

ESTUDIO DE IMPACTO
AMBIENTAL (EsIA) Y PLAN DE
MANEJO AMBIENTAL (PMA)

**PROYECTO FOTOVOLTAICO
LA CEIBA**



OPERADOR DEL PROYECTO:



ELABORADO POR:



JULIO , 2026

Contenido

10. AREA DE INFLUENCIA DIRECTA E INDIRECTA.....	758
10.1. COMPONENTE FISICO.....	758
10.1.1. Sub componente Agua.....	759
10.1.2. Sub componente Edafológico.....	761
10.1.3. Sub componente Calidad del aire.....	764
10.1.4. Sub Componente Ruido Ambiental.....	775
10.1.5. Sub Componente Radiaciones No Ionizantes.....	781
10.1.6. Área de Influencia directa e indirecta Física.....	784
10.2. COMPONENTE BIÓTICO.....	784
10.2.1. Área de influencia directa AID Biótica.....	785
10.2.2. Área de Influencia Indirecta AIi Biótica.....	792
10.3. COMPONENTE SOCIAL.....	804
10.3.1. Área de Influencia Directa Social (AIDS) – Unidades Individuales.....	805
10.3.2. Área de Influencia Directa Social (AIDS) del Proyecto – Unidades Colectivas 809	
10.3.3. Áreas de influencia Indirecta Social (AIIS).....	813
Tabla 10-1. Márgenes de protección hídrica en suelo rural	759
Tabla 10-2. Tasa de emisión de gases (Generador Caterpillar 3406 PGBI).....	767
Tabla 10-3. Tasa de emisión de maquinaria.....	768
Tabla 10-4. Resumen de Áreas de influencia directa e indirecta del sub componente aire.....	773
Tabla 10-5. AID Radiaciones no Ionizantes	782
Tabla 10-6. AIi Radiaciones no Ionizantes.....	783
Tabla 10-7. Área de influencia directa del recurso flora.....	786
Tabla 10-8. Área de influencia directa del recurso fauna terrestre.....	789
Tabla 10-9. Área de influencia directa del recurso fauna acuática.....	791
Tabla 10-10. Resumen de Área de influencia directa Biótica.....	792
Tabla 10-11. Área de Influencia Indirecta AIi del sub componente Flora	794
Tabla 10-12. Resumen del Área de Influencia Indirecta AIi del sub componente Fauna terrestre.....	801
Tabla 10-13. Propietarios del polígono del Proyecto.....	805
Tabla 10-14. Lista de Propietarios de predios colindantes del Proyecto.....	807
Tabla 10-15. Área de Influencia Directa Social – Unidades colectivas	809
Figura 10-1. Diagrama de flujo del geoproceso utilizado (Agua).....	760
Figura 10-2. Área de influencia directa e indirecta del sub componente Agua.....	761
Figura 10-3. Área de influencia directa e indirecta del sub componente Edafología....	764
Figura 10-4. Principales campos del programa SCREEN View 4.0.1	766

Figura 10-5. Modelo de dispersión del contaminante NOx (generador)	769
Figura 10-6. Modelo de dispersión del contaminante COx (generador).....	770
Figura 10-7. Modelo de dispersión del contaminante Material Particulado (generador)	770
Figura 10-8. Modelo de dispersión del contaminante CO2 (Maquinaria).....	771
Figura 10-9. Modelo de dispersión del contaminante CO (Maquinaria).....	771
Figura 10-10. Modelo de dispersión del contaminante CO (Maquinaria).....	772
Figura 10-11. Diagrama de flujo del geoproceso utilizado (Aire).....	773
Figura 10-12. Área de influencia directa e indirecta del sub componente Atmosférico.	774
Figura 10-13. Diagrama de flujo del geoproceso utilizado (Ruido ambiental).	779
Figura 10-14. Área de influencia directa e indirecta del sub componente Ruido Ambiental.....	780
Figura 10-15. Área de influencia directa e indirecta del sub componente Radiaciones No Ionizantes.	783
Figura 10-16. Área de Influencia Directa flora.	786
Figura 10-17. Área de Influencia Directa Fauna Terrestre.	789
Figura 10-18. Área de Influencia Directa Fauna Acuática.	791
Figura 10-19. Área de Influencia indirecta Flora.	795
Figura 10-20. Área de Influencia indirecta Ornitofauna.....	797
Figura 10-21. Área de Influencia indirecta Mastofauna.....	798
Figura 10-22. Área de Influencia indirecta Herpetofauna.....	799
Figura 10-23. Área de Influencia indirecta Entomofauna.	800
Figura 10-24. Área de Influencia Biótica Indirecta Fauna terrestre.	801
Figura 10-25. Área de Influencia indirecta Fauna acuática.	803
Figura 10-26. Ubicación de propietarios de los terrenos del Polígono del proyecto	806
Figura 10-27. Ubicación de colindantes del polígono del proyecto.	808
Figura 10-28. Mapa de Ubicación de comunidades del Área de Influencia Social Directa (AISD)	810
Figura 10-29. Área de Influencia Directa Social (AIDS).....	812
Figura 10-30. Área de Influencia Indirecta Social (AIIS)	814

10. AREA DE INFLUENCIA DIRECTA E INDIRECTA.

La delimitación del Área de Influencia Directa (AID) es una etapa clave dentro del Estudio de Impacto Ambiental (EslA), ya que define el espacio geográfico donde se manifiestan de manera inmediata los efectos del proyecto sobre los componentes físico, biótico y socioeconómico. En el caso del proyecto fotovoltaico “La Ceiba”, ubicado en la provincia de Loja, cantón Zapotillo, parroquia Zapotillo, la identificación del AID responde a criterios técnicos establecidos en la normativa ambiental vigente, considerando las fases de construcción, operación y cierre del proyecto (MAATE, 2021).

De acuerdo con la Guía General para la Elaboración de EslA, el AID resulta de la integración de las áreas afectadas por componente, y debe estar sustentado en los resultados de la línea base y en técnicas geoespaciales, como el álgebra de mapas, superposición de coberturas o modelaciones específicas para aire, agua, suelo, ruido, flora y fauna (MAATE, 2021). Para ello, se ha considerado la ubicación y características del polígono del proyecto, así como los posibles impactos por remoción de cobertura vegetal, generación de residuos, modificaciones del paisaje y actividades antrópicas asociadas.

La delimitación del AID ha considerado tres enfoques complementarios. Para el componente físico, se han utilizado criterios de propagación del ruido, posibles emisiones al aire, cambios en el uso del suelo y alteración hidrológica superficial. Para el componente biótico, se han incorporado zonas de afectación directa a hábitats, flora y fauna, especialmente en áreas de desbroce y compactación de suelos. En el componente social, se han considerado predios aledaños, viviendas, rutas de acceso y unidades territoriales con relación directa con el proyecto, en concordancia con la normativa del RCODA (2021) y la identificación de actores para fines de compensación e indemnización (MAATE, 2021).

Finalmente, la delimitación del AID ha sido realizada con base en criterios técnicos, normativos y geográficos, asegurando su coherencia con la línea base ambiental, el diseño del proyecto y las herramientas SIG utilizadas. Esta delimitación permite identificar con precisión las zonas más susceptibles al impacto y constituye la base espacial para la evaluación de impactos, formulación de medidas de manejo ambiental y establecimiento del Área de Influencia Indirecta (AI), conforme lo establecido por el marco legal vigente.

10.1. COMPONENTE FISICO.

La determinación de las Áreas de Influencia Directa (AID) e Indirecta (AI) del componente físico permite establecer los espacios geográficos donde las actividades del proyecto fotovoltaico La Ceiba pueden generar impactos sobre los factores ambientales físicos. Esta delimitación se realiza con base en criterios técnicos y normativos que consideran la magnitud, duración y alcance espacial de los impactos en cada fase del proyecto (MAATE, 2021).

El AID físico abarca el área ocupada directamente por la infraestructura del parque solar, caminos de acceso, subestación eléctrica y zona de intervención para actividades de desbroce, movimiento de tierras y compactación del suelo. Asimismo, se incluyen las zonas con potencial afectación por erosión, escorrentía superficial, generación de material particulado o alteración temporal del microclima local. Para su delimitación se ha empleado un análisis geoespacial con desde el perímetro del proyecto, como referencia técnica estándar en proyectos de energía renovable (MAE, 2013).

Por su parte, el Área de Influencia Indirecta (AI) corresponde a zonas donde los impactos físicos se manifiestan de forma más difusa o prolongada, como cambios en el régimen hídrico, alteración de cauces estacionales, generación de polvo en zonas de tránsito o influencia en la percepción

del paisaje. Esta área incluye márgenes de protección de cuerpos hídricos, establecidos en el PUGS de Zapotillo (GAD Zapotillo, 2020)

10.1.1. Sub componente Agua.

El diagnóstico físico de la línea base identificó que la mayoría de los cuerpos hídricos reportados por la cartografía oficial y corroborados en campo corresponden a quebradas secas o intermitentes, las cuales presentan escurrimientos superficiales únicamente durante la época invernal. Estas formaciones responden al régimen climático tropical semiárido del cantón Zapotillo, donde las precipitaciones se concentran entre enero y abril, condicionando un patrón de escorrentía estacional (GAD Zapotillo, 2020).

Durante la visita técnica, se identificaron varios cauces intermitentes menores que atraviesan el área del proyecto en sentido oeste-este, desembocando finalmente en el río Chira, principal cuerpo hídrico de la zona. Estos cauces, si bien permanecen secos en época de verano, tienen capacidad hidráulica significativa durante eventos de lluvia, desempeñando un rol clave en la conducción de aguas pluviales, la evacuación de sedimentos y la recarga limitada de acuíferos someros (INAMHI, 2020).

Técnicamente, estas quebradas constituyen unidades morfológicas de drenaje temporal, formadas por procesos erosivos en laderas con pendientes moderadas. Sus lechos, compuestos por gravas, arenas y materia orgánica, exhiben una vegetación de ribera discontinua característica del bosque seco tropical. Además, cumplen funciones ecológicas relevantes como corredores de biodiversidad, conectividad hídrica y soporte para especies vegetales y faunísticas adaptadas a ambientes estacionales (MAATE, 2021).

Dado que la normativa vigente establece restricciones de uso del suelo en torno a cuerpos hídricos, el presente estudio ha aplicado los márgenes de protección definidos en el Plan de Uso y Gestión de Suelo (PUGS) del cantón Zapotillo para zonas rurales (GAD Zapotillo, 2020), los cuales se resumen a continuación:

Tabla 10-1. Márgenes de protección hídrica en suelo rural

Categoría	Márgenes de protección desde el borde de máxima crecida
Ríos principales	60
Ríos o Cauces secundarios	30
Quebradas (canalizadas o no)	20
Lagunas naturales	100
Reservorios de agua	15

Fuente: GAD cantón Zapotillo. PUGS, 2020

Elaboración: Equipo consultor, 2025.

Área de Influencia Directa (AID): En virtud de lo anterior, y considerando que las quebradas intermitentes en el área de implantación corresponden a cauces no canalizados sin caudal permanente, se ha adoptado un margen técnico conservador de 20 metros a cada lado desde su borde como Área de Influencia Directa (AID) para el subcomponente Agua. En el caso del río Chira, al ser un cauce permanente con influencia territorial relevante, se ha considerado un retiro de 60 metros a cada lado, equivalente a la zona de protección definida en el PUGS y ajustada a las características topográficas del sitio.

El **Área de Influencia Indirecta (AII)** se ha determinado con un buffer adicional de 5 metros a partir del límite del AID para ambos tipos de cuerpos hídricos. Esta franja representa zonas de influencia

secundaria en las que podrían producirse efectos indirectos sobre la hidrodinámica, erosión o calidad de agua debido a actividades antrópicas próximas.

El buffer adicional de 5 m para el Área de Influencia Indirecta (AII) se justifica como una franja operativa de influencia secundaria inmediata al AID, diseñada para capturar efectos indirectos y difusos asociados a actividades próximas (tránsito, acopios temporales, microcortes, drenajes menores), que pueden modificar hidrodinámica local, erosión de márgenes y calidad de agua sin intervenir el cauce de forma directa. Este criterio es consistente con el enfoque precautorio de gestión de escorrentía y sedimentos, donde se recomienda considerar una zona adyacente para control y vigilancia de fuentes difusas (arrastre de finos, materia orgánica, residuos) y para ubicar y/u operar medidas temporales (barreras de sedimentos, manejo de escorrentías), aun cuando el retiro normativo (AID) ya haya sido respetado (AID).

Desde la perspectiva geomorfológica e hidrológica, la franja de +5 m funciona como amortiguamiento inmediato frente a la variabilidad espacial del “borde de máxima crecida” (incertidumbre cartográfica y de campo), y frente a procesos típicos de cauces temporales (socavación puntual, erosión lateral y deposición de sedimentos durante eventos de lluvia), que pueden propagarse unos metros fuera del límite del cauce sin constituir una ocupación directa del mismo (Leopold et al., 1964; Knighton, 1998). En este sentido, el AII de +5 m no redefine la zona de protección del PUGS, sino que complementa la gestión del riesgo físico (erosión/sedimentación) y mejora la capacidad de monitoreo y respuesta temprana fuera del AID (GAD Zapotillo, 2020).

Las superficies calculadas para el AID y AII fueron estimadas mediante herramientas SIG a partir del análisis geoespacial de los buffers definidos.

Tipo de Influencia	Criterio de Delimitación	Distancia (Buffer)	Área (Ha)
Directa Hídrica	Franja paralela a ríos y quebradas	20 metros	108,535
	Franja de protección del río Chira	60 metros	189,672
Indirecta Hídrica	Franja paralela del área de influencia directa hídrica	5 metros	33,488

Figura 10-1. Diagrama de flujo del geoproceso utilizado (Agua).

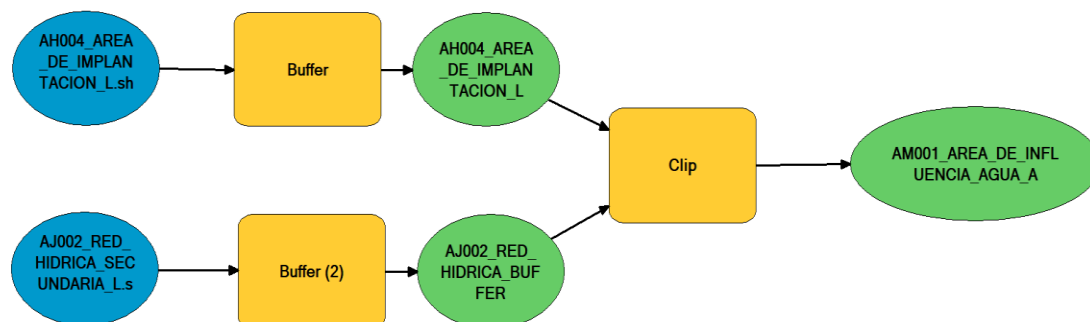
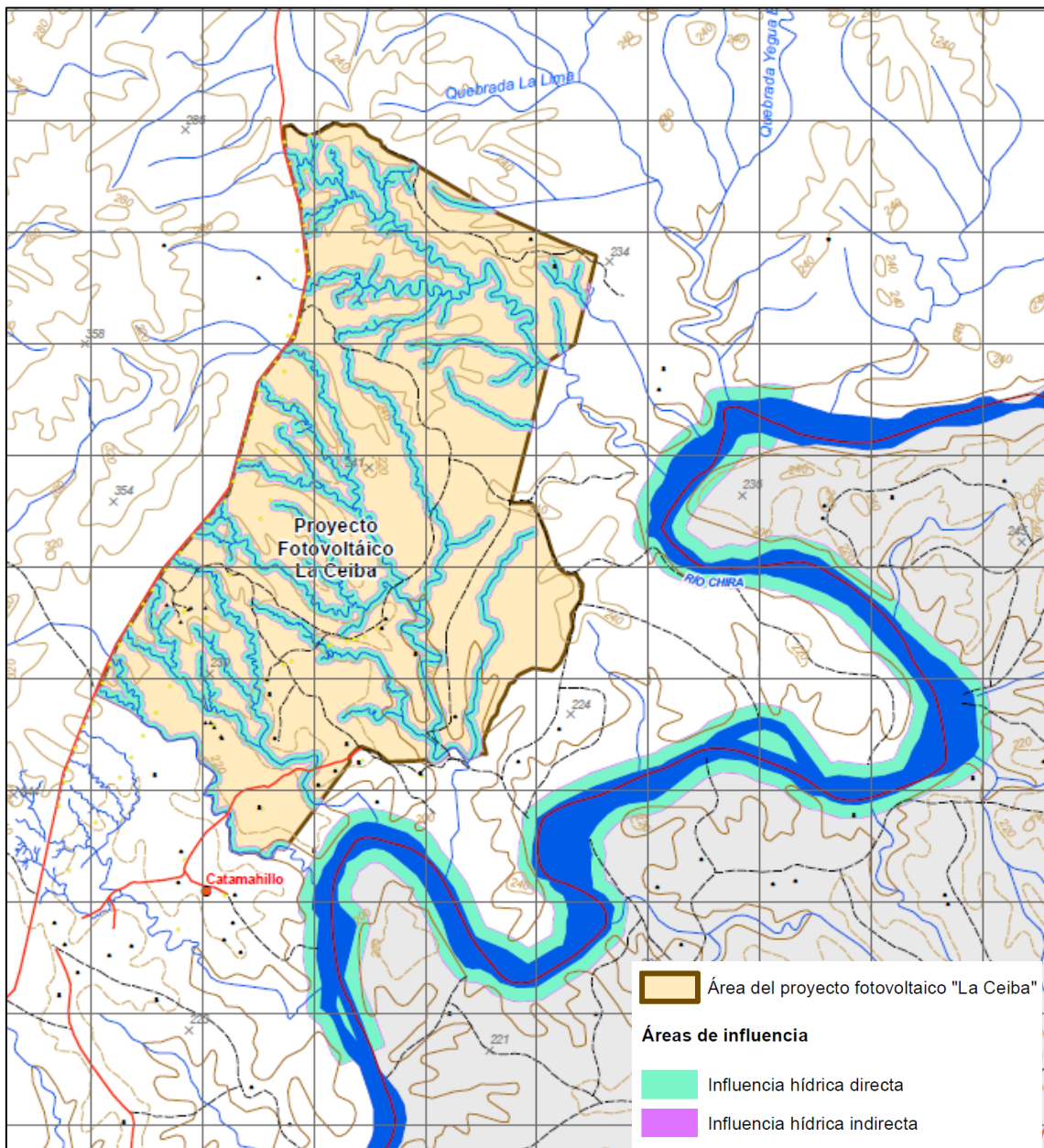


Figura 10-2. Área de influencia directa e indirecta del sub componente Agua.



En el MAPA NRO. 40, se presenta el mapa de Áreas de influencia directa e indirecta del sub componente ambiental agua.

10.1.2. Sub componente Edafológico.

Área de Influencia Directa AID para el componente suelo corresponde al polígono efectivo de intervención directa del proyecto fotovoltaico (sitio de construcción de paneles solares, subestación, campamentos y vías internas). Es decir, abarca toda la superficie donde se realizarán movimientos de tierra, cimentaciones y demás obras civiles que impactan directamente al suelo (Zamorano, 2022).

De acuerdo con la metodología del proyecto *El Aromo* (EIA 2021), el AID de suelo suele coincidir con el área ocupada por las obras en sus distintas fases, pues allí se manifiestan de forma "*directa e inmediata*" los impactos por excavación, compactación y remoción de cobertura del terreno.

En el caso de La Ceiba, esta AID debe excluir explícitamente las franjas de protección de ríos y quebradas definidas en el Plan de Uso y Gestión de Suelo (PUGS) de Zapotillo, a fin de respetar las áreas de protección hídrica (GAD Zapotillo, 2020). Según el PUGS cantonal, en suelo rural se deben mantener sin intervención al menos 60 m desde la orilla del río Chira (río principal) y 20 m desde las riberas de quebradas o cauces secundarios.

Estas zonas ribereñas protegidas se excluyen del AID por su alta sensibilidad, garantizando la conservación de los cauces naturales y reduciendo riesgos de erosión e inundaciones (GAD Zapotillo, 2020). En suma, el AID del suelo comprenderá la huella del proyecto en sí; es decir, el área de implantación del proyecto que incluye la construcción de paneles, accesos y subestación menos aquellas áreas ambientalmente sensibles como las márgenes hídricas que permanecen intactas (Área de influencia directa e indirecta del sub componente agua).

Área de Influencia Indirecta AII para este componente, con base en los elementos técnicos del proyecto fotovoltaico La Ceiba, su entorno físico y la literatura especializada, el buffer adecuado para delimitar el AII del subcomponente suelo sería de 50 m alrededor del polígono del AID, excluyendo las zonas de protección hídrica ya definidas por el PUGS y en base a los siguientes criterios:

- **Riesgo de erosión y escurrimiento superficial:** En zonas con pendientes moderadas y suelos frágiles (como los Entisoles e Inceptisoles presentes en Zapotillo, la remoción de cobertura vegetal y el tránsito de maquinaria pueden generar procesos de erosión que se manifiestan fuera del área directa de intervención. Estudios muestran que los sedimentos y escorrentías pueden desplazarse decenas de metros más allá del área de obra, especialmente durante lluvias intensas (Zamorano, 2022; OLADE, 2011).
- **Criterio adoptado por proyectos similares:** En el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto fotovoltaico El Aromo (Bravo, 2021), se delimitó un buffer de 50 metros como AII del suelo, considerando la pendiente del terreno, la dirección de escorrentía y el potencial de efectos indirectos como compactación secundaria, sedimentación o degradación de suelos aledaños. Este criterio se ha validado en otras guías como la de AmbiNor (citada en Zamorano, 2022), que sugiere una franja de amortiguamiento de entre 30 y 100 m, dependiendo de la topografía y el uso del suelo circundante.
- **Condiciones locales de Zapotillo:** El PDOT y el PUGS identifican en la zona del proyecto suelos con capacidad de uso agrológica limitada y pendientes que pueden superar el 12% en ciertos sectores. Además, la cobertura vegetal es dispersa debido al régimen semiárido. Estas condiciones aumentan la susceptibilidad a la erosión hídrica y eólica, por lo que una franja de 50 m resulta técnicamente prudente para captar impactos inducidos (PDOT Zapotillo, 2019; GAD Zapotillo, 2020).
- **Eficiencia ambiental y operativa:** Un buffer de 50 metros ofrece una zona de monitoreo y control ambiental que permite implementar medidas de bioingeniería, revegetación o drenaje si se detectan impactos fuera del AID. Además, es suficiente para incluir los caminos internos o de acceso que podrían generar compactación o escorrentía secundaria, sin representar una delimitación excesiva o inoperativa para la gestión del área (OLADE, 2011).

El criterio de 50 m se seleccionó como un amortiguamiento operativo capaz de capturar la propagación espacial típica de impactos edáficos indirectos generados por obra (arrastre de sedimentos, erosión laminar y en surcos, compactación secundaria por tránsito y accesos), los cuales pueden manifestarse más allá del límite de intervención directa, especialmente bajo lluvias intensas y en pendientes moderadas (Morgan, 2005; World Bank Group, 2007). En La Ceiba esto

es técnicamente pertinente porque la línea base identifica predominio de Entisoles e Inceptisoles (suelos someros, pedregosos y con alta susceptibilidad a erosión) y condiciones de relieve/pendiente variables que incrementan la vulnerabilidad a degradación fuera de la huella inmediata (Soil Survey Staff, 2014; FAO, 2006).

Adicionalmente, el buffer de 50 m mantiene coherencia con antecedentes técnicos reportados en el propio estudio: se adopta un valor intermedio dentro de rangos de amortiguamiento sugeridos para suelos (30–100 m según topografía/uso) y coincide con criterios aplicados en proyectos análogos del sector fotovoltaico para captar compactación, sedimentación y degradación edáfica secundaria, sin sobredimensionar el área de gestión (Bravo, 2021; Zamorano, 2022; OLADE, 2011).

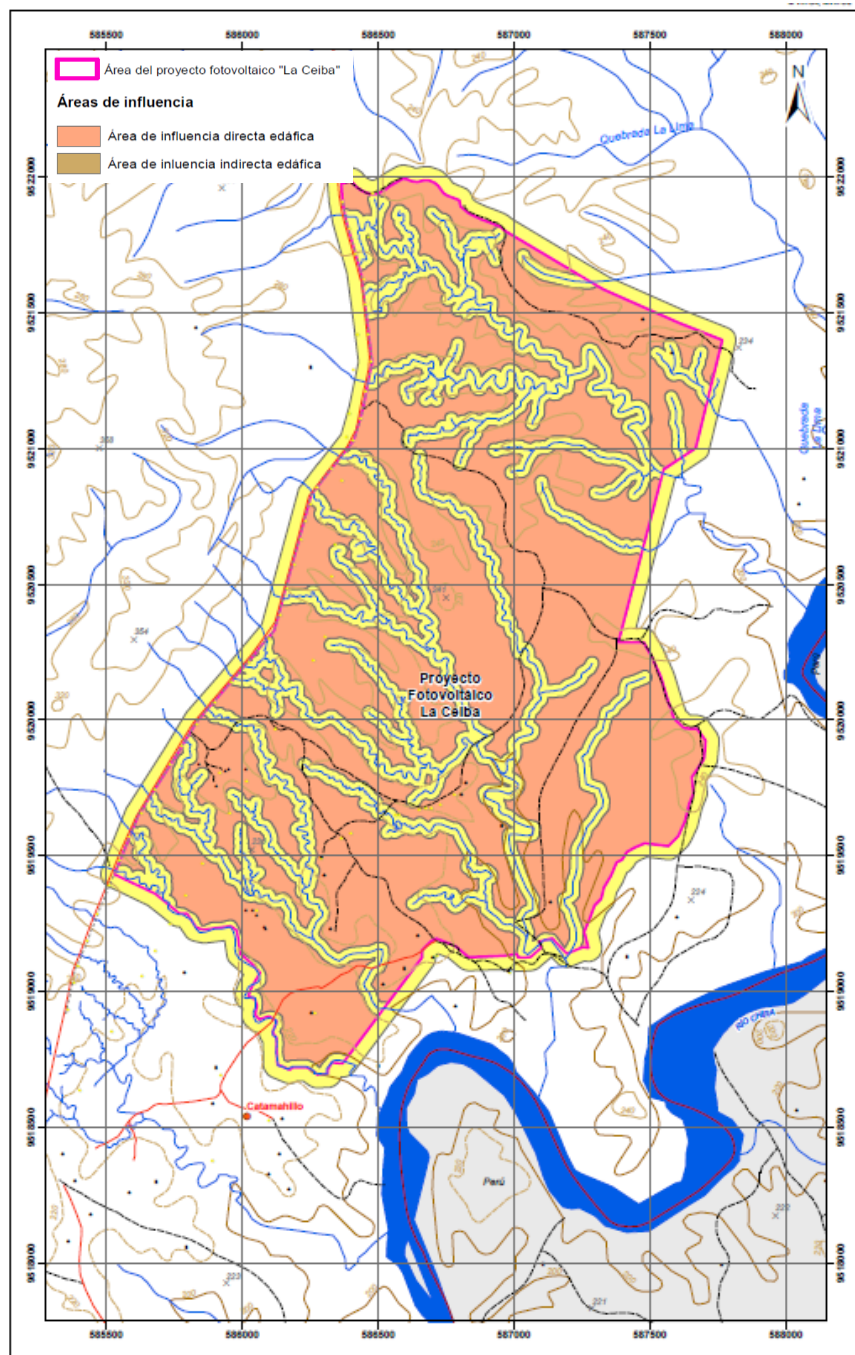
Esta selección también responde a un principio de eficiencia ambiental y operativa, al establecer una franja suficiente para monitoreo y aplicación de medidas (bioingeniería, revegetación, drenajes) en caso de evidenciar impactos fuera del AID, y se implementa de forma reproducible mediante SIG como “buffer 50 m alrededor del AID, excluyendo protección hídrica”

Las superficies calculadas para el AID y AII fueron estimadas mediante herramientas SIG a partir del análisis geoespacial de los buffers definidos.

Tipo de Influencia	Criterio de Delimitación	Distancia	Área (Ha)
Edáfica Directa	Suelos dentro del proyecto excluyendo el área de influencia hídrica	-----	268,60
Edáfica Indirecta	Alrededor del área de influencia directa del suelo	50 metros	182,37

En el MAPA NRO. 41, se presenta el Mapa de área de influencia directa e indirecta del sub componente suelo.

Figura 10-3. Área de influencia directa e indirecta del sub componente Edafología.



10.1.3. Sub componente Calidad del aire.

Las principales las actividades de las etapas de construcción, operación y mantenimiento, implican la generación externa de material particulado y partículas sedimentables (polvo) por el paso de maquinaria y de vehículos al estar ubicado junto al eje vial E-25

Otra de las fuentes principales de alteración de calidad de aire son las emisiones provenientes de fuentes fijas y móviles con motores de combustión interna que aportarán contaminantes como óxidos de nitrógeno (NOx), óxidos de azufre (SOx), monóxido de carbono (CO) y material particulado. Las fuentes móviles están constituidas por los vehículos y maquinaria que recorrerán las vías circundantes a la zona del proyecto. Para determinar el alcance geográfico de las emisiones de gases contaminantes atmosféricos, se consideran los siguientes factores:

- Las posibles áreas de emanación de gases contaminantes del proyecto y de material particulado.
- Información Bibliográfica relacionada a las tasas de emisión de contaminantes de la maquinaria.
- Software Screen View 4.0.1 se modeló de emisiones gaseosas.

El software SCREEN View 4.0.1 es una herramienta computacional desarrollada por Lakes Environmental que implementa el modelo de dispersión SCREEN3, diseñado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA). Este modelo se utiliza para realizar estimaciones conservadoras de concentraciones máximas de contaminantes atmosféricos emitidos por fuentes estacionarias, considerando variables como la altura de la chimenea, velocidad de salida, condiciones meteorológicas estándar y características del terreno (USEPA, 1995).

SCREEN3 es un modelo de tipo gaussiano de una sola fuente, basado en el sistema ISC (Industrial Source Complex), y es ampliamente empleado en evaluaciones preliminares de impacto en calidad del aire debido a su simplicidad, rapidez de ejecución y enfoque precautorio. El software SCREEN View proporciona una interfaz gráfica amigable que permite ingresar los parámetros de la fuente emisora, simular múltiples escenarios de estabilidad atmosférica, y representar gráficamente los resultados como concentraciones en función de la distancia, lo que facilita la identificación del pico de concentración y la delimitación de áreas de influencia (Lakes Environmental, 2021).

❖ Metodología y Proceso de Uso de SCREEN View 4.0.1

1. Preparación de Datos de Entrada.

Antes de usar el software, es esencial recopilar y preparar los datos necesarios, que incluye:

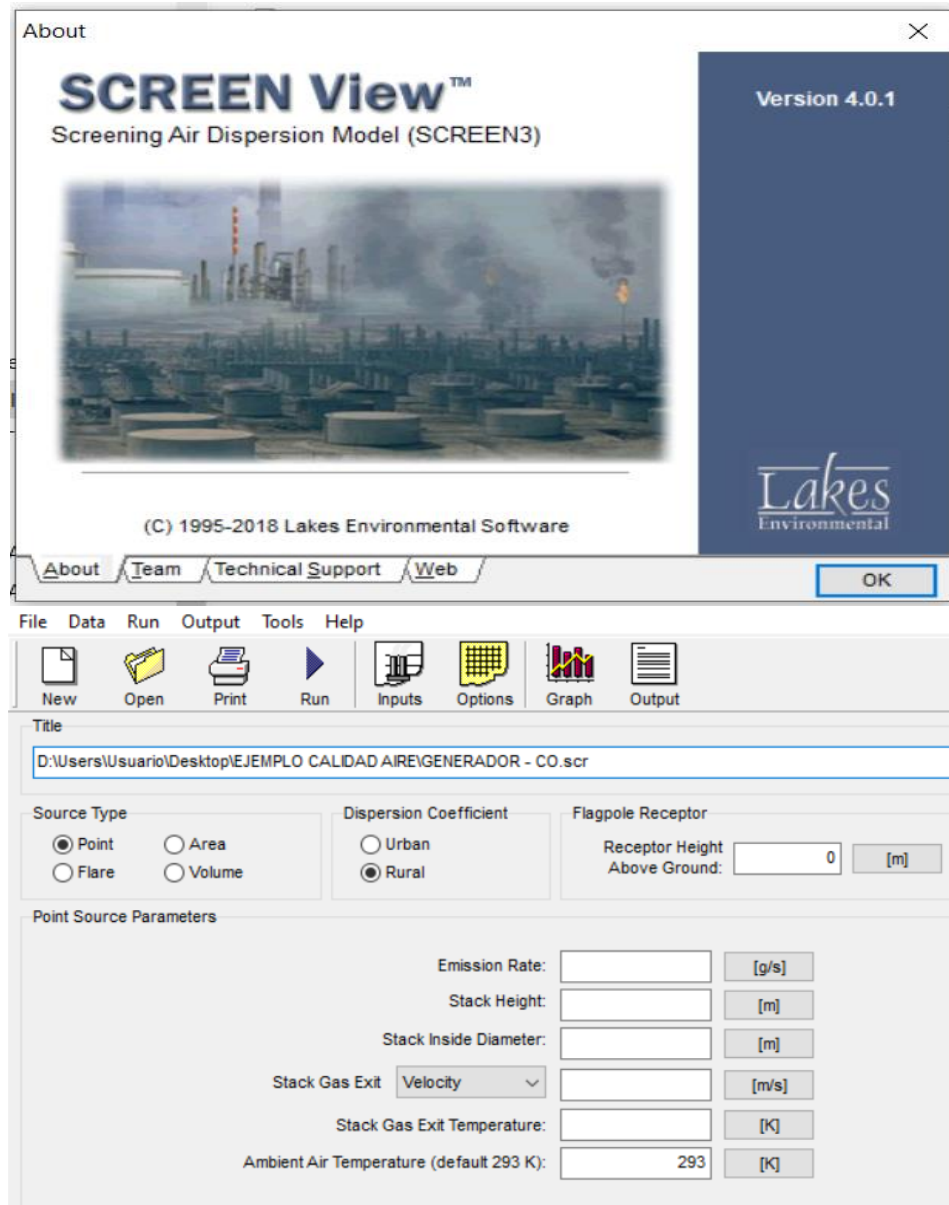
- **Datos de la fuente emisora:** tipo de fuente (puntual), tasa de emisión, altura de la fuente, diámetro del stack (si aplica), velocidad de salida de gases, temperatura de salida de gases.
- **Datos meteorológicos:** velocidad del viento, dirección del viento, temperatura ambiente, clase de estabilidad atmosférica.
- **Datos del receptor:** ubicación y altura del receptor.

2. Configuración del Modelo en SCREEN View 4.0.1

- Abrir el software: Iniciar SCREEN View 4.0.1.
- Crear un nuevo proyecto: En el menú principal, seleccionar la opción para crear un nuevo proyecto y asignarle un nombre.
- Definir las características de la fuente:
 - Seleccionar el tipo de fuente (puntual).
 - Ingresar los parámetros específicos de la fuente como altura, diámetro del stack, velocidad de salida, temperatura de salida, y tasa de emisión.
- Configurar las condiciones meteorológicas:

- Ingresar la velocidad del viento y la temperatura ambiente.
- Seleccionar la clase de estabilidad atmosférica (A a F), que representa la turbulencia del aire.
- Definir los receptores:
 - Ingresar la ubicación de los puntos receptores donde se evaluará la concentración de contaminantes.
 - Establecer la altura de los receptores sobre el suelo.

Figura 10-4. Principales campos del programa SCREEN View 4.0.1



3. Ejecución del Modelo

- **Realizar la simulación:** Una vez configurados todos los parámetros, ejecutar el modelo para calcular la dispersión de los contaminantes.

- **Revisar los resultados:** El software generará resultados que muestran las concentraciones de contaminantes en los puntos receptores seleccionados. Estos resultados pueden presentarse en forma de tablas, gráficos o mapas de dispersión.

4. Interpretación de Resultados

- **Evaluación de impactos:** Analizar las concentraciones de contaminantes en los puntos receptores y compararlas con los estándares de calidad del aire aplicables.
- **Generación de reportes:** Preparar un informe detallado con los datos de entrada, la metodología utilizada, los resultados obtenidos y las conclusiones sobre el impacto de las emisiones gaseosas.

❖ Datos para la simulación del Software Screen View 4.0.1.

Las principales fuentes de emisión de contaminantes en la etapa de construcción será la maquinaria y equipos constructivos:

- Maquinaria y equipos.

✓ **Generador:**

El aprovisionamiento de energía para la construcción del proyecto fotovoltaico La Ceiba será por medio de un generador de 400 V trifásico. De la información bibliográfica recabada de la ficha Técnica del Generador Caterpillar 3406 PGBI se establece que el caudal de gases de escape es 55.7 m³/min (0,92 m³/s) a una temperatura de 588,1 °C (861,25 K), diámetro de escape 157 mm (0,157 m) y altura de emisión 2150 mm (2,15 m). La tasa de emisión de gases de combustión se observa en la siguiente tabla.

Tabla 10-2. Tasa de emisión de gases (Generador Caterpillar 3406 PGBI).

CONTAMINANTE	EMISIONES (mg/Nm ³)	EMISIONES g/s
NO _x	5638,3	5,18
CO	2234,3	2,05
Partículas	307,7	0,28

Fuente: Caterpillar, Ficha técnica Caterpillar 3406 PGBI. Servicio Principal. 320 kVA
Elaboración Equipo Consultor, 2025.

✓ **Maquinaria:**

La tasa de emisión gaseosa aumenta cuando la maquinaria está en operaciones o en aceleración, de tal manera que se han seleccionado los datos de mayor tasa de emisión para el modelamiento de la calidad del aire. Las concentraciones de los contaminantes principales de emisiones gaseosas de la maquinaria a utilizar en la etapa de construcción, se los ha tomado de lo menciona por INECC (2014; como se cita en Blaubach Consultores S.A., 2023), cuyos datos se encuentran plasmados en la siguiente Tabla.

Tabla 10-3. Tasa de emisión de maquinaria.

TIPO DE MAQUINARIA	TASA DE EMISIÓN (g/s)		
	CO ₂	CO	NO _x
Retroexcavadora	6,41	0,013	0,072
Martillo	19,41	0,013	0,154
Cargador Frontal	21,77	0,023	0,370
Dozer	17,47	0,012	0,126
Tractor	1,99	0,0022	0,020

Fuente: INECC (2014; como se cita en Blaubach Consultores S.A., 2023).

Elaboración Equipo Consultor, 2025.

Para el caso de modelamiento, se empleará los datos de la maquinaria CARGADORA FRONTAL, por ser el equipo con una mayor tasa de emisión de contaminantes.

❖ Escenario de modelamiento:

El enfoque metodológico del peor escenario se fundamenta en la premisa de evaluar la condición más desfavorable posible desde el punto de vista de generación de emisiones atmosféricas, con el objetivo de asegurar que los resultados del modelamiento contemplen el máximo impacto potencial sobre la calidad del aire (USEPA, 1995; OLADE, 2011). Para ello, se asume que toda la maquinaria opera simultáneamente, en el mismo punto y en el límite del área de implantación del proyecto fotovoltaico, condición que representa el denominado “punto cero” de dispersión de gases. Esta hipótesis permite simplificar el análisis al considerar una fuente emisora estacionaria, ajustándose a los requisitos del modelo de dispersión SCREEN3, implementado en el software SCREEN View 4.0.1.

Bajo este enfoque, la simulación se configura como una fuente fija de tipo puntual o de baja altura, desde la cual se estima la dispersión de contaminantes en función de la distancia y condiciones atmosféricas conservadoras. El resultado principal de la modelación será la distancia a la cual se alcanza la concentración máxima del contaminante, parámetro que se empleará para delimitar un buffer desde el polígono del área de implantación, estableciendo así el Área de Influencia Directa (AID) para el subcomponente aire (Bravo, 2021; Zamorano, 2022).

Para el modelamiento específico del proyecto *La Ceiba*, se ha seleccionado como equipo representativo a la cargadora frontal, debido a que este presenta una de las tasas de emisión más elevadas entre la maquinaria empleada en la fase de construcción, especialmente en cuanto a contaminantes como óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM₁₀). Esta elección es consistente con las recomendaciones metodológicas para estudios de impacto en calidad del aire, que sugieren emplear como base del análisis la fuente móvil de mayor emisión, a fin de representar de manera precautoria el peor escenario posible (López & Manzini, 2022; USEPA, 1995).

Este enfoque conservador no solo permite garantizar márgenes de seguridad ambiental, sino también constituye una práctica estándar en la evaluación de emisiones en proyectos energéticos, al facilitar la delimitación técnica del área con mayores riesgos potenciales por calidad del aire.

❖ Datos generales para la modelación:

- **La velocidad del viento y dirección:** Se consideró el promedio de los datos tomados durante el monitoreo de calidad del aire realizado por el laboratorio LABCESTA S.A. (2025): 1.1 m/s en dirección SO (Monitoreo de ruido ambiental).

- **Diámetro del tubo de salida** de escape se considera de una medida estándar de 3 pulgadas (0,076 m).
- **Altura de emisión** (tubo de escape) del Cargador frontal es de 3,52 m.
- **Temperatura de los gases** de salida 573 °K (300°C).
- **Vivienda más cercana:** Ubicada a 12 m del área geográfica (vivienda más cercana al proyecto), corresponde a la Casa comunal del Barrio San Joaquín. Dato utilizado como distancia de interés.

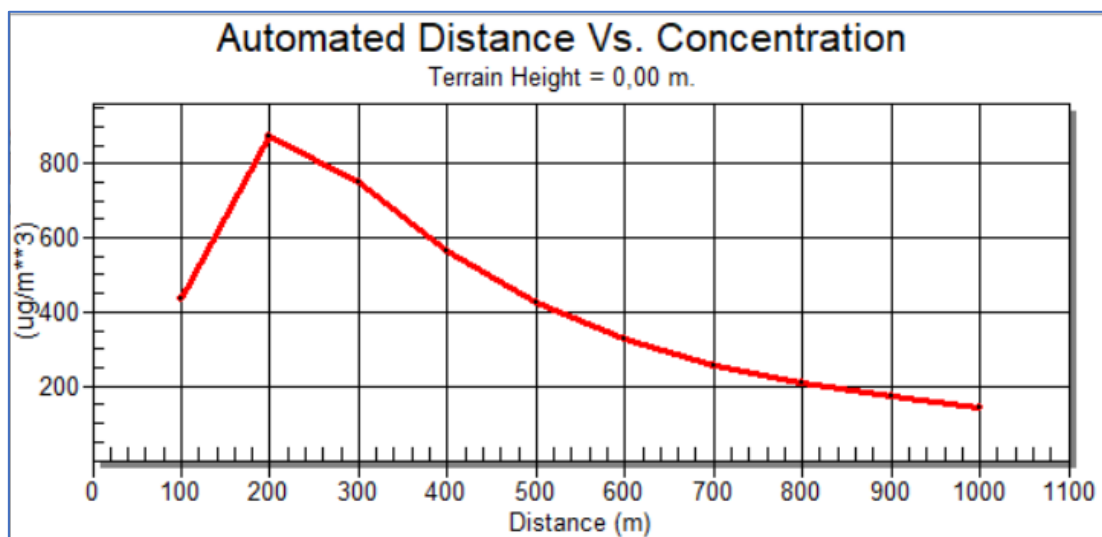
❖ Resultados de modelamiento:

- **Generador.**

✓ **Óxidos de Nitrógeno NOx.**

La curva presenta un pico de concentración máximo de NOx aproximadamente de 876 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a 205 metros desde la fuente emisora. Esta distancia representa el punto crítico donde la calidad del aire se ve más comprometida. Desde los 205 m en adelante, la curva muestra un descenso progresivo de las concentraciones, lo que indica una dispersión efectiva del contaminante a medida que aumenta la distancia desde la fuente. A partir de aproximadamente 600 m, se observa una tendencia de estabilización de la curva, lo cual sugiere que los contaminantes se diluyen progresivamente hasta alcanzar concentraciones cercanas al fondo ambiental hacia los 1000 m.

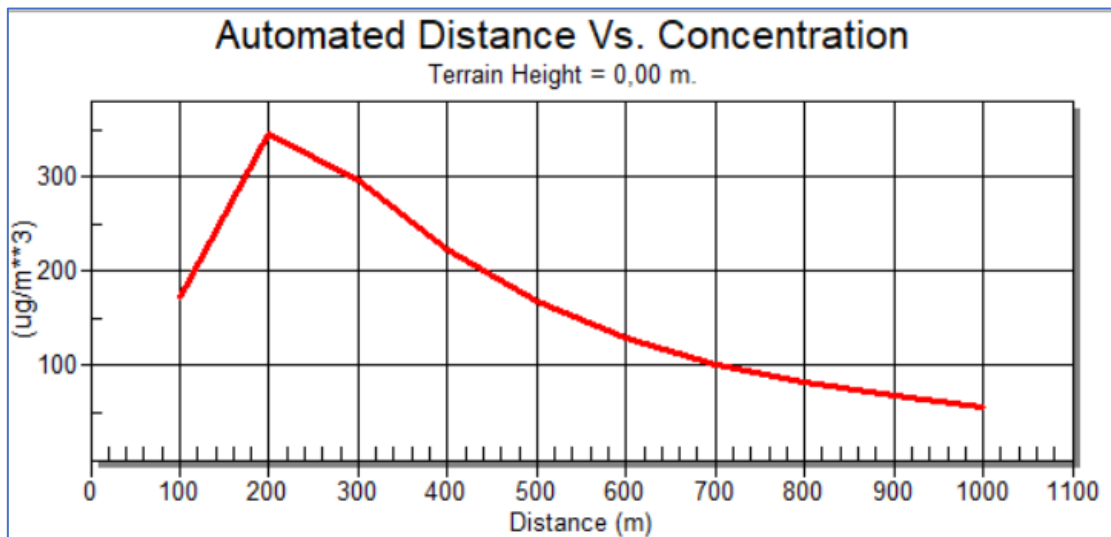
Figura 10-5. Modelo de dispersión del contaminante NOx (generador)



✓ **Óxido de Carbono CO.**

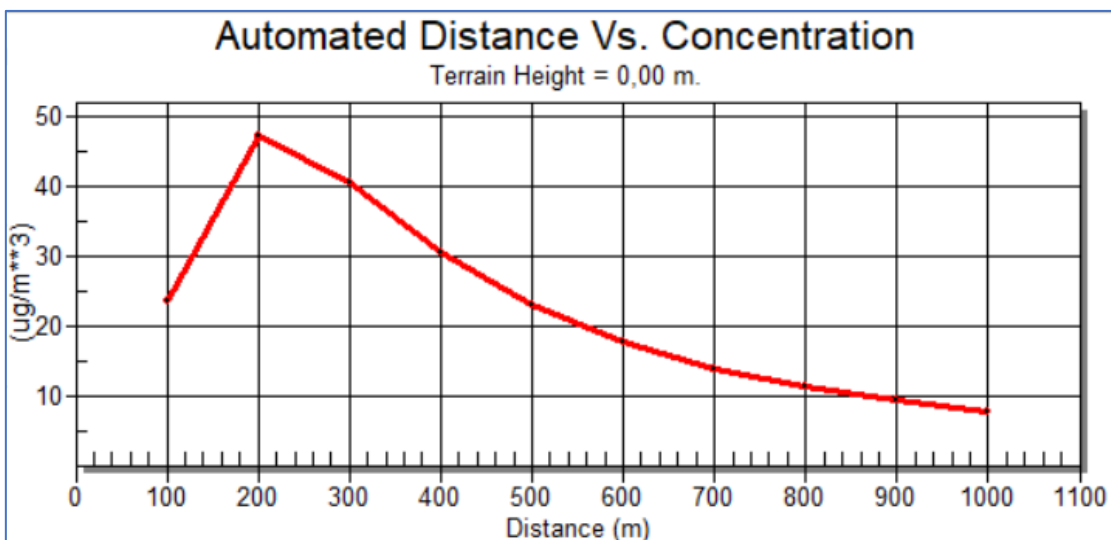
La concentración máxima de monóxido de carbono se registra en los 205 metros desde la fuente emisora, con un valor aproximado de 340 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. A partir del punto de máxima concentración, se observa un descenso progresivo en las concentraciones de CO, lo cual es característico de la dispersión gaussiana, en la que los contaminantes tienden a diluirse con el aumento de la distancia y el efecto del viento. A los 1000 metros, la concentración se ha reducido significativamente, aproximándose a los valores de fondo ambiental.

Figura 10-6. Modelo de dispersión del contaminante COx (generador)



✓ Material particulado.

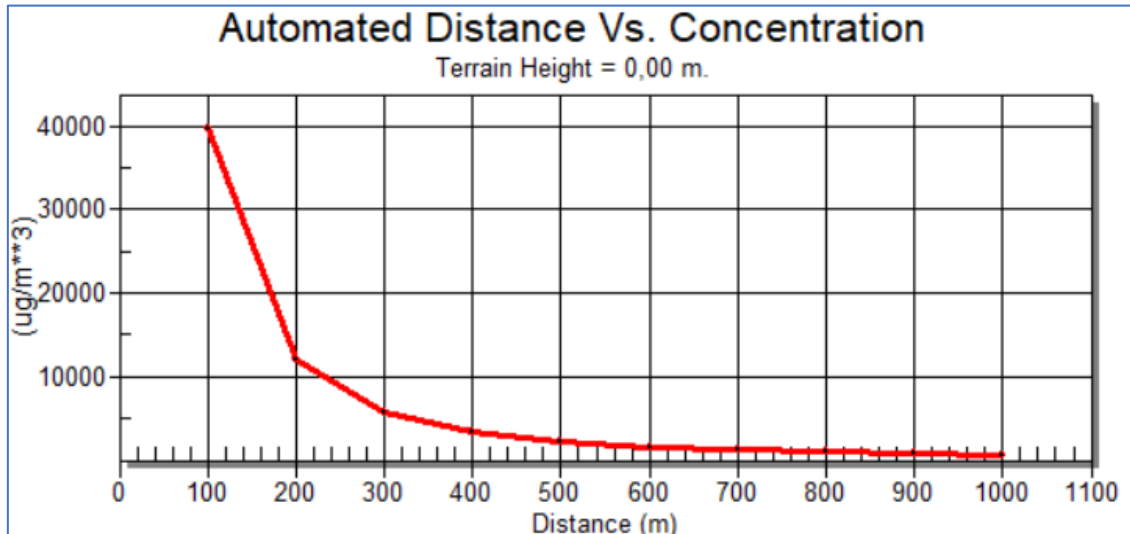
Figura 10-7. Modelo de dispersión del contaminante Material Particulado (generador)



El punto de máxima concentración de material particulado se localiza a 205 m con una concentración de 47,38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, por lo que esta distancia debe considerarse como el límite del Área de Influencia Directa (AID) para el subcomponente aire, específicamente para este contaminante. La Área de Influencia Indirecta (AII) se establece en 1000 m desde el perímetro del proyecto, ya que más allá de este radio, las concentraciones se aproximan al fondo ambiental y la dispersión se considera efectiva y ambientalmente inocua. Estos resultados coinciden con patrones típicos de modelación para fuentes de baja altura y condiciones meteorológicas estándar en zonas rurales, como es el caso del proyecto fotovoltaico *La Ceiba* (USEPA, 1995; Zamorano, 2022).

- Maquinaria (Cargador frontal)
 - ✓ Dióxido de Carbono CO₂.

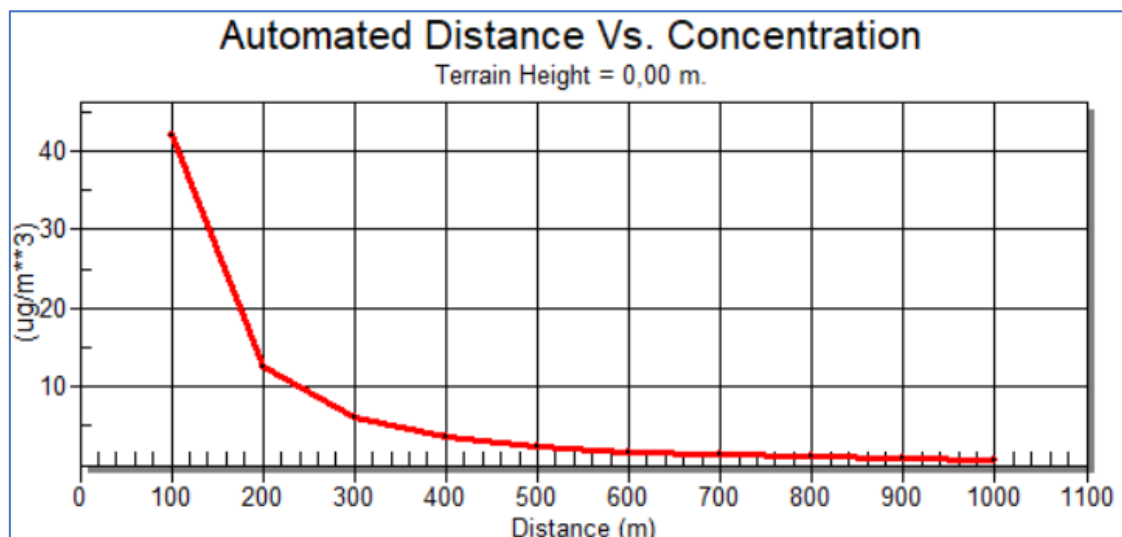
Figura 10-8. Modelo de dispersión del contaminante CO₂ (Maquinaria)



Se observa que la concentración máxima de CO₂ se presenta a una distancia muy próxima a la fuente emisora, específicamente alrededor de los 100 metros, con un valor cercano a los 40.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. A partir de esa distancia, la curva muestra una caída abrupta en la concentración, bajando a valores cercanos a los 10.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ hacia los 200 m, y disminuyendo progresivamente hasta estabilizarse por debajo de los 2.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a los 1000 m. Este patrón de dispersión responde al comportamiento típico de un gas no reactivo y de alta densidad, como el CO₂, que tiende a dispersarse rápidamente a nivel del suelo bajo condiciones de emisión continua y baja altura (USEPA, 1995; López & Manzini, 2022).

- ✓ Óxido de Carbono CO.

Figura 10-9. Modelo de dispersión del contaminante CO (Maquinaria)

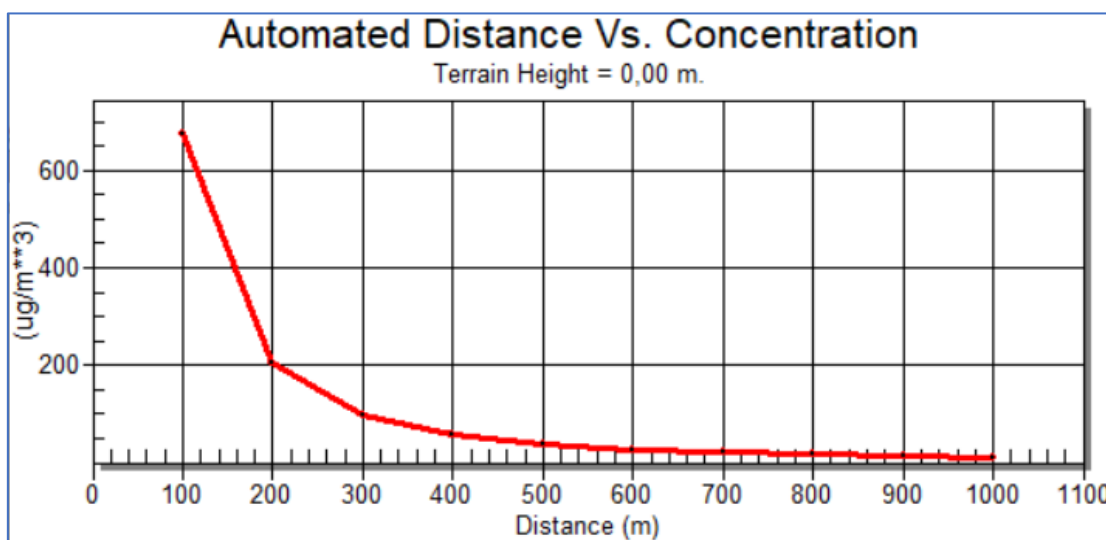


La concentración máxima de CO se alcanza a una distancia de 100 metros desde la fuente emisora, con un valor de aproximadamente 42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. A partir de los 200 m, se observa una

disminución rápida y sostenida de la concentración, descendiendo por debajo de los $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ hacia los 300 m y estabilizándose hacia los 1000 m en valores cercanos al fondo ambiental. Este comportamiento refleja una dispersión eficiente del contaminante, típico de emisiones de maquinaria móvil en espacios abiertos con fuentes de baja altura (USEPA, 1995; López & Manzini, 2022).

✓ **Óxido de Nitrógeno NO_x.**

Figura 10-10. Modelo de dispersión del contaminante CO (Maquinaria)



La concentración máxima de NO_x se alcanza a una distancia de 100 metros, con un valor aproximado de $676,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. A partir de esta distancia, la curva presenta un descenso progresivo y constante, registrando valores de aproximadamente $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ hacia los 200 m, y luego estabilizándose por debajo de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a partir de los 500 m, hasta alcanzar niveles cercanos al fondo ambiental a los 1000 m. Este comportamiento es característico de gases generados por fuentes móviles de baja altura, donde el contaminante se dispersa eficazmente en presencia de condiciones atmosféricas estables (USEPA, 1995; OLADE, 2011).

❖ **Resumen:**

El análisis de calidad del aire realizado para el proyecto La Ceiba consideró los principales contaminantes generados durante la operación de generadores de respaldo y maquinaria de obra civil, modelando su dispersión atmosférica en función de las condiciones meteorológicas locales y la topografía del sitio. Los resultados determinaron que la concentración máxima de contaminantes se alcanza a 205 metros de la fuente emisora, correspondiente al generador eléctrico. En ese punto, se registraron concentraciones pico de óxidos de nitrógeno (NO_x): $876,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, monóxido de carbono (CO): $346,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y material particulado (PM): $47,38 \mu\text{g}/\text{m}^3$. A partir de esa distancia, se observa un descenso sostenido en la concentración de los contaminantes (Zamorano, 2022; OLADE, 2011).

En cuanto a las emisiones generadas por la maquinaria de construcción, se reportaron valores máximos a 100 metros de la fuente: CO₂: $3,98 \times 10^4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, CO: $42,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y NO_x: $676,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, indicando una dispersión significativa, pero de alcance más limitado. Estos valores se alinean con modelos de dispersión atmosférica típicos en zonas rurales con condiciones de viento moderado y baja humedad, donde la concentración máxima se alcanza entre los 100 y 250 m del foco emisor, dependiendo de la altura de emisión y estabilidad atmosférica (USEPA, 2005; Bravo, 2021).

En base a estos resultados, se establece como Área de Influencia Directa (AID) del componente aire un buffer de 205 m alrededor del polígono de implantación del proyecto, ya que en ese radio se presentan los niveles más altos de concentración de contaminantes atmosféricos, tanto por el generador como por la maquinaria asociada al proyecto. Este criterio técnico es consistente con estudios previos de parques solares en zonas semiáridas, donde los máximos de NO_x y CO tienden a estabilizarse más allá de los 200 m desde la fuente (Zamorano, 2022; MAATE, 2021).

Adicionalmente, se delimita el Área de Influencia Indirecta (AII) como un radio de 1000 metros desde el área de implantación del proyecto, distancia en la cual las concentraciones de contaminantes tienden a disminuir de manera constante hasta alcanzar valores cercanos al fondo ambiental local. Este enfoque concuerda con las metodologías de modelación empleadas en proyectos similares en Ecuador y América Latina, en donde se adopta el criterio de “dispersión atenuada” como límite del AII (OLADE, 2011; GIZ, 2022).

Las distancias pueden ser reducidas por la presencia de factores físicos como las barreras naturales o la topografía en donde se emplazará el proyecto.

Tabla 10-4. Resumen de Áreas de influencia directa e indirecta del sub componente aire.

AREA	OBSERVACIÓN
Influencia Directa	Buffer de 205 m alrededor del área de implantación del proyecto (zona de máxima concentración de contaminantes)
Influencia Indirecta	Buffer de 1000 m desde el polígono del proyecto (zona de dispersión atenuada de gases)

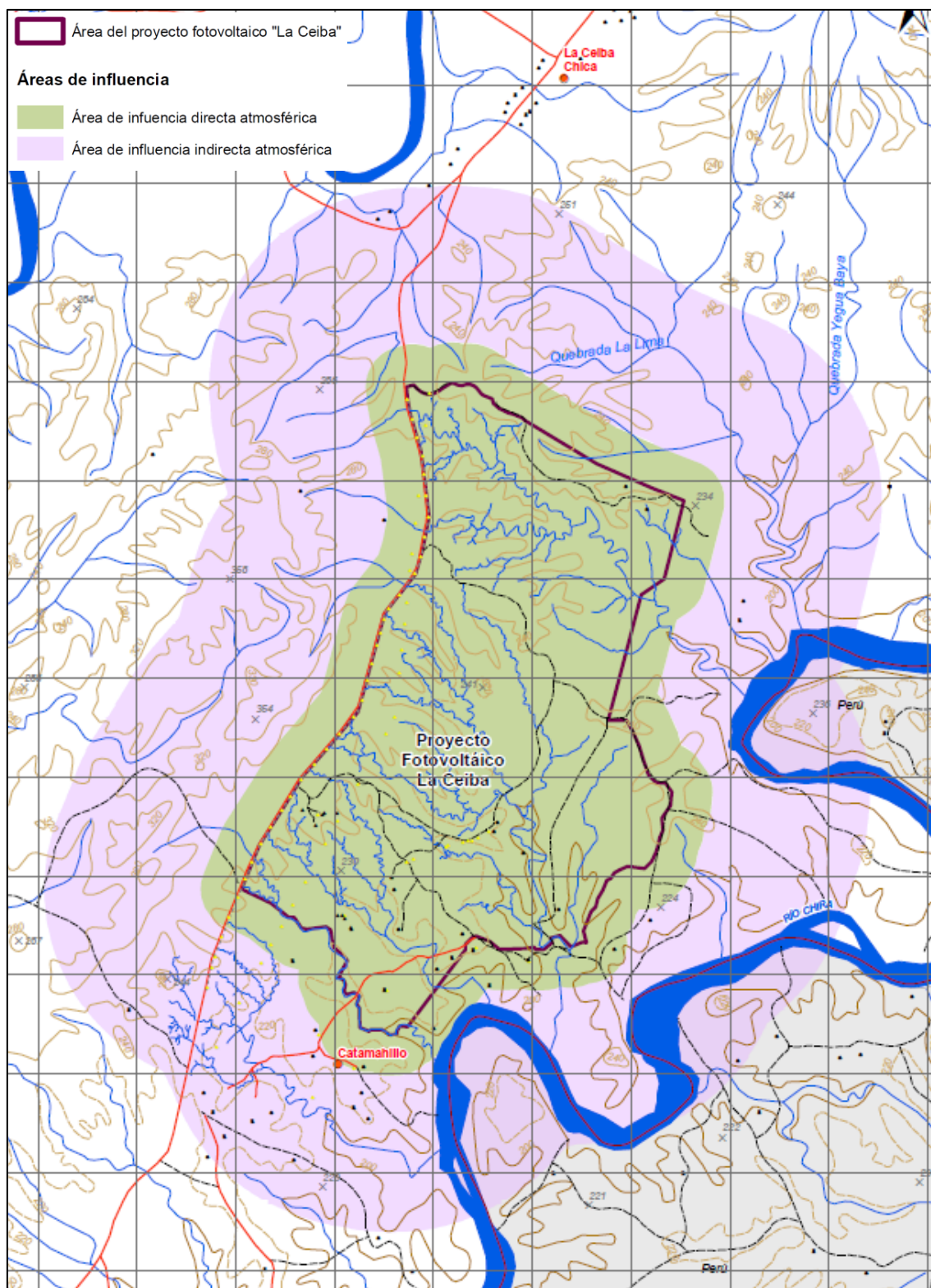
Figura 10-11. Diagrama de flujo del geoproceso utilizado (Aire).



Las superficies calculadas para el AID y AII fueron estimadas mediante herramientas SIG a partir del análisis geoespacial de los buffers definidos.

Tipo de Influencia	Criterio de Delimitación	Distancia (Buffer)	Área (Ha)
Atmosférica Directa	Alrededor del área de implantación del proyecto (zona de máxima concentración de contaminantes)	205 m	610,235
Atmosférica Indirecta	Alrededor del polígono del proyecto (zona de dispersión atenuada de gases)	1000 m	1029,84

Figura 10-12. Área de influencia directa e indirecta del sub componente Atmosférico.



En el MAPA NRO. 42, se detalla el Mapa del AID y AII para el componente aire. En el ANEXO 10-1 se presenta los datos del Modelamiento en el Software Screen View 4.0.1. y fichas técnicas (Caterpillar).

10.1.4. Sub Componente Ruido Ambiental.

Para la determinación del área de influencia por ruido se consideró un enfoque de escenario pesimista, es decir, el que involucra las actividades con mayor generación de presión sonora durante la fase constructiva del proyecto fotovoltaico. Esta etapa, típicamente asociada con el uso intensivo de maquinaria pesada, transporte de materiales, cimentación y montaje de estructuras metálicas, ha sido reconocida como la más crítica en términos de generación de ruido en proyectos similares (INECC, 2014; como se cita en Blaubach Consultores S.A., 2023).

El análisis partió de un escenario teórico validado con datos reales, obtenidos tanto de estudios análogos como de los monitoreos ambientales realizados in situ durante la línea base del presente Estudio de Impacto Ambiental (EIA). La información empleada incluyó:

- Los resultados de monitoreo de ruido ambiental en el límite del proyecto.
- Los límites permisibles establecidos en la normativa ecuatoriana vigente, específicamente el Acuerdo Ministerial 097-A, que regula los niveles máximos de ruido permitidos según el tipo de zona (Ministerio del Ambiente, 2015).
- Los valores de emisión sonora típicos de maquinaria empleada en construcción de plantas fotovoltaicas, documentados en fuentes bibliográficas técnicas como la OLADE (2011) y GIZ (2022).

Con esta información, se delimitó preliminarmente el área en la que se espera una mayor incidencia de ruido durante la construcción. A partir de allí, se aplicó el modelo teórico de atenuación acústica en campo libre, propuesto por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas – CEDEX (2017), según el cual:

“En campo libre, al duplicarse la distancia desde la fuente emisora, la presión sonora disminuye aproximadamente 6 decibelios (dB), debido a la expansión esférica de la onda sonora” (CEDEX, 2017, p. 45).

Asimismo, se reconoce que la presencia de obstáculos, vegetación o topografía irregular puede inducir efectos adicionales de atenuación sonora. No obstante, para este análisis se adoptó el criterio conservador de considerar un entorno libre de barreras físicas, con el fin de no subestimar el área de posible afectación. Este enfoque permite definir un radio teórico de dispersión sonora a partir de las fuentes críticas del proyecto, delimitando así el Área de Influencia Directa (AID) para el componente ruido, la cual será empleada en la zonificación ambiental del proyecto.

AREA DE INFLUENCIA DIRECTA.

❖ Herramienta Inverse Distance Weighting IDW de ArcGis 10.5

Según Burrough et al (1998) La metodología empleada para utilizar la herramienta de ponderación por distancia inversa (IDW) en ArcGIS 10.5 permite determinar áreas de influencia del ruido ambiental e incluye varios pasos, desde la preparación de datos hasta la visualización de resultados (Ver ANEXO 10-2. Metodología Herramienta Inverse Distance Weighting IDW de ArcGis 10.5). Es una técnica de interpolación que estima valores en puntos desconocidos utilizando valores de puntos conocidos. Se basa en un método matemático específico, la premisa básica es que los puntos más cercanos al punto de estimación tienen una mayor influencia en el valor estimado que los puntos más lejanos.

Tomando en cuenta la atenuación por distancia; el área que se encontrará afectada por el ruido generado de las actividades del proyecto se calculó con la herramienta Inverse Distance Weighting IDW de ArcGis 10.5, cuyo método matemático de interpolación usa una función inversa de la distancia, partiendo del supuesto que las cosas que están más cerca son más parecidas, por lo tanto, tienen más peso e influencia sobre el punto a estimar.

Con los resultados obtenidos se calcula el área de influencia directa para Ruido, el buffer se traza alrededor de la fuente que emite sonido en este caso la maquinaria (fuente de emisión) que se encontrará trasladándose por toda el área de implantación y como límite se consideran los puntos de monitoreo de ruido establecidos en la línea base. La distancia se delimita asumiendo que no existe ningún tipo de atenuación acústica alrededor de la fuente de ruido. Es por ello, para el área de influencia directa se establece el área de intervención relacionada con el proyecto, es decir el área de implantación del PROYECTO FOTOVOLTAICO LA CEIBA (401,31 ha).

AREA DE INFLUENCIA INDIRECTA

❖ Metodología

Según Toledo (2005) para determinar el radio de influencia en base al incremento en los niveles de ruido, se analiza un escenario teórico de la dispersión del ruido, considerando actividades de mayor afectación. También se considera que en campo libre la técnica más conocida para calcular el decaimiento es la “ley de la raíz inversa”, esta ley indica que al duplicarse la distancia desde la fuente el sonido decae en 6 dB para una onda esférica.

En el caso del proyecto, los mayores niveles de ruido se generarán durante actividades de construcción por el uso de maquinaria.

De lo establecido por Martín (2014) para establecer el área en la que incide directamente el ruido se utiliza la metodología para determinar el nivel de presión sonora de fuentes direccionales que determina el nivel de presión sonora producido por una fuente direccional, en una dirección de coeficiente de directividad, en función del nivel de potencia total de la fuente y de la distancia a ella; son consideradas como fuentes direccionales las fuentes sonoras en las que la emisión es uniforme en determinados rangos de direcciones y nulas en otros.

En el documento Apuntes de Acústica de Martín (2014) se plantea la ecuación que permite determinar el nivel de presión sonora en un punto en función del nivel de potencia característico de la fuente, el coeficiente de directividad y la distancia de un punto de afectación a la fuente, siendo la siguiente:

$$L_p \text{ (dB)} = L_w \text{ (dB)} + 10 \log \frac{Q}{4\pi r^2}$$

Dónde

L_p = Nivel de presión sonora en un punto (dB).

L_w = Nivel de potencia sonora de la fuente (dato que habitualmente suelen facilitar los fabricantes de distintos equipos y dispositivos) (dB).

Q = coeficiente de directividad (Los valores teóricos más usuales de Q son 1, 2, 4 y 8, dependiendo donde la fuente sonora esté situada, respectivamente, en el centro del espacio abierto, sobre una superficie, en la intersección de dos planos y en la intersección de tres planos)

r = Distancia que separa el punto de la fuente (m).

Es necesario indicar que el nivel de presión sonora determina cuanto sonido llega a un determinado punto, mientras que el nivel de potencia sonora determina cuanto ruido se produce¹.

Lp: se tomó el límite máximo permisible para horario diurno (65 dB) para uso de suelo Agrícola residencial (AR) (tabla N°1 del ANEXO 5, Acuerdo Ministerial 097-A TULSMA) y Lp: se tomó el límite máximo permisible para horario nocturno (45 dB) para uso de suelo Agrícola residencial (AR) (tabla N°1 del ANEXO 5, Acuerdo Ministerial 097-A TULSMA).

Lw: para los generadores eléctricos se encuentran en el rango de 80 a 105 dB según Nuñez y Ayala (2011) y para la maquinaria se ha considerado los niveles de presión sonora de acuerdo a lo establecido en la Norma Británica BS5228.

Se despeja r de la ecuación dada y luego se calcula el valor de r con los datos proporcionados.

La ecuación es:

$$L_p(dB) = L_w(dB) + 10 \log \left(\frac{Q}{4\pi r^2} \right)$$

Sustituimos los valores:

$$65 = 80 + 10 \log \left(\frac{2}{4\pi r^2} \right)$$

Ahora, despejamos r

1. Restamos 80 de ambos lados de la ecuación:

$$\begin{aligned} 65 - 80 &= 10 \log \left(\frac{2}{4\pi r^2} \right) \\ -15 &= 10 \log \left(\frac{2}{4\pi r^2} \right) \end{aligned}$$

2. Dividimos ambos lados de la ecuación por 10:

$$\begin{aligned} \frac{-15}{10} &= \log \left(\frac{2}{4\pi r^2} \right) \\ -1.5 &= \log \left(\frac{2}{4\pi r^2} \right) \end{aligned}$$

3. Convertimos la ecuación logarítmica en su forma exponencial:

$$10^{-1.5} = \frac{2}{4\pi r^2}$$

4. Calculamos $10^{-1.5}$:

$$10^{-1.5} = \frac{1}{10^{1.5}} = \frac{1}{\sqrt{10^3}} = \frac{1}{\sqrt{1000}} = \frac{1}{31.6228} \approx 0.03162$$

5. Sustituimos este valor en la ecuación:

$$0.03162 = \frac{2}{4\pi r^2}$$

6. Multiplicamos ambos lados por $4\pi r^2$ para despejar r^2 :

$$\begin{aligned} 0.03162 \cdot 4\pi r^2 &= 2 \\ 4\pi r^2 &= \frac{2}{0.03162} \end{aligned}$$

7. Calculamos el valor de $\frac{2}{0.03162}$

¹ Grupo de investigación en instrumentación y acústica aplicada (2016). Recuperado de <http://www.i2a2.upm.es/faq-items/nivel-de-potencia-acustica-o-nivel-de-presion-sonora/>

$$\frac{2}{0.03162} \approx 63.24555$$

8. Ahora dividimos ambos lados por 4π :

$$r^2 = \frac{63.24555}{4\pi}$$

$$r^2 \approx \frac{63.24555}{12.5664}$$

$$r^2 \approx 5.0332$$

9. Finalmente, tomamos la raíz cuadrada de ambos lados para encontrar r :

$$r = \sqrt{5.0332}$$

$$r \approx 2.24 \text{ m}$$

La distancia calculada es de 2.24 m para horario diurno (65 dB según AM 97 A) para uso de suelo Agrícola residencial (AR).

Se aplica la misma fórmula, pero con un escenario nocturno (45 dB AM 097 A) para uso de suelo Agrícola residencial (AR).

Se despeja r de la ecuación dada y luego se calcula el valor de r con los datos proporcionados.

La ecuación es:

$$L_p(\text{dB}) = L_w(\text{dB}) + 10 \log \left(\frac{Q}{4\pi r^2} \right)$$

Sustituimos los valores:

$$45 = 80 + 10 \log \left(\frac{2}{4\pi r^2} \right)$$

Ahora, despejamos r :

1. Restamos 80 de ambos lados de la ecuación:

$$45 - 80 = 10 \log \left(\frac{2}{4\pi r^2} \right)$$

$$-35 = 10 \log \left(\frac{2}{4\pi r^2} \right)$$

2. Dividimos ambos lados de la ecuación por 10:

$$\frac{-35}{10} = \log \left(\frac{2}{4\pi r^2} \right)$$

$$-3.5 = \log \left(\frac{2}{4\pi r^2} \right)$$

3. Convertimos la ecuación logarítmica en su forma exponencial:

$$10^{-3.5} = \frac{2}{4\pi r^2}$$

4. Calculamos $10^{-3.5}$:

$$10^{-3.5} = \frac{1}{10^{3.5}} = \frac{1}{\sqrt{10^7}} = \frac{1}{3162.27766016838} \approx 0.000316$$

5. Sustituimos este valor en la ecuación:

$$0.000316 = \frac{2}{4\pi r^2}$$

6. Multiplicamos ambos lados por $4\pi r^2$ para despejar r^2 :

$$0.000316 \cdot 4\pi r^2 = 2$$

$$4\pi r^2 = \frac{2}{0.000316}$$

7. Calculamos el valor de $\frac{2}{0.000316}$

$$\frac{2}{0.000316} \approx 6329.11392$$

8. Ahora dividimos ambos lados por 4π :

$$r^2 = \frac{6329.11392}{4\pi}$$

$$r^2 \approx \frac{6329.11392}{12.5664}$$

$$r^2 \approx 503.292$$

9. Finalmente, tomamos la raíz cuadrada de ambos lados para encontrar r :

$$r = \sqrt{503.292}$$

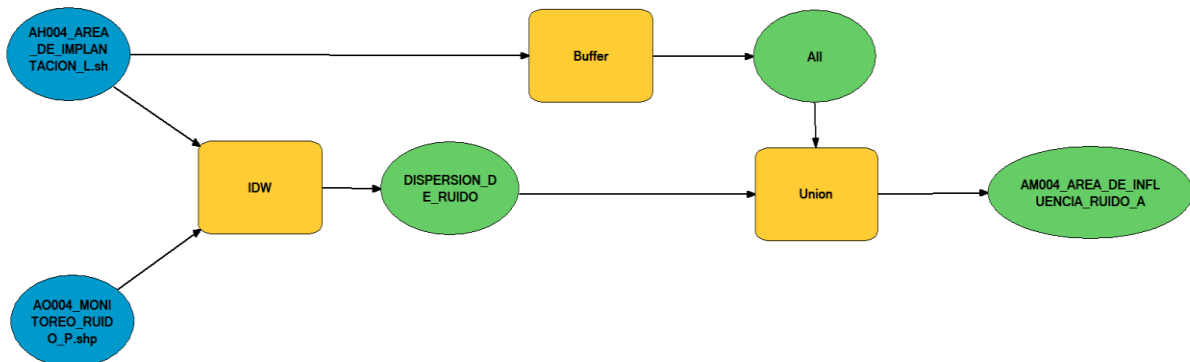
$$r \approx 22.43 \text{ m}$$

La distancia calculada es de 22,43 m para horario nocturno (45 dB) para uso de suelo Agrícola residencial (AR).

Límite (AM 097 A) Anexo 5	Distancia calculada
Horario diurno (65 dB) límite permisible	2,24 m
Horario nocturno (45 dB) límite permisible	22,43 m

En base a la metodología empleada, se ha considerado tomar como AII un rango de 22,43 m calculados a partir del AID. Se toma el rango de mayor dispersión considerando que puede ser el peor escenario del proyecto.

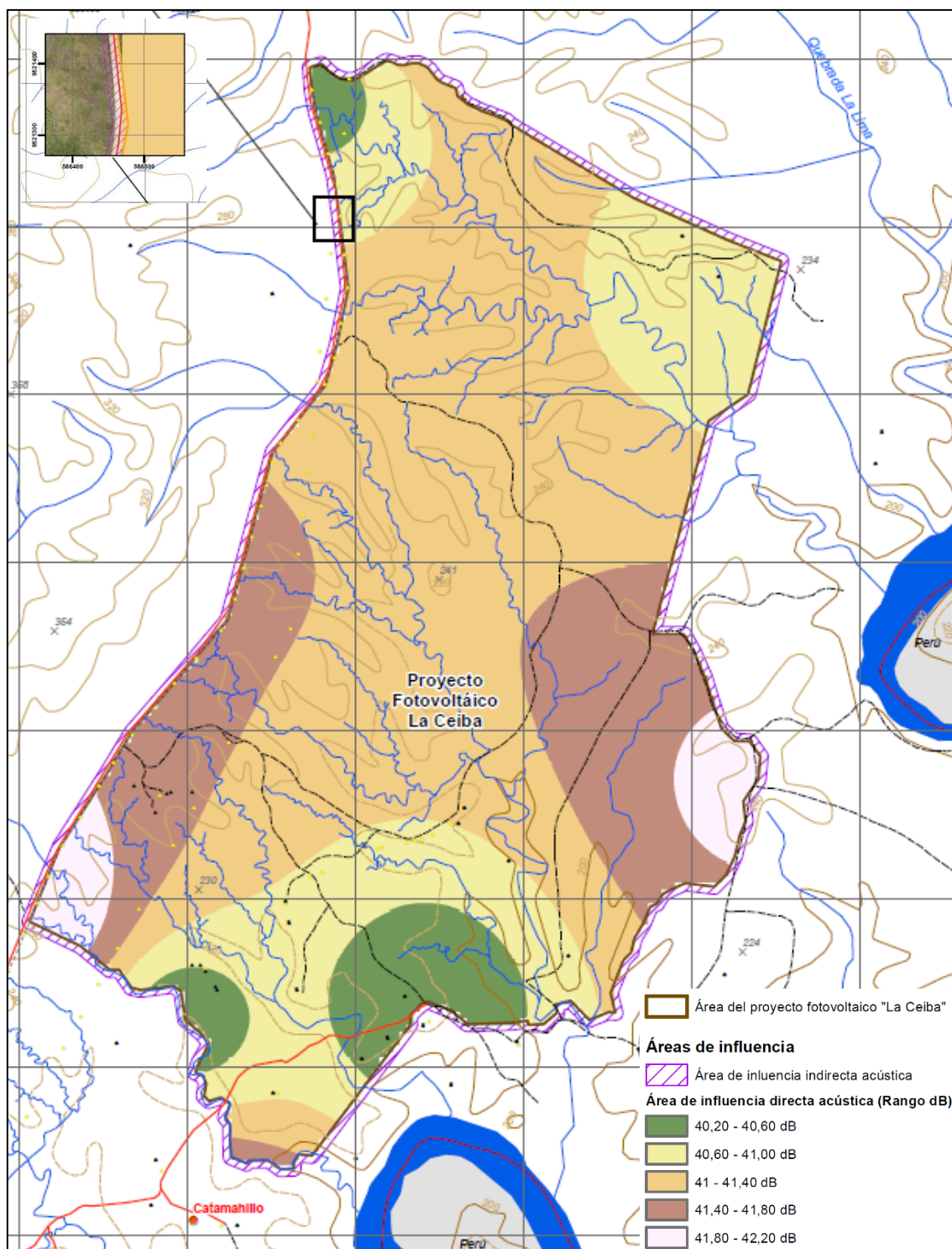
Figura 10-13. Diagrama de flujo del geoproceso utilizado (Ruido ambiental).



Las superficies calculadas para el AID y AII fueron estimadas mediante herramientas SIG a partir del análisis geoespacial de los buffers definidos.

Tipo de Influencia	Criterio de Delimitación	Distancia (Buffer)	Área (Ha)
Acústica Directa	Área interna con generación de ruido	Dentro del proyecto	401.311
Acústica Indirecta	Paralelo al polígono del proyecto	22,43 metros	22,197

Figura 10-14. Área de influencia directa e indirecta del sub componente Ruido Ambiental.



En el MAPA NRO. 43, se presenta el Mapa de áreas de influencia directa e indirecta del componente ruido ambiental.

10.1.5. Sub Componente Radiaciones No Ionizantes.

- **Área de Influencia Directa (AID).**

Para el subcomponente radiaciones no ionizantes considera exclusivamente la fase de operación de la subestación eléctrica de elevación dentro del proyecto fotovoltaico La Ceiba, debido a que es en esta etapa donde operan los principales equipos generadores de campos electromagnéticos (CEM) de frecuencia extremadamente baja (ELF), como transformadores, celdas de media tensión y barras colectoras. Es importante señalar que, durante la fase de construcción, no se contemplan fuentes generadoras relevantes de radiaciones no ionizantes, ya que la maquinaria y equipos temporales no alcanzan niveles de emisión medibles o significativos en este espectro (ICNIRP, 2010; WHO, 2016).

Desde una perspectiva física, un "campo" representa una región del espacio donde actúan fuerzas sobre partículas o cuerpos. Por ejemplo, el campo gravitacional ejerce fuerza sobre los cuerpos con masa, mientras que un campo electromagnético se genera por la presencia de cargas eléctricas (campo eléctrico) y su movimiento (campo magnético) (Vernieri, Piña & Rodríguez, 2020). En las instalaciones eléctricas como subestaciones y líneas de transmisión, estos campos se manifiestan como ondas ELF que se atenúan rápidamente con la distancia, de acuerdo con principios básicos de propagación y absorción en medios dieléctricos (ICNIRP, 2010).

Estudios como el de Cadavid et al. (2010) analizan la propagación de campos electromagnéticos generados por líneas de transmisión, bajo condiciones idealizadas: conductores rectos, homogéneos, infinitos y en campo libre, ignorando obstáculos, resistividad del terreno o estructuras metálicas. Bajo estas condiciones teóricas, los campos eléctricos suelen alcanzar valores entre 1–3 kV/m, y los campos magnéticos entre 1–6 μ T, medidos directamente bajo los conductores de líneas de alta tensión. Sin embargo, en subestaciones eléctricas, los campos ELF tienden a ser inferiores, registrándose normalmente valores menores a 0,8 μ T en el perímetro externo (CEDEX, 2017).

En el caso del proyecto La Ceiba, el AID se limita al área interna de la subestación eléctrica y su borde inmediato, ya que es allí donde se concentra la actividad electromagnética derivada de la conversión y elevación de energía a media y alta tensión. La intensidad de los campos generados por estos equipos no supera los 100 μ T para el público en general ni los 1000 μ T para exposición ocupacional, según los límites establecidos por la Comisión Internacional de Protección Radiológica No Ionizante – ICNIRP (2010), por lo que no se prevén riesgos para la salud humana ni la fauna presente en la zona (OMS, 2016; WHO, 2007).

- **Área de influencia directa.**

El Área de Influencia Directa (AID) para el subcomponente de radiaciones no ionizantes comprende principalmente el área de construcción de la subestación eléctrica del parque fotovoltaico La Ceiba, donde se ubicarán equipos emisores de campos electromagnéticos (CEM) de frecuencia extremadamente baja (ELF), como transformadores, celdas de media tensión y bancos de capacitores. Estos equipos generan campos eléctricos y magnéticos en la frecuencia de 60 Hz, los cuales disminuyen de manera significativa con la distancia desde la fuente (ICNIRP, 2010).

En estudios técnicos realizados por CEDEX (2017), se ha establecido que las intensidades de campo magnético a nivel del vallado perimetral de subestaciones de alta tensión (incluso mayores a las del presente proyecto) son del orden de 0,1 a 0,8 μ T, lejos de los valores considerados peligrosos para la salud pública. Incluso en subestaciones de 275 a 400 kV, las mediciones más altas registradas cercanas a los transformadores alcanzan picos de hasta 80 μ T, muy por debajo

del límite de exposición recomendado por ICNIRP para el público general, que es de 100 μT (ICNIRP, 1998; European Commission, 1999).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2016), los efectos biológicos conocidos de los campos ELF están relacionados únicamente con la estimulación directa de nervios y músculos, los cuales solo se producen a niveles muy superiores a los encontrados en subestaciones. Por tanto, dentro del AID, si bien se genera radiación no ionizante, no se prevén efectos adversos a la salud, ni para el personal técnico ni para el entorno natural.

El AID se ha considerado el área de construcción de la Sub estación elevadora.

Tabla 10-5. AID Radiaciones no Ionizantes

LUGAR	INFRAESTRUTURA	ÁREA (ha)
Planta Fotovoltaica	subestación elevadora	3,44 ha

Elaborado por: Equipo consultor, 2025.

Por medio del programa ArcGis, se procede a realizar la superposición de capas y se obtiene que el área total del AID para el proyecto es de 0,848 ha para radiaciones no ionizantes.

- **Área de influencia indirecta:**

El Área de Influencia Indirecta (AII) incluye el entorno extendido donde los campos ELF generados por la subestación podrían percibirse o ser objeto de inquietud social, aun sin representar un riesgo físico. En este contexto, la comunidad más cercana, Catamahillo, se localiza a aproximadamente 200 m del límite del polígono del proyecto y a 1,5 km de la subestación. A esa distancia, los niveles de campo magnético decrecen a niveles prácticamente indetectables y se confunden con el fondo ambiental electromagnético (WHO, 2007; ICNIRP, 2010).

Estudios internacionales y mediciones in situ han demostrado que los campos ELF se reducen a menos de 0,05 μT a 100 m de subestaciones (Baan et al., 2011; ICNIRP, 2010), valores equivalentes o inferiores a los presentes en muchos hogares debido a electrodomésticos y cableado interior (WHO, 2007). En este sentido, los residentes de Catamahillo no estarán expuestos a campos electromagnéticos superiores al nivel ambiental cotidiano, y por tanto, no existe ningún riesgo para la salud humana o la fauna silvestre.

Cabe recordar que, aunque la IARC (2011) clasificó los campos ELF como “posiblemente carcinogénicos” (Grupo 2B), esta clasificación se basa en evidencia limitada y asociativa relacionada con exposiciones crónicas superiores a 0,3 μT , lo cual está muy por encima de los niveles estimados en el entorno del proyecto. Las directrices actuales de ICNIRP (2010) incorporan márgenes de seguridad amplios, diseñados para prevenir incluso efectos agudos en escenarios de alta exposición.

Desde el punto de vista de gestión ambiental, el AII incluye una zona de vigilancia y comunicación social, en la cual se recomienda informar a las comunidades vecinas sobre los niveles reales de exposición y las medidas de seguridad adoptadas. Esta acción es clave para mitigar percepciones erróneas o temores infundados, ya que, como establece la OMS (2007), los efectos percibidos de los CEM pueden estar influenciados más por la percepción de riesgo que por la exposición real. En resumen, **el AII se extiende hasta 300 m (buffer) alrededor del Polígono del proyecto La Ceiba²**, como medida conservadora de percepción comunitaria. No obstante, incluso en el límite del AII,

² el AII para radiaciones no ionizantes como un buffer de hasta 300 m alrededor de todo el polígono del parque fotovoltaico, cuando se adopta un enfoque precautorio que incluye las fuentes secundarias (inversores y cableado), aun si los niveles de exposición no superan los umbrales internacionales.

los niveles de exposición a radiación no ionizante serán insignificantes y no superarán ninguno de los umbrales establecidos por ICNIRP u OMS.

Figura 10-15. Área de influencia directa e indirecta del sub componente Radiaciones No Ionizantes.

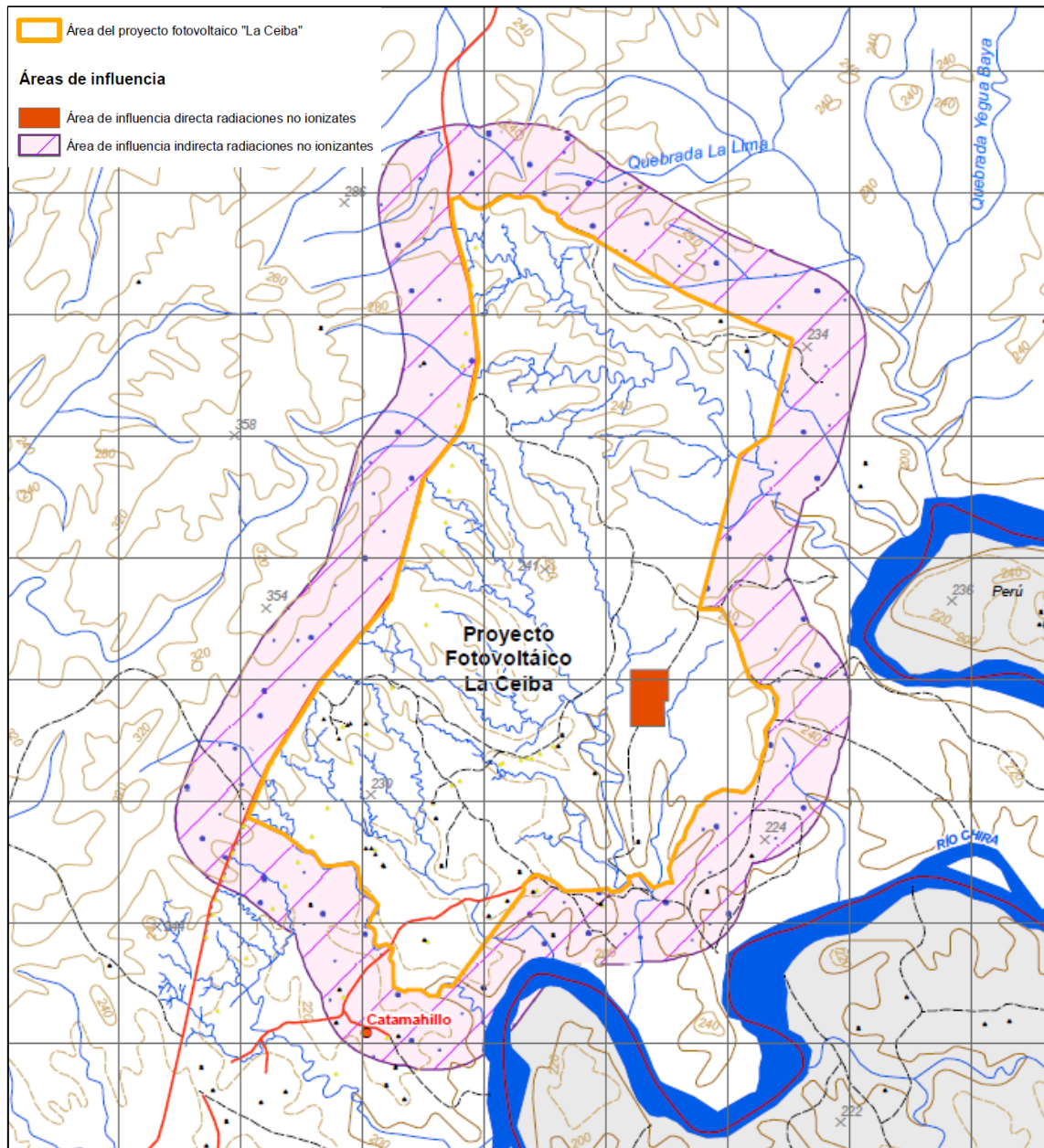


Tabla 10-6. AII Radiaciones no Ionizantes

LUGAR	INFRAESTRUTURA	ÁREA (ha)
Planta Fotovoltaica	Buffer de 300 m a la redonda del Parque fotovoltaico	312,40 ha

Elaborado por: Equipo consultor, 2025.

Las superficies calculadas para el AID y AII fueron estimadas mediante herramientas SIG a partir del análisis geoespacial de los buffers definidos.

Tipo de Influencia	Criterio de Delimitación	Distancia	Área (Ha)
Radiación no ionizante directa	Se limita al área interna de la subestación eléctrica y su borde inmediato, ya que es allí donde se concentra la actividad electromagnética derivada de la conversión y elevación de energía a media y alta tensión	Dentro del proyecto	3,44
Radiación no ionizante Indirecta	Paralelo al polígono del proyecto	300 metros	312,40

En el MAPA NRO. 44, se presenta el Mapa de área de influencia directa e indirecta del factor radiaciones no ionizantes.

10.1.6. Área de Influencia directa e indirecta Física.

De la información detallada en el Mapa de áreas de influencia (directa e indirecta) del componente Físico (ver MAPA NRO. 45 y 46), se determina que el área de influencia directa del medio físico en base al criterio de ALGEBRA DE MAPA se extiende por 796,8 ha incluido el área geográfica del proyecto, mientras que el AII del físico representa un área de 1265,42 ha.

10.2. COMPONENTE BIÓTICO.

El área de influencia directa para el componente biótico comprende la descripción de la posible afectación a los componentes bióticos de flora y fauna.

El área de influencia del componente biótico para el Proyecto Fotovoltaico La Ceiba se define en función de la distribución de ecosistemas, cobertura vegetal, conectividad ecológica y presencia potencial de fauna, considerando la sensibilidad ambiental del territorio donde se implanta el proyecto (MAATE, 2019). En este contexto, el cantón Zapotillo presenta una dominancia de ecosistemas de bosque seco tropical, los cuales constituyen el principal soporte de biodiversidad local, con funciones ecológicas clave como regulación hídrica, provisión de hábitat y conectividad biológica (GAD Zapotillo, 2020).

El área de influencia directa AID biótica corresponde al polígono de implantación del proyecto y su zona inmediata de intervención, donde se prevé la alteración directa de la cobertura vegetal y hábitats existentes. Esta área incluye superficies de uso actual agrícola, zonas intervenidas y remanentes de vegetación de bosque seco, cuya estructura ecológica puede verse modificada por actividades como desbroce, nivelación del terreno y construcción de infraestructura (Conesa, 2010). Dado que el uso del suelo en Zapotillo está fuertemente condicionado por factores geomorfológicos y climáticos, predominando coberturas de bosque seco (66,41%), cualquier intervención implica impactos directos sobre comunidades vegetales adaptadas a condiciones semiáridas (GAD Zapotillo, 2020).

El área de influencia indirecta AII biótica comprende el entorno ecológico a partir del área de implantación del proyecto donde no existen intervenciones físicas directas, pero sí efectos secundarios como fragmentación del hábitat, alteración de corredores biológicos, ruido, vibraciones, polvo y cambios en la dinámica de especies (Canter, 1998). En el caso del Proyecto La Ceiba, esta área se extiende sobre el paisaje de bosque seco circundante, incluyendo zonas de

transición entre coberturas naturales y áreas productivas (agrícolas y pecuarias), que representan aproximadamente el 11% del territorio cantonal (GAD Zapotillo, 2020).

10.2.1. Área de influencia directa AID Biótica.

10.2.1.1. Área de Influencia Directa AID Flora.

Se considera como Área de Influencia directa (AID) al área que se verá afectada directamente por el desbroce de vegetación y remoción de suelos por la construcción del proyecto.

Los criterios metodológicos que se consideraron para establecer el AID de flora, fueron:

- Límites de áreas naturales de vegetación/Aspectos fisiográficos del terreno/Cobertura vegetal del área del proyecto.
- El área de implantación de la infraestructura operativa/labores, etc. (polígono efectivo de intervención directa del proyecto fotovoltaico sitio de construcción de paneles solares, subestación, campamentos y vías internas.).
- El AID del componente suelo.

La construcción de la planta fotovoltaica considera la remoción de la capa vegetal para la instalación de toda la infraestructura necesaria para su funcionamiento como paneles, vías internas, subestación de elevación, torres, inversores, etc.

Para el componente flora, el Área de Influencia Directa (AID) se delimitó con base en la huella efectiva de intervención física del proyecto, bajo el criterio de que la afectación florística directa ocurre en los sectores donde la implantación de la central implica desbroce, remoción de cobertura vegetal y reconfiguración del suelo por nivelación, cortes, rellenos, cimentaciones, apertura de vías internas, zanjas y obras eléctricas. Este enfoque vincula de manera explícita el componente biótico con el componente físico, ya que la pérdida de vegetación está directamente condicionada por la transformación del sustrato y la ocupación permanente del terreno (Conesa Fernández-Vítora, 2010; Canter, 1998).

En el Proyecto Fotovoltaico La Ceiba, se propone que el **AID para flora corresponde a 268,60 ha**, superficie que corresponde a la huella efectiva de intervención física del proyecto, definida cartográficamente como los suelos dentro del proyecto. Esta delimitación es técnicamente consistente, puesto que representa el espacio donde se prevé la reconfiguración topográfica y la ocupación directa del terreno asociada a la implantación del proyecto, mientras que los cauces, drenajes y franjas de protección se analizan prioritariamente dentro del componente hídrico por su función ecológica y su restricción de intervención (Ver mapas de AID del componente físico).

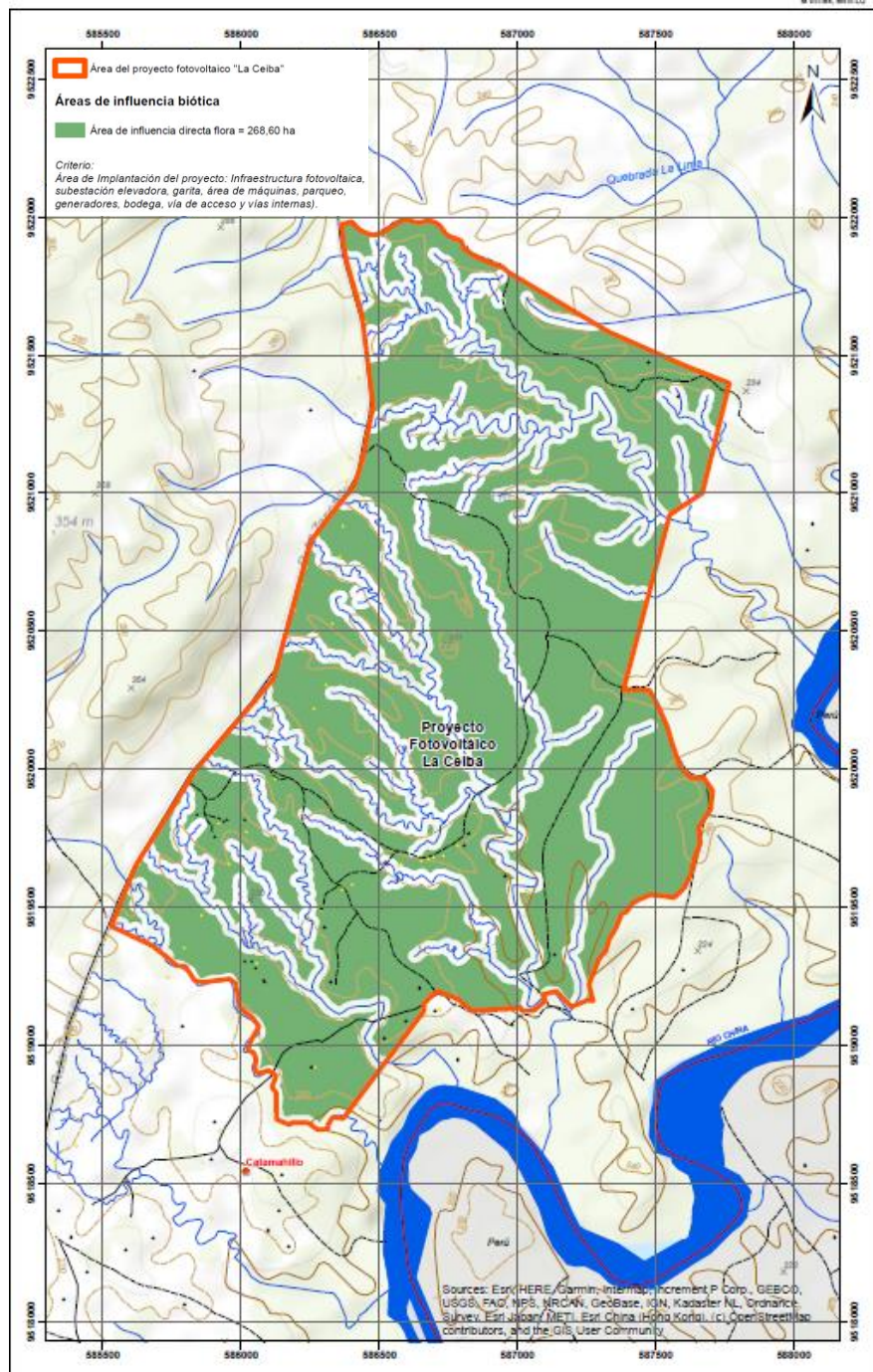
En síntesis, el **Área de Influencia directa del componente flora** del Proyecto Fotovoltaico La Ceiba se establece en **268,60 ha**, correspondientes a la **huella de intervención edáfica directa**, por ser el espacio donde confluyen la pérdida de cobertura vegetal y la reconfiguración del suelo derivadas de la implantación del proyecto, donde ocurrirá ocupación permanente del suelo, desbroce, tránsito de maquinaria, instalación de infraestructura y presencia operativa. Esta delimitación permite evaluar de forma más precisa la afectación real sobre la vegetación, evita sobreestimar impactos en áreas hídricas no destinadas a ocupación permanente y constituye una base técnica coherente para la valoración de impactos, el diseño de medidas de rescate vegetal, compensación y restauración ecológica (Conesa Fernández-Vítora, 2010).

Tabla 10-7. Área de influencia directa del recurso flora.

INFRAESTRUCTURA CONSIDERADA	AREA DE
Área de Implantación del proyecto: Infraestructura fotovoltaica, subestación elevadora, garita, área de máquinas, parqueo, generadores, bodega, vía de acceso y vías internas). Se excluye a los márgenes de protección de las quebradas (AID e I del sub componente agua) del proyecto.	268,60 ha

Elaboración: Equipo Consultor, 2026.

Figura 10-16. Área de Influencia Directa flora.



Ver MAPA NRO. 47-1. se presenta el Mapa de Área de influencia directa flora.

10.2.1.2. Área de Influencia Directa AID Fauna terrestre.

Para fauna terrestre, el AID se delimitó integrando dos unidades espaciales: i) el **área de implantación del proyecto**, donde ocurrirá ocupación permanente del suelo, desbroce, tránsito de maquinaria, instalación de infraestructura y presencia operativa; y ii) la **franja de influencia acústica inmediata** (área de influencia de ruido ambiental) definida en el componente físico. Este criterio considera a la fauna no solo se ve afectada por la pérdida física de hábitat, sino también por el disturbio sonoro inmediato que modifica patrones de uso del espacio, refugio, alimentación y desplazamiento (Canter, 1998; Conesa Fernández-Vítora, 2010; Primack, 2014).

Con base en los mapas de implantación y ruido, el polígono interno del proyecto coincide con el área de generación de ruido y presenta una superficie de **401,311 ha**; adicionalmente, el componente físico definió una franja acústica perimetral de **22,43 m**, con una superficie de **22,197 ha**, cartografiada alrededor del polígono del proyecto. En términos bióticos, esta franja perimetral debe incorporarse al AID de fauna terrestre, aunque en el componente físico se la haya rotulado como influencia acústica indirecta, porque para la biota terrestre constituye una zona de afectación conductual directa e inmediata por perturbación sonora y presencia antrópica. En consecuencia, el AID para fauna terrestre corresponde a la unión del área de implantación y la franja acústica inmediata, con una superficie referencial de **423,51 ha**.

A) Fauna terrestre de poca movilidad (herpetofauna y entomofauna).

Para la fauna terrestre de poca movilidad, integrada principalmente por herpetofauna y entomofauna, la afectación directa se concentra prioritariamente en el área de implantación. Esto se debe a que estos grupos dependen estrechamente de microhábitats del suelo, hojarasca, grietas, troncos caídos, vegetación baja y humedad edáfica residual, por lo que la remoción de cobertura vegetal, la reconformación del terreno y la compactación del suelo generan pérdida inmediata de refugios, sitios de termorregulación, oviposición, alimentación y reproducción (Forman & Alexander, 1998; Gardner et al., 2007; Primack, 2014). En estos taxa, el principal mecanismo de impacto directo no es la propagación a distancia, sino la eliminación física y funcional del microhábitat dentro de la huella de obra (Conesa Fernández-Vítora, 2010).

En este caso, la franja acústica inmediata perimetral también se considera parte del AID, pero con menor peso relativo que el polígono de implantación. En herpetofauna, el ruido y la vibración pueden alterar conductas de refugio y desplazamiento de corto alcance; en entomofauna, la presencia humana, el movimiento de equipos y la eliminación de coberturas vegetales periféricas reducen la disponibilidad de recursos tróficos y sustratos de nidificación o desarrollo larval. Por ello, para estos grupos el AID se interpreta como una zona de afectación centrada en el interior del proyecto y su borde inmediato, donde la mortalidad incidental, el desplazamiento local y la pérdida de microhábitats son más probables (Fahrig, 2003; Gardner et al., 2007).

B) Fauna terrestre de mayor movilidad (avifauna y mastofauna)

Para la fauna terrestre de mayor movilidad, especialmente avifauna y mastofauna, el AID se define por la combinación de pérdida de hábitat en el área de implantación y disturbio acústico en la franja inmediata circundante. Estos grupos presentan mayor capacidad de evasión y desplazamiento, pero también mayor sensibilidad a cambios en la calidad del hábitat, aumento

de actividad humana, ruido continuo y fragmentación funcional del espacio. En consecuencia, además del polígono intervenido, la franja acústica de 22,43 m alrededor del proyecto constituye un espacio de alteración directa del comportamiento, donde pueden producirse respuestas de evitación, modificación de rutas de tránsito, disminución de permanencia y desplazamiento hacia sectores contiguos menos perturbados (Shannon et al., 2016; Francis & Barber, 2013).

En el mapa de ruido, la perturbación acústica se distribuye principalmente al interior del proyecto, con rangos modelados entre 40,20 y 42,20 dB, y se prolonga en una banda perimetral delgada alrededor del polígono. Para avifauna y mastofauna, esa configuración espacial es técnicamente relevante, porque la respuesta ecológica suele manifestarse no solo donde existe ocupación física del suelo, sino también en el borde inmediato donde el ruido, el tránsito y la presencia humana reducen la aptitud del hábitat. Por ello, para este subgrupo el AID no debe limitarse al polígono de implantación, sino abarcar la unión del proyecto y su franja acústica inmediata, que representa el espacio de afectación directa más realista para especies con mayor movilidad (Canter, 1998; Shannon et al., 2016).

Ver MAPA NRO. 47-2, se presenta el Mapa de Influencia Directa biótico de Fauna terrestre.

Figura 10-17. Área de Influencia Directa Fauna Terrestre.

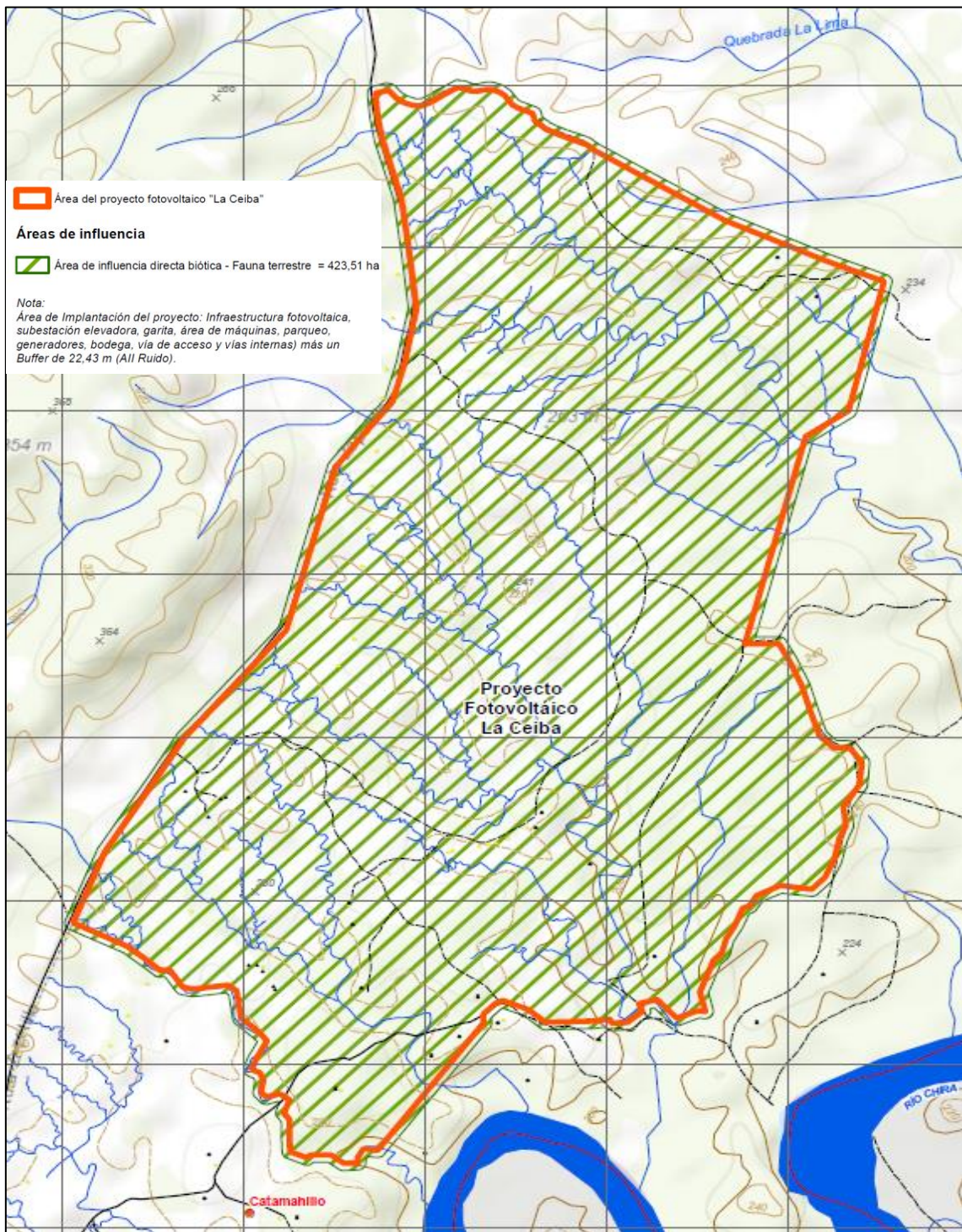


Tabla 10-8. Área de influencia directa del recurso fauna terrestre.

INFRAESTRUCTURA CONSIDERADA	AREA DE
Área de Implantación del proyecto: Infraestructura fotovoltaica, subestación elevadora, garita, área de máquinas, parqueo, generadores, bodega, vía de acceso y vías internas).	423,51 ha
Buffer de 22,43 m (All Ruido)	

Elaboración: Equipo Consultor, 2026.

10.2.1.3. Área de Influencia Directa AID Fauna acuática.

Para determinar el AID acuática se consideró el criterio establecido en el Acuerdo Ministerial Nro. MAATE-2022-122 el cual dice que “se establecerá como área de influencia directa a todos los cuerpos hídricos que tengan incidencia con el área operativa del proyecto”.

Para el componente fauna acuática, el Área de Influencia Directa (AID) debe corresponder a todos los cuerpos hídricos que presentan incidencia con el área operativa del proyecto, ya que en estos espacios se manifiestan de forma directa los mecanismos de afectación sobre el hábitat acuático, tales como alteración de cauces menores, escorrentía superficial, aporte de sedimentos, cambios en la calidad del agua y perturbación del sustrato ribereño. Por ello, metodológicamente, la delimitación más consistente no es el AID físico total, sino el AID hídrico directo del componente agua, debido a que este representa de forma específica la interfase entre la operación del proyecto y los hábitats de la biota acuática (Canter, 1998; Conesa Fernández-Vítora, 2010; MAATE, 2019).

Con base en el Mapa de Influencia Directa e Indirecta Hidrológica, el AID hídrico directo del Proyecto Fotovoltaico La Ceiba se definió mediante dos criterios cartográficos: i) una franja paralela de 20 m a ríos y quebradas, con una superficie de 108,535 ha, y ii) una franja de protección de 60 m del río Chira, con una superficie de 189,672 ha. En consecuencia, el AID para fauna acuática corresponde a la suma de ambas unidades, es decir, **298,21 ha**, por ser el espacio donde se localizan los cuerpos de agua con incidencia directa del área operativa del proyecto y donde potencialmente se concentran los efectos sobre organismos acuáticos y semiacuáticos asociados al sistema hidrológico local (Ver MAPA NRO. 47-3).

Se consideraron los puntos de monitoreo de calidad de agua y cuerpos de agua intermitentes o secos que se encuentran sobre el área de implantación del proyecto, mismos que fueron verificados en campo y se evidenció la ausencia de agua y por lo tanto de fauna acuática. Por lo manifestado, el AID para este componente en el área de implantación se considera al área de influencia directa sub componente agua.

Especialmente, esta delimitación incluye el río Chira y la red de quebradas y drenajes naturales que atraviesan o interceptan el polígono operativo, los cuales constituyen los ambientes con conectividad hídrica directa respecto del proyecto. El mapa evidencia que la incidencia hídrica no se restringe al cauce principal, sino que también comprende drenajes secundarios internos al polígono, por lo que el análisis de fauna acuática debe centrarse en estos corredores hidrológicos, al ser las unidades ecológicas donde pueden presentarse cambios en condiciones de flujo, turbidez, sedimentación y estructura del microhábitat acuático (Allan & Castillo, 2007; MAATE, 2019).

En la fase de construcción, estos cuerpos de agua, aun siendo intermitentes en época seca, pueden verse afectados por el aporte de sólidos y sedimentos generado por actividades como desbroce, movimiento de tierras, excavaciones, nivelación, conformación de plataformas y tránsito de maquinaria.

Técnicamente, la remoción de la cobertura superficial del suelo incrementa la susceptibilidad a erosión y favorece que, ante precipitaciones o escorrentías puntuales, se incorporen sólidos suspendidos, finos y material particulado hacia quebradas y drenajes cercanos, alterando la calidad del agua, la estructura del sustrato y las condiciones del microhábitat para

macroinvertebrados, anfibios y otros organismos acuáticos o semiacuáticos (Allan & Castillo, 2007; Conesa Fernández-Vítora, 2010; MAATE, 2019). Por ello, la afectación directa a fauna acuática no depende exclusivamente de la presencia permanente de caudal, sino también de la conectividad hidrológica temporal que permite la movilización de sedimentos desde el área intervenida hacia los cauces con incidencia operativa.

Figura 10-18. Área de Influencia Directa Fauna Acuática.

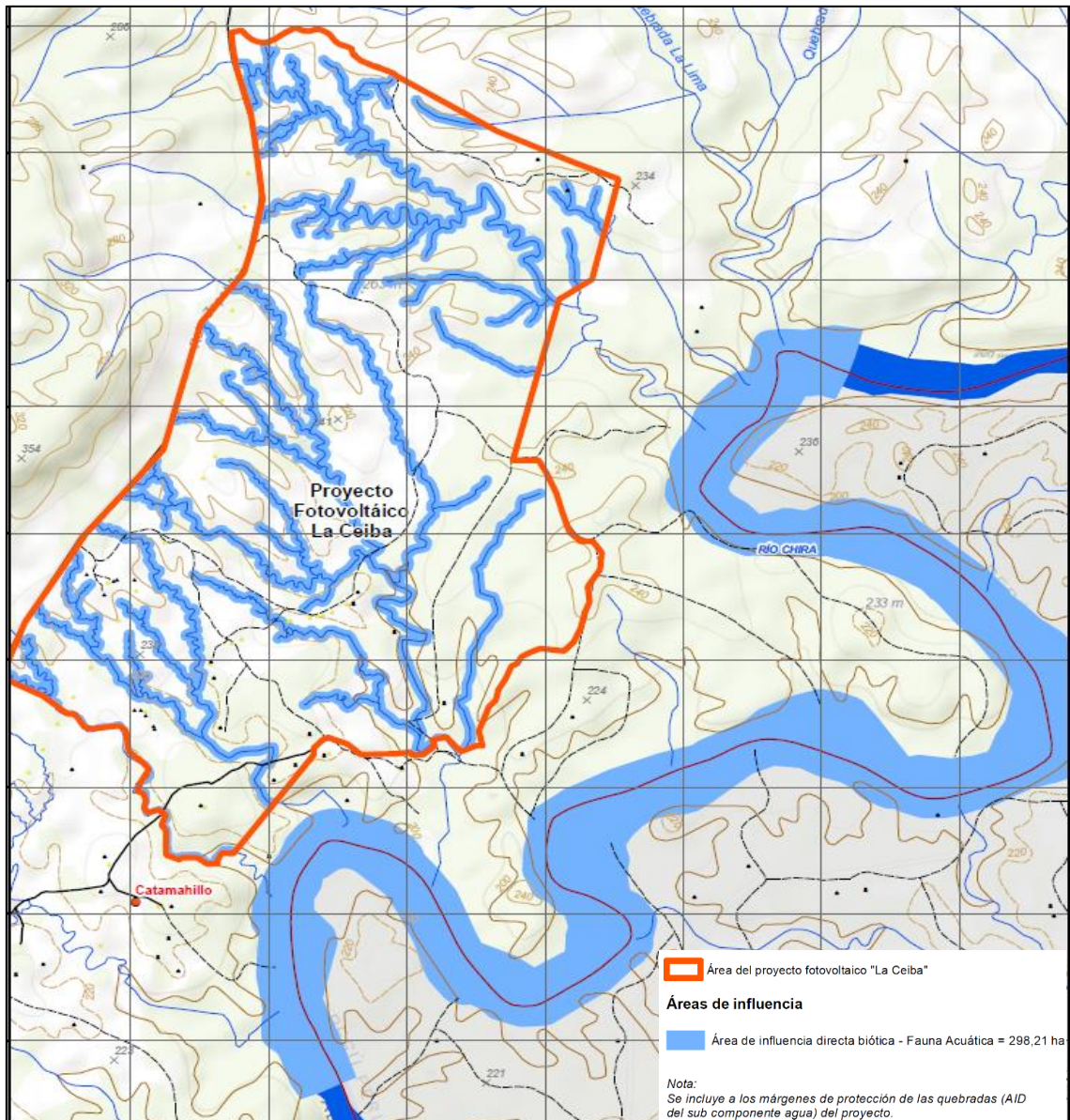


Tabla 10-9. Área de influencia directa del recurso fauna acuática.

INFRAESTRUCTURA CONSIDERADA	AREA DE
Se incluye a los márgenes de protección de las quebradas (AID del sub componente agua) del proyecto	298,21 ha

Elaboración: Equipo Consultor, 2026.

10.2.1.4. Área de Influencia directa Biótica Total.

La determinación del Área de Influencia Biótica Directa Total se realizó mediante la integración cartográfica de los resultados obtenidos por álgebra de mapas para los componentes de **flora, fauna terrestre y fauna acuática**, analizados de forma independiente. Este procedimiento permitió establecer el ámbito espacial donde se concentran las afectaciones bióticas directas derivadas de la implantación del proyecto, en función de la intervención sobre la cobertura vegetal, la perturbación del hábitat de fauna terrestre y la incidencia sobre los sistemas hídricos asociados al área operativa. El resultado obtenido fue: 614,77 ha. Cabe recalcar que todo el AID biótico se desarrolla dentro del ecosistema Bosque deciduo de tierras bajas Jama-Zapotillo.

Tabla 10-10. Resumen de Área de influencia directa Biótica.

FACTOR	CRITERIO	SUPERFICIE
FLORA	Área de Implantación del proyecto: Infraestructura fotovoltaica, subestación elevadora, garita, área de máquinas, parqueo, generadores, bodega, vía de acceso y vías internas). Se excluye quebradas	284,63 ha
FAUNA TERRESTRE	Área de Implantación del proyecto: Infraestructura fotovoltaica, subestación elevadora, garita, área de máquinas, parqueo, generadores, bodega, vía de acceso y vías internas). Buffer de 22,43 m (All Ruido).	423,51 ha
FAUNA ACUATICA	Se incluye a los márgenes de protección de las quebradas (AID del sub componente agua) del proyecto	298,21 ha

Elaboración: Equipo Consultor, 2026.

En el MAPA NRO: 48. se presenta el Mapa de AID total del componente biótico.

10.2.2. Área de Influencia Indirecta All Biótica.

Los criterios metodológicos que se consideraron para establecer el área de influencia indirecta, fueron:

- ✓ Área de influencia directa de cada factor biótico (Flora, Avifauna, Herpetofauna, Mastofauna, Hentomofauna y Fauna Acuática).
- ✓ Alcance de los aspectos que pueden generar impacto al componente biótico, tales como: ruido, vibraciones, emisiones, barreras, vertidos, captaciones.
- ✓ Efecto de borde.
- ✓ Superposición de coberturas de información geográfica (formato shape) (SEA, 2017).
- ✓ AID e I del componente físico que pueden generar impactos negativos sobre el componente biótico.
- ✓ Especies registradas en la caracterización de línea base biótica del presente estudio.

De acuerdo con un estudio de evaluación desarrollado por el Ministerio del Ambiente de Perú (2019) sobre las afectaciones hacia los componentes de flora y fauna inducidos por emisiones de

ruido y generación de polvo sedimentable, se evalúan las afectaciones a diferentes distancias de la fuente generadora, se establece lo siguiente:

10.2.1.5. Área de Influencia Indirecta Flora.

Para el componente **flora**, el Área de Influencia Indirecta (AII) se define a partir de la comparación de los mecanismos de afectación indirecta efectivamente aplicables al proyecto: material particulado y emisiones atmosféricas, efecto de borde y, de forma complementaria, cualquier otra presión que modifique la calidad del hábitat vegetal (caída de escombros o depósito de material removido sobre la vegetación asociada a las quebradas). En el caso del Proyecto Fotovoltaico La Ceiba, no corresponde incorporar como criterio los vertidos de aguas residuales ni a las captaciones de agua, porque el propio alcance técnico del proyecto no contempla esas actividades; por tanto, la definición del AII flora debe centrarse en la perturbación atmosférica y en la alteración estructural y microclimática de la vegetación adyacente al área intervenida (Murcia, 1995).

Se considera como parte del Área de Influencia Indirecta (AII) de la flora las áreas con vegetación asociadas a quebradas, cauces temporales y drenajes naturales ubicados junto a los frentes de obra, debido a la posibilidad de que, durante las actividades de excavación, movimiento de tierras y conformación de plataformas, se produzcan derrumbes, deslizamientos o el arrastre de material suelto y escombros hacia estos sistemas. Estos procesos pueden ocasionar el depósito de sedimentos sobre la vegetación ribereña, la alteración de las condiciones del sustrato, el enterramiento parcial de individuos vegetales y modificaciones en la dinámica natural del drenaje, generando efectos indirectos sobre la composición, estructura y estado de conservación de la flora asociada a estos ambientes.

Es decir, el AII incorpora **una franja de 25 m a cada lado de los márgenes de las quebradas** ubicadas dentro del polígono del proyecto, considerando la posible caída y arrastre de material producto de las actividades de excavación y movimiento de tierras, así como el transporte de sedimentos por escorrentía superficial, procesos que podrían afectar la composición, estructura y regeneración de la vegetación ribereña.

En cuanto al **material particulado**, el Área de Influencia directa atmosférico del proyecto determinó que el punto de **máxima concentración** se ubica a **205 m** del foco emisor, con una concentración de **47,38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** , por lo que esa distancia fue considerada como límite del **AID atmosférico**. Dado que el depósito de partículas y polvo sobre hojas, tallos y estructuras fotosintéticas puede afectar la fisiología vegetal y la calidad del hábitat, este criterio resulta plenamente aplicable al subcomponente flora como mecanismo indirecto de afectación.

De manera complementaria, Murcia (1995) señala que el efecto de borde en ecosistemas fragmentados no responde a una distancia única, sino que depende del atributo analizado, aunque sus manifestaciones suelen concentrarse en las primeras decenas a pocos cientos de metros desde el borde, mediante cambios en radiación, temperatura, humedad, viento y estructura de la vegetación (Murcia, 1995).

Por su parte, Laurance y Curran (2008) reportaron que la mortalidad arbórea asociada al borde puede incrementarse aproximadamente dentro de un rango de 100 a 500 m desde el borde forestal, y que los árboles grandes (>60 cm de diámetro) son particularmente vulnerables, con pérdida de biomasa y proliferación de especies pioneras o heliófitas en ambientes fragmentados.

En consecuencia, para el **Área de Influencia Indirecta de flora** puede adoptarse un **buffer de 205 m alrededor del AID de flora**, considerando que esta distancia integra dos mecanismos de afectación indirecta técnicamente aplicables: **i)** la zona de mayor incidencia de material particulado modelada para el proyecto, y **ii)** una escala espacial compatible con la influencia de borde descrita para vegetación en ambientes fragmentados. Este criterio resulta metodológicamente más sólido que usar una distancia de dispersión atmosférica general, porque se apoya en un resultado específico de modelación del proyecto y en una referencia ecológica clásica sobre respuesta de la vegetación al borde (Murcia, 1995).

Desde el punto de vista funcional, en esta franja indirecta pueden presentarse mortalidad diferida de árboles, reducción del vigor de individuos remanentes, mayor caída de ramas, alteración del reclutamiento natural y avance de especies heliófitas o pioneras propias de ambientes perturbados. En ecosistemas secos, estos procesos pueden ser más notorios por la mayor sensibilidad de la vegetación a cambios en humedad, exposición solar y compactación periférica del suelo, especialmente cuando la obra genera apertura de accesos, movimiento de tierras y modificación de escorrentías superficiales en los bordes del área intervenida (Murcia, 1995).

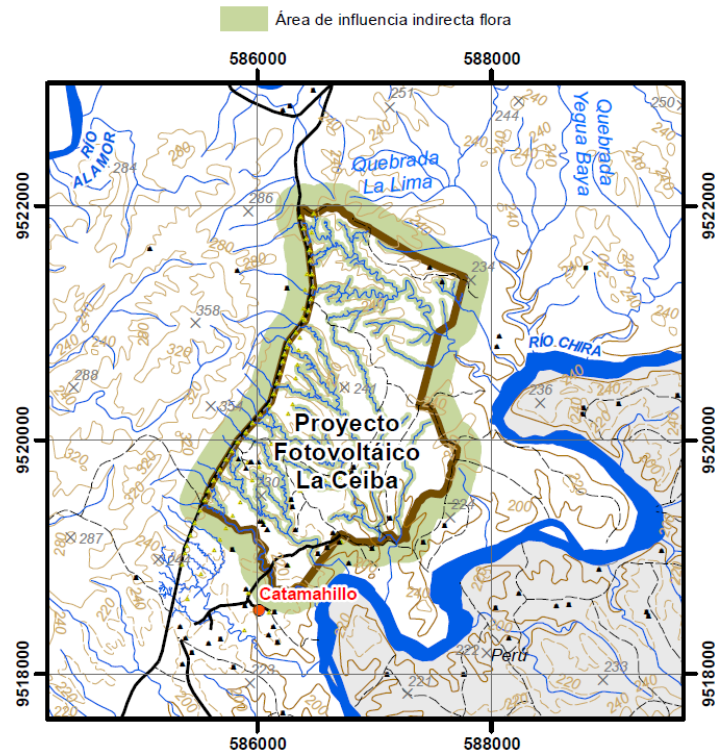
Por esta razón, para el presente proyecto se considerará un rango de 205 m a partir del AID del sub componente flora y 25 m a cada lado de los márgenes de las quebradas internas del proyecto, el Área de Influencia Indirecta del subcomponente flora alcanza una superficie total de **336,35 ha**.

Tabla 10-11. Área de Influencia Indirecta AII del sub componente Flora

COMPONENTE	DISTANCIA (m)	ÁREA (ha)	CRITERIO
Flora	205 m	336,35	Dispersión material particulado & Efecto Borde (Murcia, 1995)
	25 m		Ambos lados de las quebradas

Elaboración: Equipo Consultor, 2026.

Figura 10-19. Área de Influencia indirecta Flora.



10.2.1.6. Área de Influencia Indirecta Fauna Terrestre.

El Área de Influencia Indirecta (AII) de fauna terrestre corresponde al espacio contiguo al área de intervención directa del proyecto en el que, aun sin producirse remoción física inmediata del hábitat, pueden generarse alteraciones ecológicas derivadas de la fragmentación del paisaje, el efecto de borde, la perturbación acústica, el incremento de la presencia humana y la modificación de la estructura y funcionalidad de la cobertura vegetal. Estos procesos cambian la disponibilidad de recursos, la conectividad funcional y las condiciones ambientales del hábitat, dando lugar a respuestas diferenciadas en la fauna según su grado de especialización, movilidad y tolerancia a la perturbación.

Por tanto, la delimitación del AII de fauna debe realizarse considerando los mecanismos de afectación indirecta predominantes para cada grupo biológico, de manera que la superficie resultante represente con mayor precisión el espacio donde el proyecto puede inducir cambios ecológicos funcionales sobre las comunidades faunísticas, aun cuando no exista ocupación directa del terreno.

Estos efectos inciden con mayor intensidad sobre las especies más dependientes del interior del ecosistema, debido a que la fragmentación y apertura del hábitat reducen la continuidad ecológica y favorecen condiciones menos adecuadas para su permanencia. En contraste, las especies generalistas o asociadas a ambientes abiertos y perturbados tienden a incrementarse o expandirse hacia los nuevos bordes, al encontrar condiciones más favorables para su desplazamiento, alimentación y reproducción. En este sentido, el efecto de borde no solo implica una redistribución de individuos, sino también un cambio en la composición faunística y en la funcionalidad ecológica del hábitat terrestre (Laurance et al., 2011; Ries et al., 2004).

El proyecto se emplaza en el ecosistema Bosque deciduo de tierras bajas del Jama–Zapotillo y dentro del polígono predominan bosque nativo (54,21%), vegetación arbustiva y herbácea (6,62%), pastizal (6,21%) y área sin cobertura vegetal (32,03%). En este contexto, el borde tiene mayor relevancia ecológica sobre el bosque nativo, donde el contraste estructural y microclimático con el área abierta del proyecto es alto; una relevancia intermedia sobre la vegetación arbustiva y herbácea, donde aún existen refugios y gradientes térmico-hídricos útiles para reptiles y anfibios; y baja utilidad como receptor de borde en pastizales y áreas sin cobertura, que ya funcionan como matriz abierta y no como hábitat especialmente para herpetofauna. Esta jerarquización es una inferencia ecológica consistente con la literatura de borde y con la cartografía del proyecto.

- **All Ornitofauna.**

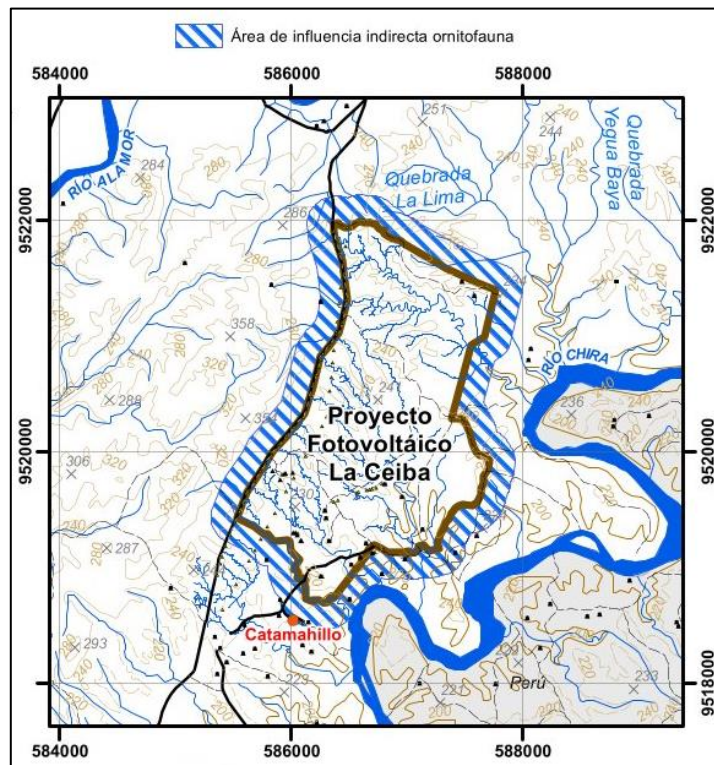
El Área de Influencia Indirecta de la ornitofauna se delimitó considerando tres mecanismos principales de afectación indirecta: el efecto de borde, la perturbación por ruido ambiental y la dispersión de material particulado y emisiones.

Desde el componente atmosférico, la modelación del proyecto determinó que la máxima concentración de material particulado se localiza a 205 m de la fuente, con $47,38 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y que el AID atmosférico corresponde a un buffer de 205 m alrededor del polígono; además, las emisiones de maquinaria muestran sus máximos a 100 m y luego decrecen progresivamente con la distancia. Para la avifauna, este resultado es relevante porque la exposición a polvo y emisiones no solo puede afectar directamente la condición fisiológica de las aves, sino también modificar la vegetación, la detectabilidad de presas y la calidad del microhábitat que utilizan para alimentarse y refugiarse. No obstante, desde una perspectiva ecológica, la distancia de 205 m representa mejor la zona de exposición biológicamente más relevante que la franja de dispersión atmosférica atenuada de mayor escala.

En cuanto al ruido ambiental, el componente físico estableció un AID acústico coincidente con el interior del proyecto, de 401,311 ha, y un All acústico perimetral de 22,43 m, con 22,197 ha. Aunque esta franja acústica inmediata constituye la base física mínima del disturbio sonoro, la literatura muestra que la respuesta de las aves al ruido suele extenderse más allá del área estrictamente modelada. En la Amazonía ecuatoriana Canaday y Rivadeneyra encontraron que los sitios adyacentes a carreteras y operaciones petroleras se separaban claramente de los sitios de interior, y que los insectívoros terrestres fueron el gremio más afectado, con indicios de que el ruido de maquinaria influye particularmente sobre este grupo.

En el caso específico de **Canaday y Rivadeneyra (2001)**, la evidencia más claramente reportada es que las **aves insectívoras terrestres** evitan hábitats ruidosos **hasta aproximadamente 500 m** de carreteras asociadas a operaciones petroleras en la Amazonía ecuatoriana; esa distancia sí está directamente vinculada a ese trabajo y ha sido retomada por revisiones posteriores sobre hábitat acústico y disturbio en aves.

Figura 10-20. Área de Influencia indirecta Ornitofauna.



En consecuencia, para el **Proyecto Fotovoltaico La Ceiba** se propone que el **AII de avifauna** delimite mediante un **buffer externo de 205 m a partir del AID de fauna terrestre**. Este criterio resulta técnicamente más consistente que adoptar el radio atmosférico de 1000 m, porque ese valor representa una zona de **dispersión atenuada** de contaminantes en términos físicos, pero no necesariamente una respuesta ecológica proporcional de la avifauna. Por el contrario, el buffer de **205 m** integra de forma precautoria el **alcance de máxima exposición a material particulado**, supera ampliamente el **AII acústico** inmediato y se ajusta mejor a la escala espacial en la que la literatura reporta cambios de composición y uso del hábitat en aves próximas a fuentes de disturbio, dando un área de 210,74 ha.

- **Área de Influencia Indirecta Mastofauna.**

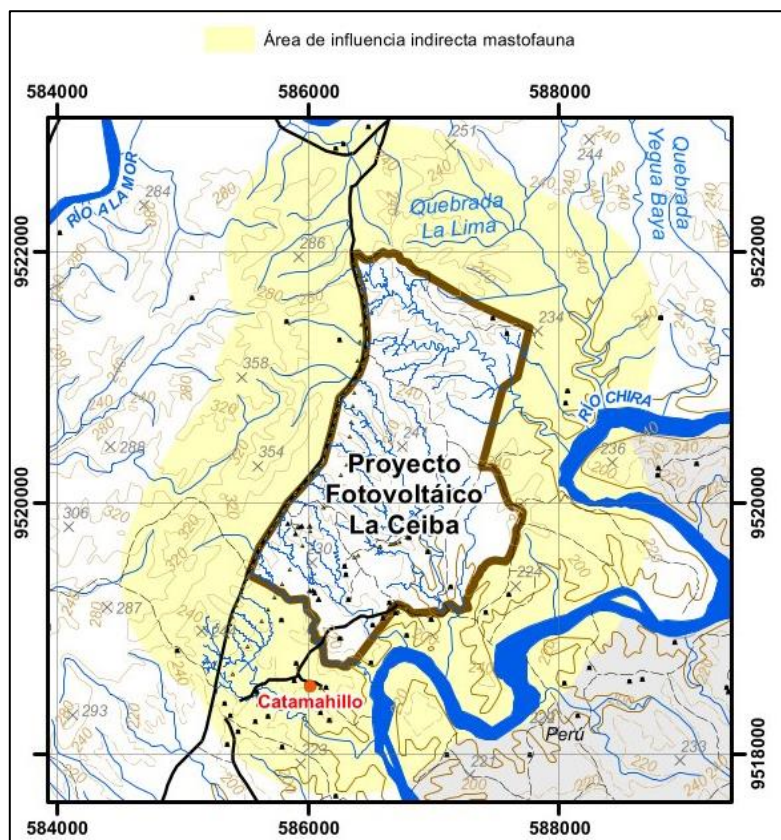
Para mastofauna, el Área de Influencia Indirecta (AII) se delimitó considerando principalmente el efecto de borde, la reducción de la conectividad funcional del paisaje y la perturbación por ruido ambiental asociadas a la implantación del proyecto. La literatura indica que los efectos ecológicos de la fragmentación y del borde pueden extenderse hasta 1000 m desde el límite del hábitat remanente o del área intervenida, especialmente cuando se analizan procesos de pérdida funcional del hábitat, evitación de bordes y disminución de la conectividad entre parches de vegetación. Estos procesos afectan con mayor intensidad a especies sensibles al aislamiento y a aquellas que dependen de corredores de vegetación para desplazarse, refugiarse o alimentarse, como los mamíferos voladores y los mamíferos terrestres medianos y grandes (Broadbent et al., 2008; Haddad et al., 2015).

En el Proyecto Fotovoltaico La Ceiba, este criterio se complementó con el análisis del ruido ambiental definido en el componente físico, que estableció un AID acústico de 401,311 ha y un AII acústico inmediato de 22,197 ha. Para la mastofauna, esta franja acústica representa la zona

de disturbio más próxima al proyecto; sin embargo, la respuesta indirecta de este grupo biológico no se restringe a la sola propagación del sonido, sino que también comprende la evitación del hábitat de borde, la contracción del rango efectivo de distribución y la pérdida de continuidad entre remanentes de vegetación. Por ello, el AII de mastofauna no se limitó al AII de ruido, sino que se definió mediante un **buffer externo de 1000 m a partir del AID de Fauna Terrestre**, excluyendo este último e incorporando dentro de esa franja la zona de influencia acústica indirecta ya modelada, lo que determina una superficie total de 1251,15 ha (Broadbent et al., 2008; Haddad et al.)

Este criterio resulta particularmente relevante para las especies de mamíferos registradas en el área de estudio, entre las que destacan mamíferos medianos y grandes como el venado (*Odocoileus virginianus*), clasificado con sensibilidad media, y el Lobito de Sechura (*Lycalopex sechurae*), clasificado con sensibilidad alta frente a la fragmentación del hábitat y a la presión por actividades humanas. La inclusión de estas especies refuerza la necesidad de adoptar un AII amplio y precautorio, ya que su permanencia depende no solo de la disponibilidad local de cobertura y refugio, sino también del mantenimiento de rutas de desplazamiento y de la integridad funcional del paisaje circundante (Broadbent et al., 2008; Haddad et al., 2015).

Figura 10-21. Área de Influencia indirecta Mastofauna.



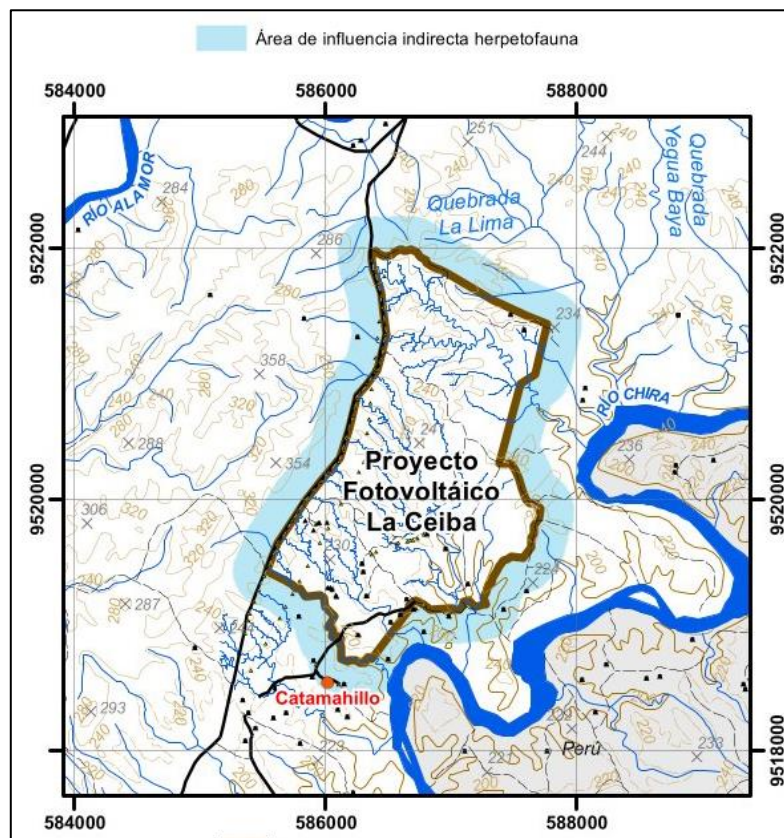
- **Área de Influencia Indirecta Herpetofauna**

En el Proyecto Fotovoltaico La Ceiba, el componente físico definió un AID acústico coincidente con el interior del proyecto de 401,311 ha, con rangos modelados entre 40,20 y 42,20 dB, y un AII acústico perimetral de 22,197 ha en una franja de 22,43 m alrededor del polígono. Ese rango acústico se ubica precisamente en el umbral bajo donde Shannon et al. (2016) reportan que

pueden iniciar respuestas en fauna terrestre; por tanto, para herpetofauna el ruido debe incorporarse como un factor real de alteración, aunque no suficiente por sí solo para definir toda el área indirecta.

Además, dentro del polígono del proyecto debe reconocerse un efecto directo por vibraciones asociadas a desbroce, movimiento de tierras, excavaciones, compactación y tránsito de maquinaria, el cual pertenece al AID y no al AII. Este punto es relevante porque los anfibios son particularmente sensibles a vibraciones del sustrato: Caorsi et al. (2019) demostraron que vibraciones antropogénicas semejantes a tráfico y turbinas redujeron significativamente la tasa de canto en anuros, con implicaciones potenciales sobre éxito reproductivo, y Hill (2001) resume que la vibración transmitida por el suelo es un canal biológicamente relevante para múltiples animales, incluyendo anfibios. En consecuencia, para herpetofauna el polígono de implantación debe interpretarse como la zona de máxima perturbación directa por combinación de pérdida de microhábitat, ruido y vibración.

Figura 10-22. Área de Influencia indirecta Herpetofauna.



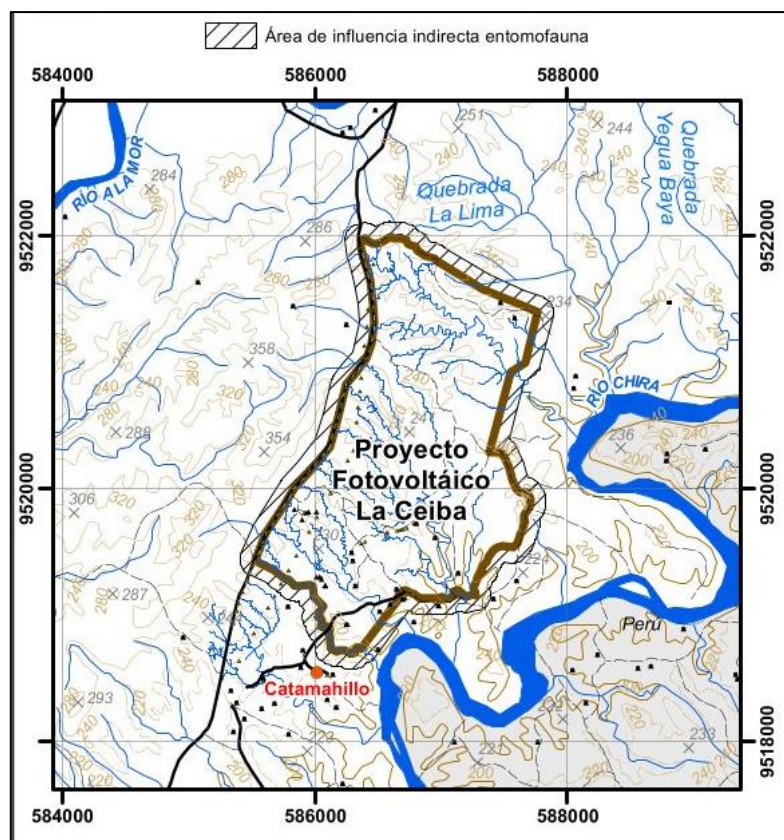
Para la herpetofauna, se adopta un buffer uniforme de 250 m a partir del Área de Influencia Directa (AID), sustentado en evidencia regional para anfibios y reptiles neotropicales que reporta una distancia mediana de efecto de borde de 250 m en paisajes forestales fragmentados (Schneider-Maunoury et al., 2016). En el Proyecto Fotovoltaico La Ceiba, este criterio se aplica de manera precautoria y se ajusta a las coberturas naturales y seminaturales presentes en el ecosistema Bosque deciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo, con el fin de incorporar no solo la propagación del ruido, sino también los cambios de microhábitat, temperatura, humedad y disponibilidad de refugios asociados a la apertura del hábitat. En consecuencia, el **AII de herpetofauna se define como la franja externa de 250 m desde el AID de Fauna Terrestre,**

excluyendo este último e intersectada con coberturas naturales y seminaturales del área de estudio lo que determina una superficie total de 259,69 ha.

- **Área de Influencia Indirecta Entomofauna.**

Para la entomofauna, el Área de Influencia Indirecta (AII) corresponde al espacio externo al AID donde no existe remoción directa del hábitat, pero sí pueden generarse cambios en la calidad ambiental por efecto de borde, modificación del microclima, reducción de cobertura vegetal, alteración de recursos tróficos y cambios en la conectividad entre parches de vegetación. En insectos tropicales, estos procesos suelen reflejarse en variaciones de riqueza, abundancia y composición de gremios funcionales, particularmente en los bordes entre coberturas naturales y matrices abiertas o perturbadas (Ewers & Didham, 2008; Nichols et al., 2007).

Figura 10-23. Área de Influencia indirecta Entomofauna.



La evidencia disponible indica que el efecto de borde sobre insectos puede ser amplio, pero que un buffer uniforme de 100 m constituye un criterio metodológicamente defendible para estudios de impacto ambiental. Ewers y Didham (2008) reportaron que casi el 90% de las especies de un ensamblaje de escarabajos respondió significativamente al borde y que parte de las especies comunes presentó efectos a escalas superiores a 250 m; sin embargo, Nichols et al. (2007), en su revisión y metaanálisis sobre escarabajos coprófagos tropicales, identificaron una distancia mediana de penetración del efecto de borde de 100 m, valor que resulta adecuado como umbral uniforme para representar la zona de alteración indirecta de la entomofauna en ambientes tropicales fragmentados (Ewers & Didham, 2008; Nichols et al., 2007).

Por ello, el AII de entomofauna se define como un buffer externo uniforme de 100 m a partir del AID, incorporando dentro de esta franja la zona de influencia acústica indirecta ya modelada, lo que determina una superficie total de 100,63 ha.

A continuación, se presenta resumen de las áreas de influencia indirecta:

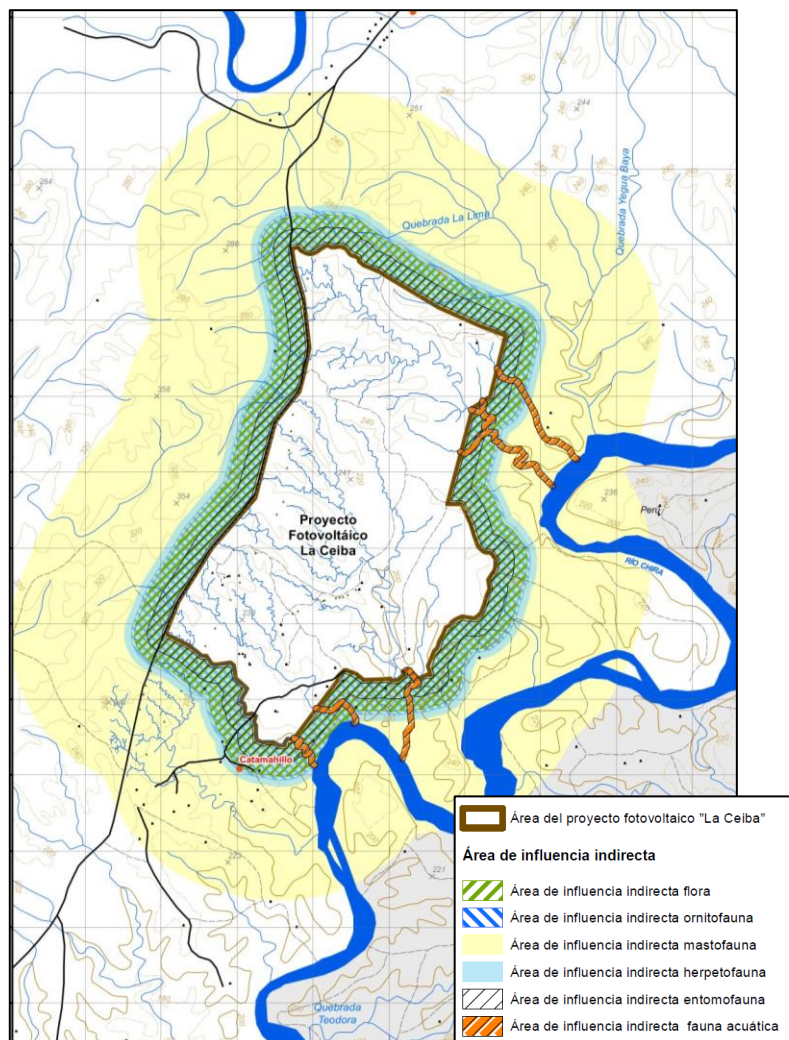
Tabla 10-12. Resumen del Área de Influencia Indirecta AII del sub componente Fauna terrestre.

SUB COMPONENTE	DISTANCIA	CRITERIO
ORNITOFAUNA	Buffer de 205 m a partir del AID FAUNA TERRESTRE.	Dispersión de material particulado
MASTOFAUNA	Buffer de 1000 m a partir del AID FAUNA TERRESTRE.	Efecto borde (Broadbent et al., 2008; Haddad et al., 2015)
HERPETOFAUNA	Buffer de 250 m a partir del AID FAUNA TERRESTRE.	Schneider-Maunoury et al., 2016. Valores referenciales reportados como evidencia regional para anfibios y reptiles neotropicales
ENTOMOFAUNA	Buffer de 100 m a partir del AID FAUNA TERRESTRE.	Nichols et al. (2007). Distancia mediana de penetración del efecto borde

Fuente: Varios Autores.

Elaboración: Equipo Consultor, 2026.

Figura 10-24. Área de Influencia Biótica Indirecta Fauna terrestre.



10.2.1.7. Área de Influencia Indirecta Fauna acuática.

Para la fauna acuática, el Área de Influencia Indirecta (AII) no debe definirse principalmente mediante un criterio de efecto de borde terrestre, ya que en ecosistemas lóticos y drenajes temporales el mecanismo ecológico dominante de afectación indirecta es la conectividad hidrológica entre el área operativa y los cuerpos de agua receptores. En este caso, la influencia indirecta se expresa a través del transporte de sedimentos, sólidos suspendidos, material particulado y contaminantes difusos asociados a la fase constructiva, los cuales pueden modificar la calidad del agua, la estructura del sustrato y las condiciones del hábitat para organismos acuáticos y semiacuáticos aguas abajo (Allan & Castillo, 2007; Leibowitz et al., 2018).

El componente hídrico definió un AID hídrico conformado por una franja paralela de 20 m a las quebradas y una franja de 60 m al río Chira, con una superficie total de 298,207 ha; adicionalmente, se delimitó un AII hídrico cartográfico de 33,488 ha, correspondiente a una franja de 5 m alrededor del área de influencia hídrica directa. Esta superficie constituye la base espacial mínima para el AII de fauna acuática, por representar el entorno inmediato donde la escorrentía superficial y la movilización de materiales pueden generar alteraciones indirectas en los cuerpos de agua conectados al proyecto.

Desde el punto de vista funcional, durante la fase de construcción pueden presentarse procesos de erosión superficial, lavado de suelos expuestos, aporte de sedimentos finos, incremento de turbidez y, de forma accidental, incorporación de residuos de construcción, combustibles, aceites u otros contaminantes hacia quebradas y drenajes vinculados al polígono operativo. La literatura demuestra que los sedimentos finos afectan de manera directa a la biota acuática al colmar espacios intersticiales del lecho, reducir refugios bentónicos, alterar la oxigenación y disminuir la abundancia y diversidad de macroinvertebrados, que constituyen una fracción clave de la fauna acuática y de la cadena trófica asociada (Wood & Armitage, 1997; Doretto et al., 2018).

En este contexto, la parte física evalúa procesos como el aumento de sedimentos, el incremento de sólidos suspendidos, la alteración del sustrato bentónico y la posible disminución del oxígeno disuelto, factores que inciden directamente en la calidad ecológica del medio acuático y, por tanto, en la riqueza, diversidad, abundancia y composición de la fauna acuática y semiacuática asociada a quebradas y al río Chira. Por ello, el AID hídrico no solo representa una delimitación geomorfológica e hidrológica, sino también la base funcional para interpretar la respuesta biológica de este subcomponente, en la medida en que las afectaciones físicas identificadas sobre los cuerpos de agua se traducen en cambios sobre los organismos sensibles del sistema, especialmente macroinvertebrados bentónicos, peces y otras especies asociadas al hábitat acuático.

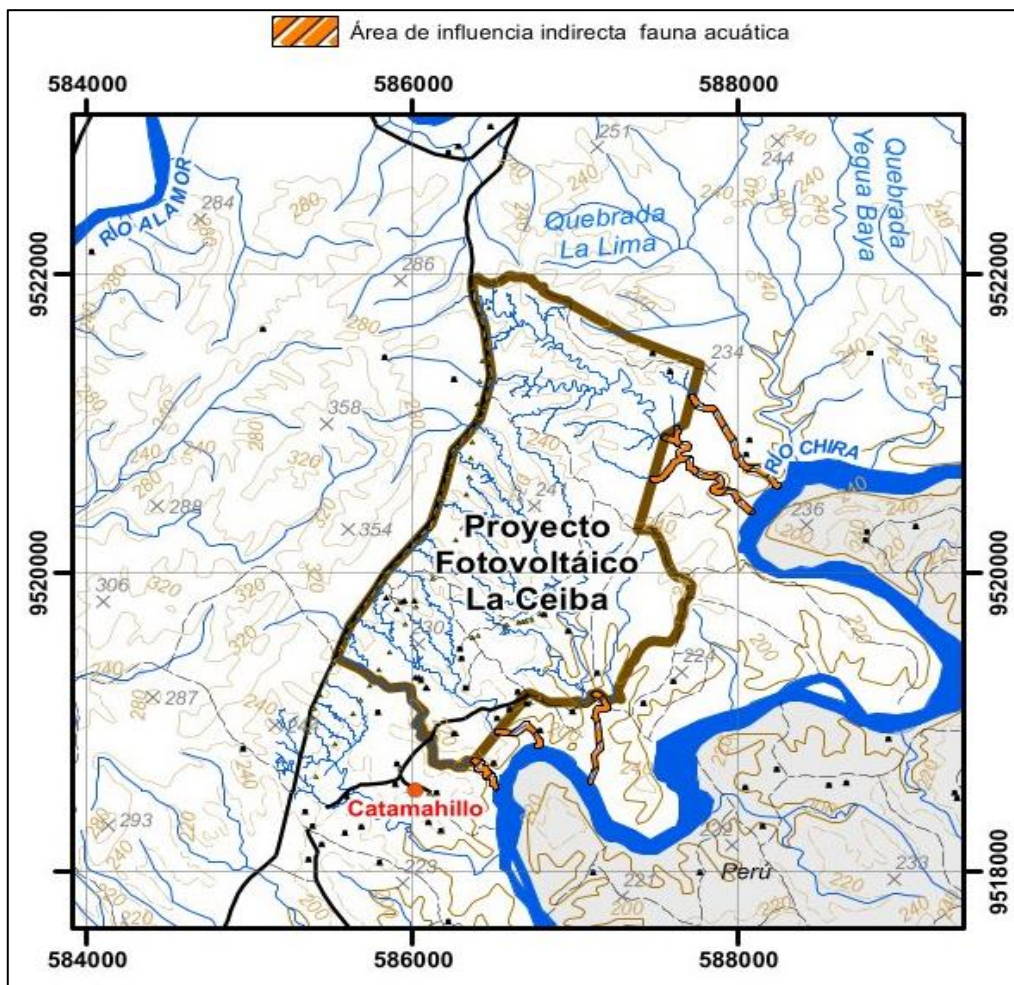
Cartográficamente, el Mapa de Influencia Directa del Subcomponente Biótico Fauna Acuática (MAPA NRO. 47-3) establece un AID de 298,21 ha y señala expresamente que esta delimitación incluye los márgenes de protección de las quebradas correspondientes al AID del subcomponente agua (20 m a cada una de las quebradas). Con base en este insumo, el AII de fauna acuática se define como todos los cuerpos de agua ubicados fuera del polígono del proyecto que están conectados hidrológicamente al AID de fauna acuática, hasta su descarga en el río Chira, incluyendo los tramos externos de quebradas y drenajes que reciben el flujo procedente de cauces internos del proyecto y sus zonas inmediatas de confluencia con el río receptor. De esta manera, la delimitación no responde a una distancia geométrica fija, sino a una lógica de continuidad del drenaje superficial

y de transferencia de materiales desde el polígono hacia el medio receptor (Canter, 1998; Conesa Fernández-Vítora, 2010).

Esta delimitación resulta técnicamente consistente con las condiciones del sitio, porque en época lluviosa las quebradas intermitentes se activan rápidamente y pueden concentrar el transporte de sedimentos, sólidos suspendidos totales, materia orgánica y residuos hacia el río Chira, incrementando temporalmente la turbidez y el arrastre de materiales desde márgenes y cauces secundarios. A ello se suma la presencia permanente de ganado caprino en pastoreo abierto dentro del área del proyecto, que constituye una fuente difusa preoperacional de contaminación natural capaz de movilizar materia fecal, carga orgánica y microbiológica hacia cauces estacionales y sus riberas durante los primeros eventos de escorrentía o *first flush* de la temporada lluviosa (EPA, 2013; Allan & Castillo, 2007).

En consecuencia, el AII de fauna acuática del Proyecto Fotovoltaico La Ceiba debe entenderse como una extensión funcional aguas abajo del AID de fauna acuática, comprendida por los cauces externos conectados a las quebradas internas del proyecto y por sus tramos de conexión en el río Chira. Es importante precisar que, en esta delimitación, se conserva el criterio de una franja de 20 m a cada lado de las quebradas (dando una superficie de 14,96 ha), con el fin de incorporar sus márgenes inmediatos dentro del análisis y mantener consistencia con la definición del área de influencia hídrica del proyecto.

Figura 10-25. Área de Influencia indirecta Fauna acuática.



En el MAPA NRO. 47-4, se presenta el mapa de áreas de influencia indirecta de fauna acuática del proyecto.

10.2.1.8. Área de Influencia Biótica Indirecta Total.

De la información detallada en el Mapa de áreas de influencia indirecta del componente Biótico (ver MAPA NRO. 48. mapa de AII Biótica total) y una vez realizada la sumatoria de áreas de influencia indirecta bajo el criterio de ALGEBRA DE MAPAS para flora y fauna, se obtuvo lo siguiente: Área de influencia Indirecta corresponde a un área de 1169,55 ha.

10.3. COMPONENTE SOCIAL.

- **Reglamento al Código Orgánico del Ambiente.**

En función del concepto de área de influencia directa para el componente socioeconómico, señalado en el Art. 466 del Título III, Capítulo I Ámbito, principios, fines y definiciones del proceso de participación ciudadana para la consulta ambiental de la reforma al Reglamento al Código Orgánico del Ambiente publicado en el Registro Oficial No. 754, el 2 de junio del 2023, refiriéndose al.³

“ÁREA DE INFLUENCIA SOCIAL DIRECTA: Es el campo social resultado de las interacciones directas entre el contexto social, físico y biótico de la zona donde se desarrollará el proyecto, obra o actividad, y los elementos, infraestructura, actividades o afectaciones derivadas de su ejecución, las cuales serán desarrolladas y precisadas dentro de los instrumentos técnicos ambientales, validados por la Autoridad Ambiental competente. La relación social directa proyecto-entorno social se da en por lo menos dos niveles de integración social: unidades individuales (fincas, viviendas, predios y sus correspondientes propietarios, posesionarios, o habitantes, o territorios de pueblos y nacionalidades indígenas legalmente reconocidos y tierras comunitarias de posesión ancestral): y, organizaciones sociales de hecho o de derecho tales como: caserío, precooperativa, cooperativa, recinto, barrio, comuna y comunidad. La identificación de las unidades individuales del Área de Influencia Social Directa se realiza en función de orientar las acciones de indemnización, mientras que la identificación de las organizaciones sociales de primer y segundo orden, que conforman el Área de Influencia Social Directa, se realiza en función de establecer acciones de compensación.

Cuando no se cuente con catastros de predios urbanos y rurales oficializados por la entidad competente, la determinación del área de influencia social directa se hará al menos a nivel de organizaciones sociales de primer y segundo orden, y colectivos titulares de derechos. En los instrumentos técnicos ambientales el operador del proyecto, obra o actividad incluirá la documentación que verifique las gestiones de solicitud de la información catastral y la respuesta otorgada por la entidad del ramo.”

- **Línea base socio cultural (EIA, 2025)**

El apartado socio cultural del EIA del Proyecto Fotovoltaico La Ceiba 2025, desarrolla la caracterización socio cultural y de desarrollo de las áreas de La Ceiba Chica, Centro Cantonal de Zapotillo y de Catamaillo, así como de los propietarios del emplazamiento planificado para el

³ Segundo Suplemento del Registro Oficial 323, 02-VI-2023; visto en: <https://maatecalidadambiental.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/2024/03/REGISTRO-OFICIAL-CONSULTA-AMBIENTAL.pdf>

proyecto como a los colindantes, en la cual se muestra las distintas dinámicas que se desarrollan alrededor o en la sobreposición del mismo.

10.3.1. Área de Influencia Directa Social (AIDS) – Unidades Individuales.

La Área de Influencia Social Directa del Proyecto Fotovoltaico La Ceiba se determina bajo dinámicas de interacciones socio- espaciales directas con el área o polígono planificado del proyecto, determinándose la proximidad o la sobreposición de las personas bajo contextos social, física, temporal y de interacciones ecosistémicos del área.

Tabla 10-13. Propietarios del polígono del Proyecto.

#	APELLIDOS	NOMBRES	AREA (ha)	X	Y
1	ALVAREZ GALVEZ	LUZ ESTHER	18,22	587369,78	9521429,38
2	GALVEZ GALVEZ	RONALD FERNANDO	100,37	587015,76	9520894,49
3	GRANDA ARIAS	HEREDEROS DE ÁNGEL BENIGNO	4,41	586436,59	9521396,71
4	GRANDA ARIAS	HEREDEROS DE ÁNGEL BENIGNO	11,27	586162,72	9520439,48
5	GALVEZ GALVEZ	RONALD FERNANDO	144,31	586885,65	9520160,85
6	CALLE RÓBLEZ	RAÚL ORLANDO	9,98	586885,74	9519755,55
7	CALLE ROBLEZ	RAÚL ORLANDO	29,62	586762,57	9519429,83
8	FLORES CORREA	LIDIA DEL CISNE	2,46	586211,92	9519851,36
9	BECERRA SINCHE	RÓMULO ALCÍVAR	2,20	585914,49	9519997,93
10	BECERRA SINCHE	RÓMULO ALCÍVAR	20,73	586086,25	9519657,47
11	CALLE ROBLES	RAFAEL VITELIO	2,80	586312,33	9519467,68
12	MONCADA VILLEGAS	SEGUNDO NICOMIDES	7,39	586381,65	9519291,09
13	CALLE ROBLEZ	RAÚL ORLANDO	2,38	586589,51	9519207,79
14	GÁLVEZ BECERRA	TELMO ORIOL	2,85	586523,33	9519042,98
15	QUITUISACA NIEVES	MARÍA GABRIELA	9,58	586302,62	9518882,65
16	BECERRA SANTOS	LIVIA ENITH	3,76	586283,44	9519115,22
17	SANTOS RODRIGUEZ	NINFA PIEDAD	2,43	586108,67	9519017,58
18	SANTOS RODRIGUEZ	NINFA PIEDAD	2,19	586087,12	9519253,82
19	GALVEZ FLORES	GALO OSWALDO	1,59	586018,87	9519200,94
20	FLORES GONZALES	EDITH MARCELA	1,21	585904,56	9519313,83
21	MONCAYO FLORES	CRISTIAN ADRIAN	0,97	585950,22	9519397,01
22	GRANDA ARIAS	HEREDEROS DE ÁNGEL BENIGNO	5,94	585774,57	9519639,91
23	GRANDA ARIAS	HEREDEROS DE ÁNGEL BENIGNO	7,08	585714,19	9519435,38
24	BECERRA SINCHE	RÓMULO ALCÍVAR	1,89	585820,17	9519840,71

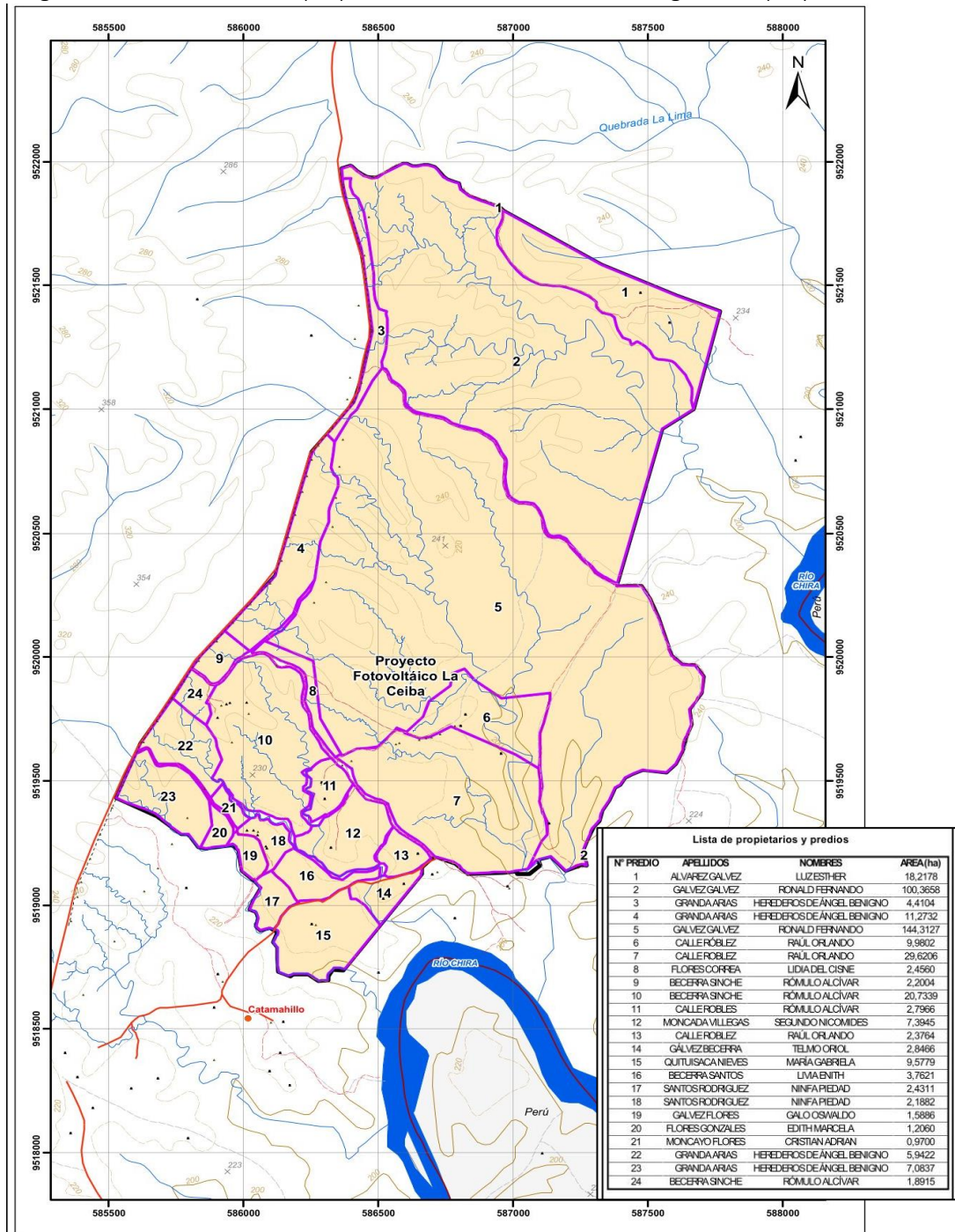
Elaborado por: Equipo Consultor, 2026. **Fuente:** Levantamiento de información secundaria

El análisis de los propietarios del polígono del Proyecto Fotovoltaico La Ceiba permite caracterizar la estructura de tenencia de la tierra directamente involucrada en la implantación del proyecto, constituyendo la base para la gestión de indemnización y relacionamiento social directo, conforme al Art. 466 del Reglamento al Código Orgánico del Ambiente. En total, se identifican 24 predios dentro del polígono del proyecto, correspondientes a 15 propietarios o unidades de tenencia (Ver MAPA NRO. 33. Mapa de Propietarios), considerando la repetición de titulares en varios registros.

Desde el punto de vista de superficie, existe una marcada heterogeneidad en el tamaño de los predios, con extensiones que varían desde 0,97 ha hasta 144,31 ha, lo cual implica diferentes niveles de afectación y capacidad de negociación. Los propietarios con mayores extensiones (principalmente Gálvez Gálvez) concentran una proporción significativa del área total del

proyecto, lo que los posiciona como actores clave en los procesos de adquisición, compensación o servidumbre. En contraste, los propietarios de predios pequeños podrían enfrentar mayores niveles de vulnerabilidad socioeconómica ante la pérdida o transformación del uso del suelo (Ver MAPA NRO. 34. Mapa de Tamaño de Predios). Un aspecto relevante es la presencia de predios bajo la figura de herederos (Herederos de Ángel Benigno Granda Arias), con al menos cinco unidades prediales. Este tipo de tenencia puede generar complejidades en la gestión social y legal, debido a la posible existencia de copropiedad, falta de partición formal o ausencia de claridad en la representación legal, lo que podría retrasar procesos de negociación o indemnización si no se gestiona adecuadamente.

Figura 10-26. Ubicación de propietarios de los terrenos del Polígono del proyecto



Elaborado: Equipo Consultor, 2026. Fuente: Levantamiento de información secundaria

Tabla 10-14. Lista de Propietarios de predios colindantes del Proyecto.

NUMERO	APELLIDOS	NOMBRES	AREA (ha)	X	Y
1	ALVAREZ GALVEZ	LUZ ESTHER	267,61	587872,01	9521736,03
2	GALVEZ GALVEZ	RONALD FERNANDO	170,42	588166,66	9519904,63
3	MONCADA GRANDA	NICOMEDES EMILIANO	16,92	586931,69	9518958,08
4	GÁLVEZ BECERRA	TELMO ORIOL	6,90	586582,52	9518850,50
5	QUITUISACA NIEVES	MARÍA GABRIELA	0,96	586459,21	9518821,38
6	HERNANDEZ GALVEZ	AMPARITO DEL PILAR	28,83	586131,15	9518656,89
7	SANTOS RODRIGUEZ	NINFA PIEDAD	0,64	586019,82	9518996,40
8	BURNEO ALVAREZ	GREGORIA HEMERLINDA	4,80	585918,01	9519091,66
9	BURNEO ALVAREZ	GREGORIA HEMERLINDA	2,77	585741,29	9519222,72
10	GRANDA ARIAS	HEREDEROS	1,07	585589,39	9519355,11
11	FIERRO SILVA	LENNIN SEGUNDO	18,97	585383,43	9519639,10
12	GRANDA SILVA	HEREDEROS	41,60	585879,94	9520378,07
13	GRANDA ARIAS	LUIS FERNANDO	9,29	586125,85	9520994,35
14	LOYOLA CHECA	ERNESTO CAMILO	9,37	586169,77	9521178,20
15	GRANDA ARIAS	LUIS FERNANDO	9,33	586178,52	9521346,61
16	GRANDA ARIAS	ROBERTO BENIGNO	28,00	586094,75	9521634,47
17	SIN INFORMACIÓN		29,22	586054,47	9522197,57

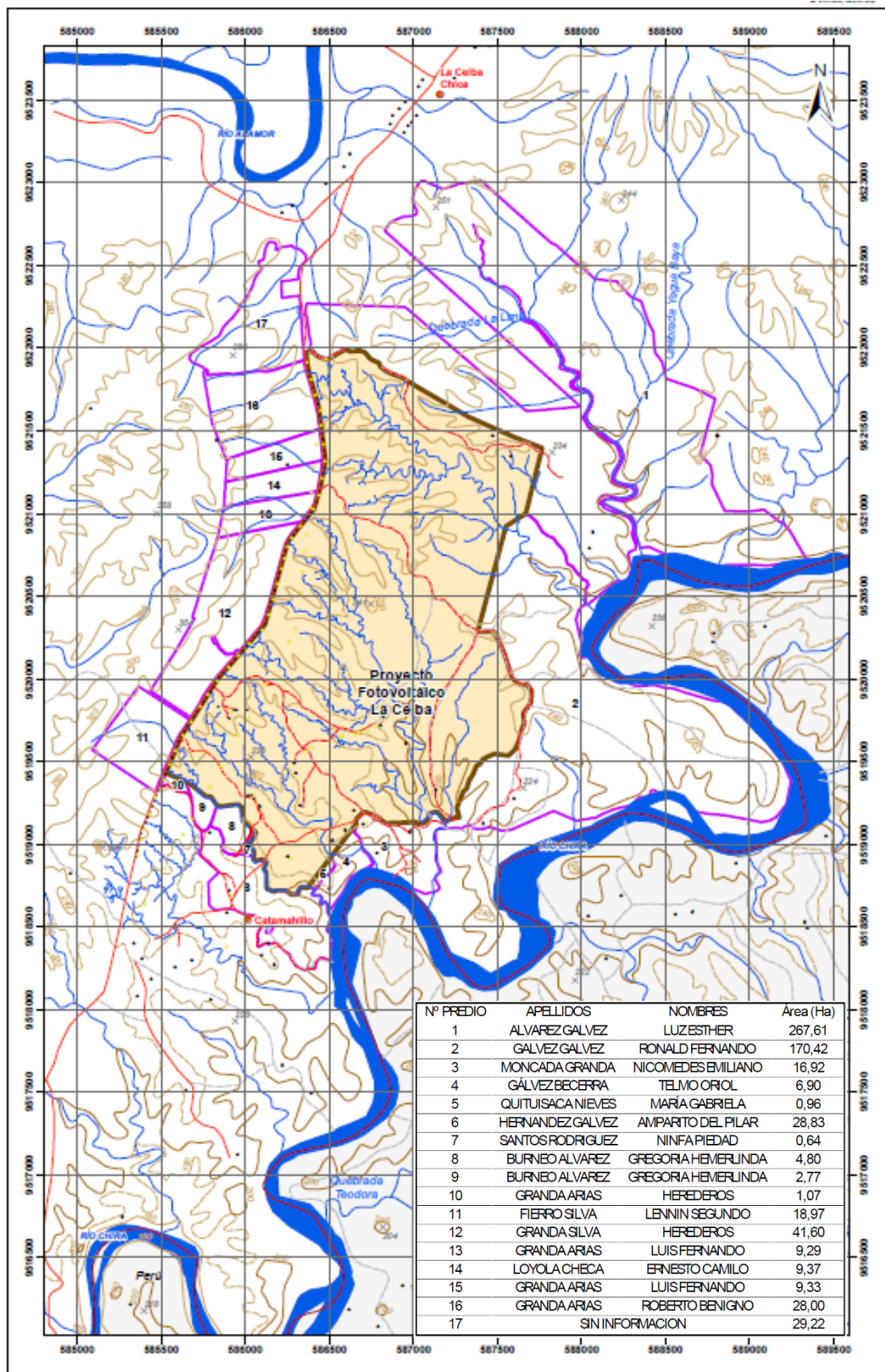
Elaborado por: Equipo Consultor, 2026. Fuente: Levantamiento de información secundaria

En total, se registran 17 predios colindantes, correspondientes a 14 propietarios identificados, predios pertenecientes a herederos (sin individualización nominal). Esta configuración evidencia una estructura de propiedad mixta, con predominio de medianos y grandes predios (267,61 ha y 170,42 ha), acompañados de unidades de menor tamaño, lo cual es característico de zonas rurales con uso agropecuario (ver MAPA NRO. 35. Mapa de Colindantes).

Desde el punto de vista socioeconómico, esta distribución implica que el proyecto interactuará con un número limitado pero heterogéneo de actores directos, donde los propietarios de mayor extensión podrían tener mayor capacidad de negociación o incidencia en procesos de compensación, mientras que los pequeños propietarios podrían ser más vulnerables frente a cambios en el entorno territorial. Asimismo, la presencia de predios en régimen de herederos puede representar complejidades en procesos de gestión social, debido a posibles indefiniciones legales o multiplicidad de actores.

El área colindante al proyecto está conformada por 14 propietarios identificados y 1 predio sin información, lo cual requiere una gestión diferenciada en el componente social: por un lado, establecer mecanismos claros de relacionamiento, indemnización o compensación con los propietarios identificados; y por otro, priorizar la regularización o identificación del titular del predio Nro. 17, a fin de evitar conflictos sociales o contingencias legales durante la ejecución del proyecto.

Figura 10-27. Ubicación de colindantes del polígono del proyecto.



Elaborado: Equipo Consultor, 2026. Fuente: Levantamiento de información secundaria

En conclusión, como AID Social unidades individuales se ha considera a propietarios de terrenos ubicados dentro del polígono como a los propietarios de terrenos colindantes al proyecto.

10.3.2. Área de Influencia Directa Social (AIDS) del Proyecto – Unidades Colectivas

Como se ha señalado anteriormente, la definición de las áreas de influencia social directa se da en dos niveles: las individuales que se ha desarrollado en el apartado anterior y las **Unidades Colectivas**, como comunidades, recintos, barrios, asociaciones, compuesta por elementos individuales que configuran un lugar de referencia.

Entre las comunidades más cercanos al polígono, se encuentran Catamahillo, Cochacara y La Ceiba Chica; cabe señalar que Cochacara, está considerada en la Actualización Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2023 – 2027 del Cantón Zapotillo como área de asentamiento disperso.

A continuación, se incluye las comunidades que se encuentran dentro del área de influencia social directa del proyecto.

Tabla 10-15. Área de Influencia Directa Social – Unidades colectivas

Comunidades	Distancia al polígono del Proyecto Fotovoltaico La Ceiba (m.)
Ceiba Chica	1624 m
Catamahillo	200 m

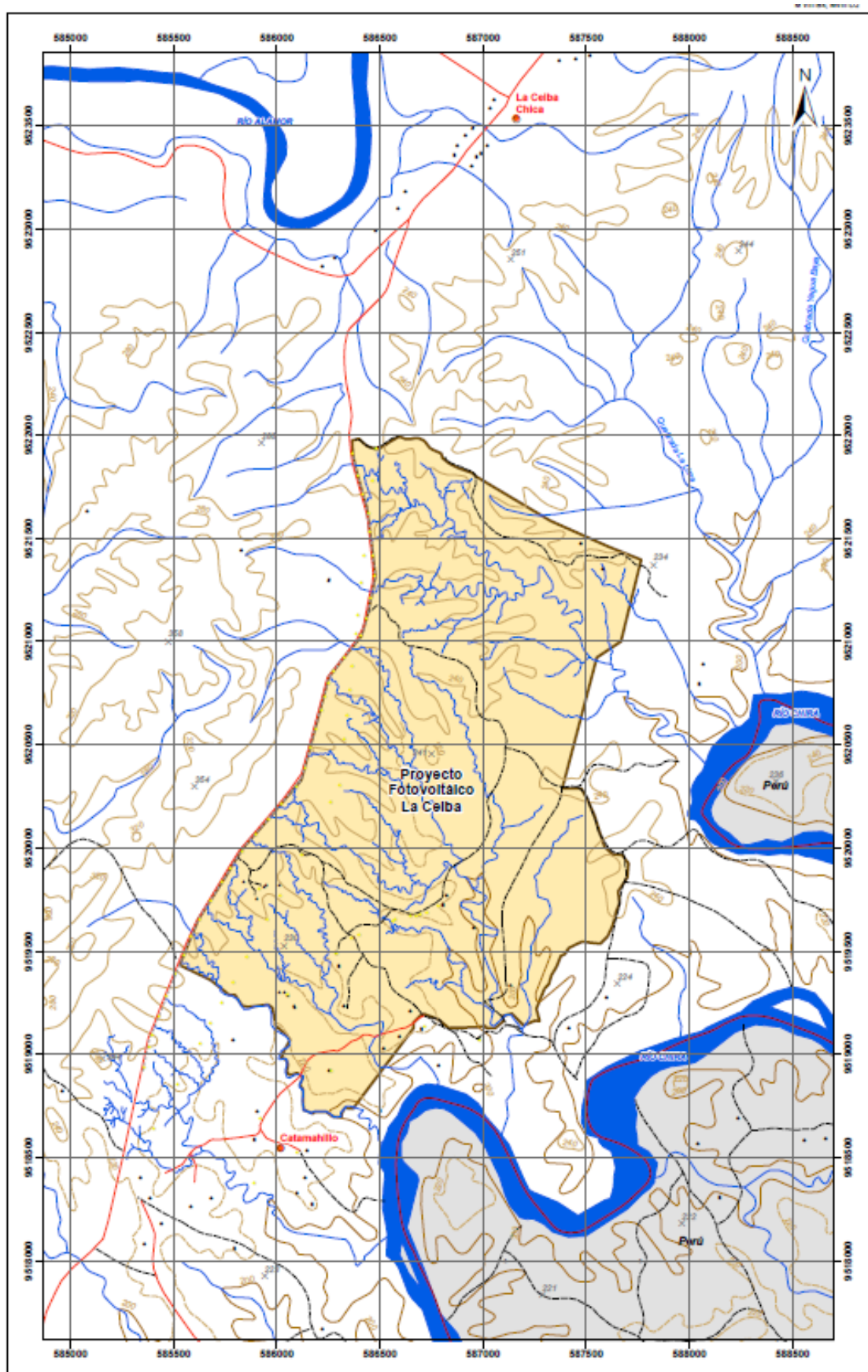
Elaborado por: Equipo Consultor, 2026. Fuente: Levantamiento de información secundaria

En el Mapa Nro. 32 se presenta el Mapa de Localidades e infraestructura de interés social.

En aplicación del **Art. 466 del Reglamento al Código Orgánico del Ambiente (RCOA, reforma 2023)**, el Área de Influencia Social Directa (AISD) para el Proyecto Fotovoltaico La Ceiba se define como el espacio donde se generan interacciones directas entre el proyecto y el entorno social, derivadas de la implantación, construcción y operación de la infraestructura, afectando o beneficiando de manera inmediata a unidades individuales (predios, viviendas) y a organizaciones sociales (barrios, comunidades) (MAATE, 2023).

A nivel de organización social, y conforme al Art. 466 del Reglamento al Código Orgánico del Ambiente, el Área de Influencia Social Directa (AISD) del Proyecto Fotovoltaico La Ceiba incorpora a La Ceiba Chica y Catamahillo, debido a que en estos asentamientos se prevé una interacción funcional directa y continua con las actividades del proyecto, tanto en la fase de construcción como en la de operación, particularmente en términos de empleo, provisión de bienes y servicios, uso intensivo de la red vial local y articulación económica territorial.

Figura 10-28. Mapa de Ubicación de comunidades del Área de Influencia Social Directa (AISD)



Elaborado por: Equipo Consultor, 2025.

Fuente: Levantamiento de información secundaria

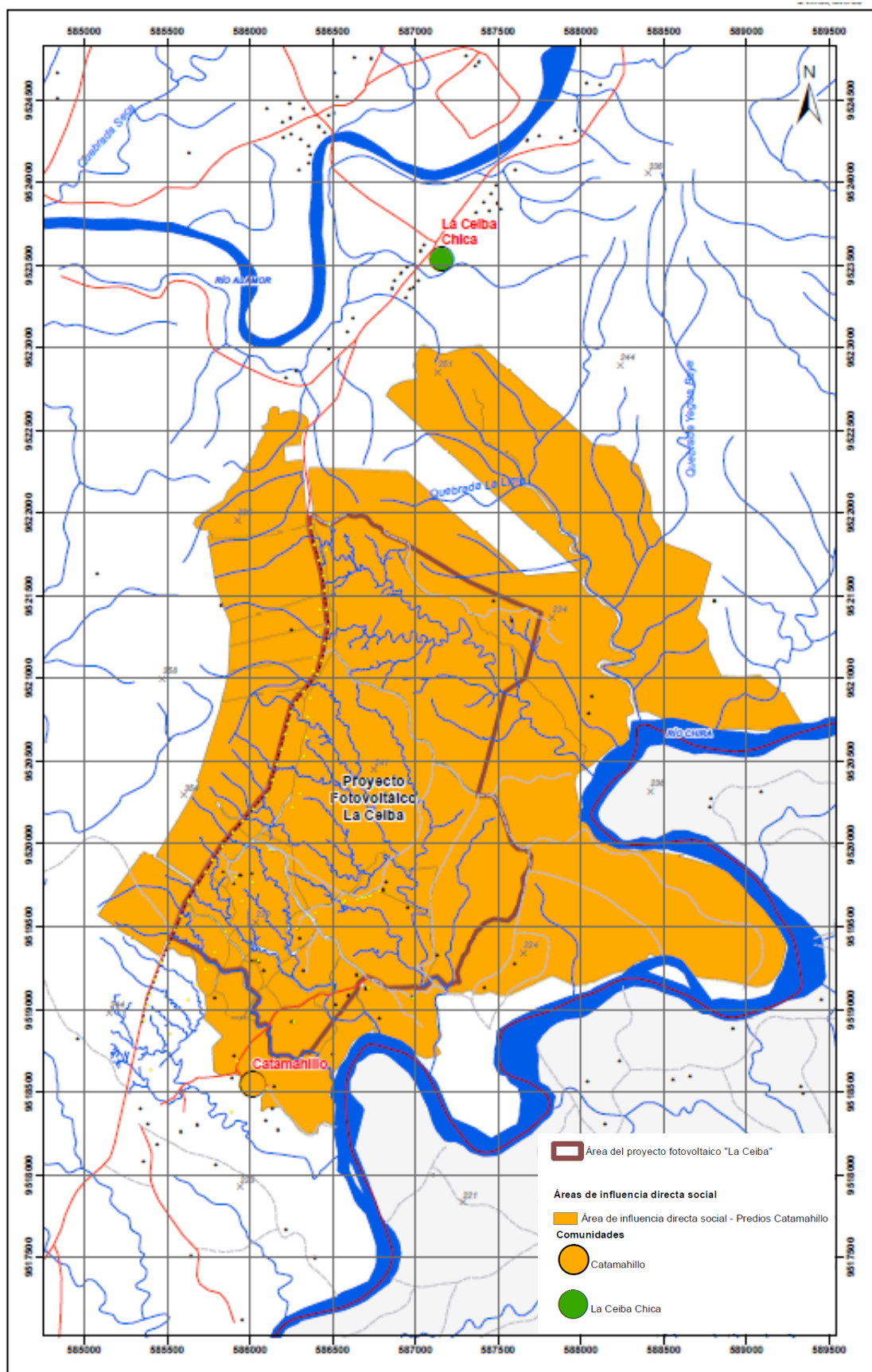
En el caso de **La Ceiba Chica**, su proximidad territorial al área de implantación y su vinculación directa mediante caminos de acceso determinan una relación inmediata con las actividades constructivas. Esta interacción se expresa en la contratación de mano de obra local, arrendamiento de predios auxiliares, provisión de alimentación y transporte, generando impactos positivos como la dinamización de la economía local, incremento de ingresos familiares y fortalecimiento del capital social comunitario. No obstante, también pueden presentarse impactos negativos como incremento temporal del tránsito vehicular, generación de polvo y ruido, presión sobre servicios básicos locales, y potenciales conflictos por uso de suelo o percepción de inequidad en la contratación laboral, los cuales deben ser gestionados mediante el Plan de Manejo Ambiental y el Plan de Relaciones Comunitarias.

Por su parte, **Catamahillo** presenta una relación funcional directa derivada del uso recurrente de sus vías de acceso y su localización estratégica dentro del área de influencia inmediata. Esto genera impactos positivos como fortalecimiento del comercio local, prestación de servicios complementarios (hospedaje, alimentación, mantenimiento), incremento de actividades de transporte y generación de empleo indirecto. Sin embargo, esta misma condición puede ocasionar impactos negativos asociados al aumento del tráfico pesado, deterioro de la infraestructura vial, riesgos de seguridad vial, incremento de ruido y posibles alteraciones en la dinámica social local, especialmente durante la fase de construcción, lo cual requiere medidas de control, señalización y mantenimiento vial.

En síntesis, la inclusión de **La Ceiba Chica y Catamahillo** se encuentra técnicamente justificada en función de las interacciones directas, permanentes y verificables entre el proyecto y estas organizaciones sociales. Estas interacciones generan tanto impactos positivos (empleo, dinamización económica, fortalecimiento de servicios) como impactos negativos (presión sobre infraestructura, conflictos sociales, externalidades ambientales locales), los cuales deben ser gestionados mediante instrumentos como el Plan de Manejo Ambiental y el Plan de Relaciones Comunitarias, conforme a los lineamientos del RCOA.

A continuación, se representa el área de Influencia Directa Social, en la que se incluye a las unidades individuales y colectivas identificadas para el proyecto (VER MAPA NRO. 49).

Figura 10-29. Área de Influencia Directa Social (AIDS)



Elaborado por: Equipo Consultor, 2026.

Fuente: Levantamiento de información secundaria.

La delimitación social (AI directa e indirecta) fue validada mediante la ubicación espacial de viviendas, propietarios, actores institucionales, organizaciones comunitarias y resultados obtenidos durante el levantamiento de información primaria.

10.3.3. Áreas de influencia Indirecta Social (AIIS)

En función del concepto de área de influencia social indirecta para el componente socioeconómico, señalado en la reforma al Reglamento al Código Orgánico del Ambiente publicado en el Registro Oficial No. 754, el 2 de junio del 2023, refiriéndose al art. 466 del Título III, Capítulo I Ámbito, principios, fines y definiciones del proceso de participación ciudadana para la consulta ambiental.⁴

“ÁREA DE INFLUENCIA SOCIAL INDIRECTA: Espacio socio-institucional que resulta de la relación del proyecto con las unidades político-territoriales donde se desarrolla: parroquia, cantón y/o provincia. El motivo de la relación es el papel del proyecto, obra o actividad en el ordenamiento y desarrollo del sistema social territorial local.”

En este contexto y considerando las características de este proyecto, el área de influencia indirecta es la parroquia Zapotillo (en el que se incluye al área urbana de la ciudad de Zapotillo), perteneciente al cantón Zapotillo y provincia de Loja.

En cuanto al **área urbana de la ciudad de Zapotillo**, su inclusión en el AISI se sustenta en su función como centro administrativo, comercial y de servicios del cantón, donde se concentrará la mayor parte de la demanda inducida por el proyecto. Entre los impactos positivos se destacan el fortalecimiento del comercio formal, incremento de la circulación monetaria, contratación de servicios técnicos y profesionales, dinamización del sector hotelero y de servicios, y mayor recaudación local. No obstante, también pueden generarse impactos negativos indirectos pero relevantes, como incremento del costo de bienes y servicios, presión sobre la infraestructura urbana (agua, saneamiento, alojamiento), aumento de la demanda de servicios públicos y posibles tensiones sociales por desigual distribución de beneficios económicos, lo cual exige una adecuada planificación y coordinación institucional.

A nivel parroquial, la **parroquia Zapotillo** constituye el primer nivel del AISI, en la medida en que el proyecto se inserta en su territorio y contribuye a la dinamización del sistema socioeconómico local, mediante la generación de empleo, demanda de servicios, fortalecimiento de cadenas productivas locales y articulación con actividades agropecuarias predominantes. Esta relación se traduce en impactos positivos indirectos, como el fortalecimiento del tejido económico y la diversificación de ingresos, así como en potenciales impactos negativos, tales como presión sobre servicios públicos, cambios en el uso del suelo y posibles desequilibrios territoriales si no se gestiona adecuadamente la distribución de beneficios.

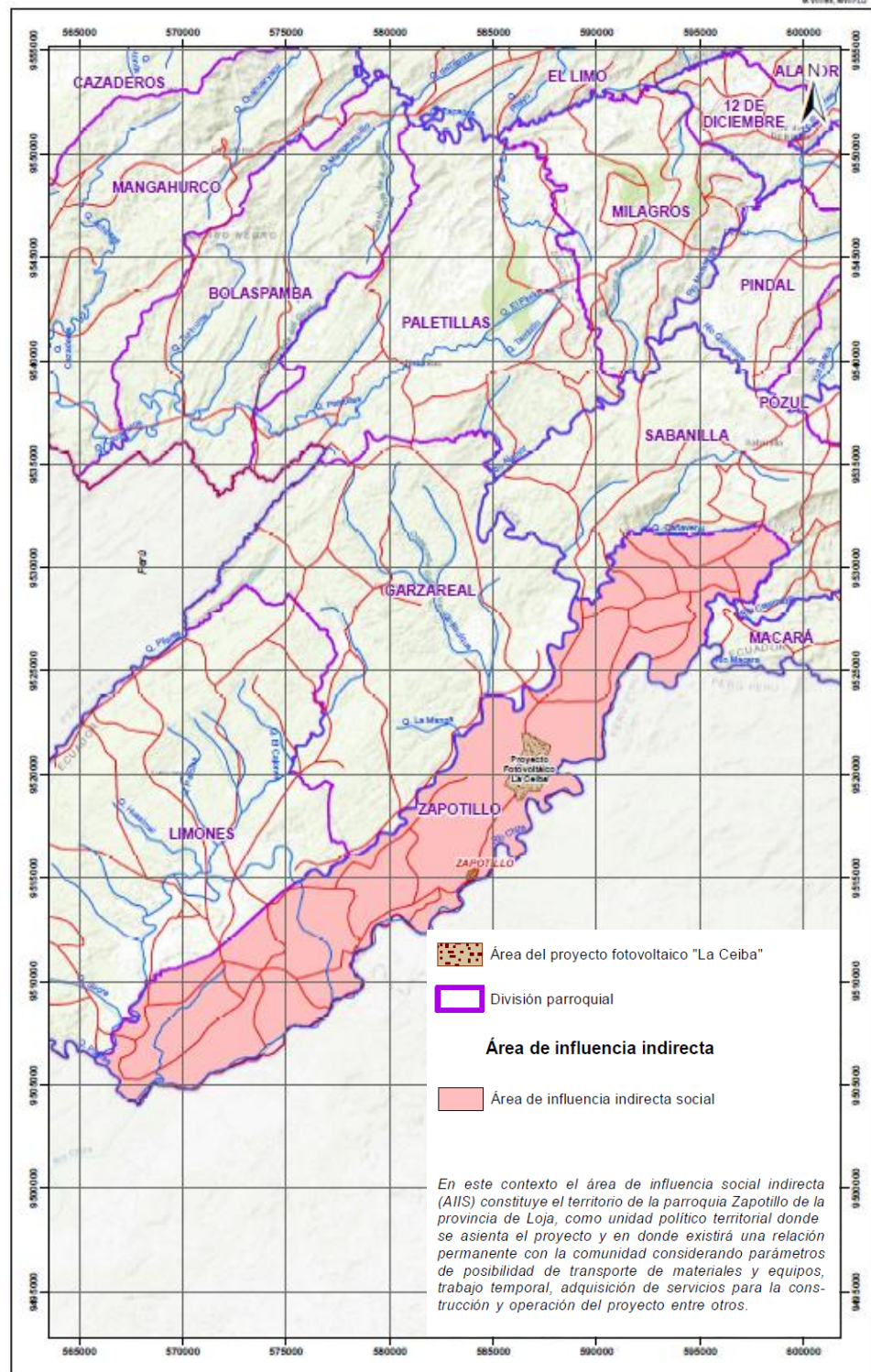
En síntesis, el **Área de Influencia Indirecta Social del Proyecto Fotovoltaico La Ceiba** está conformada por la parroquia Zapotillo, en tanto constituyen el ámbito donde el proyecto incide en el sistema socio-institucional, económico y territorial, generando efectos indirectos tanto positivos (dinamización económica, fortalecimiento institucional, transición energética) como negativos (presión sobre servicios, desequilibrios territoriales), los cuales deben ser considerados en la planificación y gestión del proyecto dentro del Estudio de Impacto Ambiental.

⁴ Segundo Suplemento del Registro Oficial 323, 02-VI-2023; visto en: <https://maatecalidadambiental.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/2024/03/REGISTRO-OFICIAL-CONSULTA-AMBIENTAL.pdf>

Al no tener un área geográfica definida por parte del GAD Municipal de Zapotillo con respecto a los límites de los barrios y comunidades identificadas, no se emplea la metodología de Álgebra de Mapas para el componente social y se determina que las áreas antes mencionadas, serían las áreas de influencia definitivas para el componente social.

En el Mapa Nro. 50, se presenta el AII del componente social.

Figura 10-30. Área de Influencia Indirecta Social (AIIS)



Elaborado por: Equipo Consultor, 2026.

Fuente: Levantamiento de información secundaria