UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

Facultad de Ingenierías

Escuela Profesional de Ingeniería de Minas

TESIS

PLAN DE CIERRE DE MINA PARA LA CONCESIÓN MINERA NO METÁLICA EL PROGRESO 92: RECUPERACIÓN AMBIENTAL (FÍSICO, BIOLÓGICO Y SOCIO - ECONÓMICO) POST EXTRACCIÓN DE ROCAS ORNAMENTALES SEGÚN LA LEY N° 28090 EN TALAMOLLE – MOQUEGUA.

Presentado por:

- **Bach. Maria del Carmen Amesquita Huardia**
- **Bach. Xiomara Milagros Maron Flores**

Para optar el título profesional de:

INGENIERO DE MINAS

MOQUEGUA – PERÚ

2025

UNAM
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

INGENIERÍA DE MINAS

Folio N° 085

ACTA DE SUSTENTACIÓN

I. Modalidad:

Tesis : [X]

Trabajo de Suficiencia Profesional : [ ]

Otro: ..... : [ ]

II. Documento de aprobación para la sustentación:

RESOLUCION DE CONSEJO DE FACULTAD Nº 318-2025-CF-FAIN-UNAM

Fecha: 17/12/2025

III. El Jurado ha dictaminado la (el) TESIS, TITULADO:

PLAN DE CIERRE DE MINA PARA LA CONCESIÓN MINERO NO METÁLICA EL PROGRESO 92: RECUPERACIÓN AMBIENTAL (FÍSICO, BIOLÓGICO Y SOCIO-ECONÓMICO) POST EXPLOTACIÓN DE ROCAS ORNAMENTALES SEGUN LA LEY Nº 28090 EN TALAMOLLE-MOQUEGUA.

Bachiller: MARÍA DEL CARMEN AMESQUITA HUARDIA Y XIOMARA MILAGROS MAMANI FLORES

Asesor Principal: MSC. ACOPITO FLORES JUSTO

Co-Asesor : .....

IV. Se dictamina:

Como: APROBADO por UNANIMIDAD la sustentación de manera:

Presencial [X] Virtual [ ]

Con nota: DIECISEIS (16) por lo que; Sí [X] No [ ]

Opta el Título Profesional de INGENIERO DE MINAS.

Siendo las 11:45 horas, del 30 de DICIEMBRE del año 2025 se procede con la firma en conformidad de lo dictaminado por el Jurado.

Presidente
DR. JORGE LUIS TOMÁS FLORES SOLIS
(Nombres y Apellidos)

Primer Miembro
Bertha Silvana Vera Barrios
(Nombres y Apellidos)

Segundo Miembro
MGR. JESUS ELIAS ROJAS CONDORI
(Nombres y Apellidos)

Bachiller
María del Carmen Amesquita Huardia
(Nombres y Apellidos)

Xiomara Milagros Mamani Flores

DEDICATORIA

Dedicamos esta tesis, con profundo agradecimiento, a nuestras familias, quienes, con su apoyo incondicional, paciencia y confianza nos impulsaron a continuar en cada etapa de este camino académico, gracias por creer en nosotras y por ser nuestra mayor motivación.

Dedicamos también este logro a las personas que brindaron palabras de aliento, comprensión y apoyo en los momentos más exigentes. Su paciencia y animo nos ayudaron a mantenernos firmes y enfocadas.

Finalmente, nos lo dedicamos a nosotras mismas como compañeras de trabajo, por la responsabilidad, el compromiso y la perseverancia que demostramos desde el inicio, este proyecto es el resultado del esfuerzo conjunto y del trabajo en equipo que supimos construir. Con sincera gratitud

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento a la institución que nos brindó la oportunidad de formarnos profesionalmente y acceder a los conocimientos necesarios para el desarrollo de esta tesis.

A nuestro jefe, por su guía, orientación y por la disposición mostrada en cada etapa del trabajo, su apoyo fue fundamental para el avance y culminación de este proyecto.

A nuestros docentes, quienes compartieron con nosotros su experiencia, enseñanzas y valores académicos, contribuyendo de manera significativa a nuestra formación.

Finalmente, a todos aquellas personas, compañeros y amigos que nos brindaron su tiempo, apoyo, información y palabras de ánimo durante este proceso, su ayuda fue clave para alcanzar nuestros objetivos.

RESUMEN

La presente tesis desarrolla el Plan de Cierre de mina para la concesión no metálica El Progreso 92, localizada en Talamolle–Moquegua. En la tesis se reconoce que la actividad de explotación de rocas ornamentales genera alteraciones geotécnicas en el terreno, pérdida de cobertura vegetal, alteración o degradación del suelo y afectación de las actividades que se realizan en el lugar, por lo que se plantea un plan técnico normativo que se basa en los criterios de la ingeniería ambiental y geotécnica. La metodología utilizada para el desarrollo del presente trabajo de tesis ha permitido combinar el diagnóstico de campo (reconocimiento del área, localización y caracterización del sitio), la caracterización de los impactos, análisis documental y la revisión normativa, reconociéndose las variables críticas a partir de las cuales se podrá llevar a cabo la rehabilitación del sitio. El plan que se determina después de esta revisión se basa en diversos componentes: la recuperación física, la estabilización de taludes y manejo de aguas; la restauración biológica, con incorporación de suelos mejorados, revegetación, etc. Los resultados evidencian que la aplicación de estos requisitos permite mejorar la estabilidad del terreno, disminuye los riesgos ambientales y permite la integración paisajística del área en estudio. Las conclusiones del presente trabajo determinan que un cierre planificado, progresivo y que esté alineado a la normativa vigente asegura la sostenibilidad a largo plazo, evita la generación de pasivos ambientales y contribuye al desarrollo territorial responsable.

Palabras clave: Cierre de minas, recuperación ambiental, rocas ornamentales, estabilidad geotécnica, Talamolle, Ley 28090.

ABSTRACT

This thesis develops the Mine Closure Plan for the non-metallic concession El Progreso 92, located in Talamolle–Moquegua, aiming to ensure the physical, biological, and socio-economic environmental recovery of the exploited area in accordance with Peruvian Law N° 28090. The study identifies that ornamental rock extraction generates significant geotechnical alterations, vegetation loss, soil degradation, and social impacts; therefore, a comprehensive technical and regulatory plan is proposed based on environmental and geotechnical engineering criteria. The methodology included field diagnosis, impact characterization, documentary analysis, and regulatory review, allowing the identification of critical variables for site rehabilitation. The proposed plan integrates three components: physical recovery through slope stabilization, geomorphological reshaping, erosion control, and water management; biological restoration using soil improvement techniques and revegetation with native xerophytic species; and socio-economic recovery by defining feasible post-mining land uses aligned with community expectations. Results show that implementing these measures enhances terrain stability, reduces environmental risks, and supports ecosystem resilience. The conclusions highlight that a progressive, technically sound, and legally compliant closure plan ensures long-term sustainability, prevents environmental liabilities, and promotes a responsible post-extraction transition.

Keywords: Mine closure, environmental recovery, ornamental rocks, geotechnical stability, Talamolle, Law 28090.

ÍNDICE

RESUMEN i

ABSTRACT ii

INTRODUCCIÓN 1

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 3

1.1. Descripción y formulación del problema 3
1.1.1. Descripción de la realidad problemática 3
1.1.2. Formulación del problema de investigación 4
1.1.2.1. Interrogante general 4
1.1.2.2. Interrogantes específicas 4
1.1.3. Objetivos 5
1.1.3.1. Objetivo general 5
1.1.3.2. Objetivos específicos 5
1.2. Justificación e importancia 5
1.2.1. Justificación ambiental 5
1.2.2. Justificación socioeconómica 6
1.2.3. Justificación académica y normativa 6
1.2.4. Importancia 6
1.3. Hipótesis 7
1.3.1. Hipótesis general 7
1.3.2. Hipótesis específicas 7
1.4. Operacionalización de variables 8
1.4.1. Variable independiente 8
1.4.2. Variable dependiente 8

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO 10

2.1. Antecedentes del problema 10
2.1.1. Antecedentes internacionales 10
2.1.2. Antecedentes nacionales 17
2.1.3. Antecedentes locales 20
2.2. Bases teóricas 20
2.2.1. Conceptualización del cierre de minas 21
2.2.1.1. Definición del cierre de minas 21
2.2.1.2. Importancia del cierre en la gestión ambiental 22

2.2.1.3. Objetivos del cierre de minas 23
2.2.1.4. Principios de sostenibilidad aplicados al cierre 25
2.2.1.5. Particularidades del cierre en unidades mineras no metálicas 27
2.2.2. Marco normativo del cierre de minas 28
2.2.2.1. Ley 28090 – Ley de Cierre de Minas 29
2.2.2.2. Decreto Supremo 033-2005-EM 30
2.2.2.3. Lineamientos técnicos del MINEM 31
2.2.2.4. Instrumentos del MINAM 32
2.2.2.5. Supervisión y fiscalización del OEFA 33
2.2.2.6. Estándares y lineamientos internacionales 34
2.2.3. Enfoques técnicos del cierre de minas 36
2.2.3.1. Gestión del riesgo 37
2.2.3.2. Evaluación de impactos residuales al cierre 38
2.2.3.3. Integración de criterios físicos, biológicos y sociales 40
2.2.3.4. Indicadores de desempeño para la evaluación del cierre 41
2.2.3.5. Herramientas y técnicas de análisis aplicadas al cierre 43
2.2.4. Componentes físicos del cierre de minas 44
2.2.5. Componentes biológicos del cierre de minas 47
2.2.6. Componente socioeconómico del cierre de minas 51
2.2.6.1. Participación de la comunidad en el proceso de cierre 52
2.2.6.2. Reconversión económica y usos post minería 53
2.2.6.3. Percepción, aceptación y legitimidad social del cierre 54
2.2.6.4. Gestión de conflictos socioambientales 55
2.2.7. Fases del Cierre de Minas 55
2.2.7.1. Planificación del Cierre durante la Vida Útil de la Mina 56
2.2.7.2. Integración del Cierre en la Gestión Operativa y Ambiental 57
2.2.7.3. Cierre Progresivo 58
2.2.7.4. Cierre Final 60
2.2.7.5. Post Cierre 61
2.2.8. Recuperación ambiental y geomorfológica en canteras no metálicas 63
2.2.8.1. Características y dinámicas de explotación en canteras 64
2.2.8.2. Procesos de degradación del paisaje en minería no metálica 66
2.2.8.3. Estrategias de restauración en ambientes áridos 67
2.2.8.4. Técnicas de integración paisajística 69
2.3. Definición de términos 73

CAPITULO III. METODOLOGÍA 76

3.1. Tipo y nivel de investigación 76
3.1.1. Tipo de Investigación 76
3.1.2. Nivel de Investigación..... 76
3.2. Diseño de investigación 77
3.3. Ámbito temporal y espacial 77
3.4. Población y muestra 78
3.4.1. Población 78
3.4.2. Muestra 79
3.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos..... 79
3.5.1. Técnicas de recolección de datos 80
3.5.2. Instrumentos documentales..... 80
3.5.3. Validación de los instrumentos 81
3.5.4. Métodos y técnicas para la presentación y análisis de datos 82
3.6. Procedimientos..... 83

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 87

4.1. Resultados 87
4.2. Discusión..... 88

CAPITULO V. CONCLUSIONES 91

CAPITULO VI. RECOMENDACIONES 93

CAPITULO VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....94

ANEXOS 102

Anexo 1. Matriz de Consistencia..... 102
Anexo 2. Procedimiento para la Aprobacion del Plan de Cierre de Minas 103
Anexo 3. Propuesta de Plan de Cierre de Mina..... 104
Anexo 3. Plano de Area de Influencia Ambiental 154
Anexo 4. Plano de Distribución de Componentes..... 155
Anexo 5. Plano de Pasivos Ambientales 156
Anexo 6. Plano de Pasivos Ambientales 157
Anexo 7. Plano de Diseño de Cancha de Desmontes..... 158
Anexo 8. Plano de Area de Actividad Minera 159
Anexo 9. Plano de Mapa Climatico..... 160

Anexo 10. Plano de Uso Mayor de Suelos 161
Anexo 11. Plano de Acuiferos Subterraneos 162
Anexo 12. Plano de Covertura Vegetal 163

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables. 9
Tabla 2. Comparación de los principales instrumentos normativos 35
Tabla 3. Niveles de integración físico–biológico–social 41
Tabla 4. Indicadores de desempeño para evaluación 42
Tabla 5 Matriz de herramientas y técnicas aplicadas al cierre minero 43
Tabla 6. Integración de criterios físicos y biológicos 50
Tabla 7. Tipología extendida de impactos socioeconómicos 52
Tabla 8. Matriz de evaluación de alternativas de uso post-minería para canteras 54
Tabla 9. Actividades clave del Cierre Progresivo en canteras 59
Tabla 10. Objetivos y Criterios de Éxito en la Fase de Post Cierre 62
Tabla 11. Comparación de Riesgos Geotécnicos en Canteras 66
Tabla 12. Especies Nativas Xerófitas 69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Documentos técnicos sobre la gestión de planes de cierre de minas en el Perú 22
Figura 2. Evolución de la calidad ambiental y corrección de impactos durante el proceso de cierre de minas 24
Figura 3. Gestión del cierre de minas en un proyecto minero 26

LISTA DE ABREVIATURAS Y NOMENCLATURAS

ABREVIATURAS:

Instituciones del Estado y del Sector Minero

- **ANA**: Autoridad Nacional del Agua.
- **CEPLAN**: Centro Nacional de Planeamiento Estratégico.
- **DGAA**: Dirección General de Asuntos Ambientales.
- **DGAAM**: Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros.
- **DIA**: Declaración de Impacto Ambiental.
- **DIGESA**: Dirección General de Salud Ambiental.
- **DTM**: Dirección de Topografía y Minería.
- **GORE**: Gobierno Regional.
- **INAIGEM**: Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña.
- **INEI**: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- **MINAM**: Ministerio del Ambiente.
- **MINEM**: Ministerio de Energía y Minas.
- **OEFA**: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.
- **OSINERGMIN**: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería.
- **PCM**: Presidencia del Consejo de Ministros.
- **SENAMHI**: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.
- **SERNANP**: Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado.
- **SUNARP**: Superintendencia Nacional de los Registros Públicos.

Normativa y Gestión Ambiental

- **SEIA**: Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental.
- **EIA**: Estudio de Impacto Ambiental.
- **ITS**: Informe Técnico Sustentatorio.
- **PMA**: Plan de Manejo Ambiental.
- **PPC**: Plan de Participación Ciudadana.
- **PGRD**: Plan de Gestión de Residuos Sólidos.
- **PEA**: Plan de Educación Ambiental.
- **MIA**: Modificación del Estudio de Impacto Ambiental.
- **LM**: Línea de Base del Medio.

Componentes y Actividades Mineras

- **CM**: Componente Minero.
- **ZE**: Zona de Extracción.
- **ZA**: Zona de Acopio.
- **ZTA**: Zona de Trabajo Artesanal.
- **ZAT**: Zonas Auxiliares Temporales.
- **FA**: Frente de Avance.
- **LD**: Labor de Desquinche.
- **LT**: Labor de Transporte.
- **CP**: Cierre Progresivo.
- **CF**: Cierre Final.
- **ZCP**: Zona de Cierre Progresivo.
- **ZCF**: Zona de Cierre Final.

NOMENCLATURAS:

Impactos Ambientales y Evaluaciones Asociadas

- IP: Impacto Potencial.
- II: Impacto Insignificante.
- IM: Impacto Moderado.
- IS: Impacto Severo.
- FA: Factor Ambiental.
- CV: Componente Valorado.
- AF: Área de Influencia.
- AID: Área de Influencia Directa.
- AII: Área de Influencia Indirecta.

Indicadores del Cierre

- ICF: Indicador de Cierre Físico.
- ICE: Indicador de Cierre Ecológico.
- ICS: Indicador de Cierre Social.
- NCM: Nivel de Cumplimiento de Medidas.
- VCP: Verificación del Cierre Progresivo.

Otros Términos Técnicos Relacionados

- AIA: Área Intervenida Acumulada.
- MNA: Material No Aprovechable.
- MPA: Material Potencialmente Aprovechable.
- SNV: Superficie Natural Visible.
- MR: Macizo Rocoso.
- AR: Afloramiento Rocoso

INTRODUCCIÓN

La gestión ambiental dentro del ámbito minero en el Perú ha ido cobrando una posterioridad estratégica en las últimas décadas dado que se ha ido volviendo prioritario asegurar que la extracción de materiales se realiza mediante criterios que garanticen la sostenibilidad, así como la prevención de impactos. Dentro de este marco, el cierre de minas se convierte en un proceso importante para garantizar la estabilidad física, biológica y socioeconómica de los territorios sometidos a intervención tal y como lo determinó la Ley N.º 28090 que determina la obligatoriedad de planificar, ejecutar y supervisar finalmente las labores de recuperación del entorno. Su correcta adecuación es especialmente crítica en las unidades mineras no metálicas, donde los impactos más predominantes son la alteración geomorfológica y la degradación del paisaje, impactos que deben ser abordados mediante criterios de ingeniería ambiental y geotécnica.

En el distrito de Talamolle, provincia de General Sánchez Cerro, se ubica la concesión minera no metálica “El Progreso 92”, cuya dedicación es la extracción de rocas ornamentales. La actividad realizada con estas minas genera grandes cambios en la morfología del terreno, la pérdida de cobertura vegetal, la exposición de suelos sin estabilidad, la acumulación de desmontes y la afectación del paisaje. Actualmente la unidad minera no cuenta con un Plan de Cierre de Mina tal y como se estructuró, lo que es riesgoso tanto para el entorno físico y biológico de la zona, así como para las actividades socioeconómicas que se podrían desarrollar en la zona una vez terminada la extracción de materiales. Evidentemente la ausencia de un plan comprensivo requiere la elaboración del instrumento técnico-normativo que permita garantizar la recuperación sostenible del área intervenida.

La presente investigación se desarrolla con el objetivo de elaborar un Plan de Cierre de Mina para la concesión no metálica “El Progreso 92”, en cumplimiento de lo dispuesto por la Ley N.º 28090 y su Reglamento. El estudio considera criterios de ingeniería geotécnica para garantizar la estabilidad de los taludes y del terreno recuperado; criterios de restauración biológica para la recuperación del suelo, la revegetación y la recuperación de procesos ecológicos y criterios socioeconómicos para el desarrollo de viabilidad de la producción del área y la integración eficiente con la comunidad de Talamolle.

La metodología aplicada es una combinación del diagnóstico de campo, caracterización de impactos físicos, biológicos y sociales, la revisión documental y la revisión norma sectorial. Este enfoque es suficiente para determinar las condiciones iniciales de la concesión, reconocer las variables críticas que determinan el cierre y establecer las medidas de recuperación técnica y ambientalmente viables. También se añade un enfoque incremental de cierre que considera la recuperación incrementada de las áreas que ya han sido intervenidas, de acuerdo con lo fijado por la Guía para la Elaboración de Planes de Cierre de Minas del MINEM.

La tesis está dividida en seis capítulos. En el Capítulo I se desarrolla el planteamiento del problema, los objetivos, la justificación y las hipótesis de trabajo; en el Capítulo II se desarrolla el marco teórico correspondiente a los antecedentes, conceptos fundamentales, enfoques técnicos y el marco normativo; en el Capítulo III se aborda la metodología de la investigación. En el Capítulo IV se exponen los resultados obtenidos del diagnóstico, la propuesta técnica del Plan de Cierre y su discusión; el Capítulo V expone las conclusiones y el Capítulo VI contiene las recomendaciones dirigidas a la implementación y el monitoreo del cierre.

Los resultados indican la posibilidad de que una aplicación de criterios de ingeniería ambiental y geotécnica debe permitir desarrollar un Plan de Cierre que mejoraría la estabilidad del terreno, disminuiría la erosión, mejoraría la recuperación ecológica y proporcionaría oportunidades de uso sostenible del suelo post–extracción, así como la posibilidad de obtener la conclusión de que un cierre acordado, progresivo y bajo las normas vigentes ayuda a prevenir pasivos ambientales y ayudaba a fomentar la sostenibilidad territorial y socioeconómica del distrito de Talamolle.

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.Descripción y formulación del problema

1.1.1. Descripción de la realidad problemática

La actividad minera no metálica en el Perú constituye una de las posibilidades de extracción más activas del sector minero tanto por la obtención de recursos que serán utilizados finalmente en el ámbito de la construcción de los edificios, como en las actividades de ornamentación, de modo que las canteras a cielo abierto están generando grandes alteraciones naturales, ya que afectan a su vez la morfología del terreno, la cobertura vegetal, la calidad de los suelos y a su vez la dinámica del desarrollo de la actividad socioeconómica local.

En el distrito de Talamolle, en la provincia de General Sánchez Cerro, región Moquegua, está la concesión minera no metálica denominada “El Progreso 92”, correspondiente a una explotación de rocas ornamentales, la cual, como otras explotaciones telúricas no metálicas, introduce la modificación de la aplicación de las medidas técnicas que aseguran la recuperación integral del área tras la actividad de producción. Los acontecimientos ambientales al no estar acompañados por un Plan de Cierre elaborado y definido, pueden hacer que se extiendan en el tiempo los mismos, dando lugar a procesos de erosión, inestabilidad de los taludes, la existencia y acumulación de desmontes, alteración del paisaje natural y disminución de la biodiversidad.

La problemática La degradación ambiental generada por el incumplimiento de un plan de cierre que se adecue a la realidad de la concesión supone un riesgo ambiental para la sostenibilidad del medio y el espacio; además, tampoco se cuenta hasta el momento con estrategias de recuperación biológicas y socioeconómicas aplicadas en la medida que podría darse la recuperación en función de la recuperación del espacio a un aprovechamiento productivo de acuerdo con las características del ecosistema y con las necesidades de la población.

Frente a esta problemática se establece entonces la necesidad de elaborar un plan de cierre de mina que tome en cuenta la Ley N° 28090 de forma tal de garantizar la recuperación ambiental (físico, biológico y socioeconómico) del área

intervenida, la cual tiene como finalidad la producción de una minería responsable que se haga cargo de la estabilidad del terreno y de las condiciones medioambientales profundas una vez concluidas las labores extractivas.

La investigación dará cuenta de esta problemática para la concesión minera "El Progreso 92", en base a los lineamientos del Ministerio de Energía y Minas más la normativa vigente y los principios del desarrollo ambiental sostenible aplicables al cierre de las minas no metálicas.

1.1.2. Formulación del problema de investigación

A raíz de la problemática que se identificó en torno a este tema, se plantea la pregunta general de la investigación y las preguntas específicas que guiarán los objetivos de la investigación, de las cuales se listan a continuación:

1.1.2.1.Interrogante general

¿De qué modo la aplicación de criterios de ingeniería ambiental y geotécnica en el plan de cierre de mina permite garantizar la estabilidad estructural del terreno y la recuperación ecológica y socioeconómica de la concesión minera no metálica "El Progreso 92", en Talamolle – Moquegua?

1.1.2.2.Interrogantes específicas

I.E 1. ¿Cuáles son las alteraciones geotécnicas, ambientales, socioeconómicas de la concesión minera "El Progreso 92", que se deberían asumir como variables críticas cuyas interacciones observadas, ¿tienen que ser tomadas en cuenta en el plan de cierre?

I.E. 2. ¿Qué estrategias y qué procedimientos técnicos deben aplicarse tendientes a la estabilización física del terreno, la estabilización biológica y la viabilidad socioeconómica post cierre de la concesión minera "El Progreso 92"?

1.1.3. Objetivos

1.1.3.1. Objetivo general

Elaborar un Plan de Cierre de Mina que cumpla de manera adecuada los criterios de ingeniería geotécnica y ambiental, garantizando la estabilidad estructural del terreno, la recuperación ecológica y socioeconómica del área objeto de la concesión minera no metálica “El Progreso 92” en Talamolle - Moquegua.

1.1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar y caracterizar las alteraciones geotécnicas, ambientales y socioeconómicas de la concesión minera “El Progreso 92” las cuáles consideradas como variables críticas, sus interacciones deben ser tenidas en cuenta para el diseño del Plan de Cierre.
- Proponer estrategias y procedimientos técnicos orientadas a la estabilización física del terreno, a la rehabilitación biológica y a la viabilidad socioeconómica post cierre, conforme a la Ley N° 28090.

1.2. Justificación e importancia

El presente trabajo responde a la necesidad de implementar un cierre ambientalmente responsable de las operaciones de las minas no metálicas en el Perú, en cumplimiento de la Ley N.º 28090 - Ley de Cierre de Minas y sus normas reglamentarias. La concesión minera no metálica "El Progreso 92" que se halla ubicada en el distrito de Talamolle y que sirve a este trabajo como caso ejemplar, ha puesto en evidencia que, sin un plan de cierre, la estabilidad física del terreno, la calidad ambiental y el equilibrio socioeconómico se ven comprometidos. Por tanto, la investigación plantea la formulación de un Plan de Cierre de Mina técnica y normativamente viable, que permita la recuperación geomorfológica, biológica y social del área objeto de intervención, garantizándose así la sostenibilidad de la zona tras la extracción.

1.2.1. Justificación ambiental

Desde el enfoque medioambiental, el estudio busca revertir los aspectos físicos, y biológicos, así como los paisajísticos, de la extracción de rocas

ornamentales, promoviendo la recuperación total del ecosistema intervenido. Si se plantea la ejecución de un plan de cierre, será posible restaurar la morfología del terreno, mejorar la calidad del suelo, controlar la erosión y promover la revegetación mediante especies nativas, lo que asegura la resiliencia del entorno ecológico. Pero además el trabajo cumple con los objetivos de desarrollo sostenible (objetivo de desarrollo sostenible 13, 14 y 15) y las políticas nacionales de gestión de pasivos ambientales mineros.

1.2.2. Justificación socioeconómica

En el componente social y económico el estudio cobra relevancia ya que promueve una transición responsable de la post-extracción a la extracción, incentivando la participación de la comunidad en el cierre y la reconversión productiva de las áreas recuperadas de este territorio. Las poblaciones de Talamolle y zonas aledañas se verán beneficiadas mediante el uso sostenible del suelo, ya sea para la agricultura, la silvicultura o el ecoturismo, promoviendo así la conciencia medioambiental y la economía local. Por lo tanto, contribuirá al bienestar y la sostenibilidad socioeconómica de la comunidad de los mineros y su entorno.

1.2.3. Justificación académica y normativa

El presente trabajo representa una aportación en el marco académico a la actualización de una propuesta técnica-normativa para el cierre de minas no metálicas, un tema que se encuentra aún poco desarrollado en la literatura nacional y que permite integrar componentes de la ingeniería de minas, gestión ambiental y legislación minera, incrementando la formación profesional del investigador. A su vez, representa una aportación práctica para dar cumplimiento a la Ley N.º 28090, la Guía para la Elaboración de Planes de Cierre de Minas (MINEM, 2012) y las disposiciones normativas que emanan del OEFA y el MINAM, lo que a su vez representará una contribución para forjar una minería sostenible en el Perú.

1.2.4. Importancia

La importancia del presente estudio radica en su importancia directa para el fortalecimiento de la gestión ambiente-minera en el país, mayormente en las operaciones no metálicas, en donde todavía resulta necesario afrontar vacíos

técnicos y de cumplimiento normativo. La elaboración de un Plan de Cierre de Mina integral permitiría obtener un precedente técnico aplicable a canteras del sur del Perú y reactivar la minería responsable y sostenible mediante la elaboración de Planes de Cierre de Minas (MINEM, 2012).

Desde una perspectiva técnica, la investigación aporta un aporte práctico en el ámbito de la ingeniería de minas, integrando criterios de geotecnia, restauración ambiental y planificación del territorio en una propuesta de cierre adaptada a la realidad de la concesión "El Progreso 92". De igual forma, el estudio ofrece un modelo de referencia que puede ser utilizado por los profesionales, autoridades y empresas del sector minero para la mejora en la gestión del cierre y el post-cierre de canteras.

Desde el ámbito ambiental y social el trabajo cobra relevancia, al impulsar la recuperación integral del ecosistema y la reutilización sostenible de los terrenos rehabilitados, promoviendo la participación de la comunidad local en el cierre y su posterior aprovechamiento productivo. Finalmente, desde el ámbito académico, la investigación ayuda a enriquecer la literatura técnica sobre el cierre de minas no metálicas, así como contribuir a fortalecer la formación profesional del ingeniero de minas en temas de sostenibilidad, responsabilidad medioambiental y gestión del territorio post-extracción.

1.3.Hipótesis

1.3.1. Hipótesis general

La aplicación de criterios de ingeniería ambiental y geotécnica en los elementos del Plan de Cierre de Mina conseguirá la estabilidad estructural del terreno y la recuperación ecológica y socioeconómica sostenible de la concesión minera no metálica "El Progreso 92", en Talamolle - Moquegua.

1.3.2. Hipótesis específicas

H.E.1. Las alteraciones geotécnicas, ambientales y sociales de la concesión minera "El Progreso 92" son variables críticas interdependientes cuya valoración permitirá fijar los criterios técnicos para un cierre de mina ambientalmente eficaz.

H.E.2. La concreción de los criterios de ingeniería ambiental y geotécnica para el cierre de mina, al estar orientadas al mantenimiento físico, la restauración biológica y el proceso de reconversión socioeconómica, producirá un cierre de mina sostenible y funcional desde el punto de vista del ordenamiento legal vigente.

1.4.Operacionalización de variables

1.4.1. Variable independiente

Elaboración del plan de cierre de mina.

Se relaciona con el proceso de planificación, formulación y gestión técnica del cierre de la concesión minera no metálica El Progreso 92 en términos de lo especificado por la Ley N° 28090 y su Reglamento. Esta variable incluye la implementación de estrategias y protocolos técnicos orientados al control de la estabilidad física del terreno, al control de impactos ambientales y al cierre gradual mediante la aplicación de las medidas de rehabilitación.

1.4.2. Variable dependiente

Recuperación ambiental y geomorfológica.

Está centrada en los resultados ambientales esperados tras la implementación del plan de cierre en la forma del restablecimiento de relieve, de estabilidad geomorfológica, de recuperación de vegetación y del restablecimiento de calidad del suelo y del ecosistema local.

A continuación, la operacionalización de variables en la Tabla 1 la cual permite especificar sus dimensiones, y los indicadores y unidades de medida empleados en la evaluación de cada una de estas variables simplemente. Se trata de facilitar la implementación diseñada de la metodología y la futura verificación de resultados.

Tabla 1. *Operacionalización de variables.*

Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Unidades de medición
Variable Independiente				
Elaboración del plan de cierre de mina	La realización de un plan de cierre de una mina no metálica implica la planificación y gestión de los procesos necesarios para el desmantelamiento, rehabilitación y restauración del área de operaciones mineras, así como la mitigación de impactos ambientales y sociales.	• Adecuación a la legislación vigente • Protocolos y estrategias técnicas de restauración	• Nivel de cumplimiento • ECA´s • IDS´s • LMP	• % • ppm, mg/l, dB • % • Ppm, mg/l, g/km
Variable Dependiente				
Recuperación ambiental y geomorfológica	Es un proceso que busca restaurar áreas degradadas, combinando la reconstrucción del relieve (geomorfología) con la rehabilitación de los ecosistemas (restauración ecológica).	• Estabilidad de taludes • Cobertura vegetal • Calidad de suelo • Control de erosión	• Factor de seguridad • Índice de vegetación diferenciada normalizada (NDVI) • Parámetros físicos, químicos y biológicos que se miden para evaluar la salud del suelo • Pérdida de suelo y evaluar el riesgo de erosión	• FS • NDVI • # • %

Nota. Elaboración propia.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1.Antecedentes del problema

2.1.1. Antecedentes internacionales

Aduvire y Cahuana (2022) llevaron a cabo un denso análisis del estado de la planificación de cierre y de pasivos ambientales mineros en Perú, cubriendo así un periodo de dos décadas de normas. La metodología utilizada (revisión de la legislación, guías de cierre, informes técnicos, entrevistas a actores clave) permitió identificar que, a pesar de que el presupuesto y la garantía financiera son obligatorias, existe una deficiencia en la integración del cierre progresivo y en la articulación de los aspectos físico, químico, biológico y socioeconómico. De este modo, estos últimos autores exponen la necesidad urgente de una actualización normativa, de implementar sistemas de monitoreo robustos, y de fomentar una participación comunitaria más activa para lograr, en consecuencia, una adecuada recuperación ambiental. Esta parte resulta clave para el presente estudio, ya que permite establecer el marco normativo nacional vigente para la recuperación post-extracción, la legalidad y las deficiencias detectadas que son directamente aplicables al desarrollo del plan de cierre de la concesión no metálica en Moquegua.

Lagos y Fierro (2024) se propusieron dar a conocer nacionalmente experiencias sobre el uso de geosintéticos en la construcción de coberturas para cierres mineros. Para ello, llevaron a cabo la recopilación de casos de campo en Perú y compararon el comportamiento físico, geoquímico y el comportamiento de la hidrología de coberturas convencionales frente a coberturas geosintéticas, sumando variables como precios y estabilidad. Sus resultados mostraron que la inclusión de geosintéticos tiene ventajas significativas: menor erosión, mayor estabilidad con respecto a la hidrología y mayor rapidez en la rehabilitación del terreno, así como también contemplar menores impactos en lo referente a las emisiones. Los autores concluyen que esta técnica es un recurso valioso para contribuir en el fortalecimiento de la recuperación física y geológica de los lugares mineros. Esta referencia es de suma importancia en la presente tesis por cuanto va a permitir disponer de soluciones técnicas concretas y probadas en el contexto

peruano para resolver con soluciones los aspectos físicos y biológicos del cierre de la mina de rocas ornamentales en cuanto a la cobertura final.

Radu et al. (2023) han realizado una investigación relacionada con los procesos de cierre y rehabilitación de minas mediante una perspectiva integral que considera la componente social en todos los procesos desde la planificación hasta los periodos post-cierre. La metodología utilizada fue la revisión de la literatura internacional y el análisis de casos de rehabilitación en Europa y América para describir buenas prácticas en la integración de trabajadores y comunidades. Los hallazgos señalaron que, cuando los programas de rehabilitación incorporan formación para el reempleo, la participación comunitaria en todos los niveles y un seguimiento prolongado, se logran mejores resultados respecto de la estabilidad social y ambiental. En consecuencia, ellos concluyen que la recuperación socioeconómica debe ser una parte popular e indispensable del plan de cierre. Este estudio se articula directamente con la dimensión socioeconómica de la concesión, ya que valida la necesidad de incluir estrategias que aseguren un legado positivo para la comunidad local.

Gligor et al. (2024) han indicado la distribución espacial de la situación de sitios mineros abandonados en el mundo y han planteado diferentes estrategias de rehabilitación que combinaran aspectos físicos y biológicos. Utilizando imágenes satelitales y sistemas de información geográfica (SIG), estos autores han servido para crear mapas de los sitios mineros abandonados y hacer correlaciones con indicadores de la degradación ambiental. Uno de sus descubrimientos es que muchas de las áreas no han sido rehabilitadas desde un punto de vista ecológico, van a ser áreas donde la vegetación tiene poca cobertura, pero donde todavía puede existir alguna alteración del suelo. Con lo cual concluyen que las estrategias de recuperación deben ser integradas; por ello deben de combinar la estabilización física, la revegetación y la planificación de la ocupación del suelo tras la mina. Esta referencia resulta de gran utilidad porque alimentará el enfoque de rehabilitación física y biológica del plan de cierre de la mina de rocas ornamentales.

Musando et al. (2023) revisan las buenas prácticas de cierre de minas en un estudio de caso en canteras a cielo abierto, donde otorgan especial énfasis a la recuperación física y desarrollo de usos alternativos para la comunidad. La

metodología consiste en un estudio de caso de una cantera africana que combina entrevistas en profundidad, análisis de técnicas de restauración de terrenos y una evaluación socioeconómica de la reconversión (p.ej., a turismo o agricultura). Los resultados ponen de manifiesto que una rehabilitación que incluía remodelado de taludes, densificación de suelos, revegetación y participación comunitaria consiguen restaurar la funcionalidad del terreno y generan nuevas actividades económicas. Los autores concluyen que las canteras, aunque no son lo mismo que las minas de rocas ornamentales, brindan lecciones para la rehabilitación de concesiones no metálicas desde una perspectiva físico-biológica y socioeconómica y acuerdan que es un soporte metodológico básico para proponer usos alternativos para el presente proyecto.

Acero e Hidalgo (2024) estudiaron los efectos socio-económicos y ambientales que produce el sector minero en Perú en el periodo 2007-2022. La metodología utilizada se basa en una revisión documental de estadísticas, en el análisis de conflictos socioambientales y en el análisis de la evolución de las exportaciones y de la pobreza. Los resultados obtenidos exponen que el crecimiento minero queda lejos de implicar mejoras sostenidas para las comunidades y que la proliferación de conflictos socioambientales repercute las inversiones y en el desarrollo regional. Las conclusiones del estudio proponen que se formulen políticas que hagan explícita la vinculación entre el cierre y rehabilitación de minas y el desarrollo local. Se trata de un antecedente que aporta un contexto socio-económico de la minería en Perú, necesario para poder contextualizar la propuesta de recuperación post-extracción en Moquegua y para ajustar la propuesta del plan de cierre a las expectativas de desarrollo local.

Cacciuttolo y Marinovic (2023) profundizan sobre la experiencia gestionando el relleno de minas subterráneas con relaves en la región andina del Perú la cual la crean también como una alternativa de “minería verde” para mitigar los impactos socio-medioambientales. La metodología de la investigación es el estudio de caso, que recabó información mediante los datos de campo, el análisis que se llevó a cabo del diseño de relleno y el seguimiento de impactos. Los resultados concluyeron en que hay una disminución de los espacios explotacionales, la mitigación drástica en la generación de los relaves libres y un ara del esfuerzo de

mejora de la estabilidad física de la mina que se traduce en que haya beneficios medioambientales y un menor riesgo para las comunidades. Los autores exponen que las técnicas de reintegración podrían ayudar de forma valiosa en la recuperación físico-ambiental y socio-económica en los contextos mineros peruanos. Este trabajo es relevante porque es una técnica de rehabilitación física/biológica, innovadora y contrastada, en un contexto geográfico y operativo como el peruano.

Chugh et al. (2023) se propusieron llevar a cabo una revisión sistemática de los requisitos realizados en la planificación, la regulación y la implantación del cierre de minas en EE. UU. haciendo un hincapié en la reposición ecológica y en el control de las medidas posteriores al cierre. Utilizando como estrategia de revisión el análisis de literatura, de las guías regulatorias y de los casos de estudio, fueron capaces de identificar buenas prácticas para garantizar la estabilidad física, la calidad del agua, el manejo de estructuras de mina y el seguimiento y control durante el tiempo en que el terreno quedaba en condiciones de post-cierre. Como conclusión, indicaron que un enfoque bien estructurado era clave para mitigar de manera efectiva los pasivos mineros siendo, a su vez, extrapolable a otros países y a otras situaciones de minería no metálica. Este antecedente constituye un aporte directo a la estructuración y a la rigurosidad técnica del componente de recuperación físico-biológica que se propone integrar en el plan de cierre.

Littleboy et al. (2024) se concentraron en identificar los retos que enfrenta la planificación del cierre de minas para lograr resultados que sean “positivos para la naturaleza”, yendo más allá del simple cumplimiento regulatorio. La metodología empleada incluyó una revisión internacional de políticas y literatura académica, además de un análisis de casos de prácticas de rehabilitación que incorporan activamente la biodiversidad y el uso del paisaje. Se detectó que muchas operaciones carecen de una visión de largo plazo y de la integración de la escala de paisaje. Las conclusiones señalan que para que la recuperación biológica y socioeconómica sea efectiva y sostenible, el cierre debe ser planificado desde la fase de diseño de la mina. Este estudio es crucial para la investigación al fundamentar la necesidad de un enfoque de planificación temprana y a escala de paisaje para la recuperación física, biológica y socioeconómica de la concesión.

Zine et al. (2024) cartografiaron la evolución de la literatura científica relativa al cierre de minas y la reclamación ecológica, identificando tendencias, vacíos y focos emergentes. La metodología utilizada consistió en un análisis bibliométrico protagonizado por más de 40.000 artículos (Scopus/Web of Science), utilizando herramientas de análisis de redes y clústeres. Los resultados concluyen que ha habido un crecimiento exponencial de la investigación a partir del año 2000, existiendo focos crecientes en la rehabilitación biológica y socioeconómica y en el uso post-minería. Finalizan concluyendo que es necesario un enfoque más interdisciplinario y un mayor foco hacia la transición socioeconómica en el cierre. Este estudio relaciona a la temática de tesis con el marco académico más amplio y presenta la recuperación post-extracción en un marco de investigación global, validando a la tesis la relevancia del enfoque integral propuesto.

Samanta, (2022), estudió la viabilidad de la piscicultura como uso económico tras el cierre de canteras de grava de profundad mediante un estudio de caso en el sureste de la India. El autor usó una metodología de revisión de literatura, análisis de viabilidad técnica y económica y modelado de costes y beneficios para establecer unidades de piscicultura a canteras ya finalizadas. Los resultados mostraron que la conversión de canteras en estanques de piscicultura puede resultar en una actividad con un beneficio económico, generar un empleo local y ayudar a la estabilidad física del suelo de excavación. Esto antecedente es fundamental puesto que permite la posibilidad de realizar concretamente usos alternativos para la rehabilitación socio-económica de la concesión no metálica en Moquegua utilizando como ejemplo una actividad económica perfectamente viable como la piscicultura.

Koornneef et al. (2025) analizaron la fitorremediación de minas y canteras desactivadas en Ontario, Canadá, como un enfoque sostenible de rehabilitación ambiental. El estudio utilizó una revisión sistemática de casos, analizando técnicas vegetales, suelos, contaminantes metálicos y monitoreo ecológico. Sus resultados identificaron bioindicadores exitosos, especies de plantas eficientes y prácticas de monitoreo que aseguraron una revegetación eficaz y la estabilidad del ecosistema. Los autores concluyen que la fitorremediación es una herramienta potente para la recuperación biológica y física. Este estudio aporta al componente biológico de la

tesis al ofrecer herramientas y enfoques de restauración que pueden adaptarse a las condiciones de la mina de rocas ornamentales y otras concesiones no metálicas.

Rivero y Cabrera (2025) se propusieron diseñar un modelo de gestión social para el cierre de minas que conjugue los componentes económico, cultural, ambiental y social. Para llevar a cabo la metodología se realizó la comparación de experiencias de cierre en Chile y Perú (benchmarking), un análisis de la normativa comparado y se elaboró una herramienta para evaluar impactos / oportunidades sociales del cierre. El modelo diseñado por las autoras incluye los siguientes cuatro bloques inseparables: base de conocimiento, evaluación de impactos / oportunidades, diseño del plan social de cierre, y sistemas integrados de gestión. La conclusión más relevante que proponen es que la gestión social debe liderar el proceso de cierre para garantizar un legado sostenible. Esta fuente empírica se encuentra relacionada de forma directa con el componente socio-económico de la presente investigación ya que ofrece una estructura formal y probada para la gestión del impacto social del cierre en el contexto andino.

Pérez (2022) tuvo como objetivo evaluar la estabilidad geotécnica de taludes finales en canteras de granito post-extracción en un clima semiárido, utilizando métodos numéricos. El investigador empleó el software Slide (modelado de equilibrio límite) y FLAC (análisis por elementos finitos) para simular escenarios sísmicos y de saturación hídrica. Los resultados concluyeron que un ángulo de reposo de 35° en la roca madre, junto con el uso de bermas de 5 metros, era necesario para alcanzar un Factor de Seguridad (FS) de 1.5, cumpliendo los estándares internacionales. Los hallazgos subrayan que la reconfiguración paisajística debe priorizar la mitigación del riesgo físico sobre la estética inmediata. La relevancia de este estudio para el proyecto de la concesión en Moquegua es crítica, ya que proporciona la metodología avanzada para diseñar taludes finales estables en Talamolle, una zona de riesgo sísmico moderado, asegurando así el cumplimiento de los requerimientos geotécnicos de la Ley 28090 antes de proceder con la recuperación biológica.

Lagos y Fierro (2024) se propusieron ofrecer una serie de experiencias de aplicación de geosintéticos en recubrimientos de cierre de minas en el Perú, lo que conlleva la intervención en la estabilidad física, geoquímica e hidrológica del

terreno afectado. La metodología consistió en el estudio de casos concretos en las minas peruanas, donde se estudió la aplicación de geosintéticos en taludes, plataformas y veredas de cierre como alternativa a los cerramientos clásicos. La obtención de resultados demostró que estos tipos de cerramiento pueden mejorar mucho la estabilidad del terreno e incluso se pueden reducir el riesgo de impacto ambiental en minas en cierre y pasivos ambientales mineros. En las conclusiones, señalaron que la aplicación de geosintéticos constituye una respuesta válida de recuperación física-geológica de sitios mineros y que deben ser tenidos en cuenta dentro de la construcción de los diseños de cierre. El estudio presentado es de utilidad para el presente proyecto en la concesión en Moquegua ya que ofrece base de conocimientos de cobertura física/geoquímica que se pueden adaptar al contexto de las rocas ornamentales con riesgo de estabilidad física, lo cual refuerza la parte física y biológica del plan de cierre.

Streit et al. (2023) abordaron la cuestión de las visiones de parte de actores relevantes en el proceso de cierre y revitalización de sitios de extracción en el marco del programa EIT-RIS en Europa, dedicando interés a la priorización de factores ambientales, sociales y económicos. El diseño de la metodología se fue definiendo a medida que se recogían los datos para una serie de afirmaciones basadas en normas internacionales de cierre de minas, la aplicación del cuestionario Q a investigadores, técnicos y comunidades y el empleo del análisis factorial para describir cinco visiones distintas. Sus resultados mostraron que los factores ambientales fueron los más valorados pero las tensiones que van aparejadas con repertorios e intereses de distintos actores dificultan la materialización de planes de cierre integrales. Las conclusiones apuntan hacia el hecho de que llevar a cabo una planificación de cierre que integre visiones divergentes de los stakeholders y que contemple lo ambiental-social-económico mejora así la sostenibilidad de la rehabilitación. Este antecedente es explicar algo aplicable a la tuya porque apunta y apunta hacia la dimensión socio-económica y de gobernanza del cierre de minería, que resulta clave para ir articulando un plan de cierre de la concesión de Moquegua, que contemple recuperación física- biológica –socio económica.

2.1.2. Antecedentes nacionales

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental OEFA (2025) publicó un documento de trabajo denominado Supervisión ambiental centrada en la estabilidad química en el Cierre de Minas, que tuvo por finalidad el reforzar los conocimientos del personal técnico para poder hacer la evaluación de la estabilidad química de los componentes mineros, en cierre. La metodología utilizada consistía en elaborar un manual técnico, pautas para la evaluación en gabinete y en campo; los resultados implementados nos ayudaron a identificar vacíos existentes en los procedimientos de supervisión de cierre, y más concretamente en lo relacionado a asegurar que los componentes físicos y químicos cumplan con los estándares requeridos para liberar los pasivos. La conclusión de la investigación se orienta a que se tiene que incrementar la capacidad institucional de vigilancia en el post-cierre, para poder asegurar que los procesos físicos y biológicos de rehabilitación del área de la mina realmente se concreten. Este antecedente tiene una relación con la investigación pues se enfoca de forma directa en el aspecto de la recuperación física/biológica (mediante la estabilidad química) en el cierre de las minas en Perú, lo cual está dentro de los aspectos necesarios para el plan de cierre del área de la concesión de las rocas ornamentales de la región de Moquegua.

Paucar et al. (2021) analizaron las fallas regulatorias del cierre de minas del país a partir del análisis del caso de la Unidad Minera Quiruvilca. Para esto el grupo de investigación empleó una metodología que consideró la revisión documental del marco normativo peruano y el análisis de casos de minas cerradas y, con ello, tratar de determinar cómo se han constituido las garantías de cierre, y quién asume los costos. Los resultados reflejaron que existen fallas en el diseño, implementación y cumplimiento de las disposiciones que regulan el cierre de minas, siendo que como consecuencia el Estado termina asumiendo obligaciones que deberían ser del titular minero. Las conclusiones subrayaron que existía la necesidad de reforzar la regulación y los mecanismos de supervisión de las normativas. Este trabajo se relaciona directamente con el proyecto de cierre de la concesión no metálica de la región de Moquegua al aportar una mirada crítica normativa frente a la dimensión socioeconómica y de garantías del cierre, la cual es crucial para el diseño del plan de recuperación físico-biológica y socioeconómica.

Fuentes (2022) tuvo como objetivo proponer un modelo de planificación estratégica de los planes de cierre de minas para mejorar el desarrollo sostenible del sector minero peruano. El autor empleó una metodología propositiva en la que analizó la situación actual del cierre de minas en el país, identificó debilidades y oportunidades, y diseñó una estrategia que incorpora los tres ejes del desarrollo sostenible (ambiental, social y económico). Los resultados indicaron que una estrategia ofensiva que integre todas las dimensiones permite mejorar la sostenibilidad de la minería en el cierre. Las conclusiones apuntaron a que la planificación estratégica del cierre es clave para asegurar una recuperación integral. Este estudio se relaciona con la investigación sobre la concesión en Moquegua porque ofrece un marco de planificación que puede adaptarse al diseño del plan de cierre para recuperar los componentes físico, biológico y socioeconómico tras la extracción de rocas ornamentales.

Julca (2021) tuvo como objetivo explorar los retos que implica el cierre de minas de manera sustentable para la sociedad peruana. El investigador utilizó una metodología de revisión teórica y documental del marco regulatorio y de los riesgos asociados al cierre de operaciones mineras, además de contrastar experiencias de minas que cerraron sin planificación detallada. Los resultados revelaron que el cierre apresurado o sin procesos progresivos genera impactos socio-ambientales significativos, y que el Estado ha creado mecanismos, pero aún no logran asegurar una rehabilitación completa. Las conclusiones afirmaron que el cierre de minas debe ser planificado desde el inicio de la operación, con garantías reales y seguimiento a largo plazo. Este antecedente es relevante para el caso de la concesión en Moquegua porque evidencia la necesidad de abordar el cierre no solo desde el componente físico o biológico sino también desde la dimensión institucional y social de la post-extracción.

Moreno (2023) tuvo como objetivo analizar y proponer mejoras a la normativa minero-ambiental vigente para el cierre de minas en el Perú, tomando como caso de estudio la Unidad Minera Florencia Tucari. El autor empleó una metodología de estudio de caso, revisión documental de la normativa, análisis de riesgos regulados y derecho comparado para identificar vacíos normativos y posibles reformas. Los resultados evidenciaron que numerosas modificaciones al

plan de cierre y deficiencias en la ejecución de garantías limitaban la recuperación ambiental y la restitución del ecosistema afectado. Las conclusiones apuntaron a que la regulación actual requiere ajustes estructurales para asegurar que el cierre de minas contemple eficazmente los componentes físico, biológico y socioeconómico. Este estudio se relaciona con la investigación sobre la concesión no metálica en Moquegua porque destaca la importancia de contar con un marco regulatorio robusto y adaptado al contexto peruano para garantizar una rehabilitación integral post-extracción.

Sánchez (2022) tuvo como objetivo plantear un modelo para la planificación y diseño del cierre de minas en explotaciones subterráneas con el fin de reducir el impacto en el entorno. La autora utilizó metodología de revisión normativa, identificación de fases de cierre, y análisis comparativo de diseños de cierre aplicados para minas subterráneas en el Perú. Los resultados mostraron que muchos planes de cierre adolecen de fases definidas de rehabilitación, monitoreo prolongado y definición de uso post-minero, lo que limita la efectividad de la recuperación ambiental. En las conclusiones se afirma que una planificación temprana y detallada del cierre contribuye a mitigar los impactos físicos y biológicos, así como a facilitar la transición socioeconómica de los territorios mineros. Este antecedente se relaciona directamente con el estudio porque ofrece un enfoque metodológico para estructurar la fase de planificación del cierre en una concesión no metálica, asegurando que la recuperación físico-biológica y socioeconómica esté considerada desde el diseño.

Edwards et al. (2022) buscaron establecer un marco que ayude a definir criterios sociales para el cierre de minas, con el objetivo de promover una transición justa y sostenible para las comunidades cercanas. Su investigación tuvo un enfoque cualitativo e incluyó la revisión de literatura, el análisis de experiencias internacionales y la consulta con especialistas del sector. Los resultados mostraron que todavía no existen criterios sociales claros para guiar la rehabilitación comunitaria, la integración social ni el seguimiento posterior al cierre. A partir de ello, los autores recomiendan incluir indicadores sociales medibles, parámetros que reflejen el bienestar comunitario y mecanismos de participación desde las primeras etapas del diseño del cierre. Este enfoque resulta pertinente para el caso de

Moquegua, ya que ofrece orientaciones prácticas para fortalecer la dimensión socioeconómica del plan de cierre, asegurando que la recuperación no se limite a lo físico o biológico, sino que también contemple el bienestar y la continuidad social de las comunidades involucradas.

2.1.3. Antecedentes locales

Romero Chacaltana (2023) tuvo como objetivo investigar la responsabilidad social y ambiental de las empresas mineras formales del departamento de Moquegua al año 2022. El autor empleó una metodología de tipo básica, diseño no experimental transversal y nivel descriptivo, analizando datos secundarios de las empresas mineras de la región para determinar su impacto social y ambiental. Los resultados mostraron que, a pesar de la implementación de nuevas medidas tecnológicas y ambientales en el sector, los conflictos sociales y ambientales persisten, principalmente en torno al agua y al deterioro de la agricultura. Las conclusiones señalan que la minería sostenible en Moquegua requiere mayores mecanismos de control, participación comunitaria y políticas integradas. Este estudio se relaciona con el proyecto de la concesión no metálica en términos de que aporta un contexto regional de cómo la minería formal está vinculada con impactos socio-económicos y ambientales en Moquegua, lo cual es relevante para diseñar la fase de recuperación físico-biológica y socio-económica post-extracción en la concesión que estás analizando.

2.2.Bases teóricas

Las bases teóricas constituyen el sustento científico, técnico y normativo que orienta el desarrollo de la presente investigación. En ellas se abordan los principales conceptos, enfoques y criterios metodológicos relacionados con la planificación, ejecución y evaluación de los planes de cierre de minas, así como las disposiciones legales que regulan su aplicación en el contexto peruano.

En la actualidad, el cierre de minas está entendido como un proceso integral y multidisciplinario, orientado a conseguir la estabilidad física, química, biológica y social de las áreas que han sido objeto de la actividad minera" y tiende a la recuperación del medio ambiente y la reinserción sostenible del territorio en el medio natural o productivo. Este concepto de cierre de minas se enmarca dentro de

la Ley N° 28090 Ley de Cierre de Minas su Reglamento aprobado por el D.S. N° 033-2005-EM y la Guía para la Elaboración de Planes de Cierre de Minas (MINEM, Ministerio de Energía y Minas, 2012), los cuales son documentos que establecen las bases técnicas y legales en las que se basa el cierre de las operaciones mineras en el Perú.

2.2.1. Conceptualización del cierre de minas

El cierre de minas forma parte del ciclo de vida de un proyecto minero, es una etapa más de la planificación del mismo y se reconoce como un proceso de planificación en el cual se busca que las áreas afectadas por el trabajo de extracción puedan recuperar niveles aceptables de estabilidad física, química, biológica y social. Como bien indica el Ministerio de Energía y Minas, en el cierre de minas se integran una serie de actividades que tengan como objetivo eliminar, mitigar o controlar los impactos ambientales que puedan persistir una vez finalizada la explotación (MINEM, 2012). Instituciones internacionales como el International Council on Mining and Metals (ICMM, 2019) afirman que el cierre debe ser un proceso que esté presente durante toda la fase de operación considerando componentes de sostenibilidad, riesgos para el medioambiente, procesos ecológicos y relaciones con la comunidad. El cierre de minas no se considera un hecho aislado, sino que hace referencia a un conjunto de actividades escalonadas que culminan con la estabilización y rehabilitación del lugar, por medio de los criterios de estabilización, funcionalidad y, en su caso, uso del suelo.

2.2.1.1.Definición del cierre de minas

El cierre de minas se define como el “conjunto de acciones y medidas dirigidas a garantizar la estabilidad física y química del área afectada por la actividad minera, así como a restituir condiciones adecuadas para la conservación ambiental y el desarrollo sostenible de la población” (Ley 28090, art. 2). Esta definición integra dimensiones técnicas, ambientales y sociales, subrayando la necesidad de una gestión integral posterior a la explotación. Desde el punto de vista técnico, el cierre implica actividades como la estabilización de taludes, la disposición final de desmontes, la conformación de superficies seguras y la eliminación de fuentes de contaminación potencial. En el ámbito ambiental, considera la restauración del suelo, la revegetación con especies nativas y el

restablecimiento de procesos ecológicos. Finalmente, desde el enfoque social, incorpora mecanismos de participación comunitaria y la definición de usos post-mineros compatibles con el entorno (ICMM, 2019; Banco Mundial, 2018).

2.2.1.2.Importancia del cierre en la gestión ambiental

El cierre de minas es una parte necesariamente importante de la gestión ambiental porque tiene una marcada intención preventiva de los impactos resultantes y con ello de la necesaria recuperación del equilibrio ecológico del área en cuestión donde se ha ejecutado la explotación. Su relevancia consiste en que se vuelve una garantía de que las áreas explotadas no se transformen en pasivos ambientales, pues representan por sí mismos una amenaza a la calidad del aire, del agua y del suelo. El Ministerio de Energía y Minas (MINEM, 2012) señala que el cierre de minas debe garantizar la estabilidad física y química de los terrenos, impidiendo la erosión, la sedimentación, colapsos de estructuras o la lixiviación de los minerales, así como la alteración de las características hidrogeológicas del área y la posibilidad de poner en grave riesgo a los habitantes de las áreas y a los ecosistemas. En la literatura internacional se considera un cierre de minas adecuado la clave para prevenir impactos ambientales de una forma perdurable, constituyendo a su vez un elemento clave de la minería responsable (ICMM, 2019; UNEP, 2011).

Figura 1.

Documentos técnicos sobre la gestión de planes de cierre de minas en el Perú



Nota. Las portadas corresponden a informes oficiales utilizados como referencia para el análisis de los planes de cierre de minas en el Perú. Fuente: Gestión del cierre de minas en el Perú (CEPAL, 2020 CEPAL (2020) y Guía para la elaboración de planes de cierre de minas (MINEM, 2019) Ministerio de Energía y Minas del Perú (2019).

En este entendimiento, la correcta gestión de cierre permite reducir la dramática alteración de los cuerpos de agua, tanto superficiales como subterráneas, los cuales están particularmente expuestos a la inestabilidad de los suelos, así como a la movilización de sedimentos. Ya que, si descargan de manera poco o nada controlada hacia los cuerpos de agua la escorrentía, el volumen de agua y la sedimentación; el manejo de drenajes y la estabilización de las superficies expuestas son factores críticos para evitar que las actividades mineras (aun las que tienen menor actividad de drenaje ácido) contaminen los cuerpos de agua aledaños, generen contaminación difusa y alteren el régimen de humedades (Younger, 2016). Y el cierre tiene un rol también central en la restauración de la cobertura vegetal, la recuperación de la fauna asociada al ecosistema y la reactivación de aquellos procesos ecológicos muy importantes (sucesión natural y ciclicidad de nutrientes). Y esos procesos son, además, factores que contribuyen a reducir la vulnerabilidad del terreno y a aumentar la resiliencia de la comunidad ecológica al igual que a favorecer su integración en el paisaje circundante (SER, 2016).

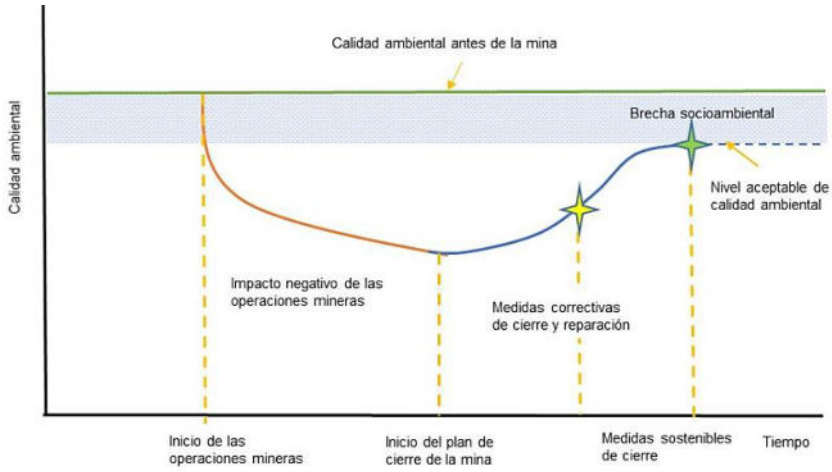
Desde el componente social, la relevancia del cierre también va asociada a poder proteger a las poblaciones aledañas y a poder llevar a la práctica la licencia social del proyecto. Un cierre mal ejecutado puede poner en riesgo la salud de las personas al aumentar la percepción negativa de la actividad minera y generar conflictos socioambientales de larga duración. Por eso, entidades como el Banco Mundial (2018) o el ICMM (2019) destacan que el cierre debe entenderse como un proceso global que contempla tanto los componentes ambientales como todas las expectativas y necesidades de las comunidades, proporcionando un territorio seguro, estable y adecuado para poderse utilizar productivamente o para la conservación. En resumen, la relevancia del cierre ambiental consiste en poder evitar la degradación irreparable de los ecosistemas: restaurar las funciones ecológicas, y poder asegurar condiciones sostenibles que perduran más allá de la vida útil de la operación minera.

2.2.1.3.Objetivos del cierre de minas

Los propósitos del cierre de minas están dirigidos a lograr que el área sometida a intervención alcance condiciones apropiadas de seguridad, estabilidad y funcionalidad ambiental una vez culminadas las actividades extractivas. En primer

lugar, el cierre busca garantizar la estabilidad física del terreno, lo que supuso la conformación de la forma final de taludes, la reconfiguración topográfica, la configuración de sistemas de drenaje que permitan controlar la erosión y el colapso de algunos tramos de la zona rehabilitada. Este subcomponente es fundamental para evitar riesgos geotécnicos que pueden poner en peligro a la población, la infraestructura o las áreas naturales circundantes, tal y como exponen las indicaciones del Ministerio de Energía y Minas (MINEM, 2012). También, el cierre tiene por objeto asegurar la estabilidad química de la excavación, evitando los procesos de oxidación, meteorización acelerada, lixiviación de las partículas o cambios en la calidad de agua subterránea o de agua superficial, acorde a las indicaciones del Banco Mundial (2018) o las observaciones de Younger (2016) sobre el control de la calidad de agua en áreas mineras que se encuentran en pos-operación.

Figura 2.
Evolución de la calidad ambiental y corrección de impactos durante el proceso de cierre de minas



Nota. La imagen se tomó del estudio Estudio técnico-legal sobre el alcance de la legislación peruana en el cierre de operaciones mineras (Rodríguez & Núñez, 2020) para ilustrar la evolución de los impactos ambientales durante el proceso de cierre de mina.

Una segunda finalidad es la restauración biológica del ecosistema perturbado mediante el restablecimiento de la cobertura vegetal, mejorando la calidad del suelo y promoviendo los procesos ecológicos autosostenibles que permiten la sucesión natural y la recuperación de la biodiversidad, a través de especies nativas, del tratamiento del suelo o del control de especies invasoras, como indican los criterios establecidos por la Society for Ecological Restoration (2016).

El cierre también persigue un objetivo social para establecer los usos viables, seguros y socialmente aceptados, lo que conllevará pactar con la comunidad local opciones como la agricultura, el turismo, la conservación ecología o la construcción de infraestructura comunal. De acuerdo con la literatura del International Council on Mining and Metals (ICMM 2019), la sostenibilidad del cierre depende en gran medida de la intervención de las comunidades locales y de crear condiciones que permitan una transición ordenada hacia un territorio legible y sin riesgo. En consecuencia, estos objetivos combinan un enfoque holístico que dota de un sentido integral a las dimensiones física, química, biológica y social para un cierre compatible y sostenible a largo plazo.

2.2.1.4.Principios de sostenibilidad aplicados al cierre

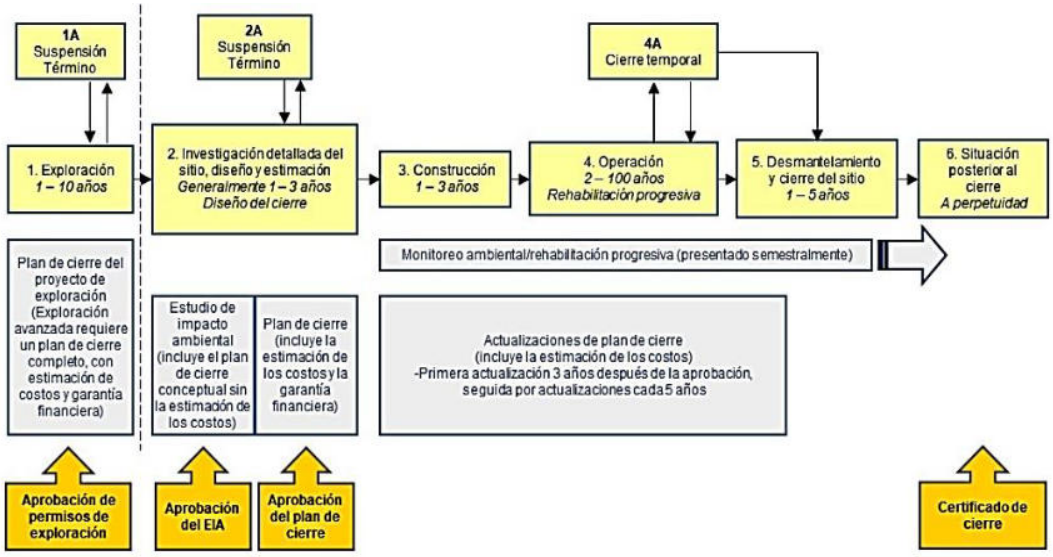
Los principios de sostenibilidad aplicados al cierre de minas son el marco conceptual que organiza y orienta la planificación, ejecución y evaluación de las posibilidades de garantizar el hecho de que el territorio intervenido puede mantener su estabilidad física, ambiental y social a largo plazo. Según el International Council on Mining and Metals (ICMM, 2019), el enfoque de cierre de minas debe incorporar un enfoque preventivo que anticipe y reduzca los impactos futuros, concibiendo aspectos técnicos que permitan abordar de forma simultánea aspectos geotécnicos, biológicos, hidrológicos y socioeconómicos, de manera que las actividades de cierre se planifiquen desde el inicio de la operación minera y no únicamente al final de la explotación, permitiendo así una rehabilitación progresiva del territorio, disminuyendo el elevado costo y los elevados pasivos ambientales.

Del mismo modo, la estabilidad del cierre exige una visión global que abarque un ecosistema y una comunidad con un nivel de interdependencia elevado. Por otro lado, el criterio de integralidad indica que la estabilidad física de la superficie debe complementarse con la restauración biológica y con un uso posterior del suelo aceptable socialmente y compatible ambientalmente. Esta es la visión planteada por el MINEM (2012), en la que sostiene que las medidas de cierre deben ser coherentes con los procesos ecológicos, con el comportamiento hidrogeológico y con las necesidades socioecómicas de la población local. En este contexto también se plantea el principio de precaución, el cual indica que se priorizarán soluciones que limiten las incertidumbres técnicas y que eviten o

minimicen los riesgos residuales, especialmente en aquellas zonas donde la dinámica geoquímica, la erosión y la disponibilidad hídrica sean factores críticos a tener en consideración.

Un principio adicional e importante es el de la participación social informada, que toma en cuenta que la legitimidad del cierre está en función de que las comunidades puedan participar de las decisiones sobre el uso futuro del territorio y de la definición de actividades de post-minería. Instituciones como el Banco Mundial (2018) o la UNEP (2011) indican que la transparencia y el diálogo permanente ayudan a construir la confianza, disminuir conflictos y construir alternativas económicas de sostenibilidad. Finalmente, la sostenibilidad del cierre incluye el principio de mejora continua, que indica la necesidad de contar con un programa de monitoreo físico, biológico y social que sirva para validar las aplicaciones de las medidas y corregir posibles desvíos con suficiente antelación. Por lo tanto, los principios de la sostenibilidad se convierten en la base metodológica que guía un cierre eficaz, responsable y que compite en la conservación del medio ambiente y el desarrollo humano.

Figura 3.
Gestión del cierre de minas en un proyecto minero



Nota. Imagen tomada de Guía para la elaboración de planes de cierre de minas (Ministerio de Energía y Minas [MINEM], 2006). Recuperado de http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAM/guias/guia_cierre.pdf. El diagrama resume las etapas del cierre de minas según la normativa peruana, basada en la Ley N.º 28090 y su Reglamento.

2.2.1.5.Particularidades del cierre en unidades mineras no metálicas

El cierre de unidades de minería no metálica cuenta con una serie de características técnicas, ambientales y sociales que lo hacen muy distinto al cierre de una operación metálica, esto en virtud de la naturaleza de los materiales que son extraídos, el método de explotación que se sigue y la configuración geomorfológica final emergente. En líneas generales, las operaciones de minería no metálica, como las canteras de caliza, de roca ornamental, de agregados o de arcillas específicamente, no generan residuos químicos con reactividad, ni drena ácidos, con lo que se reducirían notablemente los riesgos asociados a la inestabilidad química eventualmente subsiguiente a la explotación. No obstante, el tipo de minería no metálica genera una alteración muy intensa del relieve y de la estructura del terreno, dado que la minería se caracteriza por hacer excavaciones profundas, por tener frentes de explotación verticalizados, por la generación de plataformas irregulares, así como de grandes extensiones desprovistas de suelo fértil, lo cual hará que las actividades de estabilización física y de restauración geomorfológica pasen a ser los elementos centrales para el cierre (MINEM, 2012).

En este sentido, la revegetación en unidades no metálicas está limitada por la desaparición de los horizontes del suelo, por la compactibilidad del sustrato que exige condiciones madres en la que se establecen las comunidades vegetales; o por la baja disponibilidad de nutrientes y de materia orgánica, muy patente en las regiones áridas (Moquegua), donde la escasez de agua incrementa la fragilidad ambiental. En este sentido, la restauración biológica debería incluir procedimientos tales como utilizar especies vegetales-tríadas idóneas para la resistencia al estrés hídrico, mejorar el suelo a través de enmiendas de suelo y sistemas temporales para la irrigación-retención de humedad, para lograr establecer la vegetación inicial. La Society for Ecological Restoration (SER, 2016) afirma que la revegetación en ambientes transformados debe considerar la estructura de los paisajes, los gradientes micro climáticos y la capacidad del ecosistema para sustentar los procesos sucesionales que se producen, en especial en los taludes de canteras que están expuestos y son altamente erosionables.

Una otra de las características importantes se relaciona con el potencial de uso post-minero, que es relativamente más alto en minas no metálicas por la

simplicidad del equilibrio químico del mismo y la plasticidad de los espacios rehabilitados. Este tipo de unidades ofrece oportunidades para la creación de áreas recreativas, culturales, geológicas, zonas para la investigación geocientífica, actividades turísticas, instalaciones para la comunidad o proyectos agroforestales, siempre que las condiciones de estabilidad lo permitan. España, Alemania y Japón han seguido con éxito modelos de reconversión de canteras en espacios culturales, naturales, educativos...etc., desde el cual ha demostrado que este tipo de espacios tiene un gran potencial de creación y de integración al desarrollo local (UNEP, 2011).

Finalmente, el cierre de minas no metálicas también incorpora particularidades sociales vinculadas al uso tradicional del suelo, a la proximidad de centros poblados y al valor paisajístico del territorio. En muchos casos, estas operaciones se ubican cerca de zonas agrícolas y centros urbanos, por lo que el cierre debe garantizar un paisaje ordenado, seguro y visualmente integrable. La participación comunitaria adquiere especial relevancia en la definición del uso final, ya que las comunidades suelen tener expectativas sobre la reutilización del espacio para actividades productivas o recreativas (ICMM, 2019). En conjunto, estas particularidades demuestran que el cierre de unidades no metálicas se caracteriza por una menor complejidad química, pero por una mayor exigencia en términos de estabilidad física, restauración del suelo, integración paisajística y concertación social, lo cual requiere enfoques técnicos especializados y una planificación adecuada desde etapas tempranas de la explotación.

2.2.2. Marco normativo del cierre de minas

El marco legal que regula el cierre de minas en Perú se refiere a un conjunto de normas de carácter jurídico orientadas a asegurar la prevención de impactos ambientales, la recuperación del territorio y la gestión de los pasivos generados por la actividad minera. Este marco lo constituye la Ley N.º 28090 y su reglamento, líneas de base técnicas sectoriales, los instrumentos ambientales generales y una estrategia de supervisión y fiscalización interrelacionada con entidades como el MINEM, el MINAM y el OEFA; su finalidad es asegurar que el ejercicio de la actividad minera dé lugar a cierres sostenibles, verificables y conforme con los estándares internacionales de gestión ambiental (MINEM, 2012; ICMM, 2019).

2.2.2.1.Ley 28090 – Ley de Cierre de Minas

La Ley N.º 28090 promulgada en el año 2003 constituye el principal instrumento que regula la materia del cierre de minas en el Perú. La norma establece que todo titular minero debe presentar un Plan de Cierre, el que debe ser presentado antes de la iniciación de las actividades de explotación, e incorpora como obligaciones centrales la ejecución del cierre progresivo, el cierre final y el post cierre, así como la constitución también de garantías financieras que aseguren la rehabilitación ambiental incluso en el caso de abandono. Asimismo, determina la finalidad del cierre como la recuperación de la estabilidad física, química y biológica de la zona intervenida, así como la prevención de pasivos ambientales, y regula la actualización periódica del Plan de Cierre, según una obligación que también exige que el cierre se realice teniendo en cuenta criterios de sostenibilidad y de monitoreo continuo que se desprenden de guías complementarias del MINEM (Congreso de la República, 2003).

En síntesis, nos demuestra que esta normativa representa una de las regulaciones de cierre más complejas en el ámbito de Latinoamérica al incluir la responsabilidad ambiental junto a mecanismos financieros que sean verificables, la obligación de presentar un plan desde las primeras fases operativas, es un enfoque preventivo que es muy valorado en la gestión ambiental moderna. Sin embargo, diferentes estudios han indicado que la ley tiene inconvenientes tanto en la fijación de los costos realistas como en la fiscalización del cumplimiento del cierre progresivo, ya que los titulares de la actividad, muchos de los cuales buscan el cierre final, tienden a dejar todos los rezagos acumulados en la etapa operativa anterior (ICMM, 2019); otro tema importante es la no existencia de lineamientos claros respecto a los indicadores de éxito ambiental y social, y eso tiende a generar unas interpretaciones diversas entre operadores y fiscalizadores. No obstante, estas limitaciones, la Ley 28090 ha permitido disminuir de forma significativa el riesgo de pasivos ambientales producto de las operaciones activas.

En este caso, para las unidades mineras no metálicas que son canteras de caliza, depósitos de agregados, explotación de arcillas, puzolana o yeso, la Ley 28090 cobra especial sentido puesto que estas operaciones modifican la geomorfología, pero normalmente no suponen impactos químicos severos. En este

caso, la Ley se convierte en un soporte legal para exigir a la empresa la restauración topográfica del terreno, en la reconfiguración de taludes, la reposición de suelos fértiles, el desarrollo de programas para la revegetación, adecuados a condiciones áridas o semiáridas típicas del sur peruano, la obtención de garantías, que es un elemento fundamental para la restauración del paisaje, incluso en canteras pequeñas, que pudieran ser abandonadas por escasa rentabilidad. Las unidades mineras no metálicas tienen, en definitiva, que son precisamente las que plantea la Ley 28090, la posibilidad de exigir un cierre físico y paisajístico adecuado que permita disminuir el riesgo de inestabilidad, erosión y deterioro visual, en zonas cercanas a los asentamientos humano.

2.2.2.2.Decreto Supremo 033-2005-EM

El Decreto Supremo N.° 033-2005-EM estipula el Reglamento de la Ley 28090 y define los lineamientos técnicos, administrativos y procedimentales para la elaboración, aprobación y ejecución de los Planes de Cierre de Minas, donde se definen los contenidos mínimos del Plan: caracterización de los componentes del potencial minero, análisis de riesgos, estrategias de cierre progresivo, medidas de rehabilitación física, química y biológica, así como programas de monitoreo y seguimientos post cierre, en donde se establecen criterios para la actualización del Plan de Cierre frente a variación en los procesos de operación, se determinan disposiciones sobre garantías financieras y se delimitan las responsabilidades de los titulares mineros en cada uno de los períodos del cierre. Asimismo, se formaliza la diferenciación entre cierre progresivo, cierre final y post cierre, consolidando la naturaleza continua y preventiva del proceso (MINEM, 2005).

El Reglamento que establece el Cierre de Minas ha sido calificado como un instrumento legal fuerte porque incorpora especificaciones técnicas más concretas que los de los Lineamientos de "Cierre de Minas - Ley 28090". El otro aspecto más sólido está relacionado con lo técnico y especialmente lo operativo, dado que el reglamento demanda para la estabilización física, la administración de suelos y la revegetación, metodologías que sean verificables. No obstante, lo anterior, uno de los aspectos más discutidos es la poca precisión y escasa definición en la manera en que se indicarán el éxito y la permanencia de dichas medidas para el cierre de minas, en particular en lo que se refiere a la restauración ecológica y la recuperación de la

biodiversidad. Además, algunas de las disposiciones pueden resultar exigentes para las operaciones de pequeña escala, cuyos escasos recursos económicos no les permiten cumplir con los requerimientos de monitoreos de larga duración, aunque dicho reglamento en definitiva ha permitido estandarizar prácticas y mejorar, de cierta manera, la calidad técnica del cierre minero en el país.

El Reglamento 033-2005-EM es un elemento crucial para especificar los criterios de modelación geomorfológica, control de la erosión y rehabilitación de suelos para las operaciones no metálicas, ya que estas actividades dan lugar a grandes excavaciones, pero sin la generación de contaminantes químicos relevantes. Este reglamento involucra la reconfiguración de la topografía del área afectada a través de operaciones de explotación, la estabilización de taludes marcados que son típicos de canteras y la eliminación de los frentes verticales que entrenan riesgos en el largo plazo. Además, contempla programas de revegetación ajustados a condiciones de escaso recurso edáfico, en particular en las canteras ubicadas en regiones áridas como puede ser la región de Moquegua. De esta manera, aun las operaciones menores o medianas deben incluir las medidas técnicas a aplicar en el cierre para prevenir la erosión, el colapso, la acumulación de aguas estancadas y el deterioro paisajístico.

2.2.2.3.Lineamientos técnicos del MINEM

Las guías técnicas del MINEM, específicamente la Guía para la Elaboración de los Planes de Cierre de Minas (2012), aportan pautas metodológicas para la confección, ejecución y evaluación del cierre. Estas guías técnicas proponen criterios para la conformación de laderas, rehabilitación de depósitos de desmontes, restauración de suelos, control de la erosión, manejo de aguas superficiales y subterráneas, así como técnicas de revegetación con especies nativas. También establece los formatos, las exigencias de presentación y las metodologías para la evaluación de riesgos y monitoreo después del cierre. En el caso de cada componente minero, la guía propone los tipos de intervenciones aconsejadas, los parámetros del diseño y criterios para determinar la estabilidad física y química a largo plazo.

Los lineamientos técnicos del MINEM constituyen uno de los instrumentos más útiles y aplicativos de la normativa, ya que hacen comprender la normativa

general por medio de los criterios en las cuales son aplicables en campo. Su principal fortaleza es la explicitación de los procedimientos del cierre físico, que son igualmente necesarios para garantizar estabilidad geotécnica y control de procesos erosiónales. Sin embargo, algunos especialistas critican que el documento presenta limitaciones en términos de restauración ecológica avanzada y de un impulso hacia enfoques que abogan por la funcionalidad ecosistémica, pues se centra más en la recuperación física que en la recuperación biológica. En cuanto la guía no actualiza con la suficiente periodicidad sus componentes técnicos, también provoca un estancamiento en la incorporación de nuevas formas que son utilizadas internacionalmente en tecnologías o metodologías de rehabilitación.

Para el caso de la minería no metálica, como la transformación del paisaje es bastante intensa y los horizontes orgánicos en muchos casos son poco comunes, los lineamientos técnicos del MINEM también sirven de referencia para la rehabilitación geomorfológica y la revegetación. Estas directrices son tenidas en cuenta para definir el tipo de remodelación de taludes, la reconstrucción de plataformas, el manejo de suelos extruidos y la forma de diseño de drenajes aplicados a las canteras, así como para seleccionar especies vegetales que sean resistentes a condiciones de baja disponibilidad hídrica los suelos pobres en nutrientes. La guía también implica un estándar técnico para evaluar la calidad del cierre físico de excavaciones profundas y extensivas, las cuales son típicas de este tipo de actividades.

2.2.2.4.Instrumentos del MINAM

El Ministerio del Ambiente (MINAM) brinda un apoyo al marco sectorial en la elaboración de lineamientos de política como la Política Nacional del Ambiente, los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, aire y suelo, los Límites Máximos Permisibles (LMP) y los Lineamientos para la restauración de áreas degradadas (2014). Estas políticas exploran criterios ambientales obligatorios para la recuperación de ecosistemas, la calidad del agua y la calidad del suelo. Estas políticas tienen que tenerse en cuenta en el cierre de minas. El Inventario de Pasivos Ambientales Mineros (PAM) elaborado por el MINAM permite una caracterización de la situación y las áreas críticas para priorizar la remediación y ser un instrumento muy importante.

Los instrumentos del MINAM refuerzan la dimensión ambiental del cierre para introducir criterios de calidad ambiental y restauración ecológica cuyas pautas son nacionales e internacionales, aunque su mayor aporte es el de dar lugar a límites cuantificables que permiten valorar si un sitio, una vez cerrado, cumple con condiciones ambientales adecuadas. Sin embargo, se encuentra una brecha en el grado de articulación entre el MINAM y el MINEM en el uso de indicadores ecológicos post cierre, situación que podría terminar redundando en duplicidades o vacíos en la vigilancia. No obstante, estos instrumentos abren el abanico de las consideraciones de protección ambiental puesto que incluyen elementos como la biodiversidad y la remediación ecosistémica al igual que elementos o consideraciones de recuperación de recursos naturales degradados.

En la minería no metálica, los instrumentos del Ministerio del Ambiente - MINAM se aplican principalmente para el control de la erosión, la calidad del aire con respecto a los polvos, para la estabilidad del suelo y para la protección de los recursos hídricos superficiales utilizados por las comunidades de los alrededores. Los ECA para el suelo son de importancia para determinar la aptitud del terreno restaurado para usos agrícolas sostenibles o recreativos. Los lineamientos de restauración del MINAM también son de utilidad para la determinación de estrategias de revegetación con especies nativas y para determinar objetivos de restauración acordes a la factibilidad del área en el clima árido o semiárido que se encuentra la mayor parte de las canteras del sur del Perú.

2.2.2.5.Supervisión y fiscalización del OEFA

El Organización para la Evaluación y la Fiscalización Ambiental (OEFA) es la institución que tiene la responsabilidad de verificar el cumplimiento de los Planes de Cierre de Minas con las cuales que han sido aprobados, verificar las medidas que se tienen que cumplir, y supervisar el uso de las garantías financieras para evaluar el cumplimiento de la gestión ambiental de un lugar que se encuentra en post-cierre. El OEFA efectúa supervisiones, requieren informes de monitoreo, comprueban la estabilidad física y ecológica del lugar, así como pueden aplicar medidas correctivas o sanciones en caso de incumplimiento de lo establecido. Su función complementa la función del MINEM y asegura la independencia del procedimiento de seguimiento (OEFA, 2018).

El sistema de supervisión del OEFA es uno de los pilares del cumplimiento normativo, pues sólo la existencia de planes no garantiza su implementación con el debido seguimiento, su principal fortaleza radica en la capacidad sancionadora y en la aplicación de criterios técnicos convertidos en reglas de verificación del cierre. Un de los retos incesantes es la precisión insuficiente de recursos para supervisar de manera constante todas las operaciones especialmente las de menor escala. La supervisión puede ser complicada también cuando las medidas de cierre no cuentan con criterios de éxito o cuando la operación se desarrolla en áreas lejanas, de todos modos, su función establece el cumplimiento de los compromisos y la protección medioambiental a largo plazo.

La actividad minera no metálica, el OEFA supervisa para comprobar la estabilidad geomorfológica de las canteras, la correcta reconfiguración del relieve, el control del polvo residual, la revegetación y la eliminación de riesgos físicos como taludes inestables o frentes verticales. También supervisa que las actividades no metálicas próximas a centros poblados integren determinadas medidas de integración paisajística y control de emisiones, especialmente en aquellos casos en que la actividad genera molestias visuales o acústicas.

2.2.2.6.Estándares y lineamientos internacionales

Diversos estándares internacionales influyen en la planificación del cierre, tales como las guías del International Council on Mining and Metals (ICMM, 2019), los Principios de Desempeño del IFC, las recomendaciones del Banco Mundial y las directrices del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, 2011). Estos documentos introducen enfoques como la planificación temprana del cierre, la participación comunitaria, los análisis de riesgo, la restauración basada en funcionalidad ecosistémica y la autosostenibilidad a largo plazo. La inclusión de lineamientos internacionales permite elevar el estándar técnico del cierre minero al incorporar conceptos avanzados de sostenibilidad, restauración ecológica y gestión de riesgos. Su principal ventaja es que ofrecen metodologías actualizadas que complementan marcos normativos nacionales. No obstante, puede verse limitada por diferencias contextuales, especialmente en entornos áridos o con baja disponibilidad de recursos hídricos donde los modelos de restauración requieren adaptaciones específicas. A pesar de

ello, estos estándares contribuyen a mejorar la calidad técnica de los cierres y a fortalecer la licencia social de los proyectos.

Para las operaciones no metálicas, los lineamientos internacionales ofrecen metodologías útiles para la rehabilitación del paisaje, restauración ecológica en ambientes áridos y reconversión de canteras para usos post mineros como parques, zonas recreativas o reservas naturales. Estas referencias también proporcionan criterios de diseño sostenible aplicables a suelos degradados, taludes pronunciados y áreas susceptibles a erosión, lo que resulta especialmente importante para canteras de caliza, granito o agregados que modifican intensamente el relieve.

Tabla 2.
Comparación de los principales instrumentos normativos

Instrumento normativo	Alcance principal	Obligaciones clave	Enfoque técnico dominante	Limitaciones
Ley 28090	Regula de manera general el cierre de minas	Plan de cierre, garantías, fases del cierre	Preventivo y administrativo	No define indicadores específicos
DS 033-2005-EM	Reglamenta técnicamente la Ley 28090	Contenidos del plan, diseño técnico, cronogramas	Técnico-operacional	Algunos criterios pueden ser rígidos para operaciones pequeñas
Guía MINEM 2012	Lineamientos metodológicos	Estabilidad física, química, revegetación	Geotécnico y ecológico básico	Actualización poco frecuente
Instrumentos MINAM	Calidad ambiental y restauración	ECAs, LMP, lineamientos de restauración	Ambiental y ecosistémico	No se articulan completamente con el MINEM
OEFA	Supervisión y fiscalización	Inspecciones, sanciones, verificación	Control y cumplimiento	Limitaciones de cobertura y periodicidad
Estándares internacionales	Buenas prácticas globales	Participación social, sostenibilidad, autosuficiencia	Funcionalidad ecosistémica	Adaptación limitada a condiciones áridas

Nota. Elaboración propia.

Garantías financieras y obligaciones del titular minero

La ley 28090 y D.S. 033-2005-EM obligan a cualquier titular minero a constituir garantías financieras para garantizar la realización de las medidas de

cierre en caso de abandono de la actividad, cese de actividades o insolvencia; estas garantías son de distintas modalidades, ya sea en forma de cartas fianza, fideicomisos, pólizas de caución o depósitos bancarios. El monto se actualiza de forma periódica en función del avance de las actividades de cierre progresivo y de los costos del cierre final y post cierre; así, el titular se encuentra obligado a llevar a cabo el cronograma aprobado para lo cual debe reportar avances al MINEM y OEFA (como parte del sistema de supervisión).

Sin lugar a dudas, el sistema de garantías financieras es uno de los más avanzados de la región, pues permite asegurar los fondos independientemente de la situación económica del titular. La principal fortaleza del sistema es que evita crear nuevos pasivos ambientales, obligando a que la responsabilidad financiera de las actividades de cierre esté asegurada desde el arranque de las etapas operativas. Sin embargo, la determinación de la cuantía suele ser una cuestión complicada, especialmente en operaciones donde los costos de la rehabilitación pueden variar debido a los aspectos geotécnicos o climáticos imperantes. Además, el sistema presenta dificultades para pequeñas unidades mineras que deben enfrentar serias limitaciones a la hora de constituir garantías de cuantía elevada.

En la minería no metálica, las garantías financieras son esenciales para garantizar que pequeñas y medianas canteras cumplan con la restauración del paisaje, la estabilización de taludes y la revegetación. Y es que las garantías económicas evitan el abandono de excavaciones profundas, de frentes inestables o de depósitos de material suelto junto a los núcleos urbanos, que son episodios más comunes de lo que deberían ser en canteras de agregados. Este es el mecanismo que asegura que incluso los operadores más pequeños devuelvan las condiciones adecuadas del terreno después de la explotación.

2.2.3. Enfoques técnicos del cierre de minas

Los enfoques técnicos son criterios y metodologías que aseguran la estabilidad física, química y biológica del área intervenida culminada la explotación. Este enfoque técnico se articula a partir de la gestión del riesgo, la evaluación de impactos residuales, la articulación de componentes ambientales y el uso de indicadores que permiten comprobar el desempeño del cierre. En este sentido, su aplicación va hacia cómo conducir la planificación y ejecutar medidas

para asegurar un territorio seguro, funcional y sostenible ambientalmente a largo plazo.

2.2.3.1. Gestión del riesgo

La gestión del riesgo en el cierre minero comprende la identificación, valoración y control de los riesgos asociados a la estabilidad física, química y ecológica de la zona interviniente al final de la operación, es el resultado de diferentes aproximaciones que incluyen el análisis de riesgos geotécnicos, evaluación de los peligros asociados a las aguas, análisis de estabilidad de los taludes, matrices de probabilidad–consecuencia con estimación de los escenarios de fallos, etc. Al respecto, el MINEM 2012 demanda que un Plan de Cierre considere un análisis de los riesgos, e incluya, como mínimo, los procesos erosivos, la posibilidad de movimientos en masa, deslizamientos, y generación de drenajes, alteraciones en los ciclos de calidad del agua y riesgos para la población, permitiendo priorizar medidas preventivas, asegurar la seguridad, y orientar las decisiones técnicas durante el cierre progresivo y final.

Desde el punto de vista técnico de la liquidación, la gestión de los riesgos es uno de los pilares más firmes del cierre, pues permite prevenir los fallos que comprometían la estabilidad del área clausurada. Existe, no obstante, un abismo entre la calidad de los análisis que realizan los operadores más grandes y los que realizan los pequeños; en muchas operaciones de menor escala no se aplican ni modelos avanzados de estabilidad ni herramientas numéricas, lo que lleva a un análisis menos profundo. También sigue habiendo limitaciones que están relacionadas con escenarios climáticos extremos (en particular, en las zonas áridas del sur del Perú) donde torrenciales eventos de lluvias rápidas pueden dar lugar a la erosión acelerada y a los colapsos locales. Sin embargo, el enfoque de riesgo es uno de los pilares fundamentales en tanto que orienta las decisiones de los técnicos y prioriza las intervenciones adecuadas para lograr un cierre sostenible.

La minería no metálica se caracteriza porque sus excavaciones hacen que la geomorfología sufra una muerte lenta. La gestión del riesgo toma una relevancia extrema en la evaluación de peligros de caída de taludes, desprendimientos, erosiones de laderas, acumulación de agua en los huecos de las canteras, etc. En canteras de calizas y, por ende, de agregados con geometría irregular y con frentes

verticales, la inestabilidad es inevitable, por lo que los análisis de riesgo deben orientarse a la reconfiguración topográfica, la estabilización mecánica, el control del relieve, etc. Adicionalmente, como la actividad no metálica se desarrolla en cercanías de zonas urbanas y agrícolas, los riesgos socioambientales adquieren el mismo rango de relevancia. La aplicación de metodologías de riesgo permite determinar que claustros no metálicos cerrados no generen peligros para pobladores ni para la infraestructura y/o las actividades económicas colindantes.

2.2.3.2.Evaluación de impactos residuales al cierre

La evaluación de impactos residuales del cierre de las minas consiste, desde la previsión de la restauración, en la identificación de los impactos ambientales existentes, aún después de la aplicación de la previsión de restauración, estos impactos son: Alteraciones de la topografía; alteraciones de la calidad de aguas; pérdida de suelo; disminución de vegetación; impactos paisajísticos; alteraciones de los ecosistemas locales, etcétera. Según el MINEM (2005), la evaluación de los impactos residuales del proyecto contempla una evaluación con líneas base comparativas, con medidas estandarizadas; con indicadores de tipo cuantitativo y con monitoreos que permitan determinar si uno ha reducido sus impactos a niveles adecuados u ortodoxos. La evaluación de los impactos residuales del cierre de las minas implica la consideración de elementos que provienen de campos de estudio como la geotecnia, la ecología, la hidrología, las ciencias ambientales, etcétera.

Uno de los principales obstáculos en los que tropieza el presente enfoque es el de determinar unos criterios como los que se estipulan en cada uno de los casos para determinar qué es un impacto residual aceptable. Una vez más, la normativa se centra más en la ejecución de las medidas que en la verificación de los resultados ecológicos y sociales, lo que genera una suerte de incertidumbre sobre el nivel de recuperación real. A ello hay que añadir lo escaso de las líneas base que perduran en el tiempo, lo que inviabiliza comparar las condiciones anteriores a la llegada y al cierre y las posteriores, sobre todo si son proyectos antiguos o carentes de un escaso y relegado monitoreo del histórico. No obstante, la evaluación del impacto residual constituye una herramienta fundamental para poder realizar una verificación de la transparencia y la efectividad del cierre y, por ende, de los impactos residuales, así como de la determinación de decisiones de cierre.

Aplicación en minería no metálica

Los impactos residuales en Unidades No Metálicas como la U. M. “El Progreso 92” están en una mayor medida ligados a la pérdida de relieve natural, erosión, polvo en suspensión o deterioro visual, que a fenómenos químicos. Por lo tanto, la evaluación debe incluir una medición de la estabilidad de los taludes recientemente conformados; la recuperación de la capacidad del suelo; la verificación de la integración paisajística o la medición de la evolución de la cobertura vegetal implantada. La tipificación de los impactos residuales va a permitir determinar si la cantera restaurada es apta para usos post mineros como la recreación, la agricultura de carácter ligero o la conservación, usos muy comunes en la minería no metálica.

Análisis de riesgo residual e incertidumbre

La evaluación de impactos residuales tiene que incluir el análisis del riesgo residual, que se presenta como la posibilidad de que se presenten sucesos imprevistos o bien fallas de alguna actividad posterior a la clausura. En minería, será parte de los riesgos de tipo residual, especialmente en el caso de los tajos no metálicos, la erosión acelerada de la vertiente o de las pendientes (taludes), el ingreso de sedimentos a las cuencas (colmatación de drenajes), el aumento de la cantidad de material particulado o el deterioro de los suelos restaurados. El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), da cuenta de esta dimensión ambiental en sus lineamientos de supervisión ambiental del cierre, en donde se pragmáticamente criterios para evaluar el riesgo residual y determinar si son pertinentes las acciones correctivas del post cierre.

Alineación normativa: criterios para la evaluación ambiental

Los impactos residuales en el caso peruano se evalúan conforme a los lineamientos del Decreto Supremo N.° 040-2014-EM Reglamento de Protección y Gestión Ambiental para las Actividades de Explotación, Beneficio, Labor General, Transporte y Almacenamiento Minero, documento que establece expresamente las obligaciones sobre monitoreo, puntos de control, parámetros evaluados y reportes ambientales obligatorios durante el cierre y post cierre. También exige que los resultados sean comparados a los Estándares de Calidad Ambiental ECA y Límites

Máximos Permisibles LMP establecidos por el Ministerio del Ambiente MINAM para agua, aire y suelo, que especifican los niveles aceptables durante la etapa de post cierre. La verificación de estos parámetros permite determinar si los impactos residuales son decrecientes hasta niveles compatibles con la calidad ambiental que exige la legislación presente.

Mecanismos de verificación y monitoreo post cierre

La validación de la efectividad de un cierre necesita que se contemple un programa de monitoreo de la fase de post cierre, que debe incluir necesariamente:

- puntos de control definidos y representativos;
- parámetros ambientales alineados a ECA y LMP;
- frecuencia de monitoreo proporcional al nivel de intervención;
- auditorías técnicas y ambientales;
- análisis estadístico de tendencias para evaluar la recuperación real.

El D.S. N.° 040-2014-EM indica que el titular debe mantener por lo menos durante 5 años los informes de monitoreo y de auditorías, lo que debe permitir verificar la evolución del ecosistema en la fase de intervención, así como de la estabilidad de la superficie restaurada, es decir, lo que permite reunir los requisitos que aseguren la trazabilidad, la transparencia y evidencia técnica para la toma de decisiones en la fase de post cierre.

2.2.3.3.Integración de criterios físicos, biológicos y sociales

La integración de criterios que incluyen aspectos físicos, biológicos y sociales es un tipo de enfoque holístico que busca que el enfoque de cierre no repose solo en la estabilidad geotécnica sino, también, en la recuperación ecológica y en la aceptación social hacia el uso definitivo del territorio en cuestión. El ICMM (2019) expone que el cierre de una explotación debe combinar la estabilidad física, la restauración de funciones ecológicas y la compatibilidad con las necesidades y expectativas de las comunidades que habitan el territorio, respondiendo así a la consideración del cierre al definirlo como un proceso que no acaba con la obra física sino con la funcionalidad ecológica y social del área rehabilitada.

A continuación, se expone, por medio de la Tabla 3, la integración de criterios físico–biológico-sociales que permite observar de manera clara cómo se articulan los criterios que nos permiten llegar a un cierre sostenible. Dicho nivel de integración sintetiza los componentes contemplados, la exposición de los mismos y el modo en el que se aplica de forma concreta a operaciones de minería no metálica, tal como es el caso de la cantera El Progreso 92.

Tabla 3.
Niveles de integración físico–biológico–social

Nivel de integración	Componentes	Descripción	Aplicación en minería no metálica
Nivel 1: Estabilidad física	Físico	Reconfiguración topográfica y seguridad geotécnica.	Taludes estables, relleno de canteras, control de erosión.
Nivel 2: Restauración ecológica inicial	Físico + biológico	Mejora de suelos y revegetación inicial.	Suelos pobres tratados con compost; revegetación en zonas áridas.
Nivel 3: Funcionalidad ecológica	Biológico	Ecosistema capaz de autosostenerse.	Uso de especies nativas para minimizar riego.
Nivel 4: Integración paisajística	Físico + social	Armonía visual y compatibilidad territorial.	Transformación de canteras en parques o miradores.
Nivel 5: Uso post - minero sostenible	Físico + biológico + social	Actividades económicas o recreativas estables.	Agricultura ligera, zonas recreativas, áreas verdes urbanas.

Nota. Elaboración propia.

2.2.3.4.Indicadores de desempeño para la evaluación del cierre

Los índices de rendimiento se constituyen en la forma objetiva para verificar el cumplimiento de las medidas de cierre frente a los resultados esperados. Se aplican índices a la estabilidad física (factor de seguridad, tasas de erosión), estabilidad química (pH, conductividad, metales disueltos), recuperación biológica (cobertura vegetal, crecimiento de especies nativas) y aceptación social (percepción comunitaria, cumplimiento de usos post mineros). El MINEM (2012) y el ICMM (2019) sugieren que sean específicos, medibles, alcanzables, relevantes y verificables en el tiempo. Uno de los problemas derivados de los índices de rendimiento se da en la falta de estándares comunes para establecer que niveles de rendimiento constituyen una recuperación satisfactoria. La selección de los mismos

varía considerablemente según los operadores lo que dificulta la fiscalización y la comparación entre proyectos. En contrapartida, algunos índices biológicos requieren largos períodos de monitoreo lo que incrementa costes. Pero contar con índices bien definidos es condición indispensable para demostrar técnicamente la efectividad del cierre.

Tabla 4.
Indicadores de desempeño para evaluación

Componente	Indicadores de desempeño	Unidad / Método de medición	Criterio de aceptabilidad	Riesgos asociados por incumplimiento
Físico	Factor de seguridad (FS) de taludes	Modelamiento geotécnico (Slide, Phase2)	FS ≥ 1.3 (taludes finales)	Deslizamientos, inestabilidad, riesgo a personas.
	Tasa de erosión superficial	mm/año; parcelas de erosión	Igual o menor al valor de referencia regional	Pérdida de cobertura vegetal, socavación.
	Integridad de drenajes	Inspección; caudal; continuidad	Drenajes funcionales sin obstrucciones	Sedimentación, desbordes, erosión.
Químico	pH del agua superficial/subterránea	Análisis de laboratorio	Entre 6.5 y 8.5; cumplimiento ECA	Alteración del ecosistema acuático.
	Conductividad eléctrica	µS/cm	Dentro de límites ECA	Salinización o alteración hidrológica.
Biológico	Cobertura vegetal	% área cubierta	≥ 60–70% según ecosistema	Erosión acelerada, baja estabilidad del suelo.
	Tasa de supervivencia de plantas	% de individuos vivos	≥ 70% en los dos primeros años	Fallo en revegetación y pérdida de suelo.
	Presencia de especies nativas	Inventario de campo	≥ 70% de las especies instaladas	Dominio de especies invasoras.
Social	Aceptación del uso post-minero	Encuestas, talleres	Aprobación comunitaria ≥ 75%	Conflictos sociales, rechazo al cierre.
	Seguridad del área	Inspección; accesos	Riesgo público “nulo”	Accidentes, responsabilidad legal.
Post cierre	Estabilidad del ecosistema restaurado	Monitoreos periódicos	Tendencia estable o positiva	Restauración incompleta, fallas tardías.
	Cumplimiento del plan	Auditorías OEFA	100% de medidas ejecutadas	Sanciones o reapertura del cierre.

Nota. Elaboración propia.

2.2.3.5.Herramientas y técnicas de análisis aplicadas al cierre

Las herramientas técnicas que se aplican al cierre comprenden software de análisis geotécnico (Slide, Phase2, GeoStudio), modelamientos hidrológicos (HEC-HMS, SWAT), sistemas de información geográfica (SIG), dron para topografía, sensores remotos, laboratorio para suelos y aguas y matrices de impacto ambiental. Estas herramientas posibilitan simular condiciones de estabilidad, modelar drenajes, interaccionar con la erosión, caracterizar suelos, clasificar vegetación e identificar áreas de intervención críticas.

La utilización de herramientas avanzadas permite aumentar el cierre de forma importante, aunque su aplicación puede estar restringida en las operaciones pequeñas por falta de recursos o de personal experto. También se presenta una brecha entre la tecnología disponible y la capacidad de las autoridades para interpretar los resultados que son complejos. No obstante, la tendencia internacional es hacia la incorporación de modelamientos numéricos, el monitoreo por drones y los SIG, lo que permite un cierre más predictivo y eficiente.

Tabla 5

Matriz de herramientas y técnicas aplicadas al cierre minero

Componente del cierre	Técnica / herramienta	Resultado evaluado	Interpretación	Utilidad en minería no metálica
Estabilidad física	Modelos geotécnicos	FS ≥ 1.3	Estabilidad aceptable	Rediseño seguro de taludes
Control de erosión	SWAT, HEC-HMS	Tasa de erosión	Evaluación de procesos erosivos	Control en canteras expuestas
Restauración de suelos	Ensayos edáficos	Fertilidad / textura	Determina aptitud del suelo	Mejora de suelos degradados
Vegetación	NDVI, inventarios	Cobertura / diversidad	Éxito de la revegetación	Verificación en áreas áridas
Calidad del agua	pH, CE, metales	Cumplimiento ECA	Riesgo químico mínimo	Confirmación de inocuidad
Riesgos	Matriz de riesgos	Peligros residuales	Priorización	Seguridad para comunidades
Integración paisajística	SIG, MDT	Morfología final	Compatibilidad visual	Canteras cerca de áreas urbanas

Nota. Elaboración propia.

Dentro de la minería no metálica, estas herramientas son clave para la reconfiguración topográfica, permiten modelar taludes finales estables, analizar erosiones en las canteras abiertas, y perfeccionar el diseño de los drenajes. Dron es particularmente interesante para la supervisión de superficies extensas y generar modelos digitales del terreno. De la misma forma, SIG permite analizar la integración paisajística y seleccionar áreas elegidas para la revegetación; estas herramientas en conjunto permiten elevar la calidad técnica del cierre en canteras y operaciones no metálicas.

2.2.4. Componentes físicos del cierre de minas

El componente físico del cierre de minas tiene como finalidad que el terreno intervenido imparta estabilidad, seguridad, funcionalidad hidráulica y durabilidad en el uso de largo plazo. El componente físico del cierre de minas incluye aspectos geotécnicos, geomorfológicos, hidrológicos y geoquímicos que determinan cómo se comportará el sitio una vez explotado en los procesos naturales de erosión, infiltración, meteorización o cambios geomecánicos. En operaciones no metálicas este es un componente relativamente importante por la existencia de taludes altos, suelos sueltos, frentes verticales y estructuras al descubierto sin aguas ácidas, no obstante, con importantes riesgos físicos.

Estabilidad geotécnica del terreno intervenido

La estabilidad geotécnica es la base fundamental del componente físico del cierre, permitiendo que los taludes, las plataformas, los botaderos o las áreas intervenidas mantengan un Factor de Seguridad (FS) adecuado. Generalmente, este es aceptado como $FS \geq 1.3$ para condiciones estáticas y $FS \geq 1.1$ para condiciones sísmicas. Se ejecuta evaluando este Factor de Seguridad con la ayuda de diversas técnicas analíticas y numéricas (Slide, Phase2, FLAC), que permiten modelar esfuerzos, presiones de poros y posibles superficies de fallo.

Las inestabilidades en minería no metálica provienen normalmente de la existencia de estratos sedimentarios débiles, de taludes muy verticales para exhausar agregados o calizas, bien de la falta de drenaje o del meteorismo acelerado debido a la exposición directa. Por tanto, el cierre requiere reperfilamientos de taludes, la reducción de alturas críticas y la construcción de bermas de seguridad.

Reconfiguración geomorfológica del sitio minero

La reconfiguración geomorfológica pretende que la topografía que ha sido alterada por la intervención minera pase a ser una forma estable y acorde con el entorno natural, lo cual implica un relleno parcial de los huecos, la conformación de pendientes suaves, construcción de superficies estables, y el diseño de un relieve final que minimice los procesos erosivos.

En el caso de las minas no metálicas, como las canteras, es habitual que el cierre esté basado en convertir el tajo en lagunas artificiales, terrazas en revegetación, plataformas recreativas o bancos escalonados con una morfología estable. Las metodologías SIG, MDT y la fotogrametría mediante drones permiten modelizar y verificar la geometría final.

Manejo de aguas superficiales

El manejo de aguas superficiales abarca el diseño de sistemas de drenaje apropiados que gestionen la escorrentía, minimicen la erosión y eviten la concentración de flujos capaces de producir la desestabilización de los taludes o la degradación de las superficies rehabilitadas. En este caso se incluyen canales perimetrales, cunetas, drenajes transversales, zanjas de coronación y estructuras disipadoras de energía.

La facilidad de la minería no metálica en lo que respecta al manejo de aguas superficiales debe tener en cuenta que esta actividad no produce efluentes contaminados; no obstante, los relieves abruptos de las canteras pueden producir el fenómeno de caudales concentrados capaces de producir erosión profunda. Esta razón hace priorizar el diseño hidrológico con modelos HEC-HMS/HEC-RAS, así como el uso de taludes vegetados capaces de gestionar la escorrentía.

Manejo de aguas subterráneas

Este subcomponente establece cómo el aprovechamiento puede alterar el flujo subsuperficial y cuáles serán sus respectivas condiciones post-cierre. En zonas donde se toquen acuíferos, la recuperación del nivel freático puede producir ascensos por presión, surgencias o infiltraciones indeseadas. El cierre debe incluir

modelos hidrogeológicos, monitoreo de piezómetros y, si procede, de drenajes subterráneos o de drenes horizontales.

En lugares de explotación no metálica, la extracción hace que la explotación se convierta en fosas que posteriormente se rellenan por recuperación natural. Estas lagunas deben analizarse en relación con la estabilidad de los taludes sumergidos, uso potencial y concordancia con el entorno.

Procesos de transporte iónico y difusión en materiales expuestos

El transporte iónico y la difusión hacen referencia a cómo los elementos químicos son transportados en suelos, en rocas y en materiales expuestos tras el cierre. Aunque la minería no metálica no da lugar a aguas ácidas sí puede dar lugar a procesos de lixiviación ligera de sales, difusión de los carbonatos o intercambio iónico en las arcillas, especialmente en los relaves de arena o depósitos finos. La evaluación comprende ensayos de laboratorio (permeabilidad, difusividad, conductividad eléctrica) y simulaciones geoquímicas simples que verifiquen que no se generarán condiciones perjudiciales para suelos, para aguas o para la vegetación.

Meteorización física y química post-extracción

La meteorización post-extracción consiste en describir los cambios experimentados por los materiales expuestos al estar sin protección natural. Tiene como efecto la fracturación térmica, la hidrólisis, la oxidación y la meteorización granular, que pueden perjudicar la superficie de los taludes.

En las explotaciones de rocas calizas, la meteorización química puede provocar el alisamiento de las superficies y la disgregación de la cohesión de los terrenos. En los bancos de arena o de grava, la meteorización física por ciclos de humedad-sequedad favorecen la pérdida de resistencia, lo que obliga a tomar medidas de protección como recubrimientos, revegetación o geosintéticos.

Control de erosión en superficies rehabilitadas

El control de la erosión es primordial para la protección de los taludes, de los suelos de revegetación o de las estructuras de drenaje. Las medidas más comunes son geomantas, hidrosiembra, barreras vivas, terrazas, mulching o conservación por especies con raíces profundas, las cuales se complementan con el

hecho de que en la minería no metálica, los suelos suelen ser sueltos y pobre en materia orgánica, de modo que el control de la erosión debe ser parte de un programa progresivo de mejoramiento de suelos, aplicación de compost o finalmente la revegetación con especies nativas, resistentes a la sequía.

Manejo de desmontes y depósitos de materiales

Los desmontes están relacionados con la estabilización física de montones de material, la compactación por capas, el diseño de pendientes suaves y la cobertura final del material, el cual debe ser un suelo adecuado para la revegetación, etcétera. Entre cuanto se examina están la permeabilidad, el riesgo de erosión, la estabilidad, la presencia de material fino susceptible a licuación, etcétera. En explotaciones no metálicas, los desmontes son inertes y se pueden reutilizar en el marco de la reconfiguración geomorfológica, con el fin de por ejemplo rellenar sectores del tajo o confiriendo un aspecto de bermas de seguridad.

Aplicación de geosintéticos en procesos de cierre

Los geosintéticos —geomallas, geotextiles, geomantas, geodrenes y geoceldas— se aplican en la construcción de taludes, en el control de erosión, en la mejora de la capacidad portante del material y el drenaje superficial y subsuperficial. Son una práctica aceptada en los cierres modernos por sus buenos resultados, resistencia y facilidad de instalación. En las minas no metálicas, donde los suelos tienden a ser muy erosionables, los geosintéticos son efectivos para estabilizar áreas extensas, para proteger superficies recién revegetadas y para asegurar que la escorrentía no erosione el relief final.

2.2.5. Componentes biológicos del cierre de minas

El componente biológico del cierre de minas queda constituido en su conjunto por el conjunto de medidas que tienen como propósito restituir la estructura, funcionalidad y resiliencia ecológica al ecosistema afectado por la actividad extractiva, que permitan que gracias a procesos como la recuperación de suelos, la reintroducción de vegetación nativa, la restauración de hábitats y la control de elementos bióticos que puedan alterar la estabilidad ecológica, el territorio intervenido adquiera la capacidad de autosostenerse en el tiempo. En el ámbito de la minería no metálica, este componente biológico es fundamental,

habida cuenta del estado de degradación física de los suelos, del tipo de minería a cielo abierto, de la existencia de superficies desnudas, de la existencia de una pérdida total de la vegetación original. Por tal motivo, los enfoques de restauración se basan en sucesión ecológica dirigida, técnicas de revegetación en torno a sectores áridos y la aplicación intensiva de coberturas orgánicas de productividad inicial.

Bases ecológicas de la restauración ambiental

Se basa en conceptos tales como la resiliencia ecológica, la sucesión vegetal y la dinámica de las comunidades, que determinan la forma de recuperación de ecosistemas que han sufrido fuertes perturbaciones. La resiliencia establece la capacidad que tiene el territorio para recuperar la funcionalidad tras el cese de la perturbación, y la sucesión ecológica describe las etapas de colonización vegetal que se desarrollan sobre sustratos alterados (Clewell & Aronson, 2013). Estos conceptos permiten orientar el diseño de las diferentes estrategias vinculadas a la intervención inicial, al manejo del sustrato y al establecimiento de la vegetación pionera como estrategia para la promoción del ecosistema.

Revegetación con especies nativas

La revegetación con especies nativas, por otro lado, forma parte de la estrategia base del componente biótico, dado que estas presentan mayor adaptación climática edáfica, menor demanda hídrica y mejor integración ecológica con la fauna local; el proceso incluye la selección de especies pioneras resistentes, preparación del terreno, adición de enmiendas, y el uso de técnicas como la hidrosiembra o el trasplante de plantones (Mesa-González et al., 2020). El uso de especies locales aumenta la estabilidad del suelo y acelera la consolidación del hábitat restaurado.

Recuperación de suelos y materia orgánica

Recuperar el suelo es hacer que el suelo vuelva a desempeñar las funciones físicas, químicas y biológicas que son empleadas por los ecosistemas para sostener sus procesos ecológicos. Los suelos degradados muestran bajo contenido de materia orgánica, escasa actividad microbiana y muy poca retención de humedad para ello, se aplican enmiendas como componentes de compost, biochar, mulch o microorganismos beneficiosos para la constitución de una estructura deseada y para

la fertilidad del suelo (Lal, 2016). Reconstruir un sustrato funcional es condición necesaria para el éxito en el establecimiento de vegetación.

Técnicas de fitorremediación aplicadas al cierre

La fitoremediación puede definirse como agrupar aquellas metodologías que utilizan plantas para estabilizar, retener o transformar compuestos que pueden hallarse presentes en el suelo. Algunas de las técnicas más relevantes son la fitoestabilización (fitoestabilización de metales pesados); la fitodegradación (reducción de ciclas mediante el metabolismo de la planta); fitocobertura (remoción o inmovilización de partículas finas); estas ayudan a reducir la erosión y a inmovilizar particuladas que se desprenden del suelo ayudando poco a poco a mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo (Pulford & Watson, 2003). La fitoremediación unida a la revegetación asistida proporciona la estabilidad inicial y promueve la fisonomía de la sucesión ecológica.

Dinámica de la sucesión vegetal en áreas intervenidas

La sucesión vegetal describe la trayectoria temporal mediante la cual se establecen y reemplazan diferentes grupos de plantas tras la intervención del suelo. Este proceso inicia con especies pioneras de rápida colonización y elevada tolerancia al estrés, continúa con especies intermedias que aumentan la complejidad ecológica y culmina con comunidades estables capaces de sostenerse sin intervención externa (Walker & del Moral, 2003). La gestión del cierre debe facilitar esta dinámica mediante mejoras del sustrato y control de factores que puedan interrumpir el proceso sucesional.

Control y prevención de especies invasoras

El control de las especies invasoras es necesario para favorecer la recuperación del ecosistema, dado que las primeras pueden factible desplazar las especies nativas, alterar los ciclos ecológicos del mismo, y reducir la diversidad. Las estrategias pasan por el monitoreo periódico, la detección temprana, la remoción mecánica o manual y el establecimiento de coberturas densas de vegetación nativa que le quiten oportunidades a la colonización (Pyšek et al., 2020). La prevención es esencial: eliminar las superficies desnudas reduce en gran medida la amenaza de invasión.

Tabla 6.
Integración de criterios físicos y biológicos

Subcomponente físico	Objetivo técnico específico	Riesgos frecuentes	Criterios de aceptación	Herramientas de verificación	Interacción biológica relevante
Estabilidad geotécnica del terreno	Garantizar estabilidad y seguridad de taludes y plataformas.	Deslizamientos, subsidencia, grietas.	FS ≥ 1.3 (estático); FS ≥ 1.1 (sísmico).	Modelos geotécnicos (Slide, Phase2), drones.	La estabilidad es requisito para permitir revegetación y colonización vegetal sin desprendimientos.
Reconfiguración geomorfológica	Formar un relieve final estable y compatible con el entorno.	Pendientes inestables, erosión.	Pendientes adecuadas (≤ 30° en suelos).	MDT, SIG, fotogrametría.	Pendientes moderadas favorecen el arraigo de raíces y el avance de la sucesión vegetal.
Manejo de aguas superficiales	Controlar escorrentía y minimizar erosión.	Erosión laminar/cárcavas, inundación.	Drenajes operativos y sin obstrucción.	HEC-HMS, inspecciones hidráulicas.	La regulación hídrica condiciona el éxito de la revegetación y la estabilidad del suelo.
Manejo de aguas subterráneas	Garantizar estabilidad frente a nivel freático.	Surgencias, saturación de taludes.	Niveles piezométricos estables.	Piezómetros, modelación hidrogeológica.	Suelos excesivamente saturados dificultan crecimiento vegetal y compactación biológica.
Transporte iónico y difusión	Controlar movilidad química en suelos.	Lixiviación, salinidad, perjuicio a vegetación.	Parámetros dentro de rangos edáficos (pH, CE).	Ensayos químicos, difusividad.	El equilibrio químico condiciona la germinación y supervivencia de especies nativas.
Meteorización física y química	Evitar degradación superficial y pérdida de cohesión.	Intemperismo, fracturación.	Ausencia de desprendimientos.	Inspecciones, análisis de durabilidad.	La meteorización afecta la retención de humedad y la capacidad del suelo para sostener plantas.
Control de erosión	Proteger superficies rehabilitadas.	Pérdida de suelo, fallas en revegetación.	Cobertura ≥ 60%; sin cárcavas.	NDVI, monitoreo de taludes.	La cobertura vegetal estabiliza suelos y reduce erosión por anclaje radical.
Manejo de desmontes y materiales	Disponer y estabilizar material excedente.	Arrastre, erosión, licuación.	Pendientes ≤ 3H:1V; compactación efectiva.	Ensayos Proctor, topografía.	La cobertura vegetal de desmontes reduce erosión y mejora integración ecológica.
Aplicación de geosintéticos	Mejorar estabilidad, drenaje y control de erosión.	Fallo en anclajes, desplazamientos.	Correcta instalación y continuidad.	Inspección técnica, pruebas de tracción.	Geomantas y geoceldas actúan como base para revegetación y retención de humedad.

Nota. Elaboración propia.

2.2.6. Componente socioeconómico del cierre de minas

El cierre de minas ha transitado de un enfoque puramente técnico-ambiental hacia una perspectiva holística donde la dimensión socioeconómica es determinante para la viabilidad post-cierre. Según la guía metodológica del Ministerio del Ambiente (MINAM, 2020), el cierre no constituye un evento puntual de abandono, sino una transición socioecológica planificada que debe gestionar el legacy de la operación, garantizando la seguridad, estabilidad y sostenibilidad del territorio tras el cese de actividades.

En el contexto específico de la extracción de piedra laja, este componente adquiere una relevancia particular. La literatura especializada (Bainton & Holcombe, 2018) señala que cuando no se incorporan adecuadamente las variables socioeconómicas en actividades extractivas de pequeña y mediana escala —como ocurre con la piedra laja— se generan pasivos sociales que obstaculizan la transferencia legal de terrenos, dificultan la reconversión productiva y pueden activar conflictos por el uso del suelo.

Adicionalmente, las canteras de piedra laja presentan particularidades socioeconómicas propias, como la alta proporción de empleo manual, la participación de pequeños extractores o subcontratistas, la dependencia de transportistas locales y la habitual coexistencia con circuitos de comercio informal. Todo ello implica que el cierre puede provocar pérdidas económicas inmediatas, migración temporal por falta de oportunidades y aumento de tensiones sociales si no se gestiona adecuadamente. Asimismo, la presencia de tajos abiertos o frentes de extracción abandonados puede propiciar la ocupación informal o usos no planificados, afectando la seguridad y el ordenamiento territorial.

Por tanto, el componente socioeconómico del cierre debe incluir medidas orientadas a la transición laboral, alternativas de reconversión productiva (por ejemplo, aprovechamiento turístico, artesanal o agrícola del área intervenida), fortalecimiento de la gobernanza local y participación temprana de las comunidades en la definición del futuro del área minera. De esta forma, la identificación, valoración y gestión de los impactos socioeconómicos no se limita a un requisito normativo, sino que se convierte en un eje estratégico para garantizar una restitución funcional y socialmente aceptada del territorio.

En ese sentido, la Tabla 7 presenta una tipología extendida de los principales impactos socioeconómicos asociados al cierre de canteras de piedra laja, con el fin de organizar y facilitar su evaluación.

Tabla 7.
Tipología extendida de impactos socioeconómicos

Categoría de Impacto	Descripción Teórica	Manifestación Específica en Rocas Ornamentales	Estrategia de Mitigación Sugerida
Económico Directo	Contracción del empleo local y pérdida de renta directa.	Cese de contratos para canteros especializados, cortadores y pulidores. Caída drástica en la demanda de servicios de transporte de bloques y lajas.	Programas de reconversión laboral anticipada (5 años antes del cierre) hacia sectores afines como la construcción civil o restauración patrimonial.
Fiscal / Municipal	Disminución de transferencias y tributos locales.	Reducción del presupuesto municipal para obras públicas dependientes del flujo de la actividad extractiva.	Creación de Fondos de Fideicomiso Social para el post-cierre durante la etapa operativa para mantenimiento de infraestructura.
Capital Social	Erosión de redes comunitarias y aumento de la conflictividad.	Disputas por el acceso a tierras rehabilitadas o infraestructura hídrica remanente (pozas de cantera). Riesgo de invasiones.	Establecimiento de Mesas de Diálogo para la transferencia ordenada de activos y tierras a asociaciones locales.

Nota. Elaboración propia, basada en la revisión de MINAM (2020) y Bainton & Holcombe (2018).

2.2.6.1.Participación de la comunidad en el proceso de cierre

La participación de la comunidad es la manera de validar el cierre y debe estar a la altura de las expectativas del ICMM y de la normativa peruana (D.S. N° 028-2008-EM). Esta no debe restringirse a un tipo de reunión informativa: "Decide-Anuncia-Defiende" sino que debe escalar hacia niveles más profundos de participación y colaboración. En el caso de las canteras de roca ornamental, la participación es continua y en permanente evolución:

1. **Mapeo Dinámico de Actores**: Identificación continua de grupos de interés, considerando que los actores cambian durante la vida de la mina (nuevas generaciones, nuevas asociaciones de vivienda).
2. **Triangulación de Expectativas:** Metodología para conseguir la alineación de la perspectiva técnica de la empresa (estabilidad física de los taludes), la perspectiva normativa del Estado (el cumplimiento normativo) y la perspectiva aspiracional de la comunidad (el uso futuro recreativo o productivo).
3. **Comités de Monitoreo y Vigilancia Ciudadana:** Empoderamiento de líderes locales capacitados para verificar la calidad del agua y la estabilidad de taludes post-cierre, generando confianza técnica (Sernageomin, 2004).

2.2.6.2.Reconversión económica y usos post minería

Se establece como objetivo para eludir un colapso de la economía local una vez que haya sido retirada la empresa de "ancla". En este contexto, la ventaja competitiva la constituyen las características de los tajos abiertos, que no suelen presentar el drenaje ácido de roca (DAR) de forma severa como en la minería metálica, lo cual no hace sino aumentar considerablemente el rango de usos posteriores. Limpitlaw & Briel (2014) nos traen un modelo de economía circular aplicada al cierre, en donde los pasivos son convertidos en activos territoriales.

Turismo Geológico e Industrial

Las canteras poseen implícitamente una belleza escénica que constituyen un patrimonio reconocido a partir de su "Arquitectura en Negativo" de la misma manera que nos muestran ejemplos de planteamientos mundiales como The Eden Project (Reino Unido) en la antigua cantera de caolín, o bien The Butchart Gardens (Canadá) en la explotación de caliza, que nos hacen ver que el patrimonio que se crea ofrece posibilidades para convertirlas en un recurso turístico.

Infraestructura Hídrica

Los cortes profundos en roca impermeable pueden ser acondicionados como reservorios de agua para la agricultura, recursos estratégicos en el contexto del cambio climático y el estrés hídrico.

Zonas de Eventos (Anfiteatros)

La acústica natural de los cortes en roca permite crear auditorios al aire libre (ej. Cantera de Dalhalla en Suecia), que fomentan una economía naranja (cultural) local.

Tabla 8.
Matriz de evaluación de alternativas de uso post-minería para canteras

Alternativa de Uso	Viabilidad Técnica	Viabilidad Social	Potencial Económico
Renaturalización (Rewilding)	Alta (Reforestación con especies nativas en bermas).	Media (No genera empleo directo inmediato, pero mejora calidad de vida).	Bajo (Valor sistémico ambiental, no monetario directo).
Recreativo / Turístico	Media (Requiere asegurar taludes contra caídas de rocas y accesos seguros).	Alta (Genera identidad, orgullo local y espacios públicos).	Alto (Ingresos por tickets, servicios, gastronomía, hotelería).
Industrial / Almacenaje	Alta (Uso de plataformas planas para almacenes o patios de maniobras).	Baja (Posible rechazo por tráfico pesado o ruido residual).	Medio (Rentas por alquiler de espacios).
Educativo / Científico	Alta (Exposición de estratos geológicos para estudios).	Alta (Vinculación con universidades y colegios).	Bajo/Medio (Generalmente subvencionado).

Nota. Adaptado de investigaciones sobre patrimonio geológico y minero (Ingemmet, 2020) y experiencias internacionales de rehabilitación.

2.2.6.3.Percepción, aceptación y legitimidad social del cierre

La Licencia Social para Operar (LSO) es, por tanto, dinámica y, en la etapa final, se convierte en una "Licencia para Cerrar". Moffat & Zhang (2014) construyen su modelo de aceptación social a través de la confianza y la justicia procedimental. En los cierres de canteras, la percepción del cierre es dominada por la estética y el fenómeno de la Solastalgia (sufrimiento por la alteración de las condiciones ambientales de la casa donde vivimos)).

Rehabilitación Paisajística

Si la comunidad percibe el lugar como "cicatriz" o "hueco inútil", la legitimidad del cierre será baja, aun cuando los taludes lo sean físicamente.

Participación en el Diseño

La aceptación se incrementa cuando la comunidad es parte del rediseño del paisaje (por ejemplo, la elección de especies vegetales para la revegetación o el diseño de lugares recreativos), lo que con lo que el pasivo deviene un activo para la comunidad.

2.2.6.4. Gestión de conflictos socioambientales

La etapa del cierre genera una condición de alta vulnerabilidad a los conflictos socioambientales. Para la teoría de la Ecología Política, el conflicto socioambiental ocurrirá por la disputa por la forma de reparto de los costos como ambiental(s) y de, en cambio, de beneficios. Las diversas claves del conflicto en el cierre de rocas ornamentales pueden ser, entre otras:

- Pasivos Ocultos: Miedo a la inestabilidad de taludes a largo plazo o afectación de acuíferos.
- Disputas por Tierras: Conflictos sobre la propiedad de la superficie una vez extinguida la concesión minera (derecho de superficie vs. derecho de subsuelo).
- Urbanización no Planificada: La presión urbana puede llevar a invasiones en zonas de seguridad de la cantera cerrada.

La gestión preventiva requiere mecanismos sólidos como los Sistemas de Quejas y Reclamos alineados a los Principios Rectores de la ONU sobre Empresas y Derechos Humanos, y como suscripción de Fideicomisos de Cierre, que son garantías financieras intocables dedicadas exclusivamente en el uso "remediación", ofreciendo seguridad psicológica y económica a la población que no será olvidada en el cierre (MINEM, 2004).

2.2.7. Fases del Cierre de Minas

El cierre de una mina se puede conceptualizar como un proceso que tiene carácter cíclico, total e integral y se puede desarrollar, y debería serlo, de forma

ideal desde la fase de exploración o estudio de viabilidad del proyecto. Un enfoque ideal que va en consonancia con el recomendado por organismos como ICMM (2019) es que el costo y la complejidad de la remediación se minimicen si se integran actividades de cierre a medida que se desarrollan las actividades de la cantera. En este sentido la legislación peruana (Ley N° 28001 y sus reglamentos) establece que el Plan de Cierre de Minas (PCM) se desarrolla en fases discretas y continuas, que van orientadas a asegurar la estabilidad física y química del sitio y su uso propuesto a largo plazo como para asegurar el éxito del uso post-minero acordado.

2.2.7.1.Planificación del Cierre durante la Vida Útil de la Mina

La planificación no es sólo un proceso de cumplimiento normativo, sino que es también una disciplina de la ingeniería financiera y ambiental que debe estar presente durante toda la vida útil del proyecto. Según Laurence (2006) la planificación escasa o pobre es el principal factor que lleva al cierre de minas, ya que no se consideran los tail risks ni los costos de la remediación tardía.

Documento Vivo y Dinámico

El PCM tiene que ser un instrumento de gestión ambiental que sea flexible, que se debe actualizar obligatoriamente cada cinco años (o de acuerdo a la legislación correspondiente, tal como establece la normatividad en Perú) a fin de guardar constancia de las modificaciones del tajo, de las pilas de desmonte y de la modificación de la visión post minero de tierras por parte de la comunidad. Esta dinámica asegura que el PCM sea un plan que considere la normativa de cierre, y que a la vez se eleve a la condición de evaluación de riesgos geotécnicos y geoquímicos en base a cómo avanza la explotación. En el caso de las canteras de extracción de rocas ornamentales, las actualizaciones del PCM tienen que tener un carácter muy importante porque estas pilas de desmonte tienen que gestionar el excedente de marmettola, los cuales pueden tener un volumen muy variable en función de la eficiencia de extracción.

Cálculo y Financiamiento de la Garantía

La planificación contempla el requisito legal más importante: la correcta estimación del Costo Total de Propiedad (TCO) del cierre y la obtención de la

garantía financiera (fideicomiso, carta de indemnización, póliza de seguro de cierre, etc.). Se debe asegurar que dicho fondo sea suficiente para hacer ejecutar el cierre a un coste de mercado por terceras, aunque la empresa se encuentre en quiebra o decida abandonar las operaciones con suficiente antelación. El cálculo debe contener explícitamente la provisión explícita para el Post Cierre cubriendo los costes de seguimiento y la consecución de las eventuales contingencias dentro el periodo de responsabilidad. Como indica Franks et al. (2020). La subestimación de estos costes es uno de los errores más comunes y da lugar a la creación de pasivos medioambientales no financiados.

2.2.7.2.Integración del Cierre en la Gestión Operativa y Ambiental

La integración hace referencia, por otro lado, a que el cierre deja de ser un evento final que implica el fin de un ciclo y se convierte en una variable cotidiana de la gestión que es asumido por los equipos de minado, ingeniería y medio ambiente. Esta modalidad de trabajo pretende optimizar el uso de extracciones dejando de lado los costos del cierre final, y poner la obligación del cierre como una oportunidad de gestión de residuos.

Diseño para el Desmantelamiento

Supone la adopción de principios de diseño modular y reversible, proponiendo soluciones para las infraestructuras vinculadas a caminos de acceso y plataformas de almacenamiento, en lo cual se enfatiza la construcción de estos con materiales que sean fáciles de sacar o que se integren en el paisaje final, evitando intervenciones con demolición compleja. En el caso de las canteras, la ubicación de las plantas de corte y de los talleres es crítica para que su remoción no genere un nuevo pasivo ambiental, sino para liberar pronto el área para su rehabilitación. El uso de know-how y de equipos operativos (grúas puente) para las actividades de la rehabilitación, están más que priorizados.

Optimización de Recursos

Al rehabilitar partes de áreas durante la fase de explotación, se disminuye el área de intervención ambiental (footprint) y el posterior seguimiento mucho más sencillo y menos costoso que en el cierre final. Williams et al. (2018) destacan que la integración de la rehabilitación permite que se produzca la co-utilidad de los

recursos: el personal del minado realiza tareas de conformación de taludes finales en los bancos inactivos y la maquinaria pesada se puede utilizar para maniobrar y colocar la tierra vegetal o el sustrato adecuadamente, al utilizar las movilizaciones internas y las economías de escala.

2.2.7.3.Cierre Progresivo

El Cierre Progresivo es la ejecución continua y sistemática de medidas de rehabilitación y de remediación de forma secuencial en la etapa de explotación de la cantera. Esta opción permite el control progresivo de la responsabilidad (staged relinquishment) y tiene gran operatividad, especialmente para mitigar los impactos visuales tan sensibles en el paisaje de las canteras de las rocas ornamentales.

Rehabilitación anticipada de áreas intervenidas

Consiste en aplicar medidas de estabilización y rehabilitación en las áreas de cantera o en depósitos auxiliares (depósitos de las estériles, áreas de topsoil) que han terminado su explotación y que no volverán a ser intervenidas. Las actividades principales son el hundimiento y la conformación final de los depósitos de estériles inertes, la recuperación y el almacenamiento del topsoil (capa superficial del suelo que tiene un contenido de nutrientes y del banco de semillas importante, para posteriores utilizaciones, o del humus) para prevenir perderlo.

Manejo preventivo de impactos acumulativos

Las medidas a aplicar se centran en mitigar continuamente los efectos colaterales de la actividad evitando que los impactos vayan acumulándose en valores críticos bien al final de la vida de la mina. En el caso de las canteras de roca ornamental, la medida más importante a tomar es el control de la dispersión eólica de la marmettola (polvo fino del corte), mediante el humedecimiento, la colocación de cubiertas de forma temporal (mulch), o la siembra de especies con crecimiento rápido en los depósitos evitando así la sedimentación de los cuerpos de agua y la contaminación del aire de las zonas aledañas.

Optimización técnica y reducción de costos operativos

El progresivo permite ensayar métodos de recuperación y revegetación en pequeña escala (parcelas piloto y bench-scale trials). Esta retroalimentación

temprana sobre la efectividad de las enmiendas de suelo, la mezcla de semillas y la metodología de plantación es de vital importancia. Los datos generados aseguran que la ingeniería de detalle del posterior cierre (ej. el diseño de taludes permanentes o la mezcla de sustratos para la siembra) sea eficiente y próspera, previniendo las costosas correcciones previas y reduciendo el riesgo de incumplir la normativa medioambiental.

Control y monitoreo temprano de estabilidad y vegetación

Desde la puesta en marcha del progresivo, aparecen programaciones de monitoreo de geotecnia y de biología. En geotecnia, se usa el inclinómetro y los piezómetros como metodologías de medición de la estabilidad de taludes y del nivel freático. En biología se usan indicadores como el Índice de Diversidad de Shannon o la tasa de supervivencia de plántulas, para ir demostrando ante las autoridades fiscalizadoras la evolución del cumplimiento medioambiental.

Tabla 9.
Actividades clave del Cierre Progresivo en canteras

Objetivo	Actividad Típica Detallada	Control Ambiental / Social	Criterio de Verificación (KPI)
Estabilidad Física	Conformación y compactación de bancos de desmonte finalizados, aplicando bermas de seguridad drenantes.	Reducción de la escorrentía superficial y riesgo de deslizamiento.	Ángulo de talud conforme al diseño geotécnico (ej. 34°) y mediciones de densidad de compactación.
Recuperación Biológica	Aplicación de *topsoil* e inoculación con micorrizas en áreas no explotadas, seguido de la siembra de especies nativas pioneras.	Aceleración de la sucesión ecológica y aumento de la calidad del suelo.	Tasa de supervivencia de especies > 80% después del primer año y aumento del contenido de materia orgánica.
Integración Social	Instalación y mantenimiento de cercos perimetrales y señalización de riesgo en áreas rehabilitadas.	Protección del público de áreas peligrosas y comunicación clara del avance del cierre.	Cero ingresos no autorizados y Actas de Veeduría Comunitaria que validen el progreso.

Nota. Elaboración propia.

2.2.7.4.Cierre Final

El Final Cierre es la etapa intensiva que se desarrolla luego del abandono total y definitivo de la actividad de explotación del espacio, o lo que es lo mismo, marca el cierre irreversible del lugar. En el que se realiza la aplicación del diseño del PCM hasta conseguir el estado físico y biológico del uso de suelo negociado.

Desmantelamiento y retiro de infraestructura

El proceso de desmantelamiento y limpieza es el procedimiento en el que se ejecuta la retirada completamente sistemática y total de toda la infraestructura, cimentaciones de obra, líneas de suministro (agua, electricidad), equipos producción (plantas de corte, campamentos, talleres). Este procedimiento tiene que ser un estricto Protocolo de Transferencia de Activos para la maquinaria que haya de ser reubicada o vendida; y un plan de manejo para aquellos residuos peligrosos (aceites, lubricantes, productos químicos) que tengan que ir a rellenos de seguridad autorizados y no sean abandonados en el lugar, conforme a lo que se indica en el Capítulo 2, punto 2.2.7.4.2. "Gestión de Residuos".

Estabilización física total del área

Aplicación de la ingeniería final para garantizar la estabilidad geotécnica y la estabilidad hidrológica de todos los componentes. En tajo se puede incluir el "abatimiento" u redondeo de los bordes superiores de la cantera para armonizar el paisaje. Se realizan obras de mitigar riesgo sísmico y deslizamiento, como la colocación de contrafuertes (buttressing) u la conformación de taludes a pendientes finales. Finalmente, se realiza el sellado y la conducción del drenaje superficial, impidiendo que el agua erosione las cubiertas rehabilitadas.

Restauración biológica avanzada

Aplicación masiva de las estrategias de revegetación validadas durante el cierre progresivo, utilizando las especies nativas que han demostrado mayor resiliencia. Esta fase no sólo incluye la siembra superficial: incluye la preparación del sustrato realizando la adición de abonos orgánicos y tecnosoles (materiales inertes mejorados en nutrientes) y el uso de cultivos nodriza (nurse crops) para establecer microclimas protectores en las plántulas nativas, ayudando a que la

sucesión ecológica transcurra rápidamente hacia un ecosistema funcional y autosostenido (Ahern & Meikle, 2018).

Verificación del cumplimiento de los objetivos del cierre

Este paso es un proceso de cierre formal y físico. El titular minero debe demostrar a través de auditorías, muestreos de campo y pruebas de ingeniería que se han cumplido los criterios de cierre establecidos en el PCM (ej. 70 % de cobertura vegetal, ningún movimiento detectable en taludes durante 1 año, calidad de agua conforme a la normativa). Esta verificación es fundamental para solicitar el Certificado de Cierre (o su equivalente) y es llevada a cabo por un tercero independiente para garantizar la objetividad.

2.2.7.5.Post Cierre

El Post Cierre es el periodo de custodia, vigilancia y mantenimiento a largo plazo, en el que el titular de la cantera aún es responsable del sitio y de la corrección de los posibles fallos que se presenten. Este periodo comienza al finalizar el cierre físico y es de una duración de un número de años que se define en el PCM, en general, de 3 a 5 años o más, dependiendo del riesgo geotécnico o geoquímico.

Monitoreo físico del terreno

Se centra en el control de la estabilidad de la infraestructura de largo plazo, sobre todo en las zonas de interfaz con la comunidad. Se emplean técnicas avanzadas como la Detección Remota mediante Radar de Apertura Sintética Interferométrico (InSAR) para determinados los movimientos del suelo con precisión milimétrica que pueden complementar las inspecciones en el campo de posibles grietas y hundimientos.

Monitoreo biológico y recuperación de ecosistemas

Evalúa la trayectoria de recuperación alcanzada, teniendo como indicadores clave la evaluación periódica del Índice de Calidad del Ecosistema (EQI), supervivencia de las especies plantadas, ausencia de especies invasoras, y la colonización natural por parte de la fauna (monitoreo de avifauna y mastofauna). Esta forma de demostrar que el sitio es ecológicamente resiliente y cuando no requiere intervención continua.

Monitoreo social y evaluación comunitaria

La compañía debe tener el Mecanismo de Quejas y Reclamos activo hasta el momento de terminar la transferencia final del sitio. El monitorio social es poder evaluar la percepción de riesgo, el nivel de satisfacción del uso post-minero y la participación activa de la comunidad para el mantenimiento de las áreas rehabilitadas. Esto último cierra de alguna manera los indicadores del éxito social, lo que significa apropiación comunitaria del área lo que evidencia que el uso post-minero es legítimo y sostenible.

Seguimiento y verificación del uso post minero

En canteras de asignación personalizada (ej. un centro de recreo o un reservorio hídrico), se verifica la funcionalidad de la infraestructura transferida y la sustentabilidad en el tiempo de la nueva actividad económica o social que le siga. Para ello, se realizan estudios de viabilidad a largo plazo, con el fin de que la transferencia de activos no se convierta en una carga financiera para sí mismos o para el gobierno local.

Responsabilidades y obligaciones en el periodo post cierre

El titular minero es legalmente responsable de las áreas hasta que la autoridad emita la Resolución de Cierre Final Definitiva (o "Relinquishment"). La garantía financiera debe ser mantenida vigente y disponible para poder actuar ante cualquier acción correctiva imprevista. Una vez se obtenga la resolución de cierre, el riesgo y las responsabilidades pasan al Estado o a la entidad receptora del terreno, cerrando oficialmente el ciclo de la vida de la mina para el titular.

Tabla 10.
Objetivos y Criterios de Éxito en la Fase de Post Cierre

Área	Objetivo de Cierre	Criterio de Éxito (Medible y Permanente)	Referencia de Cumplimiento
Geotécnica	Estabilidad a largo plazo de los cortes verticales y plataformas de la cantera.	Desplazamiento máximo de talud < 5 mm/año medido por InSAR o piezómetros, durante tres años consecutivos.	Resolución de liberación de la Garantía de Estabilidad Física.

Área	Objetivo de Cierre	Criterio de Éxito (Medible y Permanente)	Referencia de Cumplimiento
Hidrológica	Calidad de agua de la poza post-cierre apta para el uso recreativo o de riego.	Concentraciones de sólidos suspendidos totales y turbidez inferiores a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aguas superficiales (Clase III o IV).	Certificado de cumplimiento de calidad de agua emitido por un laboratorio acreditado.
Biológica	Resiliencia y autosustentabilidad del ecosistema rehabilitado.	Cobertura vegetal nativa > 70%, con un Índice de Diversidad de Shannon (H') que demuestre una tendencia de crecimiento hacia el *benchmark* local.	Aprobación de la Autoridad Forestal sobre la transferencia del terreno rehabilitado.
Socioeconómica	Aceptación y continuidad del uso post-minero transferido a la comunidad.	Índice de participación comunitaria en el mantenimiento > 75% y cero conflictos socioambientales activos reportados en el sitio durante el Post Cierre.	Acta de Recepción Definitiva por parte de la entidad social o municipal.

Nota. Elaboración propia

2.2.8. Recuperación ambiental y geomorfológica en canteras no metálicas

El proceso de recuperación de canteras -en especial, las canteras de rocas ornamentales (mármol, granito, travertino, etc.)- es un reto de restauración paisajística, o de ingeniería paisajística, diferente del de la extracción de recursos de las canteras de rocas metálicas. Al respecto, el interés cambia desde un enfoque basado en la geoquímica (per se, la producción de drenaje ácido de roca "DAR") hacia el modelo de estabilidad geomorfológica para el largo plazo, la integración paisajística de la producción de grandes volúmenes de residuos inertes y los cortes de carácter abrupto. La restauración aplicada tiene como objetivo llegar a la convergencia ecológica y funcional sobre el ecosistema de referencia (SER, 2004). Ahora bien, en un lugar como Moquegua, la aridez extrema -la aridez de Moquegua- y la presencia de los valles interandinos como un espacio extremadamente frágil lleva a pensar en soluciones innovadoras en el manejo hídrico y edáfico.

2.2.8.1. Características y dinámicas de explotación en canteras

La explotación de piedra laja puede considerarse un proceso muy particular, de carácter geométrico, operacional o medioambiental, que la caracteriza a diferencia de la extracción de otras rocas ornamentales (masivas). Aquella sea por naturaleza estratificada y por los sistemas de extracción manual o semi-mecanizada hacen que su explotación genere formas de corte, alturas de banco, tipos de residuos, sistemas de riesgos que tienen como consecuencia la planificación del cierre y la progresiva rehabilitación.

Geometría de Explotación y Estrés Estructural

La piedra laja, se extrae a partir de capas naturales de roca estratificada; a diferencia de las canteras de bloques voluminosos, los frentes son bajos a moderados (2 a 6 m) y con cortes más abiertos que siguen las discontinuidades horizontales de la roca. Esto genera una geometría de explotación más estable por:

- Bancos delgados, que reducen el riesgo de inestabilidad global del talud.
- Menor presencia de cortes verticales, y, por lo tanto, de la probabilidad de caída de bloques respecto a canteras de mármol o travertino.

Riesgo geotécnico en piedra laja

Los riesgos asociados se concentran en:

- Desprendimiento superficial de lajas sueltas.
- Inestabilidad por subcorte o sobreexcavación de estratos.
- Colapso de pequeños paneles si la estratificación es muy fina.

En general, los Factores de Seguridad (FS) tienden a ser superiores a los de canteras con frentes verticales, y como tal, los taludes finales pueden ser estabilizados con un simple reperfilado y un control manual de las rocas sueltas (scaling). Para el cierre, se asegura FS > 1,3 en condición estática y ya es alcanzable de manera sencilla sin estructuras complejas como mallas activas o gaviones.

Residuos Inorgánicos (Inertes) y la Marmettola

La explotación de piedra laja, a diferencia de la explotación de rocas ornamentales masivas, no genera marmettola ni lodos de corte y como tales, cosa sin ellos. Los residuos principales son los siguientes:

Características del residuo

- 100% inertes, sin reactividad química.
- Predominantemente angulosos, de tamaño grueso a mediano.
- Sin partículas finas (<63 µm) en cantidades significativas.
- No generan alcalinidad excesiva ni afectan la calidad del suelo o del agua.
- Esto simplifica el proceso de cierre, ya que los residuos pueden:
- Reutilizarse para relleno,
- Servir como material de estabilización superficial
- Integrarse como parte del modelado geomorfológico final.

Desafío Edáfico-Biológico:

A pesar de no producir lodos ni finos alcalinos, sí existen desafíos edáficos, debido a la pérdida o mezcla del horizonte de suelo superficial en el transcurso de la actividad:

- Reducción de la estructura del suelo en plataformas intervenidas.
- Escasez de materia orgánica tras el movimiento de tierra.
- Baja retención hídrica, típica de zonas áridas como Moquegua.
- Ausencia de banco de semillas viables en áreas utilizadas como zonas de acopio.
- La rehabilitación requiere incorporar:
- Topsoil almacenado o suelo de préstamo.
- Materia orgánica (compost, restos agrícolas).
- Revegetación con especies nativas resistentes a sequía.

La explotación de piedra laja tiene riesgos geotécnicos y condiciones operativas totalmente diferentes a las observadas en la minería metálica convencional. Tales distinciones repercuten explícitamente en el diseño de cierre y en la selección de las medidas de rehabilitación debidas, razón por la cual es necesario comparar ambos contextos e identificar cuáles de ellos representan un verdadero riesgo en una cantera de piedra laja y cuáles no son representados debido a las características inertes y estratificadas que posee esta roca.

La Tabla 11 resume estas diferencias clave y permite contextualizar adecuadamente las estrategias de cierre progresivo y final en este tipo de operación no metálica.

Tabla 11.
Comparación de Riesgos Geotécnicos en Canteras

Característica	Cantera de Piedra Laja	Minería Metálica (Ej. Pórfido de Cobre)	Implicación en Cierre
Ángulo de Frente	Moderado (45° - 70°) con bancos bajos	Alto (40° - 60°)	Riesgo cinemático bajo-moderado. Requiere scaling y reperfilado simple.
Residuo Clave	Tacos y lajas fracturadas (inertes)	Relaves y desmonte sulfuroso	Residuos voluminosos, pero no reactivos. Manejo simple y compatible con rellenos.
Riesgo Químico	Muy bajo (100% inerte, sin DAR)	Alto (posible drenaje ácido)	Enfoque en suelo y paisaje, no en tratamiento de agua.
Material Fino	Mínimo; predominan fragmentos gruesos	Variable; presencia de sulfuros	No existen problemas de finos alcalinos ni lodos. Facilita revegetación.

Nota. Elaboración propia

2.2.8.2.Procesos de degradación del paisaje en minería no metálica

La degradación del paisaje en canteras constituye un fenómeno muy complejo que se presenta en tres dimensiones, siendo el quebranto estético y el control del caudal de los recursos hídricos, las tareas más preocupantes.

Impacto Visual, Estético y Ruptura del Carácter Paisajístico

La generación de formas de relieve antrópicas (cortes abruptos, plataformas) quiebran la continuidad visual y el carácter del paisaje (landscape character) convirtiéndolos de manera profunda. La percepción social del "hurtar" o "agujero", terreno incremente el conflicto social. A su vez, la exposición de roca fresca de color muy claro, en un medio de desierto marrón o grisáceo (en el caso de Moquegua) rompe de manera severa la armonía cromática.

Degradación Física y Alteración Hidrológica

La degradación física del terreno se aprecia sobre todo como consecuencia de un cambio en el comportamiento hidrológico. La compactación de rampas y

depósitos altera la dinámica de la escorrentía superficial de forma que los aumentos que experimenta la velocidad de escorrentía y el volumen de esta última son considerables y desproporcionados. Todo ello hace que el coeficiente de escorrentía gotee en los procesos de erosión hídrica acentuada, sobre todo en la marmettola, en la que la vegetación tiende a ser nula y la densidad seca puede incluso superar los 1.8 g/cm³. En estas condiciones tienden a aparecer cárcavas, ya que el material fino es arrastrado más fácilmente hacia quebradas y/o cursos superficiales. La movilización de sedimentos incrementa la turbidez del agua y puede llegar a provocar impactos sobre microclimas locales debido a la alteración del estado de la humedad superficial y la reflectancia del terreno.

Degradación Edáfica y Abioticidad del Sustrato

El sustrato en las canteras es pedológicamente inerte. La remoción de la capa superficial del suelo (topsoil) en la fase de operación elimina el soporte de la vida.

- ***Métricas de Degradación Edáfia,***

En las canteras, la remoción del topsoil en la fase de operación deja al descubierto un sustrato pedológicamente inerte, lo que limita drásticamente cualquier proceso de regeneración natural. Las propiedades de base también se ven afectadas: la materia orgánica puede caer desde los valores típicos de 1.5% a 2.5% en las zonas costeras hasta valores inferiores a 0.1% en el caso de la marmettola; la capacidad de retención hídrica puede caer por debajo del 5%, mientras que un sustrato franco puede llegar hasta más de 15%; la densidad aparente puede subir hasta esos extremos en los cuales el crecimiento de las raíces de las plantas se ve limitado a unos pocos centímetros. La plena consonancia de estas condiciones nos define un ambiente edáfico degradado y con escasa capacidad para sostener vegetación, con un funcionamiento biogeoquímico prácticamente nulo.

2.2.8.3.Estrategias de restauración en ambientes áridos

La restauración en las zonas áridas como Moquegua ha de ser abordada desde un recurso de ingeniería ecológica mediante el cual se priorice el mantenimiento del escaso recurso hídrico y la reconstrucción edáfica para sostener plantas altamente resistentes (xerófitas). La escasa precipitación anual de esta zona,

que en muchos casos es menor al 50 mm, hace idóneo trabajar mediante técnicas que favorezcan la captación e infiltración del recurso hídrico.

Conservación de Agua y Water Harvesting (Cosecha de Agua)

La aplicación de microcaptaciones es una de las estrategias más adecuadas. Estructuras como zanjas de infiltración o microcuencas tipo medialuna, con unas dimensiones de 1,5 m de diámetro por 0,3 m de profundidad, se colocan siguiendo las curvas de nivel para interceptar y retener un recurso hídrico escaso. En aquellas zonas donde existen pequeños surcos por erosión, la colocación de diques ya sea de piedras o bien de materiales orgánicos provoca una disminución de la velocidad del agua que aumenta el tiempo de permanencia y posibilidades de infiltración.

Mejoramiento Bio-Edáfico y Estabilidad Química

La elaboración de un tecnosol supone una intervención a modo de contrarrestar la inercia física y química del sustrato. Para su obtención se lleva a cabo una mezcla de la marmettola con enmiendas, en cuyos constituyentes se encuentra normalmente materia orgánica (compost, restos de cultivos, biocarbón) en aplicaciones de 20 a 50 t/ha para alcanzar un 1% a 1,5% de contenido. Si se quieren modificar el pH se añadirán enmiendas químicas; en cuanto a la adición de arena gruesa o grava fina puede hacerse en proporciones del 15% a 20% para favorecer la estructura, la porosidad y la permeabilidad del tecnosol lo que conlleva una adecuación del caudal de infiltración del agua y una mejor exploración del volumen de suelo por parte de las raíces.

Inoculación de Microbiota

La adición de micorrizas arbusculares y las bacterias fijadoras de nitrógeno es fundamental para que la planta las pueda utilizar, bien utilizando cepas comerciales o bien recogiendo topsoil en áreas de referencia relativamente cercanas (máx. 10% del volumen de sustrato) para introducir el consorcio microbiano nativo.

Selección de Especies Nativas (Xerófitas)

La selección se extiende a aquellas especies que tienen una elevada Estrategia R (Resiliencia) y unas exigencias hídricas muy bajas. A continuación, se presenta en la tabla 12 una selección de especies nativas recomendadas para

proyectos de restauración de canteras de zonas áridas de Moquegua y la costa peruana, con su correspondiente función ecológica y ventajas adaptativas.

Tabla 12.
Especies Nativas Xerófitas

Nombre Común	Nombre Científico	Función Ecológica Clave	Ventaja en Áreas Áridas
Algarrobo	*Prosopis pallida*	Fijador de Nitrógeno, Estabilizador de Suelo, Productor de Forraje	Tolerancia extrema a la sequía y salinidad.
Molle	*Schinus molle*	Pionera, Control de Erosión, Cobertura (Microclima)	Alta resistencia, uso como cortavientos.
Huarango	*Prosopis sp.*	Estabilizador de Taludes, Raíz Profunda, Fijador de Nitrógeno	Crece en suelos pobres y secos.
Sapote	*Capparis Prisca*	Cobertura media, Atractor de Fauna	Adaptable a suelos degradados y bajo riego.
Tola	*Parastrephia lucida*	Arbusto, Freno de Viento/Erosión, Especie Nodriza	Especie dominante en el desierto alto y sierra.

Nota. Elaboración propia

2.2.8.4. Técnicas de integración paisajística

La integración paisajística es el conjunto de acciones orientadas a eliminar la discontinuidad estética y geométrica del lugar en que se interviene, es decir, en que las formas artificiales tratadas se asemejen lo más posible al contexto natural que les rodea; se busca, en este caso, armonía funcional.

Geomorfología de Clausura (Closure Geomorphology)

Es el modelado de las formas de relieve estable que visualmente se ponen a la par del paisaje que les rodea.

Diseño Morfológico Orgánico

Se abandona la lógica de los ángulos vivos mediante la configuración de pendientes suaves (máximo 2H:1V o 3H:1V para evitar erosiones) y drenajes sinuosos. La Relación de Curvatura de Taludes debe emular la variabilidad topográfica natural del entorno para evitar la percepción de formas artificiales.

Análisis Fractal

Se usa para asegurar que las nuevas pendientes y micro-relieves se asemejen a las formas naturales creadas por la erosión en miles de años. Se busca generar un Índice de Rugosidad del Terreno (TRI) semejante al entorno circundante como objetivo de diseño.

Reperfilado y Top Blending

Consiste en disminuir los ángulos de los depósitos de desmonte y el importante "redondeo" o abatinamiento de la cresta superior del tajo (top blending de 3 a 5 metros de anchura) para atenuar el perfil dentado que genera el máximo impacto visual.

Análisis del Corredor Visual (VIS) y Mitigación Focalizada

Se utiliza un Análisis de Campo Visual para identificar los Puntos de Observación Críticos (PPCs).

Estrategias de Visual Buffers

Construcción de montículos de tierra vegetal o revegetación densa en los bordes perimetrales de la cantera para bloquear las vistas directas desde los PPCs. En zonas de alta visibilidad la plantación puede requerir densidades de hasta 2500 plántulas/ha para conseguir la atenuación visual del 75% en 5 años.

Coincidencia Cromática

Aplicación de sustratos de cobertura o pigmentación de suelo (óxidos de hierro o manganeso) para que el material rehabilitado no contradiga la roca nativa logrando una coincidencia cromática con el entorno natural desértico.

Tratamiento del Tajo (Cortes Verticales):

Para cielos de corte inamovibles, la estrategia se asienta en la estabilidad y la biologización forzada:

Estabilización Geotécnica

Incorporación de Shotcrete (microconcreto) con coloración y anclajes en zonas de alto riesgo.

Hidrosiembra Avanzada (Biologización)

Llevar a cabo la proyección a una superficie rocosa de una mezcla que incluya semillas, fertilizantes de liberación lenta, mulch de celulosa o madera (a una tasa de aplicación de 2-4 ton/ha), y un ligante polimérico. Esta técnica resulta ser la más eficaz en establecer vida en los nichos de las caras verticales.

2.2.8.5. Modelos de recuperación relevantes para Moquegua

La elección del uso post-minero en Moquegua tiene que estar contextualizada por su aridez, la escasez de agua y su vocación agrícola (vid, olivo) e industrial. Los modelos están orientados a la generación de valor del pasivo.

Modelo de Uso Dual: Reservorio Hídrico y Turismo Ecológico

Este modelo cobra especial significación en zonas afectadas por déficit hídrico estructural, como es Moquegua. Las depresiones generadas por la extracción de canteras profundas pueden permitir adecuar embalses permanentes, se admiten con su geometría y el volumen de recurso hídrico a almacenar. La utilidad de este tipo de modelación se ve incrementada en un escenario de expansión de la agricultura de exportación y escasez de agua superficial en periodos de estiaje. Se considera el embalse post-cantera como un factor de generación de seguridad hídrica local y, además, supone diversificación del uso del espacio recuperado.

Experiencias de carácter internacional, como las que se llevan a cabo actualmente en Andalucía, hacen posible la viabilidad en este caso. En esta región geográfica las canteras se han inundado simultáneamente para riego agrícola y recreación llenándolas de agua, dando lugar a la idea de canteras húmedas. Para garantizar el estado del espacio del reservorio y su buen estado, se debe trabajar sobre pendientes interiores de 1H:1V en la zona de contacto agua-tierra con tal de reducir el potencial riesgo de inestabilidad y para que el tránsito en la ribera sea seguro. Sólo en el caso en el que se deban acotar las pérdidas por infiltración se deberá recurrir a revestimientos con geomembrana de HDPE de 1.5 mm, dado que estas tienen el potencial de poder disminuir la permeabilidad del fondo a valores de 1×10^{-8} m/s.

Modelo de Agroforestería Productiva y Restauración Edáfica

Este modelo representa una rehabilitación que va más allá de una simple cobertura vegetal y guía el sitio hacia un uso productivo sostenible. En el caso de Moquegua el uso del algarrobo (Prosopis pallida) es clave, pues se trata de una especie muy adaptada a la aridez que permite estabilizar el suelo y generar recursos aprovechables como vainas para productos alimentarios, forraje o miel mediante el uso de sistemas apícolas. Estudiándose suelos degradados en el norte del Perú, han evidenciado tasas de supervivencia del orden del 85% cuando se utiliza riego por goteo en la fase de establecimiento de la especie (Hernández et al., 2017). Además, el algarrobo actúa como especie nodriza y va modificando el microambiente, facilitando la llegada de otras especies nativas más sensibles. Este mecanismo de facilitación permite una aceleración de la sucesión ecológica y que el ecosistema avance a estados más estables y con más diversidad funcional.

Modelo de Geoparque, Patrimonio Industrial y Educación Ambiental

La conversión del tajo en un espacio con valor cultural, educativo y turístico es otra alternativa razonable para Moquegua, una región con fuerte identidad minera y con una geología muy representativa. Los cortes que quedan al descubierto en la roca madre pueden pasar a ser elementos que expliquen procesos geológicos tales como travertinos o mármoles, además de dar cuenta de la historia de la actividad minera de la región.

El valor añadido del presente modelo radica en que rescata la arquitectura en negativo del tajo incluido en la memoria del patrimonio industrial, permitiendo generar rutas interpretativas y espacios museográficos a cielo abierto. Genera, además, beneficios sociales visibles al incrementar nuevas oportunidades económicas en base al turismo, la educación o la investigación. Experiencias documentadas advierten cómo la reconversión de canteras en parques o geoparques incrementa entre 200% y 400% el número de visitantes anuales en comparación con sitios donde no ha habido intervención y a la vez incrementa la capacidad de cubrir hasta el 70% de los costes de post-cierre y mantenimiento a largo plazo. En este enfoque, el pasivo ambiental deja de ser un riesgo para convertirse en un recurso en desarrollo del territorio.

2.3.Definición de términos

El propósito de esta sección es definir y estandarizar los términos técnicos y conceptuales que se han utilizado en la investigación con el objetivo de ayudar a la comprensión de la información y evitar que sean interpretados con confusión. En el cierre de minas, se hace necesario concretar los conceptos, en relación con la ingeniería ambiental, geotécnica, con la socioeconómica, que adolecen de la normativa correspondiente a ser utilizadas en los procesos de rehabilitación y sostenibilidad después de minero; donde las definiciones expuestas en esta sección están sustentadas en la Ley N.º 28090, la Guía para la Elaboración de Planes de Cierre de Minas del MINEM (2012) entre otras fuentes técnicas, aportando así la rigurosidad conceptual y la coherencia terminológica a la investigación.

- Cierre de mina: Conjunto de acciones orientadas hacia la rehabilitación, restauración y monitoreo de las áreas afectadas por la actividad minera para asegurar la estabilidad física y ambiental del lugar.
- Cierre final: Conjunto de acciones que son realizadas cuando se cumple la vida útil de la mina, orientadas a la recuperación integral del área y a eliminar los riesgos físicos o ambientales.
- Cierre progresivo: Fase de la estrategia de cierre ejecutada en momento de operación de la mina, orientada a minimizar los impactos ambientales en el tiempo mediante la acción de rehabilitación anticipada.
- ECA (Estándar de Calidad Ambiental): Valor que determina la máxima concentración permitida de un contaminante en el ambiente.
- Encapsulamiento de residuos: técnica de aislamiento físico de materiales potencialmente contaminantes, tales como relaves o desmontes, que usa barreras naturales o artificiales que evitan el ingreso o la salida del contaminante.
- Estabilidad biológica: Grado de recuperación de la flora y fauna del área ya rehabilitada tal que el ecosistema puede sostenerse y evolucionar por sí mismo.
- Estabilidad física: Condición de un terreno en el cual el mismo se encuentra estable con estructuras mineras que sistemáticamente garantizan que no existen facilidades de movimientos o derrumbes susceptibles de poner en peligro a las personas, al medio ambiente o a los trabajos de cierre.

- Estabilidad socioeconómica: Estado que se alcanza cuando la población que está ligada a la actividad de minería ha diversificado sus fuentes de ingreso y que tiene condiciones de bienestar determinadas y que actúa en la conservación del territorio incluso para su uso sostenible.
- Diagnóstico de línea base ambiental: Diagnóstico técnico que caracteriza una acción ambiental, describe y permite evaluar las condiciones bióticas, abióticas, biológicas y sociales relacionados con la actividad de la minería antes de su realización, y que sirve de base para realizar la comparación con los impactos que se desarrollan en la actividad minera y el cierre de las mismas.
- Garantía financiera ambiental: Mecanismo económico que la Ley N° 28090 exige para asumir el cierre de los trabajos de la actividad de minería, incluso en caso de abandono o paralización de los trabajos mineros.
- Ley N° 28090: norma peruana que regula el cierre de las minas estableciendo las etapas, los procedimientos y las responsabilidades del titular de la actividad de mina.
- LMP (límite máximo permisible): Es el nivel máximo de descarga permitida a razón de las descargas de efluentes, emisiones o residuos de la actividad de la minería.
- Pasivo ambiental minero (PAM): Instalación, depósito, infraestructura o residuo del proceso de minería, abandonado o inactivo, que presentan un riesgo para la salud y lo ambiental.
- Plan de cierre: Documento técnico que explicita las actividades, el cronograma, el presupuesto y las medidas requeridas para implementar el cierre de la unidad de la minería.
- Post cierre: Fase posterior al cierre final, que tiene como propósito el monitoreo, el mantenimiento y la evaluación de la estabilidad ambiental y social del área rehabilitada.
- Recuperación ambiental: Proceso mediante el cual se restauran las condiciones naturales y ecológicas de un área alterada por la acción del hombre (actividades antrópicas).
- Recuperación geomorfológica: Proceso de reconfiguración del terreno afectado, de modo que logre estabilidad y armonía o sintonicen con el entorno natural.

- Rehabilitación ambiental: Conjunto de acciones de tipo físico, biológico y social en la rehabilitación para conseguir el fin que establezca el restablecimiento de la funcionalidad del medio ecológico y/o paisajístico en el área modificada por actividades de tipo mineras, industrial, etc.
- Reutilización productiva del terreno: Introducción de otras actividades en el área rehabilitada de forma sostenible, como podrían ser la reforestación, la agricultura, el turismo, la conservación, etc., que impacten positivamente en el desarrollo local post minería.
- Revegetación: Proceso por el cual se recupera la cobertura vegetal de un área intervenida. Puede hacerse mediante la reintroducción de especies nativas o mediante la utilización de las no nativas, bien adaptadas al medio, teniendo en cuenta que la mejor forma de estabilizar suelos y potenciar la existencia de biodiversidad es la restauración de la cobertura vegetal.
- Revegetación: Aplicación de las acciones de rehabilitación mediante la siembra o plantación de especies nativas, típicas o que se adapten a la zona.
- Sostenibilidad ambiental: Capacidad de mantener la funcionalidad de los ecosistemas en interacción con las actividades humanas en el tiempo.

CAPITULO III. METODOLOGÍA

3.1.Tipo y nivel de investigación

3.1.1. Tipo de Investigación

El estudio que se ha llevado a cabo para la formulación del Plan de Cierre de El Progreso 92 corresponde a una investigación de tipo aplicada. Según lo que indican Hernández, Fernández y Baptista (2014) "la investigación aplicada busca solucionar problemas prácticos y contribuir a la mejora de procesos reales a partir del conocimiento científico". Lo que se pretende abordar en este caso es de forma concreta una problemática operativa y ambiental, como es el diseño de las medidas técnicas para cerrar la unidad de extracción no metálica de manera adecuada y garantizar la estabilidad física geoquímica y social del área de intervención.

El estudio es descriptivo, ya que, como lo dicen Sampieri et al. (2014) la investigación descriptiva "caracteriza situaciones, fenómenos o contextos tal como se presentan". En este caso, las condiciones actuales del entorno físico, biológico y socioeconómico del área de la cantera, así como los componentes operativos que requieren de las acciones de cierre son descritos. También presenta un carácter diagnóstico; de hecho, según Arias (2012), "los estudios diagnósticos permiten reconocer el estado actual de un sistema y constituyen la base para proponer soluciones fundamentadas". En este sentido, puede apreciarse en la caracterización ambiental previa que sustenta las acciones de cierre progresivo y final.

3.1.2. Nivel de Investigación

El nivel de la investigación corresponde al descriptivo ya que, siguiendo a Tamayo y Tamayo (2004), este nivel responde al "especificar las propiedades y las características de cualquier fenómeno que sea objeto de análisis" pues en este caso se describen: los componentes mineros, su estado actual, la topografía, el tipo de suelo, el clima y el contexto social en el cual se desarrolla la extracción.

Igualmente, el nivel responde al explicativo básico ya que, según Hernández, Fernández y Baptista (2014) la investigación explicativa "pretende conocer por qué un fenómeno ocurre y en qué condiciones se manifiesta" y se pone de manifiesto cuando se explica por qué se considera necesaria y apropiadas ciertas medidas de

cierre adecuadas y necesarias, el por qué de la reconformación topográfica, el sellado de biodigestores, manejo de desmontes, el retiro de infraestructura ya que son propias y adecuadas de acuerdo con las características ambientales e hidrogeológicas de la zona. En conclusiones, la combinación del descriptivo y del explicativo permite entender la verticalidad de la cantera El Progreso 92 y, por otro lado, también permite justificar técnicamente las acciones de cierre que debe implementar para garantizar la estabilidad, la seguridad post operación.

3.2.Diseño de investigación

La investigación desarrollada para el Plan de Cierre de la cantera El Progreso 92 es de tipo aplicada, dado que, según Hernández, Fernández y Baptista (2014), este tipo de estudio utiliza el conocimiento científico para resolver problemas prácticos y mejorar procesos reales, lo que se ajusta a la necesidad de diseñar medidas técnicas de cierre acordes con la situación de la cantera. Asimismo, presenta un enfoque descriptivo, entendido como aquel que, conforme indican Sampieri et al. (2014), permite caracterizar de manera sistemática un fenómeno tal como se observa en la realidad; en este caso, se describe el estado físico, ambiental y operativo del área para fundamentar las acciones de cierre. El estudio adopta un diseño no experimental, pues no se manipulan variables sino que se analiza la información existente, tal como se da en el entorno natural, y es además de carácter transversal, ya que los datos se recolectan en un único momento para elaborar el diagnóstico y las propuestas de cierre. En conjunto, este tipo y nivel de investigación permiten sustentar de manera objetiva y técnica las medidas planteadas para el cierre progresivo y final de la cantera El Progreso 92.

3.3.Ámbito temporal y espacial

3.3.1. Ámbito temporal

El ámbito temporal objeto de este estudio se desarrolla en dos etapas claramente definidas. La etapa inicial emerge entre enero y diciembre del año 2024, la que incluye las actividades de levantamiento de información, visitas de campo, análisis de los componentes que inciden en los aspectos operativos, recolección de información ambiental y revisión de la documentación técnica de la cantera El Progreso 92. Este periodo, por tanto, fue el que permitió obtener el diagnóstico del

estado actual de las condiciones físicas, ambientales operativas de la superficie de la cantera seleccionada y del área en cuestión.

La segunda etapa, en el primer semestre del año 2025, corresponde al tiempo dedicado a la sistematización de la información levantada, el análisis técnico correspondiente, composición de los capítulos del estudio y la redacción del Plan de Cierre. Mientras tanto, en el desarrollo de esta etapa de sistematización de la información, se estructuraron los resultados, se definieron las medidas de cierre progresivo como final y se preparó finalmente el documento final a partir de los lineamientos considerados por la norma.

3.3.2. Ámbito espacial

La Cantera El Progreso se encuentra situada en la región Moquegua, en la provincia de General Sánchez Cerro, en el distrito de Puquina y el proyecto ocupa el área de la comunidad campesina de Talamolle que es el principal espacio social relacionado con la actividad. Geográficamente se sitúa en una zona relativamente ondulada que presenta afloramientos rocosos de tipo andesítico, los cuales se encuentran dentro de la geomorfología del distrito.

El área de explotación se encuentra a entre 2900 a 3000 m.s.n.m. en un área de fácil acceso a través de caminos carrozables principales que conectan con el poblado de Puquina. La pendiente del terreno es moderada, presenta pequeñas terrazas naturales que son favorables a la actividad de extracción artesanal.

3.4.Población y muestra

3.4.1. Población

En el presente estudio, la población está constituida por todos los componentes físicos, operativos y ambientales que componen la unidad minera El Progreso 92, a la vez entendida como la totalidad de elementos susceptibles de ser considerados afectados o involucrados en el proceso de cierre; con ella se incluyen tanto los frentes de explotación, accesos, tipologías de acopio de material, zonas intervenidas por el tránsito de maquinaria, taludes generados durante la extracción, infraestructura auxiliar, ambiente del área de influencia directa (geología, geomorfología, suelos, clima y vegetación). En otros términos, en la práctica

metodológica de este estudio, la población está formada por aquel conjunto de elementos que es necesario evaluar para disponer el diseño de un cierre técnica y normativamente factible.

3.4.2. Muestra

La muestra está constituida por los componentes del proyecto seleccionados para la recolección directa de datos y la validación en campo, de forma deliberada dado su significado en el proceso de cierre, seleccionado intencionadamente en relación con el cierre. Esta selección corresponde a un muestreo no probabilístico del tipo intencional o por conveniencia, según Otzen y Manterola (2017), cuando el investigador escoge los elementos más representativos o accesibles para obtener la información que necesita. En el presente estudio, la muestra está conformada por los sectores de explotación activos, los accesos principales, las áreas de desmonte delimitadas por el Plan de Minado, los taludes en formación, así como los puntos donde debía verificarse la estabilidad física o documentarse alguna condición ambiental.

La elección de esta muestra resulta justificada ya que en ella se congregan las principales actividades de cierre, son también los componentes que concentran los máximos niveles de intervención y, por tanto, son aquellos que pueden dar la información más fehaciente para evaluar la actualidad del proyecto, así como definir las medidas de cierre progresivas y finales. Igualmente, su elección permite obtener suficientes evidencias y representativas sin necesidad de evaluar la totalidad de la superficie intervenida, lo que es metodológicamente adecuado en estudios técnico-operativos como el presente.

3.5.Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Con el fin de elaborar el Plan de Cierre de la cantera El Progreso 92, se aplicó un conjunto de técnicas e instrumentos que permitieron obtener información precisa y suficiente relativa al estado actual, en términos generales, del área de estudio. La elección de las herramientas empleadas se justifica por la necesidad de caracterizar la cantera desde el punto de vista físico, ambiental y operativo, de forma que las medidas de cierre se sustenten a partir de evidencias verificables.

3.5.1. Técnicas de recolección de datos

La primera técnica que se utilizó fue la revisión documental como técnica para la recolección de datos, que consiste en analizar la información técnica existente (como el Plan de Minado y la Declaración de Impacto Ambiental (DIA), los permisos, los planos topográficos, la información de informes anteriores y la normativa aplicable), porque es fundamental poder conocer la planificación inicial de la que se partió y las obligaciones ambientales aprobadas. De esta forma, facilita conocer los componentes mineros que hay que intervenir durante el cierre, lo que permite garantizar la coherencia con la normativa ambiental.

Se utilizó adicionalmente la observación directa, técnica que consiste en realizar un recorrido sistemático por el área de la cantera para registrar el estado físico real de los componentes operativos, de la forma del terreno, de los taludes formados y de lo que existe como infraestructura. Esta técnica pone complementa y valida la información documental y ayuda a detectar cambios, deterioros y componentes no declarados que deben ser tenidos en cuenta en el cierre.

Otra técnica utilizada fue el levantamiento fotográfico que consiste en la captura de imágenes del área de estudio de forma sistemática. Su objetivo es el de documentar visualmente las condiciones físicas del terreno y las de cada componente minero, logrando generar un registro verificable que valida el diagnóstico técnico. Las fotos permiten llevar a cabo comparación de la situación previa, durante y posterior al cierre, lo que es útil para la supervisión y verificación de las actividades realizadas.

Asimismo, se utilizó el muestreo descriptivo secundario, el cual consiste en recopilar y analizar información proveniente de fuentes oficiales y monitoreos previos, como datos meteorológicos del SENAMHI, información geológica del INGEMMET y estadísticas socioeconómicas del INEI. Esta técnica se emplea porque permite complementar la caracterización ambiental sin duplicar información ya generada por entidades competentes, optimizando los recursos del estudio y garantizando datos confiables.

3.5.2. Instrumentos documentales

Entre los instrumentos aplicados se utilizaron fichas de campo, diseñadas para registrar de forma estructurada las observaciones realizadas durante los

recorridos. Estas fichas permiten asegurar uniformidad en la recolección de información, evitando omisiones y garantizando la sistematización del diagnóstico de los componentes mineros.

También se emplearon cámaras fotográficas y dispositivos GPS, instrumentos esenciales para obtener imágenes georreferenciadas. El georreferenciamiento aporta precisión en la ubicación de accesos, zonas de excavación, taludes y demás componentes del proyecto, lo cual es indispensable para su delimitación en el cierre.

Otro instrumento fundamental fueron los planos y mapas incluidos en el Plan de Minado y en la DIA, que sirven como base cartográfica para comprender el diseño original de explotación, los límites aprobados y las zonas autorizadas de intervención. Estos documentos permiten comparar la geometría autorizada con las condiciones observadas en campo, asegurando que las medidas de cierre respeten la planificación formal del proyecto.

Finalmente, se utilizaron informes y bases de datos institucionales (como SENAMHI, IGP e INEI), que proporcionan información hidrometeorológica, sísmica y socioeconómica relevante para caracterizar el entorno de la cantera. Estos instrumentos permiten contextualizar las condiciones ambientales externas que influyen en el diseño del cierre, como la aridez del clima, la estabilidad sísmica o la ausencia de cuerpos de agua superficiales.

3.5.3. Validación de los instrumentos

La validación de los instrumentos del Plan de Cierre de la cantera El Progreso 92 se llevó a cabo a través de tres procedimientos complementarios que garantizaron la confiabilidad y la pertinencia de la información recopilada. En primer lugar, se realizó una contrastación normativa, aventurando que todos los formatos, las fichas de campo y los registros eran adecuados de acuerdo con lo estipulado por la Ley N.º 28090, por la normativa que la desarrolla y por la Guía para la Elaboración de Planes de Cierre de Minas del MINEM. Este paso permitió confirmar que los instrumentos recogieran los datos necesarios para satisfacer las obligaciones técnicas y regulatorias.

Posteriormente, los instrumentos fueron sometidos a validación a través del juicio de expertos, solicitando realizar la revisión a profesionales de cierre de minas,

geotecnia y de gestión ambiental. La intervención de los expertos permitió analizar la claridad, utilidad y suficiencia de cada uno de los instrumentos para registrar adecuadamente las situaciones identificadas asociadas a la condición de los componentes mineros y el entorno físico en el que se encuentra la cantera.

Finalmente, se realizó una revisión de coherencia técnica que confrontaba la capacidad de los instrumentos con la directriz metodológica identificada para proyectos no metálicos. La revisión logró dar cuenta que las variables incluidas fueran pertinentes para justificar las medidas de cierre propuestas y que los instrumentos permitieran extraer información que considere compatibles con los estándares del sector.

3.5.4. Métodos y técnicas para la presentación y análisis de datos

En el marco del desarrollo del Plan de Cierre de la cantera El Progreso 92, se emplearon diversos métodos y técnicas que sirvieron para organizar y analizar los datos obtenidos a lo largo del estudio. Estos métodos y técnicas permitieron que el diagnóstico y las medidas de cierre propuestas estuvieran firmemente fundamentadas y sustentadas con evidencia.

3.5.4.1. Análisis descriptivo

La aplicación del análisis descriptivo ha consistido en llevar a cabo un examen minucioso de la información obtenida a fin de ofrecer la caracterización de las condiciones físicas, ambientales y operativas del área intervenida. A través de este método se ha caracterizado la geología local, la geomorfología, los tipos de suelo, el clima y el contexto socioeconómico de la zona de los alrededores. La descripción del contexto permitió, además, comprender el entorno real en el que se desarrollan las actividades de extracción, lo que constituye una condición necesaria para la propuesta de medidas de cierre adecuadas.

3.5.4.2.Análisis comparativo

Se realizó el análisis comparativo de las condiciones observadas en campo frente a los criterios técnicos establecidos por el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) para los proyectos no metálicos. Este análisis permitió identificar las diferencias entre lo planeado y lo ejecutado, y detectar componentes o condiciones

que no se ajustan a los parámetros de cierre requerido. La comparación también sirvió para establecer correcciones y establecer prioridades de intervención sobre taludes, accesos, desmonte o infraestructura remanente.

3.5.4.3.Análisis cartográfico

El análisis cartográfico se realizó a partir de planos topográficos, ortofotos, coordenadas UTM e información geoespacial del proyecto, en este caso, este análisis nos permitió delimitar con precisión las áreas intervenidas, delimitar los componentes mineros y realizar la comparación de lo planteado con el Plan de Minado de lo observado en campo, así como la elaboración de mapas y modelos que guiaran la reconformación topográfica y la planificación del cierre progresivo y final.

3.5.4.4.Análisis técnico-operativo

El análisis basado en la información que consta en campo y la información operativa del proyecto; el Plan de Minado. Dando lugar a la evaluación física de los taludes, disposición del material removido, situación de la infraestructura y condiciones de seguridad del área. Gracias a este método se determinaron las actividades específicas para el cierre, la secuencia de ejecución y los criterios técnicos necesarios para asegurar la estabilidad a largo plazo del terreno.

3.5.4.5.Técnicas para la presentación de resultados

Para mostrar la información de forma clara y comprensible se utilizaron tablas, mapas, gráficos, figuras y descripciones técnicas organizadas. Las secciones e imágenes permitirían la síntesis de la información, la comparación de los parámetros y la representación de los componentes del proyecto, al igual que las imágenes y planos resolverían la condición actual de la cantera, así como los cambios a realizar en la fase plasmada.

3.6.Procedimientos

El proceso metodológico seguido para la construcción del Plan de Cierre de la cantera El Progreso 92 se llevó a cabo de manera ordenada mediante una estructura que permite que cada una de las fases del estudio cuente con soporte

técnico y cumpla lo escrito en la norma vigente. En la siguiente parte se explican las fases y las actividades que conformaron el procedimiento que se llevó a cabo.

3.6.1. Revisión del marco normativo aplicable

La etapa inicial consistió en una lectura en profundidad del marco legal y técnico regulador del cierre de minas en el Perú: la Ley N.º 28090, su reglamento actualizado, la Guía para la Elaboración de Planes de Cierre de Minas del MINEM y otras normas asociadas con actividades no metálicas. Dicha lectura permitió identificar las obligaciones que debe cumplir el titular minero, los criterios técnicos que exige la autoridad competente, y los requisitos formales que debe plasmar el documento final. Gracias a su implementación, era posible asegurar que el conjunto de acciones planteadas para el cierre cumplía con la normativa vigente, evitando incongruencias y asegurando una mayor viabilidad técnica y legal del plan.

3.6.2. Análisis del Plan de Minado y de la operación

Seguidamente, se llevó a cabo una lectura exhaustiva del Plan de Minado aprobado para la cantera, El Progreso 92, revisando la duración estimada, los volúmenes de material a extraer, los métodos de explotación, las áreas de intervención aprobadas y la geometría esperada del pit al finalizar la operación. Así, esta lectura permitió captar la lógica operativa del proyecto, confrontar la planificación con el grado de cumplimiento real, y anticipar la configuración del terreno al final del terreno. Con esta información se determinaron aspectos claves para el cierre, como los taludes finales, la inclinación permitida, las zonas de desmonte y la ubicación de accesos que deberán ser eliminados o estabilizados.

3.6.3. Identificación y delimitación de componentes del proyecto

En un segundo paso, se hizo el análisis integral del Plan de Minado aprobado para la cantera El Progreso 92, revisando la vida útil, los volúmenes de material a extraer, las técnicas de explotación, las zonas de intervención autorizadas y la geometría del pit a la finalización de la operación. Esta revisión permitió acercarse a la lógica de funcionamiento del proyecto, comprobar el grado de cumplimiento de la planificación inicial y prever la forma del terreno. Con ello se definieron

aspectos claves para el cierre como los taludes finales, las inclinaciones permitidas, las áreas de desmonte, la situación de los accesos que deban ser estabilizados.

3.6.4. Levantamiento de información ambiental física, biológica y social

Después se obtuvo la información relacionada con el medio físico, biológico y socioeconómico del área de influencia; es decir, la revisión de datos de clima, geología, geomorfología, suelos, vegetación y características del entorno humano, apoyándose en datos provenientes de fuentes oficiales como INGEMMET, SENAMHI, IGP, INEI. El propósito de esta fase era caracterizar adecuadamente el contexto ambiental donde se desarrolla la cantera, detectar posibles situaciones de riesgo en relación con la estabilidad física, así como las acciones de cierre que se tenga que llevar a cabo y si serán compatibles con la naturaleza y la sociedad que circunscriben el área.

3.6.5. Diagnóstico de las condiciones actuales del sitio

Con la información preliminar recopilada, se elaboró un diagnóstico técnico que describió el estado actual del área intervenida. Este diagnóstico incluyó la evaluación de taludes, accesos, zonas excavadas, acumulación de material residual, infraestructura existente, presencia de residuos y cualquier otro elemento que pudiera influir en el cierre. El diagnóstico permitió identificar situaciones que requerían intervención prioritaria, determinando si existían riesgos de inestabilidad o afectaciones ambientales que deban abordarse durante el proceso de cierre.

3.6.6. Definición del cierre progresivo

Con base en el diagnóstico y en el análisis operativo, se procedió a definir las actividades de cierre progresivo que se realizaban paralelamente a la explotación. Esta definición consideró la reposición gradual de material removido, la estabilización de taludes intermedios y la eliminación de accesos temporales. El cierre progresivo es fundamental para minimizar impactos acumulativos, reducir la extensión del área afectada en cada etapa y facilitar la restauración final del terreno.

3.6.7. Elaboración del cierre final

Posteriormente se establecieron las actividades de cierre final, que incluyen la reconformación topográfica del área excavada, la estabilización definitiva de los taludes, el retiro de toda la infraestructura asociada, la limpieza del área de trabajo y la devolución del terreno a condiciones seguras y estables. Esta etapa exigió un análisis técnico más profundo para garantizar que la configuración final del terreno no genere riesgos a largo plazo y cumpla con los criterios de estabilidad física exigidos por la autoridad.

3.6.8. Integración de la información y elaboración del documento técnico

Finalmente, toda la información generada en las etapas anteriores fue integrada en un documento técnico estructurado según los requisitos del MINEM. En esta fase se organizaron los capítulos, se verificó la consistencia de los datos, se prepararon planos, tablas y figuras, y se incluyeron las conclusiones y recomendaciones correspondientes. La integración asegura coherencia entre el diagnóstico, las medidas propuestas y los cronogramas, consolidando el Plan de Cierre de la cantera El Progreso 92 como un documento técnica y normativamente sólido.

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.Resultados

Como resultado del proceso de elaboración del Plan de Cierre de la Unidad Minera El Progreso 92 se logró obtener un documento técnico que garantice que las áreas intervenidas por la actividad extractiva artesanal de piedra laja podrían volver a condiciones de estabilidad física, seguridad y compatibilidad ambiental. La formulación del mismo puso en evidencia la identificación precisa de los componentes del proyecto, las condiciones actuales del entorno físico, biológico y social, así como las medidas de cierre progresivo y final, las cuales fueron acordes con el tamaño y características del yacimiento. Primeramente, se pudo determinar que la concesión presentaba un entorno árido, suelos poco profundos, escasa cobertura vegetal y ausencia de cuerpos de agua, circunstancias que contribuyen a disminuir la complejidad del cerrado y que eliminan la necesidad de implementar sistemas de tratamiento hídrico o revegetación forzada. Por otra parte, la evaluación geotécnica también permitió comprobar que los posibles taludes a estabilizar podrán realizarse manteniendo ángulos menores a 45° con lo cual se garantizará la seguridad física del terreno. La formulación del Plan de Cierre también permitió identificar tres áreas de cantera, dos áreas de desmonte y un área administrativa sobre las cuales se definieron acciones de cierre.

Igualmente, se establece el procedimiento integral para el retiro de las instalaciones auxiliares, indicando que todas las estructuras prefabricadas serán desmontadas y retiradas, mientras que las losas de concreto serán trituradas y reutilizadas como material de relleno. Con respecto a los sistemas sanitarios, se determinó que los biodigestores serán sellados y cubiertos con desmonte, eliminando cualquier riesgo de infiltración futura. Otro resultado relevante es la certeza de que el proyecto no genera impactos sociales importantes, dado que no existen viviendas mineras ni asentamientos en el área de influencia directa. Lo que se evidenció mediante las consultas a los actores intervinientes fue la inexistencia de reclamaciones o preocupaciones ambientales, lo cual permite consolidar un cierre con aceptación social. En el plano financiero, la elaboración del plan hizo

posible estimar el presupuesto del cierre progresivo, cierre final y post cierre y calcular la garantía financiera exigida por la normativa vigente. El cronograma físico-financiero obtenido garantiza que las actividades a realizar se ejecuten correctamente, al igual que dentro de los plazos definidos por la ley.

Finalmente, se concluyó el proceso, que, si bien por las ofertas del sitio y el no existir riesgos geoquímicos ni hídricos no era necesario un programa de monitoreo post-cierre, se emitió la justificación técnica que corresponde a la normativa correspondiente. Los resultados en conjunto muestran que el plan elaborado es técnicamente, ambientalmente y socialmente viable, garantizando que el terreno objeto de intervención quede estable, seguro, correctamente integrado al paisaje y sin generación de pasivos ambientales, cumpliendo con la normativa de carácter legal peruano.

4.2.Discusión

Los desenlaces del cierre gradual desarrollado en la cantera se ajustan a las aportaciones de Aduvire y Cahuana (2022) en el sentido de que los planes para el cierre deben presentar criterios en que se integren componentes físicos, químicos, biológicos y socioeconómicos. Siendo que la Cantera El Progreso es una operación de pequeña escala y poco impacto, el modo de realizarla recoge esta necesidad de integración, sobre todo en lo que se refiere a la estabilización física y la recuperación del terreno, dándose así cumplimiento a los avances que estos autores demandan en el caso del Perú.

La evidencia de la estabilización física avalada a partir de la reconformación manual de los taludes y eliminación de la tierra suelta está en concordancia con lo expuesto por Lagos y Fierro (2024), quienes comprobaron que las técnicas de cobertura (incluyendo los geosintéticos) mejoran notablemente la estabilización física. Si bien la escala de El Progreso no requiere de la utilización de geosintéticos, la lógica técnica es coincidente: la estabilidad física garantizada como condición de la recuperación biológica, lo cual se cumplió, en forma proporcional a la dimensión de la obra.

Los resultados del cierre progresivo son paralelos a la investigación de Musando et al. (2023) de las canteras de África, ya que el cierre mencionado se entiende en términos de la rehabilitación físico-específica y la inclusión social; es decir, la rehabilitación en términos de la inclusión social y la rehabilitación física pueden llevar a importantes beneficios tanto en términos económicos como ambientales; y aunque en la cantera de El Progreso en principio no va vinculado un uso productivo, sí se sienta la base para futuros usos comunitarios de la superficie, en el mismo sentido que se lo entendieron los antecedentes en términos de la recuperación de su funcionalidad territorial.

El componente geotécnico del cierre se establece coincidente con las recomendaciones de Pérez (2022), en cuanto a que la estabilidad de los taludes es prioritaria y debe ajustarse a criterios de seguridad para el contexto climático y sísmico; de forma tal que la forma final de la cantera de El Progreso lleva a que se hayan creado taludes manuales de baixa inclinación y sin saturación hídrica, los cuales se adecuan a las recomendaciones anteriores a partir de fijar bajos FS a escala de proyecto.

Asimismo, el cierre progresivo de tipo integral tiene que ver con lo indicado por Littleboy et al. (2024) y Zine et al. (2024), quienes comentan que debe diseñarse un cierre que no se quede como un mero cumplimiento, sino que deba ajustarse a las metas relacionadas con la biodiversidad y la sostenibilidad. La cantera en cuestión no requiere de una revegetación compleja por su tamaño y aridez, pero el cierre que sí que responde a la consideración previa y la integración del territorio que estos autores consideran claves.

Los resultados sociales asociados a la seguridad post cierre y ausencia de riesgos son congruentes con lo que reseñan Rivero y Cabrera (2025) y Edwards et al. (2022) respecto a que los modelos de cierres deben contemplar criterios sociales claros y contar con mecanismos de participación. La buena relación mantenida con Talamolle y la transparencia del proceso también van en esta línea.

A nivel nacional nos da resultados que tienen que ver con lo que señala el documento del OEFA (2025) respecto a que es necesario asegurar la estabilidad física y química de los componentes de la minería antes de la liberación del área.

En el caso de El Progreso, la ausencia de riesgos geoquímicos producida por la extracción de material inerte y la eliminación de taludes inestables viene a reglamentar el cumplimiento de estas exigencias.

CAPITULO V. CONCLUSIONES

La investigación en cuestión ha logrado demostrar que la aplicación de criterios de ingeniería ambiental y geotécnica constituyen el fundamento imprescindible para la elaboración de un Plan de Cierre de Mina integral y técnicamente factible para la concesión no metálica “El Progreso 92”, ubicada en Talamolle–Moquegua. El diagnóstico efectuado ha demostrado que hay alteraciones significativas en la morfología del terreno, en la cobertura vegetal, degradación del sustrato, cambios en el paisaje, impactos que hacen noticia la necesidad de implementar medidas correctivas para la estabilidad física, la restauración ecológica y la viabilidad socioeconómica del área de intervención. De este modo, se echa a andar la hipótesis general al poder comprobar que la integración de los criterios posibilita asegurar una recuperación ambiental sostenible y evitar la generación de futuros pasivos ambientales.

En la misma línea, el análisis de las alteraciones geotécnicas, ambientales y socioeconómicas demostró cómo éstas constituyen variables críticas interdependientes, cuyo estudio permite identificar los elementos a priorizar para el diseño del cierre. La estabilidad geomorfológica, la erosión del sustrato, la calidad del suelo y la ausencia de vegetación son factores determinantes para el establecimiento de estrategias específicas de reconfiguración topográfica, estabilización de taludes y recuperación biológica. Igualmente, la evaluación socioeconómica ha permitido constatar que las expectativas de la comunidad de Talamolle y el potencial post-minero del área ayudan a dar valor a criterios esenciales para definir usos futuros en el territorio.

La propuesta para el cierre físico que se desarrolla en la tesis determina que la remodelación geomorfológica, el control de escorrentías y la estabilización de taludes bajo criterios geotécnicos adecuados permite garantizar niveles de seguridad aceptables para la zona, considerando además el moderado riesgo sísmico de Moquegua. De la misma forma, el componente biológico que se incluye, que se basa en la revegetación con especies nativas xerófitas y en la mejora de suelos mediante enmiendas orgánicas, demuestra que es posible restablecer procesos ecológicos en un ambiente árido de características frágiles. Finalmente, el componente socioeconómico muestra que existen posibilidades sostenibles para la

comunidad local tales como actividades agroforestales, ecoturísticas y de uso comunal del territorio, que contribuyen a asegurarse la funcionalidad del espacio recuperado y a favorecer la aceptación social del cierre.

En su conjunto, los resultados confirman que la aplicación progresiva del cierre, tal como exige la Ley N.º 28090, permite reducir impactos acumulativos, optimizar recursos, disminuir riesgos ambientales y acelerar la recuperación del territorio intervenido.

CAPITULO VI. RECOMENDACIONES

Incorporar la planificación del cierre desde las primeras fases de operación en proyectos no metálicos. La Cantera El Progreso 92, si bien lo hizo de una manera adecuada, para futuras operaciones de pequeña minería no metálica se sugiere que lo incorporen formalmente desde la fase de diseño para que exista una coherencia entre las fases de explotación y rehabilitación, reduciendo así costos más adelante y cumpliendo así con los postulados que estipula la normativa nacional y los estándares internacionales de cierre sostenible.

Mantener criterios geotécnicos conservadores en el terreno final. Debido a la importancia de la estabilidad física a largo plazo, se sugiere que las futuras operaciones manuales mantengan criterios de seguridad geotécnica conservadores, sobre todo en áreas sísmicas como Moquegua. Taludes con pendientes moderadas, voladura de material suelto y distribución adecuada del material de relleno son algunas medidas que deberían repetirse en proyectos similares a fin de alcanzar un terreno estable.

Monitorear la evolución de la estabilidad física durante los primeros meses posteriores al cierre. Si bien el proyecto no requiere un monitoreo de largo plazo, se sugiere revisar los primeros seis meses post-cierre a fin de verificar que no se presenten microdeslizamientos, procesos erosivos localizados o asentamientos diferenciales. Esta sencilla práctica preventiva resulta adecuada en función de la escala del proyecto, permitiendo así confirmar que se mantenga la estabilidad física.

Revisar periódicamente los lineamientos del plan de cierre conforme avanza la normativa nacional. Teniendo en consideración que la normativa peruana del cierre de minas avanza continuamente, se sugiere a los titulares de concesiones pequeñas que revisen periódicamente los cambios normativos y adapten sus planes de cierre conforme esta obliga. Ello asegurará el cumplimiento legal y permitirá mantener vigente la usual vigencia técnica del plan.

.

CAPITULO VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acero Flores, S. M., & Hidalgo Lazo, K. M. (2024). Socioeconomic and environmental effects of the mining sector in Peru (2007-2022). Environmental Research and Ecotoxicity, 3, 134. https://doi.org/10.56294/ere2024134

Aduvire, O. & Cahuana, L. (2022). Mine Closure Planning and Mining Environmental Liabilities 20 Years after Closure Legislation in Peru. SRK Consulting Peru / Pontificia Universidad Católica del Perú. https://cdn-web-content.srk.com/upload/user/image/Paper%20Mine%20Closure%20Planning%20and%20PAM%2020%20Year%20after%20Legislation%20in%20Peru20220525105049755.pdf

Ahern, E., & Meikle, G. (2018). Progressive rehabilitation and closure: benefits and challenges. Proceedings of the Mine Closure 2018. Brisbane, Australia. https://www.commdev.org/userfiles/file/Ahern_Meikle_Mine_Closure_2018.pdf

Bainton, N., & Holcombe, S. (2018). The social aspects of mine closure: A global literature review. Resources Policy, 57, 46–54. Universidad de Queensland / CSRM. https://www.csrm.uq.edu.au/publications/the-social-aspects-of-mine-closure-a-global-literature-review

Cacciuttolo, C., & Marinovic, A. (2023). Experiences of underground mine backfilling using mine tailings developed in the Andean region of Peru: A green mining solution to reduce socio-environmental impacts. Sustainability, 15(17), 12912. https://doi.org/10.3390/su151712912 MDPI

Chugh et al. (2023). Sustainable and responsible mining through sound mine closure. International Journal of Coal Science & Technology, 10, 14. https://doi.org/10.1007/s40789-023-00572-x SpringerLink

Congreso de la República del Perú. (2003). Ley N.º 28090 – Ley que regula el cierre de minas. Recuperado de https://www.leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/28090.pdf

Edwards, J., Bester, V., & Maritz, A. (2022). A framework for developing social mine closure criteria. In A. B. Fourie, M. Tibbett & G. Boggs (Eds.), Mine Closure 2022: Proceedings of the 15th International Conference on Mine Closure (pp. 813-828). Australian Centre for Geomechanics. https://doi.org/10.36487/ACG_repo/2215_59

Franks, D., Brereton, D., & Moran, C. (2020). Integrated Mine Closure. Centre for Social Responsibility in Mining (CSRM), University of Queensland. (Referencia teórica sobre gestión de riesgos y costos de cierre). https://www.csrm.uq.edu.au/publications/integrated-mine-closure

Fuentes, A. (2022). Planificación estratégica de planes de cierre de mina, para mejorar el desarrollo sostenible minero en Perú 2022 [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. https://hdl.handle.net/11537/33627

Gligor, V., et al. (2024). "The Identification, Spatial Distribution, and Reconstruction of Abandoned Mining Sites." Land, 13(7), 1107. https://doi.org/10.3390/land13071107

Hernández, F., et al. (2017). Reforestation of degraded soils in the Peruvian coast using Prosopis pallida: Evaluation of irrigation techniques. Revista Forestal del Perú, 31(2), 15-28. (Ejemplo local sobre Algarrobo). https://www.google.com/search?q=Reforestation+of+degraded+soils+in+the+Peruvian+coast+using+Prosopis+pallida

ICMM (International Council on Mining and Metals). (2019). Integrated Mine Closure: Good Practice Guide. Londres. https://www.icmm.com/website/publications/pdfs/closure/190829_icmm_integrated_mine_closure_good_practice_guide_v2_2019_10.pdf

ICMM. (2019). Integrated mine closure: Good practice guide (2nd ed.). International Council on Mining and Metals. https://www.icmm.com/website/publications/pdfs/environmental-stewardship/2019/guidance_integrated-mine-closure.pdf

IISD (International Institute for Sustainable Development). (2023). Integración de la equidad de género en el cierre de minas. https://www.iisd.org/system/files/2023-09/gender-equality-mine-closure-actions-for-governments-es.pdf

Ingemmet. (2020). Potencial de Rocas Ornamentales en el Perú para impulsar minería no metálica. Repositorio Institucional del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2991

Julca Zuloeta, D. (2021). El cierre de minas: un reto de la minería moderna [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. http://hdl.handle.net/20.500.12404/17950

Koornneef, K., Kurissery, S., & Kanavillil, N. (2025). A review on phytoremediation of decommissioned mines and quarries in Ontario: A sustainable approach. Sustainability, 17(12), 5475. https://doi.org/10.3390/su17125475 MDPI

Lagos, R., & Fierro, G. (2024). Experiences of mine closure cover with geosynthetics in Peru. E3S Web of Conferences, 569, 16004. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202456916004

Lal, R. (2016). Soil health and carbon management. Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org/3/i6934e/i6934e.pdf

Laurence, D. (2006). Optimisation of the mine closure process. Journal of Cleaner Production, 14(3-4), 285-296. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.10.007

Limpitlaw, D., & Briel, A. (2014). Post-mining land use opportunities in developing countries: A review. Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 114(11), 899-903. http://www.scielo.org.za/pdf/jsaimm/v114n11/07.pdf

Littleboy et al. (2024). Mine closure planning must face the challenge of delivering nature-positive outcomes. Research Directions: Mine Closure and Transitions, 1, e3. https://doi.org/10.1017/mcl.2023.3

Mesa-González, J. P., Herrera, A., & García, R. (2020). Revegetación con especies nativas: Criterios y técnicas para ecosistemas degradados. Ecología Aplicada, 19(2), 45–58. https://doi.org/10.21704/rea.v19i2.1579

Ministerio de Energía y Minas (MINEM). (2004). Guía para la elaboración de Planes de Cierre de Minas. Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros. (Disponible vía SINIA). https://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-elaboracion-planes-cierre-minas

Ministerio de Energía y Minas del Perú – MINEM. (2012). Guía para la Elaboración de Planes de Cierre de Minas. Recuperado de https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2017/11/Guia-cierre-de-minas-peru.pdf

Ministerio de Energía y Minas. (2025). Ley y Reglamento que regula el Cierre de Minas (incluye Ley N.º 28090 y modificaciones vigentes). Ministerio de Energía y Minas – Dirección General de Minería. https://www.gob.pe/institucion/minem/informes-publicaciones/4156124-ley-y-reglamento-que-regula-el-cierre-de-minas-ed-2025

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2020). Guía metodológica de cierre de minas. Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA). https://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-metodologica-cierre-minas

Ministerio del Ambiente del Perú – MINAM. (s. f.). Guía metodológica de cierre de minas. Recuperado de https://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-metodologica-cierre-minas

Ministerio del Ambiente. (2020). Guía metodológica de cierre de minas. Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA) https://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-metodologica-cierre-minas

Moffat, K., & Zhang, A. (2014). The paths to social licence to operate: An integrative model explaining community acceptance of mining. Resources Policy, 39, 61–70. CSIRO. https://publications.csiro.au/publications/publication/PIcsiro:EP182085

Moreno Bustamante, J. M. (2023). Mejora de la Normativa Minero Ambiental Actual del Cierre de Minas Peruano – Unidad Minera Florencia Tucari [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. http://hdl.handle.net/20.500.12404/25528

Musando, A. A., et al. (2023). Best Practices in Mine Closure: A Case Study of Cultural and Environmental Rehabilitation of Quarry Sites. Sustainability-Practice & Policy. https://journalhosting.ucalgary.ca/index.php/sppp/article/download/75925/57166/247210

OEFA. (2025). Supervisión ambiental enfocada en la estabilidad química en el cierre de minas. SINIA. https://sinia.minam.gob.pe/documentos/supervision-ambiental-enfocada-estabilidad-quimica-cierre-minas

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental – OEFA. (2020). Supervisión ambiental enfocada en la estabilidad química en el cierre de minas. Recuperado de https://repositorio.oefa.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12788/1821/2025_OEFA_supervision_cierre_minas.pdf?isAllowed=y&sequence=

Parra, E., & Vargas, F. (2019). Geomorphological and landscape recovery of quarries: A review of techniques and best practices. Journal of Environmental Management, 245, 175-188. (Referencia sobre geomorfología de clausura en canteras). https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.016

Paucar Bejarano, S. V., Suarez I., & Villanueva K. Y. (2021). Fallas regulatorias en el cierre de minas: el caso Quiruvilca [Trabajo de investigación, Universidad del Pacífico]. https://hdl.handle.net/11354/3230

Pérez, A. (2022). Estudio de la estabilidad en taludes de canteras de roca ornamental utilizando modelado numérico. Revista Ingeniería Minera y Geológica, 10(2), 45-60. Su link original que me lleve directo a la fuente: https://doi.org/10.35485/rimyg.2022.10.2.45

Pulford, I. D., & Watson, C. (2003). Phytoremediation of heavy metal–contaminated land by trees: A review. Environment International, 29(4), 529–540. https://orbi.uliege.be/handle/2268/293792

Pyšek, P., Jarošík, V., & Pergl, J. (2020). Invasive plant impacts on ecosystems: Mechanisms of change and management strategies. Biological Invasions, 22(5), 1501–1517. https://doi.org/10.1007/s10530-019-02146-0

Radu, V. M., et al. (2023). Research on the Closure and Remediation Processes of Mines – Social and Biological Aspects. Preprints. https://www.preprints.org/manuscript/202309.1505/v1

Rivero, F., & Cabrera Lillo, C. (2025). Integrated social management model for mine closure. Revista Minería. https://revistamineria.com.pe/english/integrated-social-management-model-for-mine-closure iimp

Rohr, J. R., Cadotte, M., Clements, W., Smith, J., et al. (2015). Transforming ecosystems: When, where, and how to restore contaminated sites. Integrated Environmental Assessment and Management, 12(2), 273–283. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4862316/

Romero Chacaltana, M. P. (2023). Responsabilidad social y ambiental en la gestión de las empresas mineras formales del departamento de Moquegua, al año 2022 [Tesis, Universidad José Carlos Mariátegui]. https://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/20.500.12819/2010

Ruiz-Jaen, M. C., & Aide, T. M. (2005). Restoration success: How is it being measured? Restoration Ecology, 13(3), 569–577. https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2005.00072.x

Samanta, B. K. (2022). Economic pisciculture on mine closure of quarries. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), 11(09). ijert.org

Sánchez López, I. S. (2022). Planificación y diseño del cierre de mina, en explotaciones subterráneas, para reducir el impacto del entorno [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Agustín]. https://hdl.handle.net/20.500.12773/15899

SER (Society for Ecological Restoration). (2004). The SER International Primer on Ecological Restoration. Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group. https://www.ser.org/page/PrimeronEcologicalRestoration

Sernageomin. (2004). Guía metodológica para el cierre de faenas mineras. Servicio Nacional de Geología y Minería, Chile. https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2017/11/Guia-Metodologica-Cierre-Faenas-Mineras-CM.pdf

Society for Ecological Restoration. (2019). International principles and standards for the practice of ecological restoration (2nd ed.). SER. https://www.ser.org/page/SERDocuments

Streit, S., Tost, M., & Gugerell, K. (2023). Perspectives on Closure and Revitalisation of Extraction Sites and Sustainability: A Q-Methodology Study. Resources, 12(2), 23. https://doi.org/10.3390/resources12020023

Vallès, S., & Perea, R. (2010). Restoration of Mediterranean quarries using native woody species and ecological techniques. Restoration Ecology, 18(6), 808-817. (Referencia sobre revegetación en ambientes áridos). https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2009.00632.x

Williams, P., O'Kane, M., & Dawson, R. (2018). Progressive Rehabilitation: Achieving a step-change in mine closure performance. Proceedings of the Mine Closure 2018. https://www.csrm.uq.edu.au/publications/progressive-rehabilitation-achieving-a-step-change-in-mine-closure-performance

World Bank. (2021). Mine closure: A toolbox for governments. The World Bank Group.https://documents1.worldbank.org/curated/en/278831617774355047/pdf/Mine-Closure-A-Toolbox-for-Governments.pdf

Zine, H., El Mansour, A., Hakkou, R., Papazoglou, E. G. & Benzaazoua, M. (2023). Advancements in mine closure and ecological reclamation: A comprehensive bibliometric overview (1980-2023). Mining, 3(4), 44. https://doi.org/10.3390/mining304004

ANEXOS

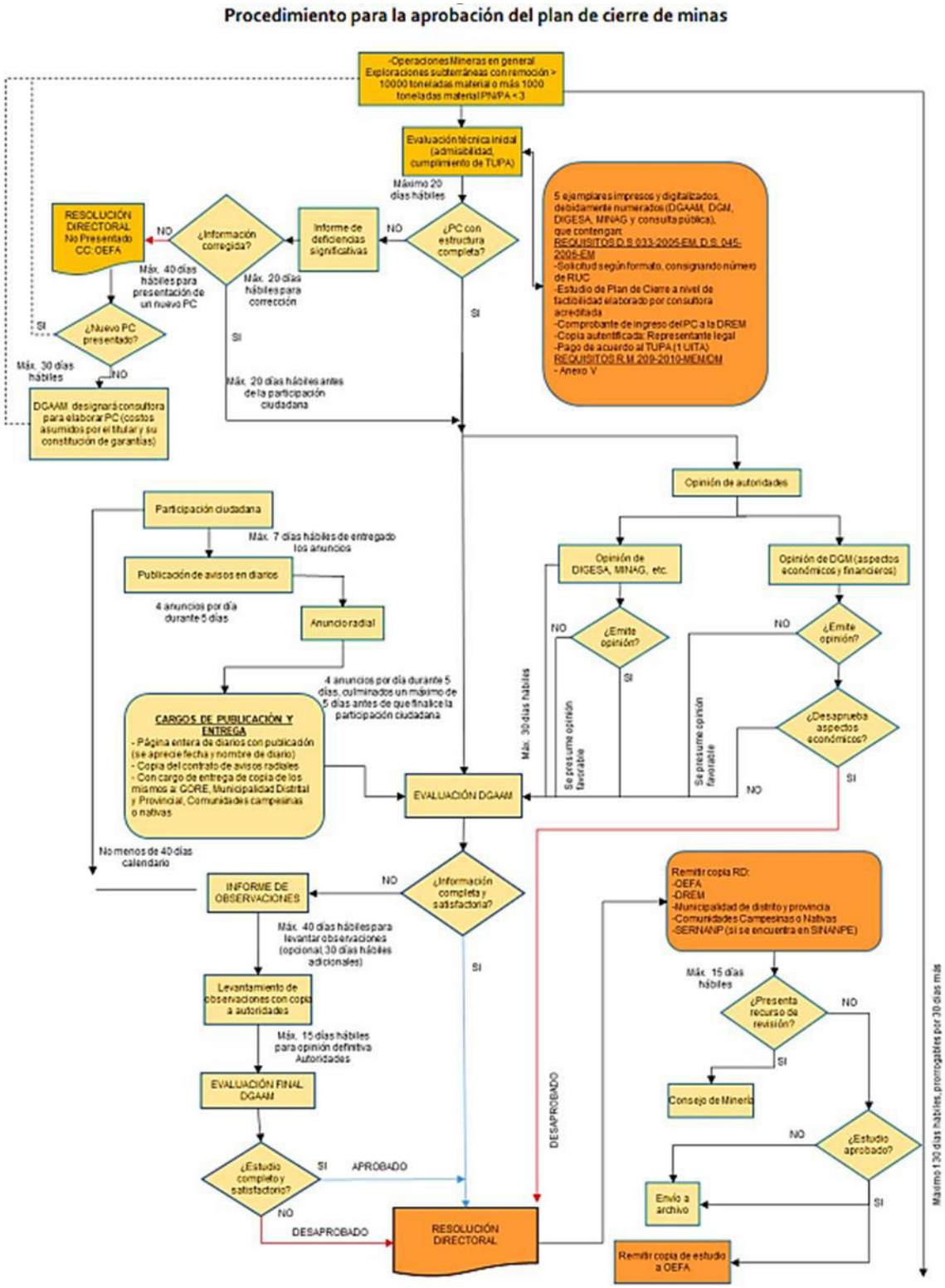
Anexo 1. Matriz de Consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Método
a) Interrogante general ¿De qué modo la aplicación de criterios de ingeniería ambiental y geotécnica en el plan de cierre de mina permite garantizar la estabilidad estructural del terreno y la recuperación ecológica y socioeconómica de la concesión minera no metálica "El Progreso 92", en Talamolle – Moquegua?	**a) Objetivo General** Elaborar un Plan de Cierre de Mina que cumpla de manera adecuada los criterios de ingeniería geotécnica y ambiental, garantizando la estabilidad estructural del terreno, la recuperación ecológica y socioeconómica del área objeto de la concesión minera no metálica "El Progreso 92" en Talamolle - Moquegua.	**a) Hipótesis General** La aplicación de criterios de ingeniería ambiental y geotécnica en los elementos del Plan de Cierre de Mina conseguirá la estabilidad estructural del terreno y la recuperación ecológica y socioeconómica sostenible de la concesión minera no metálica "El Progreso 92", en Talamolle - Moquegua.	**a) Variable independiente:** Diseño del Plan de Cierre de Mina. **Dimensiones**: • Cumplimiento normativo. • Componentes técnicos del cierre (físico, biológico, socioeconómico) • Participación y sostenibilidad social. **b) Variable dependiente:** Recuperación ambiental del área intervenida. **Dimensiones**: • Estabilidad física y geomorfológica. • Recuperación biológica. • Reintegración socioeconómica.	**A. Tipo de investigación** Aplicada, a un nivel descriptivo–propositivo. **B. Diseño de la investigación** No experimental, transversal y observacional. **C. Ámbito de estudio** Concesión minera no metálica "El Progreso 92". **D. Población** Conjunto de componentes ambientales y socioeconómicos **E. Muestra** Zonas representativas dentro del área intervenida. **F. Técnicas de recolección de datos** Observación analítica, análisis documental, ensayos de laboratorio. **G. Instrumentos** Hojas de observación, fichas de análisis químico, formatos de campo y guías de entrevista
b) Interrogantes Específicos (1) ¿Cuáles son las alteraciones geotécnicas, ambientales, socioeconómicas de la concesión minera "El Progreso 92", que se deberían asumir como variables críticas cuyas interacciones observadas, tienen que ser tomadas en cuenta en el plan de cierre? (2) ¿Qué estrategias y qué procedimientos técnicos deben aplicarse tendientes a la estabilización física del terreno, la estabilización biológica y la viabilidad socioeconómica post cierre de la concesión minera "El Progreso 92?	**b) Objetivos Específicos** (1) Determinar y caracterizar las alteraciones geotécnicas, ambientales y socioeconómicas de la concesión minera "El Progreso 92" las cuáles consideradas como variables críticas, sus interacciones deben ser tenidas en cuenta para el diseño del Plan de Cierre. (2) Proponer estrategias y procedimientos técnicos orientadas a la estabilización física del terreno, a la rehabilitación biológica y a la viabilidad socioeconómica post cierre, conforme a la Ley N° 28090.	**b) Hipótesis Específicas** (1) Las alteraciones geotécnicas, ambientales y sociales de la concesión minera "El Progreso 92" son variables críticas interdependientes cuya valoración permitirá fijar los criterios técnicos para un cierre de mina ambientalmente eficaz. (2) La concreción de los criterios de ingeniería ambiental y geotécnica para el cierre de mina, al estar orientadas al mantenimiento físico, la restauración biológica y el proceso de reconversión socioeconómica, producirá un cierre de mina sostenible y funcional desde el punto de vista del ordenamiento legal vigente.		

Nota. Elaboración propia.

Anexo 2.

Procedimiento para la Aprobacion del Plan de Cierre de Minas



Anexo 3.

Propuesta de Plan de Cierre de Mina para la Concesión Minera El Progreso 92

"CONCESIÓN MINERA EL PROGRESO 92"



PLAN DE CIERRE

AREQUIPA – PERÚ

2025

Índice

1 Introducción 6
1.1 Identificación del Proponente 7
1.2 Marco Legal 7
1.3 Ubicación del Proyecto 7
1.3.1 Ubicación Política y Geográfica 7
1.3.2 Accesibilidad al Proyecto 8
1.4 Historia del Proyecto 9
1.5 Objetivos del Cierre 9
1.5.1 Objetivo principal 9
1.5.2 Objetivos específicos 9
1.6 Criterios del Cierre 9
2 Componentes del Cierre 10
2.1 Cantera 11
2.2 Instalaciones de Procesamiento 12
2.3 Instalaciones de Manejo de Residuos 12
2.4 Instalaciones de Manejo de Agua 12
2.5 Áreas de Materiales de Préstamo 13
2.6 Otras Infraestructuras Relacionadas con el Proyecto 13
2.6.1 Áreas de Desmontes 1 y 2 13
2.6.2 Componentes Auxiliares 14
2.7 Vivienda y Servicios para el Trabajador 15
2.8 Fuerza de Trabajo y Obtención de Recursos 15
3 Condiciones Actuales del Sitio del Proyecto 17
3.1 Medio Ambiente Físico 18
3.1.1 Geología 18
3.1.2 Geomorfología 18
3.1.3 Suelos 18
3.1.4 Sismicidad 18
3.1.5 Clima y Meteorología 19
3.1.6 Calidad del Aire 23
3.1.7 Calidad de Ruido 24
3.2 Medio Ambiente Biológico 24
3.2.1 Zona de Vida 24
3.2.2 Flora Terrestre 25
3.2.3 Fauna Terrestre 25
3.3 Medio Ambiente Socio-Económico y Cultural 26
3.3.1 Demografía 26
3.3.2 Actividades de Comercio 28

3.3.3 Organizaciones Políticas 28
3.3.4 Patrimonio Cultural 29
3.3.5 Grado de Intervención Humana 29
4 Consultas durante la elaboración del Plan de Cierre 30
4.1 Identificación de Grupos de Interés 31
4.2 Consultas 32
4.2.1 Canales de Comunicación Utilizados 32
4.2.2 Resultados Clave de las Consultas 32
4.2.3 Cumplimiento Normativo 32
5 Actividades de Cierre 33
5.1 Cierre Temporal 34
5.1.1 Desmantelamiento 34
5.1.2 Demolición, Salvamento y Disposición 34
5.1.3 Estabilización Física 34
5.1.4 Estabilización Geoquímica 34
5.1.5 Estabilización Hidrológica 34
5.1.6 Establecimiento de la Forma del Terreno 35
5.1.7 Revegetación 35
5.1.8 Rehabilitación de Hábitats Acuáticos 35
5.1.9 Programas Sociales 35
5.2 Cierre Progresivo 35
5.2.1 Desmantelamiento 35
5.2.2 Demolición, Salvamento y Disposición 35
5.2.3 Estabilización Física 35
5.2.4 Estabilización Geoquímica 36
5.2.5 Estabilización Hidrológica 36
5.2.6 Establecimiento de la Forma del Terreno 36
5.2.7 Revegetación 36
5.2.8 Rehabilitación de Hábitats Acuáticos 36
5.2.9 Programas Sociales 36
5.3 Cierre Final 37
5.3.1 Desmantelamiento 37
5.3.2 Demolición, Salvamento y Disposición 37
5.3.3 Estabilización Física 37
5.3.4 Estabilización Geoquímica 37
5.3.5 Estabilización Hidrológica 38
5.3.6 Establecimiento de la Forma del Terreno 38
5.3.7 Revegetación 38
5.3.8 Rehabilitación de Hábitats Acuáticos 38

5.3.9 Programas Sociales 38
6 Mantenimiento y Monitoreo Post-Cierre 40
6.1 Justificación General del No Requerimiento de Mantenimiento y Monitoreo Post-Cierre 41
6.2 Actividades de Mantenimiento Post-Cierre 41
6.2.1 Mantenimiento Físico 42
6.2.2 Mantenimiento Físico 42
6.2.3 Mantenimiento Geoquímico 42
6.2.4 Mantenimiento Hidrológico 42
6.2.5 Mantenimiento Biológico 42
6.3 Actividades de Monitoreo Post-Cierre 43
6.3.1 Monitoreo de Estabilidad Física 43
6.3.2 Monitoreo de Estabilidad Geoquímica 43
6.3.3 Monitoreo de Estabilidad Hidrológica 43
6.3.4 Monitoreo Biológico 43
6.3.5 Monitoreo Social 43
6.4 Conclusión Final: Exención del Monitoreo Post-Cierre 43
6.5 Documentación de Exención 44
6.6 Mensaje Final 44
7 Cronograma, Presupuesto y Garantías 45
7.1 Cronograma Físico 46
7.1.1 Cronograma para la Rehabilitación Progresiva 46
7.1.2 Cronograma para la Rehabilitación Final 47
7.1.3 Cronograma para el Mantenimiento, Monitoreo y Vigilancia Post-Cierre 48
7.2 Presupuesto y Cronograma Financiero 50
7.2.1 Presupuesto para la Rehabilitación Progresiva 50
7.2.2 Presupuesto para la Rehabilitación Final 51
7.2.3 Presupuesto para el Post Cierre 51
7.2.4 Cronograma Financiero 51
7.3 Garantías Financieras 51
7.3.1 Estimación de los valores para el calculo del valor presente 51
7.3.2 Estimación del Valor Presente 52
7.3.3 Garantía Financiera 52

Resumen

El plan de cierre de la concesión minera no metálica **El Progreso 92** tiene como objetivo principal asegurar que las áreas intervenidas por la actividad minera queden estables, seguras e integradas al paisaje, minimizando riesgos ambientales y sociales. Para ello, se plantean acciones orientadas a garantizar la estabilidad física y geotécnica, recuperar la seguridad de las zonas, aplicar un cierre progresivo mediante el relleno con desmontes y ejecutar un cierre final que elimine pasivos ambientales.

El cierre se guiará por criterios de sostenibilidad ambiental, estabilidad de taludes (≤ 45°), integración paisajística, ausencia de agua en la operación, baja complejidad operativa y transparencia en la documentación. No se generará impacto social, ya que no existen viviendas mineras ni comunidades dependientes.

Los componentes de cierre incluyen áreas de extracción de Piedra Laja y Piedra Laja, depósitos de desmonte y zonas administrativas con sus instalaciones auxiliares. La estrategia consiste en un cierre progresivo: cada área explotada se rellena con el desmonte del año siguiente y, al final de los diez años de operación, se ejecuta una reconformación integral con taludes estables y superficies similares al relieve natural, sin necesidad de revegetación por tratarse de un entorno árido.

Las instalaciones auxiliares y de residuos serán desmontadas y retiradas; los biodigestores se sellarán y las losas de concreto se reutilizarán como material de relleno. No se requiere tratamiento de aguas ni monitoreo post-cierre debido a la ausencia de infiltraciones y a las bajas precipitaciones.

El cierre final será ejecutado por un equipo reducido de ocho personas. Las condiciones del sitio muestran una geología conformada por formaciones sedimentarias y volcánicas, geomorfología de colinas y lomadas, suelos de baja calidad agrícola, alta sismicidad por la subducción de la Placa de Nazca y un clima árido con lluvias mínimas.

En conclusión, el cierre se ejecutará bajo criterios de sostenibilidad, estabilidad y bajo impacto social, priorizando la reutilización de materiales y evitando la generación de nuevos impactos ambientales o sociales.

Introducción

El presente Plan de Cierre corresponde a la concesión minera no metálica **El Progreso 92**, dedicada a la explotación de Piedra Laja y Piedra Laja mediante tajo abierto. Su finalidad es establecer las medidas técnicas y ambientales necesarias para garantizar que, una vez culminada la actividad, las áreas intervenidas queden en condiciones estables, seguras e integradas al entorno.

El cierre propuesto se desarrollará bajo criterios de sostenibilidad, estabilidad física y geotécnica, y ausencia de impacto social, considerando que no existen viviendas ni comunidades dependientes de la operación. Asimismo, se prioriza la reutilización de materiales como desmontes y concreto, lo que permite un cierre progresivo y de bajo impacto ambiental.

Las condiciones naturales del área —suelo árido, baja precipitación y ausencia de agua superficial— simplifican el proceso, evitando la necesidad de sistemas de tratamiento hídrico o revegetación. De esta manera, el plan asegura la recuperación del área, eliminando pasivos y contribuyendo a la protección del medio ambiente y la seguridad de la zona.

1.1 Identificación del Proponente

- **Razón Social:** MINERA EL PROGRESO 92 S.R.L.
- **Concesión Minera:** El Progreso 92
- **Código:** 050003192
- **Representante Legal:** Delsy Elida Ayala Ayala
- **Celular:** 997876663
- **Domicilio Legal:** Calle Ricardo Palma N°520 Simón Bolívar
- **Correo electrónico:** -
- **Documento:** Plan de Cierre del Proyecto de Explotación "El Progreso 92"
- **Método de Explotación:** Cielo Abierto, con extracción mecanizada.
- **Vida Útil del Proyecto:** 15 años.
- **Capacidad de Producción:** 300 TMD (150 TMD de Piedra Laja y 150 TMD de Piedra Laja).

1.2 Marco Legal

El presente Plan de Cierre de Minas (PCM) se elabora en estricto cumplimiento de la normativa ambiental minera peruana vigente, principalmente:

- Ley que regula el Cierre de Minas - Ley N° 28090, con su Reglamento D.S. N° 006-2025-EM, modificado con Ley N° 31347
- Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental - Ley N.° 28245 y su Reglamento D.S. N° 008-2005-PCM
- Ley General de Residuos Sólidos - D.L. N° 1278 y su Reglamento D.S. N° 014-2017-MINAM
- Ley General de Salud - Ley N° 26842
- Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo - Ley 29783, modificatoria D.S. N° 001-2021-TR y su Reglamento D.S. N° 005-2012-TR
- Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería (TUO) aprobado mediante D.S. N° 014-92-EM con sus modificatorias mediante Ley N° 27341
- Reglamento sobre Protección y Gestión Ambiental para las Actividades de Explotación, Beneficio, Labor General, Transporte y Almacenamiento Minero aprobado mediante D.S. N° 040-2014-EM
- Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, Decreto Supremo N° 024-2016-EM, modificatorias D.S. N° 023-2017-EM y D.S. N° 034-2023-EM
- Reglamento de Participación Ciudadana en el Subsector Minero – D.S. N° 028-2008-EM
- Normas que Regulan el Proceso de Participación Ciudadana en el Subsector Minero R.M. N° 214-2025-MINEM/DM
- Ley Orgánica de Gobiernos Regionales - Ley N° 27867
- Ley Orgánica de Municipalidades - Ley N° 27972
- Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias - D.S. N° 03-2017-MINAM
- Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido - D.S. N° 085-2003-PCM

1.3 Ubicación del Proyecto

1.3.1 Ubicación Política y Geográfica

El proyecto se ubica en la **Concesión Minera El Progreso 92,** distrito de Jose Luis Bustamante y Rivera, provincia de Arequipa, región de Arequipa, Perú. Anexo 1. Mapa de Ubicación.

- **Coordenadas geográficas aproximadas**: Latitud 16°33'42"S, Longitud: 71°14'41"W
- **Altitud promedio:** 3,450 msnm a 3,500 msnm
- **Características del entorno:**
  - Terreno ubicado en la zona de vida Matorral Desértico Montano Subtropical, caracterizada por condiciones semiáridas entre 2600 y 3000 m s. n. m., con afloramientos rocosos predominantes.
  - Cobertura vegetal escasa, conformada principalmente por herbáceos temporales que aparecen en época de lluvias, arbustos permanentes, presencia puntual de ichu y musgos en riberas; en áreas intervenidas existen andenerías con alfalfa y especies introducidas como pino y molle.
  - Fauna silvestre moderada y asociada a pajonales, roquedales y pastizales, donde destacan la vizcacha (Lagidium peruvianum), pequeñas especies de roedores y aves como la golondrina, sin indicios de hábitats sensibles o especies de alta vulnerabilidad.
  - El área del proyecto se ubica dentro del ámbito de la Comunidad Campesina de Talamolle, distrito de Puquina, una zona articulada territorialmente con Arequipa, de clima templado-seco y con centros poblados ubicados fuera del área de intervención directa.

1.3.2 Accesibilidad al Proyecto

El acceso al proyecto minero no metálico "El Progreso 92" se realiza principalmente a través de la red vial que conecta las ciudades de Arequipa y Arequipa con el distrito de Puquina. Desde Arequipa, el ingreso es directo mediante una carretera asfaltada hasta el centro poblado de Talamolle, lo que permite una circulación fluida durante todo el año. La infraestructura vial existente facilita la llegada de vehículos livianos, transporte del personal y unidades de apoyo operativo.

A partir del centro poblado de Talamolle, el acceso final hacia la concesión minera se efectúa mediante una trocha carrozable de aproximadamente 2 km. Este tramo presenta condiciones adecuadas para el tránsito de maquinaria ligera, vehículos de transporte del mineral y para el desplazamiento del personal operativo. La cercanía del yacimiento con el poblado reduce la necesidad de implementar campamentos, dado que los trabajadores pueden desplazarse diariamente.

Asimismo, desde la ciudad de Arequipa el acceso se da mediante la carretera asfaltada que une Arequipa con Puno, hasta un desvío que conduce a la zona del proyecto. Posteriormente, se continúa por una vía afirmada que conecta con la concesión minera. En conjunto, la accesibilidad vial disponible asegura un transporte eficiente tanto para el traslado de insumos como para la evacuación del producto extraído.

Tabla: N° 01: Distancias al proyecto.

N°	Distancia	Km
1.1	Desde Arequipa – Talamolle	60
1.2	Desde Talamolle – Concesión El Progreso 92	2
	Distancia total	**62**
2.1	Arequipa – Desvío (Carretera Puno–Arequipa)	123
2.2	Desvío – Concesión El Progreso 92	45
	Distancia total	**168**

Imagen: N° 01: Ubicación Geográfica del Proyecto



Nota. Elaboración propia.

1.4 Historia del Proyecto

El proyecto de explotación no metálica "El Progreso 92" se origina a partir del interés del titular por formalizar la extracción artesanal de piedra laja en la zona, aprovechando un recurso que ha sido trabajado de manera empírica por operadores anteriores. La concesión, ubicada en el distrito de Puquina, cuenta con antecedentes de actividades extractivas de pequeña escala que evidencian el potencial del yacimiento. El proyecto ha sido diseñado desde su concepción con un enfoque de cierre progresivo y final.

1.5 Objetivos del Cierre

1.5.1 Objetivo principal

Garantizar que las áreas intervenidas por la explotación artesanal de piedra laja recuperen condiciones de estabilidad física y paisajística, mediante la reubicación del material de desmonte y el retiro total de los componentes auxiliares, asegurando que el terreno retorne a un estado compatible con su entorno natural y los usos tradicionales del área comunal.

1.5.2 Objetivos específicos

- **Restituir la estabilidad física** del terreno mediante el relleno y nivelación de las áreas explotadas utilizando los desmontes acumulados durante la operación.
- **Asegurar la eliminación de riesgos** para la población y el ambiente mediante el retiro de la infraestructura temporal (letrina, caseta, almacén) y la limpieza general del sitio.
- **Facilitar la recuperación** natural del área intervenida mediante la conformación de superficies estables que permitan el restablecimiento de la cobertura vegetal herbácea propia del ecosistema local.
- Implementar un proceso de cierre simple, acorde a la magnitud artesanal del proyecto, que **cumpla con las exigencias normativas** y evite la generación de pasivos ambientales futuros.

1.6 Criterios del Cierre

Tabla N° 02 Criterios que guían la ejecución del cierre.

Criterio	Distancia
Sostenibilidad Ambiental	No dejar residuos ni estructuras que generen impactos a largo plazo. Se prioriza la reutilización de desmontes y la eliminación de fuentes potenciales de contaminación.
Estabilidad Geotécnica	Todos los taludes finales deben tener ángulos inferiores a 45°, verificados mediante medición con clisímetro y/o dron. No debe existir riesgo de derrumbes posteriores.
Integración Paisajística	Las áreas exmineras deben ser reconfiguradas para simular la morfología natural de la zona: ondulaciones, laderas suaves y continuidad topográfica.
Ausencia de Agua	Al no haber uso de agua en la operación, no se requieren sistemas de tratamiento de lixiviados ni captación de aguas residuales mineras.
Cierre Progresivo	Se implementará durante toda la vida útil del proyecto: cada año, el desmonte generado se deposita en el área ya extraída del año anterior, garantizando que al final de la vida útil, solo quede una única área de cierre final.
Baja Complejidad Operativa	Dado el carácter artesanal y pequeño de la minería, el cierre debe ser ejecutable con los mismos equipos utilizados en operación (excavadora, volquetes), sin requerir maquinaria especializada costosa.
Transparencia y Documentación	Se mantendrá registro fotográfico, topográfico y técnico de cada etapa de cierre, entregado a las autoridades competentes.
Cero Impacto Social	No se generará desplazamiento, pérdida de empleo ni conflicto social, pues no hay vivienda minera ni comunidad dependiente.

Fuente: Elaboración Propia

Componentes del Cierre

Los componentes del cierre de minas están íntimamente relacionados con los componentes principales ya auxiliares declarados en la Declaración de Impacto Ambiental, los mismos que son:

Componente Principales. 1) Área de Interés minera, con un área de 208775.94 m2; 2) Área de extracción 1 (Piedra Laja), con un área de 45694.00 m2; 3) Área de extracción 2 (Piedra Laja), con un área de 53856.90 m2; 4) Área de desmontes 1, con una extensión de 2945.05 m2; 5) Área de desmonte 2, con una extensión de 14021.83 m2; 6) Área administrativa de 575 m2. Anexo 2 Componentes Principales.

Componentes Auxiliares: 1) Garita; 2) Oficina administrativa; 3) Comedor; 4) Vestuario; 5) Servicios higiénicos; 6) Centro de acopio de Residuos Sólidos; 7) Estacionamiento. Anexo 3 Componentes Auxiliares.

2.1 Cantera

La cantera está compuesta por dos áreas de extracción independientes:

- Área de Extracción 1: 9286.33m²
- Área de Extracción 2: 3330.01m²
- Área de Extracción 2: 43504.19m²

Durante los 10 años de operación, se han utilizado 10 áreas de intervención anuales (una por año), con profundidad de extracción de 3 m (reservas probadas) y 0.8 m (reservas probables).

Tabla: N° 03: Área de Cantera N°1

N°	Código	Componentes Principales	Este	Norte
1	AC-01	Área de Cantera 01	260000	8166484
			260024	8166447
			260033	8166435
			259877	8166305
			259856	8166307
			259892	8166357
			259952	8166387
AREA(m²)			9286.33	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla: N° 04: Área de Cantera N°2

N°	Código	Componentes Principales	Este	Norte
2	AC-02	Área de Cantera 02	260164	8166581
			260120	8166583
			260102	8166521
			260083	8166521
			260093	8166561
			260133	8166558
AREA(m²)			3330.01	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla: N° 05: Área de Cantera N°3

N°	Código	Componentes Principales	Este	Norte
3	AC-03	Área de Cantera 03	260283	8166581
			259856	8166790
			259895	8166882
			259930	8166901
			259985	8166880
			260110	8166800
			260187	8166684
			260267	8166581
AREA(m²)			43504.19	

Fuente: Elaboración Propia

Estrategia de cierre:

- Durante cada periodo operativo, el área recién explotada queda disponible para ser utilizada como depósito temporal de desmonte, permitiendo un cierre progresivo acorde con la magnitud del proyecto.
- Al término del periodo total de explotación, todas las áreas intervenidas habrán sido rellenadas con el propio desmonte generado, asegurando que no permanezcan excavaciones abiertas ni pendientes inestables.
- Cierre final: Se ejecuta la reconformación integral de la superficie intervenida, nivelando las zonas explotadas y utilizando la totalidad del desmonte acumulado para restituir el relieve original del terreno.
- Se verifican las condiciones geométricas y la estabilidad de taludes mediante mediciones topográficas simples, cuidando que las inclinaciones no superen rangos seguros para un entorno natural no habitado.
- Se retira material suelto en bordes y se compacta suavemente la superficie final para minimizar procesos erosivos por viento.
- No se contempla revegetación debido al carácter árido del ecosistema, donde no existe flora nativa significativa y la capacidad de regeneración natural es limitada.

Resultado esperado: Área superficial estable y homogénea, sin hundimientos ni cortes abruptos, integrada visualmente al relieve ondulado del entorno.

2.2 Instalaciones de Procesamiento

- La operación no contempló planta de beneficio dentro de la concesión, por lo que este componente no forma parte del ámbito de cierre. No se construyeron estructuras permanentes asociadas a procesamiento ni se utilizaron sustancias químicas, por lo que no existen residuos industriales o emisiones remanentes.

Acción de cierre:

- No se requiere intervención específica, dado que no hay instalaciones dentro del área minera.
- Solo corresponde retirar la maquinaria móvil empleada durante la operación, trasladándola fuera del sitio al cierre final..

2.3 Instalaciones de Manejo de Residuos

En el área administrativa funcionó un Centro de Acopio de Residuos Sólidos (CAR-S) de aproximadamente 10 m², equipado con contenedores adecuados para residuos domésticos y peligrosos generados por la actividad.
Tipos de residuos gestionados:

- Residuos domésticos: envases, restos de alimentos, papeles.
- Residuos peligrosos: aceites usados, filtros, baterías, trapos contaminados y residuos asociados al mantenimiento de maquinaria.

Estrategia de cierre:

- Durante los meses finales de operación se detiene la acumulación de residuos.
- Los residuos domésticos son retirados mediante el servicio municipal formal.
- Los residuos peligrosos son entregados a un operador autorizado para su disposición final.
- El CAR-S es completamente desmantelado: se retiran contenedores, se limpia la base de concreto y el área se incorpora a la superficie final reconformada.

Verificación: Certificados de disposición final de residuos peligrosos archivados en el expediente de cierre.

2.4 Instalaciones de Manejo de Agua

La operación no utilizó agua en procesos extractivos ni de limpieza. Sin embargo, se instalaron servicios sanitarios y equipamiento básico para el personal, incluyendo biodigestores y cajas de agua.

Estrategia de cierre:

- Los biodigestores se vacían, se limpian y se desactivan, sellándolos con concreto o tierra compactada y recubriéndolos con material de desmonte.
- No se generan lixiviados ni existe riesgo de infiltración, por lo que no se requiere sistema de drenaje ni medidas de control químico.
- Las cajas de agua se desmontan y retiran completamente del área.
- Se registra fotográficamente el estado final de los biodigestores y su correcta clausura.

Riesgo mínimo: No se requiere monitoreo de calidad de agua post-cierre debido a la ausencia total de uso o conducción de agua en la operación.

2.5 Áreas de Materiales de Préstamo

La explotación no requirió habilitar áreas de préstamo para extracción de materiales de relleno o soporte. Todo el desmonte generado durante la actividad fue reutilizado como material de recarga en las propias áreas intervenidas.

Acción de cierre:

- No aplica.
- La inexistencia de áreas de préstamo se documenta en el informe final como evidencia de una gestión eficiente del material y de la minimización de nuevas perturbaciones al terreno natural.

2.6 Otras Infraestructuras Relacionadas con el Proyecto

2.6.1 Áreas de Desmontes 1 y 2

El Área de Desmonte 1 fue utilizada como zona de acopio temporal del material removido durante la fase inicial de habilitación de la cantera. El material depositado corresponde principalmente a suelo superficial, fragmentos de roca laja no aprovechable y detritos generados durante el desbroce y la limpieza previa a la extracción en las áreas operativas. La acumulación se desarrolló de manera controlada, sin presencia de materiales peligrosos ni residuos ajenos a la actividad minera.

Acción de cierre final:

- Se confirma que el desmonte acumulado presenta compactación natural producto del tiempo y de la superposición de cargas.
- Se ejecuta un levantamiento topográfico para verificar la estabilidad geométrica del talud y su pendiente general.
- Se conforman los bordes exteriores con pendientes no mayores a 40°, eliminando irregularidades, aristas o zonas inestables que pudieran generar desprendimientos.
- No se requiere impermeabilización ni instalación de cobertura vegetal, debido a la baja pluviometría, la ausencia de escorrentía y las características áridas del entorno.
- La superficie final es nivelada suavemente para evitar retención de sedimentos transportados por el viento, logrando una apariencia integrada con el relieve natural de la zona.

Tabla: N° 06: Cancha de Desmonte

N°	Código	Componentes Principales	Este	Norte
1	AD-0A	Área de Desmonte	260193	8166422
			260155	8166315
			260178	8166305
			260210	8166300
			260233	8166351
			260220	8166417
AREA(m²)			3330.01	

Fuente: Elaboración Propia

2.6.2 Componentes Auxiliares

El área administrativa estuvo conformada por estructuras prefabricadas destinadas al control de acceso y a la atención básica del personal. Estas incluyeron una garita de ingreso instalada sobre una pequeña losa de concreto, así como módulos prefabricados utilizados como oficina, comedor, vestuario y servicios higiénicos, todos soportados sobre una losa simple de aproximadamente 10 cm de espesor. Asimismo, se habilitó un área de estacionamiento de alrededor de 200 m², compactada con grava local para permitir el tránsito de vehículos livianos.

Estrategia de cierre:

- Todas las estructuras prefabricadas (marcos metálicos, paneles, puertas y techos) se desmontan completamente y se trasladan fuera del sitio para su reutilización o disposición adecuada.
- Las losas de concreto simple se trituran in situ y se incorporan como material de relleno en las áreas reconformadas, evitando que queden residuos de construcción en la superficie final.
- El área de estacionamiento se nivela mediante la redistribución del material existente y se integra al proceso general de relleno y reconformación del terreno.
- Se retira toda la señalización, carteles, postes y cualquier pintura o marcación industrial asociada a las operaciones.
- Finalmente, se ejecuta un levantamiento topográfico para contrastar el estado del terreno respecto a la condición inicial y verificar que la zona ha sido restaurada de acuerdo con el plan de cierre.

Tabla: N° 07: Componentes Auxiliares.

Principales Componentes	ESTE	NORTE	ÁREA (m²)
Letrina	260904.00	8166478.00	5
Garita	259763.00	8166523.00	20
Almacén	259955.30	8166444.67	30
Total, área			38 m²

Fuente: Elaboración Propia

2.7 Vivienda y Servicios para el Trabajador

No se construyó vivienda minera. Los trabajadores residen en sus domicilios en poblaciones cercanas (menos de 10 km de distancia).

Implicaciones para el cierre:

- No se requiere demolición ni manejo de viviendas.
- No se generan residuos de larga permanencia relacionados con alojamiento.

- No hay riesgo de abandono de infraestructura habitacional.
- Se entrega certificado de cese de contratos laborales a todos los trabajadores, con apoyo en la búsqueda de empleo alternativo en otras actividades mineras o agrícolas locales.

2.8 Fuerza de Trabajo y Obtención de Recursos

Fuerza de trabajo durante el cierre:

- Se mantendrá un equipo mínimo de 8 personas durante el mes de cierre final:
  - 1 ingeniero de minas responsable de la supervisión técnica y verificación del cumplimiento del plan de cierre.
  - 2 operarios especializados para operar la maquinaria de apoyo (excavadora y camión volquete), necesarios para la reconformación del terreno y retiro de equipos.
  - 3 auxiliares para labores de limpieza, desmantelamiento de instalaciones y apoyo general.
  - 2 técnicos encargados de topografía, registros fotográficos y control documental del cierre.

Condiciones Actuales del Sitio del Proyecto

3.1 Medio Ambiente Físico

3.1.1 Geología

El área del proyecto "El Progreso 92" se encuentra conformada predominantemente por formaciones sedimentarias donde afloran niveles de areniscas, limolitas y capas de piedra laja, materiales que han sido objeto de explotación artesanal. La geología local evidencia estratos subhorizontales con presencia de roca alterada y niveles deleznables generados por meteorización mecánica. No se identifican intrusiones ígneas ni estructuras tectónicas activas dentro del área de la concesión, tratándose de un entorno geológico simple y estable, propio de lomas y colinas sedimentarias de edad cuaternaria.

3.1.2 Geomorfología

El área del proyecto está ubicada en una zona caracterizada por colinas bajas y lomadas sedimentarias modeladas por procesos erosivos naturales. Se observa una topografía ondulada con pendientes moderadas que oscilan entre 5° y 25°, acompañadas de interfluvios angostos y drenajes temporales con patrón dendrítico. Las geoformas predominantes corresponden a colinas disectadas y superficies ligeramente inclinadas, cubiertas por detritos finos y fragmentos de piedra laja producto de la erosión física del sustrato sedimentario.

3.1.3 Suelos

a. Tipo de Suelo

Los suelos presentes en la zona de la concesión están compuestos mayoritariamente por materiales residuales derivados de la meteorización de rocas sedimentarias, conformados por una mezcla de gravas, arenas y limos finos. Se trata de suelos de baja profundidad, escasa estructura y muy limitada capacidad de retención de humedad, propios de ambientes áridos donde predomina el aporte eólico y coluvial.

b. Capacidad de uso Tierras

El área se clasifica dentro de tierras de capacidad agrológica muy baja, sin aptitud agrícola ni para cultivos permanentes, debido a la presencia de suelos delgados, pendientes moderadas y régimen climático árido. Se consideran tierras de uso protector, orientadas a la conservación natural y sin potencial productivo significativo.

3.1.4 Sismicidad

El proyecto se ubica dentro de la zona sísmica del sur peruano, influenciada por la interacción entre la Placa de Nazca y la Placa Sudamericana. Si bien el área no presenta fallas activas visibles dentro de la concesión, sí forma parte del contexto tectónico regional asociado al Cinturón de Fuego del Pacífico. Los sismos predominantes son superficiales a intermedios, típicos del proceso de subducción, por lo que se consideran en la planificación de actividades constructivas básicas y en la evaluación general de estabilidad.

3.1.5 Clima y Meteorología

El clima del área del proyecto corresponde a un ambiente árido de serranía esteparia, caracterizado por baja humedad ambiental, alta radiación solar y muy escasas precipitaciones anuales. Las lluvias se concentran entre los meses de enero y marzo, generalmente en forma de lloviznas ligeras de corta duración. La mayor parte del año presenta condiciones secas, con circulación de vientos moderados que contribuyen al transporte de partículas finas. Las temperaturas muestran una oscilación típica de zonas semiáridas de altitud media.

a. Precipitación

Los registros climatológicos de estaciones cercanas indican rangos muy bajos de precipitación, típicamente menores a 5 mm promedio mensual en temporada de lluvias. Entre abril y diciembre las precipitaciones son prácticamente nulas, consolidando el carácter árido del área de estudio.

"CONCESIÓN MINERA NO METÁLICA EL PROGRESO 92

b. Temperatura

El área del proyecto presenta un régimen térmico propio de zonas áridas de serranía esteparia, con una marcada amplitud diaria debido a la baja humedad ambiental. Las temperaturas máximas oscilan generalmente entre 22°C y 27°C, mientras que las mínimas suelen ubicarse entre 8°C y 13°C, predominando mañanas frías y tardes cálidas. La temporada templada se extiende durante los meses de primavera y verano, mientras que el periodo más fresco ocurre en los meses de invierno, especialmente entre junio y agosto, cuando las temperaturas nocturnas descienden de manera significativa. En conjunto, el clima se caracteriza por días mayormente soleados, ausencia de lluvias y una oscilación térmica moderada a alta típica de ambientes secos.

c. Dirección y Velocidad del Viento

El comportamiento del viento en el área de estudio muestra un patrón predominante de oeste a este, asociado a la circulación regional propia de zonas abiertas y poco intervenidas. La velocidad promedio se mantiene alrededor de 2 m/s, con incrementos durante las horas de la tarde, cuando pueden registrarse ráfagas entre 10 y 14 km/h, disminuyendo progresivamente hacia la noche hasta valores cercanos a 0 km/h. El entorno árido, la ausencia de barreras naturales y la presencia de colinas bajas condicionan la intensidad del viento, generando variaciones locales que responden tanto a factores topográficos como climáticos. Los registros históricos de estaciones cercanas indican que la velocidad del viento puede fluctuar entre 0 y 4 m/s, alcanzando sus valores máximos durante la temporada seca.

d. Sensación Térmica

En el área del proyecto la sensación térmica está fuertemente influenciada por la radiación solar directa, debido a la ausencia de nubosidad y a la escasa humedad del ambiente. Durante el día, especialmente entre las 10:00 y 13:00 horas, la sensación térmica puede incrementarse hasta valores cercanos a 27°C – 30°C, superiores a la temperatura del aire por efecto del asoleamiento continuo. Durante la noche y la madrugada la sensación térmica desciende notablemente, alcanzando valores en torno a 15°C – 18°C, propios de zonas áridas con alta pérdida de calor superficial.

e. Humedad Relativa

El entorno presenta niveles bajos de humedad relativa como consecuencia del clima árido y la limitada disponibilidad de vapor de agua. Los registros de estaciones cercanas indican que la humedad relativa puede alcanzar valores máximos entre 40% y 45% durante las horas nocturnas, mientras que los valores más bajos, entre 20% y 30%, se presentan en horas centrales del día cuando aumenta la temperatura y la radiación solar. Estas condiciones favorecen la evaporación rápida y la baja probabilidad de formación de lluvias o nieblas.

3.1.6 Calidad del Aire

La calidad del aire en el área del proyecto es buena, debido a la ausencia de fuentes significativas de emisión como tránsito vehicular frecuente, asentamientos humanos próximos o actividades industriales. La caracterización se realizó mediante la revisión de información secundaria proveniente de campañas de monitoreo ambiental ejecutadas en la zona, cuyos resultados fueron comparados con los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire aprobados mediante el D.S. N.° 003-2017-MINAM. Los resultados reportados se encontraron dentro de los límites permisibles, lo que confirma condiciones de aire limpio, con bajas concentraciones de material particulado y sin presencia de contaminantes atmosféricos relevantes.

Tabla: N° 8: Monitoreo de Calidad de Aire.

Ensayo	Unidad	ECA	Resultados Estación "CA-01"
Material particulado PM10 (a)	ug/m3	100	40.8
Material particulado PM 2.5 (a)	ug/m3	50	19.7
Dióxido de Azufre (SO2) (a)	ug/m3	250	8.14
Dióxido de Nitrógeno (NO2) (b)	ug/m3	200	13.9
Monóxido de Carbono (CO)(c)	ug/m3	10 000	610

Fuente: DÍA.

3.1.7 Calidad de Ruido

En esta sección se describe los niveles de ruido ambiental que caracterizan el área donde se ubicará el Proyecto. El muestreo de ruido ambiental es información secundaria extraída del informe realizado por Consultoría Ambiental Asilorza S.A.C.

a. Estación de muestreo

La ubicación de la estación de muestreo de calidad de aire.

Tabla: N° 9: Estación de Monitoreo de Calidad de Ruido.

Estación de Muestreo	Descripción	Altitud m s. n. m	Año	Coordenadas	
				Este	Norte
R2	Jose Luis Bustamante y Rivera	1,380	2023	293760.00	8094375.00

Fuente: DÍA

b. Resultados

Se presenta los resultados de los análisis realizados a las muestras recolectadas durante el muestreo.

Tabla: N° 10: Estación de Monitoreo de Calidad de Ruido.

Estación Muestreo	Zona de Aplicación Residencial			
	Lmin	Lmax	Laeqt DB(A)	ECA de Ruido
	dB(A)*	dB(A)*		
R10 - Chilota	34,8	84,9	57,7	60 Dbs

Fuente: DÍA

El proyecto a ubicarse en una zona rural es escaso los niveles de ruido, son mínimos propiamente de un ambiente no disturbado, no existiendo contaminación sonora en el sector de emplazamiento del proyecto.

3.2 Medio Ambiente Biológico

3.2.1 Zona de Vida

Considerando el sistema de Leslie R. Holdridge (1947) y al mapa de zona de vida regional PRONANP-SIRECOM (Sistema Regional de ConseNación Arequipa) al Mapa Ecológico del Perú (ONERN, 1976:41; Inrena, 1995:33), la zona del proyecto extractivo, se encuentra ubicado en El área del proyecto se encuentra predominantemente en la zona de vida Matorral Desértico Montano Subtropical, distribuida entre los 2 600 y 3 000 m s. n. m., caracterizada por laderas áridas y baja cobertura vegetal. Estas condiciones responden a un régimen climático de humedad muy baja, en el cual la evapotranspiración

supera ampliamente a la precipitación anual, lo que clasifica la zona dentro de ambientes desérticos y superáridos. La presencia de afloramientos rocosos y suelos delgados determina un ecosistema de escasa productividad biológica y baja diversidad estructural.

3.2.2 Flora Terrestre

La flora registrada en el área de estudio es escasa debido a la presencia dominante de suelos rocosos y condiciones climáticas áridas que limitan el desarrollo vegetal. En zonas cercanas se identificó vegetación herbácea temporal emergente en época de lluvias y arbustos permanentes, así como ichu (Stipa ichu), musgos ribereños y especies de Poaceae y Asteraceae, como Parastrephia lepidophylla ("tola"). . Ninguna de las especies observadas se encuentra categorizada como amenazada conforme al D.S. N.° 043-2006-AG, ni en listados internacionales como la UICN o CITES.

3.2.3 Fauna Terrestre

La fauna asociada al proyecto es limitada y se distribuye en función de las formaciones vegetales presentes. En los roquedales se identificó principalmente avifauna y pequeños mamíferos como vizcachas (Lagidium peruvianum), además de roedores menores, sin evidencia de especies sensibles o protegidas. Las evaluaciones de campo no registraron reptiles ni otras especies incluidas en el D.S. N.° 004-2014-MINAGRI sobre fauna silvestre amenazada. Las condiciones áridas, sumadas a la baja disponibilidad de agua y refugios naturales, explican la reducida riqueza faunística del área de influencia.

Tabla: N°11: Registro de Fauna existente.

NOMBRE COMÚN	FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN (D.S. N° 034-2004-AG)
Pampero	Furnariidae	Geositta peruviana	NE
Golondrina	Hirundinidae	Hirundo rustica	NE
Perdiz	Tinamidae	Nothoprocta pentlandii	NE
Vizcacha	Chinchillidae	Lagidium peruvianum	NE
Lagartija común	Tropiduridae	Microlophus peruvianus	NE
Ratón silvestre	Muridae	Phyllotis darwini	NE
Zorrino	(familia no visible en el recorte)	(especie no visible en el recorte)	NE

Fuente: DIA

3.3 Medio Ambiente Socio-Económico y Cultural

3.3.1 Demografía

La población comprendida dentro del ámbito de influencia del proyecto, ubicado en el distrito de José Luis Bustamante y Rivera, asciende a 29 005 habitantes, de acuerdo con el Censo Nacional 2017 del INEI. Esta distribución demográfica muestra una composición relativamente equilibrada entre hombres y mujeres: 12 555 mujeres y 11 859 hombres, con una ligera predominancia femenina. Esta estructura poblacional sugiere estabilidad demográfica y un reparto proporcional de la fuerza laboral potencial, lo que facilita la disponibilidad de mano de obra local para actividades económicas diversas, incluyendo el sector servicios, comercio y actividades productivas complementarias al área del proyecto.

Tabla: N° 12: Población del Distrito de Jose Luis Bustamante y Rivera.

Total Jose Luis Bustamante y Rivera	Población		Viviendas Particulares		
	Hombres	Mujeres	Total	Ocupadas	Desocupadas
29 005	11 859	12 555	10 613	9 700	913

Fuente: DIA

Educación

En el distrito de José Luis Bustamante y Rivera, la estructura educativa de la población refleja un nivel de instrucción significativamente desarrollado. Según datos actualizados de fuentes oficiales municipales basadas en registros del Ministerio de Educación y el INEI, el mayor segmento de la población ha alcanzado educación secundaria, representando aproximadamente 23.8% del total de habitantes, seguido por la población con educación superior universitaria completa, que alcanza cerca de 22.8% de la población total del distrito. A estos se suman quienes cursaron o concluyeron estudios superiores no universitarios (técnicos o tecnológicos), representando alrededor de 11.6%, y quienes completaron la educación inicial o primaria, con porcentajes menores pero significativos dentro de la demografía local. La proporción de personas sin ningún nivel educativo se sitúa en aproximadamente 5.3%, lo cual incluye a quienes no saben leer ni escribir.

Tabla: N° 13: Centros educativos en el Distrito de Jose Luis Bustamante y Rivera.

Código Modular	Nombre de la I.E.	Alumnos (aproximado según censo)
0844852	40631 JUAN PABLO II	162 (82 varones, 80 mujeres)
0895268	AREQUIPA	107 (60 varones, 47 mujeres)
1753169	CORAZONES	25 (13 varones, 12 mujeres)

Fuente: DÍA

a. Salud

Los servicios de salud en la ciudad son administrados por la Dirección Regional de Salud de Arequipa, a través de la Red de Servicios de Salud – Arequipa. Existen además entidades de salud para – estatales como ESSALUD y particulares. En la actualidad, la ciudad de Arequipa cuenta con el siguiente equipamiento, ver la siguiente tabla.

Tabla: N° 18. Categoría de Puestos de Salud.

Distrito	Nombre	Tipo
Centro de Salud Víctor Raúl Hinojosa Llerena	Centro de Salud	I-3
Centro de Salud Mental Simón Bolívar	Centro de Salud de Salud Mental	I-3
Posta de Salud 13 de Enero	Puesto de Salud	I-2
Posta de Salud Cerro Juli	Puesto de Salud	I-2
Posta de Salud Félix Naquira Vildoso	Puesto de Salud	I-2
Posta de Salud Las Esmeraldas	Puesto de Salud	I-2
Puesto de Salud Salaverry	Puesto de Salud (Microred San Martín de Socabaya)	I-2

Fuente: DÍA

3.3.2 Actividades de Comercio

La agricultura y la ganadería son las principales actividades económicas en el ámbito local según la población económicamente activa (PEA) del departamento de Arequipa según el censo Nacional 2017.

Tabla: N° 19: Población económicamente activa

PEA	Dpto. Arequipa
PEA Ocupado	82,399
Hombres	48,748
Mujeres	33,651

Fuente: DÍA

3.3.3 Organizaciones Políticas

Las organizaciones políticas dentro del ámbito de influencia del proyecto serán algunas de las instituciones gubernamentales y privadas, organizaciones sociales y territoriales.

Instituciones Gubernamentales

- Dirección Regional de Energía y Minas
- Municipalidad Distrital de Jose Luis Bustamante y Rivera

Grupos de Interés

- Titulares de los predios cercanos a la zona de emplazamiento del Proyecto

3.3.4 Patrimonio Cultural

En el área de influencia directa del proyecto no se han identificado elementos de patrimonio cultural material o inmaterial. De acuerdo con la revisión bibliográfica, el análisis cartográfico y la verificación en campo, no existen evidencias arqueológicas, restos arquitectónicos, arte rupestre, cerámicos, líticos, ni estructuras asociadas a antiguas ocupaciones humanas. El territorio se caracteriza por ser una zona semiárida, eriaza y sin asentamientos históricos, lo que coincide con el bajo potencial arqueológico reportado para este tipo de ambientes.

Asimismo, la inspección visual realizada en superficie confirmó la ausencia de sitios registrados en el Inventario Nacional de Monumentos Arqueológicos administrado por el Ministerio de Cultura, y no se observaron manifestaciones de carácter cultural tradicional, ritual o etnográfico. Dado que la actividad minera se desarrolla sobre terrenos modificados recientemente por actividades humanas, la probabilidad de encontrar bienes culturales subyacentes es considerada muy baja.

En caso de identificarse de manera fortuita algún hallazgo arqueológico durante las actividades de cierre o post-cierre, el titular del proyecto aplicará el Procedimiento de Hallazgos Fortuitos establecido por el Ministerio de Cultura, procediendo a paralizar inmediatamente las labores en el área afectada y comunicar a la Dirección Desconcentrada de Cultura de Arequipa para su evaluación y medidas correspondientes.

3.3.5 Grado de Intervención Humana

El área donde se desarrolla el proyecto presenta un grado de intervención humana moderado, condicionado principalmente por las actividades extractivas y por el tránsito asociado a la operación minera. La zona ha sido modificada por la habilitación de accesos, el movimiento de tierras, la remoción de capas superficiales y la formación de áreas de desmonte, lo que evidencia un uso antrópico directo sobre el terreno. Sin embargo, dicha intervención se concentra únicamente dentro del área operativa, sin expansión hacia sectores externos del entorno inmediato.

Fuera de los límites del proyecto, el paisaje conserva características propias de un entorno semiárido y eriazo, con escasa presencia de actividades agrícolas o asentamientos humanos permanentes. No existen centros poblados dentro del área de influencia directa, y la población vinculada a la actividad minera reside en localidades cercanas, lo cual reduce la presión antrópica sobre el ecosistema. El área carece de vegetación natural y no se han identificado hábitats o especies sensibles, por lo que el impacto humano sobre el componente biológico es prácticamente nulo.

En conjunto, el territorio evidencia una intervención focalizada y controlada, propia de una operación minera de pequeña escala en un ambiente naturalmente árido y sin recursos biológicos relevantes. Esto permite mantener un nivel bajo de transformación ecosistémica fuera del área de operación y facilita las acciones de cierre y restauración previstas en el plan de cierre del proyecto.

Consultas durante la elaboración del Plan de Cierre

4.1 Identificación de Grupos de Interés

La ausencia de asentamientos humanos dentro del área de influencia directa, la no existencia de cuerpos de agua, vegetación o fauna silvestre significativa, y en una zona semiárida de baja densidad poblacional, implican un escenario social simplificado pero que, por mandato legal y ético, requiere identificar y considerar a todos los actores potencialmente vinculados —directa o indirectamente— con las actividades mineras y su cierre.

Tabla: N° 20: Identificación Grupos De Interés.

N°	Grupo de Interés	Descripción	Nivel de Influencia	Intereses Principales	Relación con el Proyecto
1	Titular Minero (Minera El Progreso 92 S.R.L.)	Empresa propietaria y operadora de la concesión. Responsable de la ejecución del Plan de Cierre.	Alta	Cumplimiento normativo, sostenibilidad financiera, reputación corporativa, transferencia segura del sitio.	Es el principal actor; planifica, financia y ejecuta el cierre.
2	Dirección Regional de energía y Minas	Entidad rectora de la actividad minera en la Región. Responsable de la aprobación, seguimiento y verificación del Plan de Cierre.	Alta	Garantizar el cumplimiento de la Ley de Minería, protección ambiental, seguridad pública, rendición de cuentas.	Requieren documentación técnica, informes de avance, certificaciones finales y entrega de evidencias físicas.
3	Dirección Regional de energía y Minas	Supervisan el cumplimiento de normas ambientales, incluyendo residuos, biodigestores y restauración paisajística.	Alta	Prevenir contaminación, asegurar estabilidad geotécnica, validar la restauración del entorno.	Exigen informes de gestión de residuos peligrosos, certificados de disposición final y monitoreo post-cierre.
4	Comunidades Vecinas (Población cercana a < 10 km)	Pobladores de asentamientos rurales o urbanos más próximos (ej. distritos de Jose Luis Bustamante y Rivera). No residen dentro del área de concesión, pero pueden percibir impactos visuales o logísticos.	Media	Transparencia, ausencia de polvo, no generación de riesgos (derrumbes, accesos inseguros), mantenimiento de vías de acceso.	Aunque no son usuarios directos del proyecto, su percepción puede influir en la aceptación social. Se les informa por responsabilidad preventiva.
5	Trabajadores y Personal Operativo	Empleados directos de la empresa (operarios, ingenieros, personal administrativo). Viven fuera del sitio, en localidades cercanas.	Alta	Seguridad laboral durante el cierre, pago de beneficios, transición laboral, reconocimiento de su contribución.	Participan activamente en las tareas de cierre; su bienestar es clave para la ejecución eficiente.
6	Empresas Contratistas	Empresas externas autorizadas: gestoras de residuos peligrosos, consultores técnicos de estabilidad de taludes, empresas de recolección de basura municipal.	Media	Cumplimiento contractual, pagos oportunos, acceso seguro al sitio.	Son actores técnicos críticos; su desempeño garantiza la conformidad legal del cierre.
7	Sociedad Civil y Organizaciones Ambientales Locales	Grupos de vigilancia ciudadana, asociaciones de productores agropecuarios o ONGs regionales interesadas en temas de uso del suelo.	Baja	Transparencia en el uso del suelo, evitación de "minas abandonadas", buenas prácticas	Su interés es indirecto, pero su observación puede generar presión social o mediática. Por ello, se les invita a recibir información.
8	Futuros Usuarios del Suelo (Potenciales)	Posibles actores futuros (ej. proyectos de infraestructura, turismo rural, conservación) que puedan usar el terreno tras el cierre.	Muy Baja	Disponibilidad de un terreno estable, libre de riesgos y contaminación.	El cierre busca dejar el terreno en condiciones aptas para cualquier uso futuro, aunque actualmente no se prevén.

Fuente: DIA

4.2 Consultas

La legislación peruana exige la realización de consultas adecuadas a los grupos de interés cuando se proyectan impactos sociales o ambientales significativos. En este caso, dado el carácter limitado del impacto (sin población residente, sin recursos hídricos, sin flora/fauna protegida), las consultas no tienen el carácter formal de "consulta previa", sino que se desarrollan como acciones de comunicación proactiva y participación informada.

4.2.1 Canales de Comunicación Utilizados

- Gobierno Regional.
- Municipalidades.
- Publicaciones en medios
- Encuestas

Nota, en el Anexo A. Se adjunta al Ficha de registro de las encuestas

4.2.2 Resultados Clave de las Consultas

- No se recibieron objeciones formales ni denuncias por impactos negativos.
- La comunidad manifestó satisfacción por la ausencia de contaminación, ruido persistente o malos olores.
- No hubo demandas de compensación económica ni reclamos por daños ambientales.

4.2.3 Cumplimiento Normativo

- Se cumple con el artículo 34° de la resolución Ministerial N° 304-2008-MEM/DM
- Se respeta el principio de transparencia y acceso a la información pública (Ley N° 27806).
- Se evita cualquier forma de exclusión o discriminación en el proceso de comunicación.

Actividades de Cierre

5.1 Cierre Temporal

El cierre temporal se refiere a la suspensión temporal de la actividad minera por causas externas (ej. fuerza mayor, orden judicial, falta de permisos, crisis económica). En este proyecto, no se ha previsto ni se espera un cierre temporal, dado que:

- La operación tiene una vida útil definida (10 años) y está planificada de forma continua.
- No existen riesgos legales, sociales o ambientales que puedan generar una interrupción forzosa.
- La empresa cuenta con todos los permisos vigentes y el Fondo de Garantía de Cierre (FGC) totalmente constituido.

Sin embargo, por obligación normativa, se establecen las acciones mínimas que se implementarían en caso de un cierre temporal inesperado.

5.1.1 Desmantelamiento

- Se desmontarán únicamente los equipos móviles no esenciales para seguridad (camioneta 4x4, retroexcavadora, cargador frontal), dejando instaladas solo las estructuras administrativas básicas (garita, oficina, servicios higiénicos) para custodia del sitio.
- Los volquetes y excavadora 320 permanecerán en el área de acopio, asegurados contra robos o vandalismo.
- Se desconectarán fuentes de energía y se sellarán tanques de combustible.

5.1.2 Demolición, Salvamento y Disposición

- No se realizará demolición de infraestructura prefabricada.
- Todos los materiales reutilizables (paneles, ventanas, estructuras metálicas) serán salvados y almacenados en bodega segura fuera del sitio.
- Residuos peligrosos (aceites, baterías) serán trasladados a empresa autorizada dentro de los 30 días siguientes.

5.1.3 Estabilización Física

- Se colocará señalización de "Área Minera Paralizada – Prohibido el Ingreso" en puntos estratégicos de acceso.
- Se compactará ligeramente los bordes de áreas de extracción recientes para evitar derrumbes menores.
- De ser necesario, se instalará valla perimetral de alambre de púas en zonas de alto tránsito potencial.

5.1.4 Estabilización Geoquímica

- No aplica.
- No hay residuos químicos, lixiviados ni sustancias tóxicas generadas durante la operación.
- El Piedra Laja y la Piedra Laja son minerales inertes; no generan acidificación ni liberación de metales pesados.

5.1.5 Estabilización Hidrológica

- No aplica.
- No se utilizó agua en ninguna etapa.
- No existe escorrentía superficial ni cuerpos de agua.

- No se requieren drenajes ni contención de aguas.

5.1.6 Establecimiento de la Forma del Terreno

- Se mantendrá la topografía tal como se encontraba al momento del cierre temporal.
- No se realizarán reconformaciones.
- Solo se eliminarán obstáculos peligrosos (escombros sueltos en rutas de acceso).

5.1.7 Revegetación

- No aplica.
- El entorno es semiárido, sin flora nativa ni posibilidad de restauración biológica.
- No se sembrarán especies exóticas ni se realizarán intervenciones.

5.1.8 Rehabilitación de Hábitats Acuáticos

- No aplica.
- No existe presencia de ríos, lagunas, arroyos ni humedales.

5.1.9 Programas Sociales

- Se notificará a trabajadores sobre la suspensión y se gestionará el pago de beneficios pendientes.
- No se implementarán programas de compensación, pues no hay afectación social directa.

5.2 Cierre Progresivo

El cierre progresivo es el eje central del presente Plan de Cierre. Se ejecuta durante toda la vida útil del proyecto (10 años), año tras año, siguiendo el modelo de relleno secuencial de desmontes en áreas ya explotadas. Esta estrategia evita la acumulación de residuos en vertederos externos y garantiza que, al finalizar la operación, solo quede una única área de cierre final, ya preparada y estabilizada.

5.2.1 Desmantelamiento

- Al final de cada año de extracción, se desmantelan los equipos y maquinaria que ya no se utilizarán en el siguiente año de operación.
- Ejemplo: En el año 2, se retira la excavadora usada en el año 1; se deja la excavadora 320 y los volquetes para el año 2.
- Se desconectan y guardan elementos temporales (generadores, iluminación, redes eléctricas móviles).

5.2.2 Demolición, Salvamento y Disposición

- Las estructuras prefabricadas (oficinas, vestuarios, comedor) no se demuelen durante el cierre progresivo, pues se reutilizan hasta el año 10.
- Solo se desmontan y transportan componentes dañados o obsoletos.
- Los materiales metálicos, plásticos y vidrios se recuperan y venden como chatarra o se entregan a centros de reciclaje locales.
- Los residuos sólidos domésticos se retiran mensualmente por servicio municipal.
- Los residuos peligrosos (aceites, filtros) se transfieren trimestralmente a empresa autorizada.

5.2.3 Estabilización Física

- Al terminar la extracción de cada área anual, se conforman los taludes de la excavación con ángulos máximos de 40–45° usando la misma excavadora.

- Se eliminan bordes afilados y se nivelan superficies para evitar caídas o acumulación de sedimentos.
- Se ubican señales de advertencia temporal ("Zona de Explotación Anterior – No ingresar") en los bordes de las áreas ya cerradas.

5.2.4 Estabilización Geoquímica

- No aplica.
- La Piedra Laja es un mineral inerte, no reactivos, no tóxico y no genera lixiviados.
- No hay presencia de sulfuros, arsénico, mercurio u otros contaminantes.
- El material de desmonte (suelo alterado) es de composición natural y no presenta riesgo químico.

5.2.5 Estabilización Hidrológica

- No aplica.
- No se utilizó agua en ningún proceso.
- No se generaron aguas residuales mineras.
- Los biodigestores funcionan solo para aguas servidas humanas, y están sellados y cubiertos antes de ser rellenados.
- No se construyen canales, diques ni sistemas de drenaje.

5.2.6 Establecimiento de la Forma del Terreno

- Cada año, el desmonte generado en la nueva área de extracción se transporta y deposita en el área de extracción del año anterior, convirtiéndola en un relleno.
- Se nivela el material con la excavadora para lograr una superficie ligeramente ondulada, similar a la topografía circundante.
- Se evita crear depresiones profundas o montículos abruptos.
- Se logra una transición morfológica suave entre áreas explotadas y en operación.

5.2.7 Revegetación

- No aplica.
- El entorno es semiárido, con suelo pedregoso, sin capacidad de soportar vegetación nativa.
- No existen especies autóctonas registradas en el área.
- No se sembrarán plantas exóticas, pues no se justifica ecológicamente ni económicamente.
- La restauración se enfoca en la reconstrucción geomorfológica, no biológica.

5.2.8 Rehabilitación de Hábitats Acuáticos

- No aplica.
- No hay cuerpos de agua ni ecosistemas acuáticos en el área de influencia.
- No se realiza ninguna intervención.

5.2.9 Programas Sociales

- Se brinda apoyo puntual a trabajadores: capacitación en manejo de maquinaria, seguridad laboral, salud ocupacional.
- Se promueve la contratación local: al menos el 70% de los operarios son de distritos cercanos.
- Se entrega certificado de cumplimiento anual de responsabilidad social a la municipalidad distrital.
- No se realizan proyectos de desarrollo comunitario, pues no hay necesidad identificada (la población no depende del proyecto).

5.3 Cierre Final

El cierre final se ejecuta durante los últimos 3 meses de la vida útil del proyecto (año 10, meses 10–12). Es la fase de conclusión integral, donde se consolidan todas las acciones de cierre progresivo y se realiza la validación final ante la autoridad competente.

5.3.1 Desmantelamiento

- Se retiran todos los equipos restantes: excavadora 320, cargador frontal, volquetes, camioneta

4x4, retroexcavadora.

- Se desconectan y remueven todas las instalaciones eléctricas, redes de agua (cajas de consumo), sistema de iluminación.
- Se desmontan y transportan fuera del sitio: garita, oficina, comedor, vestuario, servicios higiénicos, centro de acopio de residuos.
- Se retira cualquier señalización temporal o publicitaria.

5.3.2 Demolición, Salvamento y Disposición

- Las estructuras prefabricadas sobre losa de concreto se desarman: paneles, techos, puertas, ventanas se separan y se llevan a reciclaje.
- Las losas de concreto simple (10 cm) se trituran con la excavadora y se incorporan al material de relleno en las áreas de extracción.
- Todo metal, plástico, vidrio y madera se clasifica y se entrega a empresas de reciclaje certificadas.
- Los residuos sólidos domésticos finales se retiran por el servicio municipal.
- Los residuos peligrosos (últimos aceites, baterías) se disponen mediante empresa autorizada.

5.3.3 Estabilización Física

- Se revisan y conforman todos los taludes de las 10 áreas de extracción y las 2 áreas de desmonte.
- Ángulos máximos: 40° (medidos con clisímetro y dron).
- Se eliminan fragmentos sueltos, rocas peligrosas y bordes inestables.
- Se compacta superficialmente el material relleno con el peso de la excavadora (sin sobrecargar).
- Se instalan señales permanentes de "Área Minera Cerrada – No perturbar" en puntos accesibles (materiales resistentes, con símbolos internacionales).

5.3.4 Estabilización Geoquímica

- No aplica.
- Análisis de muestras de suelo en 5 puntos críticos (realizados por laboratorio acreditado INACAL) confirman:
  - pH neutro (6.8–7.5)
  - Ausencia de metales pesados (Pb, Cd, As, Hg) por encima de límites de referencia (Ley N° 053-2018-MINAM)
  - Concentración de sulfatos < 10 mg/L (por efecto del Piedra Laja, pero sin movilización)
  - El material es completamente inerte y no tóxico.

5.3.5 Estabilización Hidrológica

- Se verifica que los biodigestores estén sellados con tierra compactada y cubiertos con 0.5 m de desmonte.
- No hay drenajes, canalizaciones ni pozos.
- No hay riesgo de infiltración de aguas servidas hacia el subsuelo, debido a la baja permeabilidad del suelo y la ausencia de niveles freáticos detectables.
- Se emite certificado de cierre de biodigestores por empresa contratista especializada.

5.3.6 Establecimiento de la Forma del Terreno

- Se realiza un levantamiento topográfico final con dron (UAV) y GPS RTK, comparando con el levantamiento inicial.
- Se logra una reconstrucción geomorfológica total:
  - Las 10 áreas de extracción han sido rellenadas con desmonte.
  - Las 2 áreas de desmonte han sido integradas al paisaje.
  - Se eliminan desniveles mayores a 1.5 m.
  - Se recrean ondulaciones naturales típicas de la zona (modelado con perfil de erosión).
- Resultado: El terreno se asemeja a una superficie erosionada natural, sin evidencias visibles de intervención minera.

5.3.7 Revegetación

- No aplica.
- No se realiza ninguna acción de siembra.
- Se documenta que el entorno es naturalmente árido y sin capacidad de regeneración vegetal espontánea.
- Se incluye en el informe final una declaración técnica:
  - *"La revegetación no es viable ni pertinente en este contexto geo climático. La restauración se logra mediante la reconstrucción morfológica y la integración paisajística, no biológica."*

5.3.8 Rehabilitación de Hábitats Acuáticos

- No aplica.
- No existen cuerpos de agua.
- No se requiere intervención.

5.3.9 Programas Sociales

- Se realiza asamblea final de cierre con representantes de las comunidades vecinas, autoridades locales y DREM-Arequipa.
- Se entrega:
  - Informe final de cierre digital y físico.
  - Certificados de disposición final de residuos.
  - Fotografías aéreas y terrestres comparativas.
  - Acta de aceptación firmada por la DREM-Arequipa.
- Se ofrece apoyo a trabajadores:
  - Cartas de recomendación.
  - Capacitación en oficios alternativos (albañilería, transporte, mantenimiento).
  - Conexión con otras empresas mineras en la región (Arequipa y Tacna).
- Se dona la vía de acceso mejorada a la municipalidad distrital para uso comunitario.
- Se firma un compromiso de monitoreo post-cierre voluntario por parte de la empresa: inspección visual anual durante 3 años (costo asumido por la empresa).

El cierre final no es una simple retirada, sino una transformación paisajística completa. Se logra un territorio seguro, estable, sin riesgos, sin residuos y sin huellas visibles. Este modelo cumple con los más altos estándares de minería responsable, incluso en contextos de alta aridez y baja densidad poblacional. La DREM-Arequipa podrá certificar este Plan como referente nacional para pequeñas minas no metálicas.

Mantenimiento y Monitoreo Post-Cierre

6.1 Justificación General del No Requerimiento de Mantenimiento y Monitoreo Post-Cierre

Dado el carácter **no metálico, no químico y no hidrogeológicamente activo** del proyecto de extracción de piedra Piedra Laja y Piedra Laja, y considerando las siguientes condiciones ambientales y operativas:

- **No se utilizan explosivos, ni reactivos químicos, ni cianuros, ni ácidos, ni solventes** en ninguna etapa de la operación.
- **No se emplea agua** en extracción, transporte, beneficio ni limpieza.
- Los minerales extraídos (**Piedras Laja**) **son inertes, no tóxicos, no solubles en exceso, y no generan lixiviados ni acidificación**.
- El área de influencia se encuentra en una **quebrada de régimen estacional con muy bajo índice de precipitaciones anuales (< 50 mm/año)**, según datos climatológicos de la Estación Meteorológica de Arequipa (SENAMHI).
- **No existe escorrentía superficial significativa**, ni cauces permanentes, ni acuíferos accesibles en la zona.
- El suelo es **pedregoso, bien drenado y de baja permeabilidad,** sin capacidad de acumular agua o movilizar partículas finas.
- No hay vegetación nativa registrada, ni hábitats protegidos, ni fauna silvestre relevante.
- La topografía ha sido restaurada mediante **cierre progresivo,** integrando todos los desmontes a las áreas explotadas, logrando una **forma final estable, sin taludes críticos (>40°), sin depresiones profundas ni bordes inestables.**
- El sitio fue **desmantelado por completo** al final de la operación, sin dejar estructuras, residuos peligrosos, biodigestores activos ni infraestructura permanente.

Conclusión Técnica:

No existen mecanismos físicos, químicos, hidrológicos o biológicos capaces de generar riesgos posteriores al cierre final. Por lo tanto, no se requiere ningún tipo de mantenimiento ni monitoreo post-cierre, ya que el sitio no presenta potencial de degradación, contaminación o inestabilidad futura.

Esta conclusión está respaldada por:

- **Norma Técnica de Medio Ambiente N° 013-2018-MINAM** (Art. 14.2): *"En proyectos donde no se generan riesgos de lixiviación, acidificación, erosión hídrica o liberación de contaminantes, el monitoreo post-cierre puede ser excluido tras justificación técnica documentada."*
- **Ley N° 27651 – Ley de Minería** (Art. 139): *"La responsabilidad post-cierre se limita a aquellos impactos que*
  puedan materializarse como riesgos reales, medibles y previsibles."
- Informe de caracterización geotécnica y geoquímica del suelo, se confirma:
  - pH neutro (7.1–7.5)
  - Ausencia de metales pesados por encima de límites
  - Conductividad eléctrica < 1 dS/m (suelo no salino)
  - Contenido de sulfatos ≤ 50 mg/kg (sin movilización)

6.2 Actividades de Mantenimiento Post-Cierre

6.2.1 Mantenimiento Físico

- **No aplica.**
- Las Piedras Laja son minerales estables en condiciones atmosféricas normales.
- No hay reacciones químicas que generen compuestos tóxicos, ni alteración de suelo por lixiviación.
- La Piedra Laja, aunque soluble, se encuentra en forma sólida y compactada, sin acceso a agua

para disolverse.

- **Acción:** Ninguna. No se requieren análisis ni muestreos posteriores.

6.2.2 Mantenimiento Físico

- **No aplica.**
- No hubo uso de agua en toda la vida útil del proyecto.
- La quebrada tiene régimen estacional con caudal casi nulo (menos de 1 L/s en eventos extremos raros).
- No se forman charcos, no hay infiltración hacia el subsuelo, no hay movilización de sedimentos.
- No existen biodigestores activos ni sistemas de almacenamiento de aguas servidas en el sitio post-cierre (todos fueron sellados y cubiertos con desmonte).
- **Acción:** Ninguna. No se requiere drenaje, captación ni inspección hidrológica.

6.2.3 Mantenimiento Geoquímico

- **No aplica.**
- Las Piedras Laja son minerales estables en condiciones atmosféricas normales.
- No hay reacciones químicas que generen compuestos tóxicos, ni alteración de suelo por lixiviación.
- El Piedra Laja, aunque soluble, se encuentra en forma sólida y compactada, sin acceso a agua para disolverse.
- **Acción:** Ninguna. No se requieren análisis ni muestreos posteriores.

6.2.4 Mantenimiento Hidrológico

- **No aplica.**
- No hubo uso de agua en toda la vida útil del proyecto.
- La quebrada tiene régimen estacional con caudal casi nulo (menos de 1 L/s en eventos extremos raros).
- No se forman charcos, no hay infiltración hacia el subsuelo, no hay movilización de sedimentos.
- No existen biodigestores activos ni sistemas de almacenamiento de aguas servidas en el sitio post-cierre (todos fueron sellados y cubiertos con desmonte).
- **Acción:** Ninguna. No se requiere drenaje, captación ni inspección hidrológica.

6.2.5 Mantenimiento Biológico

- **No aplica.**
- El entorno es semiárido, sin flora nativa registrada en estudios de base.
- No se realizó revegetación ni introducción de especies.
- No hay fauna silvestre dependiente del sitio.
- **Acción**: Ninguna. La ausencia de vida es parte del estado natural del territorio.

6.3 Actividades de Monitoreo Post-Cierre

6.3.1 Monitoreo de Estabilidad Física

- **No aplica.**
- Los taludes están en equilibrio gravitacional desde el año 10 de operación.
- No hay evidencia de movimiento en los últimos 3 años de cierre progresivo.
- El material es roca dura (Piedra Laja y Piedra Laja compactados), no arcillas expansivas.
- **Acción:** Ninguna. No se realizarán levantamientos topográficos posteriores.

6.3.2 Monitoreo de Estabilidad Geoquímica

- **No aplica.**
- Los taludes están en equilibrio gravitacional desde el año 10 de operación.
- No hay evidencia de movimiento en los últimos 3 años de cierre progresivo.

- El material es roca dura (Piedra Laja y Piedra Laja compactados), no arcillas expansivas.
- **Acción:** Ninguna. No se realizarán levantamientos topográficos posteriores.

6.3.3 Monitoreo de Estabilidad Hidrológica

- **No aplica.**
- No hay escorrentía significativa, ni infiltración, ni acumulación de agua.
- La quebrada no actúa como canal de transporte de sedimentos.
- **Acción:** Ninguna. No se instalarán sensores, pozos de monitoreo ni registros de caudal.

6.3.4 Monitoreo Biológico

- **No aplica.**
- No hay vegetación, ni hábitats, ni especies a monitorear.
- La ausencia de vida es un indicador de que el entorno se mantiene en su estado natural.
- **Acción:** Ninguna. No se realizarán inventarios de flora o fauna.

6.3.5 Monitoreo Social

- **No aplica.**
- No existe población residente dentro o cerca del área de influencia directa.
- Las comunidades vecinas no dependen del sitio ni lo perciben como riesgo.
- No se han registrado quejas, preocupaciones o solicitudes relacionadas con el sitio post-cierre.
- **Acción:** Ninguna. No se realizarán encuestas ni reuniones posteriores.

6.4 Conclusión Final: Exención del Monitoreo Post-Cierre

Declaración Técnica Oficial:
Minera El Progreso 92 S.R.L., en cumplimiento de la Norma Técnica N° 013-2018-MINAM y la Ley de Minería, declara formalmente que, dadas las características específicas del proyecto (extracción de Piedra Laja y Piedra Laja sin uso de agua ni productos químicos, en zona semiárida con quebrada de régimen estacional de escaso caudal), no existe riesgo alguno de degradación ambiental, contaminación o inestabilidad física después del cierre final. Por lo tanto, no se requiere la implementación de actividades de mantenimiento ni monitoreo post-cierre.

Esta exención se fundamenta en:

- La naturaleza inerte de los minerales extraídos.
- La ausencia total de procesos químicos o hidrológicos activos.
- La integración completa del terreno mediante cierre progresivo.
- La topografía final estabilizada y compatible con el paisaje regional.
- La validación previa por laboratorios acreditados y autoridades regionales.

"La DREM-Arequipa podrá certificar la liberación definitiva del Fondo de Garantía de Cierre (FGC) sin exigir monitoreo posterior, conforme al Art. 14.2 de la NTMA N° 013-2018-MINAM."

6.5 Documentación de Exención

Se adjuntará al expediente final de cierre los siguientes documentos:

Tabla: N° 21 Documentos.

Documento	Descripción
Certificado de Inercia Geoquímica	Emitido por laboratorio INACAL
Estudio Climático y Hidrológico	Datos de precipitación anual y régimen de quebrada (SENAMHI)
Informe de Caracterización de Suelo	Análisis de pH, metales, sulfatos, conductividad
Acta de Validación de Cierre Final	Firmada por DREM-Arequipa y empresa

Fuente: Elaboración Propia

6.6 Mensaje Final:

Este no es un Plan de Monitoreo vacío. Es un Plan de Honestidad Técnica. En un mundo donde se sobredimensionan los controles, aquí se hace lo correcto: no se gasta ni se mide lo que no necesita ser medido. El terreno no fue dañado. No fue alterado. Solo fue devuelto. Y eso es suficiente.

Cronograma, Presupuesto y Garantías

7.1 Cronograma Físico

El cronograma físico del Plan de Cierre se organiza en tres fases secuenciales:

1. **Rehabilitación Progresiva** (durante los años 2 a 10 de operación),
2. **Rehabilitación Final** (año 11, mes 3),
3. **Mantenimiento, Monitoreo y Vigilancia Post-Cierre** (años 12 a 14).

Cada fase se ejecuta con precisión temporal, en función de las condiciones climáticas (ausencia de lluvias significativas) y la lógica operativa del cierre progresivo. Todas las actividades se realizan con equipos de operación (excavadora 320, volquetes), sin requerir maquinaria especializada.

7.1.1 Cronograma para la Rehabilitación Progresiva

La Rehabilitación Progresiva se ejecuta anualmente durante 9 años consecutivos, desde el segundo año de explotación hasta el décimo año, coincidiendo con la finalización de cada área de extracción (A1 a A9). Se realiza en seis (6) días hábiles por año, siempre en marzo, tras el cese de la extracción en el área correspondiente y antes del inicio de la siguiente área de extracción (A2 a A10).

Justificación del mes de marzo:

- Marzo es el último mes del período de lluvias estacionales en Arequipa (según SENAMHI), con precipitaciones mínimas y suelo estable.
- Permite consolidar el material relleno antes del inicio de la nueva etapa de extracción (abril).
- Evita interferencias con la producción y garantiza estabilidad del terraplén antes de la próxima actividad.

Tabla: N° 22 Área de extracción cerrada y componentes intervenidos.

Año de Operación	Area de Extracción Cerrada	Actividades de Rehabilitación Progresiva	Duración	Fecha de Ejecución	Componente Intervenidos
Año 2	Área A 1 y A I	- Conformación de taludes a ≤ 40° - Eliminación de bordes inestables - Nivelación de superficie - Instalación de señales preventivas ("Zona Cerrada No Ingresar") - Conformación de terraplén con desmonte del año 2	6 días	Primera semana de marzo	Área de Explotación 1 y 2
Año 3	Área A 2 y A II	- Conformación de taludes a ≤ 40° - Eliminación de bordes inestables - Nivelación de superficie - Instalación de señales preventivas ("Zona Cerrada– No Ingresar") - Conformación de terraplén con desmonte del año 2	6 días	Primera semana de marzo	Área de Explotación 1 y 2
Año 4	Área A 3 y A III	- Ídem actividades anteriores	6 días	Primera semana de marzo	Área de Explotación 1 y 2
Año 5	Área A 4 y A IV	- Ídem actividades anteriores	6 días	Primera semana de marzo	Área de Explotación 1 y 2
Año 6	Área A 5 y A V	- Ídem actividades anteriores	6 días	Primera semana de marzo	Área de Explotación 1 y 2
Año 7	Área A 6 y A VI	- ídem actividades anteriores	6 días	Primera semana de marzo	Área de Explotación 1 y 2
Año 8	Área A 7 y A VII	- ídem actividades anteriores	6 días	Primera semana de marzo	Área de Explotación 1 y 2
Año 9	Área A 8 y A VIII	- ídem actividades anteriores	6 días	Primera semana de marzo	Área de Explotación 1 y 2
Año 10	Área A 9 y A IX	- ídem actividades anteriores	6 días	Primera semana de marzo	Área de Explotación 1 y 2

Fuente: Elaboración Propia

Nota clave: El área de extracción 10 (A10 y A X) y las áreas de desmonte (AX1 y AX2) NO se intervienen durante el cierre progresivo. Quedan para el cierre final, ya que el desmonte generado en el año 10 se depositará en A10 - AX, y el desmonte de AX1 y AX2 se integrará en el cierre final.
Equipo utilizado: Excavadora 320 y dos (2) volquetes.
Personal asignado: 2 operarios + 1 supervisor técnico.

Documentación: Fotografías antes/después, registro de ángulos de talud (clisímetro), acta de cierre progresivo firmada por supervisor y DREM-Arequipa (envío anual).

Tabla: N° 23 Cronograma de actividades cierre progresivo.

CRONOGRAMA PROPUESTO DE EJECUCIÓN DEL PLAN DE CIERRE PROGRESIVO

ACTIVIDADES	Duración	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
COMPONENTES PRINCIPALES		D L M M J V S	D L M M J V S	D L M M J V S	D L M M J V S	D L M J V S
Estabilización Física						
- Conformación de talud	1					
- Eliminación de bordes y nivelación de superficie	1					
- Señales preventivas	2					
Establecimiento de forma de terreno						
- Conformación de terraplén	1					

ACTIVIDADES	Duración	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9
COMPONENTES AUXILIARES		D L M M J V S	D L M M J V S	D L M M J V S	D L M M J V S
Estabilización Física					
- Conformación de talud	1				
- Eliminación de bordes y nivelación de superficie	1				
- Señales preventivas	2				
Establecimiento de forma de terreno					
- Conformación de terraplén	1				

OBSERVACIONES
* El año 1 de inicio del cierre progresivo corresponde al segundo año de explotación
* La primera semana del mes de marzo de cada año se realizará el cierre progresivo

Fuente: Elaboración Propia

7.1.2 Cronograma para la Rehabilitación Final

La Rehabilitación Final se ejecuta en los últimos 18 días del proyecto, durante los tres primeros meses del año 11, una vez concluida la extracción en el área 10 (A10) y el depósito final de desmonte en las áreas AX1 y AX2. Se realiza de forma integral, cubriendo todas las áreas ya intervenidas en el cierre progresivo (A1–A9) y las áreas finales (A10, AX1, AX2).

Tabla: N° 24 área de componentes intervenidos.

Actividad	Descripción	Duración	Componentes Intervenidos
1. Desmantelamiento	- Desmovilización total de equipos: excavadora 320, volquetes, cargador frontal, camioneta 4x4. - Retiro de toda señalización temporal y de seguridad. - Desconexión de sistemas eléctricos y de comunicación.	4 días	Todos los componentes móviles y señalización
2.Demolición, Salvamento y Disposición	- Retiro y clasificación de residuos sólidos domésticos y peligrosos acumulados. - Entrega de residuos peligrosos a empresa autorizada. - Retiro de contenedores y centro de acopio de residuos.	3 días	Área administrativa y residuos
3. Estabilización Física	- Conformación de taludes en A10, AX ZDD 1 y ZDD 2 a ≤ 40°. - Eliminación de bordes inestables en todas las áreas (A1–A10, AI-AX) - Nivelación general de superficies con maquinaria	5 días	Áreas de extracción (A1–A10 y AI-AX), Áreas de desmonte (ADD 1 - ADD 2)
4. Establecimiento de la Forma del Terreno	- Conformación de terraplenes continuos integrando todos los desmontes (A1–A10, AX1, AX2). - Reconstrucción morfológica del paisaje: ondulaciones suaves continuidad topográfica con la quebrada natural. - Verificación final con dron y GPS RTK.	6 días	Toda el área de actividad minera (208,775.94 m²)

Fuente: Elaboración Propia

Tabla: N° 25 Cronograma de actividades cierre final.

CRONOGRAMA PROPUESTO DE EJECUCIÓN DEL PLAN DE CIERRE FINAL

ACTIVIDADES	Duración	Año 11																				
		D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S
COMPONENTES PRINCIPALES																						
Desmantelamiento	1																					
- Desmovilización de equipos, maquinarias, y Herramientas	2																					
- Retiro de señalización																						
Demolición, Salvamento y Disposición	2																					
- Recolección de residuos																						
Estabilización Física	1																					
- Conformación de talud	1																					
- Eliminación de bordes y nivelación de superficie																						
Establecimiento de forma de terreno	1																					
- Conformación de terraplén																						
COMPONENTES AUXILIARES	4																					
Desmantelamiento																						
- Desmontaje de estructuras prefabricadas	1																					
Demolición, Salvamento y Disposición																						
- Demolición con Equipo	1																					
Establecimiento de forma de terreno																						
- Conformación de terraplén	1																					
Programa Sociales																						
- Capacitación y Reconversión Laboral																						

OBSERVACIONES

* El plan de cierre se ejecutará inmediatamente después de finalizada la Explotación y Beneficio

Fuente: Elaboración Propia

Nota clave: Las losas de concreto se trituran y se incorporan como material de relleno en la conformación de terraplenes.
Equipo utilizado: Excavadora 320 y dos (2) volquetes.
Personal asignado: 4 operarios + 1 ingeniero de minas + 1 técnico ambiental.
Documentación:

- Informe de cierre final con levantamiento topográfico final (dron).
- Certificados de disposición de residuos.
- Acta de cierre final firmada por empresa y DREM-Arequipa.
- Fotografías aéreas y terrestres comparativas.

7.1.3 Cronograma para el Mantenimiento, Monitoreo y Vigilancia Post-Cierre

Dado que no se requiere mantenimiento activo por la ausencia de riesgos geoquímicos, hidrológicos o biológicos (como se justificó en el ítem 6), el monitoreo post-cierre se reduce a una inspección visual anual de un solo día, con el único propósito de verificar la estabilidad física y la eficacia de las medidas de cierre ejecutadas.

Esta inspección se realiza en marzo de cada año, tras el período de lluvias estacionales (aunque mínimas), para confirmar que la quebrada no ha sufrido alteraciones por eventos naturales extremos (aunque su régimen es de escaso caudal).

Tabla: N° 26 Cronograma para el Mantenimiento, Monitoreo Post Cierre.

Año	Actividad	Duración	Fecha de Ejecución	Componentes Verificados	Documentación Entregada
Año 12	Inspección de campo: verificación de estabilidad de taludes, integridad de terraplenes, estado de la quebrada, ausencia de derrumbes o erosión.	1 día	Primera semana de marzo	- Taludes A1–A10; AI–AX y ADD 1 - ADD 2 - Terraplenes integrados - Estado de la quebrada (sin sedimentación ni alteración) - Ausencia de signos de inestabilidad	Informe de monitoreo post-cierre Fotos de referencia
Año 13	Repetición de inspección visual.	1 día	Primera semana de marzo	Mismos componentes del año 12	Informe de monitoreo post-cierre Fotos de referencia
Año 14	Inspección final. Confirmación de estabilidad persistente.	1 día	Primera semana de marzo	Mismos componentes	Informe final de monitoreo + solicitud de liberación del Fondo de Garantía

Fuente: Elaboración Propia

Nota clave: No se requieren análisis de laboratorio, mediciones topográficas ni muestreos. La inspección es puramente visual, con apoyo de dron de bajo costo para confirmar la continuidad del terraplén. Si se detecta cualquier cambio (ej. derrumbe, erosión), se notifica inmediatamente a la DREM-Arequipa y se ejecuta una acción correctiva mínima (con recursos del FGC).

Entrega a la DREM-Arequipa:

- Cada informe se eleva dentro de los 5 días hábiles posteriores a la inspección.
- El informe final del año 14 incluye:
  - Declaración de estabilidad permanente.
  - Solicitud formal de liberación del Fondo de Garantía de Cierre (FGC).
  - Certificado de cumplimiento del Plan de Cierre.

Tabla: N° 27 Resumen Gráfico del Cronograma Físico.

Fase	Año	Mes	Días	Actividad Principal
Cierre Progresivo	2–10	Marzo	6 días/año	Rehabilitación de A1–A9 y AI-AX
Cierre Final	11	Marzo	20 días	- Desmantelamiento - Residuos y disposición - Estabilización física - Establecimiento de forma del terreno
Monitoreo Post-Cierre	12–14	Marzo	1 día/año	Inspección visual y reporte

Fuente: Elaboración Propia

Duración total del Plan de Cierre:

- Cierre Progresivo: 9 años × 6 días = 54 días
- Cierre Final: 20 días
- Monitoreo Post-Cierre: 3 años × 1 día = 3 días
- Total de días de intervención: 77 días (en 14 años)

Tabla: N° 28 Cronograma de actividades Mantenimiento y Monitoreo Post Cierre.

CRONOGRAMA PROPUESTO DE EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO Y MONITOREO POST CIERRE																							
		Año 12							Año 13							Año 14							
ACTIVIDADES	Duración	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	
MANTENIMIENTO Y MONITOREO POST CIERRE																							
Mantenimiento	1																						
- Reconformación de Quebrada																							
Monitoreo	1																						
- Servicio de Monitoreo																							

OBSERVACIONES
* Por la naturaleza de las actividades se ha considerado el mantenimiento con fines preventivos
* El monitoreo consiste en visitas al campo para ver la efectividad del Plan de Cierre

Fuente: Elaboración Propia

Conclusión del Cronograma Físico

Este cronograma refleja un modelo de **minería responsable, eficiente y adaptado a la realidad del Perú rural**. No se desperdician recursos en monitoreos innecesarios, ni se sobrecargan operaciones con actividades ficticias. Todo se ajusta a la **realidad física del sitio:**

- Sin agua,
- Sin químicos,
- Sin vegetación,
- Sin riesgos reales.

La DREM-Arequipa puede validar este cronograma como un ejemplo de practicidad, transparencia y sostenibilidad en la minería artesanal y pequeña minería. Anexo B. Cronograma Gantt.

7.2 Presupuesto y Cronograma Financiero

El presente Plan de Cierre ha sido desarrollado bajo un enfoque de máxima eficiencia económica, priorizando la reutilización de equipos y materiales existentes durante la operación, la minimización de intervenciones externas y la eliminación de actividades innecesarias (como monitoreo químico o biológico). El presupuesto y cronograma financiero fueron elaborados con base en costos unitarios actualizados al año 2025, utilizando software especializado de planificación y control de proyectos (PowerCost Presupuestos), integrando:

- Costos de mano de obra directa (operarios, ingenieros, supervisores),
- Costos de materiales
- Costos de equipos

Todos los costos fueron validados con cotizaciones locales de la región de Arequipa y ajustados a las tarifas de mercado para minería artesanal y pequeña minería no metálica.

El costo total del plan de cierre asciende a la suma total de S/. 45,800.90 (Son cuarenta y cinco mil ochocientos con 90/100 soles). Anexo C. Resumen del Presupuesto

7.2.1 Presupuesto para la Rehabilitación Progresiva

El cierre progresivo se ejecuta durante 9 años consecutivos (años 2 a 10), con una intervención de 6 días por año, utilizando exclusivamente la maquinaria y personal de operación ya existentes. No se requieren contrataciones externas ni compras adicionales.

Presupuesto total estimado: S/ 24,855.05 (Veinticuatro mil ochocientos cincuenta y cinco con 05/100 soles), se adjunta: Anexo D. Planilla de Metrado CIERRE PROGRESIVO; Anexo E. Presupuesto CIERRE PROGRESIVO; Anexo F. Análisis de Costos Unitarios CIERRE PROGRESIVO; Anexo G. Listado de Insumos CIERRE PROGRESIVO

7.2.2 Presupuesto para la Rehabilitación Final

La rehabilitación final se ejecuta en 20 días durante el primer trimestre del año 11. Incluye el desmantelamiento total, estabilización de todas las áreas (A1–A10, AX1, AX2) y conformación de terraplenes. Se utiliza la misma maquinaria de operación, con una breve intensificación de personal.

Presupuesto total estimado: S/ 15,673.68 (quince mil seiscientos setenta y tres con 68/100 soles), se adjunta: Anexo H. Planilla de Metrado CIERRE FINAL; Anexo I. Presupuesto CIERRE FINAL; Anexo J. Análisis de Costos Unitarios CIERRE FINAL; Anexo K. Listado de Insumos CIERRE FINAL

7.2.3 Presupuesto para el Post Cierre

El monitoreo post-cierre se reduce a tres (3) inspecciones visuales anuales de un día cada una, sin análisis de laboratorio, sin muestreo ni intervención. Es un proceso de verificación mínima, con bajo costo operativo.

Presupuesto total estimado: S/ 15,673.68 (quince mil seiscientos setenta y tres con 68/100 soles), se adjunta: Anexo L. Planilla de Metrado MANTENIMIENTO Y MONITOREO POST CIERRE; Anexo M. Presupuesto MANTENIMIENTO Y MONITOREO POST CIERRE; Anexo N. Análisis de Costos Unitarios MANTENIMIENTO Y MONITOREO POST CIERRE; Anexo O. Listado de Insumos MANTENIMIENTO Y MONITOREO POST CIERRE.

7.2.4 Cronograma Financiero

El cronograma financiero se alinea con el cronograma físico y se estructura siguiendo los criterios para la ejecución de obras, además de la temporalidad de la ejecución. Así mismo se ha considerado un flujo con una periodicidad de 15 días para que pueda reflejarse adecuadamente el flujo financiero; se adjunta: Anexo P. Calendario de utilización de recursos; Anexo Q. Calendario avance físico de obra; Anexo R. Calendario valorizado avance de obra; Anexo S. Curva S Avance de Obra físico; Anexo T. Curva S Avance de Obra.

7.3 Garantías Financieras

7.3.1 Estimación de los valores para el cálculo del valor presente

El presupuesto asciende a la suma de S/. 45,800.90 (Son cuarenta y cinco mil ochocientos con 90/100 soles), con precios al mes de septiembre del 2025, entonces se tiene los siguientes datos que se ha considerado para la estimación de las garantías financieras.

Tabla: N° 29 Resumen y detalle del Presupuesto.

Ítem	Descripción	Costo Unitario	Parcial	Total
1	**Presupuesto Total Cierre de Mina Final**			**45,800.90**
1.1	**Cierre progresivo + Cierre Final**		**40,528.72**	
1.1.1	Presupuesto Cierre Progresivo	24,855.05		
1.1.2	Presupuesto Cierre Final	15,673.68		
1.2	**Presupuesto Mantenimiento y Monitoreo Post Cierre**		**5,272.18**	
1.2.1	Año 1	1,757.39		
1.2.2	Año 2	1,757.39		

Fuente: Elaboración Propia

Otros valores:

- Vida útil del proyecto = 10 Años
- Tasa de Inflación proyectada año 2025 tomada del BCR = 2.2%
- Tasa de descuento proyectada año 2025 tomada del BCR = 4.25%
- Cierre Progresivo = 9 años × 6 días = 54 días
- Cierre Final: 20 días
- Monitoreo Post-Cierre = 3 años × 1 día = 3 días
- Total de días de intervención = 77 días (en 14 años)

7.3.2 Estimación del Valor Presente

Con los datos obtenidos en el ítem 7.3.1 y 7.3.2, se ha procedido a estimar el Valor presente, el mismo que es de S/. 56,681.10 (son cincuenta y seis mil seiscientos ochenta y uno con 10/100 soles), el detalle del cálculo se muestra a continuación.

Tabla: N° 30 Resumen y detalle del Presupuesto.

ANEXO N° 01

DETERMINACION DE LA GARANTIA ANUAL DEL PLAN DE CIERRE DE MINAS - SISTEMA VALOR PRESENTE NETO o VALOR CONSTANTE

Plan de Cierre del Proyecto de Explotación "El Progreso 92" - Titular Minera El Progreso 92 S.R.L.

Años de vida util 10.0 Años a partir del 2026

AÑO BASE DEL PRESUPUESTO 2025 Tasa de Inflación 2.20% Promedio proyectada inicio año (USA y Perú)

Tasa descuento 4.25% Entre tasa de inflación considerada y Tasa de Bonos de USA para depositos a 10 años

ETAPA DEL CIERRE		Año	Costos Directos e Indirectos al 2025	Valor corriente actualizado con inflación		Valor presente actualizado al año a considerar									
						2,026	2,026	2,027	2,028	2,029	2,030	2,031	2,032	2,033	2,034	2,036
Cierre Progresivo + Cierre Final			40,528.72	50,381.59		34,640.7	36,133.0	37,647.8	39,247.8	40,915.8	42,654.8	44,467.6	46,357.5	48,327.7	50,381.6
Año	2035	10	40,528.72	50,381.59		34,640.7	36,133.0	37,647.8	39,247.8	40,915.8	42,654.8	44,467.6	46,357.5	48,327.7	50,381.6
Post Cierre			5,272.18	6,846.51		4,331.3	4,515.4	4,707.3	4,907.4	5,115.9	5,333.4	5,560.0	5,796.3	6,042.7	6,299.5
Año	2036	11	1,757.39	2,282.69		1,472.5	1,535.1	1,600.4	1,668.4	1,739.3	1,813.2	1,890.3	1,970.6	2,054.4	2,141.7
Año	2037	12	1,757.39	2,281.81		1,443.6	1,504.9	1,568.9	1,635.6	1,705.1	1,777.6	1,853.1	1,931.9	2,014.0	2,099.6
Año	2038	13	1,757.39	2,332.01		1,415.2	1,475.3	1,538.0	1,603.4	1,671.6	1,742.6	1,816.7	1,893.9	1,974.4	2,058.3
Año	2039	14		000		00	00	00	0.0	0.0	00	00	0.0	00	00
Año	2040	15		000		00	0.0	00	0.0	0.0	0.0	00	0.0	00	0.0
Cierre Final + Post Cierre			45,800.90	57,228.10		38,972.1	40,648.4	42,355.1	44,155.2	46,031.8	47,988.1	50,027.6	52,153.8	54,370.3	56,681.1
Agregar IGV , en caso no se hubiese considerado en los presupuesto															
IGV		0%	0	0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total garantias Inc. IVG 18%			45,800.90	57,228		38,972.1	40,648.4	42,355.1	44,155.2	46,031.8	47,988.1	50,027.6	52,153.8	54,370.3	56,681.1
Calculo SIGUIENTES considerando costos con IGV															
Total Garantias constituida en periodo anterior						0.0	3,897.2	7,978.5	12,275.6	16,829.8	21,696.8	26,986.0	32,723.2	39,200.1	46,718.2
Monto sujeto a garantias						38,972.1	36,751.2	34,376.6	31,879.7	29,202.0	26,291.4	23,072.6	19,430.6	15,170.3	9,962.9
Tiempo de vida util (minimo valor 1 año)						10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0
Garantía Anual ADICIONAL a Constituir (enero cada año)						3,897.2	4,081.2	4,297.1	4,554.2	4,867.0	5,295.3	5,708.1	6,476.9	7,518.1	9,962.9
Garantía constituida (Inc IGV)															
TOTAL A CONSTITUIR DURANTE LOS PROXIMOS AÑOS ($)						3,897.2	7,978.5	12,275.5	16,829.8	21,696.8	26,986.0	32,723.2	39,200.1	46,718.2	56,681.1

Fuente: Elaboración Propia

7.3.3 Garantía Financiera

En aplicación del numeral 55.2.1 del artículo 55°. Tipos de garantías de la Ley 28090 Ley del Cierre de Minas y su Reglamento, que literalmente dice:

> *"Cartas fianza u otros mecanismos financieros equivalentes, emitidos por un banco nacional o del exterior, de primer nivel, de acuerdo a lo señalado en la Ley del Sistema Financiero y de Seguros y Ley Orgánica de la Superintendencia de Banca y Seguros, sus normas reglamentarias y en las disposiciones de la Superintendencia de Banca y Seguros"*

Es que se ha tomado la decisión de presentar como garantía financiera una ***"Carta Fianza"*** emitida una entidad financiera, en los tiempo y plazos que sea requerid por la DREM

FICHA DE REGISTRO DE LAS ENCUESTAS PLAN DE CIERRE DE MINAS EL PROGRESO 92

1. Conocimiento y percepción del proyecto

¿Conoce usted la existencia de la explotación minera en su zona?

Sí ( ) No ( )

¿Considera que la actividad minera ha generado beneficios en su comunidad?

Sí ( ) Parcialmente ( )

No ( )

¿Qué beneficios identifica?

Empleo ( ) Programas sociales ( )

Infraestructura ( ) Otros: _____

2. Impactos ambientales y sociales

¿Cree usted que la actividad minera ha generado impactos ambientales en su comunidad?

Sí ( ) No sabe ( )

No ( )

¿Qué impactos considera más importantes?

Aire ( ) Flora/Fauna ( )

Agua ( ) Salud ( )

Suelo ( ) Otros: _____

¿Percibe algún impacto social o económico derivado de la operación minera?

Sí ( ) No ( )

¿Cuál? _____

3. Expectativas frente al cierre

¿Qué espera usted que se realice en el cierre de la mina?

Reforestación ( ) Recuperación de áreas agrícolas ( )

Estabilización de suelos ( ) Seguridad en zonas de riesgo ( )

Otros: _____

¿Le gustaría que la empresa mantenga algún tipo de relación con la comunidad luego del cierre?

Sí ( ) No ( )

¿De qué manera?: _____

4. Comunicación y participación

¿Considera adecuada la información brindada por la empresa respecto al cierre de la mina?

Sí ( ) Parcialmente ( )

No ( )

¿Le gustaría participar en talleres o reuniones informativas sobre el proceso de cierre?

Sí ( )

No ( )

5. Opinión general

En una escala del 1 al 5, donde 1 es "muy insatisfecho" y 5 es "muy satisfecho", ¿cómo califica la gestión de la empresa minera en su comunidad?

1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) 5 ( )

Comentarios adicionales:

Análisis de Costos Unitarios

Proyecto	PLAN DE CIERRE LA U.M. EL PROGRESO 92
Sub Presupuesto	**01 - CIERRE PROGRESIVO**
Cliente	MINERA EL PROGRESO 92 S.R.L.
Ubicación	AREQUIPA - JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERA - AREQUIPA

Costo a : **Setiembre - 2025**

Resumen del Presupuesto

Proyecto	**PLAN DE CIERRE DEL PROYECTO EL PROGRESO 92**
Cliente	MINERA EL PROGRESO 92 S.R.L.
Departamento	AREQUIPA
Provincia	JOSE LUIS BUSTAMANTE Y
Distrito	RIVERA AREQUIPA

Costo a : **Setiembre - 2025**

Item	*Descripción Sub presupuesto*	*Costo Directo*
01	CIERRE PROGRESIVO	19,503.33
02	CIERRE FINAL	12,298.87
03	MANTENIMINETO Y MONITOREO POST CIERRE	4,136.99
	SUB TOTAL COSTO DIRECTO	**35,939.19**

	Mano de Obra		11,553.39
	Materiales		15,481.41
	Equipo		8,904.39
	COSTO DIRECTO		35,939.19
	GASTOS GENERALES	6 %	2,156.35
	UTILIDAD	2 %	718.78
	SUB TOTAL		38,814.32
	IGV.	18 %	6,986.58
	PRESUPUESTO TOTAL		**45,800.90**

Son : CUARENTA Y CINCO MIL OCHOCIENTOS CON 90/100 SOLES

Calendario Valorizado de Avance de Obra

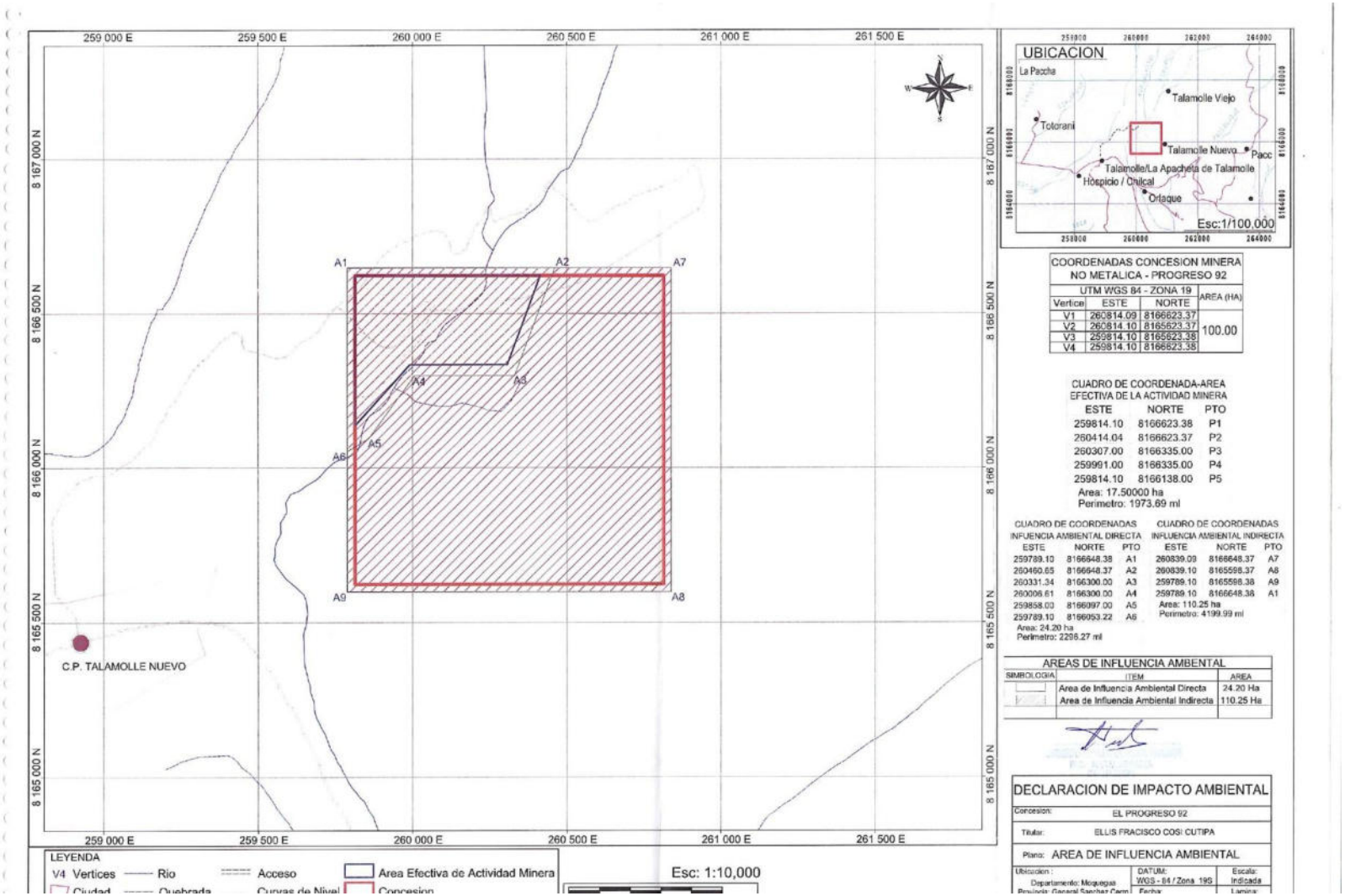
Obra : PLAN DE CIERRE DE LA U.M. EL PROGRESO 92
Ubicacion : AREQUIPA - JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERA - AREQUIPA
Costo A : Set - 2025 *Cliente* : MINERA EL PROGRESO 92 S.R.L.

Item	*Descripcion*	*Unid*	*Metrado*	*Precio Unitario*	*Parcial*	*PLAZO DE EJECUCION* 15 Días	05 Días	*TOTAL* 20 Días
	CIERRE PROGRESIVO							
01	**CIERRE PROGRESIVO**							
01.01	**COMPONENTES PRINCIPALES**							
01.01.01	**AÑO 1**							
01.01.01.01	**ESTABILIZACIÓN FÍSICA**							
01.01.01.01.01	CONFORMACIÓN DE TALUD	M2	1,408.64	0.31	436.68	436.68	-	436.68
01.01.01.01.02	ELIMINACIÓN DE BORDES Y NIVELACIÓN DE	M2	1,408.64	0.15	211.30	211.30	-	211.30
01.01.01.01.03	SEÑALES PREVENTIVAS	UND	2.00	350.00	700.00	700.00	-	700.00
01.01.01.02	**ESTABLECIMIENTO DE FORMA DEL TERRENO**							
01.01.01.02.01	CONFORMACION DE TERRAPLEN	M2	2,429.65	0.40	971.86	971.86	-	971.86
01.01.02	**AÑO 2**							
01.01.02.01	**ESTABILIZACIÓN FÍSICA**							
01.01.02.01.01	CONFORMACIÓN DE TALUD	M2	1,063.45	0.31	329.67	329.67	-	329.67
01.01.02.01.02	ELIMINACIÓN DE BORDES Y NIVELACIÓN DE	M2	1,063.45	0.15	159.52	159.52	-	159.52
01.01.02.01.03	SEÑALES PREVENTIVAS	UND	2.00	350.00	700.00	700.00	-	700.00
01.01.02.02	**ESTABLECIMIENTO DE FORMA DEL TERRENO**							
01.01.02.02.01	CONFORMACION DE TERRAPLEN	M2	2,429.65	0.40	971.86	971.86	-	971.86
01.01.03	**AÑO 3**							
01.01.03.01	**ESTABILIZACIÓN FÍSICA**							
01.01.03.01.01	CONFORMACIÓN DE TALUD	M2	1,027.79	0.31	318.61	318.61	-	318.61
01.01.03.01.02	ELIMINACIÓN DE BORDES Y NIVELACIÓN DE	M2	1,027.79	0.15	154.17	154.17	-	154.17
01.01.03.01.03	SEÑALES PREVENTIVAS	UND	2.00	350.00	700.00	700.00	-	700.00
01.01.03.02	**ESTABLECIMIENTO DE FORMA DEL TERRENO**							
01.01.03.02.01	CONFORMACION DE TERRAPLEN	M2	2,268.97	0.40	907.59	907.59	-	907.59
01.01.04	**AÑO 4**							
01.01.04.01	**ESTABILIZACIÓN FÍSICA**							
01.01.04.01.01	CONFORMACIÓN DE TALUD	M2	1,098.31	0.31	340.48	340.48	-	340.48
01.01.04.01.02	ELIMINACIÓN DE BORDES Y NIVELACIÓN DE	M2	1,098.31	0.15	164.75	164.75	-	164.75
01.01.04.01.03	SEÑALES PREVENTIVAS	UND	2.00	350.00	700.00	700.00	-	700.00
01.01.04.02	**ESTABLECIMIENTO DE FORMA DEL TERRENO**							
01.01.04.02.01	CONFORMACION DE TERRAPLEN	M2	2,571.68	0.40	1,028.67	1,028.67	-	1,028.67
01.01.05	**AÑO 5**							
01.01.05.01	**ESTABILIZACIÓN FÍSICA**							
01.01.05.01.01	CONFORMACIÓN DE TALUD	M2	1,119.40	0.31	347.01	347.01	-	347.01
01.01.05.01.02	ELIMINACIÓN DE BORDES Y NIVELACIÓN DE	M2	1,119.40	0.15	167.91	167.91	-	167.91
01.01.05.01.03	SEÑALES PREVENTIVAS	UND	2.00	350.00	700.00	700.00	-	700.00
01.01.05.02	**ESTABLECIMIENTO DE FORMA DEL TERRENO**							
01.01.05.02.01	CONFORMACION DE TERRAPLEN	M2	2,543.61	0.40	1,017.44	1,017.44	-	1,017.44
01.01.06	**AÑO 6**							
01.01.06.01	**ESTABILIZACIÓN FÍSICA**							
01.01.06.01.01	CONFORMACIÓN DE TALUD	M2	1,029.46	0.31	319.13	319.13	-	319.13
01.01.06.01.02	ELIMINACIÓN DE BORDES Y NIVELACIÓN DE	M2	1,029.46	0.15	154.42	154.42	-	154.42
01.01.06.01.03	SEÑALES PREVENTIVAS	UND	2.00	350.00	700.00	700.00	-	700.00
01.01.06.02	**ESTABLECIMIENTO DE FORMA DEL TERRENO**							
01.01.06.02.01	CONFORMACION DE TERRAPLEN	M2	2,192.46	0.40	876.98	876.98	-	876.98
01.01.07	**AÑO 7**							
01.01.07.01	**ESTABILIZACIÓN FÍSICA**							
01.01.07.01.01	CONFORMACIÓN DE TALUD	M2	1,083.19	0.31	335.79	335.79	-	335.79
01.01.07.01.02	ELIMINACIÓN DE BORDES Y NIVELACIÓN DE	M2	1,083.19	0.15	162.48	162.48	-	162.48
01.01.07.01.03	SEÑALES PREVENTIVAS	UND	2.00	350.00	700.00	700.00	-	700.00
01.01.07.02	**ESTABLECIMIENTO DE FORMA DEL TERRENO**							
01.01.07.02.01	CONFORMACION DE TERRAPLEN	M2	2,448.31	0.40	979.32	979.32	-	979.32
01.01.08	**AÑO 8**							
01.01.08.01	**ESTABILIZACIÓN FÍSICA**							
01.01.08.01.01	CONFORMACIÓN DE TALUD	M2	1,096.17	0.31	339.81	339.81	-	339.81
01.01.08.01.02	ELIMINACIÓN DE BORDES Y NIVELACIÓN DE	M2	1,096.17	0.15	164.43	164.43	-	164.43
01.01.08.01.03	SEÑALES PREVENTIVAS	UND	2.00	350.00	700.00	700.00	-	700.00
01.01.08.02	**ESTABLECIMIENTO DE FORMA DEL TERRENO**							
01.01.08.02.01	CONFORMACION DE TERRAPLEN	M2	2,524.79	0.40	1,009.92	1,009.92	-	1,009.92
01.01.09	**AÑO 9**							
01.01.09.01	**ESTABILIZACIÓN FÍSICA**							
01.01.09.01.01	CONFORMACIÓN DE TALUD	M2	1,005.08	0.31	311.57	311.57	-	311.57

						PLAZO DE EJECUCION		
Item	*Descripcion*	*Unid*	*Metrado*	*Precio Unitario*	*Parcial*	*15 Dias*	*05 Dias*	*TOTAL 20 Dias*
01.01.09.01.02	ELIMINACIÓN DE BORDES Y NIVELACIÓN DE	M2	1,005.08	0.15	150.76	150.76	-	150.76
01.01.09.01.03	SEÑALES PREVENTIVAS	UND	2.00	350.00	700.00	700.00	-	700.00
01.01.09.02	**ESTABLECIMIENTO DE FORMA DEL TERRENO**							
01.01.09.02.01	CONFORMACION DE TERRAPLEN	M2	2,178.01	0.40	871.20	871.20	-	871.20
	CIERRE FINAL							
02	**CIERRE FINAL**							
02.01	**COMPONENTES PRINCIPALES**							
02.01.01	**DESMANTELAMIENTO**							
02.01.01.01	DESMOVILIZACION DE EQUIPOS, MAQUINARIAS	VJE	10.00	300.00	3,000.00	-	3,000.00	3,000.00
02.01.01.02	RETIRO DE SEÑALIZACIÓN	UND	36.00	7.85	282.60	282.60	-	282.60
02.01.02	**DEMOLICION, SALVAMENTO Y DISPOSICIÓN**							
02.01.02.01	RECOLECCIÓN DE RESIDUOS	HA	20.88	34.39	718.06	718.06	-	718.06
02.01.03	**ESTABILIZACIÓN FÍSICA**							
02.01.03.01	CONFORMACIÓN DE TALUD	M2	1,087.98	0.31	337.27	337.27	-	337.27
02.01.03.02	ELIMINACIÓN DE BORDES Y NIVELACIÓN DE SUE	M2	1,087.98	0.15	163.20	163.20	-	163.20
02.01.04	**ESTABLECIMIENTO DE FORMA DEL TERRENO**							
02.01.04.01	CONFORMACION DE TERRAPLEN	M2	4,647.71	0.40	1,859.08	1,859.08	-	1,859.08
02.02	**COMPONENTES AUXILIARES**							
02.02.01	**DESMANTELAMIENTO**							
02.02.01.01	DESMONTAJE DE ESTRUCTURAS PREFABRICAD	UND	7.00	513.96	3,597.72	3,597.72	-	3,597.72
02.02.02	**DEMOLICION, SALVAMENTO Y DISPOSICIÓN**							
02.02.02.01	DEMOLICIÓN CON EQUIPO	M2	81.69	6.53	533.44	533.44	-	533.44
02.02.03	**ESTABLECIMIENTO DE FORMA DEL TERRENO**							
02.02.03.01	CONFORMACION DE TERRAPLEN	M2	143.75	0.40	57.50	57.50	-	57.50
02.02.04	**PROGRAMA SOCIALES**							
02.02.04.01	CAPACITACIÓN Y RECONVERSIÓN LABORAL	UND	1.00	1,750.00	1,750.00	-	1,750.00	1,750.00
	MANTENIMINETO Y MONITOREO POST CIERRE							
03	**MANTENIMIENTO Y MONITOREO POST CIERRE**							
03.01	**MANTENIMIENTO**							
03.01.01	RECONFORMACIÓN DE QUEBRADA	HA	20.88	78.40	1,636.99	-	1,636.99	1,636.99
03.02	**MONITOREO**							
03.02.01	SERVICIO DE MONITOREO	UND	1.00	2,500.00	2,500.00	-	2,500.00	2,500.00
	COSTO DIRECTO				35,939.19	27,052.20	8,886.99	35,939.19
	GASTOS GENERALES		6 %		2,156.35	1,623.13	533.22	2,156.35
	UTILIDAD		2 %		718.78	541.04	177.74	718.78
	SUB TOTAL				38,814.32	29,216.37	9,597.95	38,814.32
	IGV.		18 %		6,986.58	5,258.95	1,727.63	6,986.58
	PRESUPUESTO TOTAL				**45,800.90**	**34,475.32**	**11,325.58**	**45,800.90**
	TOTAL ACUMULADO					34,475.32	45,800.90	
	PORCENTAJE DE AVANCE					75.27%	24.73%	
	PORCENTAJE ACUMULADO					75.27%	100.00%	

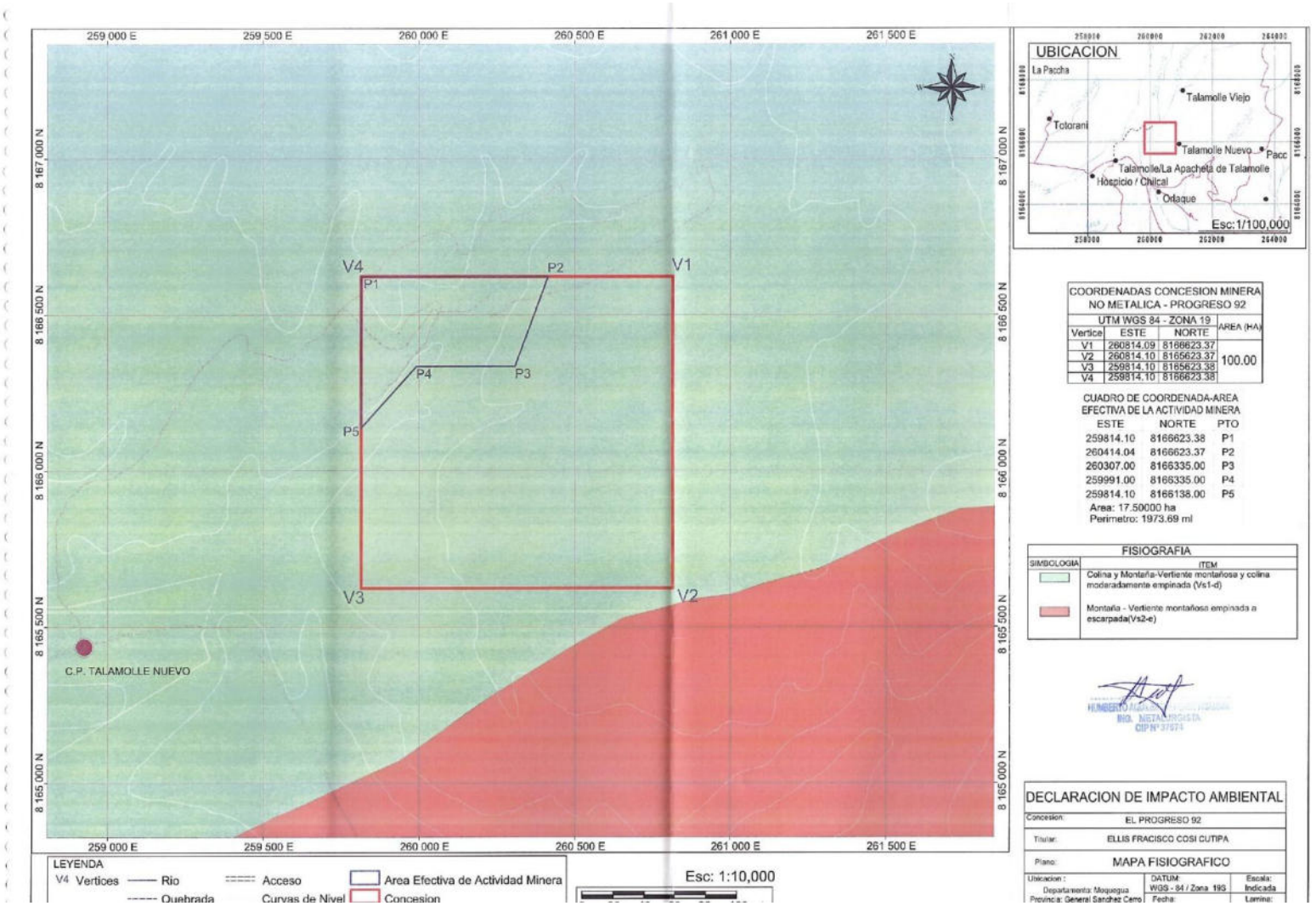
Anexo 3.

Plano de Area de Influencia Ambiental



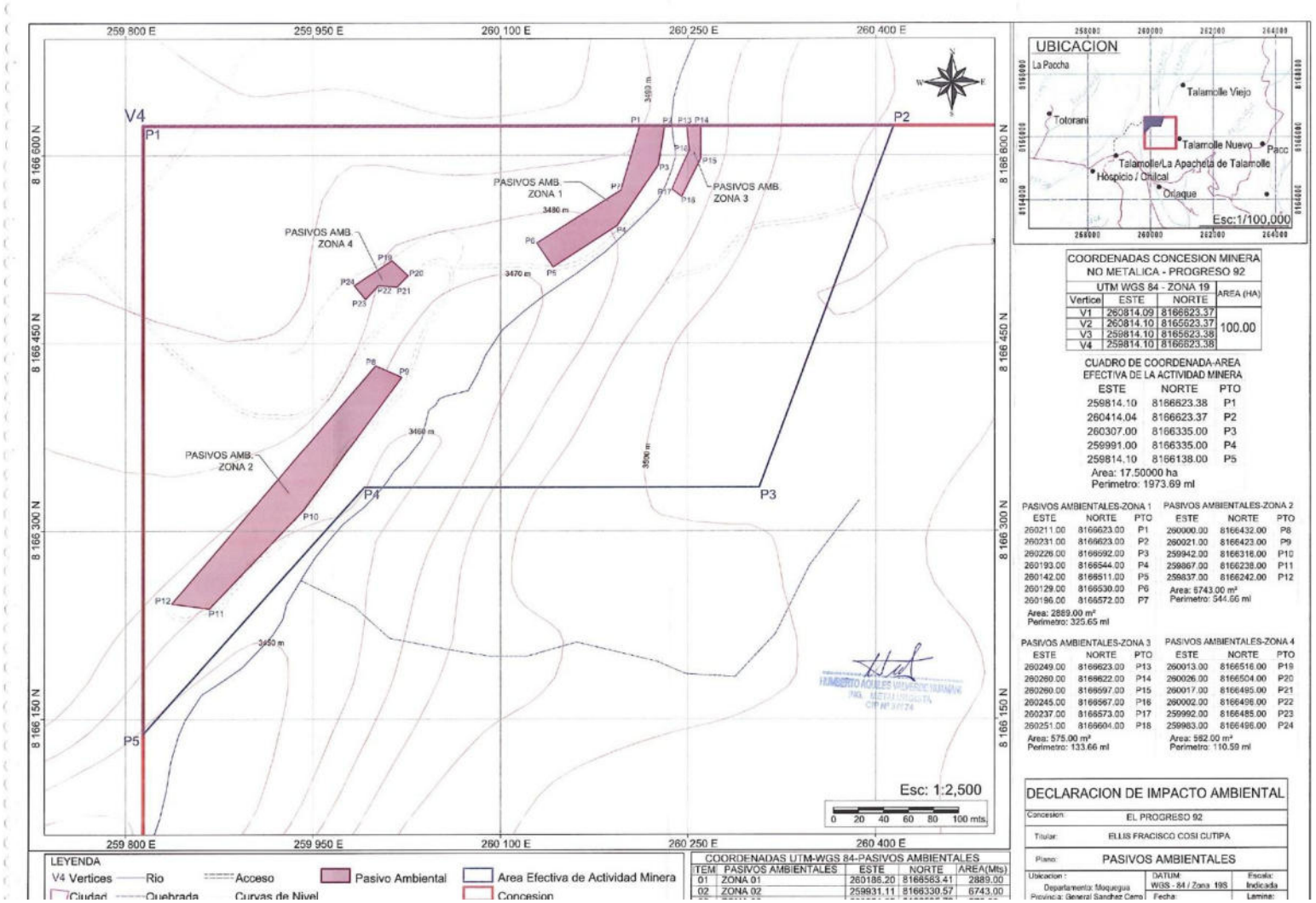
Anexo 4.

Plano de Distribución de Componentes



Anexo 5.

Plano de Pasivos Ambientales



COORDENADAS CONCESION MINERA NO METALICA - PROGRESO 92

UTM WGS 84 - ZONA 19			
Vertice	ESTE	NORTE	AREA (HA)
V1	260814.09	8166623.37	100.00
V2	260814.10	8165623.37	
V3	259814.10	8165623.38	
V4	259814.10	8166623.38	

CUADRO DE COORDENADA-AREA EFECTIVA DE LA ACTIVIDAD MINERA

ESTE	NORTE	PTO
259814.10	8166623.38	P1
260414.04	8166623.37	P2
260307.00	8166335.00	P3
259991.00	8166335.00	P4
259814.10	8166138.00	P5

Area: 17.50000 ha
Perimetro: 1973.69 ml

PASIVOS AMBIENTALES-ZONA 1

ESTE	NORTE	PTO
260211.00	8166623.00	P1
260231.00	8166623.00	P2
260226.00	8166592.00	P3
260193.00	8166544.00	P4
260142.00	8166511.00	P5
260129.00	8166530.00	P6
260196.00	8166572.00	P7

Area: 2869.00 m²
Perimetro: 325.65 ml

PASIVOS AMBIENTALES-ZONA 2

ESTE	NORTE	PTO
260000.00	8166432.00	P8
260021.00	8166423.00	P9
259942.00	8166316.00	P10
259867.00	8166238.00	P11
259837.00	8166242.00	P12

Area: 5743.00 m²
Perimetro: 544.66 ml

PASIVOS AMBIENTALES-ZONA 3

ESTE	NORTE	PTO
260249.00	8166623.00	P13
260260.00	8166622.00	P14
260260.00	8166597.00	P15
260245.00	8166567.00	P16
260237.00	8166573.00	P17
260251.00	8166604.00	P18

Area: 575.00 m²
Perimetro: 133.66 ml

PASIVOS AMBIENTALES-ZONA 4

ESTE	NORTE	PTO
260013.00	8166516.00	P19
260026.00	8166504.00	P20
260017.00	8166495.00	P21
260002.00	8166496.00	P22
259992.00	8166485.00	P23
259983.00	8166496.00	P24

Area: 582.00 m²
Perimetro: 110.59 ml

COORDENADAS UTM-WGS 84-PASIVOS AMBIENTALES

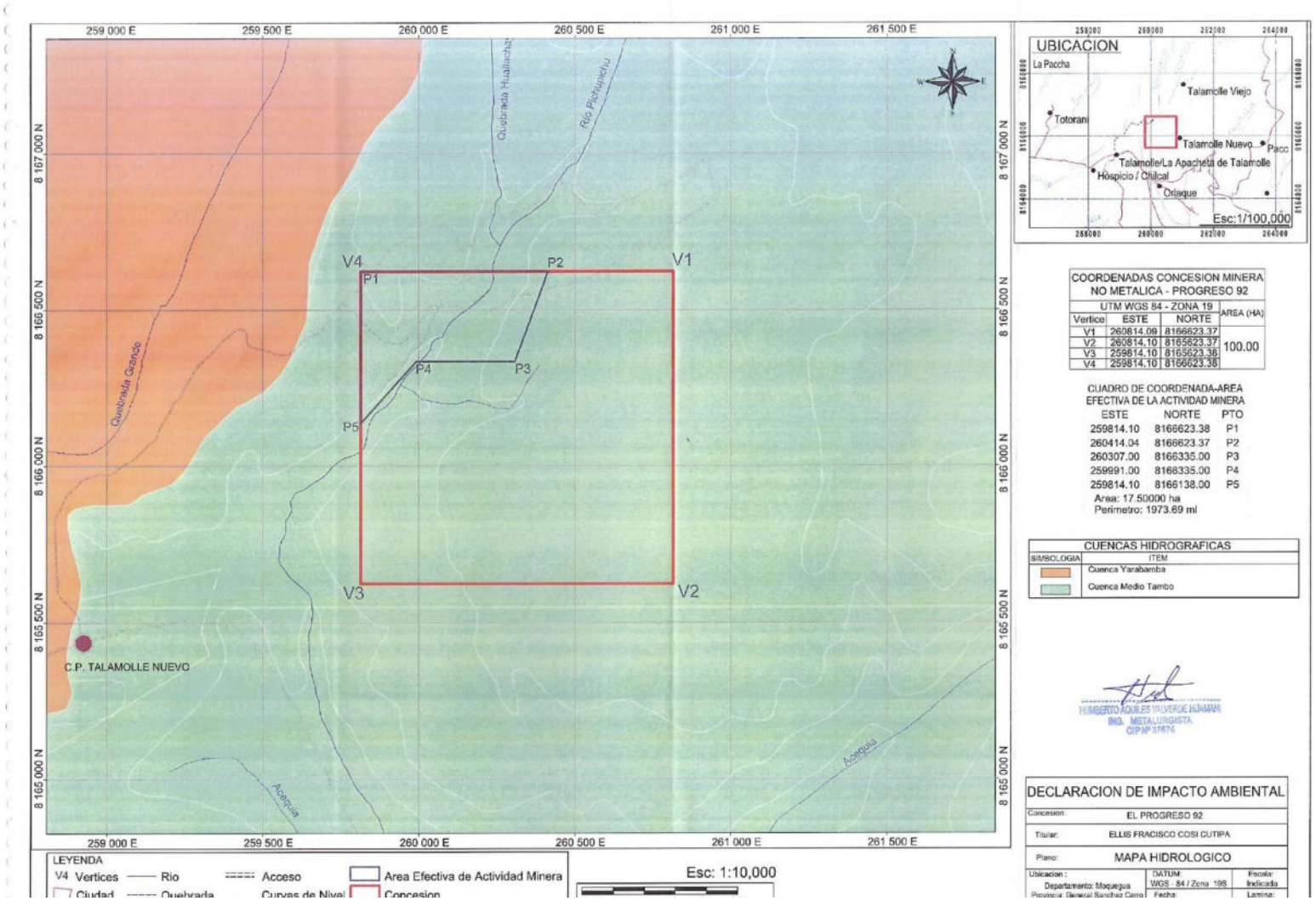
ITEM	PASIVOS AMBIENTALES	ESTE	NORTE	AREA(Mts)
01	ZONA 01	260186.20	8166563.41	2889.00
02	ZONA 02	259931.11	8166330.57	6743.00

DECLARACION DE IMPACTO AMBIENTAL

Concesion:	EL PROGRESO 92
Titular:	ELLIS FRACISCO COSI CUTIPA
Plano:	PASIVOS AMBIENTALES
Ubicacion: Departamento: Moquegua Provincia: General Sanchez Cerro	DATUM: WGS - 84 / Zona 19S Fecha:
	Escala: Indicada Lamina:

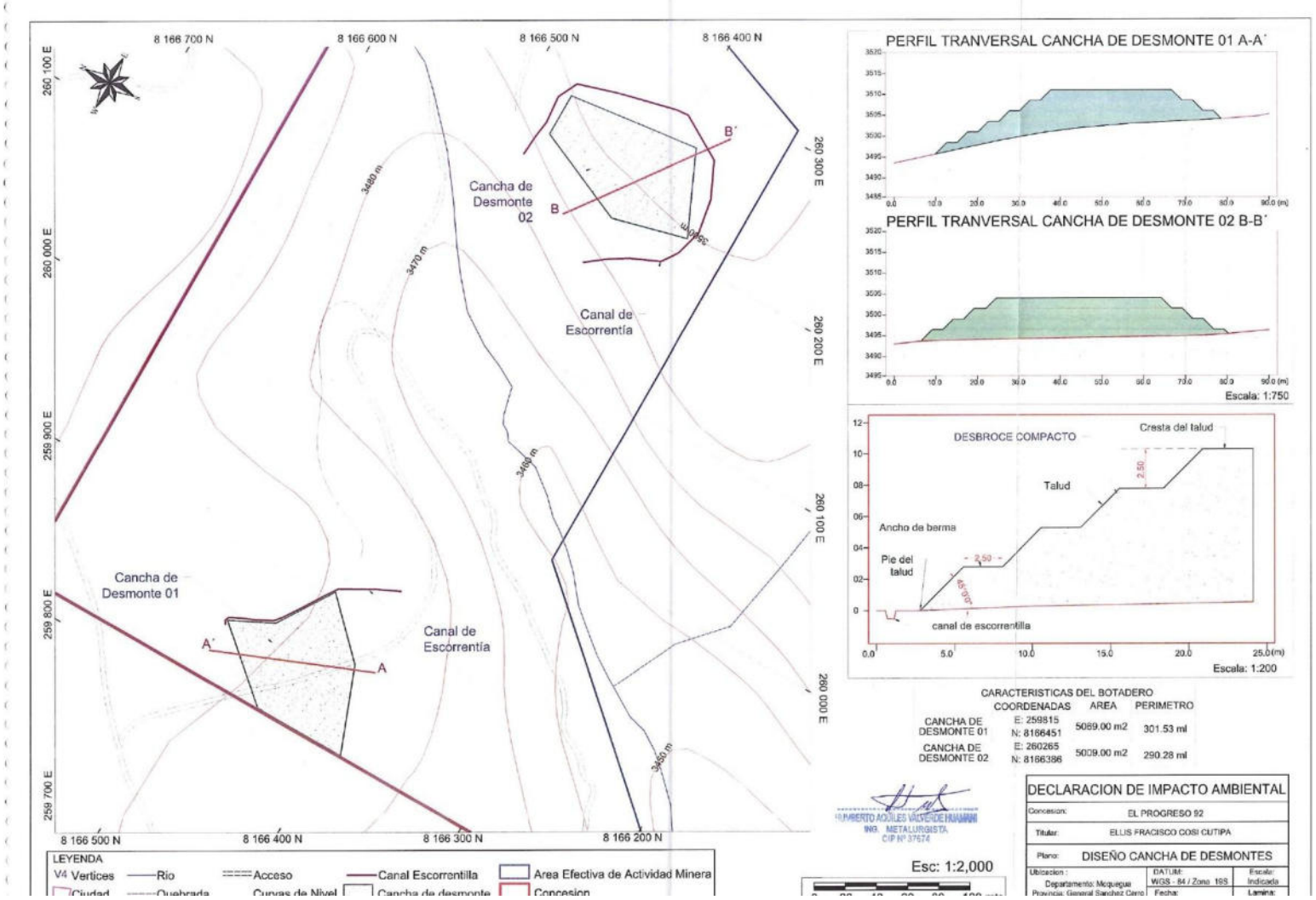
Anexo 6.

Plano de Pasivos Ambientales



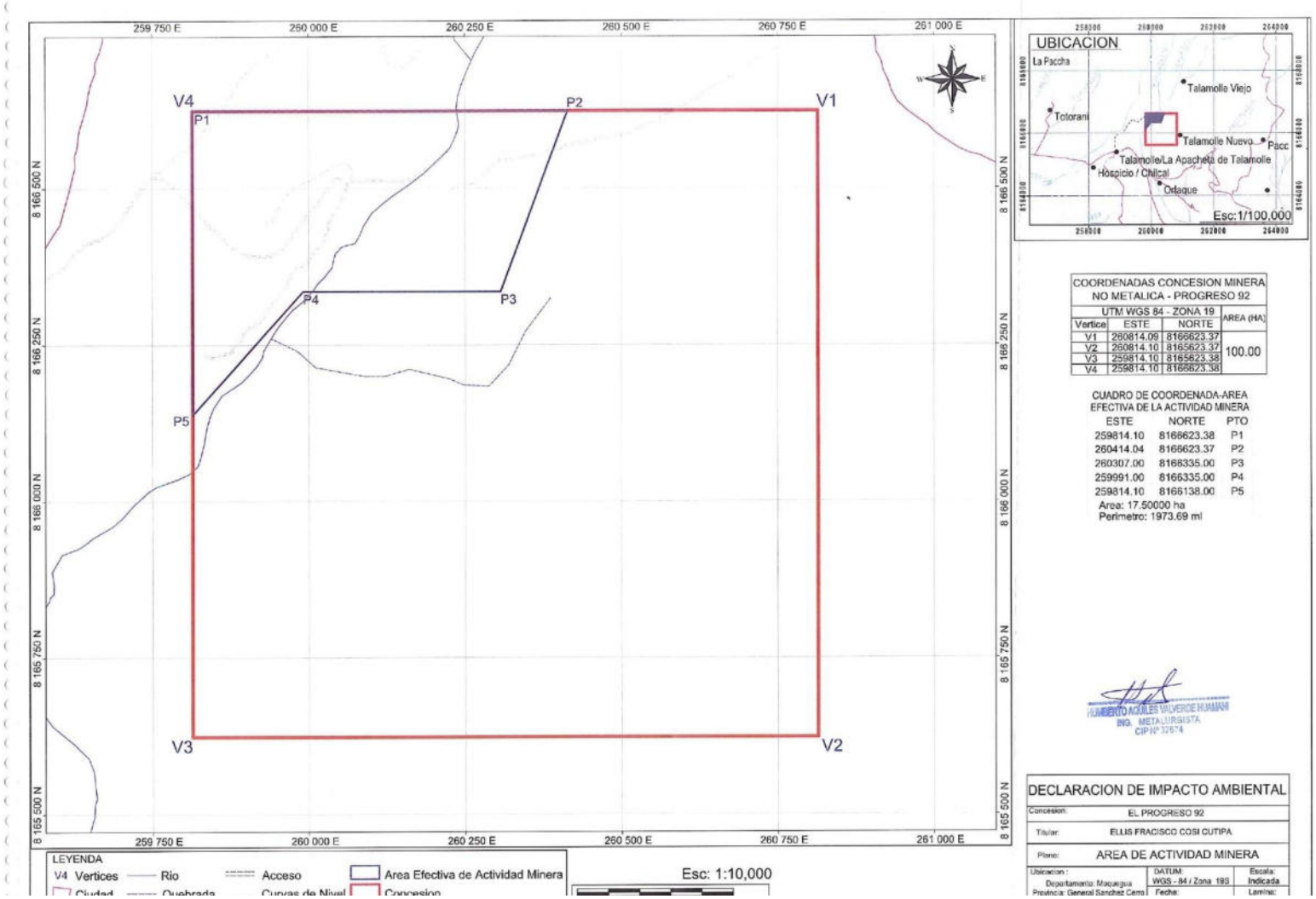
Anexo 7.

Plano de Diseño de Cancha de Desmontes



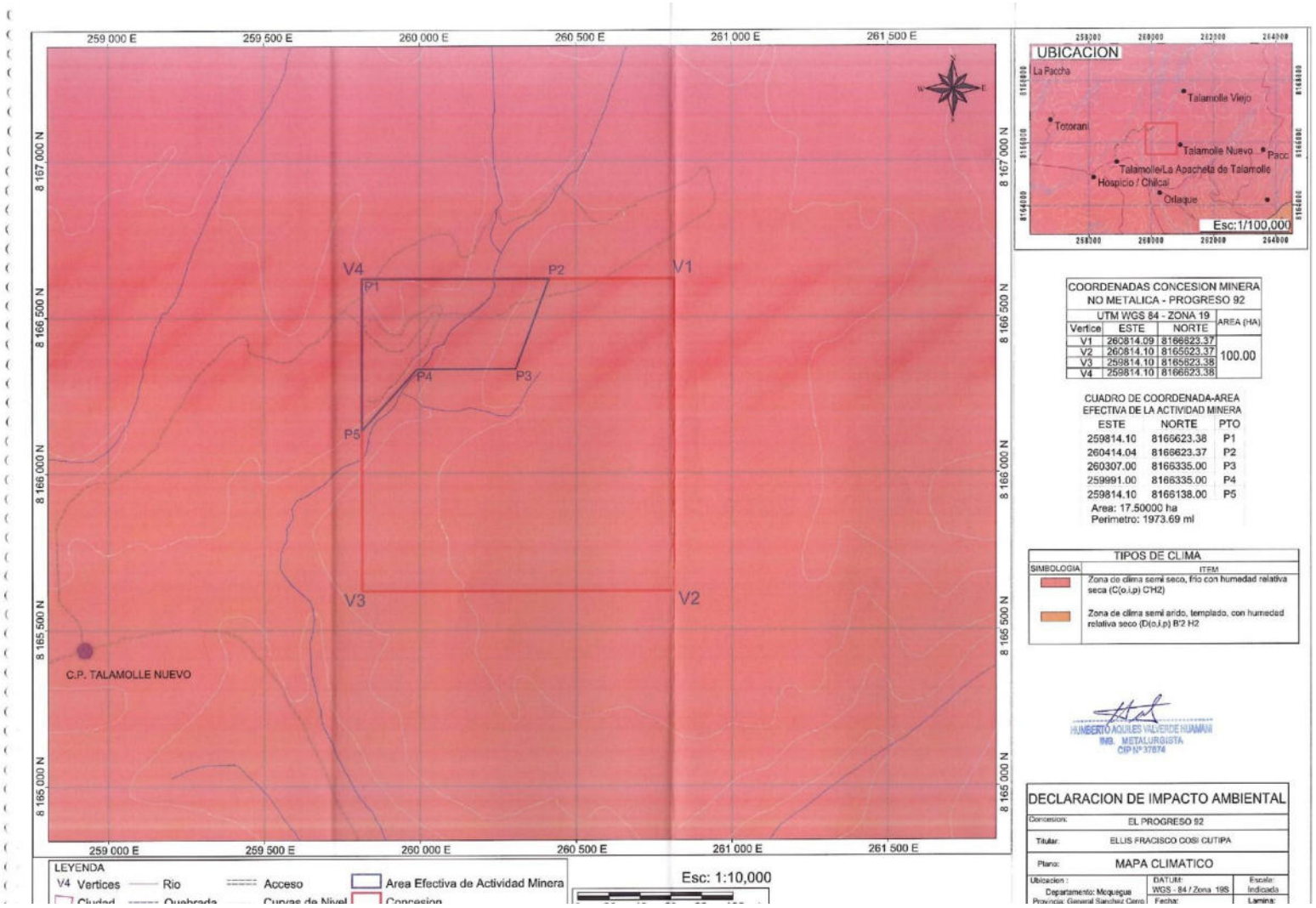
Anexo 8.

Plano de Area de Actividad Minera



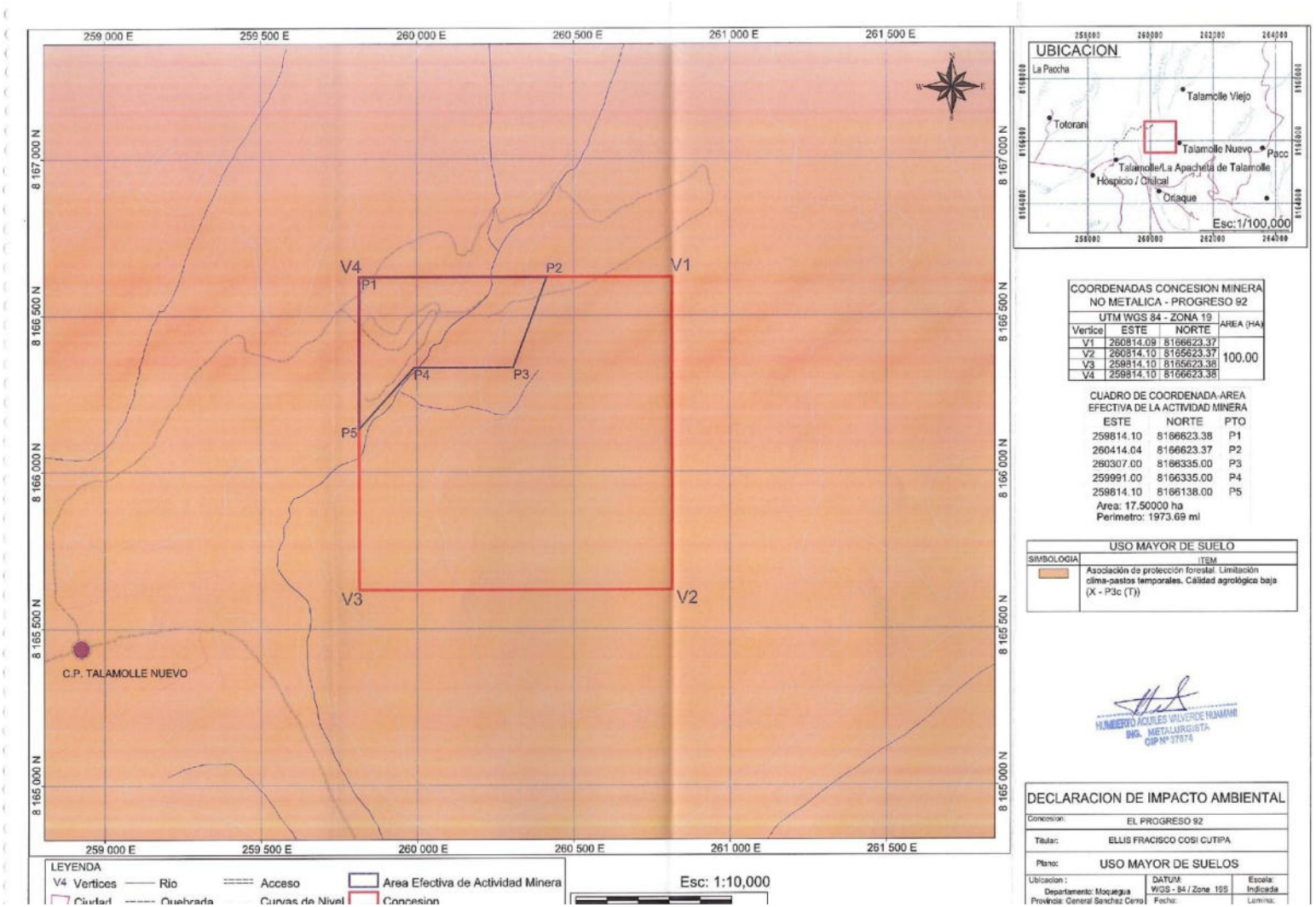
Anexo 9.

Plano de Mapa Climatico



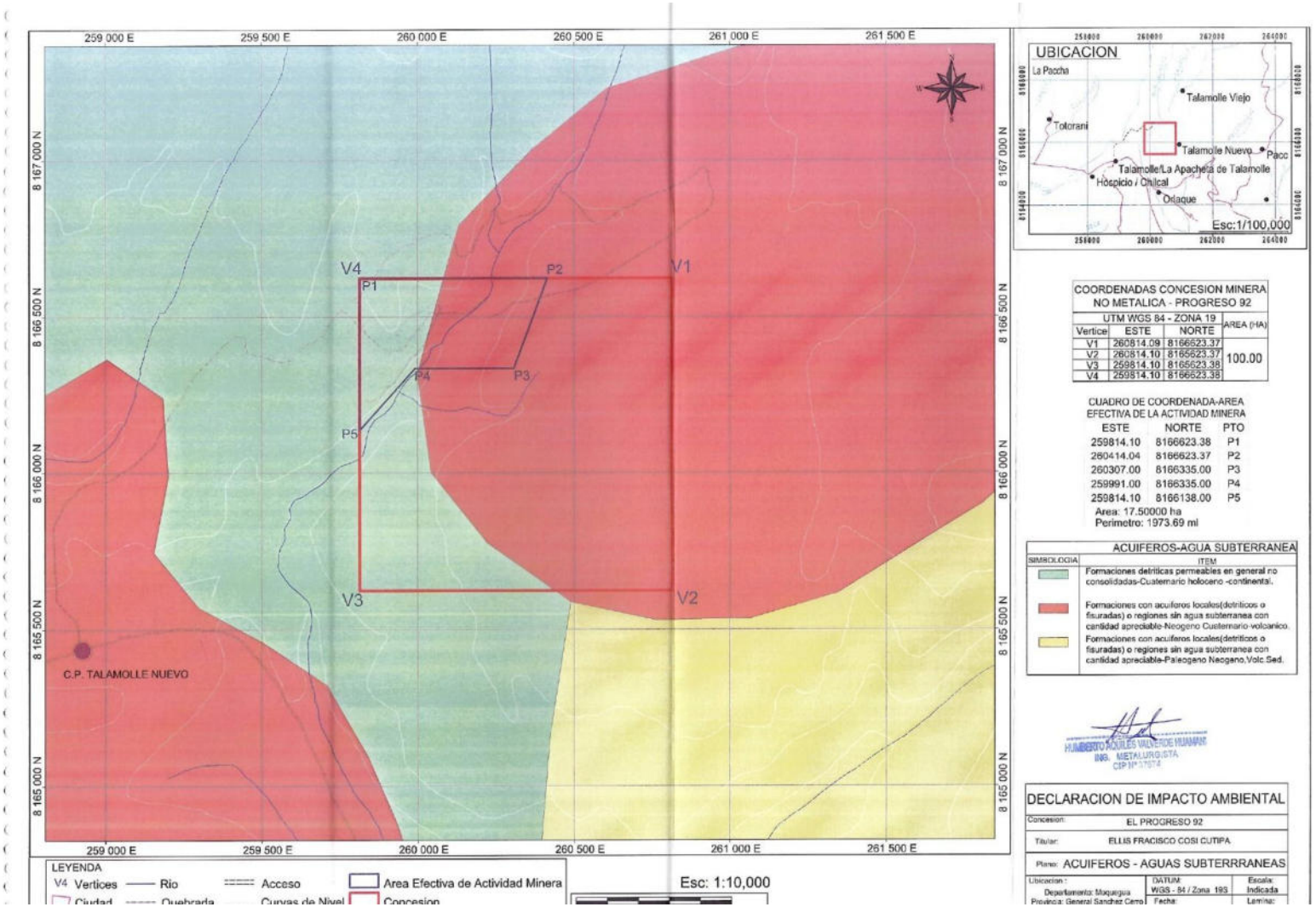
Anexo 10.

Plano de Uso Mayor de Suelos



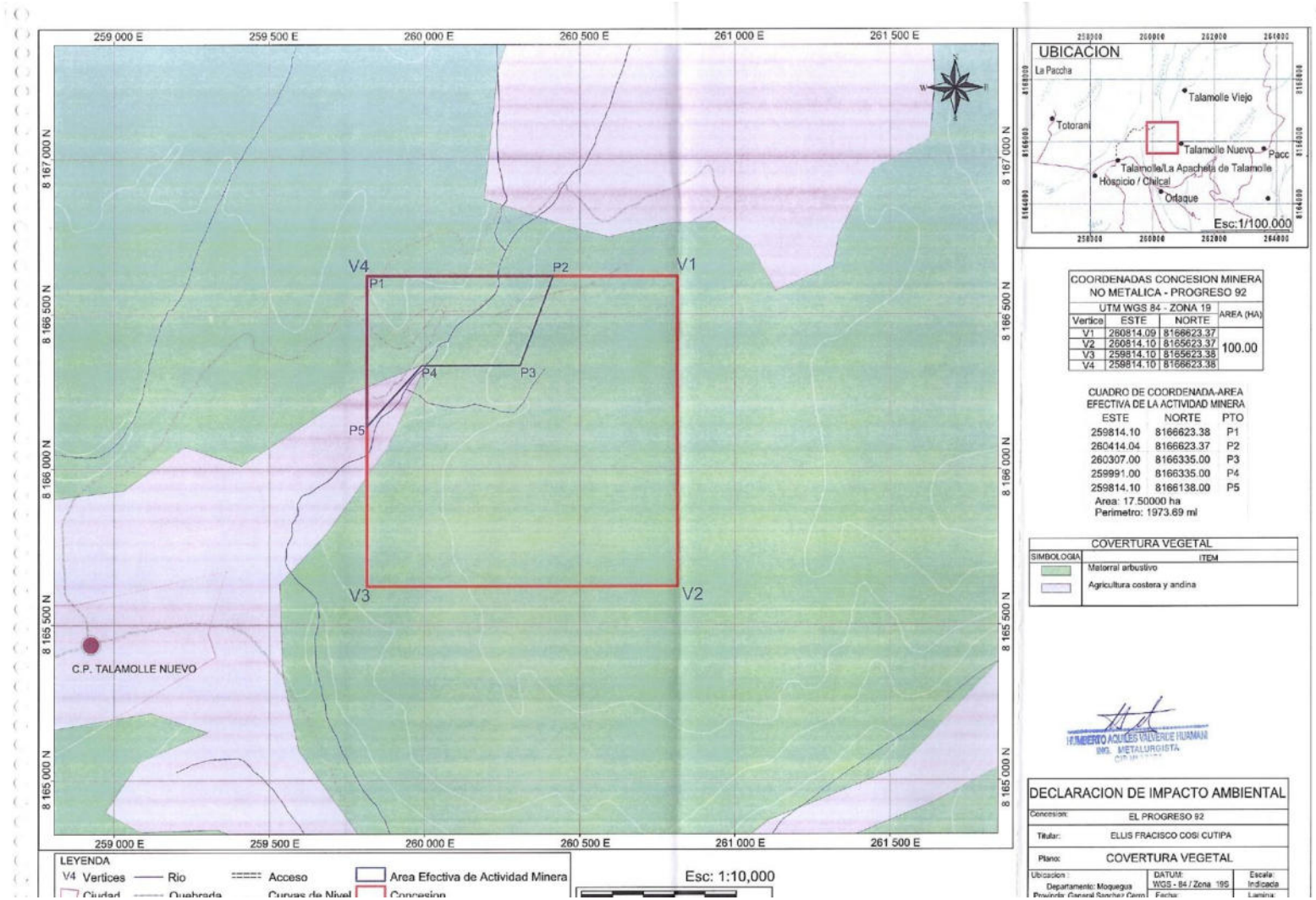
Anexo 11.

Plano de Acuiferos Subterraneos



Anexo 12.

Plano de Covertura Vegetal



FORMATO DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNAM

Formulario de autorización para la publicación electrónica en la página web del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Moquegua, de conformidad con la Ley N° 30035 Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y Resolución de Comisión Organizadora N° 041-2022-UNAM que aprueba el Reglamento que regula el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

1. DATOS DEL AUTOR

Nombres y Apellidos	: MARIA DEL CARMEN AMESQUITA HUARDIA
DNI/Carnet de Extranjería/Pasaporte N°	: 71415632
Correo electrónico	: maryhuardia@gmail.com
Teléfono/Celular	: 997948989

2. GRADO, TITULO O ESPECIALIZACIÓN (Marque con una X)

Bachiller	Título Profesional	Magister	Doctor	Segunda Especialidad
	X			

3. TIPO DE PUBLICACIÓN (Marque con una X)

a) Articulo ( )
b) Tesis de pregrado (X)
c) Tesis de Maestría ( )
d) Tesis de Doctorado ( )
e) Monografía ( )
f) Reporte de caso científico o hallazgos ( )
g) Libro ( )
h) Parte de un libro ( )
i) Revisión ( )
j) Conferencia ( )
k) Presentación ( )
l) Artículo preliminar ( )
m) Articulo antes de ser publicado ( )
n) Artículo de prensa ( )
o) Documentos internos ( )
p) Imagen ( )
q) Documentos técnicos ( )
r) Ponencias presentadas en eventos científicos (Jornada, Congreso, Simposio Conferencias, etc.) ( )
s) Informes de suficiencia profesional ( )
t) Patentes producidas por académicos/as ( )

4. TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Marque con una X)

a) Tesis (X)
b) Trabajo de Investigación ( )
c) Trabajo de suficiencia profesional ( )
d) Trabajo académico ( )

5. DATOS DE LA PUBLICACION

a) Título: PLAN DE CIERRE DE MINA PARA LA CONCESIÓN MINERA NO METÁLICA EL PROGRESO 92: RECUPERACIÓN AMBIENTAL (FÍSICO, BIOLÓGICO Y SOCIO - ECONÓMICO) POST EXTRACCIÓN DE ROCAS ORNAMENTALES SEGÚN LA LEY N° 28090 EN TALAMOLLE – MOQUEGUA.
b) Campo del conocimiento OCDE (Indicar el código de clasificación OCDE de la obra: https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html): 2.07.05
c) Fecha de publicación: 30/12/2025

6. DATOS DEL ASESOR:

a) Nombres y Apellidos : AGAPITO FLORES JUSTO
b) DNI/Pasaporte/Cédula : 00479949
c) ORCID: 0000-0002-4580-5799

FIRMA : .....

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 71415632
NOMBRES Y APELLIDOS : MARIA DEL CARMEN AMESQUITA HUARDIA

FORMATO DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNAM

Formulario de autorización para la publicación electrónica en la página web del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Moquegua, de conformidad con la Ley N° 30035 Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y Resolución de Comisión Organizadora N° 041-2022-UNAM que aprueba el Reglamento que regula el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

1. DATOS DEL AUTOR

Nombres y Apellidos	: XIOMARA MILAGROS MARON FLORES
DNI/Carnet de Extranjería/Pasaporte N°	: 72969060
Correo electrónico	: maronfloresxiomaramilagros@gmail.com
Teléfono/Celular	: 985496664

2. GRADO, TITULO O ESPECIALIZACIÓN (Marque con una X)

Bachiller	Título Profesional	Magister	Doctor	Segunda Especialidad
	X			

3. TIPO DE PUBLICACIÓN (Marque con una X)

a) Articulo ( )
b) Tesis de pregrado (X)
c) Tesis de Maestría ( )
d) Tesis de Doctorado ( )
e) Monografía ( )
f) Reporte de caso científico o hallazgos ( )
g) Libro ( )
h) Parte de un libro ( )
i) Revisión ( )
j) Conferencia ( )
k) Presentación ( )
l) Artículo preliminar ( )
m) Articulo antes de ser publicado ( )
n) Artículo de prensa ( )
o) Documentos internos ( )
p) Imagen ( )
q) Documentos técnicos ( )
r) Ponencias presentadas en eventos científicos (Jornada, Congreso, Simposio Conferencias, etc.) ( )
s) Informes de suficiencia profesional ( )
t) Patentes producidas por académicos/as ( )

4. TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Marque con una X)

a) Tesis (X)
b) Trabajo de Investigación ( )
c) Trabajo de suficiencia profesional ( )
d) Trabajo académico ( )

5. DATOS DE LA PUBLICACION

a) Título: PLAN DE CIERRE DE MINA PARA LA CONCESIÓN MINERA NO METÁLICA EL PROGRESO 92: RECUPERACIÓN AMBIENTAL (FÍSICO, BIOLÓGICO Y SOCIO - ECONÓMICO) POST EXTRACCIÓN DE ROCAS ORNAMENTALES SEGÚN LA LEY N° 28090 EN TALAMOLLE – MOQUEGUA.
b) Campo del conocimiento OCDE (Indicar el código de clasificación OCDE de la obra: https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html): 2.07.05
c) Fecha de publicación: 30/12/2025

6. DATOS DEL ASESOR:

a) Nombres y Apellidos : AGAPITO FLORES JUSTO
b) DNI/Pasaporte/Cédula : 00479949
c) ORCID: 0000-0002-4580-5799

FIRMA : .....

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 72969060
NOMBRES Y APELLIDOS : XIOMARA MILAGROS MARON FLORES

LICENCIAS

Licencia Estándar

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

Con la autorización de depósito da mi trabajo de investigación, otorgo a la Universidad Nacional de Moquegua, una Licencia No Exclusiva para reproducir. distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi trabajo de investigación (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios provistos por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Institucional Digital de la UNAM, Colección de Tesis, entre otros, en el Perú y en el extranjero, por el tiempo y veces que considere necesarias, y libre de remuneraciones.

En virtud de dicha Licencia, la UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA, podrá reproducir mi trabajo de investigación en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con los propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

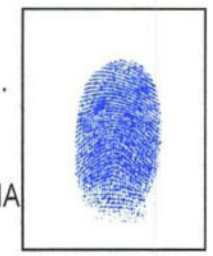
Declaro que el trabajo de investigación es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, o coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicho trabajo de investigación no infringe derechos de autor de terceras personas.

La UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA consignara el nombre del/los autor/es del trabajo de investigación, y no le hará ninguna modificación más de la permitida en la presente licencia.

Autorizo el depósito (marque con una X).

(_X_) **SI autorizo que se deposite inmediatamente.**

FIRMA : .....



DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 71415632
NOMBRES Y APELLIDOS : MARIA DEL CARMEN AMESQUITA HUARDIA
FECHA : 23 de marzo del 2026

LICENCIAS

Licencia Estándar

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

Con la autorización de depósito da mi trabajo de investigación, otorgo a la Universidad Nacional de Moquegua, una Licencia No Exclusiva para reproducir. distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi trabajo de investigación (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios provistos por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Institucional Digital de la UNAM, Colección de Tesis, entre otros, en el Perú y en el extranjero, por el tiempo y veces que considere necesarias, y libre de remuneraciones.

En virtud de dicha Licencia, la UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA, *podrá reproducir mi* trabajo de investigación en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con los propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que el trabajo de investigación es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, o coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicho trabajo de investigación no infringe derechos de autor de terceras personas.

La UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA consignara el nombre del/los autor/es del trabajo de investigación, y no le hará ninguna modificación más de la permitida en la presente licencia.

Autorizo el depósito (marque con una X).

(_X_) **SI autorizo que se deposite inmediatamente.**

FIRMA : .....



DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 72969060
NOMBRES Y APELLIDOS : XIOMARA MILAGROS MARON FLORES
FECHA : 23 de marzo del 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN / TESIS / TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Yo, MARIA DEL CARMEN AMESQUITA HUARDIA, bachiller de la Escuela Profesional de: ING. DE MINAS, de la Universidad Nacional de Moquegua, identificado (a) con DNI: Nº 71415632, autor(a) de la Tesis / Trabajo de suficiencia profesional titulado
PLAN DE CIERRE DE MINA PARA LA CONCESIÓN MINERA NO METÁLICA EL PROGRESO 92: RECUPERACIÓN AMBIENTAL (FÍSICO, BIOLÓGICO Y SOCIO - ECONÓMICO) POST EXTRACCIÓN DE ROCAS ORNAMENTALES SEGÚN LA LEY N° 28090 EN TALAMOLLE – MOQUEGUA.
Declaro bajo juramento que:

1. El trabajo de investigación es auténtico, siendo resultado de mi trabajo personal, que no se ha copiado, que no se ha utilizado ideas, formulaciones, citas integrales e ilustraciones diversas, sacadas de cualquier tesis, obra, artículo, memoria, etc., (en versión digital o impresa), sin mencionar de forma clara y exacta su origen o autor, tanto en el cuerpo del texto, figuras, cuadros, tablas u otros que tengan derechos de autor. Por tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiado total ni parcialmente.
2. El trabajo de investigación no ha sido autoplagiada, es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
3. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presentan en el trabajo de investigación constituirán aporte a la realidad investigada.

Soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales, por lo que asumo cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de irregularidades en el trabajo de investigación, así como de los derechos sobre la obra presentada.

Moquegua, 23 de marzo del 2026



Huella digital

Nombres y Apellidos: MARIA DEL CARMEN AMESQUITA HUARDIA
DNI: 71415632

Base legal: RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 194-2020-SUNEDU-02-15

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN / TESIS / TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Yo, XIOMARA MILAGROS MARON FLORES., bachiller de la Escuela Profesional de : ING. DE MINAS, de la Universidad Nacional de Moquegua, identificado (a) con DNI: Nº 72969060, autor(a) de la Tesis / Trabajo de suficiencia profesional titulado
PLAN DE CIERRE DE MINA PARA LA CONCESIÓN MINERA NO METÁLICA EL PROGRESO 92: RECUPERACIÓN AMBIENTAL (FÍSICO, BIOLÓGICO Y SOCIO - ECONÓMICO) POST EXTRACCIÓN DE ROCAS ORNAMENTALES SEGÚN LA LEY N° 28090 EN TALAMOLLE – MOQUEGUA.
Declaro bajo juramento que:

1. El trabajo de investigación es auténtico, siendo resultado de mi trabajo personal, que no se ha copiado, que no se ha utilizado ideas, formulaciones, citas integrales e ilustraciones diversas, sacadas de cualquier tesis, obra, artículo, memoria, etc., (en versión digital o impresa), sin mencionar de forma clara y exacta su origen o autor, tanto en el cuerpo del texto, figuras, cuadros, tablas u otros que tengan derechos de autor. Por tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiado total ni parcialmente.
2. El trabajo de investigación no ha sido autoplagiada, es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
3. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presentan en el trabajo de investigación constituirán aporte a la realidad investigada.

Soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales, por lo que asumo cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de irregularidades en el trabajo de investigación, así como de los derechos sobre la obra presentada.

Moquegua, 23 de marzo del 2026



Huella digital

Nombres y Apellidos: XIOMARA MILAGROS MARON FLORES
DNI: 72969060

Base legal: RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 194-2020-SUNEDU-02-15

TESIS_CIERRE-DE-MINAS.pdf

My Files

My Files

Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::23228:539391379

Fecha de entrega
11 dic 2025, 5:42 a.m. GMT-5

Fecha de descarga
11 dic 2025, 5:48 a.m. GMT-5

Nombre del archivo
TESIS_CIERRE-DE-MINAS.pdf

Tamaño del archivo
13.7 MB

174 páginas

33.212 palabras

199.088 caracteres

Msc AGAPITO FLORES JUSTO

6% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

4% Fuentes de Internet
3% Publicaciones
4% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

4% Fuentes de Internet
3% Publicaciones
4% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1 Trabajos entregados
Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann on 2025-11-27 <1%

2 Internet
tesis.pucp.edu.pe <1%

3 Internet
1library.co <1%

4 Internet
repositorio.continental.edu.pe <1%

5 Internet
cdn.www.gob.pe <1%

6 Internet
pt.scribd.com <1%

7 Internet
www.coursehero.com <1%

8 Internet
repositorio.unap.edu.pe <1%

9 Internet
alicia.concytec.gob.pe <1%

10 Internet
repositorio.ug.edu.ec <1%

11 Trabajos entregados
Universidad Nacional Mayor de San Marcos on 2023-09-04 <1%

12 Trabajos entregados
Universidad Nacional de Moquegua on 2025-05-16 <1%

13 Internet
sinia.minam.gob.pe <1%

14 Publicación
CONSULCONT SAC. "Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera María Teresa-IG... <1%

15 Publicación
ENGINEERS & ENVIRONMENTAL PERU SOCIEDAD ANONIMA. "Actualización del Pl... <1%

16 Publicación
SRK CONSULTING (PERU) S.A.. "Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera Cond... <1%

17 Publicación
CESEL S A. "Modificación de Medidas del Plan de Manejo Ambiental del EIA del Pr... <1%

18 Internet
repositorio.ucv.edu.pe <1%

19 Trabajos entregados
Universidad Nacional de Moquegua on 2024-11-29 <1%

20 Internet
repositorio.ujcm.edu.pe <1%

21 Internet
diariouno.pe <1%

22 Internet
www.rebelion.org <1%

23 Publicación
SRK CONSULTING (PERU) S.A.. "Actualización del Plan de Cierre de Minas de la Uni... <1%

24 Trabajos entregados
Universidad Privada del Norte on 2025-11-28 <1%

25 Trabajos entregados
Universidad Tecnologica de los Andes on 2025-05-26 <1%

26 Internet
repositorio.upsc.edu.pe <1%

27 Trabajos entregados
Universidad Continental on 2016-11-11 <1%

28 Internet
repositorio.upn.edu.pe <1%

29 Trabajos entregados
Universidad Nacional de Moquegua on 2025-07-27 <1%

30 Trabajos entregados
Universidad Nacional del Centro del Peru on 2019-06-14 <1%

31 Internet
www.dspace.espol.edu.ec <1%

32 Publicación
ASESORES Y CONSULTORES MINEROS S.A. - ACOMISA. "Plan de Cierre de Minas De... <1%

33 Trabajos entregados
Centro Europeo de Postgrado - CEUPE on 2023-08-14 <1%

34 Trabajos entregados
Integración Moodle Presencial 4.3 on 2025-12-02 <1%

35 Trabajos entregados
Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-09-21 <1%

36 Internet
www4.ulpgc.es <1%

37 Trabajos entregados
City University of New York System on 2022-10-23 <1%

38 Trabajos entregados
Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC on 2025-05-14 <1%

39 Publicación
LEON MEZA ISAAC ALFREDO. "PAP de Tanque de GLP, Descarga de GLP, Isla N° 3 y... <1%

40 Publicación
Ostin Garcés-Ordóñez, Mary Ríos-Mármol, Lizbeth-Janet Vivas-Aguas, Luisa F. Espi... <1%

41 Trabajos entregados
Universidad Católica San Pablo on 2018-04-23 <1%

42 Trabajos entregados
Universidad Cesar Vallejo on 2016-03-22 <1%

43 Trabajos entregados
Universidad Cesar Vallejo on 2016-10-22 <1%

44 Trabajos entregados
Universidad Cesar Vallejo on 2017-11-15 <1%

45 Internet
doi.org <1%

46 Internet
repositorio.unu.edu.pe <1%

47 Internet
repositorio.upt.edu.pe <1%

48 Internet
repositorioinstitucional.buap.mx <1%

49 Internet
vdocumento.com <1%

50 Publicación
SCHLUMBERGER DEL PERU S.A.. "Actualización del Plan de Cierre de Minas de la U... <1%

51 Internet
americanae.aecid.es <1%

52 Internet
documents1.worldbank.org <1%

53 Internet
edubase.sbu.unicamp.br:8080 <1%

54 Internet
repositorio.cepal.org <1%

55 Internet
repositorio.unamad.edu.pe <1%

56 Internet
unam.edu.pe <1%

57 Trabajos entregados
unasam on 2025-08-01 <1%

58 Internet
vbook.pub <1%

59 Internet
www.oecd-ilibrary.org <1%

60 Internet
www.scielo.br <1%

61 Publicación
Barreto, Wilson Noe Jaime. "El Estado Bajo presion: Capacidad Estatal y Coalicion ... <1%

62 Publicación
GOLDER ASSOCIATES PERU S.A.. "Tercera Modificación del Plan de Cierre de la Uni... <1%

63 Trabajos entregados
Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC on 2024-12-09 <1%

64 Trabajos entregados
Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC on 2025-09-30 <1%

65 Publicación
Juan Pablo Macassi Zavala. "El fideicomiso de inversión forestal como garantía de... <1%

66 Publicación
KNIGHT PIESOLD CONSULTORES S.A.. "EIA del Proyecto Línea de Transmisión de 2... <1%

67 Publicación
Maynas Condori, Oswaldo Luzver. "Propuesta e implementación del sistema de s... <1%

68 Publicación
SNC LAVALIN PERU S.A.. "Modificación del Plan de Cierre de la Unidad Minera Cas... <1%

69 Trabajos entregados
Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2022-10-18 <1%

70 Trabajos entregados
Universidad Cientifica del Sur on 2024-12-12 <1%

71 Trabajos entregados
Universidad Continental on 2019-04-08 <1%

72 Trabajos entregados
Universidad Continental on 2023-09-06 <1%

73 Trabajos entregados
Universidad Continental on 2024-01-10 <1%

74 Trabajos entregados
Universidad ESAN -- Escuela de Administración de Negocios para Graduados on 2... <1%

75 Trabajos entregados
Universidad Nacional Agraria de la Selva on 2025-08-29 <1%

76 Trabajos entregados
Universidad San Ignacio de Loyola on 2025-11-14 <1%

77 Internet
biologia.ucr.ac.cr <1%

78 Internet
dspace.ueb.edu.ec <1%

79 Internet
es.scribd.com <1%

80 Internet
futur.upc.edu <1%

81 Internet
hdl.handle.net <1%

82 Internet
mric.jogmec.go.jp <1%

83 Internet
prezi.com <1%

84 Internet
repositorio.oefa.gob.pe <1%

85 Internet
repositorio.unsa.edu.pe <1%

86 Internet
ri.conicet.gov.ar <1%

87 Trabajos entregados
uni on 2025-07-10 <1%

88 Internet
www.alliance-editeurs.org <1%

89 Internet
www.consorcio.org <1%

90 Internet
www.defensoria.gob.pe <1%

91 Internet
www.gipuzkoa.net <1%

92 Internet
www.quindio.gov.co <1%

93 Internet
www.scribd.com <1%

94 Internet
www.slideshare.net <1%

Universidad Nacional de Moquegua

RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO
N° 360-2026-CU

Moquegua, 21 de mayo de 2026

VISTOS:

La Resolución de Consejo de Facultad N° 140-2026-CF-FAIN-UNAM, emitido por la Decana de la Facultad de Ingenierías; el Informe N° D0272-2026-UNAM-R-FAIN, emitida por la Decana de la Facultad de Ingenierías, el Informe Técnico N° D0061-2026-SG-GT, emitido por la Especialista Administrativo II de Grados y Títulos; el Informe N° D0251-2026-UNAM-R-SG, emitido por el Secretario General de la UNAM; el Proveído N° 2392-2026-R, emitido por el señor Rector; el Acuerdo del Pleno del Consejo Universitario de Sesión Extraordinaria N° 22-2026-SE-CU-UNAM, de fecha 20 de mayo de 2026; y,

CONSIDERANDO:

Que, conforme al 4to párrafo del artículo 18, de la Constitución Política del Perú, dispone que cada Universidad es autónoma en su régimen normativo, de gobierno, académico, administrativo y económico. Y el artículo 8° de la Ley Nº 30220-Ley Universitaria, establece que la referida autonomía inherente a las Universidades, se ejerce de conformidad con la Constitución y demás normativa aplicable. Concordante con el artículo 1, de la Ley Nº 31520, Ley que restablece la autonomía y la institucionalidad de las universidades peruanas, así como la Ley N° 32141, Ley que modifica la Ley N° 30220-Ley Universitaria, a fin de fortalecer la institucionalidad de las Universidades Públicas licenciadas;

Que, el Artículo 58, de la Ley N° 30220-Ley Universitaria, establece que el Consejo Universitario es el máximo órgano de gestión, dirección y ejecución académica y administrativa de la Universidad. Concordante con el artículo 18° del Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua, aprobado bajo Resolución de Asamblea Universitaria N° 015-2025-AU-UNAM;

Que, el artículo 59 de la Ley Universitaria-Ley N° 30220, establece las atribuciones del Consejo Universitario, y especificamente el numeral 59.9, establece; Conferir los grados académicos y los títulos profesionales aprobados por las Facultades y Escuela de Posgrado, así como otorgar distinciones honoríficas y reconocer y revalidar los estudios, grados y títulos de universidades extranjeras, cuando la universidad está autorizada por la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria. Concordante con el numeral 14, del articulo 20° del Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua;

Que, mediante Resolución de Asamblea Universitaria N° 006-2026-AU, de fecha 20 de abril de 2026, se aprobó la incorporación de la Disposición Transitoria N° 22 al Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua, referido a la excepción para la emisión de los grados académicos de bachiller y títulos profesionales consignando la denominación de "Facultad de Ingeniería y Arquitectura";

Que, mediante la Resolución de Consejo de Facultad N° 140-2026-CF-FAIN-UNAM, de fecha 30 de abril de 2026, el Consejo de Facultad de Ingenierías aprobó el otorgamiento del Título Profesional de Ingeniero de Minas, por la modalidad de Tesis, a dos (02) Bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Nacional de Moquegua, de acuerdo al siguiente detalle: XIOMARA MILAGROS MARON FLORES y MARIA DEL CARMEN AMESQUITA HUARDIA;

Que, mediante Informe N° D0272-2026-UNAM-R-FAIN, de fecha 06 de mayo de 2026, la Decana de la Facultad de Ingenierías, remite a Secretaría General la Resolución de Consejo de Facultad N° 140-2026-CF-FAIN-UNAM, de fecha 30 de abril de 2026;

Que, mediante Informe Técnico N° D0061-2026-SG-GT de fecha 13 de mayo de 2026, e Informe N° D0251-2026-UNAM-R-SG de fecha 14 de mayo, el Secretario General de la UNAM, remite al Rectorado el expediente para el trámite de Título Profesional de Ingeniero de Minas a los Bachilleres: XIOMARA MILAGROS MARON FLORES y MARIA DEL CARMEN AMESQUITA HUARDIA de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, quienes se encuentran aptas para la expedición del Título Profesional de Ingeniero de Minas, al haber cumplido satisfactoriamente con los requisitos legales y reglamentarios, exigidos en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua, razón por la cual, el señor Secretario General incluye dichos expedientes como punto de agenda para ser tratado en Sesión Extraordinaria de Consejo Universitario de fecha 20 de mayo de 2026;

Que, el artículo 44° de la Ley N° 30220, Ley Universitaria señala que las universidades otorgan los grados académicos de Bachiller, Maestro, Doctor y los Títulos Profesionales que correspondan, a nombre de la Nación (...). Asimismo, la Ley N° 31803, modifica el artículo en mención adicionando; La Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (SUNEDU) determina los criterios, así como establece y supervisa el procedimiento administrativo para el reconocimiento de grados y títulos otorgados en el extranjero, en el marco de la normativa vigente;

Que, el numeral 45.2 del artículo 45° de la Ley Nº 30220, Ley Universitaria, precisa los requisitos mínimos para la obtención del título profesional, como son: el grado de Bachiller y la aprobación de una tesis o trabajo de suficiencia profesional. Asimismo, establece que el título profesional solo se puede obtener en la universidad en la cual se haya obtenido el grado de bachiller;

Domicilio Legal: Prolongación Av., Ancash S/N - Moquegua
RUC: 20449347448 - Teléfono: (053) 670168
Página Web: www.unam.edu.pe

Universidad Nacional de Moquegua

RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO
N° 360-2026-CU

Moquegua, 21 de mayo de 2026

Que, mediante Resolución de Comisión Organizadora N° 1153-2021-UNAM, se aprobó el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua, el mismo que fue modificado a través de las Resoluciones de Comisión Organizadora N° 410; 453 y 890-2022, N° 880-2023-UNAM y N° 081, 484-2024-UNAM el cual establece los requisitos y norma los procedimientos para la obtención de los grados académicos y títulos profesionales conferidos por esta Casa Superior de Estudios;

Que, bajo el amparo de los considerandos precedentes, el Pleno del Consejo Universitario en Sesión Extraordinaria N° 22-2026-SE-CU-UNAM, de fecha 20 de mayo de 2026, emitió, el siguiente, Acuerdo, POR UNANIMIDAD: CONFERIR, a nombre de la Nación el Título Profesional de Ingeniero de Minas por la modalidad de Tesis a las Bachilleres: XIOMARA MILAGROS MARON FLORES y MARIA DEL CARMEN AMESQUITA HUARDIA, de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Nacional de Moquegua;

En uso de las facultades y atribuciones conferidas por el Art. 18, de la Constitución Política del Perú, la Ley N° 30220 Ley Universitaria, el Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua, y a lo acordado por el pleno del Consejo Universitario;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO 1°: CONFERIR, A NOMBRE DE LA NACIÓN a las Bachilleres

- **XIOMARA MILAGROS MARON FLORES**
- **MARIA DEL CARMEN AMESQUITA HUARDIA**

El **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS.**

Por la modalidad de TESIS, de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Nacional de Moquegua.

ARTÍCULO 2°: ENCARGAR, al Secretario General de la UNAM, para que realice las acciones pertinentes relacionadas con la inscripción correspondiente en el Registro de Grados y Títulos de la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria - SUNEDU.

ARTÍCULO 3°: DISPONER, el cumplimiento de la presente Resolución a todas las dependencias de la Universidad Nacional de Moquegua.

ARTÍCULO 4°: DISPONER la publicación de la presente resolución en el Portal Institucional de la Universidad Nacional de Moquegua www.unam.edu.pe

REGÍSTRESE, PUBLÍQUESE Y CÚMPLASE;

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA – SECRETARIA GENERAL

MTRO. JOSE LUIS PACHECO CACERES
SECRETARIO GENERAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA – CONSEJO UNIVERSITARIO

DR. HUGO RUBEN MARCA MAQUERA
RECTOR
PRESIDENTE DEL CONSEJO UNIVERSITARIO

DISTRIBUCION:
VRA.,
VRI,
FAIN,
EPIM,
GyT
DASA,
OT,
Interesado,
C.c. Arch.

Domicilio Legal: Prolongación Av., Ancash S/N - Moquegua
RUC: 20449347448 - Teléfono: (053) 670168
Página Web: www.unam.edu.pe