperatura

La temperatura constituye un parámetro que refleja el grado de calentamiento o enfriamiento del aire, producto del intercambio de energía térmica entre la superficie terrestre y la atmósfera. Este elemento meteorológico experimenta variaciones a lo largo del día debido a la incidencia de la radiación solar y también presenta fluctuaciones temporales asociadas a las condiciones climáticas predominantes y a los cambios estacionales. Su medición se realiza

mediante instrumentos especializados, como el termómetro de mercurio y el termógrafo. (INAMHI, 2020)

Para la caracterización térmica del área donde se localiza la concesión minera “Escorpión 1”, se emplearon registros de temperatura mínima, media y máxima correspondientes al período de análisis comprendido entre los años 2025 y 2026

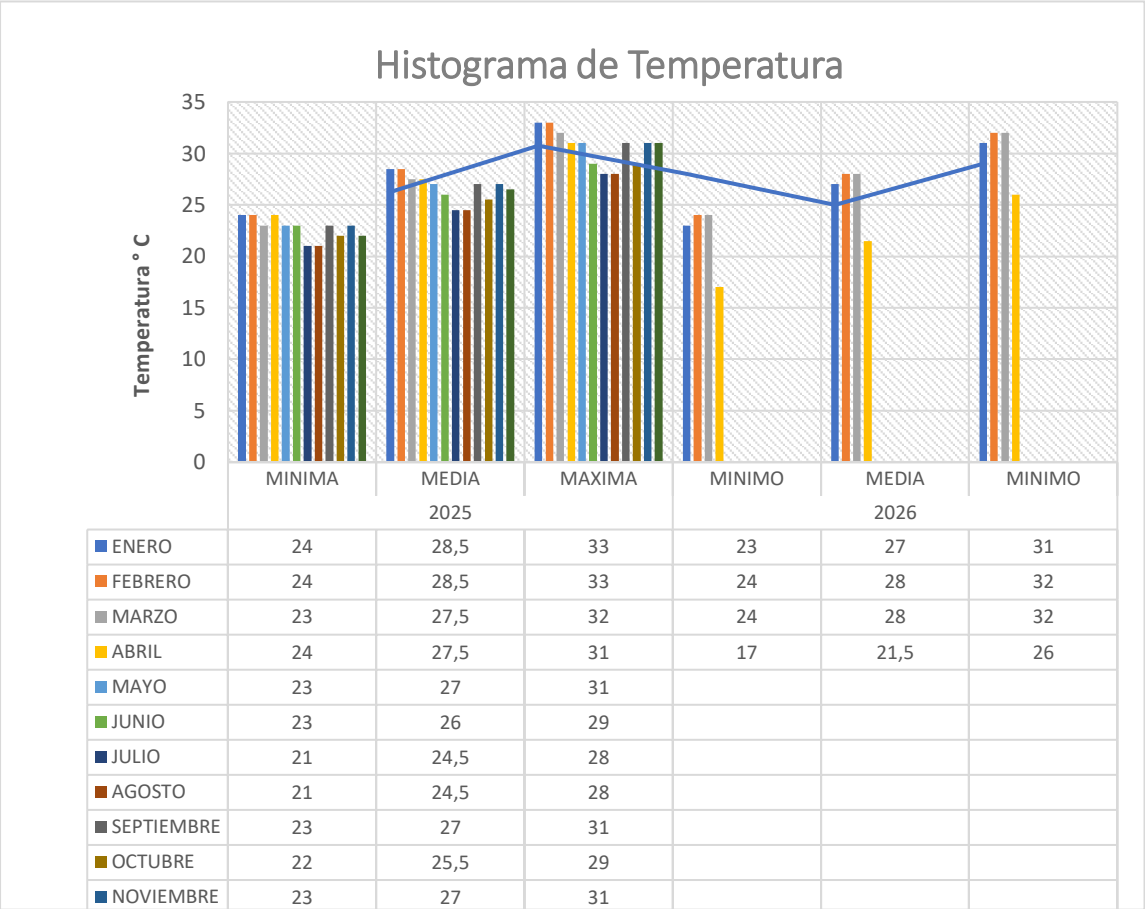
Tabla 2: Temperatura mínima, media y máxima

AÑO	TEMPERATURA °C	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
2025	MINIMA	24	24	23	24	23	23	21	21	23	22	23	22
	MEDIA	28.5	28.5	27.5	27.5	27	26	24.5	24.5	27	25.5	27	26.5
	MAXIMA	33	33	32	31	31	29	28	28	31	29	31	31
2026	MINIMO	23	24	24	17								
	MEDIA	27	28	28	21.5								
	MINIMO	31	32	32	26								

Fuente: *Autor, basado en Anuario meteorológico Accuweather 2026.*

Realizando el cálculo de temperatura promedio general para todo el periodo analizado (2025- 2026), obtenemos un valor de 22,56 – 30,5 °C, que se comprueba con el histograma del siguiente gráfico que representa las temperaturas mínimas, medias y máximas de todo el periodo de tiempo analizado.

Figura 5: Histograma de Temperatura. Estación Santa Isabel

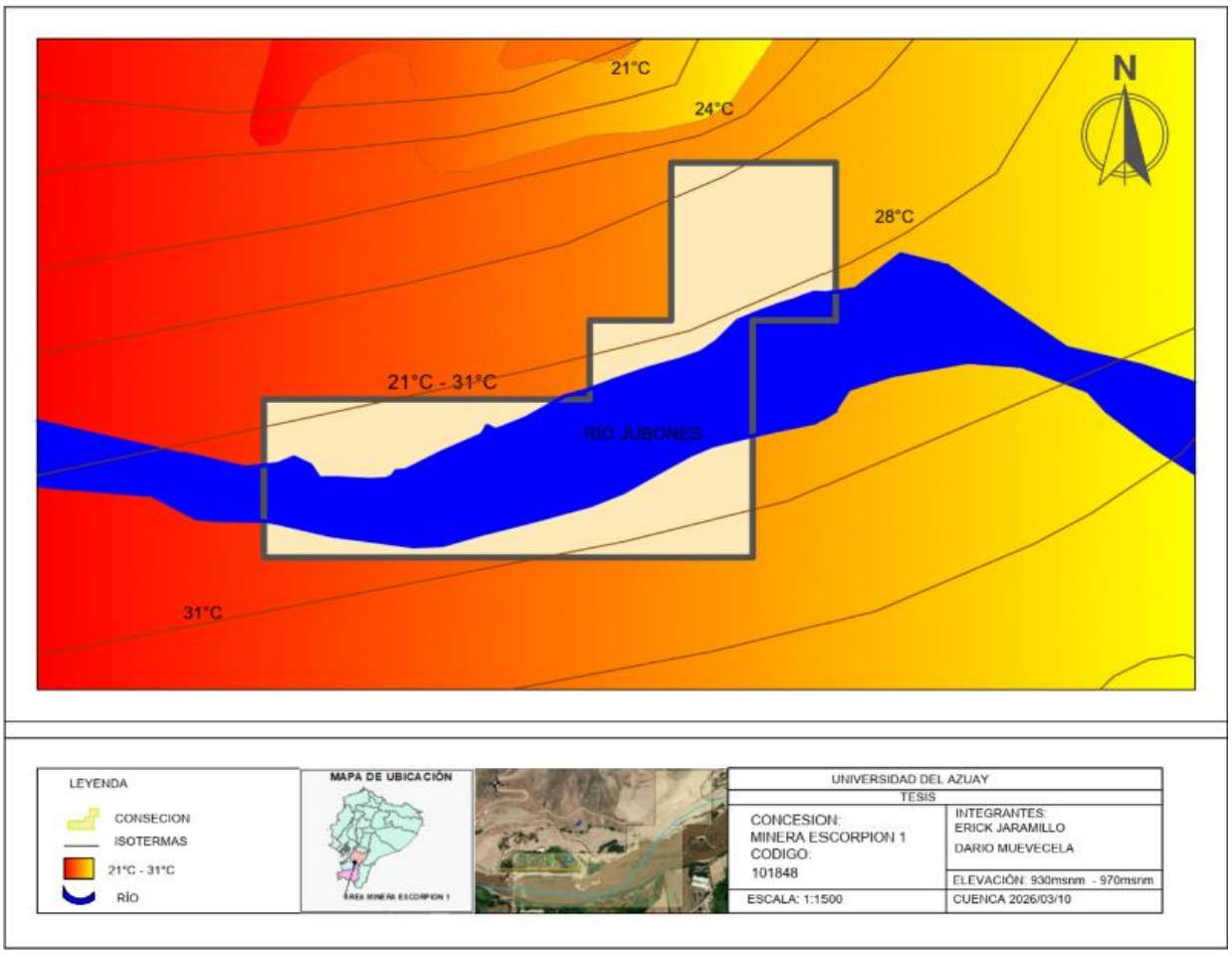


	MINIMA	MEDIA	MAXIMA	MINIMO	MEDIA	MINIMO
		2025			2026	
ENERO	24	28,5	33	23	27	31
FEBRERO	24	28,5	33	24	28	32
MARZO	23	27,5	32	24	28	32
ABRIL	24	27,5	31	17	21,5	26
MAYO	23	27	31			
JUNIO	23	26	29			
JULIO	21	24,5	28			
AGOSTO	21	24,5	28			
SEPTIEMBRE	23	27	31			
OCTUBRE	22	25,5	29			
NOVIEMBRE	23	27	31			

Fuente: *Elaboración propia*

Como se podrá apreciar, la temperatura presente para el área de estudio donde se ubica la concesión minera “Escorpión 1” tiene un rango de variación entre 21°C a 31°C; que se complementa con la información procesada anteriormente.

Figura 6: Mapa Isotermas de la concesión minera Escorpión 1



Fuete: *Elaboración propia*

1.4.2 Precipitación

La precipitación es un fenómeno meteorológico que comprende la caída de agua desde la atmósfera hacia la superficie terrestre en diferentes formas, tales como lluvia, llovizna, granizo o partículas de hielo. Este parámetro se cuantifica en milímetros (mm), unidad que representa la altura de agua acumulada sobre una superficie horizontal de un metro cuadrado, equivalente a un litro de agua por cada metro cuadrado de área (INAMHI, 2020).

Para el presente análisis se consideró la información correspondiente al período 2008–2012; con el propósito de completar los registros faltantes, se aplicó el método de relleno por

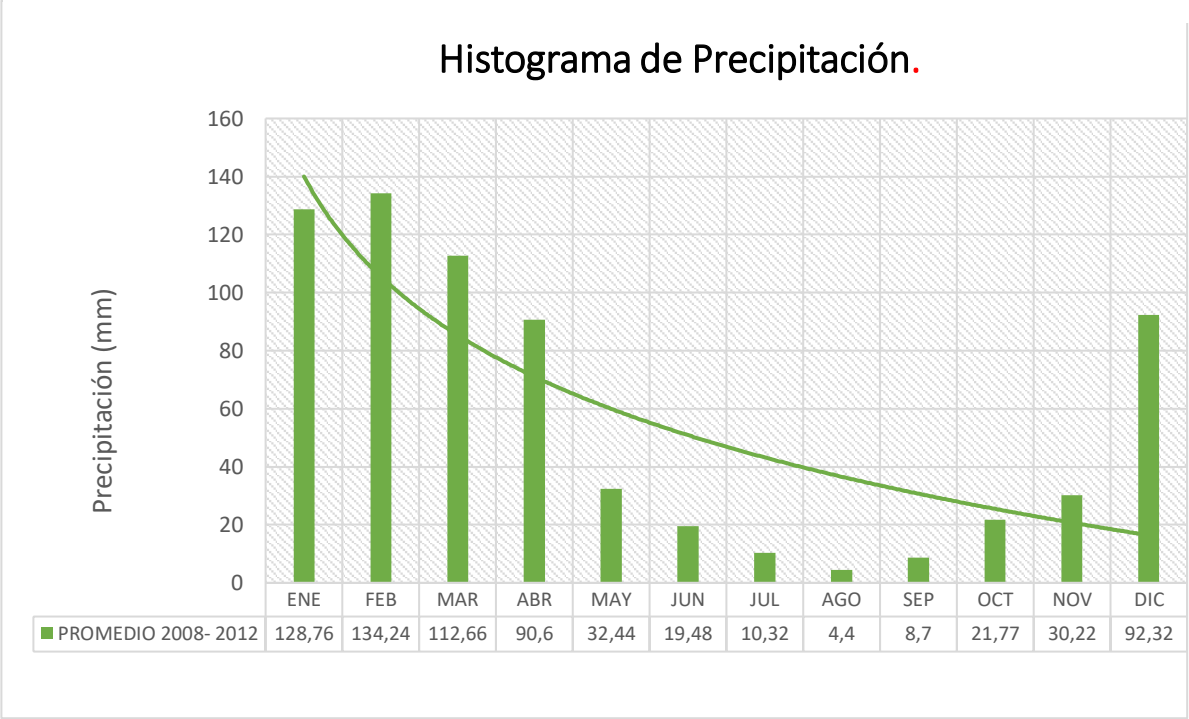
promedios, procedimiento recomendado cuando los datos ausentes no superan el 10 % del total de la serie analizada. En este estudio se dispone de una serie conformada por 60 registros, por lo que el límite máximo admisible de datos faltantes corresponde a 6 observaciones. Dado que el número de datos ausentes coincide con este porcentaje, fue posible emplear dicha metodología para la estimación y completamiento de la información faltante (Patiño, 2017).

Tabla 3: Precipitación Anual – Estación Santa Isabel

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2008	143,8	168,4	212	130,4	55,5	17,8	6,3	11,4	10,4	51,9	34,6	34,6
2009	166,9	96,6	81,8	52,7	38,6	9,8	4,1	1,2	1,5	7,1	33	116,6
2010	30,8	80,3	142,7	80,2	30,3	37,7	30	0,7	8,5	11,7	16,9	148,6
2011	82,4	152,2	49,6	125,4	14,8	30	11,2	4,4	14,5	16,4	36,4	69,5
2012	219,9	173,7	77,2	64,3	23	2,1	0	4,4	8,7	21,8	30,2	92,3
PROMEDIO	128,76	134,24	112,66	90,60	32,44	19,48	10,32	4,4	8,7	21,77	30,22	92,32

Fuente: *Elaboración propia, basado en Anuarios Meteorológicos del INAMHI (2008-2012)*

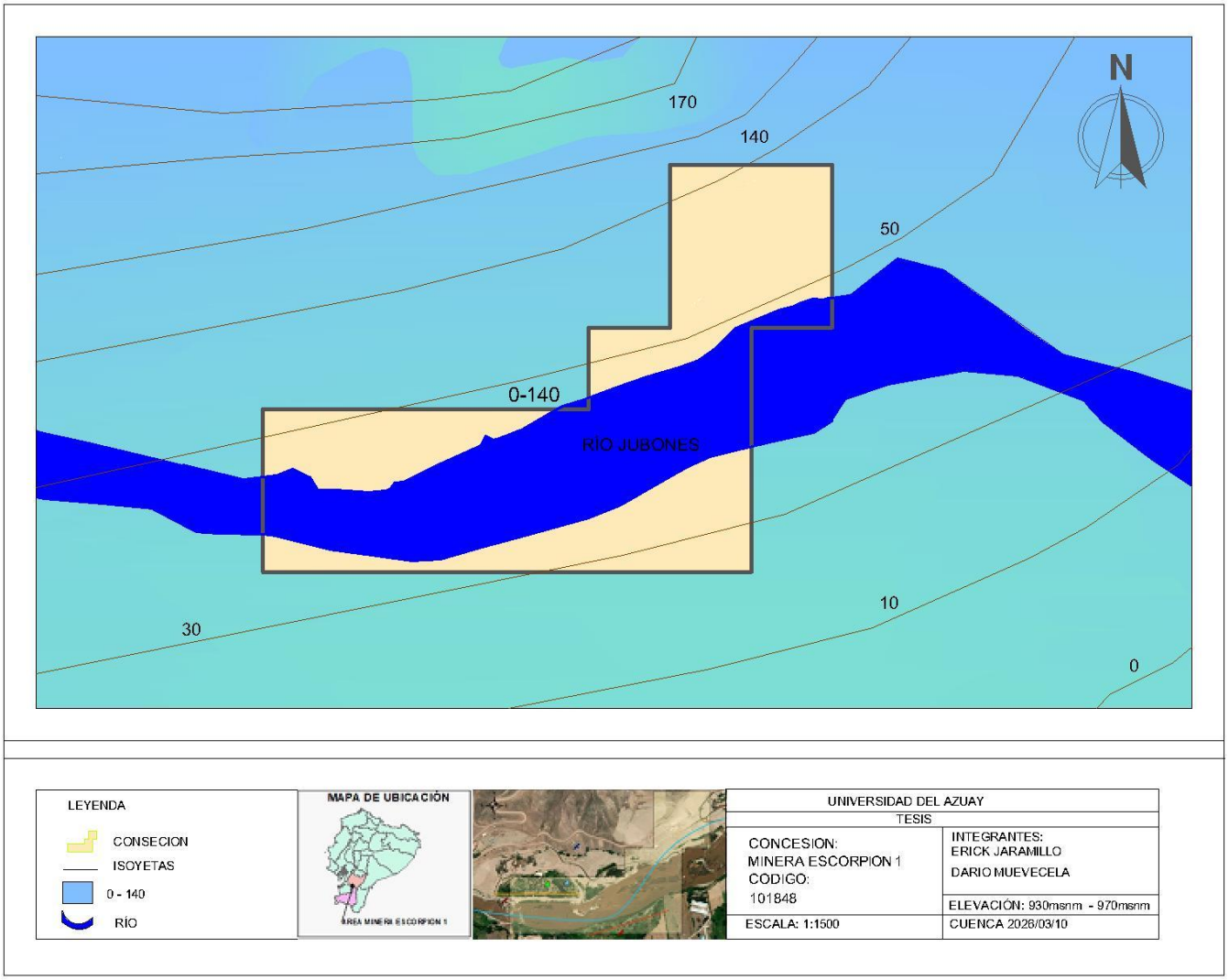
Figura 7: Histograma de Precipitación mensual promedio para el periodo 2008-2012



Fuente: *Elaboración propia, basado en Anuarios Meteorológicos del INAMHI.*

Los datos procesados indican que los promedios de los meses más lluviosos para el periodo analizado fueron enero (128,76 mm), febrero (134,24 mm) y marzo (112,66mm). Mientras que, los meses que presentaron promedios bajos de lluvias fueron julio (10,32 mm), agosto (4,43 mm) y septiembre (8,72 mm).

Figura 8: Mapa de Isoyetas de la concesión minera Escorpión 1



Fuente: *Elaboración propia*

1.5 Geología General

La concesión minera “Escorpión 1” código 101848, se encuentra localizada a la altura de la cuenca sedimentaria del terciario denominada Jubones, específicamente sobre depósitos aluviales de terrazas modernas formadas por el río Jubones.

Las formaciones geológicas que comprenden la cuenca terciaria de Jubones son exclusivamente sedimentarias y yacen en discordancia sobre un basamento volcánico de

composición ácida como son las rocas riolíticas e ignimbritas de edad eocénica de la formación geológica Saraguro.

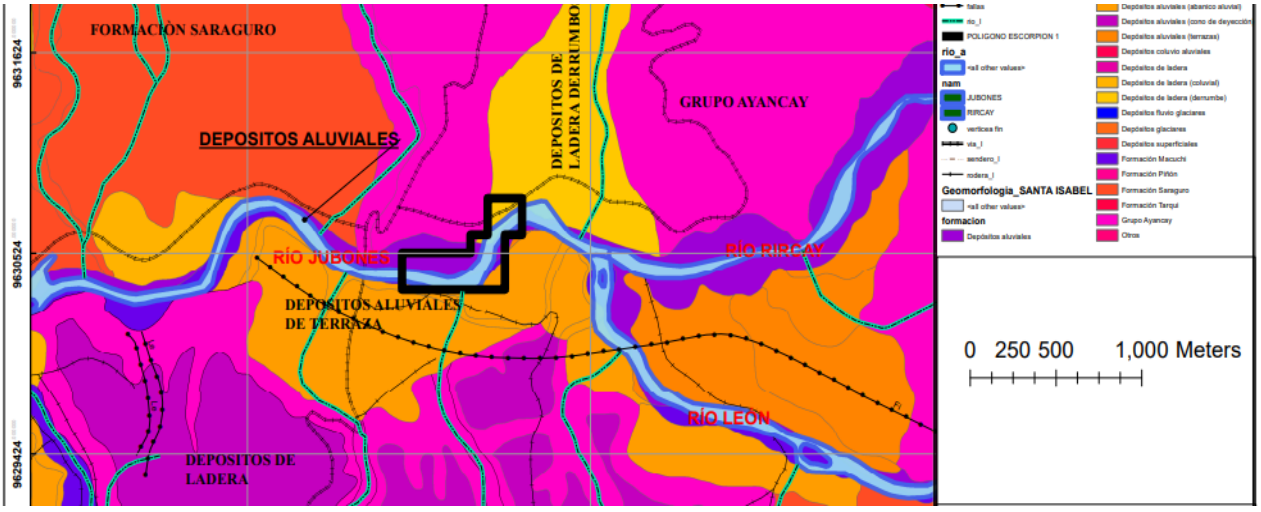
Las rocas sedimentarias de la cuenca Jubones son de edad miosénica y correspondan al grupo Ayancay, donde se presentan areniscas, lutitas, limonitas, arcillolitas, lodolitas y un conglomerado basal muy compactado y segmentado con carbonato de calcio.

En la zona de la concesión minera “Escorpión 1” código 101848, el río Jubones ha formado un valle en forma de V, que presenta un incipiente desarrollo de terrazas modernas constituidas de cantos rodados, arena, limo y arcilla, razón por la cual las actividades mineras extractivas se realizan en el cauce de este río ya que por su considerable amplitud del cauce presenta condiciones favorables para extraer los materiales aluviales del lecho de río donde se encuentran los cantos rodados y la arena que tienen aplicación en la industria de la construcción (MAATE, 2022).

1.6 Geología Local

La concesión minera “Escipión 1” código 101848, está compuesta por depósitos aluviales en su mayor porcentaje de la era cuaternaria, de igual manera, está integrado por depósitos de ladera (coluvial) así también se encuentra la información Ayancay y la información Saraguro estas unidades de formaciones representan lo siguiente:

Figura 9: Mapa de los Depósitos aluviales de la concesión minera Escorpión.



***Fuente**: Elaboración propia*

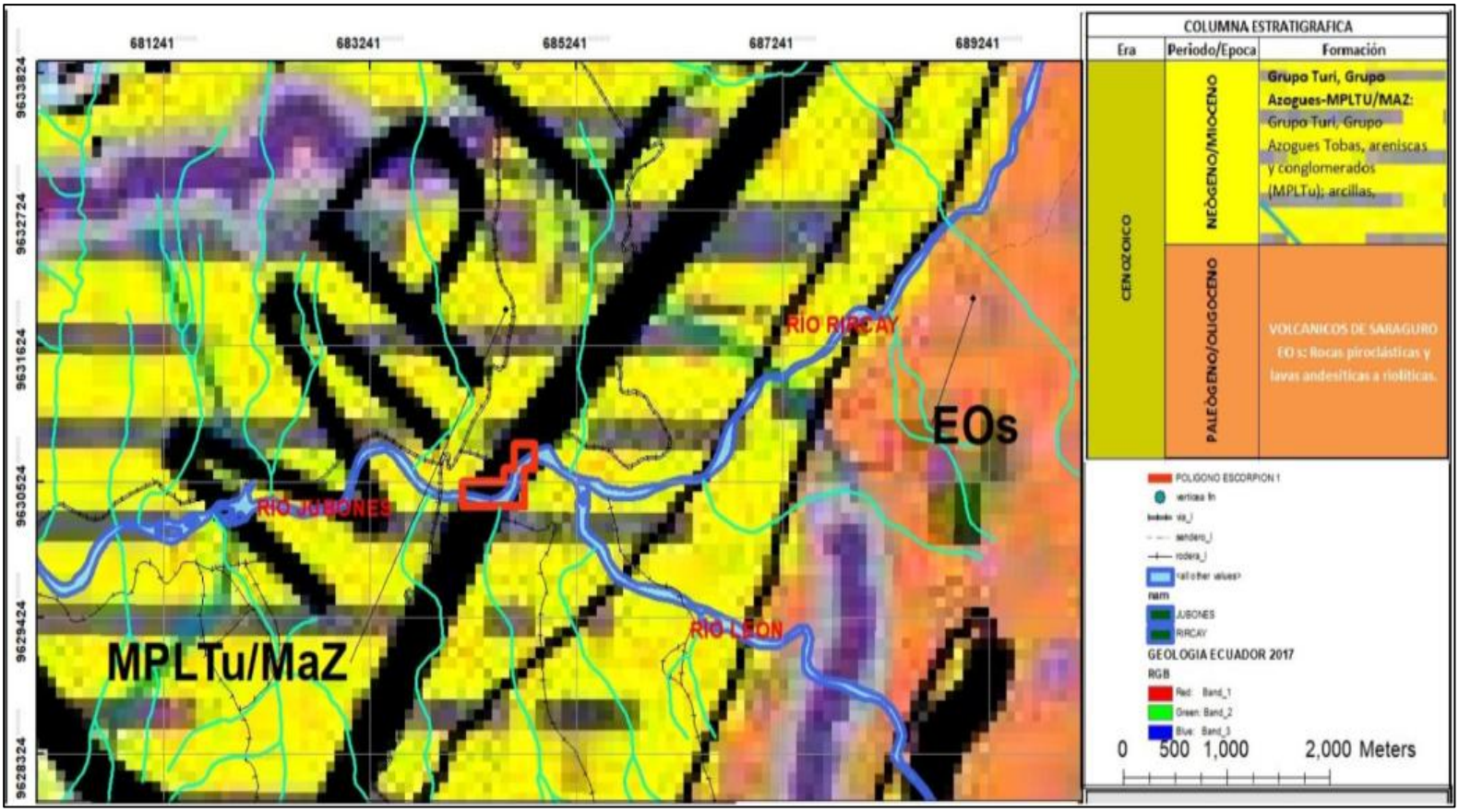
Depósitos Aluviales: Conforman también terrazas aluviales y están ubicados generalmente en la región Sierra con un origen fluvial y una estructura de terraza baja, la cual está constituida principalmente por arenas, limos, arcillas y conglomerados típicamente con una pendiente muy suave (>2-5%) y tomando la forma de un valle plano. (Armijos & Sánchez, 2018)

Depósitos de ladera (coluviales): Conforman también depósitos coluviales y están ubicados generalmente en la región Sierra con un origen de Laderas con la que presentan una geoforma de coluvión antiguo, con una litología de mezcla heterogénea de materiales finos y fragmentados angulares rocosos, con ausencia de estratificación y estructuras de ordenamiento interno, típicamente con una pendiente media (>12-25%) y tomando la forma de un valle plano (Armijos & Sánchez, 2018).

Grupo Ayancay: Forma parte de la secuencia sedimentaria de la cuenca de Cuenca y se halla expuesta entre Santa Isabel, Girón y Cuenca, confinando entre el sistema de fallas Gañarin. Es de origen fluvial, con una pendiente madia a fuerte (>25-40%) compuesto

predominantemente por areniscas, lutitas verdes y rojas y limolitas con escases tobas, capas de carbón y conglomerado. Descansa discordantemente sobre el Grupo Saraguro y esta sobre yacido por la información Turi. Su edad es Mioceno Medio (Armijos & Sánchez, 2018).

Figura 10: Mapa tomado del mapa geológico 2017, del área de estudio

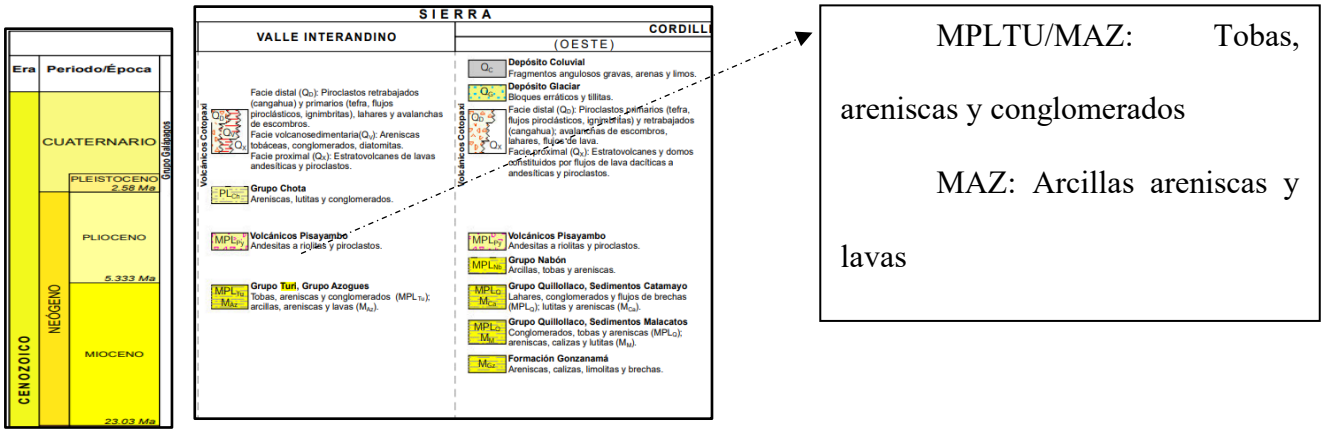


Fuente: *IIGE, Mapa geológico del Ecuador, 2017*

Formación Saraguro: Se caracterizan por ser material de densidad medio (disectado), cuya Genesis es de ladera con una geoforma de variante abrupta con fuerte disección, cuya litología predominan materiales piroclastos (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfiricas) alternantes, con una pendiente muy fuerte (>70-100%).

En la Sierra sur presenta un volcanismo intermedio a ácido que es contemporáneo con la formación y depositación de las cuencas intra montañosas de Cuenca – Girón Santa Isabel, Loja, Catamayo, Malacatos – Vilcabamba y Gonzanamá. Estas cuencas en su fase de apertura son de carácter litoral dominadas por facies finas con influencia marina y en su fase de clausura al fin del Mioceno son de naturaleza intra montañosa, con facies gruesas fluviátiles y de conos (Armijos & Sánchez, 2018).

Figura 11: Litología del área de estudio



Fuente: *Mapa geológico Ecuador, 2017*

En la figura 11, se puede observar la descripción de la litología del área de estudio, con el periodo o época de la formación, basada en el mapa geológico del Ecuador del año 2017, para la concesión minera Escorpión 1, corresponde la formación MPLTU/MAZ: GRUPO TURI-GRUPO AZOGUES.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 Materiales áridos y pétreos secundarios

Los materiales áridos y pétreos secundarios de río, son agregados como arenas y gravas que se extraen directamente de los lechos y riberas fluviales, se utilizan de manera extensa en la construcción, obras civiles, públicas o arquitectónicas. Se considera material pétreo a cualquier cuerpo que no ha pasado por un proceso industrial distinto a los métodos de clasificación y/o trituración. Estos materiales poseen características particulares de calidad, dado que son muy resistentes a impactos, condiciones ambientales, factores atmosféricos y externos. Por esta razón, son ampliamente empleados en el sector de la construcción como un componente resistente, duradero y decorativo para revestir suelos y paredes, así como materia prima para crear otros materiales (Farez, 2022).

2.2 Explotación de materiales de construcción en lecho de río

2.2.1 Extracción directa

Este método, es el más utilizado en las empresas y concesiones que se dedican a la explotación de materiales pétreos: Consiste en que la maquinaria utilizada para la explotación (retroexcavadoras, volquetas, entre otros) siga el cauce y dirección el río, para lo cual se necesita que las vías hacia los sectores de explotación estén en excelente estado; los volquetes son los encargados de transportar el material del lugar de explotación a las zonas de stock y clasificación del mismo (Reyes, 2021).

2.2.2 Diques Transversales

Es un sistema de explotación empleado en la obtención de material de arrastre, que requiere lo mínimo en recursos económicos, logrando una mejor producción y manteniendo siempre el equilibrio con el medio ambiente; esta es una técnica esencial en la producción de dicho material y también contribuye a reducir los efectos negativos causados por este tipo de minería. La elaboración de estos diques se basa en el caudal que hay en el río (Reyes, 2021).

Este método consiste en la colocación de una línea de rocas de sobre tamaño, o bloques de concreto perpendiculares a la corriente del río y a distancias de 50 metros con el fin de retener el material conducido por la corriente. Las ventajas de este método son que el impacto ambiental se minimiza, puesto que el cauce natural del río permanece sin alteraciones y las reservas de material se recuperan de manera natural durante las diversas crecidas del río (Reyes, 2021).

2.2.3 Diques longitudinales

Como su nombre lo indica van longitudinalmente es decir paralelos al cauce del río, su capacidad de almacenamiento es muy alta por ende se obtendrá buenos resultados; para su construcción se deben utilizar materiales lo suficientemente fuertes para resistir la corriente, el peso de las maquinarias y el peso del material depositado. A diferencia del anterior método este genera más daño ambiental ya que se deben realizar diques para la extracción del material. (Rodríguez et al., 2023).

2.3 Maquinaria minera para explotación de áridos secundarios

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:

Arranque del material: Consiste en extraer el material del suelo o sub suelo mediante maquinaria (retroexcavadoras, excavadoras, bulldozer, moto traíllas), 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 (Rodríguez, 2023).

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 (Rodríguez, 2023).

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 (Rodríguez, 2023). 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 (Farez, 2022).

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. (Farez, 2022)

2.4 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. 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 (Farez, 2022).

2.5 Planta de lavado hidráulico y clasificación granulométrica

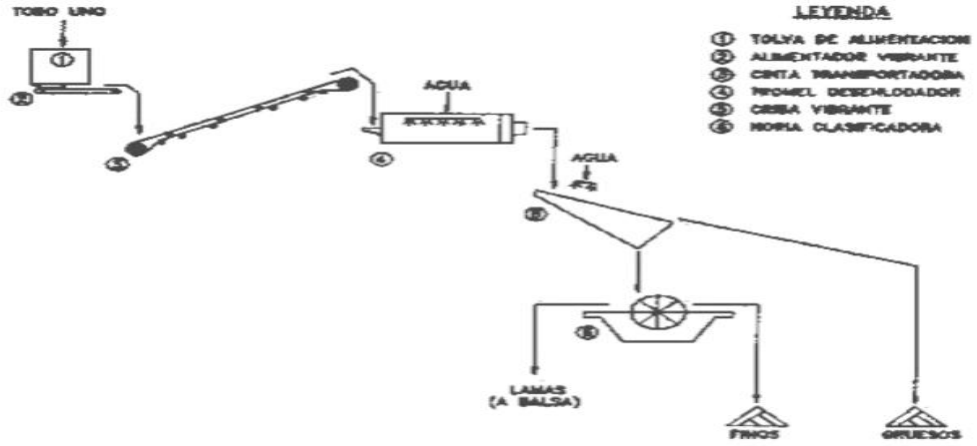
2.5.1 Planta de lavado de áridos

Una planta de lavado de áridos es una instalación industrial que usa agua en forma de chorro que favorece para limpiar grava, arena y otros materiales pétreos de impurezas como tierra, arcilla y materia orgánica, produciendo áridos de alta calidad para construcción (Blanco, 2021).

Según el tamaño de la partícula o del grano a de arcilla se emplean diferentes métodos:

- Tamaños gruesos: Trómeles lavadores; mucha agua y poca fricción.
- Tamaños medianos: Log-Washers; agua y fricción.
- Tamaños finos.: Atrición; poca agua y mucha fricción

Figura 12: Esquema pictográfico de una planta de lavado y clasificación de áridos gruesos y finos



Fuente: *Blanco, 2021*

2.6 Clasificación granulométrica de áridos

Los áridos se clasifican según el tamaño de sus partículas en arena, grava, limos y arcillas que se encuentra establecido en las normas DIN 4022 de uso generalizado y se adjunta la denominación conforme al Código Técnico de la Edificación (Blanco, 2021).

Tabla 4: Clasificación y denominación de los Áridos

Denominación	Tamaño (mm) DIN 4022	Denominación	Tamaño (mm) CTE
Bolos y bloques	> 60	Roca	Tamaños grandes
Grava gruesa	60 - 20	Grava gruesa	> 20
Grava media	20 - 6	Grava media	20 - 6
Grava fina	6 - 2	Grava fina	6 - 2
Arena gruesa	2 - 0,6	Arena gruesa	2 - 0,6
Arena media	0,6 - 0,2	Arena media	0,6 - 0,2
Arena fina	0,2 - 0,06	Arena fina	0,2 - 0,06
Limo grueso	0,06 - 0,02	Limo	< 0,06
Limo medio	0,02 - 0,006	Limo	0,06 - 0,002
Limo fino	0,006 - 0,002	Limo	> 0,002
Arcilla	< 0,002 (2μm)	–	< 0,002 (2μm)

Fuente: *Blanco, 2021*

2.7 Tratamiento de aguas residuales de lavado de materiales

2.7.1 Piscinas de sedimentación para sólidos en suspensión

Las piscinas de sedimentación para la extracción de materiales pétreos son estructuras de ingeniería (rectangulares, circulares o pozas de tierra) diseñadas para separar sólidos en suspensión del agua mediante la gravedad, permitiendo la reutilización del agua en procesos de lavado y minimizando el impacto ambiental. Estas trampas de sedimentos retienen arenas, limos y arcillas, facilitando la limpieza del agua antes de su retorno a los cuerpos hídricos.

2.8 Componentes Clave

Zona de entrada: Área donde llega el agua con sólidos, reduciendo la velocidad.

Zona de sedimentación: Espacio diseñado para el flujo uniforme y la deposición lenta de partículas.

La sedimentación puede ser:

• **De flujo horizontal**

•De flujo vertical

Para el dimensionamiento, basta en principio seleccionar una carga hidráulica y un tiempo de retención adecuados para obtener el rendimiento que se desee.

Carga hidráulica

$$Ch = \frac{\mathrm{Q}}{\mathrm{A}}$$

Tiempo de retención

$$Tr = \frac{\mathrm{V}}{\mathrm{Q}}$$

Siendo

Ch = Carga hidráulica ($m^3/m^2.h$)

Q = Caudal circulante a depurar (m^3/h)

A = Superficie horizontal (m^2)

Tr = Tiempo de retención (h)

V = Volumen del tanque de decantación (m^3)

Zona de lodos: Fondo de la piscina, usualmente con rampa para facilitar la extracción del material acumulado.

Zona de salida: Pared o vertedero que evita que el material flotante escape, permitiendo la salida de agua clarificada.

2.9 Aspectos técnicos y ambientales

Optimización: Se pueden utilizar equipos de coagulación y floculación para acelerar la sedimentación, además de sedimentadores tubulares.

Mantenimiento: La remoción de lodos debe ser frecuente para mantener la capacidad del sistema.

Uso: Aguas tratadas se reutilizan en maquinaria y procesos de trituración.

Impacto: Evita la colmatación de ríos y la contaminación de la vida acuática por sólidos suspendidos.

2.10 Manejo ambiental en la explotación minera de áridos secundarios

2.10.1 Plan de manejo ambiental

El Plan de Manejo Ambiental constituye un instrumento orientado al cumplimiento de medidas destinadas a prevenir, mitigar y compensar los posibles impactos negativos que una actividad pueda generar sobre el ambiente, así como a potenciar aquellos efectos que resulten favorables. Para ello, establece de manera organizada y sistemática un conjunto de acciones y medidas preventivas y correctivas. Además, debe incluir las actividades que se desarrollarán, el cronograma previsto para su ejecución, el período de tiempo establecido y los respectivos mecanismos o fuentes de verificación que permitan evaluar su cumplimiento**.** (Malacatus, 2025).

2.10.2 Conformación de un plan de manejo ambiental

De acuerdo con el Código Orgánico del Ambiente un Plan de Manejo Ambiental para cumplir con los Programas de Protección Ambiental y Manejo de los Impactos principalmente negativos debe conformarse de la siguiente manera (Malacatus, 2025)

Plan de Prevención y/o Mitigación de Impactos: está diseñado en base al cumplimiento de objetivos acoplados en torno a los impactos directos identificados y evaluados previamente en los diferentes componentes ambientales.

Plan de Contingencias: Se establece en la protección para la conservación de la vida humana de los empleados, así como la población que se encuentra ubicada en las áreas de influencia del proyecto.

Plan de Capacitación: programa relacionado con aspectos de protección personal, cuidados ambientales y se hará de acuerdo con el nivel de responsabilidad del trabajador.

Plan de Manejo de Desechos: promover un sistema adecuado de manejo de residuos generados durante las actividades del proyecto a ejecutarse, para minimizar el impacto que pueden causar los desechos generados por las mismas.

Plan de Relaciones Comunitarias: herramienta estratégica para prevenir conflictos y dirigir los recursos para la implementación de proyectos y programas que contribuyan al mejoramiento de la calidad de vida de la población.

Plan de Rehabilitación de áreas afectadas: propone medidas para conservar y/o restaurar ambientes degradados y favorecer la regeneración de los ecosistemas logrando un equilibrio de las condiciones ambientales.

Plan de rescate de vida silvestre, de ser aplicable: muestra interés particular en rescatar y reubicar a la fauna silvestre que se encuentren afectadas por el funcionamiento del proyecto y así evitar la pérdida de especies y promover su conservación.

Plan de Cierre y Abandono: medidas que de adoptarán al término de la vida útil de un proyecto con el objetivo de dejarlas controladas y/o mitigadas las situaciones que puedan dar origen a impactos socio ambientales indeseados durante el cierre y abandono.

Plan de Monitoreo y Seguimiento: conjunto de acciones que se llevarán a cabo para la comprobación de la correcta ejecución de las actividades del proyecto establecidas en la planificación del mismo.

2.11 Plan de seguridad minera y salud ocupacional

La seguridad Industrial y Salud Ocupacional son la ciencia y técnica multidisciplinaria, que se dedica a la prevención de riesgos ocupacionales y de la valoración de las condiciones de trabajo, en favor del bienestar físico, mental y social de los trabajadores, potenciando el crecimiento económico y la productividad.

Todas las actividades que realizamos implican un cierto riesgo. Es difícil saber con certeza que cada una de las actividades laborales se desarrollan diariamente en un ambiente sano dado que aumentan o disminuyen los riesgos y probabilidades de un accidente, ya que se conjugan varios factores a lo largo de muchos años o en cuestión de segundos, haciéndose importante la adopción de políticas de Seguridad Industrial que beneficien a las organizaciones y sus colaboradores.

2.11.1 Los Equipos de Protección Personal (EPP)

Son dispositivos, materiales o indumentaria diseñados para crear una barrera física entre el trabajador y los riesgos ambientales, biológicos, químicos o físicos, reduciendo la severidad de posibles lesiones o enfermedades. Su uso es indispensable cuando los controles de ingeniería y administrativos no son suficientes.

2.11.1.1 Aspectos clave de los EPP en el ámbito laboral

- **Obligación:** La empresa debe proporcionar los EPP adecuados, y el trabajador tiene la obligación de usarlos.
- **Selección:** Deben ser personales, ajustarse al tamaño del usuario y ser específicos para el riesgo.
- **Mantenimiento:** Requieren revisión periódica, limpieza y sustitución si están defectuosos.

2.11.1.2 Tipos de protección según la zona corporal

- **Cabeza:** Cascos de seguridad contra impactos.
- **Ojos y Cara:** Lentes, gafas o caretas para partículas, salpicaduras o radiación.
- **Oídos:** Tapones o protectores auditivos para altos niveles de ruido.
- **Manos:** Guantes de caucho, nitrilo, cuero, entre otros, según el riesgo.
- **Pies:** Calzado con puntera de acero y suela antideslizante.
- **Respiratoria:** Mascarillas o respiradores contra humos, gases o material particulado.

2.11.2 Seguridad industrial

La seguridad industrial es un conjunto de medidas técnicas empleadas para prevenir accidentes y eliminar las condiciones inseguras del ambiente también tiene por objeto la prevención y limitación de riesgos, así como la protección contra accidentes y siniestros capaces de producir daños o perjuicios a las personas, flora, fauna, bienes o medio ambiente, derivados de la actividad industrial (Carhuaricra Rivera, 2021).

2.11.3 Salud ocupacional

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2010) defina a La Salud: “un estado de completo bienestar físico, mental y social y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades”. Se considera la Salud Ocupacional como una disciplina y estrategia para conservar la salud de los hombres y mujeres trabajadores (Carhuaricra Rivera, 2021).

El Comité Conjunto de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y la OMS definen a la Salud Ocupacional como: La disciplina de la Salud ocupacional tiene como finalidad promover y mantener el más alto grado de bienestar físico, mental y social de los trabajadores en todas las profesiones, evitar el desmejoramiento de la salud causado por las condiciones de trabajo, protegerlos en sus ocupaciones de los riesgos resultantes de los agentes nocivos.

2.11.4 Higiene en el trabajo

La Higiene en el Trabajo se refiere a un conjunto de normas y procedimientos enfocados a la protección de la integridad física y mental del trabajador, preservándolo de los riesgos de salud inherentes a las tareas del cargo y el ambiente físico donde se ejecutan (VIZYON, 2026).

2.12 Análisis económico en la comercialización de áridos y pétreos secundarios

2.12.1 Inversiones Fija

Son aquellas que quedan fijas durante el funcionamiento de la empresa y se refieren a los activos físicos, que suelen ser adquiridos al comienzo del proyecto y de manera única.

2.12.2 Análisis costo-beneficio

La relación costo-beneficio se refiere al resultado de medir "la relación que existe entre los costes de un proyecto y los beneficios que otorga. Su objetivo es determinar si una próxima inversión es rentable o no para una empresa". Esto implica la evaluación de los elementos relevantes que permiten visualizar la factibilidad de un proyecto (Gómez, 2024).

$$\frac{\text{Costos CI}}{\text{Beneficios BN}} = * 100$$

Donde:

BN: Beneficios netos ($)

CI: Costos de Inversión ($)

2.12.3 Flujo de caja

El flujo de caja es un documento que detalla las entradas y salidas de dinero que la empresa tiene proyectadas, las cuales sirven para calcular sus requerimientos de efectivo a corto plazo, prestando especial atención a la planificación considerando sobrantes y déficits de efectivo. El análisis del flujo de caja se utiliza para determinar la viabilidad de proyectos, siendo fundamental para el cálculo del Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno. Usualmente, el flujo de caja se establece utilizando una matriz que contiene columnas y filas. En las columnas se disponen los periodos que suelen ser de meses y en las filas se encuentran los ingresos y egresos de dinero. Las entradas comprenden todo el capital que fluye hacia las actividades productivas de la empresa, abarcando tanto la comercialización de servicios como de productos. Las salidas se reflejan en la totalidad del dinero que abandona la empresa y que es necesario para llevar a cabo su actividad productiva. Lo expuesto está reflejado en la siguiente fórmula: (Gómez, 2024).

$$Flujo\ de\ caja\ =\ Entradas\ (Ingresos)\ -\ Salidas\ (Costos)$$

2.12.4 Valor actual neto (VAN)

El Valor Actual Neto (VAN) es definido como el valor actual de los flujos de caja esperados, los cuales están constituidos por los flujos de ingresos y egresos en efectivo. Formalmente se expresa como el valor actualizado del saldo entre el flujo de ingresos y egresos en efectivo generados por un proyecto durante su vigencia. Para calcular este valor se descuentan los flujos a una tasa de descuento constante durante el período de vida útil del proyecto, lo que permite simplificar el modelo de cálculo del VAN de la manera siguiente: (Gómez, 2024).

$$VAN\ =\ \frac{-1 + FC_1}{(1+k)^1} + \frac{FC_2}{(1+k)^2} \ldots + \frac{FCnn}{(1+K)}$$

Donde:

VAN: Valor actual neto ($)

I: Inversión inicial

Flujo de caja ($)

n: período de vida útil (año)

k: tasa de descuento (%)

Tasa interna de retorno (TIR): La Tasa Interna de retorno (TIR), se define como la tasa de actualización o descuento, que hace cero el VAN de la inversión. Es decir, aquella tasa de descuento que iguala el valor actual de la corriente de cobros con el valor actual de la corriente de pagos. Para el cálculo de la TIR se utiliza la siguiente expresión: (Gómez, 2024).

$$TIR = \frac{-1 + FC_1}{(1+r)^1} + \frac{FC_2}{(1+r)^2} \ldots + \frac{FCnn}{(1+r)}$$

Donde:

TIR: Tasa interna de retorno (%)

I: Inversión inicial ($) FC: Flujo de caja ($)

n = vida útil (año)

r: = tasa de descuento que representa la TIR (%)

CAPÍTULO 3

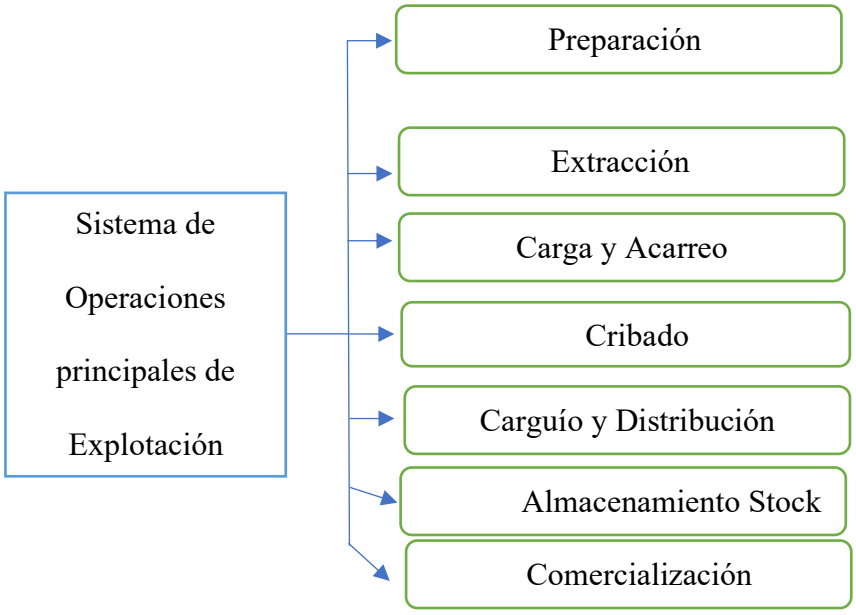
EVALUACIÓN DE OPERACIONES MINERAS ACTUALES

3.1 Análisis de las operaciones unitarias mineras principales actuales.

3.1.1 Esquema de Explotación

El esquema de explotación identificado en la concesión minera Escorpión 1, destinada a la extracción de materiales de construcción, está orientado a la planificación y organización de las actividades mineras desarrolladas dentro del área concesionada. Este esquema establece las zonas de extracción, la secuencia de avance de los trabajos y la distribución de las áreas operativas, permitiendo un aprovechamiento adecuado del recurso.

Figura 13: Diagrama del Sistema de Operaciones de Explotación en la concesión Escorpión 1



Fuente: *Elaboración propia*

3.1.2. Operaciones Unitarias Principales

3.1.2.1 Preparación

Para la explotación de materiales de construcción de la concesión Escorpión 1, se ha considerado las características del río, que presenta un comportamiento moderadamente torrentoso. Por esta razón, se adoptó el método de noques de acumulación, el cual permite realizar una extracción ordenada y secuencial del material mediante el uso de una excavadora Caterpillar 320 de oruga con una cuchara de 1 m^3. Las actividades se desarrollan en 4 noques de acuerdo con una planificación previa, se va dejar un retiro tipo berma de 3m para iniciar los trabajos de explotación. El sistema de explotación ha sido determinado respetando la ordenanza del GAD de Santa Isabel y GAD de Saraguro, por el largo del río concesionado. Al Este a Oeste una medida longitudinal de 637 m. por un ancho promedio de 110m.

Figura 14: Explotación mediante noques



Fuente: *Elaboración propia*

3.1.2.2 Extracción

Para la extracción o arranque de material de los noques, se realiza con una excavadora Caterpillar 320 con una cuchara de 1 m^3 la cual ingresará hasta las orillas del río y procederá a extraer el material a una profundidad de 1.5 a 2 metros, seguidamente se hacen montículos del material en la misma superficie respetando el diseño de explotación, posteriormente se realiza el cargado en los volquetes de transporte interno, hasta la criba clasificadora.

Figura 15: Arranque de material de frente de explotación y formación de montículos



Fuente: *Elaboración propia*

3.1.2.3 Carga y Transporte

Para el proceso de carga se utiliza la misma excavadora Caterpillar 320 con una cuchara de 1 m^3, una vez extraído el material pétreo deseado se cargará a los volquetes de transporte interno, se utilizan tres volquetas Mercedes Benz 1924 de 12 m^3 de capacidad para el traslado del material del frente de explotación a la planta de cribado y lavado, utilizando el sistema de vías internas de la concesión minera.

Figura 16: Carga del volquete de 12 m^3



Fuente: *Elaboración propia*

3.1.2.4. Cribado

En el área de cribado, el material extraído es descargado directamente desde volquetes con capacidad de 12 m³ hacia una criba fija. Cuando existe acumulación de material, este es trasladado mediante un cargador frontal Komatsu con capacidad de 4 m³. El proceso de clasificación se realiza en húmedo, aprovechando la acción del agua y la gravedad para separar los diferentes tamaños de material. La criba fija está conformada por barras inclinadas, placas perforadas y rejillas de refuerzo, las cuales permiten la separación granulométrica del material en cuatro fracciones principales: piedra gruesa, gravón, grava y arena.

Figura 17: Criba fija



Fuente: *Elaboración propia*

3.1.2.5 Carguío y distribución

El carguío y manejo del material se realiza mediante una cargadora Komatsu 470 con capacidad de 4 m^3, la cual se encarga de recoger, clasificar y transportar el material hacia las zonas de stock. Posteriormente, el material es dispuesto en diferentes acopios de acuerdo con sus características granulométricas. Estas actividades se desarrollan con el material húmedo, lo que contribuye a reducir la emisión de polvo y, por consiguiente, minimizar los impactos ambientales asociados a la operación.

Figura 18: Cargadora Komatsu 470 clasificando el material



Fuente: *Elaboración propia*

3.1.2.6 Zonas de Stock

Las zonas de Stock, corresponden a las áreas destinadas almacenamiento temporal del material clasificado. Una vez concluido el proceso de cribado, la cargadora frontal transporta y distribuye el material en diferentes pilas según su granulometría, donde permanece hasta su posterior comercialización.

Figura 19: Zona de stock



Fuente: *Elaboración propia*

3.1.2.7 Comercialización

La comercialización del material se efectúa principalmente mediante volquetes con capacidad de 12 m³. La cargadora se encarga del proceso de carga hacia los volquetes particulares que ingresan a la concesión para adquirir el material, los cuales pertenecen generalmente a empresas y depósitos cercanos encargados de trasladar hacia los diferentes sitios de consumo.

Figura 20: Cargadora Frontal cargando en un volquete particular



Fuente: *Elaboración propia*

3.2 Análisis de las operaciones auxiliares principales

Los procesos auxiliares en la concesión del Escorpión 1, comprenden el conjunto de actividades complementarias que respaldan las operaciones de extracción, clasificación y comercialización del material. Dentro de estas se consideran las áreas destinadas al estacionamiento y mantenimiento de maquinaria, los sitios de acopio temporal, el manejo y almacenamiento de combustibles, así como las vías de acceso internas. Estas actividades

cumplen una función importante en el desarrollo continuo de las operaciones y en el mantenimiento de condiciones adecuadas para la seguridad y operatividad de la concesión.

3.2.1 Zona de Parqueo y Mantenimiento

El área de parqueo y mantenimiento se encuentra ubicada junto a la vía interna de la concesión, a aproximadamente 0,045 km del área de explotación, ocupando un área de 900 m². Este espacio está destinado al estacionamiento de los tres volquetes, la cargadora frontal Komatsu y la excavadora Caterpillar 320, además de ser utilizado para la ejecución de actividades de mantenimiento e inspecciones periódicas de la maquinaria. La infraestructura está conformada por una estructura metálica con cubierta de eternit y divisiones de malla, proporcionando las condiciones necesarias para el desarrollo adecuado de las labores de mantenimiento y control operativo.

Figura 21: Zona de parqueo y mantenimiento de la concesión Escorpión 1



Fuente: *Elaboración propia*

3.2.2 Bodega y servicios básicos

Es una infraestructura de ladrillo con cubierta metálica con una cubierta de eternit, está ubicado dentro del área de mantenimiento en la parte del frente, ocupando un área aproximada de 20 m^2.

Figura 22: Zona de Bodega de la concesión Escorpión 1.



Fuente: *Elaboración propia*

3.2.3 Manejo de combustibles

El abastecimiento de combustible para la maquinaria utilizada en el frente de explotación se realiza directamente desde un tanque de almacenamiento mediante una bomba manual de succión. Este combustible es suministrado a la excavadora, los volquetes y la cargadora frontal según los requerimientos operativos. Debido a la cercanía de la concesión con el área urbana, el aprovisionamiento se efectúa principalmente en una estación de servicio ubicada

aproximadamente a 4,8 km., se dispone de un área de almacenamiento de respaldo con una superficie aproximada de 3 m² para garantizar la continuidad de las operaciones.

Figura 23: Zona de combustibles de la concesión Escorpión 1



Fuente: *Elaboración propia*

3.2.4 Vías de acceso

El área minera dispone de vías de acceso de segundo orden que comunican los diferentes frentes de explotación. Estas vías presentan una superficie de lastre, cuentan con la señalización correspondiente y un ancho aproximado de 6 m que permite la circulación en doble sentido. Su función principal es facilitar el tránsito de la maquinaria y el transporte del material extraído.

3.3 Análisis del ciclo de producción Actual

El ciclo productivo de la concesión minera Escorpión 1 comprende una serie de actividades continuas que incluyen el carguío del material, su transporte hacia el área de descarga, las maniobras de descarga, el retorno de los volquetes vacío y su ubicación nuevamente en el punto de carga. Estas operaciones se ejecutan de manera repetitiva durante una jornada laboral de 8 horas. Para evaluar el desempeño de este proceso, se realizó un análisis de las actividades desarrolladas a lo largo de una semana de trabajo, correspondiente a seis jornadas de producción, con el fin de obtener resultados representativos de las condiciones operativas de la concesión.

3.3.1 Tiempos de producción

Los tiempos de producción pueden dividirse en dos que son los siguientes:

- **Tiempo Fijo**
    - Es el tiempo que corresponde al tiempo utilizado por la cargadora en las actividades de carguío, descarga y maniobras operativas. Estos tiempos son determinados mediante cronometraje directo y registrados durante cada jornada de trabajo.
- **Tiempo Variable**
    - Corresponde al tiempo requerido para el transporte del material hasta el área de descarga y el retorno del volquete vacío al punto de carga, considerando la distancia recorrida y las velocidades de desplazamiento en ambos trayectos.

Tabla 5: Registro de tiempos por jornada de trabajo

Tiempos del volquete Mercedes Benz 1924 de 12 m3					
Tiempo: minutos y segundos (min: s)					
# Item	**T. Carga**	**T. Transporte lleno (min)**	**T. Descarga**	**T. Transporte Vacío**	**T. Total**
1	3.12	7.23	2.04	3.94	16.33
2	3.15	7.28	1.52	3.14	15.09
3	3.15	6.59	1.54	3.13	14.41
4	3.18	7.1	2.03	3.85	16.16
5	3.14	7	1.5	3.35	14.99
6	3.26	7.15	1.56	3.07	15.04
7	3.28	7.18	1.55	3.57	15.58
8	3.18	7.17	1.57	3.03	14.95
9	3.29	7.2	1.52	3.24	15.25
10	3.24	7.14	1.53	3.08	14.99
11	3.26	7.19	1.55	3.11	15.11
12	3.29	7.15	1.53	3.22	15.19
13	3.27	7.17	1.56	3.36	15.36
14	3.18	7.13	1.54	3.11	14.96
15	3.24	6.58	1.55	3.05	14.42
T.Promedio	3.21	7.08	1.60	3.28	15.18

Fuente: *Elaboración propia*

Una vez que se determina el tiempo promedio por ciclo, el número de ciclos por hora se determina mediante la fórmula:

$$Ciclo\ por\ hora = \frac{Th}{TP}$$

$$Ciclo\ por\ hora = \frac{60min}{15.18min}$$

$$\boldsymbol{Ciclo\ por\ hora = 4}$$

3.3.2 Cálculo del rendimiento de la maquinaria

Con esta información se puede calcular el rendimiento de la maquinaria que está trabajando en la concesión minera.

Para calcular el rendimiento de la excavadora se utiliza la siguiente fórmula:

$$Rex = \frac{Vc * 3600 * Fe * Fé * Ct}{Tc} = \frac{m^3}{h}$$

Donde:

Vc: Es la capacidad de la cuchara

Fe: Es el factor de eficacia de la máquina, que varía entre 70 y 80%

$Fé$ **:** Es la eficacia de la cuchara que depende de la clase de terreno

Se consideró el coeficiente eficacia de la cuchara de la excavadora (Fé) = 0.8, debido a que el tipo de terreno tiene un grado de compactación medio.

A continuación, se puede observar los diferentes coeficientes según el tipo de terreno.

Tabla 6: Tabla de la eficacia de la cuchara de la excavadora (Fé)

TIPO DE TERRENO	COEFICIENTE
FLOJO	0.90-1.00
MEDIO	0.80-0.90
DURO	0.50-0.80

Fuente: *Elaboración propia*

Ct: El coeficiente de transformación es un parámetro empleado para convertir el volumen del material entre sus diferentes condiciones de compactación. Su valor depende del tipo de

material y permite determinar de manera más precisa el volumen real transportado, considerando si este se encuentra compactado o esponjado.

Para fines de estudio y según el tipo y condiciones de suelo del área de estudio se definió un Ct de 1.10.

Tabla 7: Tabla de coeficiente de transformación.

CLASE DE TERRENO	PERFIL	MATERIAL ESPONJADO	MATERIAL COMPACTADO
TIERRA	1.00	1.25	0.90
ARCILLA	1.00	1.40	0.90
ARENA	1.00	1.10	0.95

Fuente: *Elaboración propia*

Tc: Es el tiempo de duración del ciclo en segundos del giro hidráulico de la excavadora, es decir el giro de trabajo que comprende cuando el cucharon extrae el material del rio hasta la finalización de la descarga del material en la tolva de la unidad de transporte. El tiempo del ciclo de giro de trabajo, tiende a tener una rotación promedio próxima a los 90 grados, esta cantidad es relativa teóricamente dependiendo del tipo de terreno y del tipo de maquinaria es aproximadamente:

Tabla 8: Tabla del tiempo (segundos) de duración del giro de rotación de trabajo de la excavadora.

TIPO DE TERRENO	Tc (s)
FLOJO	15-20
MEDIO	20-25
DURO	25-30

Fuente: *Elaboración propia.*

El rendimiento de la excavadora Caterpillar 320 con cuchara de $1m^3$ es de:

$$Rex = \frac{1 * 3600 * 0.75 * 0.80 * 1.10}{25}$$

$$\boldsymbol{Rex = 95\ \frac{m^3}{h}}$$

Considerando que no se trabaja los 60 minutos por hora, los tiempos estimados en el desempeño teórico se ajustan al valor real del trabajo que es 50 min pasando a horas el Tr es 0.83 h, por lo que se aplica la siguiente expresión:

El rendimiento de la excavadora Caterpillar 320 con cuchara de $1m^3$ es de:

$$Rr = Rex * Tr\ ;\ \frac{m^3}{h}$$

$$Rr = 95.04 * 0.83$$

$$\boldsymbol{Rr = 78.8\ \frac{m^3}{h}}$$

3.3.2.1 Ciclos de carga por hora (Cc)

La siguiente expresión se ve reflejado el número de cucharones realizados por la cargadora cuando se encuentra extrayendo y cargando el material.

$$Cc = \frac{Ch}{Tcc}; \frac{ciclos}{hora}.$$

Donde:

Ch: Ciclo de trabajo (carga) en 60 minutos hora

Tcc: Tiempo de ciclo cargado (min) (con respecto a la Tabla análisis de ciclos)

$$Cc = \frac{60}{0{,}42}$$

$$\boldsymbol{Cc = 143 \frac{ciclos}{hora}}$$

3.3.2.2 Ciclo efectivo de trabajo (Ce)

Para el ciclo efectivo de trabajo por hora se considera variables como la eficiencia del operador, eficiencia del cucharon y la eficiencia de operación general del cucharón cargador, utilizando la siguiente expresión:

$$Ce = Cc * Eo * Ec * Eg \ ; ciclos\ efectivos/hora$$

$\boldsymbol{Cc}$: ciclo de trabajo en 60 minutos de trabajo

$\boldsymbol{Eo}$: eficiencia del operador

$\boldsymbol{Ec}$: eficiencia del cucharón

$\boldsymbol{Eg}$: eficiencia de operación general (50 min/h; 0.83)

$$Ce = 143 * 0.75 * 0.80 * 0.83 \ ; ciclos\ efectivos/hora$$

$$\boldsymbol{Ce = 71.2\ ciclos\ efectivos/hora}$$

La eficiencia por ciclo efectivo siempre dependerá del estado actual del equipo a utilizar, como también la destreza del operador y las condiciones del terreno, como resultado la 71.2 ciclos efectivos por hora.

3.3.2.3 Número de palas para cargar el volquete (Np)

Para calcular el número de palas para cargar un volquete se utiliza la siguiente expresión:

$$Np = \frac{Qv}{Qcc * Ecc}$$

$$Np = \frac{12}{1 * 0.90}$$

$$\boldsymbol{Np = 13.3}$$

$\boldsymbol{Qv}$ = Capacidad de volquete ($12m^3$)

$\boldsymbol{Qcc}$ = Capacidad de cucharón ($1m^3$)

$\boldsymbol{Ecc}$ = Eficiencia del cucharón (90-100%)

El número de paladas necesarias para cargar el volquete de $12m^3$ de capacidad es equivalente a 13.3 paladas de la excavadora de $1m^3$ de capacidad de la cuchara.

3.3.2.4 Rendimiento del equipo de Acarreo

Se evalúan los tiempos actuales correspondientes a las actividades de carguío y acarreo, considerando la duración total del ciclo operativo. Además, se analizan los diferentes tipos de rendimiento, incluyendo el rendimiento teórico, el cual relaciona la capacidad del volquete, la eficiencia del equipo y el tiempo efectivo de la jornada de trabajo.

Para calcular el rendimiento de las volquetas se utiliza la fórmula:

$$Rv = \frac{Vc * 60 * Fe}{Tc * Ct}$$

Donde:

Vc: Es la capacidad de la caja en metros cúbicos.

Fe: Es la capacidad de eficacia de la máquina y está en función de la experiencia del conductor y esto del terreno. (Fe está entre el 70 y 80%).

Tc: Es el tiempo en minutos del ciclo corresponde a la suma del tiempo fijo.

Ct : Esponjamiento del material.

Rendimiento del volquete

$$Rv = \frac{12 * 60 * 0.80}{15.1 * 1.10}$$

$$\boldsymbol{Rv = 34.67\ \frac{m^3}{h}}$$

Rendimiento real promedio del equipo de acarreo (Rr)

$$Rr = Rt\ x\ Eg\ ; \frac{m^3}{hora}$$

$$Rr = 34.67 * 0.83$$

$$\boldsymbol{Rr = 28.77 \frac{m^3}{h}}$$

El rendimiento real promedio de un volquete de $12m^3$ de capacidad es igual a 28.77 m^3/hora, l equipo de acarreo cumple con todo el ciclo, es decir desde el punto de carga hasta su descarga; así mismo es prudente realizar el análisis el rendimiento en función de la producción semejante al número de volquetes disponibles como se lo representa en la siguiente tabla:

Tabla 9: Producción promedio por jornada de trabajo.

Símbolo	**Descripción**	**Valor**
$\boldsymbol{Nv}$	Numero de volquetes	3
$\boldsymbol{Rr}$	Producción promedio del equipo de trasporte	$28.77m^3/hora$
$\boldsymbol{Jt}$	Duración de la jornada de trabajo	8 horas/día

Fuente: *Elaboración propia.*

3.3.2.5 Producción promedio por jornada de trabajo (Pp)

Se hace relación al rendimiento real, numero de volquetes y horas de jornada de trabajo, expresados de la siguiente manera:

$$Pp = Rr\ x\ Nv\ x\ Jt\ ;\ m^3/dia$$

$$Pp = 28.77 * 3 * 8$$

$$\boldsymbol{Pp = 690.48\ m^3/dia}$$

La producción diaria es de 690.48 $\boldsymbol{m^3}$ por cada día considerando las 8 horas de trabajo y se trabaja solo 22 días dando un volumen de acarreo mensual 15190.6 $\boldsymbol{m^3}$

3.3.2.6. Rendimiento de la máquina de acopio

Para el proceso de estoqueo del material de construcción se cuenta con una cargadora frontal Komatsu 470 de $4m^3$ de capacidad de cucharon, de acuerdo con las características de la maquina empleada para esta labor se analizará por la siguiente:

$$Rcf = \frac{Vc * 3600 * Fe * Fé * Ct}{Tc} = \frac{m^3}{h}$$

$$Rcf = \frac{4 * 3600 * 0.75 * 0.80 * 1.10}{25}$$

$$\boldsymbol{Rcf = 380.16 \frac{m^3}{h}}$$

El rendimiento real de la cargadora Komatsu 470

$$Rr = Rcf * Tr\ ;\ \frac{m^3}{h}$$

$$Rr = 380.16 * 0.83$$

$$\boldsymbol{Rr = 315.53\ \frac{m^3}{h}}$$

El rendimiento real obtenido para la cargadora con capacidad de 4 m³ corresponde a 315,53 m³/h. Este valor considera las condiciones actuales de operación, principalmente la variación de las distancias durante el proceso de carga, lo que genera un mayor esfuerzo del equipo. Como consecuencia, se produce una reducción en el tiempo efectivo de producción y un incremento en el desgaste de la maquinaria y su cucharón.

3.4 Análisis de las instalaciones y proceso de lavado y clasificación.

La instalación de cribado se localiza en la zona de acopio, en la parte alta de la vía interna de la concesión, a una distancia aproximada de 306 m del frente de explotación más cercano. Hacia este punto se transporta el material pétreo mediante volquetes para su posterior procesamiento y clasificación.

El sistema de cribado permite la separación mecanizada del material en diferentes fracciones granulométricas, obteniéndose productos como piedra, grava, granillo, arena y arenas auríferas resultantes del proceso de lavado. La clasificación se realiza mediante un conjunto de mallas con distintas inclinaciones y aberturas. La primera criba, con una inclinación entre 60° y 80°, facilita la separación de los materiales finos, principalmente arena. La segunda criba, con una inclinación de 45° a 55°, permite la clasificación del granillo. Por su parte, los materiales de mayor tamaño que no atraviesan los tamices continúan su recorrido por gravedad hasta el final del proceso, obteniéndose productos como lastre y cascajo.

El lavado del material se efectúa en la criba mediante el suministro de agua proveniente del río Jubones, la cual es impulsada por una motobomba de 6 pulgadas y conducida a través de tuberías de 3 pulgadas hasta el sistema de clasificación. Este proceso permite remover partículas finas e impurezas presentes en el material extraído, mejorando su calidad para la posterior comercialización.

Los lodos generados durante el lavado son conducidos hacia un sistema de piscinas sedimentarias, donde se lleva a cabo la separación progresiva de los sólidos en suspensión mediante procesos de sedimentación, decantación y clarificación. Una vez completado este tratamiento, el agua es descargada hacia el cauce natural. Posteriormente, el material clasificado

es trasladado a las zonas de acopio, donde se almacena en pilas independientes según su granulometría. Entre los principales productos obtenidos se encuentran:

- Material grueso (piedra), diámetro es mayor a 20 cm
- Material medio (grava), diámetro varía entre 10 a 20 cm
- Material fino y arena
- Rechazo

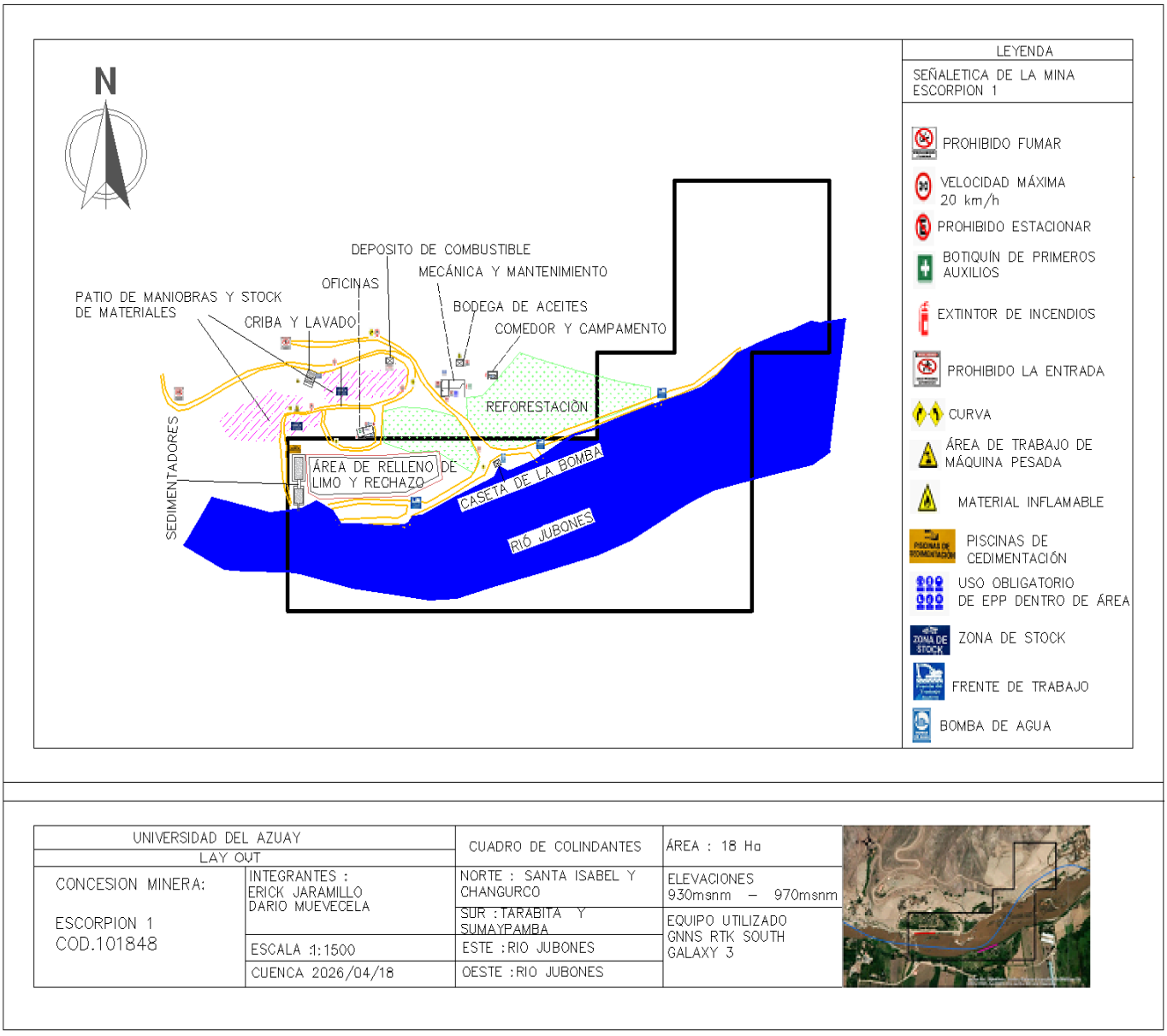
Figura 24: Secciones de la Criba



Fuente: *Elaboración propia*

3.5 Evaluación técnica de la implantación (lay out)

Figura 25: Mapa lay out de la concesión Escorpión 1.



Fuente: *Elaboración propia*

3.6 Manejo ambiental en la concesión minera “Escorpión 1”.

Una vez realizado el diagnostico agroclimático de la zona, la evaluación de los potenciales impactos causados por la actividad minera, se procedió a buscar soluciones para que de esta manera se pueda llegar a mitigar o minimizar los mismos y proceder mediante métodos comunes a restaurar el área, para que con el paso del tiempo se tenga como una unidad ambiental, que preste bienes y servicios tanto a la comunidad como a todo el personal que labora en el área de trabajo.

3.6.1 Medidas preventivas

Una de las principales medidas preventivas a tomarse, es la concientización a todas las personas que de una u otra forma están relacionados con la actividad extractiva en el área, mediante charlas, encuestas y la difusión de normas de seguridad y señalización correspondiente.

- Control técnico de la actividad extractiva.
- Control técnico del proceso de clasificación.
- Control en el transporte y comercialización.

3.6.2 Cronograma valorado del plan de manejo ambiental actualizado

Tabla 10:Cronograma de fechas y valores para el cumplimiento ambiental del plan de manejo dentro de la concesión minera Escorpión

PLANES	MEDIDAS AMBIENTALES	MESES												COSTO
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Plan de prevención y mitigación de impactos ambientales	Controlar el uso de lonas en las volquetas que transporta el material pétreo.													60
	Aspersión de agua en los materiales a triturar, patio de maniobras y vía de acceso a la planta de trituración.													00
	Controlar la velocidad de los vehiculos a 20 Km/h para evitar el levantamiento de polvo.													20
	Realizar el mantenimiento de la vía interna de acceso a través de bacheos y afirmación con material de préstamo.													00
	Realizar el mantenimiento preventivo de la trituradora, maquinaria pesada y generador eléctrico utilizado en la actividad (cambio de aceite, lubricación, reparación, y calibración de los motores entre otras)													00
	Restringir el uso de pitos y bocinas de los vehiculos que ingresen al área operativa, con el													20

	Los tanques para combustibles, aceites hidráulicos y grasas serán almacenados en áreas específicas, sobre un terreno plano, impermeabilizado (evitar la contaminación del suelo), con cubierta, y rodeado de una berma técnicamente diseñado con un volumen igual o mayor al 110% del contenedor de mayor cantidad.													Iuevecela 60 400
	Las áreas de almacenamiento de combustibles, aceites hidráulicos y grasas deberán contar con un kit anti derrames y extintor PQS; los mismos que deben estar en una zona de fácil acceso para el personal en caso de que ocurra un evento contingente.													80
	Delimitar en el predio de implantación del proyecto zonas exclusivas para el tránsito de maquinaria y vehículos para así evitar la apertura repentina de nuevas vías que comprometan las propiedades físicas del suelo.													120
	Previo a la descarga de aguas residuales, se deberá realizar el tratamiento de los efluentes													300

	proveniente de proceso de lavado de materiales áridos y pétreos.													
	La maquinaria deberá contar con un equipo contingente, el mismo que deberá contener mínimo de: un kit anti derrames, un extintor y botiquín de primeros auxilios.													00
Plan de Manejo de desechos	Continuar con la separación de los residuos sólidos no peligrosos desde la fuente en los recolectores de desechos diferenciados para cada tipo de residuo: **Reciclable** **Azul: T**odo material susceptible a ser reciclado y reutilizado. **No reciclables** **Negro:** Todo residuo no reciclable **Orgánico** **Verde:** Residuos de origen vegetal y animal.													180
	Disponer de hojas de seguridad para el manejo													00

	de los derivados de los hidrocarburos.													
	Disponer permanentemente de extintores en las diferentes áreas de trabajo para enfrentar incendios en caso de suscitarse.													40
	Disponer de un botiquín de primeros auxilios con medicamentos para atender accidentes menores.													25
	Colocar un letrero en la oficina con los números telefónicos de las entidades de socorro más cercanas a las instalaciones. (Bomberos, Policía)													12
	Dotar con equipos de protección personal (EPP) y exigir su uso a quienes ejecuten las actividades (mascarillas, gafas, guantes y ropa adecuada de trabajo); llevar un registro de la entrega de Equipos de Protección Personal.													200
	Realizar simulacros de incendios, derrames y primeros auxilios.													250

Plan de capacitaciones	En el primer año se realizará las siguientes capacitaciones al personal operativo y administrativo sobre temas ambientales: - Manejo de desechos peligrosos y no peligrosos. - Buenas prácticas ambientales respecto a la actividad que desarrollan. - Plan de manejo ambiental a implementar.													100
	Disponer de todos los documentos de regulación ambiental y expediente de medios de verificación de cumplimiento ambiental para la revisión y consulta de la autoridad y público interesado.													200
Plan de monitoreo y seguimiento	Realizar la medición de ruido emitido por la maquinaria pesada.													250
	Realizar la medición de material particulado (PM2.5 y PM 10) en el área operativa.													300
	Realizar la medición de calidad de agua en el													100

	área operativa.													
	Realizar la medición de gases de combustión en el área operativa.													100
Plan de rehabilitación de áreas afectadas	En caso de ocurrir un evento no deseado (incendio, derrame, entre otros) a causa de la operación y al verse afectados a componentes ambientales, se deberá presentar a la autoridad ambiental competente un plan emergente para la remediación y restauración del área afectada y cumplir con las medidas de contingencia, mitigación y corrección, incluyendo el monitoreo de los componentes afectados.													200
	Limpiar completamente el área donde se realizaban las actividades.													00
Total		**Dos mil novecientos cincuenta y siete dólares**												**2957.00**

El cronograma de actividades y costos para las medidas ambientales están evaluadas anualmente, es decir cada medida tiene un tiempo y un costo según el plan de manejo ambiental y el tipo de actividad de cada medida dentro de la concesión minera, en la tabla 10, se muestra las medidas ambientales que guardan relación a la optimización de los procesos de producción.

3.6.3 Medidas correctivas

Estas medidas sirven para eliminar o minimizar los efectos negativos producidos por la explotación minera. Los tipos de medidas correctivas que se pueden dar son las siguientes:

Las que reducen el impacto. - Este tipo de medidas correctivas generalmente se consiguen con un diseño adecuado del proyecto, o limitando la intensidad de las acciones.

Las que compensan el impacto. - Si se ha alterado la fauna se establecerán medidas que protejan a las que aún permanece intactas.

3.7 Normas de seguridad minera y salud ocupacional.

En la concesión minera "ESCORPION 1", se le plantea un plan de seguridad por lo que se deberá tomar las siguientes prevenciones, detallándose en la siguiente tabla, donde se encuentra una detallada explicación en cuanto a los inconvenientes/incidentes laborales que pudiesen presentarse. Durante todo el año se ira planificando realizar las actividades de implementación de infraestructura/campamento/oficina y patio de maniobras, por lo que se trabajará en el desarrollo del reglamento interno que será registrado a la brevedad para el informe anual de producción, en conjunto con su diseño de explotación.

Tabla 11: Detalles de cumplimiento de normas de seguridad ocupacional dentro de la concesión minera Escorpión 1.

Normas de Seguridad	Respaldo de Cumplimiento.
Acción de seguridad e higiene en el trabajo del ámbito minero	Cumplimiento
Registro de aprobación del Reglamento de Seguridad e Higiene Vigente, por parte del Ministerio de Relaciones laborales – MRL.	CUENTA CON REGLAMENTO DEBIDAMENTE APROBADO LA CM" ESCORPION 1" COD. 101848.

Registro de sociabilización y entrega del Reglamento de Seguridad e Higiene a los trabajadores.	Cuenta con registro de entrega de EPPS
Registro de mediciones de Higiene ocupacional de acuerdo con el riesgo identificado, realizado por personal calificado y equipos calibrados.	Se ha realizado los monitoreos dentro de la concesión.
Plan de vigilancia de Salud y copia del certificado de la evaluación médica de los trabajadores, en formato digital.	Durante este año se han realizado evaluaciones médicas.
Procedimiento de utilización" ESCORPION 1" almacenamiento de explosivos.	No aplica pues en el área minera no se usan explosivos
Programa y registro de capacitaciones en seguridad Industrial.	Se han realizado capacitaciones en el año 2025.
Registro de entrega o reposición de EPP	Entrega de EPPS
Registro de resultados que indiquen la calidad de agua de consumo.	Se realizarán muestreos de agua constantemente, para verificar que este apta para el consumo humano.
Registro de accidentes y enfermedades profesionales y ocupaciones.	Se llevará un registro de accidentes de trabajo.
Procedimiento de actuación en emergencias: identificación zonas seguras.	Se han identificado los puntos de encuentro seguro.
Sistema de comunicación y/ alarma	Se cuenta como sistema de comunicación (celulares, radios transmisores), además existe un medio de transporte el cual está a disposición y ayuda en las labores de comunicación y en caso de emergencias para traslados hasta el centro de salud más cercano.
Unidades o comités de seguridad	Debido al poco personal que trabaja para el Titular
Planos y especificaciones del o los campamentosaprobados por ARCOM y el Ministerio de Relaciones Laborales.	En el diseño de explotación consta la conformación de las instalaciones, sin embargo,de manera referencial se presentan en los mapas la ubicación de las instalaciones.

Fuente: *Elaboración propia*

3.7.1 Procesos:

Tabla 12: Procesos en la etapa de la extracción/explotación de materiales áridos y pétreos

PROCESOS	PRINCIPALES ACTIVIDADES	PRINCIPALES TAREAS
PROCESO DE EXTRACCIÓN	Excavación mecanizada	Uso de excavadora
	Carga de material en camiones	Operación de camiones-volquetes para la carga y transporte del material

Fuente: *Elaboración propia*

3.7.2 Riesgo en los Procesos:

Tabla 13: Riesgos en la seguridad y salud ocupacional dentro de las actividades que realiza el personal dentro del diagrama del proceso extractivo.

PELIGROS	**RIESGOS**	**POSIBLES CAUSAS**	**MEDIDAS PREVENTIDAS Y SUGERIDAS**
Caída de personas de distintos niveles	Contusiones, hematomas, heridas, fracturas, muerte	Falta de señalización o deficiente iluminación. Falta de capacitación	Señalización e iluminación adecuada dependiendo del tipo de la zona de trabajoy la operación que se estérealizando. Se debe contar con un programa de instrucción, información y capacitar a los trabajadores en actividadesespecíficas

Caída de Objetos	Contusiones, hematomas, heridas, fracturas, muerte	Mal estado o falta de mallas de seguridad. Falla de grúas y elementos de izamiento Falla en los procedimientos de izado y traslado de cargas.	Colocación de mallas y sistemas deseguridad antecaídas. Inspección de elementos de carga y grúas antes de iniciarlos trabajos. Mantenimientode maquinaria. Capacitar y vigilar las actividades que involucren levantamientos mecánicos
Ruido	Fatiga, pérdida auditiva, alteraciones cognitivas.	Exposición a niveles depresión sonora generados porlas maquinas. Ausencia de equipos de protección auditiva.	Entregar y velar por el usode equipo de protección auditiva. Adecuado mantenimientode vehículos,maquinaria y herramientas.
Atropellos o accidentes por vehículos	Contusiones, hematomas, dislocaciones, heridas, fracturas y muerte.	Distracción por cansancio, efecto de drogas y alcohol. Uso incorrecto ofalla de los EPP. Mala visibilidad o visibilidad defectuosa.	Revisión del estado de los operadores y conductores de vehículos, antes de iniciar su jornada laboral. Mantenimiento preventivo y correctivo de los vehículos. Procedimientosde trabajo que contemplen el clima y condiciones detrabajo inseguras.

Proyección de fragmentos o partículas	Cuerpos extraños en los ojos, golpes, cortes, contusiones, hematomas y heridas	Ausencia de equipo de protección personal.	Suministrar y velar eluso adecuado de los EPP. Establecer zonas seguras.

CAPÍTULO 4

OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS MINEROS

4.1 Optimización de las operaciones unitarias mineras principales

La optimización de las operaciones unitarias en la concesión minera Escorpión 1 representa un factor clave para incrementar la eficiencia de las actividades de explotación, contribuyendo a mejorar los niveles de producción y a reducir los costos operativos. El análisis de estas operaciones permite identificar oportunidades de mejora en el uso de los equipos, la infraestructura disponible y el consumo de recursos, favoreciendo un desempeño más eficiente de las labores mineras. Para ello, se consideran los siguientes parámetros de comparación:

4.1.1 Preparación

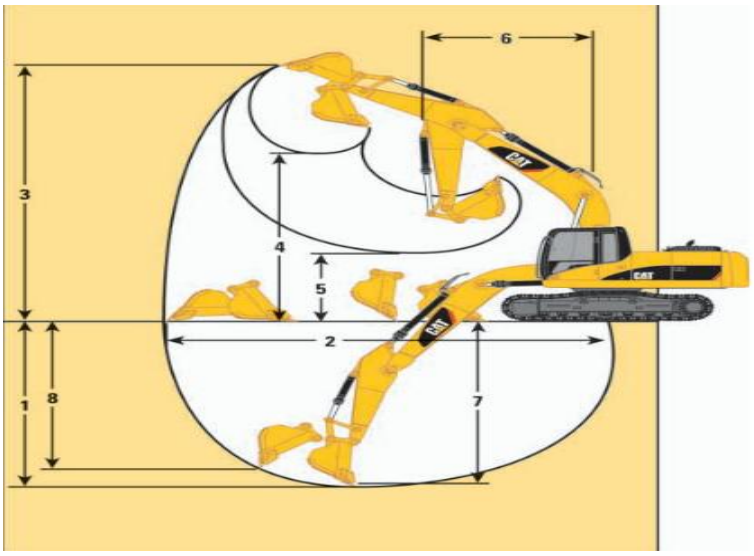
En el área de explotación de la concesión minera Escorpión 1 (código 101848) se ha identificado que el caudal del río Jubones presenta variaciones estacionales, incrementándose durante los períodos de crecida, cuando el flujo supera su nivel habitual y ocupa parte de la llanura aluvial. Considerando estas condiciones, se plantea optimizar la preparación de los noques de acumulación mediante el incremento de sus dimensiones, con el propósito de mejorar las condiciones operativas de explotación.

Para el diseño de estas estructuras se consideran las características técnicas de la maquinaria empleada, especialmente el alcance máximo del brazo de la excavadora, que alcanza aproximadamente 10 m, así como su capacidad de excavación en profundidad. Estos parámetros permiten definir adecuadamente las dimensiones de los noques, favoreciendo una explotación más eficiente y acorde con las condiciones del sitio.

4.1.2 Extracción

Una vez concluidas las labores de preparación del área, se procede a la extracción de materiales de construcción en los noques de acumulación ubicados en el cauce del río Jubones. Esta actividad se ejecuta mediante una excavadora Caterpillar 320, cuyas características operativas permiten alcanzar una profundidad máxima de excavación aproximada de 9m, valor establecido de acuerdo con las especificaciones técnicas del equipo.

Figura 26: Medidas de alcance de brazo de la excavadora Caterpillar 320



Fuente: *Ficha técnica de Caterpillar 320*

Mediante la siguiente expresión podemos determinar la profundidad de excavación:

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

Tabla 14: Datos para el cálculo de la profundidad máxima de excavación.

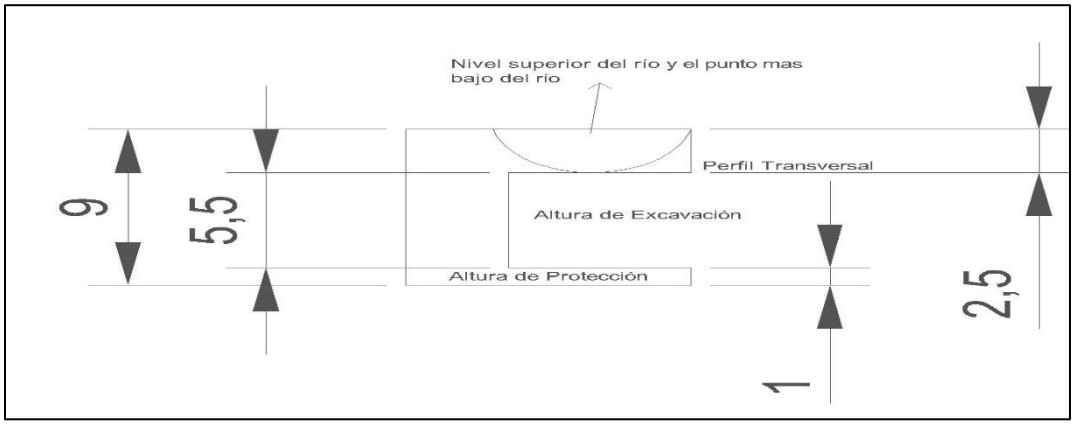
Símbolo	Descripción	Valor
P. E	Profundidad de excavación	-
PME	Profundidad máxima de excavación de excavadora CAT320	9 m
DDR	Altura entre el nivel del dique y el punto más bajo del rio en la sección. (la altura es variable en cada abscisa en las que se ubican los diques)	2.50 m
AP	Altura de protección	1 m

Fuente: *Elaboración propia*

$$P.E = 9 - 2{,}50 - 1$$

$$\boldsymbol{P.E = 5.5}$$

Figura 27: Cálculo de profundidad de excavación.



Fuente: *Elaboración propia*

La profundidad de excavación constituye un aspecto fundamental para conservar las condiciones morfológicas del río Jubones y evitar alteraciones en sus procesos naturales de recarga. Asimismo, permite delimitar adecuadamente las áreas destinadas a la explotación,

garantizando que la extracción y el carguío del material hacia los volquetes se realicen de manera controlada y acorde con las características del cauce.

Para la explotación de materiales de construcción en la concesión minera Escorpión 1 se consideraron las características hidráulicas del río, cuyo comportamiento puede calificarse como moderadamente torrentoso. En función de estas condiciones, se adoptó el método de explotación mediante noques de acumulación. Las labores extractivas se planificaron en cuatro noques, siguiendo una secuencia de avance desde aguas arriba hacia aguas abajo.

Previo al inicio de la extracción, se contempla dejar una berma de seguridad de 3 m de ancho y limitar la excavación a una profundidad máxima de 5,5 m, evitando intervenir el bedrock. Esta metodología permite conservar las condiciones naturales del cauce y favorecer la recuperación progresiva del material, ya que los sedimentos tienden a depositarse nuevamente en las zonas de mayor profundidad, contribuyendo al restablecimiento natural del equilibrio del río. A su vez, evitando elevaciones significativas del lecho que puedan reducir la capacidad hidráulica del cauce, como resultado, se disminuye el riesgo de desbordamientos durante eventos de crecidas.

4.1.3 Carga y Transporte

Carga y transporte de materiales minados en cada frente, desde la excavadora se cargan directamente los volquetes y se transporta el material al área de almacenamiento y posteriormente a la criba de clasificación. El medio de transporte utilizado los volquetes y las vías internas que conectan los diferentes frentes de explotación.

- **Rendimiento de maquinaria**

Rendimiento óptimo de la maquinaria de extracción y carga el rendimiento de la excavadora Caterpillar 320 con cuchara de $1m^3$.

La excavadora Caterpillar 320 será la máquina que llevar a cabo el proceso de extracción y carga del material en el sistema óptimo de explotación de diques trasversales, el cual fue considerado las características técnicas que se muestra en la siguiente tabla según el fabricante; la excavadora según el fabricante tiene una capacidad máxima de cucharon de 1.2 m^3, debido a que el brazo no está ensamblado para soportar un mayor peso del cucharon, el cual se puede considerar para determinar la capacidad máxima en arranque y carga aplicando la siguiente expresión:

$$Rex = \frac{Vc * 3600 * Fe * Fé * Ct}{Tc} = \frac{m^3}{h}$$

$$Rex = \frac{1.2 * 3600 * 0.75 * 0.80 * 1.10}{25}$$

$$\boldsymbol{Rex = 114.048\ \frac{m^3}{h}}$$

El rendimiento de la excavadora Caterpillar 320 con cuchara de 1.2 m^3 es de:

$$Rr = Rex * Tr\ ;\ \frac{m^3}{h}$$

$$Rr = 114.048 * 0.83$$

$$\boldsymbol{Rr = 94.65\ \frac{m^3}{h}}$$

4.1.4 Número de palas necesarias para cargar en equipo de acarreo

El número de paladas necesarias para cargar los volquetes se debe calcular nuevamente debido al cambio de maquinaria en este proceso y su aumento en la capacidad en su cucharon, el cual se usará el expresado en la siguiente ecuación:

$$Np = \frac{Qv}{Qcc * Ecc}$$

$$Np = \frac{12}{1.2 * 1}$$

$$\boldsymbol{Np = 10}$$

El número de palas necesarias es de 10 para cargar los dos volquetes de $12m^3$

4.1.5 Tiempos de producción (tiempos fijos)

El tiempo de producción corresponde al tiempo de carga de los equipos de acarreo y a las maniobras del equipo de carga, consideradas como tiempos fijos. Su valor óptimo se determina mediante la siguiente ecuación:

$$Tc = \frac{Np * Tcc}{T}$$

$$Tc = \frac{10 * 25}{60}$$

$$\boldsymbol{Tc = 4.16 \text{ min}}$$

4.1.5.1 Tiempos de maniobra (tiempo variable)

El tiempo de maniobra corresponde al tiempo empleado en el giro, posicionamiento, descarga y posicionamiento nuevamente para la carga, los cuales quedan en dependencia del personal que opera la maquinaria.

Los tiempos variables corresponden al proceso de trasporte que se realizan en el área minera, el acarreo de materiales de un punto a otro, considerando por la maquinaria, numero de cucharones, estado de las vías internas, tanto como viaje de ida cargada o de vuelta vacío. Se calculará el tiempo óptimo con los siguientes datos:

Tabla 15 Calculo de Tiempos Óptimos de ida y vuelta de Transporte

Datos	**Rango**			**Valor**	
Frentes de explotación	Frente N.º A	Frente N.º B	Frente N.º C	Frente N.º D	Promedio
Distancia máxima (km)	-	-	-	0.47	0.47
Velocidad viaje de ida cargado (km/hora)	-	-	-	9.4	9.4
Velocidad viaje de regreso vacío (km/hora)	-	-	-	18	18

Fuente: *Elaboración propia*

Tiempo óptimo: Tiempo de viaje de ida cargado

$$Tvc = \frac{Distanvia}{velocidad} * Tc$$

$$Tvc = \frac{0{,}47\ km}{9.4\ km/h} * 60$$

$$\boldsymbol{Tvc = 3\ min}$$

Tiempo óptimo: Tiempo de viaje de regreso vacío

$$Trv = \frac{Distanvia}{velocidad} * Tc$$

$$Trv = \frac{0{,}47\ km}{18 km/h} * 60$$

$$\boldsymbol{Trv = 1.56\ min}$$

4.1.5.2 Carga y acarreo óptimo

A continuación, se representa los datos de optimización de la maquinaria en base a parámetros técnicos, se exponen en la siguiente tabla:

Tabla 16: Tiempos de ciclo óptimo de producción

Simbología	Descripción	Valor (min)
Tc	Tiempo de carga	4.16
Tvc	Tiempo de viaje cargado	3
Tpd	Tiempo de giro, posición y descarga	1.28
Tvd	Tiempo de regreso vacío	1.56
Tpc	Tiempo de posición para cargar	0.24
Top	Tiempo óptimo de producción	**10.24**

Fuente: *Elaboración propia.*

Los tiempos de giro, posicionamiento y descarga (Tpd) como el tiempo de posicionamiento en el punto de carguío (TPc), se mantienen ya que no afectan significativamente el ciclo de producción.

Los datos del sistema para el tiempo de producción actual son de 15.18 minutos y el tiempo óptimo de producción determinado en el presente estudio es de 10.24 minutos, relacionando estos dos valores tenemos una diferencia de 4.54 minutos que sería el valor que actualmente se estaría desaprovechando para tener una optimización.

4.1.5.3 Numero ciclos óptimos por hora laboral

$$\text{Ciclos optimos por hora } = \frac{Tiempo}{Tiempo\ optimo\ de\ produccion}$$

$$\text{Ciclos optimos por hora } = \frac{60}{10.24}$$

$$\text{Ciclos optimos por hora } = 5.85$$

$$\textbf{Ciclos óptimos por hora } = \mathbf{6}$$

4.1.6 Optimización equipos de acarreo

Se conservará las 3 volquetas Mercedes Benz 1924 de 12 m^3, que se encuentran en buenas condiciones y realizando buen rendimiento en el acarreo del material. Con los siguientes datos se calculará los procesos de optimización de los equipos de acarreo de material.

Tabla 17: Datos para el rendimiento teórico del equipo de acarreo.

Símbolo	**Descripción**	**Rango**	**Valor tomado**
Qv	Capacidad de los volquetes	$12m^3$	$12m^3$
Fe	Factor de eficiencia de la máquina	80-90%	0.80%
Top	Tiempo óptimo de producción	10.24 min	10.24 min
Ct	Factor de esponjamiento (arena y grava)	1.10	1.10
Eg	Eficiencia de operación general	50 min	0.83 horas

Fuente: *Elaboración propia*

$$Rv = \frac{Qv * 60 * Fe}{Top * Ct} = \frac{m^3}{h}$$

$$Rv = \frac{12 * 60 * 0.80}{10.24 * 1.10}$$

$$\boldsymbol{Rv = 51.13\ m^3/h}$$

4.1.7 Rendimiento óptimo del equipo de acarreo (Rt)

Es el parámetro que mide la producción real de un volquete o camión de acarreo en una operación de explotación, expresado normalmente en m³/hora. Para lo cual el valor será calculado con la siguiente ecuación.

Donde:

Cc: Capacidad de la caja/tolva del equipo en m³.

Ef: Factor de eficiencia u operatividad (minutos efectivos de trabajo por hora, descuenta demoras, mantenimiento, cambios de turno) min/60 min (ej. 50/60 = 0.83)

Fll: Factor de llenado o abundamiento (esponjamiento del material, factor de balde/tolva) adimensional (1.1)

Tc: Tiempo de ciclo total del equipo minutos

60: Constante de conversión a base horaria

$$Rt = \frac{60 * Cc * Ef * Fll}{Tc} = \frac{m^3}{h}$$

$$Rt = \frac{60 * 12 * 0.83 * 1.1}{10.24}$$

$$\boldsymbol{Rt = 64.20\ \frac{m^3}{h}}$$

4.1.8 Rendimiento real del equipo de acarreo (Rr)

En este proceso se considera el volumen de producción teniendo en cuenta el retardo de las operaciones de la maquinaria. Para lo cual el valor será calculado con la siguiente ecuación:

$$Rr = Rv\ x\ Eg; m^{33}/\ hora$$

$$Rr = 51.13\ m^3/hora\ x\ 0.83$$

$$\boldsymbol{Rr = 42.44\ m^3/hora}$$

El 42.44 $m^3/hora$; teniendo en cuenta que los volquetes se usan de manera fundamental en el sistema de explotación por lo cual se calculara la producción en función de los equipos de acarreo disponibles.

Tabla 18: Datos para el cálculo del rendimiento real de acarreo

Símbolo	Descripción	Valor
Nv	Numero de volquetes	3
Rr	Producción promedio del equipo de trabajo	42.44 $m^3/hora$
Jt	Duración de la jornada de trabajo	8 horas/ día

Fuente: *Elaboración propia*

4.1.9 Producción total promedio por jornada de trabajo (Pp)

Este valor depende de las condiciones de la maquinaria usadas en la jornada de trabajo, el cual condiciona el rendimiento de producción. Para lo cual el valor se calculará usando la siguiente ecuación:

$$Pp\ =\ Rr\ x\ Nv\ x\ Jt\ ;\ m^3/\ dia$$

$$Pp \ = \ 42.44 \ x \ 3 \ x \ 8 \ ; \ m^3 / \ dia$$

$$\boldsymbol{Pp = 1018.5 \ m^3/día}$$

El promedio de la producción de acarreo actual diario es de 1018.5 $m^3/día$, el cual es un valor considerable para su optimización, durante el periodo de los 22 días que es el mes, se saca un volumen 22408.3 m^3 /mes.

4.1.10 Rendimiento óptimo de la maquinaria de acopio

Para el acopio o estoqueo del material se cuenta con una cargadora Komatsu 470 de 4.2 m^3 de capacidad de cucharon, la cual se moviliza sobre neumáticos para un óptimo desempeño. Para lo cual se calculará el rendimiento optimo usando la siguiente ecuación.

$$Rcf = \frac{Vc * 3600 * Fe * Fé * Ct}{Tc} = \frac{m^3}{h}$$

$$Rcf = \frac{4.2 \ * 3600 * 0.75 * 0.80 * 1.10}{25}$$

$$\boldsymbol{Rcf = 399.16 \frac{m^3}{h}}$$

El rendimiento real de la cargadora Komatsu 470

$$Rr = Rcf * Tr \ ; \ \frac{m^3}{h}$$

$$Rr = 380.16 * 0.83$$

$$\boldsymbol{Rr = 331.30 \ \frac{m^3}{h}}$$

El rendimiento real de la máquina de acopio (cargadora Komatsu 470), es de 331.30 m^3 por cada hora de trabajo. Teniendo en cuenta que la cargadora actual se encuentra en las

condiciones óptimas para realizar el acopio del material de construcción siendo rápido y eficiente.

4.1.11 Cribado

En la zona de cribado el material se vierte directamente en la criba fija, transportado por una excavadora Komatsu 470 con una capacidad de 4m³, la clasificación se realiza en húmedo, se separan materiales rápidamente por la acción del agua a presión. Esta clasificación se hace por gravedad. Se mantiene una criba y se vierte el material en la tolva cargada y la criba fija que costa de cuatro tamices Constituidos por barras inclinadas aproximadamente 45°, placas perforadas y rejillas de refuerzo, dividen el material en cuatro clases: piedra gruesa, gravón, grava y arena.

Para evitar arrojar rocas grandes al primer nivel al caer, se implementó una barrera de goma para frenar las rocas y permitir que cayeran verticalmente en el depósito. El material sobredimensionado se retirará con cargadora frontal y se utilizará para proteger las riberas de los caminos hacia los frentes de explotación.

4.1.12 Acopio o Estoqueo

Todo el material clasificado en la criba tendrá una deposición primaria mediante canalones y luego serán transportados directamente por medio de la cargadora a sus lugares de estoqueo final que se encuentran cercanos a la misma, obteniendo materiales de construcción listos para su comercialización.

4.2 Optimización de las operaciones unitarias mineras auxiliares

4.2.1 Infraestructura necesaria

La infraestructura constituye un elemento fundamental para el desarrollo adecuado de las actividades del proyecto minero dentro del área correspondiente a la concesión Escorpión 1.

Mediante la evaluación realizada en campo, utilizando fichas de diagnóstico del estado actual de la infraestructura, se identificó la existencia de deficiencias relacionadas con la falta de espacios e instalaciones adecuadas, así como un uso inadecuado de las áreas disponibles. En este contexto, a continuación, se presenta la descripción del estado actual de la infraestructura, con el propósito de identificar las condiciones necesarias para mejorar el funcionamiento y desarrollo de las operaciones de explotación de materiales de construcción.

Tabla 19:Estado actual de la infraestructura Escorpión 1

Estado actual de la infraestructura del área minera "Escorpión 1"							
Infraestructuras	**Estado**			**Mantenimiento**		**Reparación**	
	B	**R**	**M**	**SI**	**NO**	**SI**	**NO**
Criba fija		x			x		x
Vías de acceso		x		x			x
Bodega			x		x	x	
Servicios básicos (SSHH)			x	x		x	
Área de combustible		x		x		x	
Zona de parqueo y mantenimiento		x			x		x
B= Bueno, R= Regular, M= Malo							

Fuente: *Elaboración propia*

La construcción y mantenimiento de la infraestructura mencionada en el área de estudio se realizará de carácter urgente, ¡siendo prioridad para la concesión minera "Escorpión 1" ; a diferencia de la criba fija, las vías de acceso, la zona de parqueo y mantenimiento que requieren trabajos pequeños sin afectar al desarrollo de procesos y actividades en el área de estudio.

4.2.2 Vías de acarreo de material

La concesión minera Escorpión 1 cuenta con una infraestructura vial conformada principalmente por vías de tercer orden, las cuales permiten el acceso tanto al área de la concesión como a las diferentes instalaciones y frentes de explotación. Sin embargo, las vías externas que conducen hacia el área minera presentan condiciones similares y evidencian la ausencia de un manejo y mantenimiento adecuado.

En cuanto a las vías internas, los accesos a los cuatro frentes de explotación, así como la vía que conduce al área de stock y cribado, se encuentran en condiciones regulares. Por esta razón, es necesario implementar actividades de mejoramiento y mantenimiento que permitan garantizar una circulación adecuada y contribuyan al desarrollo eficiente y seguro de las operaciones de explotación.

El ancho de la vía está en función del ancho de la maquinaria que va a transitar por la vía, que permita el tránsito ordenado dentro del área minera.

El cálculo del ancho de la vía de acceso se utilizó a la siguiente ecuación:

$$Av = a * (0.5 + 1.5 * n)$$

$$Av = 2.50 \text{ m} * (0.5 + 1.5 * 2)$$

$$Av = 8.75 \text{ m}$$

$$\boldsymbol{Av = 9m}$$

Donde:

***Av*:** Ancho de la vía (m)

a: Ancho del volquete (2.50 m)

n: Número de carriles (2)

Para una buena optimización vial se necesita un acceso de 9 m de ancho dividida en dos carriles (dos sentidos). Se construirá un banco de seguridad de un metro para proteger el terraplén del cauce. También se instalarán caminos de manera permanente para transportar los materiales de construcción extraídos a las áreas de almacenamiento y clasificación. Estos cambios son permanentes únicamente para los caminos interiores dentro de la concesión, utilizando maquinaria propia de la Compañía.

4.2.3 Vía de acarreo de material y acceso a la zona de stock y cribado

Dentro del área de la concesión minera Escorpión 1 se dispondrá de un patio de stock destinado al almacenamiento temporal de material árido, tanto el material que ya ha sido clasificado como de aquel que se encuentra pendiente de clasificación. Este espacio permitirá organizar y manejar adecuadamente el material obtenido durante las actividades de explotación.

En cuanto a la infraestructura vial interna, la concesión cuenta actualmente con vías carrozables de tercer orden que permiten el acceso y la circulación dentro de los diferentes polígonos de explotación. Si bien no es necesario realizar modificaciones en su trazado, estas vías requieren un mantenimiento periódico debido al tránsito constante de maquinaria y vehículos, al manejo de materiales y a las condiciones climáticas a las que se encuentran expuestas.

La vía de rodadura contará con dos carriles de circulación, con un ancho total de 9 m, además de arcenes de seguridad de 1 m a cada lado. La circulación se realizará por el lado derecho de la vía, permitiendo mantener un tránsito ordenado y seguro dentro del área minera. Esta distribución facilitará el desplazamiento de los vehículos y la maquinaria tanto hacia los frentes de explotación como en dirección a las áreas de producción, almacenamiento y procesamiento del material.

4.2.4 Producción actual vs óptima

En la siguiente tabla se presentan las diferencias entre la producción actual y la producción óptima, así como un resumen de los valores obtenidos a partir de los cálculos de rendimiento y productividad realizados.

Tabla 20: Diferencias de la producción actual y la producción óptima.

Descripción	**Actual**	**Óptimo**
Ciclo producción (tiempo de producción)	15.18 min	10.24 min
Número de ciclos por hora	4	6
Cargadora/Excavadora: extracción y carga (capacidad)	1 m³	1.2 m³
Rendimiento teórico cargadora/excavadora	95 m³/hora	114.048 m³/hora
Rendimiento real excavadora	78.8 m³/hora	94.65 m³/hora
Número de palas necesaria para cargar el volquete	13	10
Volquete: acarreo de material	12 m³	12 m³
Rendimiento teórico del volquete	34.67 m³/hora	51.13 m³/hora
Rendimiento real del volquete	28.77 m³/hora	42.44 m³/hora
Rendimiento teórico de máquina de acopio	380.16 m³/hora	399.16 m³/hora
Rendimiento real de máquina de acopio	315.56 m³/hora	331.30 m³/hora
Producción total promedio en cada jornada de trabajo	690.48 m³/día	1018.5 m³/día

Fuente: *Elaboración propia*

La tabla considera que, en el sistema actual, la extracción y carga del material se realiza mediante un cargador Caterpillar 320 equipado con una cuchara de 1 m³.

Para el sistema optimizado, se plantea el reemplazo de esta cuchara por una de 1,2 m³, manteniendo los mismos volquetes de 12 m³. Este cambio permite incrementar la producción, principalmente mediante la optimización del ciclo de trabajo, complementada con un adecuado mantenimiento de las vías destinadas al transporte de material y la disponibilidad de áreas suficientes para garantizar el desplazamiento y la operación segura de los equipos y maquinaria.

4.3 Recomendaciones de mejora en el manejo ambiental de la concesión

4.3.1 Control y monitoreo del cauce del rio Jubones.

El diseño de explotación por noques opera directamente sobre el lecho del río Jubones, un río de carácter medio-torrentoso con variaciones estacionales de caudal significativas (caudal medio: 69.53 m³/s; caudal de estiaje: 26 m³/s). Dado que la actividad extractiva puede alterar la dinámica fluvial, se establecen las siguientes recomendaciones:

- **Control del retiro de berma:** Verificar en campo el mantenimiento del retiro mínimo de 3 m desde los márgenes del río antes de cada temporada de extracción, conforme a lo establecido en el diseño de explotación. Colocar hitos físicos permanentes que delimiten esta franja de protección.
- **Monitoreo de sedimentos en suspensión:** Instalar dos puntos de muestreo de sólidos en suspensión: uno aguas arriba (punto control) y uno aguas abajo del área de explotación. Tomar muestras mensuales y comparar con los límites del Plan de Manejo Ambiental (PMA) vigente.
- **Registro fotográfico georreferenciado:** Implementar un sistema de registro fotográfico mensual con puntos GPS fijos en al menos 5 estaciones a lo largo del cauce concesionado, para documentar la evolución del lecho y detectar alteraciones tempranas del cauce natural.

4.3.2 Protección y estabilización de riveras

La acción fluvial del río Jubones y la extracción continua pueden generar erosión regresiva y socavamiento de márgenes. Se recomienda fortalecer las siguientes medidas:

- **Revegetación progresiva de márgenes:** Implementar revegetación inmediata con especies nativas ribereñas (chilca, carrizo, sauce) en las áreas intervenidas al finalizar cada campaña de extracción.
- **Prohibición de depósito de materiales en zonas inundables:** El material de rechazo (estéril y piedra de descarte) no debe depositarse en zonas de inundación periódica del río. Designar un área de depósito en terreno firme alejado del cauce.
- **Obras de protección ante crecidas:** Antes de la temporada lluviosa (octubre-abril), instalar estructuras temporales de desvío del flujo en los noques activos para evitar la dispersión de material extraído y la colmatación aguas abajo.

4.3.3 Manejo de residuos, combustibles y sustancias peligrosas

En la operación para la extracción se utiliza diésel, aceites, lubricantes y refrigerantes en la flota de maquinaria (excavadora Caterpillar 320, 3 volquetas Mercedes, generador Caterpillar 600 kW). Estos insumos representan un riesgo de contaminación del suelo y del agua subterránea si no se manejan correctamente.

- **Área impermeabilizada para cambio de aceites:** Construir una zona de mantenimiento con piso impermeabilizado (geomembrana o concreto) para cambios de aceite y lubricantes, con cuneta perimetral y trampa de grasas. Distancia mínima de 50 m del cauce del río Jubones.

- **Gestión de aceites usados:** Almacenar los aceites usados en recipientes herméticos debidamente etiquetados y entregar a un gestor ambiental calificado. Mantener un registro de entregas.
- **Manejo de combustible:** El abastecimiento de combustible debe realizarse sobre bandeja de contención. Prohibir el almacenamiento de combustible directamente en el lecho del río o zonas aledañas. El generador Caterpillar debe contar con cubeto de retención.
- **Plan de contingencia por derrames:** Elaborar un procedimiento escrito de respuesta ante derrames de hidrocarburos, con kit de absorción disponible en el área de operaciones (absorbentes, arena, palas, envases para residuos contaminados).

4.3.4 Plan de cierre y rehabilitación progresiva

El diseño contempla acciones de cierre al finalizar la vida útil del proyecto. Sin embargo, la rehabilitación ambiental debe ser un proceso continuo y no diferido al término de la concesión:

- **Cierre progresivo por noques:** Al completar la extracción de cada noque, iniciar de inmediato las actividades de rehabilitación morfológica y revegetación, sin esperar al cierre total de la concesión. Esto permite la recuperación natural del lecho durante las temporadas invernales.
- **Informe de cierre parcial:** Presentar ante los organismos competentes un informe de cierre parcial por cada noque agotado, con evidencia fotográfica, topografía final y estado de revegetación.
- **Restauración de la sección hidráulica:** Al cerrar cada noque, modelar el fondo del cauce para recuperar la sección hidráulica natural, evitando depresiones que puedan generar remansos o acumulación de sedimentos finos que afecten a propiedades colindantes.

Tabla 21: Resumen de recomendaciones Ambientales

Ítems	Aspecto	Recomendación específica	Prioridad
1	Control de berma	Verificar y señalizar en campo el retiro mínimo de 3 m antes de cada campaña de extracción	Alta
2	Sedimentos en suspensión	Instalar 2 puntos de muestreo mensual (aguas arriba y abajo) conforme al PMA	Alta
3	Control de volúmenes	Registrar diariamente m^3 extraídos por noque; no superar 800 m^3/día (Ley de Minería)	Alta
4	Extracción secuencial	Respetar el orden Noque 1→2→3→4 y periodo de recuperación invernal entre campañas	Alta
5	Revegetación progresiva	Revegetar con especies nativas ribereñas al finalizar cada campaña, sin esperar cierre total	Media
6	Manejo de hidrocarburos	Construir área impermeabilizada para mantenimiento; gestionar aceites con gestor ambiental calificado	Alta
7	Cierre progresivo por noques	Rehabilitar morfológicamente cada noque agotado e informar a MAATE/ARCOM	Media
8	Registro fotográfico	Documentar mensualmente con fotos georreferenciadas desde 5 estaciones fijas a lo largo del cauce	Baja

Fuente: *Elaboración propia*

4.4 Recomendaciones de mejora en normas de seguridad minera y salud en el trabajo.

El éxito de la industria minera depende en gran medida, de la salud y seguridad de los trabajadores, mantenimiento de la maquinaria, siendo la de los trabajadores la primera obligación de los titulares/operadores mineros, mantener sus empresas en condiciones óptimas de salubridad y seguridad.

En las zonas donde se realiza la explotación, todas las actividades están programadas, por ende, todas las normas deben cumplirse a cabalidad, con el inicio mismo de las actividades, y así asegurar el bienestar de todo el personal y de la maquinaria, para obtener un excelente rendimiento.

Pero para satisfacer todos estos requerimientos, se debe contar con personal capacitado que cumplan con los reglamentos que crean condiciones de trabajo seguras y saludables.

4.4.1 Fortalecimiento del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo.

La concesión minera “Escorpión 1” cuenta con Plan de Prevención de Riesgos Laborales aprobado y menos de 10 trabajadores. No obstante, la naturaleza de las operaciones mineras fluviales expone a los trabajadores a riesgos mecánicos, físicos e hidrológicos que requieren un sistema de gestión más robusto

- **Designar un responsable de Seguridad y Salud Ocupacional:** Aunque la plantilla sea menor a 10 trabajadores, se debe designar formalmente un responsable de Seguridad, Salud con capacitación acreditada por el IESS o una institución autorizada. Esta persona debe realizar inspecciones diarias, antes, durante y después de las labores.
- **Actualización anual del Plan de Prevención:** El Plan de Prevención de Riesgos Laborales debe revisarse anualmente o cuando cambien las condiciones de trabajo (nuevo noque,

variación de caudal, incorporación de nueva maquinaria). Documentar cada revisión con fecha, firma del responsable y aprobación de la gerencia.

- **Registro obligatorio de incidentes:** Implementar el registro formal de todos los incidentes y casi-accidentes, no solo de los accidentes con lesión.

4.4.2 Gestión de riesgos específicos de la operación minera fluvial.

La operación de extracción en lecho fluvial presenta riesgos particulares que se suman a los riesgos mecánicos convencionales identificados en el diseño de explotación (caídas, ruido, atropellos, proyección de fragmentos):

- **Riesgo de ahogamiento / trabajo cerca del agua:** Todos los trabajadores que operen en las inmediaciones del cauce deben usar chaleco salvavidas tipo III o superior. Prohibir el acceso al interior del cauce durante eventos de crecida o cuando el caudal supere el umbral de estiaje (26 m^3/s). Instalar miras o reglas milimétricas para monitoreo visual del nivel del río.
- **Protocolo de evacuación ante crecidas súbitas:** Elaborar y socializar un protocolo de evacuación específico para crecidas del río Jubones. Definir rutas de evacuación señalizadas, puntos de encuentro en cotas superiores al nivel de inundación y árbol de comunicación (responsable SSA → jefe de operaciones → trabajadores). Realizar un simulacro semestral.
- **Riesgo de volteo/hundimiento de maquinaria:** La operación de excavadora Caterpillar 320 sobre material aluvial saturado genera riesgo de asentamiento diferencial y volteo. Evaluar la capacidad portante del suelo antes de posicionar la maquinaria. Prohibir el acceso de la cargadora Komatsu 470 a zonas donde la profundidad batimétrica supere 1.5 m sin análisis previo del responsable técnico.
- **Riesgo eléctrico — generador Caterpillar 600 kW:** El generador debe instalarse en una caseta cerrada, alejada del cauce mínimo 20 m, con puesta a tierra certificada y protecciones

diferenciales. Realizar mantenimiento preventivo mensual. Prohibir la operación del generador durante lluvias sin protección adecuada del tablero eléctrico.

- **Riesgo de atropello en vías internas:** Las 3 volquetas Mercedes operan en el mismo espacio que los trabajadores de extracción. Implementar un sistema de gestión de tráfico interno: sentido único de circulación dentro del área de operaciones, vigías en intersecciones críticas, límite de velocidad de 10 km/h en zona de trabajo y 20 km/h en vía de acarreo.

4.4.3 Equipos de protección personal (EPP) – Dotación y control

El diseño de explotación menciona la entrega de EPP, pero no detalla las especificaciones técnicas ni los procedimientos de control. Se recomienda estandarizar la dotación conforme a la matriz de riesgos identificada.

Tabla 22: Tabla de dotación y control de EPP

Puesto de trabajo	**EPP requerido**	**Norma de referencia**	**Frecuencia de reposición**
Operador de excavadora	Casco, guantes antivibración, tapones auditivos 3M, calzado punta de acero, ropa reflectiva	ANSI Z89.1 / EN 352	Semestral
Operador de cargadora	Casco, protector auditivo tipo copa SNR>=25dB, calzado punta de acero, gafas, chaleco reflectivo	ANSI Z87.1 / EN 352	Semestral

Puesto de trabajo	**EPP requerido**	**Norma de referencia**	**Frecuencia de reposición**
Chofer de volqueta	Casco, calzado de seguridad, chaleco reflectivo, guantes de cuero, cinturón de seguridad	INEN ISO 3849	Anual
Personal de apoyo en cauce	Chaleco salvavidas tipo III, casco, botas de caucho punta de acero, guantes, gafas, ropa impermeable	ISO 12402-5	Anual
Mecánico / mantenimiento	Casco, guantes nitrilo y cuero, gafas de seguridad, calzado dieléctrico, mameluco	ANSI Z87.1	Semestral

Fuente: *Elaboración propia*

El responsable de SSA debe llevar un registro de entrega de EPP con firma del trabajador receptor y fecha de entrega. Inspeccionar mensualmente el estado del EPP y reemplazar inmediatamente cualquier equipo deteriorado.

4.4.4 Programa de capacitación

El diseño menciona que se han realizado capacitaciones en seguridad industrial, pero no especifica contenidos, frecuencia ni responsables. Se propone el siguiente programa mínimo anual:

Tabla 23: Programa de Fortalecimiento de Competencias

No.	Tema de capacitación	Dirigido a	Duración	Frecuencia
1	Inducción en seguridad minera fluvial (riesgos específicos del lecho del río)	Todo el personal	4 horas	Al ingreso
2	Manejo seguro de maquinaria pesada (excavadora, cargadora, volquetas)	Operadores	8 horas	Anual
3	Prevención y respuesta ante accidentes — primeros auxilios básicos	Todo el personal	4 horas	Semestral
4	Protocolo de evacuación ante crecidas del río Jubones	Todo el personal	2 horas	Semestral + simulacro
5	Manejo seguro de combustibles y sustancias peligrosas	Operadores + mecánico	2 horas	Anual

No.	Tema de capacitación	Dirigido a	Duración	Frecuencia
6	Uso correcto de EPP y cuidado de equipos	Todo el personal	2 horas	Trimestral
7	Normativa ambiental aplicable a la operación minera	Responsable + operadores	3 horas	Anual

Fuente: *Elaboración propia*

4.4.5 Vigilancia de la salud de los trabajadores

El diseño menciona que se han realizado evaluaciones médicas. Se recomienda formalizar y ampliar el programa de vigilancia médica ocupacional:

- **Exámenes médicos pre ocupacionales:** Realizar exámenes médicos completos (audiometría, espirometría, examen osteoarticular, visión, glicemia, perfil lipídico) a todo trabajador antes de iniciar labores. Custodiar los resultados en el expediente médico individual.
- **Exámenes periódicos anuales:** Repetir los exámenes anuales con énfasis en: audiometría (exposición a ruido de maquinaria), evaluación osteoarticular (vibración de cuerpo entero en operadores) y evaluación de la función renal y hepática (exposición a hidrocarburos).
- **Vigilancia audiométrica:** Dado que la excavadora, cargadora y volquetas generan niveles de ruido superiores a 85 dB(A), implementar un programa de conservación de la audición:

audiometría basal, audiometría anual, uso obligatorio de protectores auditivos con SNR ≥ 25 dB, (Índice de reducción único) mantenimiento preventivo de silenciadores de maquinaria.

- **Botiquín de primeros auxilios:** Mantener un botiquín de primeros auxilios debidamente equipado (conforme al Art. 46 del Reglamento de Seguridad Minera) en el área de operaciones, con inventario mensual y reposición inmediata de insumos consumidos o vencidos.
- **Convenio con centro de salud:** Establecer un convenio formal con el centro de salud más cercano (Santa Isabel) para atención preferencial en caso de accidente. El número de emergencia del centro de salud y del IESS debe estar visible en el área de trabajo.

4.4.6 Señalización y demarcación del área de trabajo

La señalización es una medida preventiva de primer orden en operaciones mineras. El diseño de explotación no detalla el plan de señalización. Se recomienda implementar:

- **Señalización perimetral de la concesión:** Instalar letreros de identificación de la C.M. Escorpión 1 (Cod. 101848) en todos los accesos, con datos del titular minero, operador y número de licencia ambiental.
- **Señalización de riesgos en el área de operaciones:** Colocar señales de advertencia (zona de maquinaria pesada, riesgo de atropello, zona de trabajo cerca del agua) y señales de prohibición (prohibido el acceso a personas no autorizadas, prohibido fumar, prohibido el consumo de alcohol).
- **Demarcación de vías de circulación:** Marcar con conos, cintas o pintura las vías de circulación de volquetas dentro del área de operaciones, separando el flujo de maquinaria del tránsito peatonal de los trabajadores.

- **Señalización de puntos de encuentro y evacuación:** Instalar señales de evacuación y puntos de encuentro en cotas superiores al nivel de máxima inundación del río Jubones, visibles desde todas las áreas de trabajo.
- **Iluminación nocturna:** Si se realizan trabajos en horario vespertino, garantizar iluminación artificial mínima de 200 lux en zonas de trabajo y 50 lux en vías de circulación.

4.4.7 Tabla de resumen de recomendaciones de seguridad minera y salud ocupacional

Tabla 24 :Línea de salud y seguridad ocupacional.

N°	Aspecto	Recomendación específica	Prioridad
1	**Responsable SSO**	Designar formalmente un responsable de SSA con capacitación acreditada por IESS	**Alta**
2	**Plan de Prevención**	Revisar y actualizar anualmente el Plan de Prevención; documentar cada revisión con firmas	**Alta**
3	**Registro de incidentes**	Implementar registro de todos los incidentes y con análisis de causa raíz	**Alta**
4	**Chaleco salvavidas**	Uso obligatorio de chaleco tipo III para todo personal que opere en zonas de cauce activo	**Alta**
5	**Protocolo ante crecidas**	Elaborar, socializar y simular semestralmente el protocolo de evacuación ante crecidas del río Jubones	**Alta**

N°	Aspecto	Recomendación específica	Prioridad
6	**Gestión de tráfico**	Implementar sentido único, vigías y límite de velocidad 10 km/h en zona de operaciones	**Alta**
7	**EPP específico por puesto**	Estandarizar EPP con norma técnica por puesto de trabajo; llevar registro firmado de entrega	**Alta**
8	**Capacitación sistemática**	Ejecutar plan anual de 7 módulos de capacitación; documentar con firmas y evaluación de efectividad	**Media**
9	**Audiometría anual**	Programa formal de conservación de la audición para todos los operadores de maquinaria	**Media**
10	**Señalización completa**	Instalar señalización de identificación, riesgos, prohibición, evacuación y vías de circulación	**Media**
11	**Botiquín equipado**	Mantener botiquín conforme Art. 46 Reglamento de Seguridad Minera con inventario mensual	**Baja**
12	**Convenio de salud**	Formalizar convenio con centro de salud de Santa Isabel para atención preferencial en emergencias	**Baja**

Fuente: *Elaboración propia*

4.5 Análisis Económico

El análisis económico del proyecto requiere determinar los costos de producción actuales y compararlos con los costos de producción incurridos al inicio de la optimización del sistema operativo.

Dentro de la concesión minera Escorpión 1, el análisis económico se base en la determinación de los costos de producción para el año 2025 (enero-diciembre), es decir los costos por consumos de combustibles, de mano de obra calificada, lubricantes y repuestos, mantenimientos de maquinaria, e insumos, y todos los detalles descritos en la tabla 27 que reflejan el costo o gasto de producción por cada metro cubico explotado.

El consumo de combustible se detalla debido a que la mayor parte de maquinaria es de uso propio de la concesión minera Escorpión 1 y por ende es uno de los gastos o costos significativos.

Tabla 25: Análisis de Gastos de Combustible 2025.

CONSUMO/ MES	**GLNS**	**VALOR A PAGAR**
ENERO	477.42	$857.92
FEBRERO	1454.86	$2614.4
MARZO	1864.91	$3351.25
ABRIL	1251.49	$2248.94
MAYO	1460.25	$2624.09
JUNIO	2171.39	$3902.00
JULIO	606.342	$1089.6
AGOSTO	883.91	$1588.39
SEPTPIEMBRE	1663.72	$2989.72
OCTUBRE	1422.56	$3983.18
NOVIEMBRE	1856.65	$4442.63
DICIEMBRE	1553.01	4348.44

Fuente: *Elaboración propia.*

Tabla 26: Datos financieros Base 2025 de Escorpión 1.

RITMO DE EXPLOTACIÓN						
MES	**VOLUMEN EXTRAÍDO (m3)**	**VOLUMEN DE PRODUCCIÓN / 22 DÍA**	**VOLUMEN COMERCIALIZADO(m3)**	**COSTOS DE PRODUCCIÓN POR UNIDAD**	**PRECIO PROMEDIO SIN TRANSPORTE**	**TOTAL, INGRESOS**
ENERO	2196.075	99.82	2091.50	$2.93	$8.00	$16,730.21
FEBRERO	1690.5	76.84	1610.00	$2.93	$5.16	$8,309.49
MARZO	910.35	41.38	867.00	$2.93	$4.69	$4,065.17
ABRIL	1276.8	58.04	1216.00	$2.93	$6.45	$7,838.09
MAYO	1606.5	73.02	1530.00	$2.93	$7.35	$11,250.76
JUNIO	3300.15	150.01	3143.00	$2.93	$4.90	$15,399.50
JULIO	2732.1	124.19	2602.00	$2.93	$5.45	$14,182.83
AGOSTO	3185.7	144.80	3034.00	$2.93	$4.23	$12,833.32
SEPTIEMBRE	3454.5	157.02	3290.00	$2.93	$4.69	$15,445.69
OCTUBRE	6537.3	297.15	6226.00	$2.93	$4.92	$30,607.00
NOVIEMBRE	3182.55	144.66	3031.00	$2.93	$4.97	$15,070.22
DICIEMBRE	4019.4	182.70	3828.00	$2.93	$4.44	$16,985.23
TOTAL	**34091.93**		**32468.50**			**$168,717.51**

Fuente: *Elaboración propia.*

El diésel se mantuvo en $1.797/galón, precio que venía vigente desde abril de 2024 cuando subió el IVA al 15% (antes era $1.75), 13 de septiembre 31 de diciembre: Mediante el Decreto Ejecutivo 126, el precio subió a $2.80/galón, eliminando el subsidio estatal al diésel que

regía desde 1974. El subsidio pasó de $1.03/galón a cero. Esta medida derivó en un paro nacional entre el 22 de septiembre y el 22 de octubre de 2025

4.5.1 Flujo de Caja Mensual del 2025

La tabla consolida los ingresos por venta facturadas, costos operativos totales y flujo neto mensual calculados a partir de los registros reales del informe de producción 2025.

Tabla 27:Flujos Mensual de Caja año 2025

Mes	Ingresos (USD)	Costos (USD)	Flujo Neto (USD)
Enero	$16,730.21	$7,883.58	$8,846.63
Febrero	$8,309.49	$8,192.38	$117.11
Marzo	$4,065.17	$8,199.55	-$4,134.38
Abril	$7,838.09	$7,745.88	$92.21
Mayo	$11,250.76	$8,707.73	$2,543.03
Junio	$15,399.50	$10,698.89	$4,700.61
Julio	$14,182.83	$7,677.32	$6,505.51
Agosto	$12,833.32	$7,944.10	$4,889.22
Septiembre	$15,445.69	$9,794.55	$5,651.14
Octubre	$30,607.00	$13,394.53	$17,212.47
Noviembre	$15,070.22	$11,182.91	$3,887.31
Diciembre	$16,985.23	$11,417.95	$5,567.28
TOTAL, ANUAL	$168,717.51	$112,839.37	$55,878.14

Fuente: *Elaboración propia*

4.5.2 Composición de costos anuales

Los costos totales de $112,839 se distribuyen en las siguientes categorías. La nómina y el combustible representan conjuntamente el 78.8% del total de costos operativos.

Tabla 28: Composición de Costos Anuales.

Rubro	**Valor Anual (USD)**	**Participación (%)**
Nómina + IESS (7 trabajadores)	$49,793	44.1%
Combustibles (mina)	$39,147	34.7%
Repuestos y partes	$15,435	13.7%
Mantenimiento de maquinaria	$4,569	4.1%
Lubricantes	$3,926	3.5%
Regalías 3% sobre ventas	$5,062	4.5%
Materiales y suministros	$14	0.0%
TOTAL COSTOS	$118,946	100%

Fuente: *Elaboración propia*

4.5.3 Cálculo de Tir y Van

Son dos indicadores financieros usados para evaluar la rentabilidad de un proyecto de inversión (por ejemplo, la optimización de la explotación de una concesión minera, o cualquier inversión con flujos de caja a lo largo del tiempo).

VAN (Valor Actual Neto)

Mide, en términos de dinero de hoy, cuánto valor genera o destruye un proyecto una vez descontada la inversión inicial y considerando el valor del dinero en el tiempo.

TIR (Tasa Interna de Retorno)

Es la tasa de rentabilidad que el propio proyecto genera; matemáticamente, es la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero.

4.5.3.1 Supuestos de la Evaluación

Tabla 29: Calculo de la evaluación de flujo de caja.

Parámetro	**Valor**	**Observación**
Inversión inicial (Año 0)	$112,839	Costos operativos anuales (proxy capital de trabajo)
Flujo anual proyectado	$55,878	Flujo neto real 2025, proyectado constante
Horizonte de evaluación	5 años	Estándar para proyectos mineros pequeña escala
Tasa de descuento base	12%	Referencia SENPLADES / BanEcuador Ecuador
Tasa de descuento alternativa	15%	Costo de capital privado estimado

Fuente: *Elaboración propia*

4.5.3.2 Flujo del Proyecto en 5 años

La proyección asume flujo anual constante igual al real 2025. La tabla incluye los flujos descontados al 12% para el cálculo del VAN.

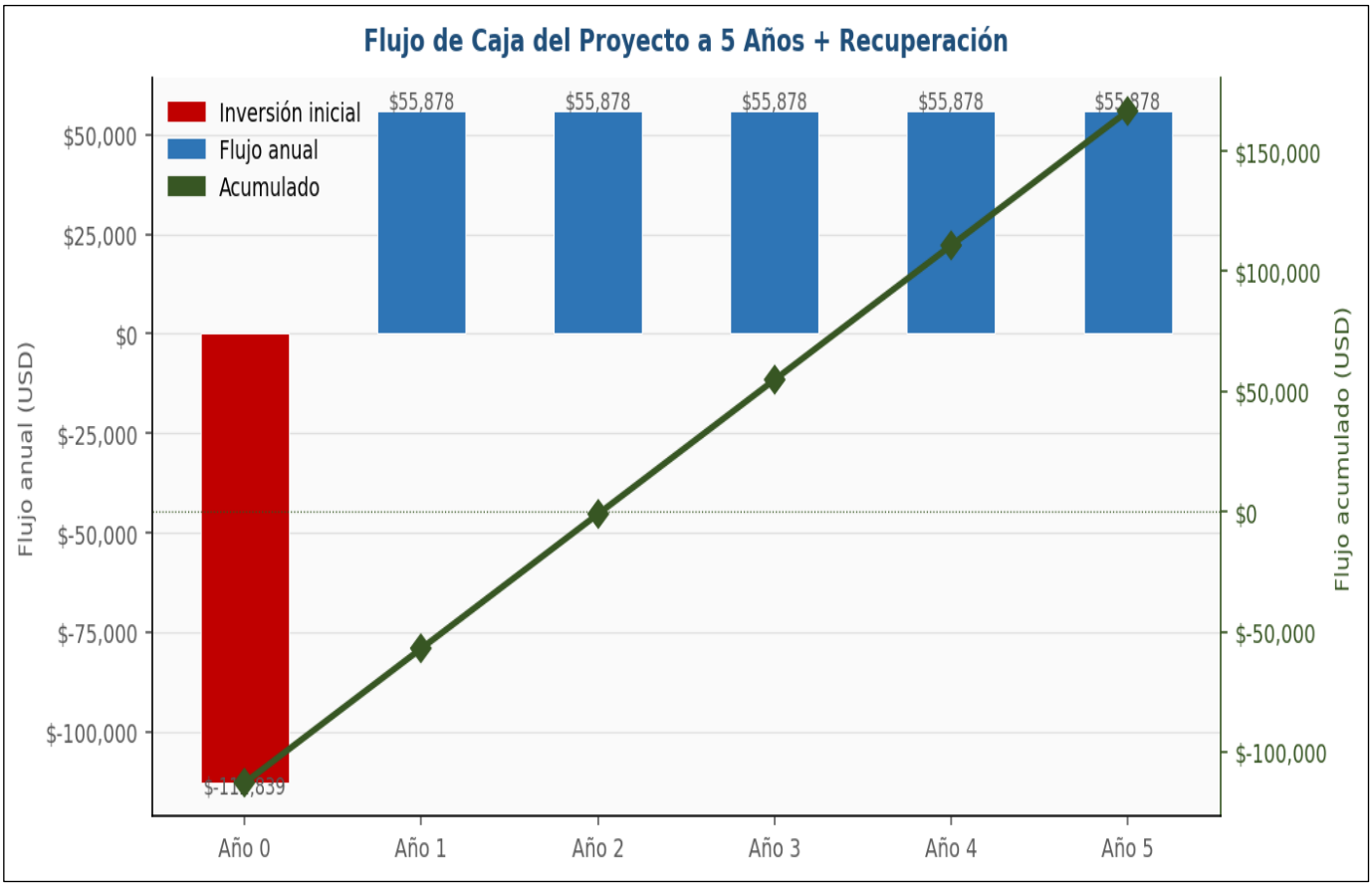
Tabla 30: Flujo de caja del VAN.

Período	**Flujo Anual**	**Flujo Acumulado**	**Factor 12%**	**Flujo Desc. 12%**
Año 0 - Inversión	-$112,839	-$112,839	1.0000	-$112,839

Año 1	$55,878	-$56,961	0.8929	$49,891
Año 2	$55,878	-$1,083	0.7972	$44,545
Año 3	$55,878	$54,795	0.7118	$39,772
Año 4	$55,878	$110,673	0.6355	$35,511
Año 5	$55,878	$166,551	0.5674	$31,706
TOTAL / VAN	$279,390	$166,551		$88,586

Fuente: *Elaboración propia.*

Figura 28: Flujo anual en barras y recuperación acumulada en periodo de 5 años



Fuente: *Elaboración propia*

4.5.3.3 Análisis de Sensibilidad del VAN

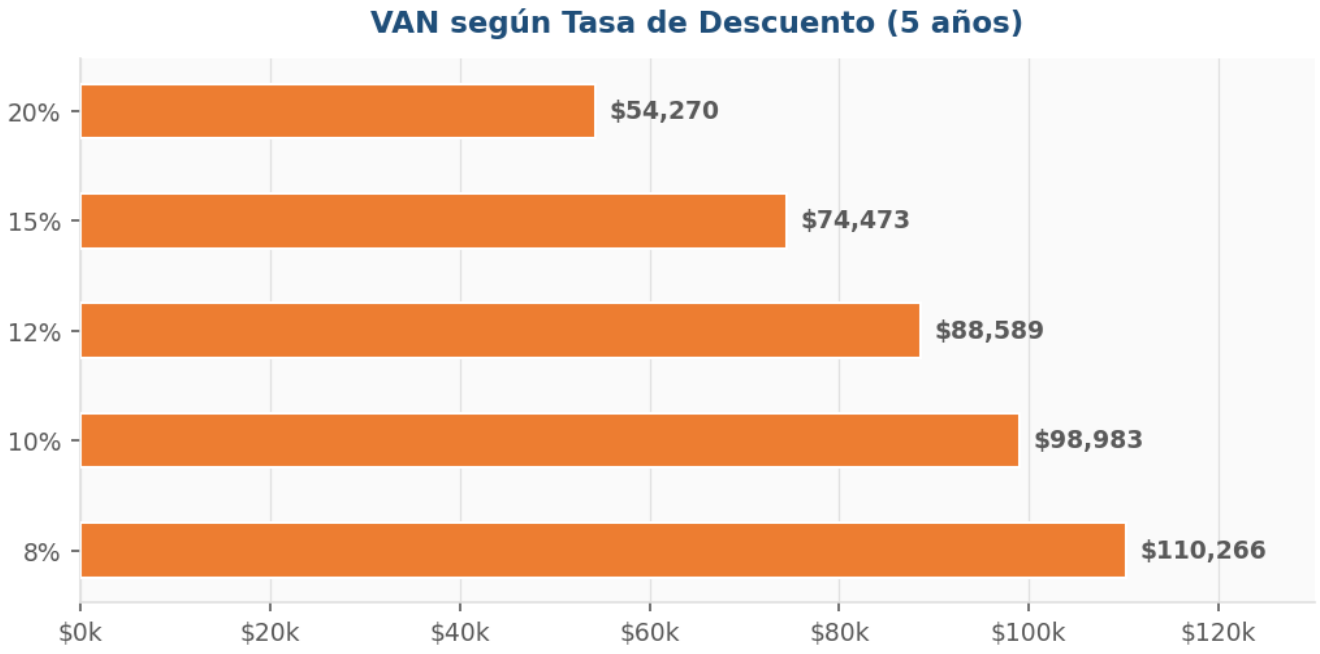
El VAN permanece positivo incluso con tasas de descuento del 20%, lo que confirma la estabilidad financiera del proyecto ante escenarios pesimistas de costo de capital.

Tabla 31: Análisis de Gestión de Riesgo Financiero de Proyecto Escorpión 1.

Tasa de descuento	VAN (USD)	Relación TIR vs. tasa	Viabilidad
8%	$110,266	TIR 5.1x mayor	VIABLE
10%	$98,983	TIR 4.0x mayor	VIABLE
12%	$88,589	TIR 3.4x mayor	VIABLE
15%	$74,473	TIR 2.7x mayor	VIABLE
20%	$54,270	TIR 2.0x mayor	VIABLE

Fuente: *Elaboración propia*

Figura 29: VAN por tasa de descuento (todos los escenarios son positivos)



Fuente: *Elaboración propia*

La tasa Interna de Retorno TIR = 40.46%: Supera ampliamente la tasa de descuento del 12% (SENPLADES) y el costo de capital privado estimado del 15–20%. Significa que la concesión genera rentabilidad excepcional sobre el capital invertido.

Valor actual neto VAN positivo en todas las tasas oscila entre $54,270 (tasa 20%) y $110,266 (tasa 8%). El proyecto no se vuelve viable si la tasa de descuento supera el 40%, lo cual es implausible en el contexto financiero ecuatoriano.

Período de recuperación es de dos años el proyecto tiene una recuperación a corto plazo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El análisis de los tiempos de ciclo de la maquinaria empleada en las labores de explotación de materiales áridos y pétreos dentro de la concesión minera ESCORPIÓN 1 permite establecer que la optimización del proceso productivo depende fundamentalmente de la gestión eficiente de dichos tiempos. Una adecuada planificación y control de las fases de carga, acarreo, descarga y retorno incide directamente en el rendimiento operativo del equipo, en el volumen de material extraído y, en consecuencia, en la reducción de los costos unitarios de producción.

A partir de la evaluación realizada, se determinó un tiempo de ciclo óptimo de 10,24 minutos, en contraste con el tiempo de ciclo actualmente registrado en la operación, que asciende a 15,18 minutos. Esta diferencia de 4,54 minutos por ciclo, equivalente a una reducción aproximada del 32,5 %, evidencia la existencia de tiempos improductivos susceptibles de ser minimizados mediante ajustes operativos.

La aplicación del tiempo de ciclo óptimo permitiría incrementar el rendimiento de la maquinaria de 4 a 6 ciclos por hora, lo que se traduce en un volumen de extracción proyectado de 1 018,50 m^3/día, frente a los 690,48 m^3/días obtenidos en las condiciones actuales. Este resultado representa un incremento de 328,02 m^3/día, equivalente a un aumento aproximado del 47,5 % en la capacidad productiva diaria de la concesión.

En consecuencia, la implementación del tiempo de ciclo óptimo constituye una medida técnicamente viable y económicamente ventajosa, puesto que permite maximizar el

aprovechamiento de la maquinaria disponible sin requerir inversiones adicionales en equipos, reducir el costo por metro cúbico producido y mejorar la rentabilidad global de las operaciones mineras de la concesión ESCORPIÓN 1.

Con el propósito de optimizar la explotación de materiales áridos y pétreos, se elaboró el levantamiento topográfico y planimétrico del área de la concesión minera, a partir del cual se determinaron las distancias de acarreo entre los frentes de extracción ubicados en el lecho del río Jubones y la zona de lavado y cribado. Los resultados evidencian que el Noque N.º 3 presenta la menor distancia de transporte, con 612 m, lo que reduce el tiempo de ciclo de acarreo, el consumo de combustible y el desgaste de la maquinaria. En consecuencia, este frente ofrece una mayor eficiencia operativa respecto de los demás frentes de trabajo, por lo que se recomienda priorizarlo dentro de la planificación de la explotación.

Desde el punto de vista económico, los resultados obtenidos demuestran que la propuesta de explotación optimizada es financieramente viable. La Tasa Interna de Retorno (TIR) alcanza un valor de 40,46 %, superior a la tasa de descuento de referencia del 12 % adoptada como costo de oportunidad del capital, lo que evidencia una rentabilidad holgada respecto de la inversión requerida.

Complementariamente, el Valor Actual Neto (VAN) resulta positivo en todos los escenarios de sensibilidad analizados: USD 110.266 a una tasa del 8 %, USD VAN al 12 % a la tasa de referencia del 12 %, y USD 54.270 a una tasa del 20 %. Estos resultados indican que, bajo las condiciones evaluadas, los flujos generados por la operación permiten recuperar la totalidad de la inversión y generar un excedente económico, incluso ante un incremento significativo del costo

de capital. En consecuencia, la propuesta de explotación optimizada se considera económicamente conveniente.

En materia de manejo ambiental y seguridad minera, se concluye que la optimización de las operaciones extractivas debe desarrollarse de forma integrada con medidas de prevención, control y seguimiento que garanticen una explotación ordenada, técnica y ambientalmente responsable. Estas medidas no constituyen actividades accesorias, sino componentes complementarios e indispensables del proceso productivo, cuyo cumplimiento condiciona la continuidad y sostenibilidad de las labores mineras.

En este sentido, el seguimiento continuo de las medidas ambientales y de seguridad exige el adecuado manejo, acopio y transporte de los materiales; el control de la generación de material particulado y de los niveles de presión sonora; la gestión apropiada de los residuos sólidos y líquidos; y la prevención de afectaciones al recurso suelo. De manera particular, se considera prioritario el control y la protección de los márgenes del río Jubones, a fin de evitar procesos de socavación, inestabilidad de taludes, alteración del cauce y aporte de sedimentos al cuerpo hídrico.

Recomendaciones

La evaluación financiera demostró que la propuesta de explotación optimizada es económicamente viable. La Tasa Interna de Retorno (TIR) alcanza el 40,46 %, valor ampliamente superior a la tasa de descuento de referencia del 12 % adoptada como costo de oportunidad del capital. El Valor Actual Neto (VAN) se mantiene positivo en los escenarios analizados: USD 110.266 al 8 % y USD 54.270 al 20 %. Para preservar estos resultados durante la vida útil de la concesión, se recomienda ejecutar la explotación conforme al diseño de explotación, la secuencia de avance y el plan de producción establecidos en la propuesta optimizada, ya que son la base sobre la cual se calcularon los flujos de caja.

El avance de la operación deberá verificarse periódicamente mediante levantamientos topográficos y conciliación de los volúmenes extraídos frente a lo programado. Cualquier desviación significativa en producción, costos o precios de venta deberá analizarse técnicamente y reflejarse en la actualización del flujo de caja proyectado, a fin de confirmar que los indicadores de rentabilidad se mantienen dentro de rangos aceptables.

Se recomienda profundizar los estudios técnicos que sustentan el Plan de Manejo Ambiental (PMA), en particular la caracterización de los componentes físico y biótico del área de influencia directa. Para ello deberán ejecutarse campañas de monitoreo de calidad de agua superficial, material particulado (PM10 y PM2.5), niveles de presión sonora y calidad de suelo, con la

frecuencia establecida en el PMA y mediante laboratorios acreditados ante el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE). Los resultados deberán contrastarse con los límites máximos permisibles de la normativa ambiental vigente y con la línea base levantada en el estudio. Esta información permitirá determinar la magnitud real de los impactos generados por la operación y ajustar las medidas del PMA a las condiciones específicas del sitio. Además, respaldará documentalmente el cumplimiento de las obligaciones ambientales en los informes de gestión y auditorías presentados ante el Ministerio del Ambiente y Energía.

Se recomienda que las entidades de regulación y control, en particular el GAD DE SANTA ISABEL Y SARAGURO y la autoridad ambiental competente (MAE ZONAL 6), ejerzan un seguimiento técnico sistemático sobre las fases de arranque, carga, transporte y, cuando corresponda, beneficio del material. Este control no debe limitarse a la verificación del cumplimiento normativo. Debe complementarse con asistencia técnica orientada a la optimización de los parámetros de explotación: Noques de explotación, secuencia de avance y aprovechamiento integral del recurso. Por su parte, el titular minero/operador minero deberá mantener actualizados los registros de producción, los informes semestrales y anuales y los planos de labores, conforme a lo dispuesto en la Ley de Minería y su reglamento.

Dado que la operación y el mantenimiento de la maquinaria constituyen uno de los rubros de mayor incidencia en los costos operativos del proyecto, se recomienda implementar un programa de mantenimiento preventivo basado en horas de operación (horómetro). Los intervalos para el cambio de aceites, filtros y elementos de desgaste, así como para la revisión de los sistemas hidráulicos, se definirán según las especificaciones del fabricante. El programa deberá contar con

fichas técnicas por equipo, bitácoras de intervención e indicadores de desempeño como la disponibilidad mecánica y el tiempo medio entre fallas.

En el ámbito de la seguridad y salud ocupacional, se recomienda garantizar el uso correcto y permanente del equipo de protección personal (EPP) por parte de todo el personal que labora en la concesión. El EPP se seleccionará en función de la matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos de cada puesto de trabajo, y comprende como mínimo casco, calzado de seguridad con puntera, chaleco reflectivo y protección auditiva, respiratoria y visual. Su dotación y reposición deberán registrarse documentalmente. Estas medidas se complementarán con capacitación continua, charlas de seguridad al inicio de cada jornada, señalización de áreas de riesgo, delimitación de zonas de maniobra de maquinaria y un procedimiento de reporte e investigación de incidentes. Todo ello conforme al Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo del Ámbito Minero, con el objetivo de reducir los índices de accidentabilidad y prevenir enfermedades profesionales asociadas a la exposición a polvo, ruido y vibraciones.

Aunque el proyecto presenta un margen de rentabilidad cómodo, su desempeño económico es sensible a variaciones en los costos de operación, en particular al precio de los combustibles. Un incremento en el costo del diésel elevaría el gasto asociado a la maquinaria de arranque y carga y al transporte de material hacia los puntos de acopio o comercialización, lo que reduciría el VAN y la TIR obtenidos. El análisis realizado muestra que el VAN se mantiene positivo aun con una tasa de descuento del 20 %, lo que indica una capacidad razonable del proyecto para absorber condiciones financieras adversas. Aun así, se recomienda revisar el flujo de caja cada vez que se modifique la política nacional de precios de combustibles y establecer indicadores de consumo específico, expresados en galones por metro cúbico o por tonelada producida. Asimismo, deberán

aplicarse medidas de eficiencia energética: optimización de los ciclos de carga-transporte, planificación de rutas internas, reducción de los tiempos de operación en vacío y adecuado dimensionamiento de la flota respecto al ritmo de producción.

Finalmente, se recomienda que el cierre y la rehabilitación de las áreas intervenidas se ejecuten de forma progresiva, a medida que se agoten los frentes de explotación, sin postergarlos a la finalización de la vida útil de la concesión. Las actividades deberán incluir la conformación de taludes con ángulos que garanticen su estabilidad geotécnica, obras de drenaje para el control de la escorrentía y la erosión, la reposición de la capa de suelo orgánico almacenada y la revegetación con especies nativas propias de la zona. Paralelamente, deberá mantenerse operativo el Plan de Relaciones Comunitarias, con mecanismos de información, atención de quejas y participación de la población del área de influencia. En conjunto, las actividades deberán desarrollarse en estricta observancia del PMA aprobado y de la normativa ambiental y de seguridad minera vigente. Los registros y monitoreos periódicos permitirán verificar la eficacia de las medidas implementadas y adoptar oportunamente las acciones correctivas necesarias.

BIBLIOGRAFÍA

Blanco, E. (2021). Características de Plantas de Áridos | PDF | Densidad | Agregado de construcción. Https://es.scribd.com/document/510813838/11-plantas-de-aridos.

Carhuaricra Rivera, M. M. (2021). Implementación de un sistema de seguridad y salud ocupacional en la mina piloto del Instituto de Educación Superior Tecnológico Público "Alberto Pumayalla Diaz". Huayllay. 2019. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2466

Edgar Iván Navarrete Gómez. (2024). Optimización de las operaciones mineras de la cantera "Rocafuerte". Https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/dc87153a-7e79-4b65-a666-9f82807c69bd/content

Farez, j. C. (2022). 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 [escuela superior politécnica de chimborazo, facultad de recursos naturalez]. Https://dspace.espoch.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/09ac9b01-551f-4088-9b05-f92297304576/content

Inamhi. (2020). Republica del ecuador instituto nacional de meteorologia e hidrologia anuario meteorológico. Inamhi.

Ing. Patiño, n. Msc. (2017). Análisis de precipitación y relleno de datos | pdf | precipitación | hidrología. Https://es.scribd.com/document/872023867/presentacion-relleno-de-datos-metodo-de-los-promedios-2025-1s

Malacatus. (2025). Estudio de impacto ambiental expost y plan de manejo ambiental para las fases de exploración y explotación simultánea de minerales no metálicos, bajo el régimen de pequeña minería de las concesiones mineras arza y cristinas. Https://maatecalidadambiental.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/2025/06/11.-plan-de-manejo-ambiental.pdf

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica de Ecuador. (MAATE) (2022). Estudio de Impacto Ambiental Ex-post para las fases de exploración y explotación simultánea de materiales de construcción bajo el régimen de pequeña minería de la Concesión Minera “Escorpión 1” (Código 101848). Dirección Provincial del Azuay.

Pardo Rodríguez, J. (2023). Optimización del Sistema de Explotación para la Extracción de materiales de construcción del yacimiento minero “Zamora Bombuscaro” - código 500681, ubicado en la parroquia Zamora, cantón Zamora, provincia Zamora Chinchipe. En Polo del Conocimiento (Vol. 8, Número 1). Https://doi.org/10.23857/pc.v8i1.5086

Reyes, c. (2021). Optimización de los procesos de explotación en la zona minera de áridos y pétreos del río upano [escuela superior politécnica de Chimborazo sede morona san tiago]. Https://dspace.espoch.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/6bb1906c-8b9a-478c-beea-605c9e2f53a6/content

Rodríguez, J. D. P., Rodríguez, J. D. P., García, H. L. C., Pardo, F. R. O., & Jiménez, F. J. R. (2023). Optimización del Sistema de Explotación para la Extracción de materiales de construcción del yacimiento minero “Zamora Bombuscaro” - código 500681, ubicado en la parroquia Zamora, cantón Zamora, provincia Zamora Chinchipe. Polo del Conocimiento, 8(1), 486–522. Https://doi.org/10.23857/pc.v8i1.5086

Vizyon. (2026). Equipos de protección personal (epp) esenciales para trabajar en una mina. 2026. Https://vizyonindustrial.com/equipos-de-proteccion-personal-epp-esenciales-para-trabajar-en-una-mina/.

ANEXOS

Anexo 1: Registro fotográfico

Foto 1: Toma de coordenadas para la topografía con GNNS RTK SOUTH









Foto 2: Deposito de Material





Foto 3: Noque 3 de Explotación.



Foto 4: Infraestructura de la Concesión.





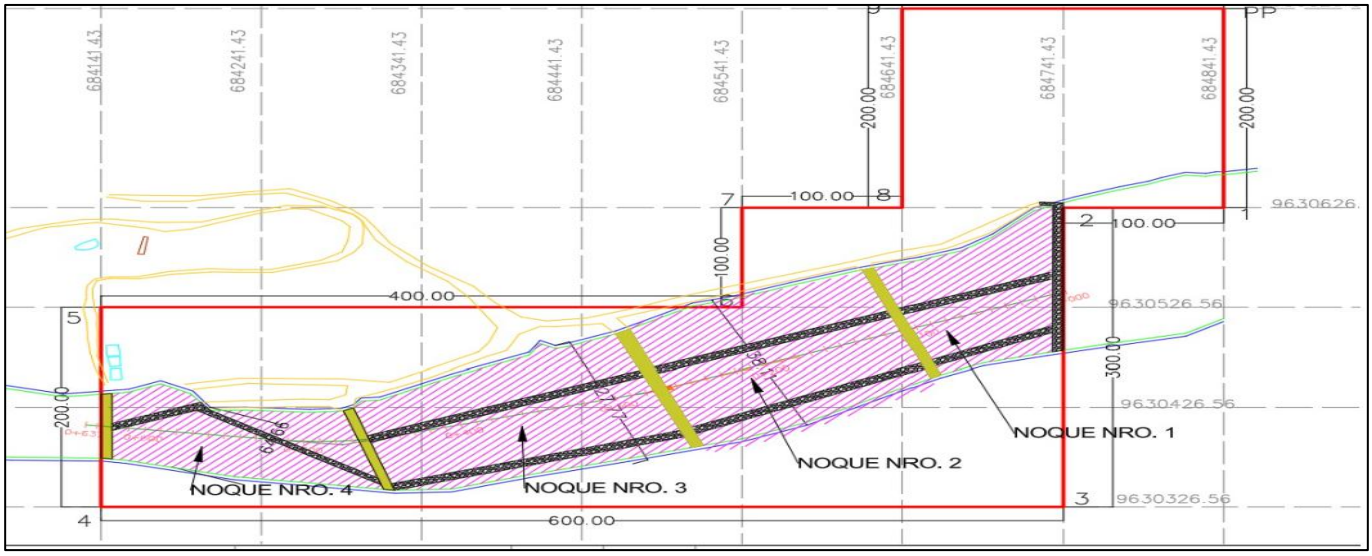








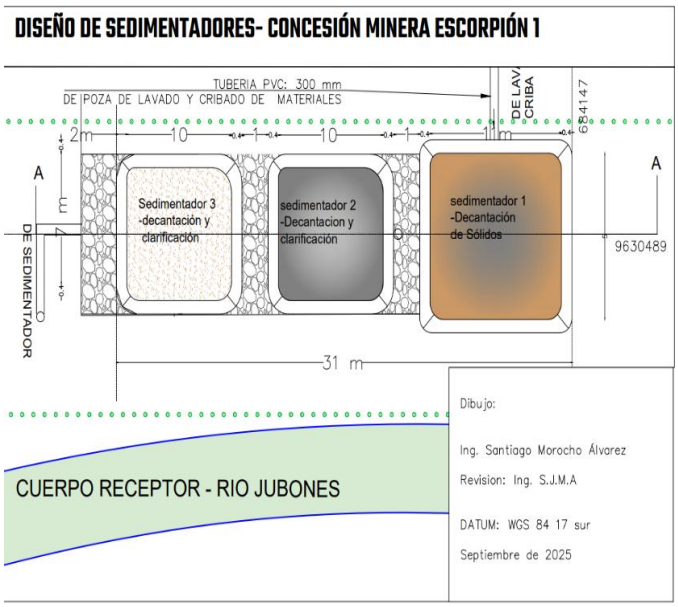
Anexo 2: Diseño de Noques para verificación de distancias entre noques y zona de lavado y cribado.



Anexo 3: Plano de Ruta de Evacuación



Anexo 4: Diseño del sedimentador





Anexo 5: Aspectos legales de la institución.

DOCUMENTO	FECHA Y ESTADO	ENTIDAD
Título Minero Otorgado	Año 2011	POR EL MINISTERIO DE RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES
Protocolización Titulo Minero	17de mayo del año 2011	NOTARÍA PUBLICA
Licenciamiento Ambiental	Aprobada	MINISTERIO DEL AMBIENTE, AGUA Y TRANSICION ECOLOGICA
Certificación Uso y aprovechamiento de Agua	Aprobado	SENAGUA
Autorización Municipal para la explotación de materiales áridos y pétreos de los GADs de SANTA ISABEL y SARAGURO	Aprobado	GAD de Santa Isabel.
Certificado de factibilidad y compatibilidad de uso de suelo	Aprobado 2025	GAD Municipal de Santa Isabel.
Pago de patentes de conservación minera	Vigente 2025	GAD Municipal de Santa Isabel
Fecha de los registros de contratos de operación	Aprobado	ARCOM

Anexo 6: Composición de costos totales.

