PROYECTO

“CONTINUIDAD AL DESARROLLO DEL RECINTO MINERO ANA PAULA MEDIANTE EXPLOTACIÓN MINERA SUBTERRÁNEA”

RESUMEN EJECUTIVO

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE, DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y LA DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

I.1. Proyecto

I.1.1. Nombre del proyecto

El nombre del presente proyecto es “CONTINUIDAD AL DESARROLLO DEL RECINTO MINERO ANA PAULA MEDIANTE EXPLOTACIÓN MINERA SUBTERRÁNEA” (en adelante Proyecto).

I.2. Ubicación del proyecto

I.2.1. Entidad federativa y municipio

El proyecto se ubicará en el municipio de Cuetzala del Progreso, en la entidad de Guerrero. En las siguientes figuras se muestra la ubicación regional y local del área del Proyecto.

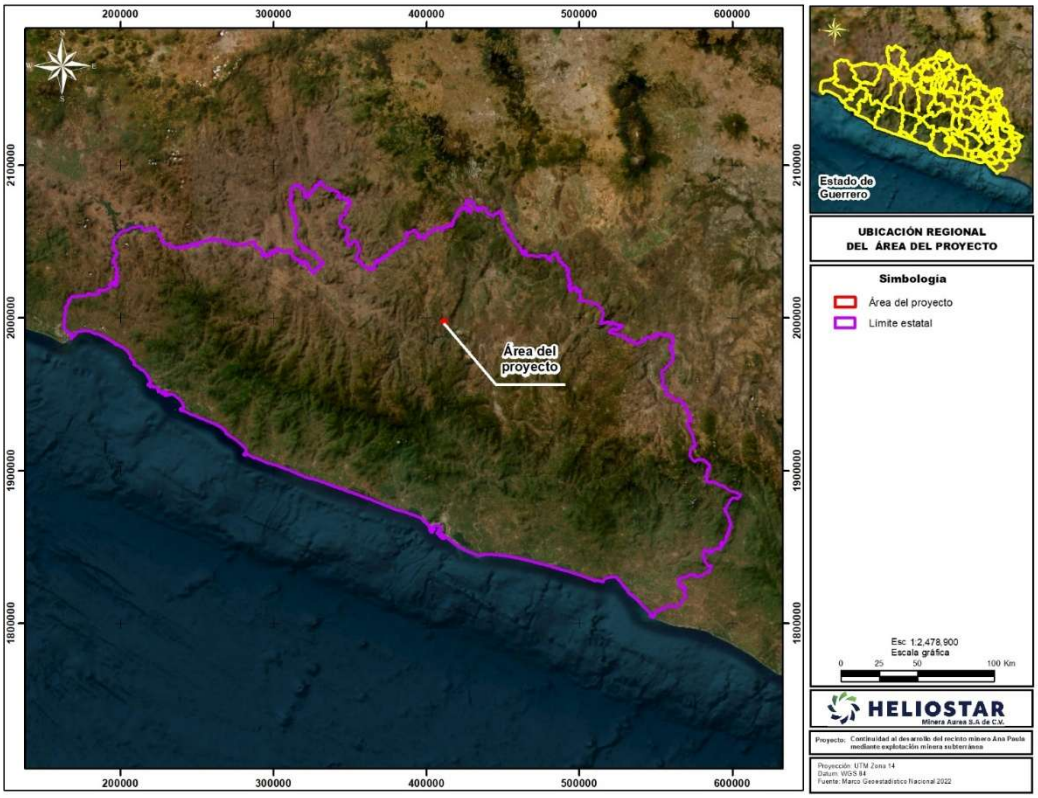


Figura 1. Ubicación regional del área del Proyecto.

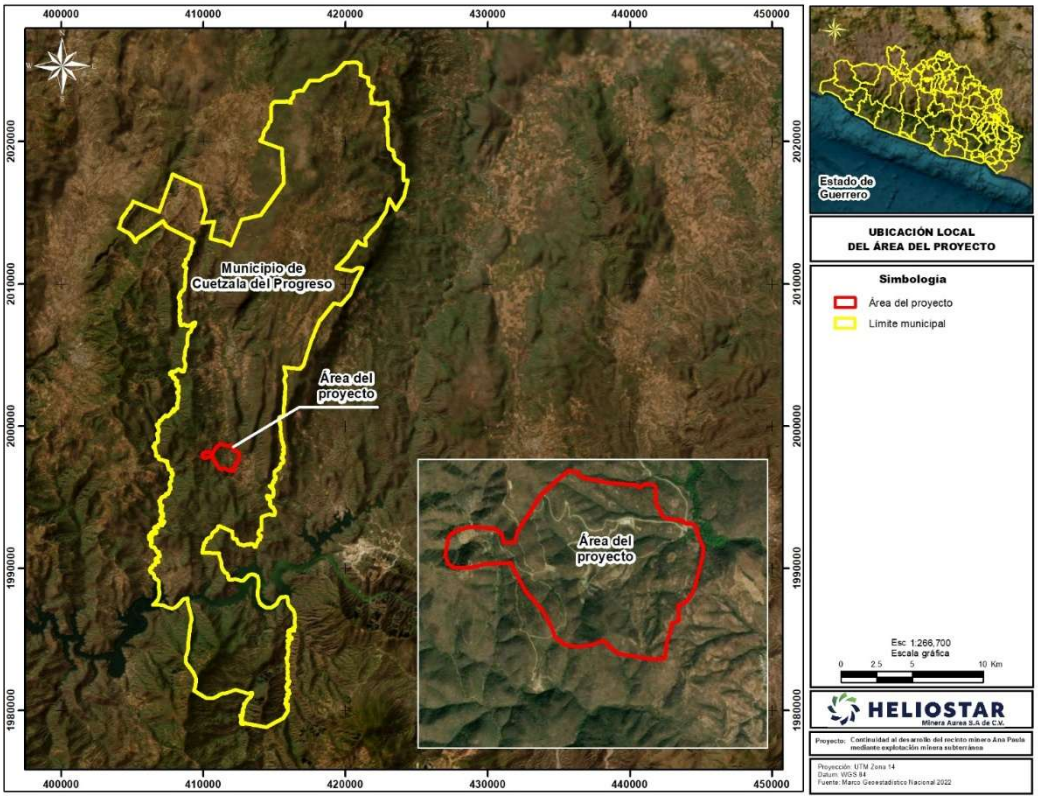


Figura 2. Ubicación local del área del Proyecto.

I.3. Descripción específica de las obras y actividades, incluyendo obras complementarias

I.3.1. Naturaleza del Proyecto

El proyecto consiste en dar continuidad al desarrollo del Recinto Minero Ana Paula mediante la explotación de un yacimiento aurífero por minería subterránea, en sustitución del minado a cielo abierto previamente autorizado, y en la operación de una planta de beneficio con capacidad nominal de 2,000 toneladas por día.

El método de explotación es el de cámaras abiertas con barrenos largos, en configuración transversal y longitudinal, con relleno de pasta cementada de las cámaras ya explotadas. El acceso a las labores se realiza por una rampa que parte del portal de entrada, complementada por una segunda rampa destinada a la evacuación del personal. Conforme a la descripción de operaciones de referencia, el mineral ROM se deposita en superficie y es transferido mediante cargador frontal a la trituradora primaria a través de un grizzly estacionario.

El mineral del yacimiento es refractario: el 38 % del oro contenido se encuentra ocluido en sulfuros de hierro, arsenopirita y pirita arsenical, condición que impide su disolución directa por cianuración y que determina la ruta de proceso adoptada. El circuito integra en consecuencia, de forma secuencial, la conminución del mineral, la concentración gravimétrica y la flotación de sulfuros, la oxidación biológica del concentrado, el lavado en contracorriente y la neutralización, la cianuración del concentrado oxidado en circuito de carbón en lixiviación, y la elución del carbón cargado con recuperación del oro por electrodeposición y fundición. La recuperación global de oro de diseño es del 90 %.

El circuito de cianuración trata la pulpa oxidada proveniente del circuito CCD-BIOX; la tasa de 340 t/d corresponde a la alimentación de concentrado de diseño del circuito BIOX y no a la alimentación directa del CIL. Los jales de flotación no ingresan al circuito de cianuración. La pulpa de jales de flotación se

divide en dos flujos: aproximadamente 38 t/h alimentan la planta de pasta y el resto se combina con los residuos de lixiviación y de neutralización del licor BIOX para su espesamiento y filtración. El cianuro remanente en las colas del proceso se destruye antes del espesamiento y de la disposición.

La naturaleza del proyecto es, por tanto, la de una operación minero-metalúrgica subterránea de menor huella superficial que la autorizada, cuyos elementos determinantes para la evaluación ambiental son el manejo de cianuro de sodio y de ácido clorhídrico en el circuito de beneficio, la disposición de jales filtrados después de la etapa de detoxificación y el aprovechamiento de la corriente de jales de flotación destinada a la planta de pasta como relleno estructural en el interior de la mina.

La operación minero-metalúrgico subterránea se desarrollará mediante las siguientes unidades de proceso, las cuales se describen a continuación:

Tabla 1. Unidades de proceso de la planta de beneficio.

No.	Unidad de proceso	Descripción
1	Trituración primaria y secundaria	Reducción del mineral extraído hasta el tamaño que admite la molienda. Conforme a la descripción de operaciones de referencia, la trituración primaria recibe mineral ROM depositado en superficie y la trituración secundaria opera en circuito cerrado con criba.
2	Molienda	Molino de bolas en circuito cerrado con hidrociclones, que entrega el producto al tamaño requerido por la flotación.
3	Concentrador gravimétrico	Concentradores centrífugos que recuperan el oro libre desde una fracción del bajoflujo de los hidrociclones, con enriquecimiento final en mesa vibratoria.
4	Flotación	Banco de celdas rougher que concentra los sulfuros portadores del oro mediante colector, activador y espumante.
5	Remolienda	Molino que reduce el concentrado de flotación al tamaño que requiere la liberación de los sulfuros antes de la oxidación biológica.
6	Oxidación bacteriana	Tren de reactores en los que un consorcio de microorganismos oxida la matriz sulfurosa y libera el oro ocluido, con control automático de temperatura y de pH.
7	CCD	Circuito de lavado en contracorriente que separa la solución ácida del producto oxidado mediante espesadores dispuestos en serie.
8	Neutralización	Tren de tanques que conduce la solución ácida hasta condiciones neutras mediante la adición de piedra caliza y de cal.
9	Tratamiento biológico de tiocianato	Circuito biológico complementario, con tanque de acondicionamiento, reactor aerobio y clarificador, que degrada el tiocianato y el cianuro libre residual de la corriente de la oxidación biológica.
10	Ajuste de pH	Tanque que eleva la alcalinidad de la pulpa neutralizada antes de su ingreso al circuito de cianuración, y que constituye el control ambiental crítico del proceso al impedir la formación de ácido cianhídrico gaseoso.

No.	Unidad de proceso	Descripción
11	CIL	Tren de tanques en los que el oro se disuelve con cianuro y se adsorbe de forma simultánea sobre carbón activado.
12	Lavado ácido del carbón	Lavado ácido del carbón activado cargado proveniente del circuito de adsorción, previo a su elución.
13	Elución del carbón	Elución a presión del carbón activado cargado para extraer el oro adsorbido hacia la solución.
14	Electrodeposición	Recuperación del oro de la solución mediante celdas electrolíticas.
15	Retortas y fundición	Secado en retortas y fundición del oro recuperado a barra doré.
16	Reactivación del carbón	Reactivación térmica del carbón activado para su reincorporación al circuito de adsorción.
17	DETOX de cianuro	Circuito que oxida el cianuro remanente de las colas del proceso antes de su espesamiento y disposición.
18	Espesadores y filtros de jales	Espesador de floculación de jales de 12 m de diámetro y filtros de placas que deshidratan los jales de flotación y las colas del proceso. El jal espesado alimenta la planta de pastas y el jal filtrado se envía a la instalación superficial de almacenamiento de jales filtrados.
19	Planta de pastas	Instalación que mezcla el jal espesado con cemento y bombea la pasta hacia las labores subterráneas como relleno estructural.

I.3.1.1 Componentes

Por lo anterior, el Proyecto consiste en la preparación del sitio y construcción, operación y mantenimiento del siguiente conjunto de obras: Mina subterránea, Trituración primaria, Rampa de acceso, Rampa de servicios, Portal de entrada, Transportador aéreo de trituración subterránea, Torre de transferencia, Puente transportador, Cimentación del puente transportador, Banda transportadora, Cribado secundario, tanque de mineral en bruto y trituradora secundaria, Molino de bolas depósito de alimentación, Mantenimiento de molino, Molino, Cuarto de control y eléctrico del molino, Área de flotación, Área de reactivos, Espezadores, BIOX y torres de enfriamiento, Depósito ASTER, CCD y neutralización, Área CIL, Manipulación del carbón y refinería, Entrega, almacenamiento y procesamiento de piedra caliza, Laboratorio, Corredor de tuberías, Edificio de planta de relleno de pasta, Filtros de cola: plataforma de preparación y transferencia, Filtro y tanques de jales de flotación, Generadores de emergencia (3) 1,000 kw diesel, Generador de emergencia (1) 1,000 kw diesel, Subestación eléctrica principal, sala de control eléctrico de la zona 700 EL. 785, Sistema de agua primario, deposito principal, agua fresca y contra incendios, Estación de combustible de mina, Área de plataforma de explotación, Vestidores, Zona de apilamiento, Almacén, Almacén de reactivos, Planta de tratamiento de aguas residuales para taller de camiones y vestuarios, Instalación eléctrica aérea, Tepetatera 1, Tepetatera 2, Presa de jales, Pileta de recolección, Área de explosivos.

Además de las siguientes obras complementarias: vialidades, áreas libres, áreas de corte y relleno, obras de drenaje y caminos.

A continuación, se describe de forma particular la naturaleza de cada componente del Proyecto.

Tabla 2. Componentes del Proyecto y su representación en el plano del arreglo general.

No	Componente	Descripción	Notas
1	Mina subterránea	En esta área se realizará la extracción de mineral. Se realizará relleno de las cámaras ya explotadas.	Área autorizada mediante MIA con extracción superficial.
2	Trituración primaria	Instalación de tolva de descarga y alimentador vibratorio tipo Grizzly conectado a una trituradora primaria integrada a una planta con capacidad nominal de procesamiento de 2,000 t/d. El sistema operará confinado y contará con un colector de polvos mecánico / vía húmeda en los puntos de transferencia para mitigar emisiones de partículas.	
3	Rampa de acceso	Esta será de acceso para la circulación de vehículos y maquinaria).	Autorizada mediante modificación. Actualmente se han construido 410.00 m
4	Rampa de servicios.	Esta será para servicios, así como la transportación de material, se tendrá ventilación y electricidad. La configuración de la rampa de acceso y la rampa de servicios optimiza los circuitos de ventilación forzada y divide los flujos de tránsito, una vía exclusiva para el acareo de mineral y otra para el ingreso de servicios / personal.	
5	Portal de entrada	Área de acceso de las rampas.	Área autorizada mediante modificación
6	Transportador aéreo de trituración subterránea	Banda transportadora que conducirá el mineral cribado de la fase primaria.	
7	Torre de transferencia	Estructura de transferencia entre tramos de banda transportadora.	
8	Puente transportador	Estructura sobre la cual se instalarán bandas transportadoras de mineral.	
9	Cimentación del puente transportador	Cimentaciones que soportarán la estructura del puente transportador; así como el transportador aéreo de trituración subterránea.	
10	Banda transportadora	Bandas transportadoras que conducirán el mineral hacia el cribado secundario y otras áreas del proceso.	
11	Cribado secundario, tanque de mineral en bruto y trituradora secundaria	Circuito cerrado de fragmentación secundario compuesto por una tolva de compensación de 14 m^3, criba secundaria y trituradora secundaria con un motor de 90 kW para reducir el mineral a un tamaño de partícula de diseño de P_{80} = 13 mm. Todo el circuito incluye cerramientos herméticos y colectores de polvo para el control de emisiones atmosféricas fijas.	
12	Molino de bolas depósito de alimentación	Tolva que almacenará el mineral fino que alimenta al molino.	
13	Mantenimiento de molino	Taller de servicio y mantenimiento para el área de molienda.	

No	Componente	Descripción	Notas
14	Molino	Sistema de molienda húmeda mediante un molino de bolas de 5.0 m de diámetro por 7.9 m de longitud efectiva de molienda (EGL), impulsado por un motor de velocidad fija de 3,356 kW (4,500 hp) operando un circuito cerrado con hidrociclones primarios para lograr una reducción final de P80= 160µm. Al ser un proceso de pulpa acuosa la generación de polvos es nula: se contemplan obras de aislamiento acústico para mitigar la contaminación auditiva por ruido.	
15	Cuarto de control y eléctrico del molino	Sala de tableros y de control para el área de molienda.	
16	Área de flotación	Circuito de flotación para la concentración de sulfuros que consta de un tanque acondicionador y celdas de floración primaria con dimensiones de 5 x 30 m^3. En esta etapa se dosificarán reactivos específicos como colectores (PAX) y activadores (CuSO4). Las instalaciones contarán con diques de contención perimetrales para evitar filtraciones al suelo.	
17	Área de reactivos	Área para la preparación y dosificación de los reactivos de flotación.	
18	Espesadores	Espesadores que deshidratarán los jales antes de su disposición.	
19	BIOX y torres de enfriamiento	Circuito cerrado de oxidación bacteriana diseñado para libera el oro encapsulado en los sulfuros. Esta integrado por un espesador pre-BIOX de 9 m de diámetro, un tanque compensador de 11.5 m de diámetro x 12.1 m de altura, tanques primarios y secundarias BIOX de 14 m de diámetro x 15.2 m de altura con inyección de aire y nutrientes bacterianos. Las torres de enfriamiento controlarán la temperatura del proceso biológico.	
20	Depósito ASTER	Sistema de mitigación y tratamiento biológico avanzado compuesto por un tanque acondicionador ASTER, tanque de dosificación de nutrientes, tanques de reacción biológica ASTER y un clarificador ASTER. Diseñado específicamente para la degradación y destrucción de tiocianatos y cianuro residual del proceso antes de su disposición o recirculación.	
21	CCD y neutralización	Sistema de Decantación en Contracorriente (CCD) compuesto por una serie de tres espesadores para el lavado del producto oxidado BIOX. Incluye una sección de neutralización del licor ácido mediante un tanque de 6.5 m de diámetro x 7.1 de altura donde se adiciona lechada de cal (CaCO3/Cal) para elevar el pH y asegurar la estabilidad química de los precipitados.	

No	Componente	Descripción	Notas
22	Área CIL	Circuito de lixiviación y absorción que consta de 5 tanques CIL de 7.2 m de diámetro por 7.8 m de altura, equipados con cribas de carbón cargado y de seguridad. El proceso utiliza cianuro de sodio (NaCN) y Cal para el control del pH. Toda el área se desplantará sobre una loca de concreto impermeable con muros de contención volumétrica con capacidad del 110% ante posibles derrames.	
23	Manipulación del carbón y refinería	Planta de desorción y refinería que incluye columnas de lavado de ácidos, columnas de elución, hornos de regeneración de carbón con colectores del polvo, celdas de electrodeposición y una retorta de mercurio acoplada a un *scrubber* de gases y lecho de carbón activado. El proceso culmina en un horno de fundición para la obtención de barras de doré, implementado campanas de extracción de gases de seguridad.	
24	Entrega, almacenamiento y procesamiento de piedra caliza	En esta área se realizará la recepción y preparación de la piedra caliza que se consume en el proceso.	
25	Laboratorio	En este se realizarán ensayes para el control de calidad del proceso.	Autorizada mediante MIA. Se cambia su ubicación.
26	Corredor de tuberías	En este se habilitarán tuberías de proceso y de servicios entre las áreas de proceso.	
27	Edificio de planta de relleno de pasta	Infraestructura destinada a recibir la corriente de jales de flotación filtrados; el diseño de referencia considera aproximadamente 38 t/h de jales de flotación hacia la planta de pasta. Esta equipada con un tanque de alimentación, silos y alimentadores de cemento con colectores de polvo y un mezclador de pasta que bombeara la mezcla estabilizada (cemento-jal) hacia las labores de la mina subterránea, fungiendo como soporte geo mecánico y medida de minimización de residuos en superficie.	
28	Filtros de cola: plataforma de preparación y transferencia	En estos se realizará el filtrado y la transferencia de los jales del proceso.	
29	Filtro y tanques de jales de flotación	Sistema de deshidratación de residuos mineros compuesto por un espesador de floculación de jales de 12 m de diámetro, un tanque de alimentación y un sistema de filtros de jales (filtro de placas/prensa). Su función ambiental es separar el agua de proceso para su recirculación inmediata al circuito y acondicionar los residuos combinados de flotación filtrada y BIOX para su envío a la instalación de almacenamiento de jales filtrados para depósito final.	
30	Generadores de emergencia (3) 1,000 kw diesel, Generador de emergencia (1) 1,000 kw diesel	Mediante estos se producirá electricidad de respaldo para los servicios críticos ante falla del suministro.	

No	Componente	Descripción	Notas
31	Subestación eléctrica principal, sala de control eléctrico de la zona 700 EL. 785	Esta regulará y distribuirá la energía eléctrica hacia las diferentes áreas del proceso. **La línea de transmisión hacia la subestación eléctrica no será alcance de este Proyecto.**	En la ingeniería de detalle se definirá la capacidad y las características técnicas.
32	Sistema de agua primario, deposito principal, agua fresca y contra incendios	En este se almacenará agua fresca; así como también se almacenará agua tratada para incendios**. La obra de toma de agua fresca no será alcance de este Proyecto.**	La concesión para agua fresca se encuentra en actualmente en trámite.
33	Estación de combustible de mina	Área de donde se almacenará y se despachará de diésel para los vehículos y equipos.	
34	Área de plataforma de explotación	Área de acopio temporal y de maniobras.	
35	Vestidores	Área de servicios de aseo y cambio de ropa del personal.	
36	Zona de apilamiento	Área de acopio de mineral.	
37	Almacén	Almacén de refacciones, consumibles y materiales.	
38	Almacén de reactivos	Almacén de reactivos químicos del proceso, dividido en compartimentos según la compatibilidad entre sustancias.	
39	Planta de tratamiento de aguas residuales para taller de camiones y vestuarios	En esta se realizará el tratamiento de las aguas residuales provenientes del taller de camiones y de los vestidores.	En la ingeniería de detalle se definirá el tipo y capacidad.
40	Instalación eléctrica aérea	Línea eléctrica la cual conducirá energía eléctrica entre las áreas de proceso del Proyecto.	
41	Tepetatera 1	Zona destinada al depósito definitivo de roca estéril (tepetate) proveniente del declive de la mina. Estructuralmente balanceada en dos secciones (tepetatera 1 y 2) para la reducción de trayecto de los acarreos internos y para la minimizar los gases provenientes de la combustión de la maquinaria. El diseño de los taludes contempla bermas de control de erosión.	Autorizada mediante MIA. Se cambia su ubicación.
42	Tepetatera 2	Zona destinada al depósito definitivo de roca estéril (tepetate) proveniente del declive de la mina. Estructuralmente balanceada en dos secciones (tepetatera 1 y 2) para la reducción de trayecto de los acarreos internos y para la minimizar los gases provenientes de la combustión de la maquinaria. El diseño de los taludes contempla bermas de control de erosión.	

No	Componente	Descripción	Notas
43	Presa de jales	Sitio de disposición final confinado en superficie diseñado para recibir los residuos combinados de flotación filtrada y BIOX bajo la modalidad de jal filtrado/seco. El vaso del depósito se proyecta con impermeabilización basal mediante suelo arcilloso compactado y geomembrana de HDPE conforme a las especificaciones de diseño y monitoreo de aguas subterráneas dictadas por la NOM-141-SEMARNAT-2003.	Autorizada mediante MIA. Se cambia su ubicación.
44	Pileta de recolección	Área que capta el agua de contacto de la instalación de jales.	
45	Área de explosivos	Área de almacenamiento de explosivos y accesorios de voladura.	Autorizada mediante MIA. Se autorizo cambio de ubicación mediante modificación.

Tabla 3. Obras complementarias en el área de desplante del Proyecto.

No.	Componente	Descripción
46	Vialidad	Circulaciones internas del recinto que comunicarán las diferentes áreas de proceso, almacenes y depósitos.
47	Áreas libres	Áreas sin construcción entre las áreas de proceso y vialidades.
48	Áreas de corte y relleno	Áreas derivadas de la conformación de las plataformas de las áreas del proceso y vialidades; así como de la apertura de caminos.
49	Obra de drenaje	Obras de conducirán el agua de los escurrimientos existentes en los cuales índice el Proyecto.
50	Caminos	Vías de acceso al recinto minero y de comunicación con los caminos existentes.

I.3.2. Justificación

El proyecto **"Continuidad al Desarrollo del Recinto Minero Ana Paula mediante Explotación Minera Subterránea"** representa la evolución estratégica y la optimización integral del proyecto minero previamente autorizado en su modalidad a cielo abierto (tajo abierto). La reevaluación técnica y los nuevos estudios geológico-económicos determinaron la viabilidad de migrar el método de extracción hacia un esquema de **minería subterránea de alta ley** (mediante *long-hole stoping* / cámaras transversales y longitudinales con barrenos largos).

Esta reconfiguración responde al compromiso del promovente de implementar una minería moderna y de menor huella superficial, reduciendo de manera sustancial la afectación al medio biótico y geomorfológico, optimizando el uso de los recursos naturales de la región y aprovechando de forma eficiente la infraestructura de apoyo preexistente y autorizada en el sitio. De este modo, la continuidad del proyecto Ana Paula garantiza el equilibrio entre el desarrollo socioeconómico de la región del Balsas y la conservación ambiental mediante la minimización y mitigación de los impactos socioambientales.

Desde la perspectiva de la ingeniería minera y metalúrgica, el cambio de método de minado de tajo abierto a minería subterránea se justifica por los siguientes factores:

- **Sustitución del Tajo por Minería Subterránea:** La transición elimina la necesidad de realizar un minado a cielo abierto a gran escala, sustituyéndolo por un acceso mediante rampa/portal y desarrollo subterráneo concentrado en las zonas de mayor concentración mineral (brecha polimíctica / paneles de alta ley).
- **Reconfiguración y Optimización de la Huella Superficial:** La disminución sustancial del material estéril a extraer (reducción severa en el movimiento de rocas y volumen de tepetateras) reduce la huella de intervención en superficie. Esto permite reubicar y redimensionar los componentes principales del proyecto (planta de beneficio, depósitos de tepetate y jales, obras de manejo del agua y áreas de servicios) optimizando la logística interna y la estabilidad geotécnica de las obras.
- **Aprovechamiento de Infraestructura Autorizada y Existente:** Se aprovechan accesos, caminos, polvorines y desarrollos de ingeniería previamente establecidos y autorizados, lo que evita aperturas innecesarias en terreno natural.
- **Eficiencia Procesal y Tecnológica:** El nuevo diseño contempla una planta de beneficio ajustada al procesamiento de mineral subterráneo con una tasa de producción eficiente y un diagrama de flujo optimizado, lo que incrementa la recuperación metalúrgica del mineral y asegura un manejo de residuos mineros con estándares de seguridad geotécnica y detoxificación previa conforme a la normatividad aplicable (NOM-141-SEMARNAT-2003).

La transición a la minería subterránea constituye la principal medida preventiva y de mitigación del proyecto, logrando una reducción drástica de las principales presiones ambientales identificadas en la MIA anterior:

Reducción de la Pérdida de Cobertura Vegetal y Cambio de Uso de Suelo: Al eliminar la huella del tajo a cielo abierto y reducir la extensión de los depósitos de tepetate, la superficie total a desmontar y despalmar disminuye drásticamente, preservando extensiones considerables de vegetación nativa y hábitats de fauna silvestre.

Preservación de la Geomorfología y el Paisaje: Los impactos clasificados como “muy significativos” en el proyecto anterior —relativos a la *modificación del relieve* por la excavación del tajo y el *deterioro de la calidad visual del paisaje* — se reducen sustancialmente al mantener la mayor parte de las operaciones bajo la superficie.

Manejo Hídrico y Calidad del Aire: Al contraer la huella operativa en superficie, se disminuye la alteración de los patrones de drenaje superficial y la afectación a zonas de recarga hídrica. Asimismo, el menor movimiento de maquinaria pesada en superficie y la reducción en voladuras a cielo abierto se traducen en un menor volumen de emisiones de material particulado (PST, PM_{10}, $PM_{2.5}$) y emisiones de gases de combustión a la atmósfera.

Manejo Responsable de Residuos Mineros: Los jales generados continuarán siendo procesados y depositados bajo estrictos parámetros de detoxificación y estabilidad física en instalaciones diseñadas ad hoc, reduciendo riesgos de generación de drenaje ácido de mina u otras contingencias hídricas.

En el contexto socioeconómico regional de los municipios de Cuetzala del Progreso, Cocula e Iguala en el estado de Guerrero:

Generación de Empleo Estable y Especializado: El desarrollo y operación de una mina subterránea requiere mano de obra técnica y operativa especializada durante un horizonte operativo de largo plazo. Esto fomentará la contratación y capacitación de personal local, generando empleos directos e indirectos bien remunerados.

Frenado de la Migración y Arraigo Local: La falta de fuentes de empleo formal en la zona históricamente propicia la migración de la Población Económicamente Activa (PEA). La continuidad del proyecto Ana Paula actúa como un motor de desarrollo que permite fijar la población local, fortalecer el núcleo familiar y dinamizar las cadenas de suministro locales (servicios, alimentos, transporte, suministros).

Derrama Económica e Infraestructura: El proyecto generará una relevante derrama económica mediante la compra de insumos a proveedores regionales, contribuciones fiscales (derechos mineros e impuestos) y el mantenimiento/mejoramiento de la infraestructura vial de acceso comunitario, contribuyendo directamente a las metas de desarrollo sustentable e impulso al sector minero responsable planteadas en los planes de desarrollo estatal y municipal.

I.3.3. Obras temporales previstas

Se instalarán obras temporales tales como almacén de materiales, almacén de residuos peligrosos, áreas para contenedores de residuos sólidos urbanos, patios de maniobras y maquinaria, áreas de almacenamiento temporal de despalme.

Las áreas anteriormente mencionadas se ubicarán principalmente en el componente denominado áreas libres, las dimensiones serán definidas previo al inicio de la etapa de preparación y construcción y no se precisan las ubicaciones en este documento debido a que conforme se avance en la construcción del Proyecto estas se estarán cambiando de posición.

Para la construcción del Proyecto se requerirá de obras asociadas las cuales serán: planta para elaboración de concreto hidráulico, explotación de bancos de materiales pétreos. Estas obras asociadas serán responsabilidad de la empresa constructora; así como la obtención de las autorizaciones correspondientes, y es importante mencionar que estas quedan fuera del presente estudio.

I.3.4. Proyecto conforme al artículo 5 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambienta

El proyecto **"Continuidad al Desarrollo del Recinto Minero Ana Paula mediante Explotación Minera Subterránea"** se sujeta al procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental en el ámbito federal, en cumplimiento con el **Artículo 28, fracción III** de la *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)*, así como en lo dispuesto en el **Artículo 5, inciso L), fracciones I y III** del *Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA)*, atendiendo a las siguientes consideraciones:

A. Encuadre en el Artículo 5, Inciso L) del REIA

El Proyecto se encuadra específicamente en las actividades extractivas y de beneficio mineral sujetas a regulación federal conforme a los siguientes numerales:

- **Fracción I. Obras para la explotación de minerales y sustancias reservadas a la Federación, así como su infraestructura de apoyo:**

El Proyecto comprende el desarrollo minero subterráneo, la extracción de mineral metalífero, las obras de infraestructura de superficie asociadas (obras de acceso, áreas de almacenamiento, oficinas, talleres y vialidades internas) destinadas al soporte operativo del desarrollo minero.

- **Fracción III. Beneficio de minerales y disposición final de sus residuos en presas de jales:**

El procesamiento del mineral contempla etapas de beneficio mediante procesos que emplean sustancias reguladas para la separación de valores metálicos. Asimismo, incluye el diseño, construcción, operación y mantenimiento de una presa de jales para la disposición final segura de los residuos del beneficio minero, excluyendo expresamente el supuesto de excepción, al requerir la gestión integral de dichos jales en infraestructura dedicada.

B. Justificación de la Modalidad Regional (MIA-R)

De conformidad con lo dispuesto en el **Artículo 11 del REIA**, el estudio se presenta en **Modalidad Regional (MIA-R)** debido a que el conjunto de obras minero-metalúrgicas e infraestructura proyectada interactúan con un conjunto de cuencas hidrológicas y sistemas ecológicos regionales en el estado de Guerrero, requiriéndose una evaluación integral de sus impactos acumulativos y residuales en el sistema ambiental regional.

I.3.5. Duración del Proyecto

I.3.5.1 Duración del Proyecto

El plazo solicitado para la ejecución del Proyecto es de 20 años, de los cuales se requieren 4 años para la etapa de preparación del sitio y construcción, 11 años para la etapa de operación y mantenimiento, y finalmente se consideran 5 años para el desmantelamiento y abandono.

I.4. Tabla resumen de características del proyecto

I.4.1. Superficies generales del Proyecto

I.4.1.1 Superficie del predio o superficie total para el desarrollo del Proyecto

La superficie del área del Proyecto es de 277.723 ha.

I.4.1.2 Superficie de desplante de construcciones, obras y/o instalaciones

El área de desplante del área del Proyecto es de 100.795 ha. Superficie a intervenir sin construcciones o instalaciones proyectadas

Superficie permanente y temporal

En la zona del área de desplante se tendrá una afectación permanente de 79.858 ha y 20.937 ha de afectación temporal.

Superficie con sellamiento y sin sellamiento

En al área de desplante se tendrán 4.244ha con sellamiento, 65.659 ha sin sellamiento, 6.667 sin sellamiento y afectación subterránea, y 24.225 sin sellamiento y con geotextil.

Tabla 4. Componentes con sellamiento y sin sellamiento en el área de desplante del Proyecto.

Superficie con afectación, con sellamiento y sin sellamiento

En zona del área de desplante se tendrá una superficie de 4.244 ha de afectación permanente con sellamiento, 44.722 ha de afectación permanente sin sellamiento, 6.667 ha de afectación permanente

sin sellamiento y afectación subterránea, 24.225 ha de afectación permanente sin sellamiento y con geotextil y 20.937 ha de afectación temporal sin sellamiento.

I.4.1.3 Superficie autorizada y por autorizar en materia de impacto ambiental en la zona del área de desplante del Proyecto

Como se mencionó anteriormente se tienen autorizaciones en materia de impacto ambiental. Por lo anterior se realizó una sobreposición de las autorizaciones con el área de desplante del Proyecto. De la superficie del área de desplante de 100.795 ha, se obtiene que 34.345 ha están autorizadas y 66.449 ha por autorizar.

I.4.1.4 Superficie total de vegetación existente y por afectar

1. Superficie total de vegetación existente en el área del Proyecto

De la superficie del área del Proyecto de 277.723 ha, de manera resumida se obtiene que en el área de desplante se tienen que 8.490 ha corresponden a área desprovista de vegetación, 0.162 ha a cuerpo de agua, 75.851 ha a selva baja caducifolia y 16.292 ha vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia; así mismo en el área sin afectación se tienen que 7.618 ha corresponden a área desprovista de vegetación, 0.357 ha a cuerpo de agua, 154.481 ha a Selva baja caducifolia y 14.472 ha a Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia.

Tabla 5. Uso de suelo y vegetación en el área del Proyecto.

No	Zona	Uso de suelo y vegetación de campo	Superficie en ha
1	Área de desplante	Área desprovista de vegetación	8.490
		Cuerpo de agua	0.162
		Selva baja caducifolia	75.851
		Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	16.292
2	Área sin afectación	Área desprovista de vegetación	7.618
		Cuerpo de agua	0.357
		Selva baja caducifolia	154.481
		Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	14.472
		Suma	**277.723**

2. Superficie total de vegetación existente en la zona del área de desplante del Proyecto

De la superficie de la zona del área de desplante del Proyecto de 100.795 ha, de manera resumida se obtiene que 8.490 ha corresponden a área desprovista de vegetación, 0.162 ha a cuerpo de agua, 75.851 ha a selva baja caducifolia y 16.292 ha a vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia.

Tabla 6. Superficies por usos de suelo y vegetación en el área de desplante del Proyecto.

Uso de suelo y vegetación de campo	Superficie en ha	Porcentaje %
Área desprovista de vegetación	8.490	8.423
Cuerpo de agua	0.162	0.160
Selva baja caducifolia	75.851	75.253
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	16.292	16.164
Suma	**100.795**	**100.000**

3. Superficie total de vegetación por afectar en la zona del área de desplante del Proyecto

La vegetación en la zona de desplante del área del Proyecto es de 92.144 ha, de las cuales 75.851 ha corresponden a Selva baja caducifolia y 16.292 ha a vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia.

Tabla 7. Vegetación en el área de desplante del Proyecto.

Uso de suelo y vegetación de campo	Superficie en ha	Porcentaje %
Selva baja caducifolia	75.851	82.318
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	16.292	17.682
Suma	**92.144**	**100.000**

Cabe mencionar que algunas de las actividades se desarrollarán de forma subterránea por lo cual no se realizará la remoción de vegetación en estas.

Por lo anterior en 86.846 ha se realizará la remoción de vegetación y en 5.298 ha no se realizará la remoción de vegetación. En la siguiente tabla se muestran las superficies en las cuales se realizará la remoción de vegetación y en cuales no se realizará la remoción de vegetación.

Tabla 8. Superficies de vegetación en la cual se realizará remoción de vegetación y sin remoción de vegetación en el área de desplante.

Uso de suelo y vegetación de campo	Actividad	Superficie en ha	Porcentaje %
Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	70.553	76.57
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia		16.292	17.68
	Subtotal	**86.846**	**94.25**
Selva baja caducifolia	Sin remoción de vegetación	5.298	5.75
	Subtotal	**5.298**	**5.75**
	Suma	**92.144**	**100.00**

I.4.1.5 Superficie de vegetación forestal total existente y por afectar

1. Superficie por cada tipo de vegetación forestal por afectar en el área de desplante

En la zona del área de desplante del Proyecto se realizará la remoción de vegetación forestal en 86.846 ha, de las cuales 70.553 ha corresponden a selva baja caducifolia y 16.292 ha a vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia.

Tabla 9. Superficie forestal por afectar en el área de desplante del Proyecto.

Uso de suelo y vegetación de campo	Superficie en ha	Porcentaje %
Selva baja caducifolia	70.553	81.24
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	16.292	18.76
Suma	**86.846**	**100.00**

2. Superficie de forestal autorizada y por autorizar en materia de impacto ambiental

Como se mencionó anteriormente en la zona del área de desplante del Proyecto se realizará la remoción de vegetación forestal en 86.846 ha, de las cuales 22.911 ha se tienen autorizadas y 63.935 ha por autorizar.

Tabla 10. Superficies de vegetación forestal que será removida autorizada y por autorizar.

Forestal	Estatus	Superficie en ha	Porcentaje %
Vegetación forestal	Autorizado	22.911	26.38
	Por autorizar	63.935	73.62
	Suma	**86.846**	**100.00**

De forma resumida se obtiene que 12.648 ha de selva baja caducifolia y 10.262 ha de vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia se encuentran autorizadas, así como 57.905 ha de Selva baja caducifolia y 6.030 ha de vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia se encuentran por autorizar.

Tabla 11. Superficie forestal autorizada y por autorizar.

Forestal	Estatus	Uso de suelo y vegetación de campo	Superficie en ha	Porcentaje %
Vegetación forestal	Autorizado	Selva baja caducifolia	12.648	14.56
		Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	10.262	11.82
	Subtotal		**22.911**	**26.38**
	Por autorizar	Selva baja caducifolia	57.905	66.68
		Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	6.030	6.94
	Subtotal		**63.935**	**73.62**
		Suma	**86.846**	**100.00**

II. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN SOBRE USO EL SUELO

Se realizo la vinculación con:

- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)
- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA)
- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de prevención y control de la contaminación de la atmósfera
- Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)
- Programa de Ordenamiento Ecológico Regional

De acuerdo con el Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) el área del Proyecto no tiene incidencia en algún ordenamiento a nivel regional.

- Programa de Ordenamiento Ecológico Local

De acuerdo con el Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) el área del Proyecto no tiene incidencia en algún ordenamiento a nivel local.

- Plan Nacional de Desarrollo

- Programa Nacional de Restauración Ambiental 2025 – 2030
- rograma de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Guerrero
- Decreto del Área Natural Protegida (ANP) o Área Destinada Voluntariamente a la Conservación (ADVC)
- OM-059-SEMARNAT-2010
- NOM-041-SEMARNAT-2015
- NOM-045-SEMARNAT-2017
- NOM-043-SEMARNAT-1993
- NOM-052-SEMARNAT-2005
- NOM-054-SEMARNAT-1993
- NOM-161-SEMARNAT-2011
- NOM-080-SEMARNAT-1994
- NOM-157-SEMARNAT-2009
- NOM-141-SEMARNAT-2003
- Localidad(es) con población indígena en las que incide el sitio de intervención del Proyecto y/o su zona de influencia

III. DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA

III.1. Criterios para delimitación de la región ecológica

Por lo tanto, la delimitación de la RE se realizó partiendo del polígono de la microcuenca Cuetzala del Progreso, sin embargo, dada su extensión se identificaron rasgos para delimitar la RE en su porción norte y sur, mientras que al este y oeste se conservaron los límites de la microcuenca mencionada.

Los criterios empleados para esta delimitación fueron los mismos que se emplean para la delimitación de microcuencas, es decir parteaguas y escurrimientos, para lo cual, en el software QGIS 3.28.10, se realizó la sobreposición de la microcuenca, curvas de nivel y escurrimientos a escala 1:50,000.

Al norte, la RE quedó delimitada por parteaguas, de manera que se incluyeran los escurrimientos potencialmente relacionados con el área de estudio; el único cauce interceptado por el límite de la RE es el Río Cuetzala, debido a que constituye la vertiente principal de la microcuenca y se prolonga a lo largo de ésta.

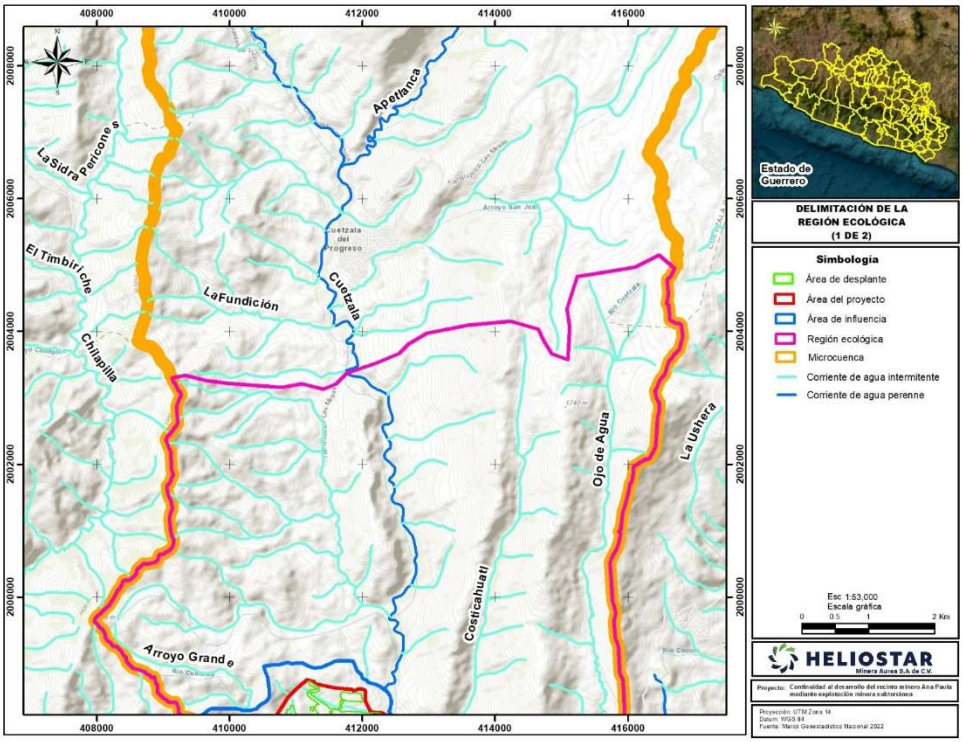


Figura 3 Delimitación de la RE en su porción al norte.

Al sur, la RE se delimitó por parteaguas hasta la desembocadura del Río Cuetzala a la microcuenca El Caracol, como se muestra en la siguiente figura.

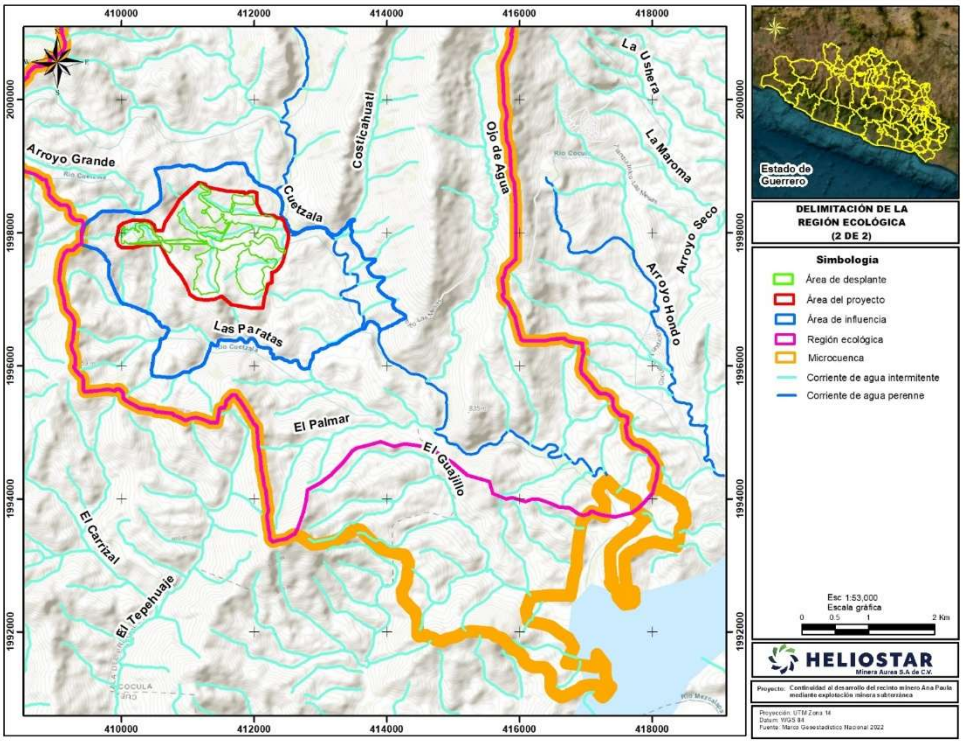


Figura 4 Delimitación de la RE en su porción sur.

De esta forma, se obtuvo un polígono de menores dimensiones pero que integra los componentes ambientales que podrían tener alguna interacción con el Proyecto, tomando como base el criterio de microcuenca.

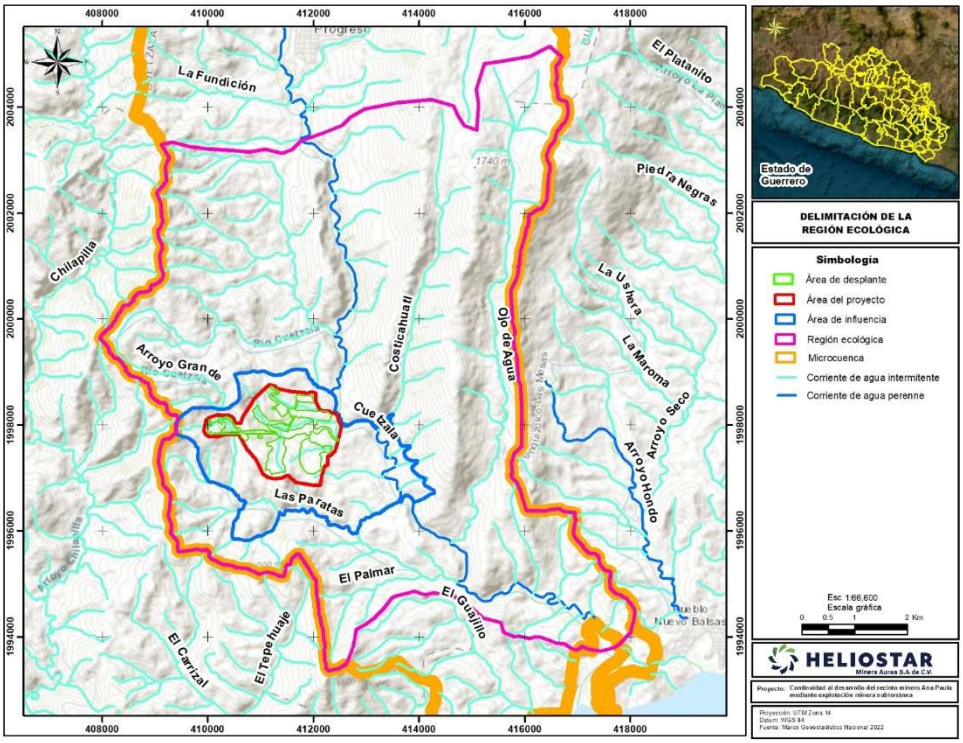


Figura 5 Región Ecológica delimitada para el Proyecto.

III.2. Resumen y metodología de muestreos en el Área del Proyecto (AP), Área de Influencia (AI) y Región Ecológica (RE)

<table>
<tr><th>Componente</th><th>Tipos (Aleatorio, Simple, Sistemático, otro)</th><th>Métodos (Transecto, lineal, área, puntual)</th><th>Número de sitios de muestreo</th><th>Horario de muestreo (diurno, nocturno)</th><th>Estacionalidad (lluvias, secas, primavera, verano, otoño, invierno)</th><th>Fecha de realización y esfuerzo del muestreo</th><th>Comunidad Perenne o estacional</th><th>Comunidad Acuática o terrestre</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Flora</td><td rowspan="2">Aleatorio simple</td><td rowspan="2">Cuadrante</td><td>Temporada de lluvias
<table><tr><th>Área de estudio</th><th>Selva baja caducifolia</th><th>Vegetación secundaria de selva baja caducifolia</th></tr><tr><td>AP</td><td>52</td><td>1</td></tr><tr><td>AI</td><td>30</td><td>2</td></tr><tr><td>RE</td><td>45</td><td>0</td></tr><tr><td>Total</td><td>127</td><td>3</td></tr></table></td><td>Diurno</td><td>Lluvias</td><td>19 de agosto al 1 de septiembre 2025.</td><td rowspan="2">Perenne</td><td rowspan="2">Terrestre</td></tr>
<tr><td>Temporada de secas
<table><tr><th>Área de estudio</th><th>Selva baja caducifolia</th></tr><tr><td>AP</td><td>15</td></tr><tr><td>AI</td><td>4</td></tr><tr><td>RE</td><td>10</td></tr><tr><td>Total</td><td>29</td></tr></table></td><td>Diurno</td><td>Secas</td><td>19 al 24 de mayo 2026.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Fauna</td><td rowspan="3">Direccionado</td><td>Transectos de búsqueda intensiva</td><td><table><tr><th colspan="2">AP</th><th colspan="2">RE-AI</th></tr><tr><th>Lluvias</th><th>Secas</th><th>Lluvias</th><th>Secas</th></tr><tr><td>23</td><td>25</td><td>27</td><td>34</td></tr></table></td><td>Diurno y nocturno</td><td>Lluvias</td><td>20 al 30 de agosto 2025.</td><td rowspan="3">Perenne</td><td rowspan="3">Terrestre</td></tr>
<tr><td>Estaciones de monitoreo acústico</td><td><table><tr><th>AP</th><th>RE-AI</th></tr><tr><td>2</td><td>2</td></tr></table></td><td>Nocturno</td><td>Secas</td><td>19 al 27 de mayo 2026.
21 y 22 de mayo 2026.</td></tr>
<tr><td>Fototrampeo</td><td><table><tr><th colspan="2">AP</th><th colspan="2">RE-AI</th></tr><tr><th>Lluvias</th><th>Secas</th><th>Lluvias</th><th>Secas</th></tr></table></td><td>Diurno y nocturno</td><td>Lluvias</td><td>20 de agosto al 18 de</td></tr>
</table>

Componente	Tipos (Aleatorio, Simple, Sistemático, otro)	Métodos (Transecto, lineal, área, puntual)	Número de sitios de muestreo	Horario de muestreo (diurno, nocturno)	Estacionalidad (lluvias, secas, primavera, verano, otoño, invierno)	Fecha de realización y esfuerzo del muestreo	Comunidad Perenne o estacional	Comunidad Acuática o terrestre
			5 | 5 | 6 | 14			septiembre 2025.		
					Secas	20 de mayo a 17 de junio 2026.		

III.3. Especies identificadas en campo endémicas o que se encuentren en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010

III.3.1.1 Flora

Derivado de los muestreos realizados se identificaron 5 especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010, de las cuales 2 estuvieron presentes en el AP: *Handroanthus impetiginosus* y *Sideroxylon capiri*, sin embargo, sólo la primera estuvo presente en las áreas sujetas a CUSTF; dichas especies se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 12. Especies de flora en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Familia	Especie	Nombre común	NOM-059	RE	AI	AP	CUSTF
Anacardiaceae	*Astronium graveolens*	Amargoso	A	0	1	0	0
Fabaceae	*Dalbergia retusa*	Cocobolo	A	1	0	0	0
Bignoniaceae	*Handroanthus impetiginosus*	Tlameyahual	A	1	1	1	1
Sapotaceae	*Sideroxylon capiri*	Tempisque	A	1	1	1	0
Asteraceae	*Zinnia violacea*	Mal de Ojo	A	0	1	0	0

III.3.1.2 Fauna

De las especies registradas durante el muestreo en campo se registraron especies que se encuentran dentro de alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010, 27 se encuentran dentro de la norma oficial mexicana, tres de ellas en categoría de amenazada, y 24 en protección especial.

Tabla 13. Especies de fauna en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Clase	Especie	Nombre común	NOM-059[1]	CITES	IUCN[2]	AP	RE
Reptilia	*Aspidoscelis costatus*	Huico llanero	Pr	-	LC	X	X
Reptilia	*Aspidoscelis guttatus*	Ticuiliche mexicano	Pr	-	LC	X	X
Mammalia	*Bassariscus sumichrasti*	Cacomixtle tropical	Pr	-	LC	X	X
Reptilia	*Boa imperator*	Mazacuata	A	Apéndice II	LC		X
Aves	*Buteo swainsoni*	Aguililla de Swainson	Pr	Apéndice II	LC	X	
Aves	*Buteogallus anthracinus*	Aguililla negra menor	Pr	Apéndice II	LC		X
Aves	*Buteogallus urubitinga*	Aguililla negra mayor	Pr	Apéndice II	LC		X
Aves	*Campephilus guatemalensis*	Carpintero pico plateado	Pr	-	LC	X	X
Amphibia	*Craugastor omiltemanus*	Rana ladrona de Omilteme	Pr	-	LC	X	X
Reptilia	*Crotalus culminatus*	Cascabel tropical del pacífico	Pr	-	LC		X
Reptilia	*Ctenosaura pectinata*	Iguana negra de cola espinosa	A	Apéndice II	LC	X	X
Amphibia	*Dryophytes arenicolor*	Ranita de cañón	Pr	-	LC	X	X
Amphibia	*Eleutherodactylus nitidus*	Rana fisgona deslumbrante	Pr	-	LC	X	X

[1] NOM-059-SEMARNAT-2010: A-amenazada, Pr-protección especial, P: en peligro de extinción
[2] IUCN: LC-preocupación menor, NT-casi amenazado, VU-vulnerable, CR-peligro crítico, EN-en peligro.

Clase	Especie	Nombre común	NOM-059[1]	CITES	IUCN[2]	AP	RE
Aves	*Eupsittula canicularis*	Perico frente naranja	Pr	Apéndice II	VU	X	X
Aves	*Heliomaster longirostris*	Colibri picudo coroniazul	Pr	Apéndice II	LC		X
Mammalia	*Herpailurus yagouaroundi*	Yaguarundí	A	Apéndice I	LC		X
Reptilia	*Kinosternon hirtipes*	Tortuga casquito de pata rugosa	Pr	Apéndice II	LC	X	X
Reptilia	*Kinosternon integrum*	Tortuga pecho quebrado mexicana	Pr	Apéndice II	LC		X
Amphibia	*Lithobates berlandieri*	Rana leopardo	Pr	-	LC		X
Amphibia	*Lithobates forreri*	Rana leopardo de Forrer	Pr	-	LC	X	X
Reptilia	*Loxocemus bicolor*	Serpiente chatilla	Pr	Apéndice II	LC	X	
Reptilia	*Phrynosoma asio*	Camaleón gigante	Pr	Apéndice II	LC	X	X
Reptilia	*Pseudoleptodeira latifasciata*	Culebra ojo de gato falsa cabeza roja	Pr	-	LC	X	
Reptilia	*Rhadinaea hesperia*	Culebra rayada occidental	Pr	-	LC		X
Reptilia	*Salvadora mexicana*	Culebra chata del pacífico	Pr	-	LC	X	X
Amphibia	*Smilisca baudinii*	Rana arborícola mexicana	Pr	-	LC	X	
Aves	*Xenotriccus mexicanus*	Mosquerito del balsas	Pr	-	LC	X	

La revisión de la distribución de las especies registradas en campo mostró que se tienen 114 especies nativas, 38 especies endémicas, una cuasiendémica y dos especies semiendémicas. En la siguiente tabla se presenta la lista de especies de interés por su endemismo.

Tabla 14. Especies de fauna endémicas.

Clase	***Especie***	Nombre común	Distribución	AP	RE
Amphibia	*Incilius marmoreus*	Sapo jaspeado	Endémica	X	X
Amphibia	*Incilius perplexus*	Sapo confuso	Endémica	X	X
Amphibia	*Craugastor occidentalis*	Rana ladradora costeña	Endémica	X	X
Amphibia	*Craugastor omiltemanus*	Rana ladrona de Omilteme	Endémica	X	X
Amphibia	*Eleutherodactylus nitidus*	Rana fisgona deslumbrante	Endémica	X	X
Amphibia	*Eleutherodactylus petersi*	Rana fisgona de peters	Endémica	X	
Amphibia	*Agalychnis dacnicolor*	Ranita verduzca	Endémica	X	X
Amphibia	*Lithobates forreri*	Rana leopardo de Forrer	Endémica	X	X
Amphibia	*Lithobates zweifeli*	Rana leopardo	Endémica	X	X
Aves	Phaeoptila sordida	Colibrí opaco	Endémica	X	
Aves	Momotus mexicanus	Momoto corona canela	Cuasiendémica	X	X
Aves	Ortalis poliocephala	Chachalaca pálida	Endémica	X	X
Aves	Philortyx fasciatus	Codorniz barrada	Endémica	X	X
Aves	*Melanotis caerulescens*	Mulato azul	Endémica	X	
Aves	*Melozone kieneri*	Rascador Nuca Canela	Endémica		X

Clase	*Especie*	Nombre común	Distribución	AP	RE
Aves	*Empidonax oberholseri*	Papamoscas Matorralero	Semiendémica		X
Aves	Passerina leclancherii	Colorín pecho naranja	Endémica	X	X
Aves	Lepidocolaptes leucogaster	Trepatroncos mexicano	Endémica		X
Aves	Peucaea humeralis	Zacatonero pecho negro	Endémica	X	X
Aves	Sporophila torqueola	Semillero de collar	Endémica	X	X
Aves	Turdus rufopalliatus	Mirlo dorso canela	Endémica	X	X
Aves	Tyrannus crassirostris	Tirano pico grueso	Semiendémica	X	
Aves	Xenotriccus mexicanus	Mosquerito del balsas	Endémica	X	
Aves	Melanerpes chrysogenys	Carpintero enmascarado	Endémica	X	X
Aves	Trogon citreolus	Coa citrina	Endémica	X	X
Mammalia	Molossus sinaloae	Murciélago mastín de Sinaloa	Endémica		X
Mammalia	Rhogeessa parvula	Murciélago amarillo menor	Endémica		X
Mammalia	Sylvilagus cunicularius	Conejo de monte	Endémica	X	X
Reptilia	Anolis nebulosus	Abaniquillo pañuelo del pacífico	Endémica		X
Reptilia	Salvadora mexicana	Culebra chata del pacífico	Endémica	X	X
Reptilia	Pseudoleptodeira latifasciata	Culebra ojo de gato falsa cabeza roja	Endémica	X	
Reptilia	Rhadinaea hesperia	Culebra rayada occidental	Endémica		X
Reptilia	Ctenosaura pectinata	Iguana negra de cola espinosa	Endémica	X	X
Reptilia	Sceloporus horridus	Lagartija espinosa del pacífico	Endémica	X	X
Reptilia	Sceloporus pyrocephalus	Lagartija espinosa de cabeza roja	Endémica	X	X
Reptilia	Urosaurus bicarinatus	Lagartija de árbol del Pacífico	Endémica	X	X
Reptilia	Marisora aquilonaria	Eslizón occidental	Endémica	X	X
Reptilia	Aspidoscelis costatus	Huico llanero	Endémica	X	X
Reptilia	Aspidoscelis guttatus	Ticuiliche mexicano	Endémica	X	X
Reptilia	Crotalus culminatus	Cascabel tropical del pacífico	Endémica		X
Reptilia	Kinosternon integrum	Tortuga pecho quebrado mexicana	Endémica		X

III.4. Diagnóstico ambiental

Conforme al Índice de Integridad Ecosistémica que se muestra en la siguiente figura, se observa que el área de estudio se encuentra en áreas con media a alta integridad ecosistémica, en la RE las áreas mejor conservadas o con mayor naturalidad se encuentran en la mayor parte de la RE, especialmente en la zona del centro al noreste y en la periferia al oeste; en el AI, AP y en la zona media norte de la RE se observan las áreas con menos integridad ecosistémica, los cuales han sido modificados principalmente a la actividad agrícola en sus proximidades a asentamientos humanos.

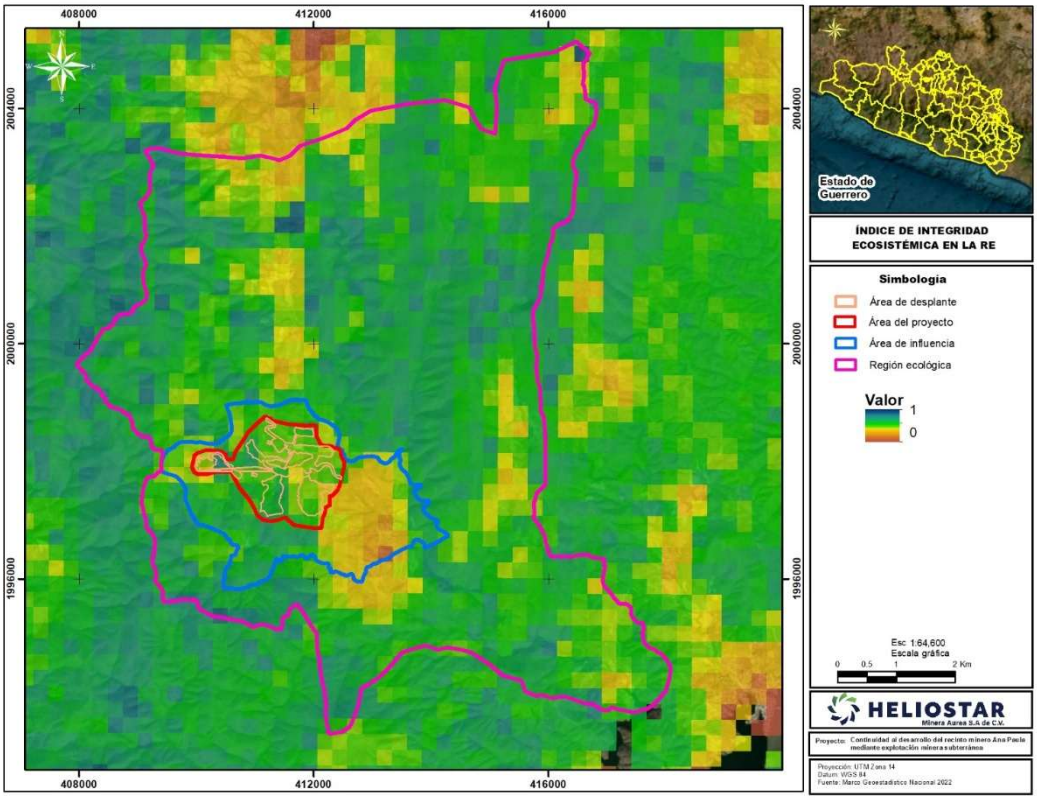


Figura 6. Índice de integridad ecosistémica en la RE.

Por otro lado, con base en el estado sucesional de la vegetación se obtuvo que la mayor parte de la superficie de la RE y AI y comprende vegetación secundaria, sin embargo, conforme a la reclasificación de USV de campo, se obtuvo que, en el AP, área de desplante y CUSTF la mayor parte es vegetación primaria.

El estado de conservación de la vegetación y los componentes asociados se puede medir indirectamente a través del índice de fragmentación de las áreas naturales de la CONABIO[3], este es uno de los indicadores de integridad ecológica, describe la integridad espacial de las áreas naturales remanentes después de los impactos humanos, y es una medida indirecta de la calidad de hábitat de las especies. Es un indicador que describe la desintegración de los patrones geográficos existentes por la introducción de nuevos elementos o estructuras, de tal manera que se alteran las funciones prevalecientes. La fragmentación de las áreas naturales ocurre cuando grandes extensiones continuas de áreas naturales se dividen en pequeños bloques por la construcción de caminos, aclareo para la agricultura, urbanización u otro tipo de infraestructura y desarrollo provocado por la actividad humana (CONABIO, 2023).

En la siguiente figura se observan las categorías de fragmentación de las áreas naturales remanentes por efecto de la actividad humana en la RE, AI y AP. Conforme a este modelo las áreas interior núcleo son las mejor conservadas, estas se ubican principalmente en 2 zonas, una al oeste de la RE y AI, y otra en la zona este de la RE. Mientras que, la mayor de la RE comprende áreas con algún tipo de fragmentación.

[3] CONABIO. 2023. Fragmentación de áreas naturales 2021. http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/biodiv/biatineco/biatieans/batieanfag/hbnts7gw

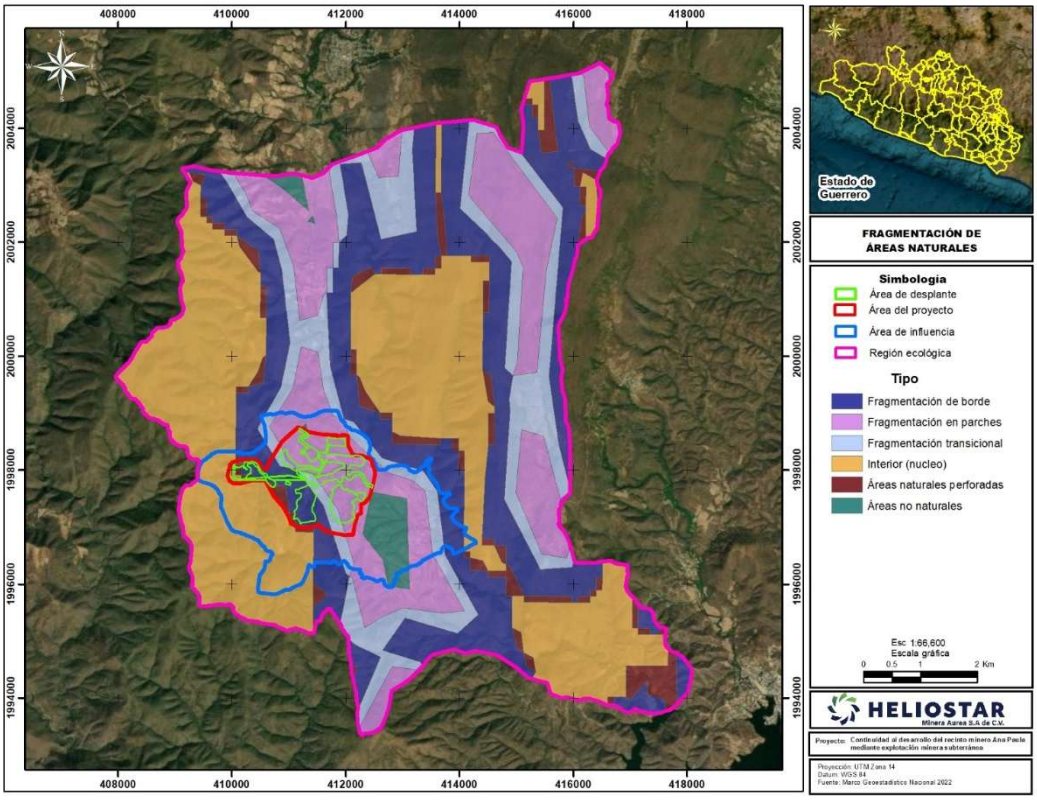


Figura 7. Índice de fragmentación de áreas naturales.

Como se describe en el estudio de Caracterización de la vegetación (Anexo 9), la mayor parte de la superficie, es decir, el 34.39% de la superficie comprende áreas interior núcleo, otra superficie importante en la RE comprende áreas con fragmentación de borde y fragmentación en parches. En el caso del AI, presenta superficies importantes de fragmentación, siendo el de parches con el 35.83% de la superficie total, mientras que, las áreas interior núcleo, es decir las mejor conservadas se distribuyen en el 24.32%. En el AP y Área de desplante, la mayor parte de la superficie presentan de fragmentación en parches con el 53.91% y 59.88% respectivamente, otra superficie importante es la de fragmentación de borde, con el 26.74% en el AP y 24.46% en el área de desplante.

Tabla 15. Superficies por categoría de fragmentación de áreas naturales en el AI y RE.

Tipo	Región ecológica		Área de influencia		Área del proyecto		Área de desplante	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Áreas naturales perforadas	313,114	4,64	18,674	2,09	15,646	5,63	3,006	2,98
Áreas no naturales	120,506	1,79	90,568	10,16	0,135	0,05	0,008	0,01
Fragmentación de borde	1.818,78	26,95	144,327	16,19	74,275	26,74	24,658	24,46
Fragmentación en parches	1.247,50	18,48	319,364	35,83	149,723	53,91	60,353	59,88
Fragmentación transicional	928,498	13,76	101,696	11,41	30,743	11,07	10,877	10,79
Interior (núcleo)	2.321,45	34,39	216,758	24,32	7,2	2,59	1,893	1,88
Suma	**6.749,85**	**100**	**891,387**	**100**	**277,723**	**100**	**100,795**	**100**

Para el área de CUSTF, el comportamiento es similar al AP, se identifica en una proporción mínima en áreas no naturales siendo en ambos casos un porcentaje menor al 0.1%, otras áreas en esta zona son las áreas naturales perforadas, con el 5.63% del AP y 0.82% del CUSTF, siendo estas las categorías de menor extensión después de las áreas no naturales. La mayor parte de la superficie (más de la mitad) en el AP y CUSTF las comprende la fragmentación en parches con el 53.91% en AP y 65.17% en CUSTF de la superficie total, posteriormente en un 26.74% en AP y 23.21 en CUSTF son áreas de fragmentación de borde y el 11.07% (AP) y 10.79% (CUSTF) con superficie en fragmentación transicional.

Tabla 16. Superficies por categoría de fragmentación de áreas naturales en el AP y área de CUSTF.

Tipo de fragmentación	Área del Proyecto		Área de CUSTF	
	Ha	%	Ha	%
Áreas naturales perforadas	15,646	5,63	0,708	0,82
Áreas no naturales	0,135	0,05	0,008	0,01
Fragmentación de borde	74,275	26,74	20,161	23,21
Fragmentación en parches	149,723	53,91	56,601	65,17
Fragmentación transicional	30,743	11,07	9,368	10,79
Interior (núcleo)	7,2	2,59		
Suma	**277,723**	**100**	**86,846**	**100**

Estos y otros factores se reflejan en el modelo de impacto antropogénico, ya que incluye como factores de presión y amenaza el uso del suelo, la infraestructura de carreteras y la fragmentación, por lo cual es un buen indicador del estado de degradación de los ecosistemas, como se observa en la siguiente figura, las áreas con índice de impacto humano elevado coinciden con las áreas no naturales y fragmentación en parches identificadas en el modelo de fragmentación anterior, mientras que las áreas con menor índice de impacto antropogénico se ubican al oeste de la RE, AP y AI, coincidiendo parcialmente con las áreas interior núcleo y fragmentación de borde.

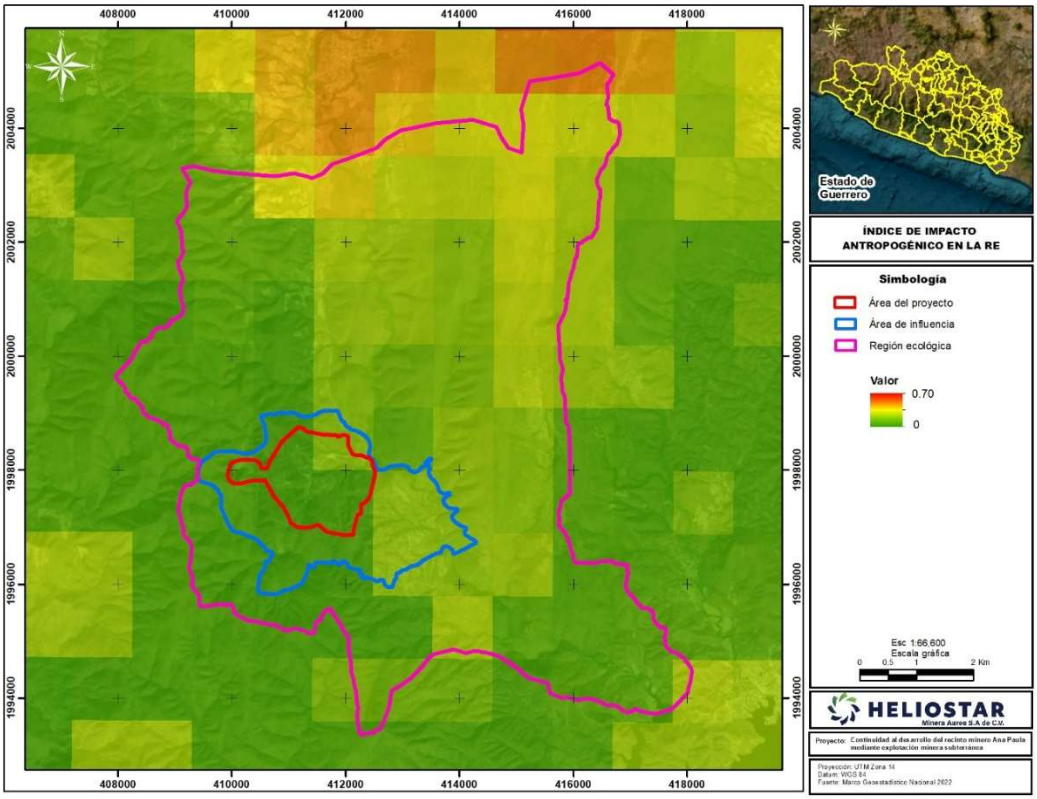


Figura 8. Índice de impacto antropogénico.

Por lo tanto, con base en las condiciones descritas en este capítulo y los modelos presentados anteriormente, se concluye que, la mayor parte de la RE, AI y AP presentan alto nivel de naturalidad de sus componentes y en grandes zonas, buena conservación; una menor proporción se encuentra afectada por fragmentación surgida debido a modificaciones en la superficie para usos antropogénicos asociados a la actividad agrícola y asentamientos humanos.

III.5. Áreas de importancia ambiental

Como se observa en la siguiente tabla y mapas posteriores, el área del Proyecto y AI únicamente presentan incidencia con Sitios Prioritarios Acuáticos Epicontinentales y Sitios Prioritarios para la Restauración.

Tabla 17 Superficies de incidencia del AP con áreas de importancia ambiental.

Incidencia	**Elemento del Proyecto con el que incide**	**Superficie de incidencia del Proyecto (ha)**	**% de incidencia respecto de la superficie total del Proyecto**	**Superficie de incidencia del AI (ha)**	**% de incidencia respecto de la superficie total del AI**
2. Áreas Naturales Protegidas (ANP)	Sin incidencia	0	0	0	0
3. Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC)	Sin incidencia	0	0	0	0
4. Sitio RAMSAR	Sin incidencia	0	0	0	0
5. Humedales	Sin incidencia	0	0	0	0
6. Manglar	Sin incidencia	0	0	0	0
7. Áreas de Importancia ambiental:					
7.1 Regiones Terrestres Prioritarias	Sin incidencia	0	0	0	0
7.2 Regiones Hidrológicas Prioritarias	Sin incidencia	0	0	0	0
7.3 Áreas de Importancia para la Conservación de Aves	Sin incidencia	0	0	0	0
8. Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre	Sin incidencia	0	0	0	0
9. Ecosistemas relevantes	Sin incidencia	0	0	0	0
10. Sitios Prioritarios Acuáticos Epicontinentales (SPAE)	Zona sin afectación y área de desplante. En la zona de desplante los componentes de incidencia son: Almacén, Almacén de reactivos, Área CIL, Área de flotación, Área de plataforma de explotación, Área de reactivos, Área libre, Áreas de corte y relleno, Banda transportadora, BIOX y torres de enfriamiento, Camino, CCD y neutralización, Cimentación puente transportador y transportador aéreo, Corredor de tuberías, Cribado secundario, tanque de mineral en bruto y trituradora secundaria, Cuarto de control y eléctrico del molino, Depósito ASTER, Edificio de planta de relleno de pasta, Entrega,	96.461	34.73	219.013	24.57

Incidencia	Elemento del Proyecto con el que incide	Superficie de incidencia del Proyecto (ha)	% de incidencia respecto de la superficie total del Proyecto	Superficie de incidencia del AI (ha)	% de incidencia respecto de la superficie total del AI
	almacenamiento y procesamiento de piedra caliza, Espezadores, Estación de combustible de mina, Filtro y tanques de jales de flotación, Filtros de cola: plataforma de preparación y transferencia, Generadores de emergencia (3) 1,000 kw diesel, Laboratorio, Manipulación del carbón y refinería, Mantenimiento de molino, Molino, Molino de bolas deposito de alimentación, Obra de drenaje, Pileta de recolección, Planta de tratamiento de aguas residuales para taller de camiones y vestuarios , Presa de jales, Puente transportador, Subestación eléctrica principal, sala de control eléctrico de la zona 700 EL. 785, Torre de transferencia, Vestidores, Vialidad, Zona de apilamiento.				
11. Sitios Prioritarios Terrestres (SPT)	Sin incidencia	0	0	0	0
12. Sitios de Atención Prioritaria para la Conservación de la Biodiversidad (SAP)	Sin incidencia	0	0	0	0
13. Sitios Prioritarios para la Restauración (SPR)	Zona sin afectación y área de desplante. En la zona de desplante los componentes de incidencia son: Almacén, Almacén de reactivos, Área CIL, Área de explosivos, Área de flotación, Área de reactivos, Área libre, Áreas de corte y relleno, Banda	182.945	65.87	342.153	38.38

Incidencia	Elemento del Proyecto con el que incide	Superficie de incidencia del Proyecto (ha)	% de incidencia respecto de la superficie total del Proyecto	Superficie de incidencia del AI (ha)	% de incidencia respecto de la superficie total del AI
	transportadora, BIOX y torres de enfriamiento, Camino, CCD y neutralización, Cimentación puente transportador y transportador aéreo, Corredor de tuberías, Cribado secundario, tanque de mineral en bruto y trituradora secundaria, Cuarto de control y eléctrico del molino, Depósito ASTER, Edificio de planta de relleno de pasta, Entrega, almacenamiento y procesamiento de piedra caliza, Espezadores, Filtro y tanques de jales de flotación, Filtros de cola: plataforma de preparación y transferencia, Generador de emergencia (1) 1,000 kw diesel, Generadores de emergencia (3) 1,000 kw diesel, Manipulación del carbón y refinería, Mantenimiento de molino, Molino, Molino de bolas deposito de alimentación, Obra de drenaje, Pileta de recolección, Portal de entrada, Presa de jales, Puente transportador, Rampa de acceso, Rampa de servicios, Subestación eléctrica principal, sala de control eléctrico de la zona 700 EL. 785, Tepetatera 1, Tepetatera 2, Torre de transferencia, Transportador aéreo de trituración subterránea, Vialidad, Zona de apilamiento.				
14. Corredores bioclimáticos	Sin incidencia	0	0	0	0

IV. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN

La metodología para la identificación y evaluación de los impactos ambientales que pudieran generarse por la construcción y operación del Proyecto consistió en:

- Matrices interactivas
- Técnica de Bojórquez – Tapia.

El documento identifica, describe y evalúa los impactos ambientales del Proyecto, considerando las etapas de preparación del sitio y construcción, operación y mantenimiento, y desmantelamiento y abandono. El análisis incorpora las condiciones de la Región Ecológica y las presiones existentes por actividades mineras, agropecuarias, asentamientos humanos, vialidades e infraestructura energética.

La identificación se realizó mediante listas de verificación, árboles de actividades y componentes ambientales y una matriz causa–efecto de Leopold modificada. Se registraron 393 interacciones proyecto–ambiente, de las cuales 307 son negativas y 86 positivas, con mayor concentración de interacciones adversas durante la preparación del sitio y construcción. Estas relaciones se sintetizaron en 36 impactos: 34 negativos y dos positivos, estos últimos asociados con la generación de empleo y el fortalecimiento de la economía local por el consumo de bienes y servicios.

Tabla 18. Impactos ambientales identificados.

Componente ambiental	Factor	Clave	Denominación del impacto	Signo	Etapa
Clima	Microclima	IA01	Modificación de las variables de temperatura y humedad del suelo debido al desmonte, despalme y compactación.	-	PS-C-O&M-A
Aire	Calidad	IA02	Emisión de partículas suspendidas (PM_{10} y $PM_{2.5}$)	-	PS-C-O&M-A
		IA03	Modificación de la calidad del aire por la presencia de gases y partículas generadas por los motores de combustión interna de maquinaria y vehículos.	-	PS-C-O&M-A
Confort sonoro	Nivel sonoro	IA04	Generación de ruido por la operación de maquinaria y equipos.	-	PS-C-O&M-A
	Vibración	IA05	Incremento de vibraciones en el terreno	-	O&M
Suelo	Estructura	IA06	Alteración de la estructura y propiedades físicas del suelo	-	PS-C-O&M
	Características fisicoquímicas	IA07	Modificación de características físicas del suelo debido a la compactación y sellamiento de algunas áreas.	-	PS-C
		IA08	Contaminación del suelo por residuos sólidos y/o líquidos.	-	PS-C-O&M-A
	Erosión	IA09	Incremento de los procesos de erosión hídrica y eólica.	-	PS-C-O&M-A
	Cantidad	IA10	Pérdida o disminución de la disponibilidad del recurso suelo	-	PS-C-O&M
Geomorfología	Relieve	IA11	Modificación del relieve y configuración geomorfológica, especialmente por tepetateras y depósitos de jales.	-	PS-C-O&M
Agua superficial	Calidad	IA12	Riesgo de arrastre de sedimentos a corrientes de agua durante el movimiento de tierras.	-	PS-C-O&M-A
		IA13	Riesgo de contaminación de corrientes de agua por incorrecta disposición de residuos.	-	PS-C-O&M-A
	Patrón de drenaje	IA14	Alteración de los patrones de drenaje superficial	-	PS-C-O&M
		IA15	Modificación del coeficiente de escurrimiento debido a modificaciones en la superficie terrestre.	-	PS-C
Agua subterránea	Recarga de acuíferos	IA16	Disminución en la recarga de acuíferos por modificaciones en la superficie terrestre.	-	PS-C
	Régimen hidrogeológico	IA17	Modificación de niveles piezométricos, gradientes, direcciones de flujo y/o conectividad hidráulica del sistema hidrogeológico.	-	O&M
	Calidad	IA18	Riesgo de contaminación por la disposición inadecuada de agentes contaminantes que lixivian a las aguas subterráneas.	-	PS-C-O&M-A
Vegetación	Cobertura vegetal	IA19	Reducción de la cobertura vegetal por desmonte.	-	PS-C
		IA20	Modificación de la abundancia y diversidad de flora.	-	PS-C-O&M

Componente ambiental	Factor	Clave	Denominación del impacto	Signo	Etapa
	Estructura y composición florística	IA21	Fragmentación de la vegetación y efecto borde.	-	PS-C
	Especies de interés para conservación	IA22	Retiro de individuos de especies en riesgo y endémicas debido a la remoción de la vegetación y posibles cambios en sus poblaciones.	-	PS-C-O&M
	Captura de carbono y generación de oxígeno	IA23	Disminución de la capacidad de captura y almacenamiento de carbono y generación de oxígeno.	-	PS-C-O&M
Fauna	Diversidad y abundancia	IA24	Riesgo de muerte o daño accidental o intencional de fauna terrestre.	-	PS-C-O&M-A
		IA25	Modificación de la diversidad y abundancia de fauna presente a nivel de área de influencia del Proyecto.	-	PS-C-O&M-A
	Movilidad	IA26	Restricción de la movilidad de la fauna silvestre debido a la construcción, la presencia de las estructuras y operación del Proyecto.	-	PS-C-O&M
	Hábitat	IA27	Pérdida, modificación y degradación del hábitat de fauna silvestre.	-	PS-C-O&M
	Especies de interés para conservación	IA28	Riesgo de muerte o daño accidental o intencional de individuos de especies en riesgo o endémicas.	-	PS-C-O&M-A
	Corredores biológicos / bioclimáticos	IA29	Reducción de la conectividad y funcionalidad causada por la fragmentación de la vegetación forestal.	-	PS-C
	Sanidad de la fauna silvestre	IA30	Alteración de la sanidad de la fauna silvestre.	-	PS-C-O&M-A
Paisaje	Calidad del paisaje	IA31	Modificación del paisaje por la inserción de los componentes del Proyecto y las alteraciones por la operación.	-	PS-C-O&M
Población	Salud	IA32	Posible afectación a la salud por la generación de polvo y ruido durante la construcción y operación del Proyecto.	-	PS-C-O&M
	Dinámica poblacional	IA33	Incremento temporal de trabajadores foráneos.	-	PS-C-O&M
Economía	Empleo y ocupación	IA34	Incremento de fuentes de empleo temporales y permanentes, directos e indirectos.	+	PS-C-O&M-A
		IA35	Fortalecimiento de la economía local por consumo de bienes y servicios.	+	PS-C-O&M-A
Infraestructura y servicios	Vialidades	IA36	Incremento de la presión sobre la infraestructura vial y modificación de las condiciones de tránsito.	-	PS-C-O&M-A

La valoración de los impactos negativos se efectuó mediante la técnica de Bojórquez-Tapia, considerando intensidad, extensión y duración, así como sinergia, acumulación, controversia y mitigación. En el escenario sin medidas se obtuvieron 33 impactos muy significativos y uno significativo. Al incorporar la eficacia prevista de las medidas, la evaluación estima 15 impactos no significativos, 16 poco significativos y tres significativos, relacionados con la modificación del relieve, el régimen hidrogeológico y el paisaje.

El análisis de sinergias identificó principalmente interacciones de nivel medio entre la transformación de la superficie terrestre, la dinámica hidrológica, la fragmentación de la vegetación y la pérdida de hábitat y conectividad. No se identificaron sinergias altas conforme a los criterios utilizados. La evaluación acumulativa consideró la coincidencia espacial y temporal de las presiones del Proyecto con otras

actividades sobre los mismos receptores, destacando la incorporación progresiva de superficies transformadas y sus consecuencias sobre el suelo, la vegetación, el hábitat, el paisaje y las vialidades.

Se identificaron 20 impactos residuales y dos cuya residualidad está condicionada a la evolución de la afectación y a la eficacia de las medidas. Los de residualidad alta corresponden a la pérdida de disponibilidad del suelo, la modificación geomorfológica, la pérdida o transformación del hábitat y la alteración del paisaje. Su permanencia se relaciona principalmente con la ocupación definitiva de superficies y la presencia de tepetateras, depósitos de jales y nuevas formas del terreno. La residualidad se evaluó de manera diferenciada de la significancia, reconociendo que un efecto puede persistir aun cuando su magnitud se reduzca.

Para atender los impactos se establecieron medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración, con objetivos, periodicidad, plazos y parámetros de verificación. Su implementación se articula en siete estrategias: conservación del suelo; protección del drenaje y los recursos hídricos; control de emisiones, ruido y vibraciones; conservación de biodiversidad, hábitat y conectividad; prevención de contaminación y respuesta a contingencias; estabilización e integración del sitio durante el cierre; y manejo de la interacción con localidades y vialidades.

Tabla 19. Análisis de estrategias.

Estrategia	Componente	Impactos vinculados	Programas que participan	Análisis de su implementación conjunta
Conservación del suelo y recuperación de sus funciones	Suelo, microclima y vegetación	IA01, IA06, IA07, IA09 y IA10	Programa de conservación de suelos Programa de cierre progresivo de la mina Programa de restauración ambiental	El retiro selectivo y resguardo del suelo permiten conservar material para la restauración. En áreas liberadas, el acondicionamiento del terreno, la restitución de suelo y la revegetación favorecen la recuperación de sus funciones. La restauración compensatoria atiende pérdidas en otra superficie de la RE, sin sustituir la rehabilitación del sitio.
Protección del drenaje y de los recursos hídricos	Suelo, agua superficial y subterránea	IA09 e IA12–IA18	Programa de protección de escurrimientos Programa de conservación de suelos Programa de manejo integral de residuos mineros, RME y RP Programa de sustancias peligrosas y respuesta a emergencias ambientales Programa de cierre	Se coordinan el control de erosión, la conducción de escurrimientos y la prevención de liberaciones contaminantes. Asimismo, se prevé la implementación de obras que favorezca la infiltración de agua al acuífero.

Estrategia	Componente	Impactos vinculados	Programas que participan	Análisis de su implementación conjunta
			progresivo de la mina	
Control de emisiones, ruido y vibraciones	Atmósfera, fauna y población	IA02–IA05 e IA32; vinculación con IA25 y IA27	Protocolo de control de emisiones atmosféricas, polvo, ruido y vibraciones Protocolo de mantenimiento vehicular, maquinaria y equipo Programa de capacitación ambiental	El control en las fuentes se complementa con mantenimiento y prácticas operativas. La verificación debe comprobar tanto el funcionamiento de los controles como los resultados en los receptores identificados, para ajustar las medidas cuando sean insuficientes.
Conservación de biodiversidad, hábitat y conectividad	Vegetación, fauna y procesos ecológicos	IA19–IA30	Programa de rescate y reubicación de flora Programa de rescate y reubicación de fauna Programa de monitoreo de fauna Acciones de protección de cuevas con presencia de murciélagos ubicadas dentro del predio del proyecto Programa de restauración ambiental Programa de cierre progresivo de la mina Programa de capacitación ambiental	El rescate reduce pérdidas de individuos, mientras que la conservación de áreas vegetadas y la restauración atienden el hábitat y sus conexiones. Los monitoreos permiten evaluar resultados y activar correcciones; aunque, no sustituyen las acciones de protección.
Prevención de contaminación y respuesta a contingencias	Suelo, agua y fauna	IA08, IA13, IA18 e IA30	Programa de manejo integral de residuos mineros, RME y RP	La prevención comienza con el almacenamiento y manejo adecuados. Ante una liberación, la respuesta debe controlar la fuente, contener la dispersión y recuperar los materiales, con verificación posterior de las superficies o medios afectados.

Estrategia	Componente	Impactos vinculados	Programas que participan	Análisis de su implementación conjunta
			Programa de sustancias peligrosas y respuesta a emergencias ambientales Protocolo de mantenimiento vehicular, maquinaria y equipo Programa de capacitación ambiental	
Estabilización e integración del sitio durante el cierre	Relieve, suelo, drenaje, paisaje y hábitat	IA07, IA09–IA11, IA14–IA16, IA27, IA29 e IA31	Programa de cierre progresivo de la mina Programa de conservación de suelos Programa de protección de escurrimientos Programa de restauración ambiental Programa de cierre progresivo de la mina	La configuración final del terreno debe coordinar estabilidad, drenaje, cobertura y usos posteriores. La revegetación mejora la integración del sitio, pero no elimina las modificaciones definitivas del relieve ni garantiza recuperar todas las funciones originales.
Manejo de la interacción con localidades y vialidades	Población, servicios e infraestructura vial	IA33 e IA36	Protocolo de mantenimiento vehicular, maquinaria y equipo Programa de capacitación ambiental	Se coordinan la movilización de trabajadores, los horarios y rutas de transporte y la atención de afectaciones, información que será integrada en el programa de capacitación.

La rehabilitación progresiva de las áreas liberadas se distingue de la restauración compensatoria prevista en una superficie similar dentro de la Región Ecológica. Ambas contribuirán a la recuperación de funciones ambientales, sin asumir que la compensación elimina las pérdidas locales ni que la revegetación restituye completamente las condiciones originales. El Programa de Vigilancia Ambiental integrará la verificación del cumplimiento y la evaluación de eficacia, orientando acciones correctivas y el seguimiento de los efectos residuales durante las etapas del Proyecto y el poscierre que corresponda.