DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

INCORPORACIÓN LÍNEA DE TRANSMISIÓN SE ALFA SOLAR-SE KIMAL 2x220 kV

CARACTERIZACIÓN DEL COMPONENTE GGR / GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y RIESGOS

Noviembre 2026

Sebastián Astete/Elizabeth Pérez	Paulina Brugerolles	Fernando Valdés
ELABORADO POR	**REVISADO POR**	**APROBADO POR**
Especialista GGR	**Jefe de Proyectos**	**Gerente Área de Negocios Ambientales**

ÍNDICE DE CONTENIDOS

2.8. CARACTERIZACIÓN DEL COMPONENTE GGR / GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y RIESGOS 4
2.8.1. INTRODUCCIÓN 4
2.8.2. OBJETIVOS 5
2.8.2.1. Objetivo General 5
2.8.2.2. Objetivos Específicos 5
2.8.3. ÁREA DE ESTUDIO Y ÁMBITOS DE ANÁLISIS 6
2.8.4. METODOLOGÍA 10
2.8.4.1. Geología 10
2.8.4.2. Geomorfología 11
2.8.4.3. Campaña y Validación de Terreno 11
2.8.4.4. Peligros Naturales 12
2.8.4.4.1. Remociones en Masa 14
2.8.4.4.2. Amenaza Sísmica 17
2.8.4.4.3. Amenaza Volcánica 17
2.8.4.4.4. Precipitaciones y Activación de Quebradas 18
2.8.5. RESULTADOS 19
2.8.5.1. Geología 19
2.8.5.1.1. Marco Geológico Regional 19
2.8.5.1.2. Geología Local 19
2.8.5.1.3. Unidades Geológicas Identificadas en el Área del Proyecto 19
2.8.5.2. GEOMORFOLOGÍA 21
2.8.5.2.1. Marco Geomorfológico Regional 21
2.8.5.2.2. Geomorfología Local 22
2.8.5.3. PELIGROS NATURALES 24
2.8.5.3.1. Peligros Geológicos y Geomorfológicos 24
2.8.5.3.2. Pendientes 25
2.8.5.3.3. Sismicidad 27
2.8.5.3.4. Volcanismo 27
2.8.5.3.5. Precipitaciones y Activación de Quebradas 28
2.8.5.3.6. Remoción en Masa 29
2.8.6. CONCLUSIONES 31
2.8.7. BIBLIOGRAFÍA 33

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización regional del Proyecto. 7
Figura 2. Área de estudio para las componentes geología y geomorfología. 8
Figura 3. Ámbitos de análisis espacial de los peligros naturales. 9
Figura 4. Clasificación de remociones en masa. 15
Figura 5. Geología del área de estudio y emplazamiento de las obras del Proyecto. 21
Figura 6. Unidades geomorfológicas del área de estudio y emplazamiento de las obras del Proyecto. 24
Figura 7. Distribución de pendientes en el área de estudio. 26
Figura 8. Centros volcánicos considerados en el contexto regional del Proyecto. 28

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Conceptos clave de peligros geológicos y geomorfológicos. 12
Tabla 2. Tipos de riesgo reconocidos en la zonificación de instrumentos de planificación territorial. 13
Tabla 3. Clasificación de pendientes y procesos geomorfológicos asociados. 16
Tabla 4. Clasificación de pendientes. 25
Tabla 5. Principales eventos sísmicos considerados para la caracterización del contexto sísmico regional del Proyecto. 27
Tabla 6. Rangos de pendiente e interpretación para el análisis de remoción en masa. 29

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Estrato superficial observado en el área del Proyecto 20
Fotografía 2. Vista general del área de estudio. 22
Fotografía 3. Ventifactos y pavimento desértico en el área del Proyecto. 23

2.8. CARACTERIZACIÓN DEL COMPONENTE GGR / GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y RIESGOS

2.8.1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio corresponde a la Caracterización Ambiental del Medio Físico asociada a las componentes Geología, Geomorfología y Peligros Naturales del Proyecto "Incorporación Línea de Transmisión S/E Alfa Solar – S/E Kimal 2x220 kV" (en adelante, el "Proyecto"), desarrollado en el marco de la modificación del proyecto "Parque Fotovoltaico Alfa Solar", calificado ambientalmente favorable mediante la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) N° 0222/2021.

El Proyecto contempla la incorporación de infraestructura eléctrica destinada a permitir la evacuación, transmisión e inyección de la energía hacia el Sistema Eléctrico Nacional (SEN). Entre sus principales obras se considera la Línea de Transmisión Eléctrica "Alfa Solar – Kimal", correspondiente a una línea aérea de doble circuito de 2 × 220 kV, destinada a conectar la subestación elevadora del Proyecto, de 33/220 kV, con la S/E Kimal 220 kV. El trazado de la línea presenta una longitud aproximada de 4,33 km y se emplaza íntegramente en la comuna de María Elena, Región de Antofagasta. Asimismo, el Proyecto considera las instalaciones e infraestructura complementaria necesarias para su funcionamiento y conexión al SEN.

La presente caracterización se desarrolla en el marco de la legislación ambiental vigente y de las disposiciones del D.S. N° 40/2012 del Ministerio del Medio Ambiente (MMA), Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (RSEIA), con el propósito de describir las condiciones ambientales existentes en el área de estudio respecto de las componentes Geología, Geomorfología y Peligros Naturales, y aportar antecedentes pertinentes para la evaluación ambiental del Proyecto.

En este contexto, la caracterización comprende la identificación, descripción y análisis de las unidades geológicas y geomorfológicas presentes en el área de estudio, considerando su distribución espacial, características litológicas y estructurales, formas del relieve y procesos morfodinámicos relevantes para comprender las condiciones del territorio donde se emplazan las partes, obras y acciones del Proyecto.

Complementariamente, se identifican y caracterizan los peligros naturales de origen geológico y geomorfológico que, de acuerdo con las condiciones del territorio y los antecedentes técnicos disponibles, pudiesen manifestarse en el área de estudio. Este análisis permite establecer las condiciones naturales del sector y reconocer aquellos procesos que eventualmente podrían presentar interacción espacial con las obras proyectadas.

En función de las características geológicas, geomorfológicas y del contexto geodinámico del área de estudio, el análisis considera los peligros asociados a procesos de remoción en masa, actividad sísmica, activación de quebradas y volcanismo. Para cada fenómeno se consideran los antecedentes disponibles, los factores condicionantes y desencadenantes pertinentes y su

distribución espacial respecto de las partes y obras del Proyecto, de acuerdo con la escala de análisis propia de cada proceso.

De esta manera, la caracterización permite establecer una descripción integrada de las condiciones geológicas, geomorfológicas y de los peligros naturales pertinentes para el área de estudio y el contexto territorial del Proyecto.

2.8.2. OBJETIVOS

2.8.2.1. Objetivo General

Caracterizar las condiciones geológicas, geomorfológicas y los peligros naturales pertinentes para el área de estudio del Proyecto, considerando antecedentes a escala regional y local y su relación espacial con las partes, obras y acciones proyectadas.

2.8.2.2. Objetivos Específicos

- Definir el área de estudio y los ámbitos de análisis espacial pertinentes para las componentes Geología, Geomorfología y Peligros Naturales, considerando el emplazamiento de las partes, obras y acciones del Proyecto, la continuidad de las unidades del medio físico, la configuración del relieve, las divisorias de aguas, la red de drenaje y la escala espacial de los fenómenos naturales analizados.
- Caracterizar el contexto geológico regional del área de estudio, considerando las principales unidades litológicas, estructuras geológicas y antecedentes geodinámicos relevantes para la comprensión de la configuración geológica del territorio.
- Caracterizar la geología local del área de estudio, identificando las unidades geológicas presentes y su distribución espacial respecto de las obras y acciones proyectadas.
- Caracterizar el contexto geomorfológico regional del área de estudio, considerando las principales unidades del relieve y los procesos geomorfológicos que condicionan la configuración del territorio.
- Caracterizar las unidades geomorfológicas y los procesos morfodinámicos presentes a escala local, considerando las condiciones topográficas, las pendientes y su relación espacial con el emplazamiento de las obras proyectadas.
- Identificar y caracterizar los peligros naturales de origen endógeno del área de estudio (actividad sísmica y volcanismo), considerando antecedentes históricos y el contexto tectónico regional en que se emplaza el Proyecto.
- Identificar y caracterizar los peligros naturales de origen exógeno del área de estudio (remoción en masa y activación de quebradas), considerando las condiciones topográficas, geomorfológicas y pluviométricas del sector.
- Analizar la relación espacial entre los peligros naturales identificados y las obras y acciones del Proyecto, con el propósito de establecer los antecedentes técnicos relevantes para su evaluación ambiental.

2.8.3. ÁREA DE ESTUDIO Y ÁMBITOS DE ANÁLISIS

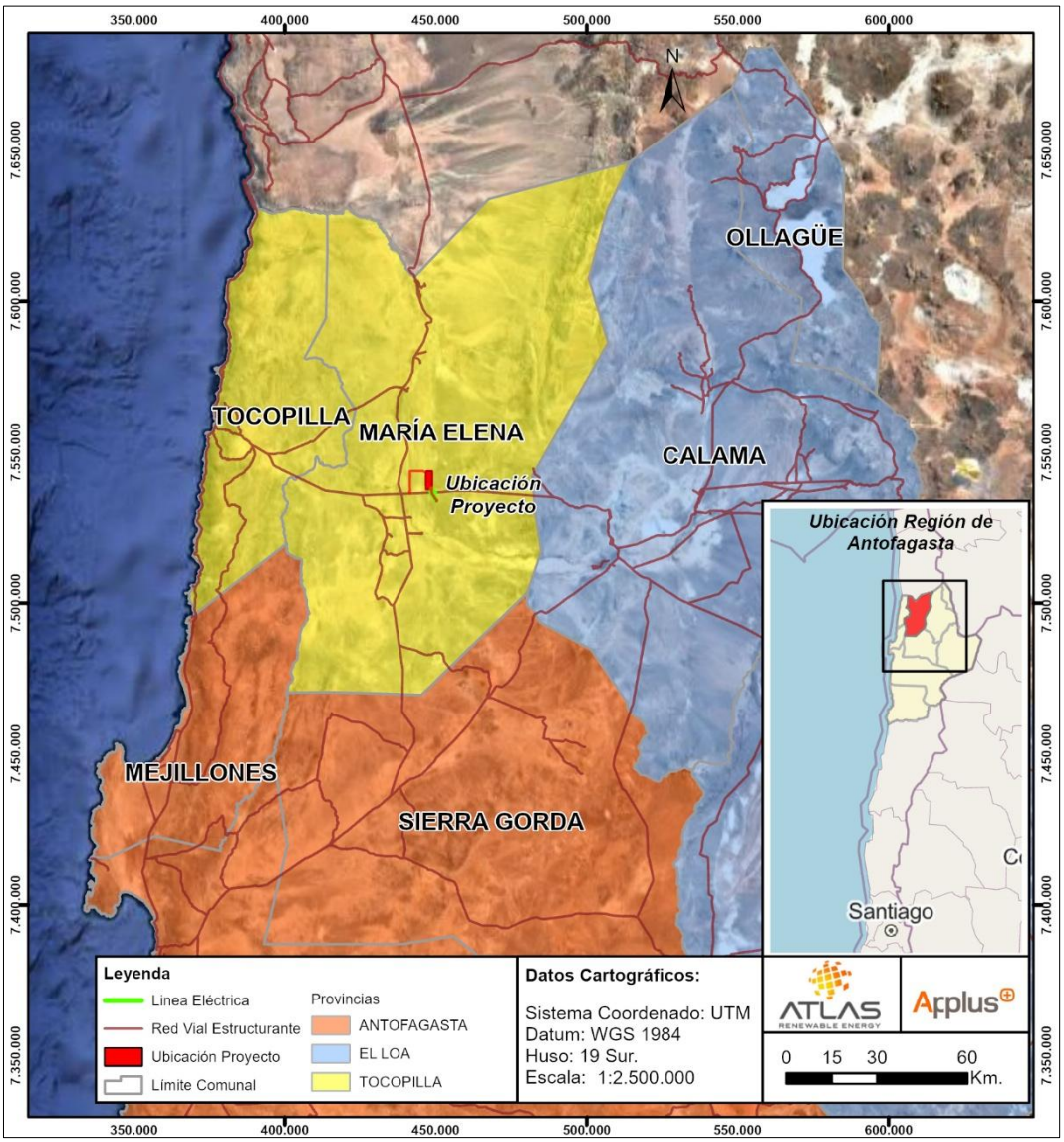
Para definir el ámbito espacial de la presente caracterización se consideraron los lineamientos de la "Guía Áreas de Influencia en el SEIA", segunda edición (SEA, 2026), en concordancia con el D.S. N° 40/2012 del Ministerio del Medio Ambiente. Conforme a dicha Guía, las áreas de influencia se delimitan respecto de componentes ambientales que constituyen objetos de protección del SEIA y en función de la extensión espacial de los impactos. En cambio, la geología, la geomorfología y las áreas de riesgo por fenómenos naturales que corresponden a atributos del medio físico que aportan antecedentes para la evaluación, por lo que en este estudio se utiliza el concepto de área de estudio y, cuando corresponde, ámbitos de análisis espacial específicos para cada peligro natural.

En este contexto, el área de estudio se definió de manera que permita caracterizar adecuadamente el emplazamiento de la Línea de Transmisión SE Alfa Solar-SE Kimal y el entorno necesario para comprender las unidades geológicas y geomorfológicas y los procesos naturales pertinentes. Adicionalmente, el Proyecto contempla una subestación elevadora, un sistema de almacenamiento de energía mediante baterías (BESS). Complementariamente para la sismicidad y volcanismo, se emplea además un contexto regional, dado que la escala espacial de estos fenómenos excede el entorno inmediato de las obras.

Como referencia para la caracterización se consideró el emplazamiento de las partes, obras y acciones capaces de intervenir directamente el sustrato o modificar localmente la superficie del terreno, entre ellas la ocupación de superficies, fundaciones, excavaciones y movimientos de tierra, habilitación de accesos e instalación de infraestructura eléctrica. Esta información se utilizó para relacionar espacialmente las obras con las unidades geológicas y geomorfológicas, la topografía, la red de drenaje y los sectores donde puedan manifestarse procesos naturales.
En consecuencia, para Geología y Geomorfología se consideró el área de emplazamiento de las obras y un entorno suficiente para reconocer la continuidad de las unidades geológicas y geomorfológicas, la configuración del relieve y las condiciones topográficas. Para Peligros Naturales, el ámbito de análisis se ajustó a la naturaleza y escala de cada fenómeno: la remoción en masa y la activación de quebradas se analizaron principalmente a escala local y de drenaje, mientras que la sismicidad y el volcanismo se contextualizaron a escala regional. Los atributos considerados incluyen unidades geológicas y geomorfológicas, relieve, pendientes, red de drenaje y quebradas, además de antecedentes de sismicidad y volcanismo pertinentes para el área de estudio.

Con el objeto de contextualizar territorialmente el emplazamiento del Proyecto, en la Figura 1 se presenta su ubicación a escala regional, identificando su posición dentro de la Región de Antofagasta y su relación con la división político-administrativa y la red vial estructurante del territorio. Como se observa, el Proyecto se localiza en la comuna de María Elena, provincia de Tocopilla, en un sector interior de la Región de Antofagasta. Esta contextualización constituye el marco territorial general para la posterior caracterización de las componentes Geología y Geomorfología.

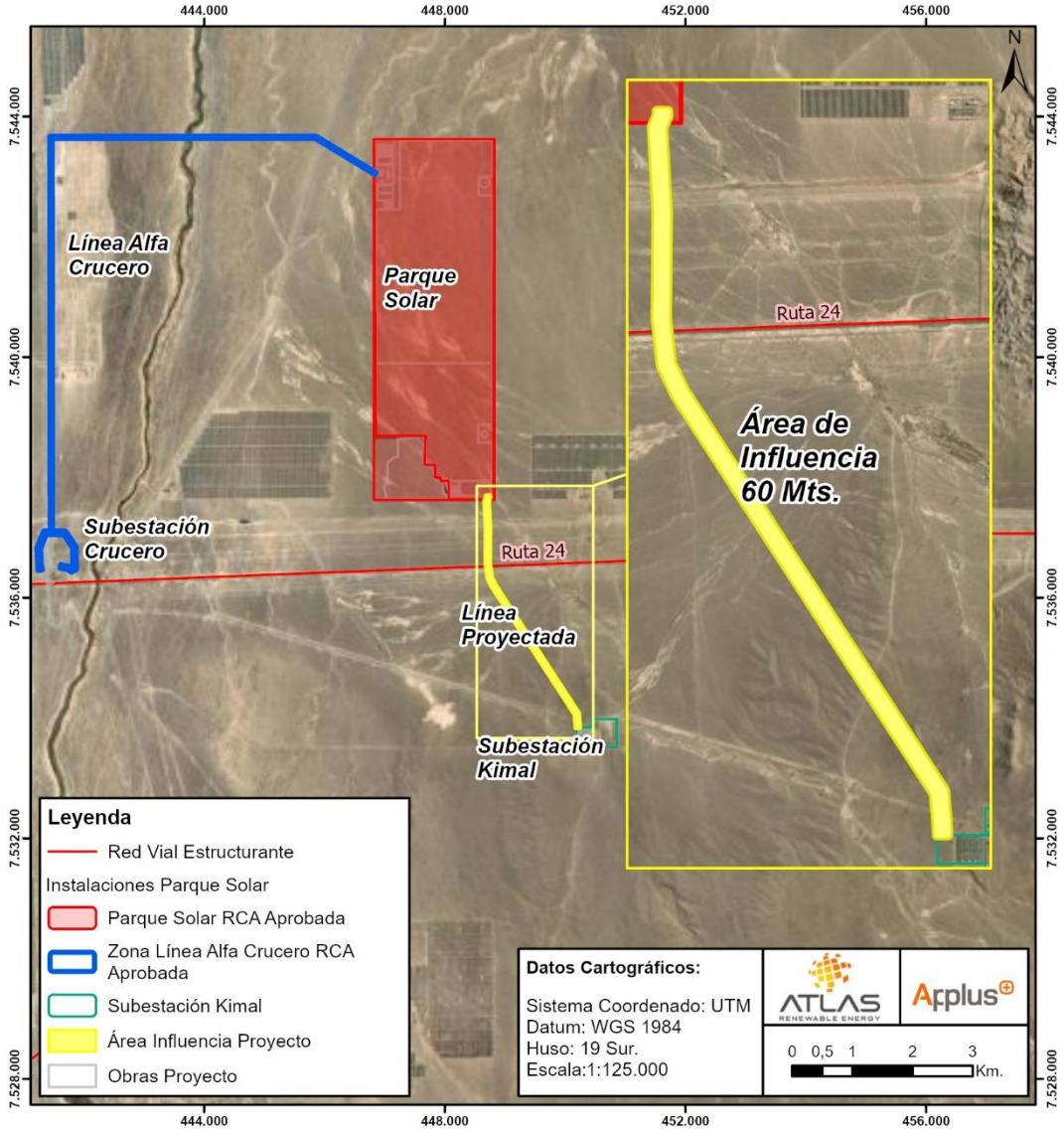
Figura 1. Localización regional del Proyecto.



Fuente: Elaboración propia, 2026.

A partir de la localización general anteriormente descrita, se definió el área de estudio considerada para la caracterización de las componentes Geología y Geomorfología. Su delimitación busca abarcar el contexto espacial necesario para identificar y describir las unidades geológicas, litológicas y geomorfológicas presentes en el entorno de las partes y obras del Proyecto. La delimitación considerada se presenta en la Figura 2.

Figura 2. Área de estudio para las componentes geología y geomorfología.



Fuente: Elaboración propia, 2026.

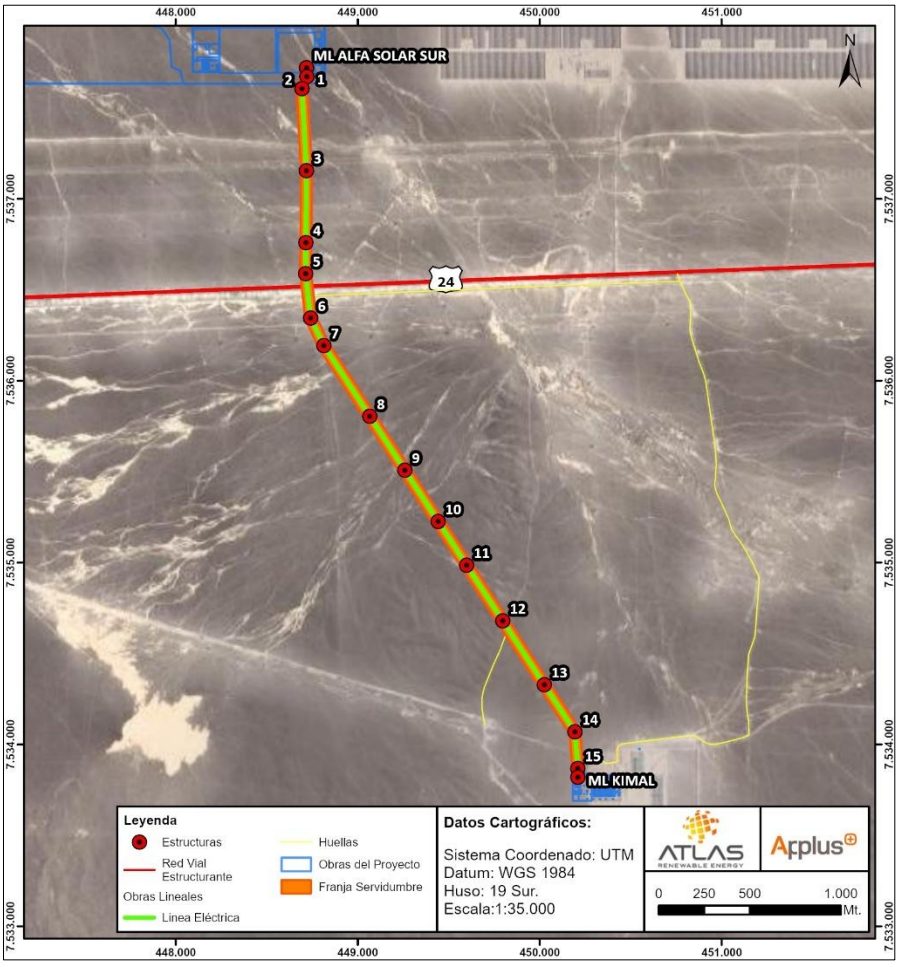
Para definir el ámbito de análisis local se utilizaron antecedentes topográficos derivados de un Modelo Digital de Elevación (DEM), a partir de los cuales se caracterizó la configuración general del relieve y la distribución de las pendientes. El análisis se complementó con la identificación de la red de drenaje, quebradas, divisorias de aguas y unidades geomorfológicas, con el objeto de reconocer la continuidad espacial del terreno y los sectores que presentan relación geomorfológica o hidrológica con las obras proyectadas.

El análisis del relieve permitió reconocer que el área de emplazamiento de la Línea de Transmisión Eléctrica “Alfa Solar–Kimal” presenta un relieve predominantemente plano, con pendientes bajas. Esta condición constituye un antecedente relevante para la caracterización de los procesos geomorfológicos que pueden presentar una relación espacial con las obras. Asimismo, el sector de emplazamiento se encuentra asociado a la transición entre las unidades Pampa del Tamarugal y Desierto de Atacama, caracterizadas por superficies de sedimentación

desarrolladas bajo condiciones áridas y por un relieve predominantemente plano. Para el análisis de los procesos asociados a la activación de quebradas se consideró como unidad territorial de referencia la subsubcuenca hidrográfica denominada “Río Loa entre Río San Salvador y Quebrada Amarga”, dentro de la cual se emplaza el Proyecto. Esta unidad permite contextualizar la relación entre las obras proyectadas y la red de drenaje superficial existente, particularmente respecto de los escurrimientos menores que pueden presentar una relación espacial con algunas de las estructuras del Proyecto. El sistema de drenaje presenta un carácter predominantemente efímero, asociado a las condiciones áridas a hiperáridas del sector. La subsubcuenca indicada se utilizó, por tanto, como una unidad hidrográfica de referencia para el análisis y no como un límite arbitrario de la extensión territorial considerada para las restantes componentes.

Los ámbitos de análisis utilizados para los peligros naturales se presentan en la Figura 3, donde se representa la relación entre las obras del Proyecto y el contexto territorial pertinente para los procesos de escala local y regional considerados.

Figura 3. Ámbitos de análisis espacial de los peligros naturales.



Fuente: Elaboración propia, 2026.

Para los fenómenos cuya ocurrencia y distribución presentan una escala espacial superior al entorno inmediato de las obras, particularmente la actividad sísmica y el volcanismo, se consideraron antecedentes de escala regional. La actividad sísmica fue analizada en función del contexto tectónico regional del norte de Chile y de los antecedentes históricos disponibles, mientras que el análisis del volcanismo consideró la distribución de los principales centros volcánicos existentes en el entorno regional y su relación espacial con el área de emplazamiento del Proyecto. Por su parte, los procesos de remoción en masa fueron evaluados considerando principalmente las condiciones topográficas, geológicas, geomorfológicas y pluviométricas del área de estudio, mientras que la activación de quebradas fue analizada en función de la configuración del relieve y de la red de drenaje superficial.

De esta manera, la extensión espacial utilizada para cada fenómeno responde a su escala de ocurrencia y distribución y a su relación potencial con las obras del Proyecto, evitando asimilar los ámbitos de estudio de sismicidad o volcanismo a un área de influencia ambiental propiamente tal.

En conjunto, el área de estudio y los ámbitos de análisis espacial se sustentan en el emplazamiento de las partes, obras y acciones del Proyecto; la continuidad de las unidades geológicas y geomorfológicas; la configuración del relieve y las pendientes; las divisorias de aguas, la red de drenaje y las quebradas; y, para los fenómenos que lo requieren, antecedentes de contexto regional.

2.8.4. METODOLOGÍA

2.8.4.1. Geología

Para la caracterización geológica del área de emplazamiento del Proyecto se realizó una revisión de antecedentes bibliográficos, cartográficos y técnico-administrativos disponibles para el área de estudio. Como referencia para el análisis geológico local se consultó la Carta Tocopilla y María Elena, escala 1:100.000 (Medina et al., 2012), complementada con el Mapa Geológico de Chile, escala 1:1.000.000 (SERNAGEOMIN, 2003), utilizado para la contextualización del marco geológico regional.

La revisión bibliográfica se complementó con antecedentes provenientes de publicaciones científico-técnicas relacionadas con la geología del sector y con expedientes disponibles en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), correspondientes a proyectos emplazados en el entorno del área de interés. Estos antecedentes permitieron complementar la identificación y descripción de las unidades geológicas presentes y contextualizar las características del sustrato en relación con el emplazamiento del Proyecto.

Los antecedentes recopilados en gabinete fueron complementados con las observaciones obtenidas durante la campaña de terreno descrita en el numeral 4.3, utilizadas para contrastar las unidades geológicas identificadas mediante la revisión bibliográfica y cartográfica con las condiciones superficiales observables en el área de estudio.

Finalmente, los antecedentes bibliográficos, cartográficos y de terreno fueron sistematizados mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG). La información geológica se integró espacialmente con la localización de las partes, obras y acciones del Proyecto para elaborar la cartografía temática de la componente.

2.8.4.2. Geomorfología

El análisis geomorfológico se realizó a partir de la revisión de antecedentes bibliográficos, cartográficos y topográficos disponibles para el área de estudio. Como marco de referencia regional se consideró la división geomorfológica de Chile propuesta por Börgel (1983), complementada con antecedentes territoriales y cartográficos disponibles para el sector de emplazamiento del Proyecto.

El análisis incorporó información topográfica derivada de un Modelo Digital de Elevación (DEM), utilizada para reconocer la configuración general del relieve, las variaciones altitudinales y la distribución espacial de las pendientes. Estos antecedentes fueron complementados mediante la interpretación de imágenes satelitales disponibles a través de Google Earth, con el propósito de reconocer rasgos morfológicos, superficies de distinta expresión topográfica, escarpes, quebradas, sectores de concentración de drenaje y otras geoformas presentes en el área de estudio. A partir de estos antecedentes se efectuó una interpretación preliminar de las características geomorfológicas del área, considerando la relación entre la configuración del relieve, las pendientes, las unidades geológicas y la red de drenaje superficial. Esta interpretación fue complementada con los antecedentes obtenidos durante la campaña de terreno descrita en el numeral 4.3, mediante observación directa de las condiciones superficiales y registro fotográfico de sectores representativos.

La información bibliográfica, cartográfica, topográfica, satelital y de terreno fue posteriormente sistematizada mediante herramientas SIG. A partir del Modelo Digital de Elevación se analizaron las variaciones altitudinales y la distribución de las pendientes, integrando estos antecedentes con la interpretación de imágenes satelitales, la información geológica, la red de drenaje y las observaciones de terreno para delimitar las principales unidades geomorfológicas presentes en el área de estudio.

2.8.4.3. Campaña y Validación de Terreno

Como complemento de la revisión bibliográfica, cartográfica y del análisis de gabinete, se efectuó una campaña de terreno entre los días, 30 de junio y el 3 de julio de 2026, desarrollada por los profesionales Sebastián Astete y Elizabeth Pérez. El recorrido comprendió el área de estudio asociada al emplazamiento de la Línea de Transmisión Eléctrica Alfa Solar–Kimal y sectores aledaños accesibles desde la Ruta 24. La actividad tuvo un carácter exploratorio y descriptivo y estuvo orientada al reconocimiento visual de las condiciones geológicas y geomorfológicas superficiales, junto con el registro fotográfico de sectores representativos.

El reconocimiento consideró aspectos generales de la superficie del terreno, tales como la expresión del relieve, cambios de pendiente, características superficiales de los materiales, presencia de geoformas, escarpes, quebradas y evidencias visibles de procesos geomorfológicos. Las observaciones permitieron contrastar la información obtenida mediante antecedentes cartográficos, imágenes satelitales y análisis topográfico con las condiciones observables en terreno. La campaña no correspondió a una prospección geológica, geomorfológica o geotécnica de detalle y no contempló sondajes, calicatas, ensayos geotécnicos, muestreos sistemáticos ni mediciones hidrológicas.

Los antecedentes obtenidos durante la campaña fueron incorporados al análisis de gabinete y sistematizados junto con la información bibliográfica, cartográfica, topográfica y satelital, como apoyo para la caracterización y representación de las condiciones geológicas y geomorfológicas del área de estudio.

2.8.4.4. Peligros Naturales

La caracterización de los peligros naturales pertinentes para el Proyecto se desarrolló mediante la recopilación, revisión e integración de antecedentes bibliográficos, cartográficos y de información pública disponible, considerando las características geológicas, geomorfológicas, sísmicas, volcánicas y climáticas del territorio. Para efectos de este estudio se distingue entre peligro o amenaza, susceptibilidad y riesgo: el peligro se refiere al fenómeno potencialmente dañino; la susceptibilidad expresa la predisposición espacial del terreno; y el riesgo requiere, además, considerar los elementos expuestos y su vulnerabilidad. En consecuencia, el análisis desarrollado se centra principalmente en la caracterización de peligros y condiciones de susceptibilidad del medio físico.

En este contexto, se distinguen los conceptos de peligrosidad, riesgo, elementos bajo riesgo, vulnerabilidad, susceptibilidad y mitigación, de acuerdo con las definiciones de referencia utilizadas en el análisis de peligros geológicos y geomorfológicos.

Tabla 1. Conceptos clave de peligros geológicos y geomorfológicos.

Concepto	Definición
Grado de peligro o peligrosidad	Posibilidad o probabilidad de que suceda un evento de este tipo, durante cierto periodo de tiempo, en un sitio determinado.
Riesgo	Probabilidad de consecuencias perjudiciales o pérdidas esperadas (muertes, lesiones, propiedad, medios de subsistencia, interrupción de actividad económica o deterioro del ambiente), resultado de interacciones entre amenazas naturales o antropogénicas y condiciones de vulnerabilidad.
Elementos bajo riesgo	Corresponden a la población, las propiedades, las actividades económicas u otros, que se encuentran bajo riesgo en un área determinada.
Vulnerabilidad	Condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales, que aumentan la susceptibilidad de una comunidad al impacto de amenazas.
Susceptibilidad	Es la capacidad o potencialidad de una unidad geológica o geomorfológica de ser afectada o generar un proceso geológico determinado. Representa la

Concepto	Definición
	posibilidad espacial de ocurrencia y no establece relación alguna con la probabilidad temporal de que se produzca el proceso.
Mitigación	Medidas estructurales o no-estructurales emprendidas para reducir el impacto adverso de las amenazas naturales y tecnológicas, y de la degradación ambiental.

Fuente: EIRD/ONU, 2004.

Los principales peligros naturales reconocidos en el territorio nacional comprenden, entre otros, procesos de remoción en masa, inundaciones, anegamientos, sismos, actividad volcánica y otros procesos asociados a la dinámica superficial e interna de la Tierra. Su consideración dentro de los instrumentos de planificación territorial se encuentra asociada a la identificación de áreas expuestas a procesos naturales capaces de afectar el territorio.

En este sentido, la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC), en su artículo 2.1.17, reconoce diferentes condiciones asociadas a áreas de riesgo, incluyendo sectores potencialmente inundables, zonas propensas a avalanchas, rodados, aluviones o erosión acentuada, así como áreas susceptibles de ser afectadas por actividad volcánica, ríos de lava o fallas geológicas. Para efectos del presente estudio, dichas categorías se consideran como marco de referencia para la identificación y selección de los peligros naturales pertinentes a las condiciones territoriales del área de estudio. En función de las características geológicas, geomorfológicas, climáticas y tectónicas del sector, el análisis se focaliza en la evaluación de la susceptibilidad a procesos de remoción en masa, la actividad sísmica, la amenaza volcánica y las condiciones de precipitación relevantes como factor desencadenante de procesos gravitacionales.

Tabla 2. Tipos de riesgo reconocidos en la zonificación de instrumentos de planificación territorial.

Zonificación	Tipos de riesgo
Áreas de Riesgo (ZR)	Zonas inundables o potencialmente inundables debido, entre otras causas, a la proximidad de lagos, ríos, esteros, quebradas, cursos de agua no canalizados, napas freáticas o pantanos.
	Zonas propensas a avalanchas, rodados, aluviones o erosiones acentuadas.
	Zonas con peligro de ser afectadas por actividad volcánica, ríos de lava o fallas geológicas.
	Zonas o terrenos con riesgos generados por actividades o intervención humana.

Fuente: OGUC, Art. 2.1.17.v.

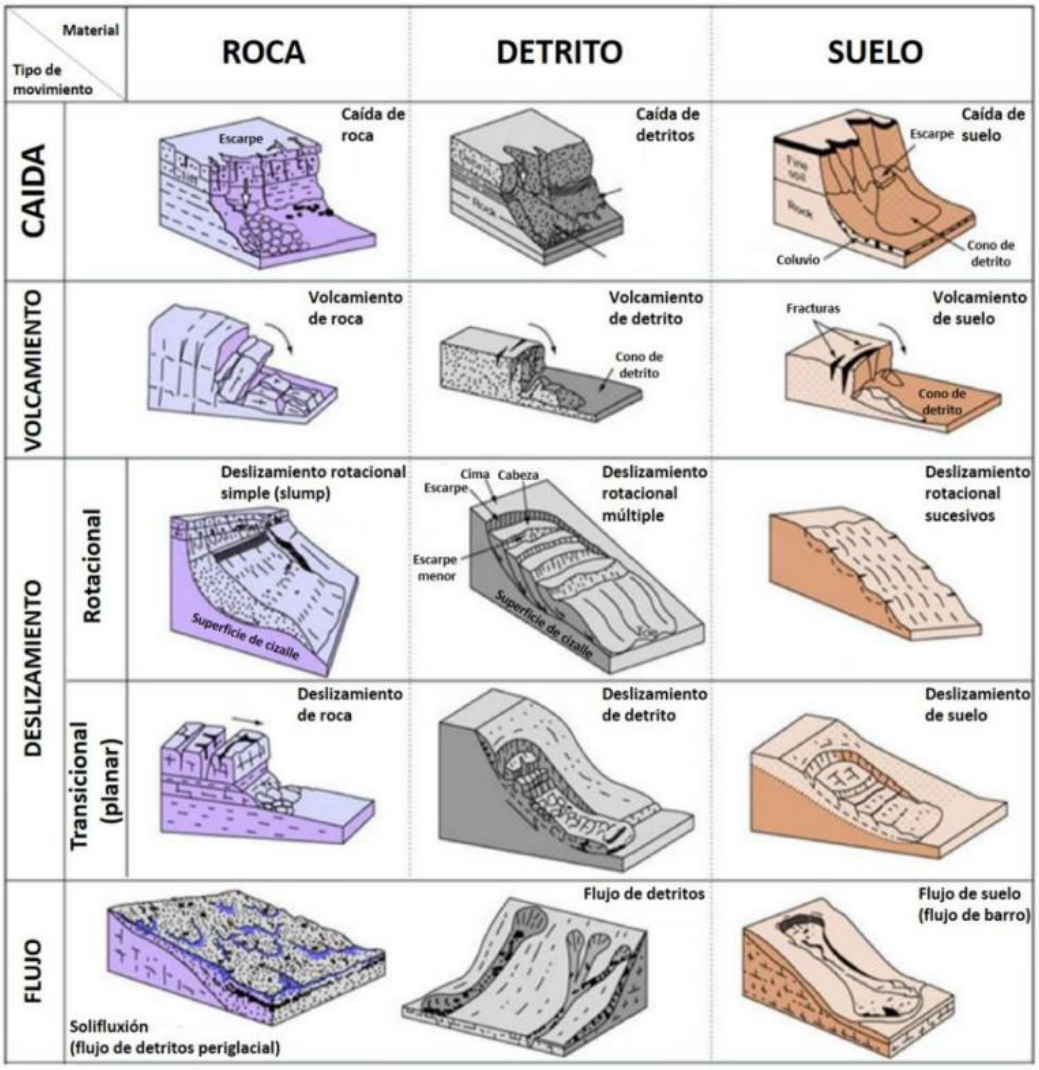
De acuerdo con las características geológicas, geomorfológicas y ambientales del área de estudio, la caracterización se concentró en los fenómenos pertinentes para el contexto territorial de la Línea de Transmisión Alfa Solar–Kimal: procesos de remoción en masa, actividad sísmica, volcanismo y activación de quebradas. Las precipitaciones se consideraron como un factor desencadenante relevante para procesos gravitacionales y escurrimientos superficiales episódicos.

La evaluación de cada peligro se efectuó mediante criterios y fuentes acordes con su naturaleza. Para remociones en masa se realizó una evaluación cualitativa integrada de pendiente, litología, geomorfología y precipitaciones, complementada con la actividad sísmica como potencial factor desencadenante; para sismicidad se revisaron antecedentes históricos y el contexto tectónico regional; para volcanismo se analizaron los centros volcánicos y antecedentes oficiales disponibles; y para activación de quebradas se integraron las condiciones pluviométricas, la red de drenaje y la relación espacial de los escurrimientos con las obras. La información se sistematizó mediante herramientas SIG.

2.8.4.4.1. Remociones en Masa

La evaluación de las condiciones asociadas a procesos de remoción en masa se realizó mediante la recopilación y análisis de antecedentes geológicos, geomorfológicos, topográficos y pluviométricos disponibles para el área de estudio de la Línea de Transmisión Eléctrica “Alfa Solar–Kimal”. Las remociones en masa corresponden a procesos gravitacionales que implican el desplazamiento de suelo, roca o una combinación de ambos hacia posiciones topográficamente inferiores. Su ocurrencia se encuentra condicionada por las características intrínsecas del terreno y puede ser favorecida por factores desencadenantes externos, entre los que destacan las precipitaciones y los movimientos sísmicos. Para la caracterización conceptual de los procesos de remoción en masa se consideró la clasificación propuesta por Varnes (1978), la cual permite diferenciar los movimientos gravitacionales de acuerdo con el tipo de material involucrado y el mecanismo de desplazamiento.

Figura 4. Clasificación de remociones en masa.



Fuente: Modificado de Varnes (1978).

La evaluación de las condiciones de susceptibilidad frente a procesos de remoción en masa se efectuó mediante un análisis cualitativo de las características físicas del terreno. Para ello, se consideraron como principales factores condicionantes la pendiente, la litología y la geomorfología, debido a su influencia sobre la configuración del relieve y las condiciones potenciales de estabilidad del terreno. Como factores desencadenantes potenciales se consideraron las precipitaciones y, de manera complementaria, la actividad sísmica. La pendiente del terreno se obtuvo a partir de un Modelo Digital de Elevación (DEM), mediante herramientas de análisis espacial en ambiente de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Para su interpretación se utilizaron como referencia los rangos de pendiente y umbrales morfodinámicos propuestos por Araya-Vergara y Börgel (1972), complementados con antecedentes de Young (1975) y Ferrando (1993). Esta clasificación permite relacionar los distintos rangos de pendiente con condiciones geomorfológicas y procesos erosivos y gravitacionales potencialmente asociados. Estos criterios han sido utilizados como referencia en estudios técnicos desarrollados en Chile para la interpretación de las condiciones morfodinámicas del terreno.

Tabla 3. Clasificación de pendientes y procesos geomorfológicos asociados.

Pendiente (°)	Pendiente (%)	Clasificación	Procesos geomorfológicos asociados
0–2	0–4,5	Levemente horizontal	Erosión nula o leve
2–5	4,5–11	Suave	Erosión débil y difusa; inicio de regueras
5–10	11–22	Moderada	Erosión moderada a fuerte; inicio de erosión lineal
10–20	22–44,5	Fuerte	Erosión intensa; desarrollo de cárcavas incipientes
20–30	44,5–67	Moderadamente escarpada	Cárcavas frecuentes; movimientos en masa y reptación
30–45	67–100	Muy escarpada	Coluvionamiento y procesos gravitacionales
>45	>100	Acantilada	Desprendimientos, derrumbes y corredores de derrubios

Fuente: Elaboración propia, a partir de Araya-Vergara y Börgel (1972), Young (1975) y Ferrando (1993).

Los rangos de pendiente fueron utilizados como criterio para identificar condiciones topográficas potencialmente favorables para el desarrollo de procesos gravitacionales. En términos generales, los sectores con mayores pendientes presentan una mayor componente gravitacional y, por tanto, una mayor predisposición relativa a procesos de inestabilidad. No obstante, la pendiente fue interpretada conjuntamente con las demás características del terreno, debido a que por sí sola no permite determinar la ocurrencia de un proceso de remoción en masa. La información litológica fue analizada a partir de las unidades geológicas presentes dentro del área de estudio, considerando sus características generales y su posible relación con procesos de erosión e inestabilidad. Para ello, se utilizaron las unidades cartografiadas por SERNAGEOMIN y los antecedentes geológicos disponibles para el área de estudio.

De manera complementaria, las unidades geomorfológicas fueron consideradas en función de las formas del relieve presentes en el área y de su relación con las condiciones topográficas que pudiesen favorecer la generación o propagación de procesos gravitacionales. Esta interpretación permitió contextualizar los resultados del análisis de pendientes dentro de las características morfológicas generales del terreno.

La precipitación fue incorporada como factor desencadenante potencial, considerando los antecedentes pluviométricos disponibles para el área de estudio y las condiciones de marcada aridez que caracterizan el sector. En este contexto, la baja magnitud y frecuencia de las precipitaciones constituyen una condición que limita la disponibilidad de agua como agente desencadenante habitual de procesos de remoción en masa. Sin perjuicio de ello, se reconoce que eventos pluviométricos episódicos pueden favorecer procesos erosivos, escurrimientos concentrados y, dependiendo de las condiciones locales, procesos gravitacionales.

La actividad sísmica fue considerada como un factor desencadenante potencial debido a su capacidad de modificar las condiciones de estabilidad de laderas y favorecer la ocurrencia de

procesos gravitacionales. Su incorporación se realizó desde una perspectiva regional, sin establecer una relación determinística entre la ocurrencia de sismos y la generación de remociones en masa dentro del área de estudio.

La evaluación final se realizó mediante la integración e interpretación conjunta de los antecedentes topográficos, geológicos, geomorfológicos y pluviométricos. El análisis tuvo como objetivo identificar la presencia de condiciones físicas que pudiesen favorecer procesos de remoción en masa y determinar su relevancia respecto del área de emplazamiento del Proyecto. En consecuencia, la evaluación corresponde a una caracterización cualitativa de las condiciones predisponentes y desencadenantes del terreno y no a un cálculo de un índice numérico de susceptibilidad ni a la elaboración de una zonificación espacial de susceptibilidad. Por tanto, los resultados se interpretan en función de las características generales del área de estudio y de su relación con las obras del Proyecto.

2.8.4.4.2. Amenaza Sísmica

La caracterización de la amenaza sísmica del área de estudio se realizó mediante la recopilación y análisis de antecedentes sismológicos históricos y regionales, considerando la distribución espacial de los principales eventos registrados y su relación con el contexto tectónico en el que se emplaza el Proyecto. Para ello, se revisaron registros históricos de sismicidad disponibles para el territorio nacional, priorizando aquellos eventos de magnitud igual o superior a M 7,0, debido a su relevancia para la caracterización de la sismicidad regional. Los eventos seleccionados fueron sistematizados considerando, cuando la información se encontró disponible, su fecha de ocurrencia, magnitud, localización y distribución espacial respecto del área de estudio. Posteriormente, se realizó un análisis espacial de la distribución de los epicentros mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), con el propósito de establecer la relación entre los principales eventos sísmicos históricos y el área de emplazamiento del Proyecto. Esta revisión permitió contextualizar la sismicidad del sector dentro del marco tectónico regional, considerando la condición sismogénica característica del margen continental de Chile. La evaluación se desarrolló con un enfoque cualitativo, orientado a determinar la exposición del área de estudio frente a la ocurrencia de eventos sísmicos regionales. En consecuencia, los antecedentes históricos y la distribución espacial de la sismicidad fueron utilizados como elementos de apoyo para la interpretación de la amenaza sísmica, sin desarrollar un análisis probabilístico de amenaza sísmica ni estimaciones de aceleración máxima del terreno

2.8.4.4.3. Amenaza Volcánica

La caracterización de la amenaza volcánica se realizó mediante la identificación y revisión de los principales centros volcánicos presentes en el contexto regional del área de estudio. Para ello, se utilizaron antecedentes cartográficos y bibliográficos, complementados con información oficial disponible del Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN) y de la Red Nacional de Vigilancia Volcánica (RNVV). En primera instancia, se identificaron los centros volcánicos regionales potencialmente relevantes para el área de estudio, considerando su

ubicación geográfica, antecedentes de actividad y distancia respecto del Proyecto. Entre los centros considerados se encuentran los complejos Olca-Paruma, Ollagüe, San Pedro, Láscar y Lastarria, cuya distribución fue analizada espacialmente mediante herramientas SIG. La evaluación consideró la relación espacial entre los centros volcánicos identificados y el área de emplazamiento del Proyecto, junto con sus antecedentes de actividad volcánica y estado de vigilancia. Esta información permitió establecer una aproximación cualitativa a la amenaza volcánica regional, considerando la distancia de los centros emisores respecto de las obras del Proyecto y la información disponible sobre su actividad. La interpretación de la amenaza se efectuó a escala regional y no contempló la modelación específica de fenómenos volcánicos particulares, tales como flujos piroclásticos, lahares, caída de tefra o flujos de lava. Por lo tanto, los resultados se orientan a establecer el contexto volcánico regional y la relación espacial del Proyecto con los principales centros volcánicos identificados.

2.8.4.4.4. Precipitaciones y Activación de Quebradas

La caracterización de las condiciones pluviométricas y de la eventual activación de quebradas se realizó a partir de antecedentes climáticos, pluviométricos, hidrológicos y cartográficos disponibles para el área de estudio y su contexto regional. El análisis tuvo como propósito caracterizar las condiciones de precipitación predominantes y su relación con el régimen de escurrimiento superficial en el área de emplazamiento del Proyecto.

En primera instancia, se revisaron antecedentes climáticos, pluviométricos e hidrológicos disponibles para el sector, considerando la magnitud y frecuencia de las precipitaciones, el carácter árido a hiperárido del territorio y el funcionamiento predominantemente efímero de la red de drenaje. Como antecedente complementario se consideró la Línea Base de Hidrología del Proyecto, que sitúa el emplazamiento dentro de la subsubcuenca “Río Loa entre Río San Salvador y Quebrada Amarga” y aporta información sobre la red de drenaje y las unidades hidrográficas que concentran escurrimientos hacia el área de estudio. Mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y antecedentes cartográficos se identificaron los principales cauces, quebradas y escurrimientos superficiales y se analizó su relación espacial con el trazado de la Línea de Transmisión Alfa Solar–Kimal y sus estructuras.

Finalmente, la eventual activación de quebradas y drenajes efímeros se evaluó mediante un análisis cualitativo que integró las condiciones pluviométricas, la configuración geomorfológica, la red de drenaje superficial, las unidades hidrográficas de referencia y su relación espacial con las obras del Proyecto. La marcada aridez del sector se consideró como una condición que limita la frecuencia de escurrimiento, pero no como un criterio suficiente para descartar la ocurrencia de activaciones episódicas durante eventos de precipitación de mayor magnitud.

2.8.5. RESULTADOS

2.8.5.1. Geología

2.8.5.1.1. Marco Geológico Regional

El territorio chileno se localiza en una zona activa de convergencia entre las placas de Nazca y Sudamericana, lo que ha sido determinante en su evolución geológica desde el Paleozoico hasta la actualidad. El área de estudio del Proyecto se encuentra situada en el dominio morfoestructural denominado Depresión Central, constituida litológicamente por mantos de rocas volcánicas terciarias de carácter ignimbrítico-riolítico y caracterizada por la presencia de depósitos sedimentarios recientes que cubren unidades litológicas más antiguas, las cuales en algunos sectores afloran como cerros islas. Estructuralmente, la Depresión Central se encuentra limitada por el oeste por la Zona de Falla de Atacama (ZFA), cuyas estructuras se disponen con orientación predominante norte-sur.

2.8.5.1.2. Geología Local

Para la caracterización geológica local del área de emplazamiento del Proyecto, se utilizó como referencia la Carta Tocopilla y María Elena, escala 1:100.000 (Medina et al., 2012), lo que permite un mayor nivel de detalle respecto de la escala regional del Mapa Geológico de Chile 1:1.000.000 (SERNAGEOMIN, 2003).

2.8.5.1.3. Unidades Geológicas Identificadas en el Área del Proyecto

Según la Carta Tocopilla y María Elena, escala 1:100.000 (Medina et al., 2012), en el sector se reconocen distintas unidades geológicas, entre ellas depósitos fluviales del Cuaternario (Hf), asociados a los cauces activos de los ríos Loa y San Salvador; depósitos aluviales del Cuaternario (PlHa, Hal), que rellenan quebradas y cursos de drenaje de baja pendiente; la Formación Quillagua (Pq), del Plioceno, constituida por depósitos calcáreos semi-consolidados (margas, diatomitas, calizas, tufitas y travertinos) que forman la cubierta de erosión de la pampa hacia el sector oriental de la Carta; depósitos aluviales del Mioceno-Plioceno (MPa); y la Formación La Negra (Jln, Jv), de edad Sinemuriano-Kimmeridgiano, correspondiente a una secuencia volcánica de lavas andesíticas que aflora de forma discontinua en la Cordillera de la Costa.

De acuerdo con el análisis geológico del área de emplazamiento del Proyecto, la totalidad del trazado de la Línea de Transmisión Alfa Solar – Kimal, se encuentra emplazado sobre la unidad Depósitos aluviales del Mioceno – Plioceno (MPa), correspondiente a depósitos clasto-soportados y poco consolidados de gravas mal seleccionadas con matriz de arena. Los estratos poseen potencias centimétricas y ocasionalmente se intercalan con estratos de arenas laminadas de reducido espesor. Estos depósitos sobreyacen a unidades cenozoicas y pre-cenozoicas, y subyacen a depósitos aluviales recientes.

A la escala de la cartografía geológica consultada, no se reconocen otras unidades geológicas a lo largo de los 4,33 km del trazado, por lo que el sector presenta una condición relativamente homogénea desde el ML de la S/E Alfa Solar Sur hasta el ML de la S/E Kimal.

Fotografía 1. Estrato superficial observado en el área del Proyecto.

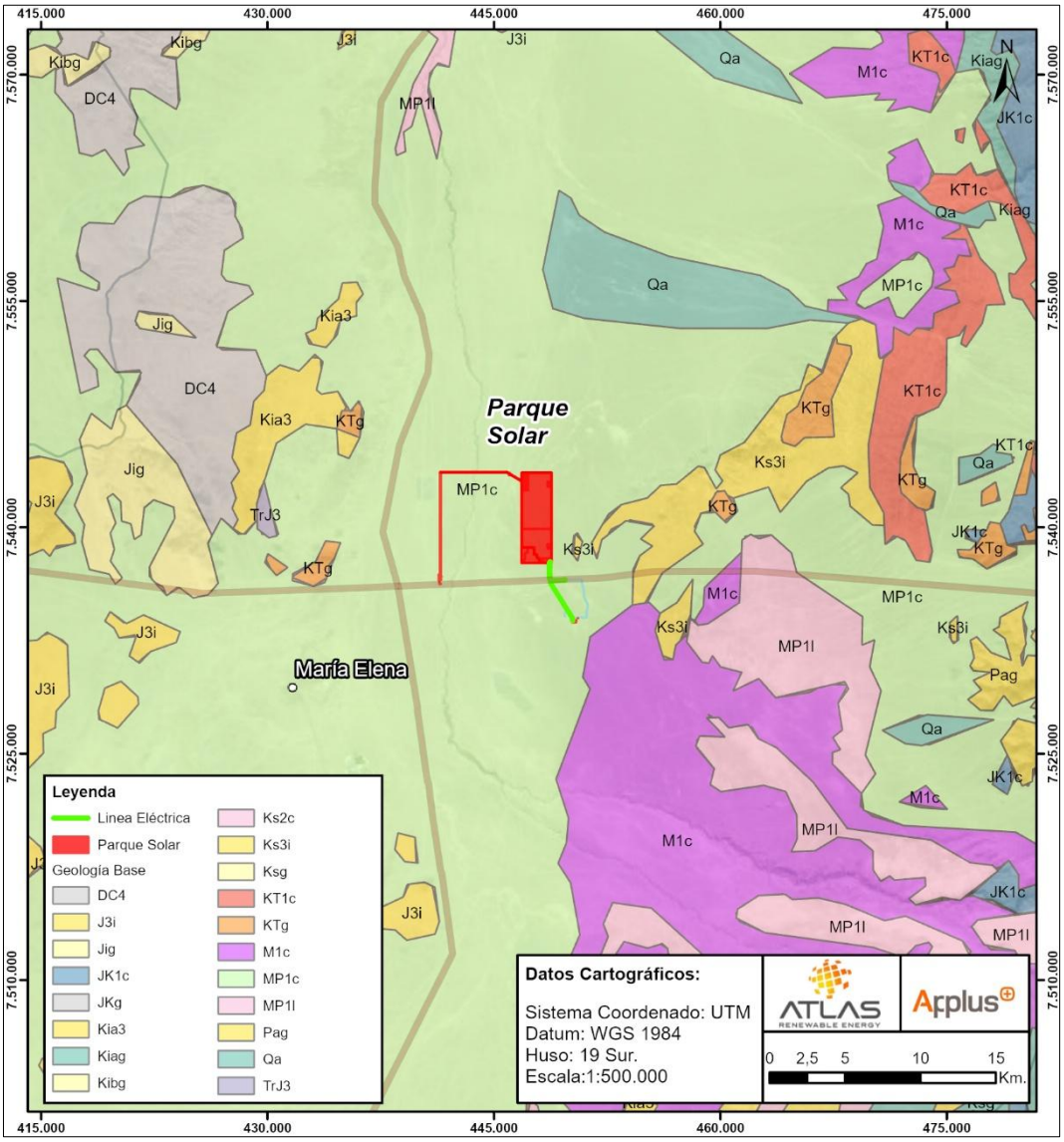


Fuente: Elaboración propia. A partir de campaña de terreno realizada entre el 30 de junio y el 3 de julio de 2026.

A partir de los antecedentes geológicos disponibles para el sector de emplazamiento del Proyecto, se realizó la identificación y representación espacial de las principales unidades geológicas presentes en el área de estudio y su entorno, con el objeto de establecer el contexto geológico en el cual se emplazan las partes y obras proyectadas.

La Figura 5 presenta la distribución de estas unidades y su relación espacial con el Parque Solar y la Línea Eléctrica proyectada, permitiendo contextualizar las características geológicas del sector a una escala territorial más amplia.

Figura 5. Geología del área de estudio y emplazamiento de las obras del Proyecto.



Fuente: Elaboración propia, 2026.

2.8.5.2. GEOMORFOLOGÍA

2.8.5.2.1. Marco Geomorfológico Regional

El área de emplazamiento del Proyecto se ubica en la región descrita por Börgel (1983) como "Región Septentrional de las Pampas Desérticas y Cordilleras Prealtiplánicas", la cual se extiende entre la línea fronteriza internacional Chile-Perú y el río Elqui, abarcando una superficie aproximada de 291.100 km², diferenciándose en ella 16 unidades geomorfológicas. A nivel general, la geomorfología de esta área se rige por las macroformas características del relieve nacional: Planicies Litorales, Cordillera de la Costa, Depresión Intermedia y Cordillera de los Andes.

Dentro de la Depresión Intermedia, en el sector donde se emplaza el Proyecto, es posible distinguir subunidades transicionales como las pampas desérticas, entre ellas la denominada "gran pampa central o del Tamarugal", que se extiende desde la Quebrada de Tana hasta el río Loa, y hacia el sur de este límite, la unidad conocida como "Desierto de Atacama".

2.8.5.2.2. Geomorfología Local

Un análisis local de la geomorfología del área de emplazamiento del Proyecto muestra que la totalidad del trazado de la Línea de Transmisión Alfa Solar – Kimal se ubica en la zona de transición entre las unidades geomorfológicas "Pampa del Tamarugal" y "Desierto de Atacama", cuyo límite corresponde al río Loa.

La unidad "Pampa del Tamarugal" se caracteriza por ser una extensa planicie de sedimentación árida, rellenada de forma más o menos homogénea por materiales aluviales y, en menor medida, coluviales, provenientes de un sistema de quebradas que descienden desde la precordillera andina. Estos depósitos presentan un evidente gradiente de altura, generando pendientes suaves a moderadas en la mayor parte del área. Predominan en esta unidad los escurrimientos de carácter endorreico y esporádico, sujetos a eventos pluviométricos altiplánicos y prealtiplánicos, a excepción del río Loa, único curso exorreico y permanente que la atraviesa.

Fotografía 2. Vista general del área de estudio.



Fuente: Elaboración propia. A partir de campaña de terreno realizada entre el 30 de junio y el 3 de julio de 2026.

Por su parte, la unidad "Desierto de Atacama" se extiende hacia el sur del río Loa, presentando predominio de depósitos aluviales, coluviales y eólicos del Mioceno-Holoceno, producto de continuos procesos de meteorización física (Börgel, 1983).

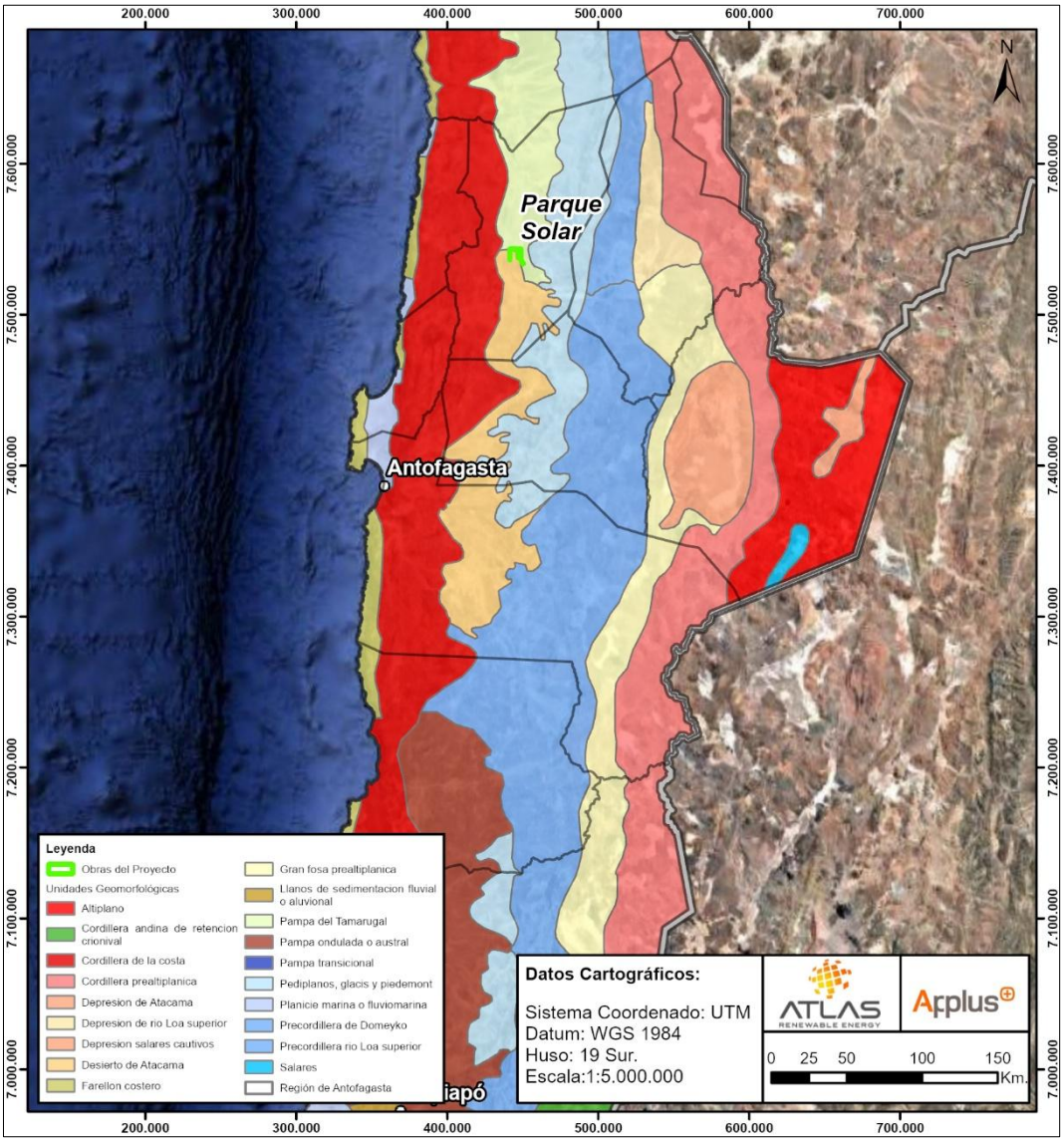
En relación con los procesos morfodinámicos actuales, el dominio eólico se presenta como el agente erosivo predominante, evidenciado por pavimentos desérticos y ventifactos. Los rasgos de origen fluvial y aluvial presentan baja expresión bajo las condiciones áridas actuales; sin embargo, pueden reactivarse de manera episódica durante eventos de precipitación capaces de generar escorrentía concentrada, aspecto que se analiza específicamente en el apartado de activación de quebradas.

Fotografía 3. Ventifactos y pavimento desértico en el área del Proyecto.



Fuente: Elaboración propia. A partir de campaña de terreno realizada entre el 30 de junio y el 3 de julio de 2026.

Figura 6. Unidades geomorfológicas del área de estudio y emplazamiento de las obras del Proyecto.



Fuente: Elaboración propia en base a Börgel, 1983.

2.8.5.3. PELIGROS NATURALES

2.8.5.3.1. Peligros Geológicos y Geomorfológicos

Los peligros geológicos y geomorfológicos corresponden a fenómenos o procesos naturales asociados a la dinámica interna o superficial de la Tierra que pueden manifestarse en un territorio determinado. Para el análisis se distinguen peligros de origen endógeno, asociados principalmente a sismicidad y volcanismo, y peligros de origen exógeno, asociados a procesos de remoción en masa y activación de quebradas. La utilización del término riesgo se reserva para aquellos análisis que integren, además del peligro, la exposición y vulnerabilidad de los elementos potencialmente afectados.

En el contexto territorial del Proyecto se consideran, por tanto, peligros de origen endógeno asociados a actividad sísmica y volcanismo y peligros de origen exógeno asociados a remociones en masa y activación episódica de quebradas.

2.8.5.3.2. Pendientes

El análisis de pendientes se realizó a partir de un Modelo Digital de Elevación (DEM), utilizando como referencia los rangos morfodinámicos de Araya Vergara y Börgel (1972), complementados por Young (1975) y Ferrando (1993). En el área de estudio predominan pendientes bajas, asociadas principalmente a superficies levemente horizontales, suaves y moderadas; la interpretación de la pendiente se realiza en conjunto con la litología y la geomorfología y no como indicador único de susceptibilidad. La cartografía temática resultante se presenta en sistema de coordenadas UTM, Datum WGS 1984, Huso 19 Sur, conforme a los datos cartográficos indicados en la Figura 7.

Para efectos de representación cartográfica, los rangos de pendiente utilizados como referencia metodológica fueron agrupados en tres clases, de acuerdo con los valores representados en la Figura 7. De esta forma, las categorías de 0–2°, 2–5° y 5–10° se integraron en la clase 0,1–10° (Muy Bajo); el intervalo 10–20° se representó como 10,1–20° (Bajo); y el intervalo 20–30° como 20,1–30° (Medio). No se representan clases superiores a 30° en la cartografía, al no constituir categorías relevantes dentro del ámbito cartografiado. Esta agrupación se utiliza exclusivamente con fines de representación e interpretación cartográfica y no modifica los rangos morfodinámicos empleados como referencia metodológica.

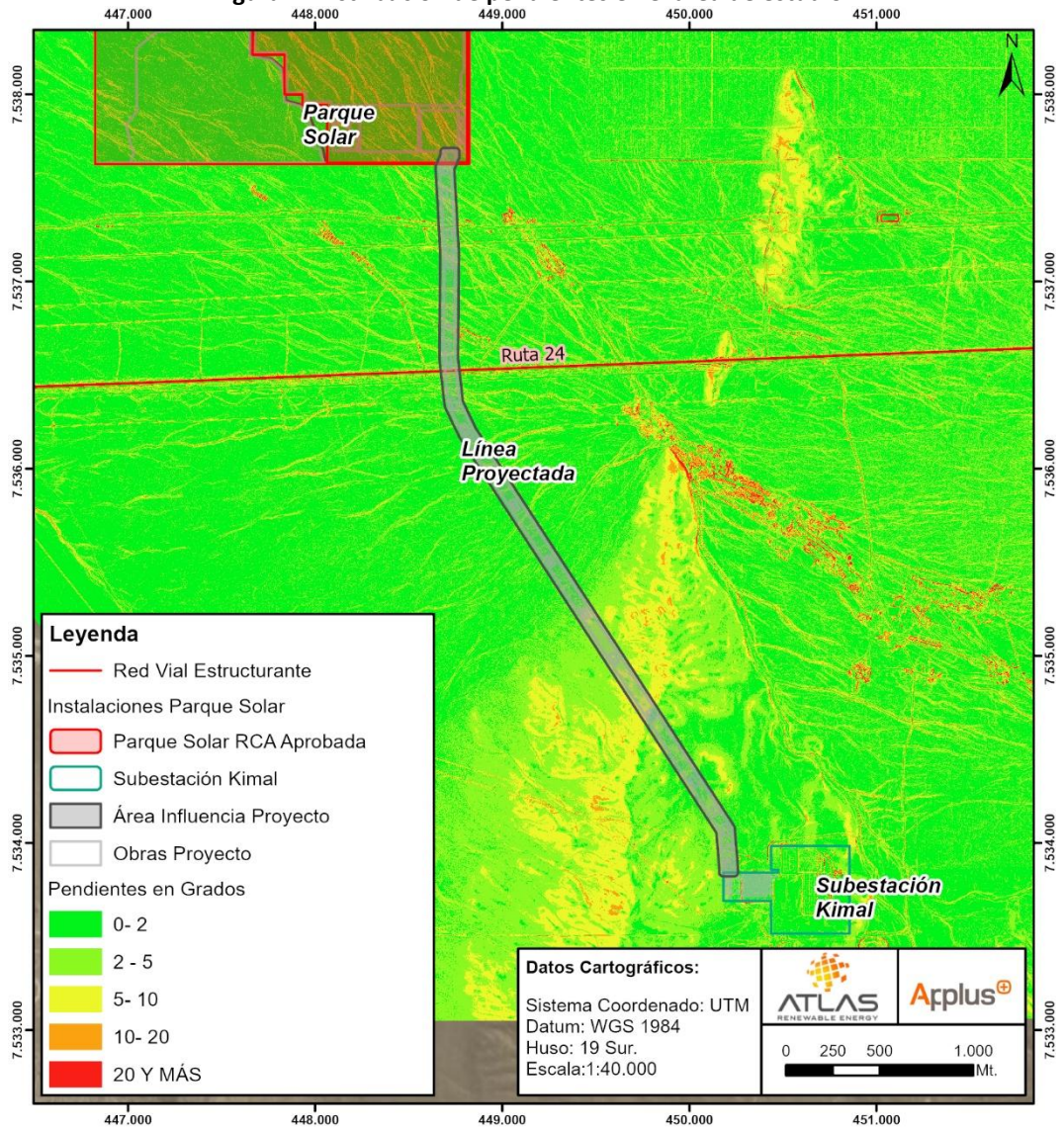
Tabla 4. Clasificación de pendientes.

Pendiente (grados)	Pendiente aprox. (%)	Clasificación según cartografía	Proceso erosivo dominante	Interpretación morfodinámica
0,1–10°	0,2–17,6 %	Muy Bajo	Erosión nula a moderada, predominantemente difusa	Corresponde a superficies planas a suavemente inclinadas. Presenta condiciones poco favorables para el desarrollo de procesos gravitacionales de ladera; localmente pueden desarrollarse regueras y erosión lineal incipiente asociadas a escurrimientos episódicos.
10,1–20°	17,8–36,4 %	Bajo	Erosión moderada a intensa	Corresponde a sectores de pendiente moderada a fuerte, donde aumenta la capacidad de erosión superficial y puede favorecerse el desarrollo localizado de regueras, cárcavas incipientes y otros procesos erosivos, especialmente ante eventos de precipitación concentrada.
20,1–30°	36,6–57,7 %	Medio	Erosión fuerte y procesos	Corresponde a sectores de mayor inclinación relativa, con mayor predisposición a erosión

Pendiente (grados)	Pendiente aprox. (%)	Clasificación según cartografía	Proceso erosivo dominante	Interpretación morfodinámica
			gravitacionales localizados	intensa, formación de cárcavas y desarrollo localizado de procesos gravitacionales, dependiendo de las características litológicas, geomorfológicas y de los factores desencadenantes.

Fuente: Elaboración propia a partir de Araya-Vergara y Börgel (1972), Young (1975) y Ferrando (1993).

Figura 7. Distribución de pendientes en el área de estudio.



Fuente: Elaboración propia, 2026.

2.8.5.3.3. Sismicidad

El norte de Chile se emplaza en un margen tectónico activo asociado a la subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana y presenta antecedentes históricos e instrumentales de sismos de gran magnitud. Para contextualizar la amenaza sísmica regional se revisaron eventos de magnitud igual o superior a M 7,0 registrados en el entorno regional. La Tabla 5 resume los eventos seleccionados como referencia; su utilización tiene un carácter descriptivo y no corresponde a un análisis probabilístico de

Tabla 5. Principales eventos sísmicos considerados para la caracterización del contexto sísmico regional del Proyecto.

Fecha	Hora local	Magnitud	Latitud	Longitud	Profundidad (km)
06-12-1953	22:05	Ms 7,4	-22,1	-68,7	128
28-12-1966	4:18	Ms 7,8	-25,51	-70,74	23
21-12-1967	22:25	Ms 7,5	-21,8	-70	33
30-07-1995	1:11	Mw 8,0	-23,36	-70,31	47
14-11-2007	12:40	Mw 7,7	-22,314	-70,078	47,7
18-07-2024	—	Mww 7,4	—	—	145

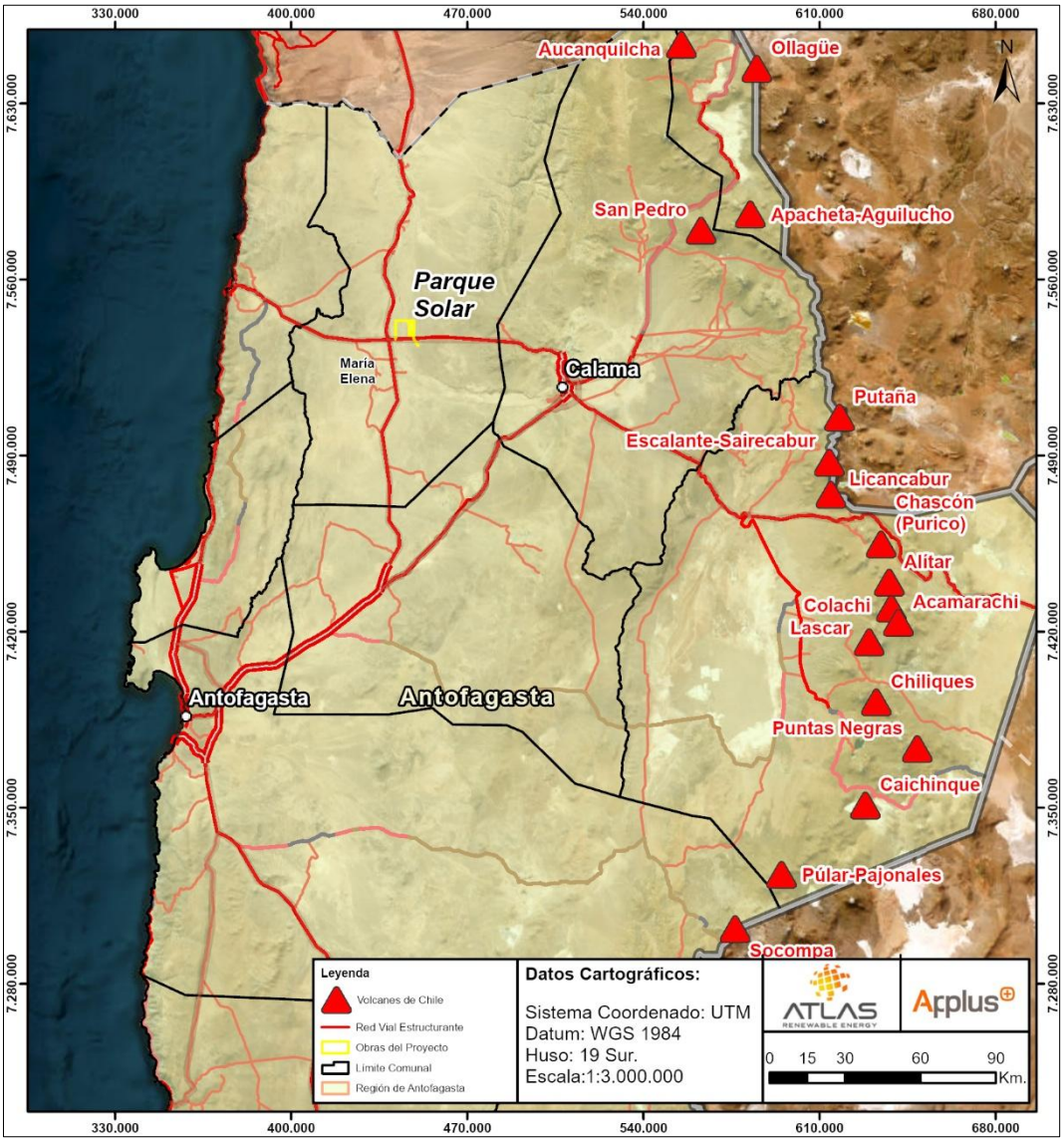
Fuente: Elaboración propia sobre la base de antecedentes del Centro Sismológico Nacional (CSN), Universidad de Chile: *Grandes terremotos en Chile*; *Efemérides sísmicas: Terremoto de Antofagasta de 1995*; *Efemérides sísmicas: Terremoto de Tocopilla 2007*; y *Sismo 7.4 Mww – 18 de julio de 2024*. Consulta: agosto de 2026.

La amenaza sísmica constituye una condición regional inherente al margen tectónico chileno. Los antecedentes revisados no permiten atribuir al área del Proyecto una condición singular de peligrosidad respecto de su contexto regional.

2.8.5.3.4. Volcanismo

En el contexto regional se identifican, entre otros, el Complejo Volcánico Olca-Paruma y los volcanes Ollagüe, San Pedro, Láscar y Lastarria. La caracterización de la amenaza volcánica considera su ubicación, distancia respecto del Proyecto, antecedentes de actividad y la información oficial de vigilancia y cartografía de peligros disponible de SERNAGEOMIN. La condición de alerta técnica vigente es un antecedente dinámico y no equivale, por sí sola, a clasificar un volcán como activo o inactivo. Con los antecedentes revisados para este estudio no se reconocen condiciones que permitan establecer una afectación volcánica directa relevante sobre el emplazamiento de las obras.

Figura 8. Centros volcánicos considerados en el contexto regional del Proyecto.



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes de SERNAGEOMIN.

2.8.5.3.5. Precipitaciones y Activación de Quebradas

Para la caracterización de la posible activación de quebradas y drenajes efímeros se consideraron los antecedentes disponibles para el sector, junto con las características topográficas y geomorfológicas del área de estudio y la configuración de la red de drenaje superficial.

El área de estudio se emplaza en un territorio de marcada aridez, caracterizado por la presencia de una red de drenaje superficial de carácter predominantemente efímero. En este tipo de ambientes, los cauces permanecen secos durante gran parte del tiempo y pueden activarse temporalmente ante la ocurrencia de eventos de precipitación capaces de generar escorrentía superficial.

Desde el punto de vista geomorfológico, el sector corresponde principalmente a superficies de baja pendiente asociadas a ambientes de sedimentación árida, donde los rasgos de origen fluvial y aluvial presentan una expresión episódica. Los antecedentes disponibles para el área reconocen precisamente este comportamiento, señalando que los procesos fluviales y aluviales se encuentran asociados a eventos de precipitación capaces de generar escorrentía.

En este contexto, las condiciones hiperáridas y la baja frecuencia de las precipitaciones no permiten descartar la ocurrencia ocasional de escurrimientos superficiales, particularmente a través de cauces y drenajes que habitualmente permanecen secos. Por esta razón, la caracterización de este fenómeno considera la configuración del relieve, la disposición de la red de drenaje superficial y su relación espacial con las partes y obras del Proyecto.

Sobre la base de los antecedentes disponibles, la activación de quebradas y drenajes corresponde a un fenómeno de carácter episódico, condicionado principalmente por la ocurrencia de precipitaciones capaces de generar escorrentía superficial. En consecuencia, su análisis a escala del Proyecto se orienta a identificar la presencia de cauces o vías de escurrimiento y establecer su relación espacial con las obras proyectadas.

2.8.5.3.6. Remoción en Masa

La caracterización de las condiciones asociadas a procesos de remoción en masa se realizó mediante un análisis cualitativo de los principales factores que pueden condicionar su desarrollo en el área de estudio. Para ello se consideraron de manera integrada la pendiente del terreno, las características geológicas y geomorfológicas y las condiciones pluviométricas del sector, diferenciando entre factores predisponentes y potenciales factores desencadenantes.

La pendiente constituye uno de los factores predisponentes relevantes para el desarrollo de procesos gravitacionales, debido a que condiciona la estabilidad del material y la acción de la gravedad sobre las laderas. Para su caracterización se utilizó un Modelo Digital de Elevación (DEM), procesado mediante herramientas SIG. Los resultados fueron agrupados en tres intervalos de pendiente para facilitar su representación cartográfica y la interpretación de las condiciones predominantes en el sector del Proyecto.

Tabla 6. Rangos de pendiente e interpretación para el análisis de remoción en masa.

Pendiente (°)	Pendiente aprox. (%)	Condición del terreno	Interpretación para remoción en masa
0,1–10°	0,2–17,6 %	Plano a suavemente inclinado	Baja predisposición asociada a la pendiente. Las condiciones topográficas son poco favorables para el desarrollo de movimientos gravitacionales de ladera. Pueden presentarse procesos erosivos superficiales y escurrimientos localizados.
10,1–20°	17,8–36,4 %	Moderadamente inclinado	Predisposición intermedia asociada a la pendiente. El

Pendiente (°)	Pendiente aprox. (%)	Condición del terreno	Interpretación para remoción en masa
			incremento de la inclinación favorece procesos erosivos y, localmente, procesos gravitacionales cuando concurren otros factores predisponentes o desencadenantes.
20,1–30°	36,6–57,7 %	Fuertemente inclinado	Mayor predisposición relativa asociada a la pendiente. Estas condiciones pueden favorecer procesos gravitacionales localizados, particularmente cuando coinciden con materiales susceptibles, erosión o concentración de escorrentía.

Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de pendientes mediante DEM y criterios morfodinámicos de referencia.

El análisis de pendientes muestra que en el área de emplazamiento del Proyecto predominan terrenos de baja inclinación, concentrados principalmente en el intervalo comprendido entre 0,1° y 10°. Desde el punto de vista exclusivamente topográfico, estas superficies presentan una baja predisposición relativa al desarrollo de movimientos gravitacionales de ladera, debido a la ausencia predominante de pendientes fuertes o escarpadas.

Los sectores comprendidos entre 10,1° y 20° presentan condiciones de mayor inclinación y, por consiguiente, una predisposición relativa superior a la del intervalo anterior. Sin embargo, la presencia de estas pendientes no implica por sí misma la ocurrencia de procesos de remoción en masa, dado que su desarrollo depende de la concurrencia de otros factores, tales como las características del material, la configuración geomorfológica y la presencia de agentes desencadenantes.

Las pendientes comprendidas entre 20,1° y 30° representan las condiciones topográficas de mayor inclinación consideradas en la clasificación cartográfica. En estos sectores puede existir una mayor predisposición relativa al desarrollo de procesos gravitacionales.

En consecuencia, considerando de manera integrada el predominio de pendientes bajas, el emplazamiento del trazado sobre depósitos aluviales (MPa) en la porción distal de un sistema de abanicos aluviales sin laderas desarrolladas y las precipitaciones de baja magnitud y frecuencia del sector (P24 de 14 mm para T = 10 años), se concluye que el área de emplazamiento de las obras presenta una susceptibilidad baja a procesos de remoción en masa.

2.8.6. CONCLUSIONES

El área de estudio del proyecto Incorporación Línea de Transmisión SE Alfa Solar – SE Kimal 2x220 kV, se emplaza geológicamente sobre Depósitos aluviales del Mioceno–Plioceno (MPa), constituidos principalmente por gravas mal seleccionadas con matriz arenosa y baja consolidación. A la escala de la cartografía consultada, esta unidad presenta una distribución relativamente homogénea a lo largo del trazado y no se cartografían estructuras de falla que intersecten directamente las obras. Geomorfológicamente, el trazado se inserta en la transición entre la Pampa del Tamarugal y el Desierto de Atacama, en un sector de planicies de sedimentación árida y bajas pendientes. El dominio eólico constituye el proceso superficial de mayor expresión actual, mientras que los rasgos fluviales y aluviales presentan actividad episódica asociada a eventos de precipitación capaces de generar escorrentía.

En relación con los peligros naturales, las condiciones topográficas y geomorfológicas observadas no indican una susceptibilidad alta o generalizada a procesos de remoción en masa en el emplazamiento de las obras. La sismicidad, en cambio, constituye una condición de peligrosidad regional inherente al contexto tectónico del norte de Chile, por lo que las solicitaciones sísmicas correspondientes deben ser consideradas en el diseño estructural conforme a la normativa vigente.

En relación con el volcanismo, los centros considerados en el contexto regional incluyen Olca–Paruma, Ollagüe, San Pedro, Láscar y Lastarria. La evaluación se aborda considerando la distancia, los antecedentes de actividad y la cartografía oficial de peligros disponible, evitando utilizar el estado de alerta técnica como sinónimo de actividad o inactividad. Sobre la base de los antecedentes revisados en esta caracterización no se reconoce una condición de afectación volcánica directa relevante sobre el emplazamiento de las obras.

Finalmente, el área de estudio se inserta en un contexto climático de marcada aridez y presenta una red de drenaje superficial predominantemente efímera. Los antecedentes hidrológicos disponibles indican que el emplazamiento se encuentra en la porción distal de un sistema de abanicos aluviales y dentro de la subsubcuenca “Río Loa entre Río San Salvador y Quebrada Amarga”, reconociéndose unidades aportantes capaces de generar escurrimientos superficiales durante eventos pluviométricos extraordinarios. En consecuencia, la baja precipitación media no se utiliza por sí sola para descartar la activación episódica de drenajes y quebradas, y su análisis considera la topografía, la configuración geomorfológica, la red de drenaje y la relación espacial con las obras proyectadas.

En términos generales, los antecedentes geológicos, geomorfológicos, pluviométricos y de peligros naturales analizados permiten caracterizar un emplazamiento de relieve predominantemente plano y baja pendiente, sin evidencias, a la escala de estudio, de condiciones de alta susceptibilidad generalizada a remociones en masa. La sismicidad constituye una amenaza regional permanente; la activación de drenajes es de carácter episódico y debe ser considerada en los sectores de cruce; y el volcanismo se evalúa a escala regional con base en

información oficial. Estas conclusiones deben leerse en conjunto con la cartografía temática y con los antecedentes de diseño y de otras componentes del medio físico del Proyecto.

2.8.7. BIBLIOGRAFÍA

- Araya-Vergara, J. y Börgel, R. 1972. Definición de parámetros para establecer un banco nacional de riesgos y amenazas naturales criterios para su diseño. Chile.
- Barredo Cano, J. I. (1996). *Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*. RA-MA.
- Börgel, R. 1983. Geomorfología. Colección Geografía de Chile, Ediciones Instituto Geográfico Militar, Santiago.
- Mora, R. (2004). *Estimación de pesos ponderados de variables para generar mapas de susceptibilidad a movimientos en masa a través de la evaluación espacial multicriterios*.
- Medina, et al. (2012). Carta Tocopilla y María Elena, escala 1:100.000.
- SERNAGEOMIN. 2003. Mapa Geológico de Chile: Versión Digital. Nº 4. Escala 1:1.000.000.
- Servicio de Evaluación Ambiental (2026). Guía Áreas de Influencia en el SEIA (2ª edición).
- Varnes, D. J. (1978). Slope movement types and processes. In R. L. Schuster & R. J. Krizek (Eds.), *Landslides: Analysis and control* (Transportation Research Board Special Report 176, pp. 11–33). National Academy of Sciences.
- EIRD/ONU. 2004. Terminología: reducción del riesgo de desastres. Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres.
- Ferrando, F. 1993. La cuenca andina del río Mapocho: determinación de su estado de equilibrio morfodinámico. Chile.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, artículo 2.1.17, y sus modificaciones vigentes.
- SERNAGEOMIN. Red Nacional de Vigilancia Volcánica (RNVV). Antecedentes oficiales de vigilancia y peligros volcánicos consultados para el análisis.
- Young, A. 1975. Slopes. Longman, London.