

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7659

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS EN EL CENTRO POBLADO DE ALIS

Departamento: Lima

Provincia: Yauyos

Distrito: Alis



**SETIEMBRE
2025**

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS EN EL CENTRO POBLADO DE ALIS

*Distrito Alis
Provincia Yauyos
Departamento Lima*



Elaborado por la Dirección de
Geología Ambiental y Riesgo
Geológico del Ingemmet

Equipo técnico:

Angel Gonzalo Luna Guillén

Segundo Alfonso Núñez Juárez

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2025). "Evaluación de peligros geológicos y geohidrológicos en el centro poblado de Alis". Distrito Alis, provincia Yauyos, departamento de Lima. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N°A7659, 37p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. Objetivos del estudio	3
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	4
1.3. Aspectos generales.....	6
1.3.1. Ubicación	6
1.3.2. Población	6
1.3.3. Accesibilidad	6
1.3.4. Clima	7
2. DEFINICIONES	9
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	12
3.1. Unidades litológicas.....	12
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	18
4.1. Pendientes del terreno	18
4.2. Unidades geomorfológicas	21
5. PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA (MM) Y GEOHIDROLÓGICOS (PGH).....	23
5.1.1. Sector 1 – Inundación fluvial	23
5.1.2. Sector 2 – Inundación fluvial	24
5.1.3. Sector 3 – Flujo de detritos.....	25
5.1.4. Sector 4 – Derrumbes.....	27
5.1.5. Sector 4 – Caída de rocas	29
5.2. Factores condicionantes.....	31
5.3. Factores desencadenantes.....	32
6. CONCLUSIONES.....	33
7. RECOMENDACIONES.....	34
8. BIBLIOGRAFÍA.....	37
ANEXO 1: MAPAS.....	38

RESUMEN

El presente informe corresponde a la evaluación de peligros geológicos y geohidrológicos en parte del tramo de carretera que conecta el centro poblado Alis y alrededores del centro poblado, distrito Alis, provincia Yauyos, departamento Lima (ruta alterna de acceso a Huancayo). El área evaluada se ubica en el ámbito de la Cordillera Occidental, dentro de un entorno montañoso y quebrado, a altitudes superiores a los 3 300 m s.n.m.

Litológicamente, el área se encuentra dominada por afloramientos de las formaciones Jumasha, Chulec y Paritambo, representados mayoritariamente por calizas masivas de color gris claro a oscuro, con estratificación poco evidente y fuerte fracturamiento, lo que favorece su comportamiento como un acuífero kárstico. Además, se identificaron depósitos coluvio-deluviales no consolidados que cubren parcialmente las laderas y terrazas aluviales donde se asienta el centro poblado de Alis.

El terreno presenta laderas empinadas con pendientes entre 30° y 80°, que alternan con terrazas y zonas de acumulación de material detrítico, generando condiciones de inestabilidad, especialmente en épocas de lluvias intensas.

Durante los trabajos de campo se identificaron peligros geológicos y geohidrológicos en cuatro sectores. En el sector 1 se evidenció afectación por inundación fluvial producto del desborde del río Alis, afectando más de 120 m de carretera Alis; condicionado por el estrechamiento del cauce y una reducción de la sección hidráulica. En el Sector 2, se identificó inundación por infiltración subterránea, atribuida al comportamiento kárstico de las calizas y al almacenamiento de agua en los depósitos coluvio-deluviales. Esto ha provocado el rebose de agua hacia la vía, afectando la carretera en un tramo de 250 m. En el Sector 3 se reconoció un abanico activo de flujo hiperconcentrado proveniente de la quebrada Palian (con longitud de 2.5 km aprox.), el evento del 2025, bloqueó la vía mencionada en más de 350 m. Se observaron depósitos antiguos en la margen derecha y depósitos recientes descendiendo por la margen izquierda.

En el Sector 4 se determinaron dos peligros distintos: un derrumbe de ladera sobre la terraza aluvial donde se ubica el centro poblado, el cual presenta una longitud de 36 m (desde la zona de arranque hasta el pie de acumulación), altura hasta de 18 m; la zona de arranque presenta una altura de 3 m. Este evento dañó la calle del centro poblado en 120 m, condicionado por el socavamiento fluvial y la infiltración de aguas de lluvia.

También se identificó caída de rocas entre dos puntos: punto 1 con coordenadas X: 414387.00 m E, Y: 8642128.00 m S, y punto 2 con coordenadas X: 414532.00 m E, Y: 8642655.00 m S. Las rocas provienen de un afloramiento de calizas que presenta fracturas abiertas y genera bloques tabulares con caída libre de hasta 120 m, que podría afectar el parque recreativo, viviendas del centro poblado de Alis y vehículos en tránsito.

Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas que presenta los alrededores de Alis se le considera de **Peligro Medio** el tramo de Tingo a Alis por inundaciones y de **Peligro Alto** en el centro poblado de Alis, por caída de rocas y derrumbe, pudiendo ser desencadenados por precipitaciones periódicas y/o extraordinarias.

Se proponen medidas estructurales y no estructurales para mitigar los peligros. Es recomendable implementar defensas ribereñas (gaviones o muros de contención), elevar el nivel de la vía en tramos críticos y mejorar el sistema de drenaje transversal y longitudinal.

Realizar canales de derivación en la quebrada Palian y mejorar la limpieza y encauzamiento del cauce. Para el derrumbe, se recomienda estabilizar taludes, mejorar el drenaje superficial y subterráneo, y restringir el tránsito peatonal y vehicular cercano. Frente al peligro de caída de rocas, se deberá instalar mallas metálicas de contención, cunetas disipadoras y señalización preventiva en los tramos peligrosos. En cuanto a las viviendas colindantes, se recomienda reforzar muros, instalar barreras de protección y, de ser necesario, reubicar viviendas cercanas al talud.

Todas las medidas de tipo estructural deben ser diseñadas y ejecutadas por profesionales especialistas en geotecnia e hidrología, y estar sustentadas en estudios técnicos detallados.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) el “Servicio de asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 16)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico (movimientos en masa) en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad distrital de Alis según Oficio N° -2025-COD/SGDTI/MDHCH; es en el marco de nuestras competencias que se realiza la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa y otros peligros geológicos en la localidad de Alis.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los ingenieros geólogos Angel Gonzalo Luna Guillén y Segundo Alfonso Núñez Juárez, para realizar la evaluación de peligros geológicos respectiva, en el sector mencionado, el 21 de marzo del 2025. Los trabajos de campo se realizaron en coordinación con los representantes de la Municipalidad distrital de Alis y la Subgerencia de Riesgo de Desastres de dicha municipalidad y autoridades locales.

La evaluación técnica se realizó en tres etapas: i) Etapa de pre-campo, gabinete I, recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del Ingemmet; ii) Etapa de campo, toma de datos (sobrevuelos drone, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada; iii) Etapa final, gabinete II, donde se realizó el procesamiento de toda información terrestre y aérea adquirida en campo, reinterpretación de imágenes satelitales, cartografiado, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del informe.

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad distrital de Alis e instituciones técnico normativas del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – Sinagerd, como el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre - Cenepred, a fin de proporcionar información técnica de la inspección, conclusiones y recomendaciones que contribuyan con la reducción del riesgo de desastres en el marco de la Ley 29664. A fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa y otros geohidrológicos en el centro poblado Alis y alrededores.

- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes de la ocurrencia de peligros geológicos.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del Ingemmet, que incluyen sectores aledaños a la zona de evaluación (informes técnicos) y otros estudios regionales relacionados a temas de geología y geodinámica externa (boletines), de los cuales destacan los siguientes:

- A) Autoridad Nacional del Agua. (2019). Fichas técnicas referenciales de identificación de puntos críticos en el distrito de Alis, provincia de Yauyos, departamento de Lima.
Este documento técnico, elaborado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en el año 2019, identificó y describió puntos críticos vinculados a peligros hidrometeorológicos y geodinámicos en el distrito de Alis. A través de inspecciones de campo y análisis hidrotécnicos, el estudio detalla eventos recurrentes como desbordes, erosiones fluviales y deslizamientos que afectan directamente a sectores como Pacaycaca, San Lorenzo de Alis y las márgenes del río Cañete. La relación con el centro poblado de Alis es directa, ya que estas fichas permiten reconocer zonas de alta vulnerabilidad que comprometen viviendas, vías de comunicación y terrenos agrícolas. Esta información es crucial para la formulación de proyectos de defensa ribereña o reubicación preventiva de poblaciones expuestas.
- B) Renou et al., (2018). Resurgencia de Alis: Estudio hidrogeológico preliminar de los acuíferos kársticos en la parte alta de la cuenca del río Cañete.
Este estudio hidrogeológico, publicado por espeleólogos e hidrogeólogos de la Asociación Espeleo Alpina del Perú, constituye una de las pocas investigaciones técnicas centradas en el subsuelo de Alis. En él se analiza la resurgencia de Alis, una descarga natural de aguas subterráneas asociada a formaciones kársticas (calizas fracturadas y disueltas), que emerge en el fondo del cañón.
Este fenómeno está vinculado al sistema hidrogeológico de la cordillera occidental y es parte del sistema de recarga y descarga del río Cañete. Su relación con el centro poblado de Alis es fundamental, ya que la presencia de un sistema kárstico activo puede influir en la estabilidad del terreno, generar subsidencias o cavidades ocultas, y afectar la calidad y disponibilidad del agua para consumo humano, riego y otros usos locales.
- C) Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. (2020). Evaluación de peligros geológicos en el sector Quebrada Guayabo y alrededores, distrito Tauripampa, provincia Yauyos, departamento Lima.

Aunque centrado en el distrito vecino de Tauripampa, este informe del INGEMMET ofrece información aplicable a Alis debido a la similitud geodinámica, geomorfológica y litológica entre ambos territorios. Se documentan procesos activos como deslizamientos, caídas de rocas y erosión regresiva en quebradas profundas, muchos de los cuales son condicionados por estructuras tectónicas y litologías sedimentarias.

- D) Delgado & Choquenaira (2024). Evaluación geológica del deslizamiento de Calachota, distrito Allauca, provincia Yauyos, departamento Lima. Este informe técnico aborda un evento de deslizamiento activo en el distrito de Allauca, al sur de Alis, con condiciones geológicas comparables: presencia de formaciones sedimentarias fisuradas, suelos coluviales, y fuertes pendientes combinadas con precipitaciones intensas. Los autores destacan el rol de las discontinuidades geológicas y la saturación hídrica en la generación de movimientos en masa. La relevancia para Alis radica en que las condiciones de pendiente, geología de ladera y factores desencadenantes (lluvias estacionales) son comunes en ambos distritos. Por tanto, los criterios de diagnóstico y propuestas de mitigación planteados en este estudio podrían replicarse o adaptarse en futuras evaluaciones geotécnicas en Alis.
- E) Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. (2016). Peligros geológicos en la región Lima provincias – zona norte (Boletín Serie C – Geodinámica e Ingeniería Geológica, N.º 79). Este boletín técnico reúne una evaluación regional de los principales peligros geológicos identificados por INGEMMET en diversas provincias de Lima, entre ellas Yauyos. Aunque no se centra exclusivamente en Alis, el documento proporciona una visión integral sobre los tipos de procesos geodinámicos más comunes (deslizamientos, huaycos, erosión fluvial) y los sectores críticos mapeados en la zona. También incluye mapas temáticos a escala regional que pueden contextualizar el riesgo al que está expuesto Alis dentro del sistema de quebradas de cabecera de la cuenca del Cañete.
- F) Sánchez et.al. (2021). Geología del cuadrángulo de Yauyos (hojas 25L1, 25L3, 25L4). INGEMMET, Boletín Serie L: Actualización Carta Geológica Nacional, N.º 12. Este boletín cartográfico describe las unidades litológicas y estructuras geológicas que comprenden el área del distrito de Alis. Destaca la presencia de rocas intrusivas (granodioritas, dioritas) y formaciones carbonatadas como Pariahuanca y Chicama, las cuales están relacionadas con la resurgencia de aguas subterráneas observada en Alis. Además, identifica fallas geológicas activas y sistemas estructurales que condicionan la morfología del cañón Uchco y pueden influir en la ocurrencia de deslizamientos o procesos de inestabilidad en laderas cercanas al poblado. Esta información es clave para comprender la geodinámica local, los riesgos geológicos y la hidrogeología que afectan directamente a Alis.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El centro poblado de Alis se ubica en la zona altoandina del distrito de Alis, provincia Yauyos, departamento Lima, Perú. Geográficamente, se encuentra en la margen derecha del río Cañete, dentro de un profundo cañón flanqueado por laderas escarpadas y formaciones rocosas de origen sedimentario e intrusivo. Su altitud aproximada es de 3 230 m s.n.m., y se sitúa al pie de una terraza inclinada que conecta con zonas de pastoreo y andenería tradicional.

Las coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18S) se muestran en las tabla 1. en este se detallan 4 sectores de inspección (ver tabla 1, figura 1).

Tabla 1. Coordenadas del área de estudio

N°		UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
		Este	Norte	Latitud	Longitud
Área general	1	413858.32 m E	8642589.83 m S	-12.277907°	-75.792114°
	2	414446.22 m E	8641962.79 m S	-12.283592°	-75.786724°
	3	418561.28 m E	8645968.80 m S	-12.247474°	-75.748784°
	4	417971.07 m E	8646594.19 m S	-12.241799°	-75.754193°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL					
Sector 1	CR-a	414392.00 m E	8642612.00 m S	-12.278585°	-75.786038°
	De	414519.00 m E	8642516.00 m S	-12.277713°	-75.787203°
Sector 2	Fd	415097.96 m E	8643052.42 m S	-12.273749°	-75.780701°
Sector 3	If	417822.33 m E	8645861.63 m S	-12.248423°	-75.755581°
Sector 4	If	418252.88 m E	8646026.21 m S	-12.246942°	-75.751624°

Donde: CR: caída de rocas, De: derrumbes, Fd: Flujo de detritos, If: Inundación fluvial.

1.3.2. Población

El centro poblado de Alis, cuenta actualmente con una población aproximada de 198 habitantes y alrededor de 100 viviendas ocupadas, según informes de la Municipalidad Distrital de Alis y registros secundarios. Estos datos evidencian una disminución poblacional respecto a censos anteriores, como el de 2017, que registraba 273 habitantes (CityPopulation, 2017).

1.3.3. Accesibilidad

El acceso desde Lima al centro poblado de Alis recorre aproximadamente 249 km por carretera, tomando entre 5 y 6 horas en automóvil. La ruta comienza en la Panamericana Sur, atraviesa San Vicente de Cañete, luego asciende por la carretera afirmada PE-24 y conecta con la vía hacia Yauyos y finalmente Tinco, desde donde se toma el ramal a Alis

1.3.4. Clima

El centro poblado de Alis, presenta un clima típico del piso altoandino, con un marcado régimen de precipitaciones estacionales y temperaturas moderadas. Según datos satelitales y modelados de Meteoblue y Weather Atlas, las lluvias se concentran entre diciembre y marzo, con promedios mensuales que superan los 150 mm, alcanzando un máximo estimado de 160 mm en enero. En contraste, de mayo a agosto se registran precipitaciones mínimas, inferiores a 10 mm, lo que define una estación seca prolongada. Las temperaturas varían entre mínimas de 12 °C a 15 °C y máximas que oscilan entre 18 °C y 23 °C, siendo febrero y marzo los meses más cálidos. Este comportamiento climático tiene implicancias en la dinámica geodinámica local: la concentración de lluvias en verano puede desencadenar procesos de remoción en masa, especialmente en laderas inestables del cañón cercano a Alis, mientras que la estación seca ofrece una relativa estabilidad geológica. Los gráficos adjuntos muestran la distribución mensual de las precipitaciones y el comportamiento térmico estimado para esta localidad.

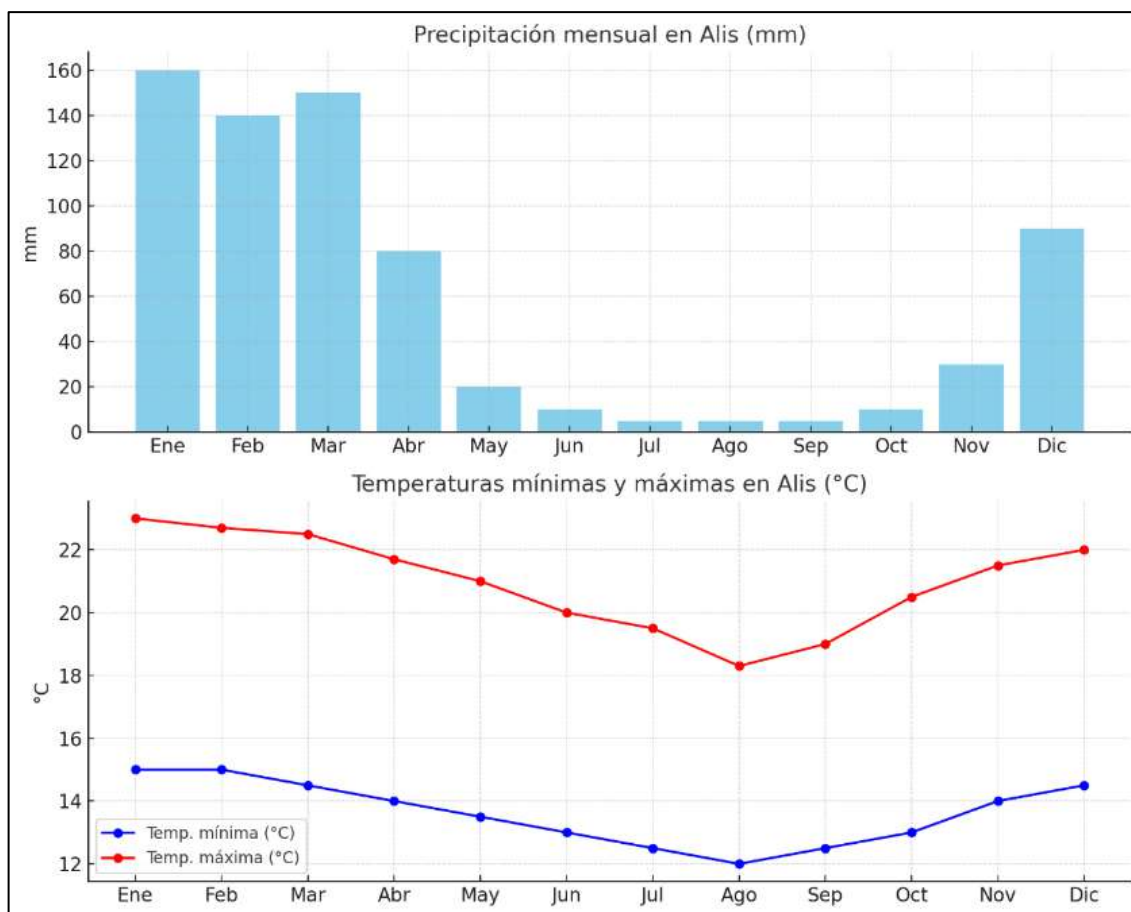
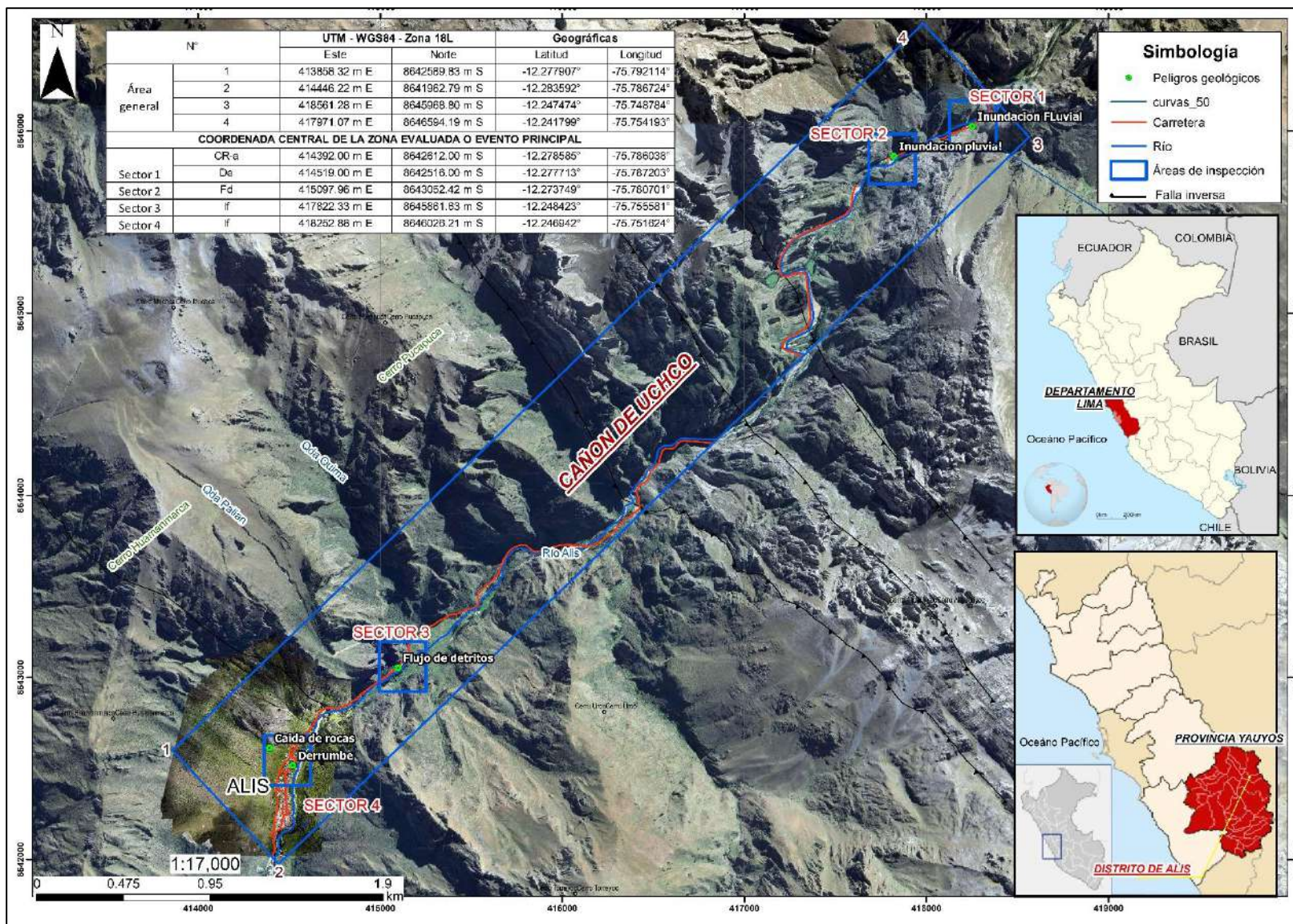


Figura 1. Precipitaciones mensuales y temperaturas mínimas y máximas en Alis.



2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, no necesariamente geólogos; en el cual se desarrollan diversas terminologías y definiciones vinculadas a la identificación, tipificación y caracterización de peligros geológicos; es por ese motivo, considerando como base el libro de “Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas” del Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), se desarrolla algunas definiciones:

ALUVIAL: Génesis de la forma de un terreno o depósito de material debida a la acción de las corrientes naturales de agua.

ACTIVIDAD: La actividad de un movimiento en masa se refiere a tres aspectos generales del desplazamiento en el tiempo de la masa de material involucrado: el estado, la distribución y el estilo de la actividad. El primero describe la regularidad o irregularidad temporal del desplazamiento; el segundo describe las partes o sectores de la masa que se encuentran en movimiento; y el tercero indica la manera como los diferentes movimientos dentro de la masa contribuyen al movimiento total. El estado de actividad de un movimiento en masa puede ser: activo, reactivado, suspendido, inactivo latente, inactivo abandonado, inactivo estabilizado e inactivo relicto (WP/WLI, 1993).

ACTIVO: Movimiento en masa que actualmente se está moviendo, bien sea de manera continua o intermitente.

AGRIETAMIENTO: Formación de grietas causada por esfuerzos de tensión o de compresión sobre masas de suelo o roca, o por desecación de materiales arcillosos.

COLUVIAL: Forma de terreno o material originado por la acción de la gravedad.

CAÍDA: Movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera. El material se desplaza por el aire, golpeando, rebotando o rodando (Varnes, 1978). Se clasifican en caídas de rocas, suelos y derrumbes.

CAÍDA DE ROCAS: Tipo de caída producido cuando se separa una masa o fragmento de roca y el desplazamiento es a través del aire o caída libre, a saltos o rodando.

COLUVIO-DELUVIAL: Forma de terreno o depósito formado por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial (material con poco transporte), los cuales se encuentran interestratificados y por lo general no es posible diferenciarlos.

CORONA: Zona adyacente arriba del escarpe principal de un deslizamiento que prácticamente no ha sufrido desplazamiento ladera abajo. Sobre ella suelen

presentarse algunas grietas paralelas o semi paralelas conocidas como grietas de tensión o de tracción.

DERRUMBE: Es un tipo de caída que ocurre ladera abajo por efectos de la gravedad, este tipo de peligro a diferencia de un deslizamiento no presenta una superficie clara de desplazamiento del material. Se producen por lluvias intensas, erosión fluvial; rocas muy meteorizadas y fracturadas.

FACTOR CONDICIONANTE: Se refiere al factor natural o antrópico que condiciona o contribuye a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituye el evento detonante del movimiento.

FACTOR DETONANTE O DESENCADENANTE: Acción o evento natural o antrópico, que es la causa directa e inmediata de un movimiento en masa. Entre ellos pueden estar, por ejemplo, los terremotos, la lluvia, la excavación del pie de una ladera, la sobrecarga de una ladera, entre otros.

FLUJO: Movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978). Existen tipos de flujos como flujos de lodo, flujos de detritos (huaicos), avalanchas de rocas y detritos, crecida de detritos, flujos secos y lahares (por actividad volcánica).

FLUJO DE DETRITOS (HUAICO): Flujo con predominancia mayor de 50% de material grueso (bloques, gravas), sobre los finos, que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada.

FRACTURA: Corresponde a una estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan.

FORMACIÓN GEOLÓGICA: Unidad litoestratigráfica formal que define cuerpos de rocas caracterizados por presentar propiedades litológicas comunes (composición y estructura) que las diferencian de las adyacentes.

INUNDACIÓN FLUVIAL: La inundación fluvial se define como el terreno aledaño al cauce de un río, que es cubierto por las aguas después de una crecida. Las causas principales de las inundaciones son las precipitaciones intensas, las terrazas bajas, la dinámica fluvial y, en algunos casos, la deforestación.

INACTIVO: Estado de actividad de un movimiento en masa en el cual la masa de suelo o roca actualmente no presenta movimiento, o que no presenta evidencias de movimientos en el último ciclo estacional (WP/WLI, 1993).

INACTIVO LATENTE: Movimiento en masa actualmente inactivo, pero en donde las causas o factores contribuyentes aún permanecen (WP/WPI, 1993).

METEORIZACIÓN: Se designa así a todas aquellas alteraciones que modifican las características físicas y químicas de las rocas y suelos. La meteorización puede ser física, química y biológica. Los suelos residuales se forman por la meteorización in situ de las rocas subyacentes.

MOVIMIENTO EN MASA: Son procesos que incluyen todos aquellos movimientos ladera abajo, de una masa de rocas o suelos por efectos de la gravedad. Los tipos más frecuentes son: caídas, deslizamientos, flujos, vuelcos, expansiones laterales, reptación de suelos, entre otros. Existen movimientos extremadamente rápidos (más de 5 m por segundo) como avalanchas y/o deslizamientos, hasta extremadamente lentos (menos de 16 mm por año) a imperceptibles como la reptación de suelos.

PELIGROS GEOLÓGICOS: Son procesos o fenómenos geológicos que podrían ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud. Daños a la propiedad, pérdida de medios de sustento y servicios, trastornos sociales y económicos o daños materiales. Pueden originarse al interior (endógenos) o en la superficie de la tierra (exógenos). Al grupo de endógenos pertenecen los terremotos, tsunamis, actividad y emisiones volcánicas; en los exógenos se agrupan los movimientos en masa (deslizamientos, aludes, desprendimientos de rocas, derrumbes, avalanchas, aluviones, huaicos, flujos de lodo, hundimientos, entre otros), erosión e inundaciones.

REACTIVADO: Movimiento en masa que presenta alguna actividad después de haber permanecido estable o sin movimiento por algún periodo de tiempo.

SATURACIÓN: El grado de saturación refleja la cantidad de agua contenida en los poros de un volumen de suelo dado. Se expresa como una relación entre el volumen de agua y el volumen de vacíos.

SUSCEPTIBILIDAD: La susceptibilidad está definida como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico, expresado en grados cualitativos y relativos. Los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos geodinámicos son intrínsecos (la geometría del terreno, la resistencia de los materiales, los estados de esfuerzo, el drenaje superficial y subterráneo, y el tipo de cobertura del terreno) y los detonantes o disparadores de estos eventos son la sismicidad y la precipitación pluvial.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La litología del sector de Alis y del cañón de Ushco corresponde a unidades del Cretácico representadas principalmente por las formaciones Chulec (Ki-chu), Pariatambo (Ki-pt), Goyllarisquizga (Ki-g) y Jumasha (Ki-j), las cuales se disponen de manera estructuralmente compleja debido al control tectónico de sinclinales volcados y la presencia de fallas inversas de dirección preferente NO-SE, que han generado un alto grado de fracturamiento en las rocas.

La Formación Chulec, está compuesta por calizas con intercalaciones margosas, constituye la base del conjunto y aflora principalmente en las laderas del cañón, donde ha sido afectada por procesos de movimientos en masa.

Las formaciones suprayacentes, como Pariatambo (calizas delgadas), Goyllarisquizga (lutitas carbonosas y areniscas) y Jumasha (calizas masivas), contribuyen con la diversidad litológica del sector.

Los depósitos aluviales (Qh-al) se ubican en las márgenes del río Alis, conformados por limos, arenas y gravas heterométricas. Los depósitos coluvio-deluviales (Qh-cd) se desarrollan ampliamente en las laderas del cañón de Ushco, producto del arrastre por gravedad y escorrentía superficial. Adicionalmente, se identifican depósitos coluviales (Qh-co) recientes en forma de bloques desprendidos de las paredes del cañón y terrazas aluviales elevadas, los cuales representan evidencia de una dinámica geodinámica activa, influenciada por las condiciones estructurales y climáticas del entorno. La litología de los sectores visitados se describe a continuación (mapa 1, anexo 1):

3.1. Unidades litológicas

Sector 1

En el sector 1, afloran calizas masivas de la Formación Jumasha (K-j), formando paredes casi verticales del cañón Ushco. Estas calizas, de color gris claro a crema, presentan un elevado grado de compactación y escasa estratificación visible, lo que favorece su fracturamiento y potencial colapso en bloques.

La plataforma de la carretera que conecta Tingo con Alis se encuentra asentada sobre depósitos aluviales localizados en la margen derecha del río Alis, conformados por limos y arenas que envuelven gravas redondeadas de origen mixto (sedimentario, volcánico e intrusivo), lo que implica condiciones de moderada a baja estabilidad, especialmente frente a eventos de precipitación intensa. Esta combinación litológica y geomorfológica hace del sector un área sensible a procesos de remoción en masa, socavación lateral del cauce e inundación fluvial (figura 3).



Figura 3. Litología aflorante en el sector 1.

Sector 2

Se tienen afloramientos de calizas masivas (Fm. Jumasha Ki-j), que conforman paredes casi verticales a lo largo del cañón, generando una topografía abrupta y encañonada. En este tramo se ubica un túnel de acceso vial que conecta los centros poblados de Tingo de Alis y Alis, el cual ha sido excavado en parte del macizo rocoso de calizas, aprovechando su coherencia estructural, pero también expuesto a procesos de fracturamiento. En los alrededores del túnel se identifican depósitos coluvio-deluviales (Qh-cd), compuestos por una mezcla heterométrica de bloques de calizas con diámetro entre 30 cm a 1 m, embebidos en matriz arenosa y limosa de consistencia medianamente compacta (figura 4).

Sector 3

Corresponde al sector portal de ingreso al centro poblado de Alis, se tienen afloramientos de rocas sedimentarias de la Formación Pariatambo (Ki-pt), conformadas por calizas y margas, que se disponen en paredes verticales a lo largo de la quebrada Palian. Esta quebrada actúa como colector natural de aguas de escorrentía y sedimentos, dando origen a depósitos proluviales y aluviales antiguos, producto de procesos de flujo de detritos hiperconcentrados. Dichos depósitos están conformados por gravas angulosas, de composición heterométrica —con tamaños que varían desde gravilla hasta bloques en menor proporción—, embebidas en matriz limo-arcillosa de baja cohesión (figura 5).



Figura 4. Litología aflorante en el sector 2.



Figura 5 Litología aflorante en el sector 3.

Sector 4.

Se tienen afloramientos de calizas (Formación Chulec, Ki-chu), presentan rumbo predominantemente NO-SE y buzamiento 55° NO y moderadamente fracturado. Esta condición estructural ha generado bloques tabulares que, por efecto de la gravedad, se desprenden y se incorporan a los depósitos coluvio-deluviales adosados a la ladera (Qh-cd). Estos depósitos están conformados por materiales heterogéneos de origen gravitacional y deluvial, que descansan sobre pendientes altas.

Por debajo de estos niveles, se encuentran depósitos aluviales (Qh-al) formados por arenas y limos, que envuelven fragmentos de rocas sedimentarias, volcánicas e intrusivas de forma subredondeada a redondeada y de tamaño heterométrico. Estos depósitos se presentan tanto en la margen izquierda como derecha del río Alis, formando parte del relleno del valle aluvial.

Se han identificado movimientos en masa recientes, como el derrumbe próximo a la pista asfaltada de acceso al poblado de Alis, ocurrido en las cercanías del filo de la ladera aluvial. Este evento se interpreta como un depósito coluvial de caída, generado por desprendimiento gravitacional. Al ser un movimiento reciente, presenta baja cohesión y se considera compuesto por material suelto y no consolidado, representando un peligro geológico activo (figura 6 y 7).



Figura 6 Litología aflorante en el sector 4.



Figura 7 Litología aflorante en el sector 4 – alrededores del centro poblado Alis.

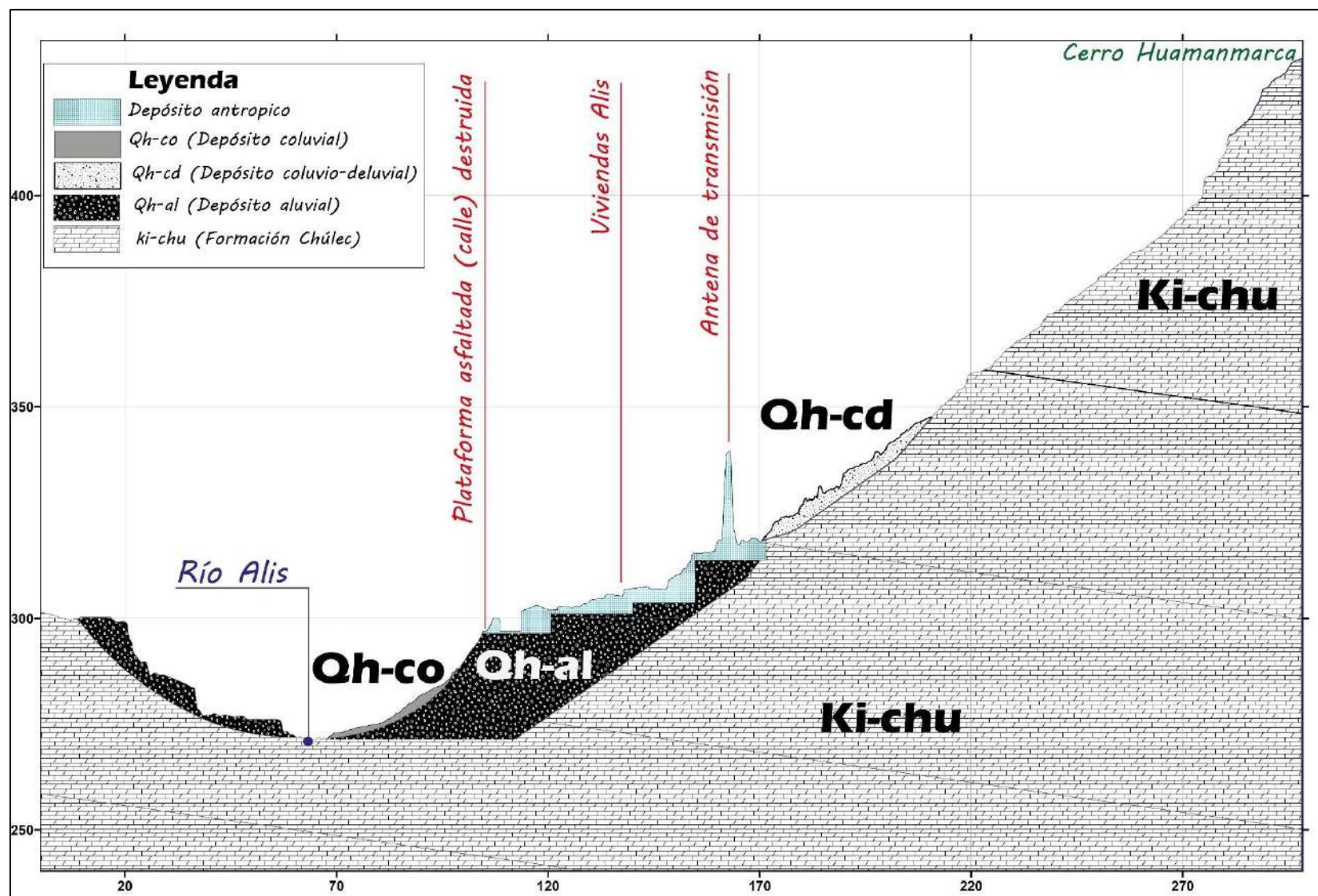


Figura 8. Perfil representativo de la litología en el área de estudio sector 4.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

La pendiente del terreno es uno de los parámetros más importantes en la evaluación de procesos por movimientos en masa, ya que actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa.

Las pendientes del área de estudio se encuentran representadas en el Mapa 2 del Anexo 1 y en las figuras 9-12 del presente informe por sector de estudio en Alis.

Sector 1

El cañón de Uchco presenta paredes escarpadas, con pendientes en la margen derecha hasta de 60° y en la margen izquierda hasta de 40° , delimitando un fondo de valle relativamente abierto, con una anchura cercana a los 250 m. De acuerdo con el perfil topográfico de 12.5 m/px, se estima que la diferencia altitudinal entre el cauce del río y la plataforma de la carretera varía entre 5 y 10 m; sin embargo, las observaciones realizadas en campo indican que en varios tramos esta diferencia no supera los 3 m. Esta proximidad entre el cauce fluvial y la vía, combinada con la baja pendiente longitudinal de la carretera ($\approx 3^\circ$), incrementa de manera significativa la susceptibilidad del tramo vial a inundaciones fluviales, especialmente durante eventos de crecida generados por precipitaciones intensas, lo cual representa un riesgo directo para la transitabilidad y la seguridad de la infraestructura (figura 9).

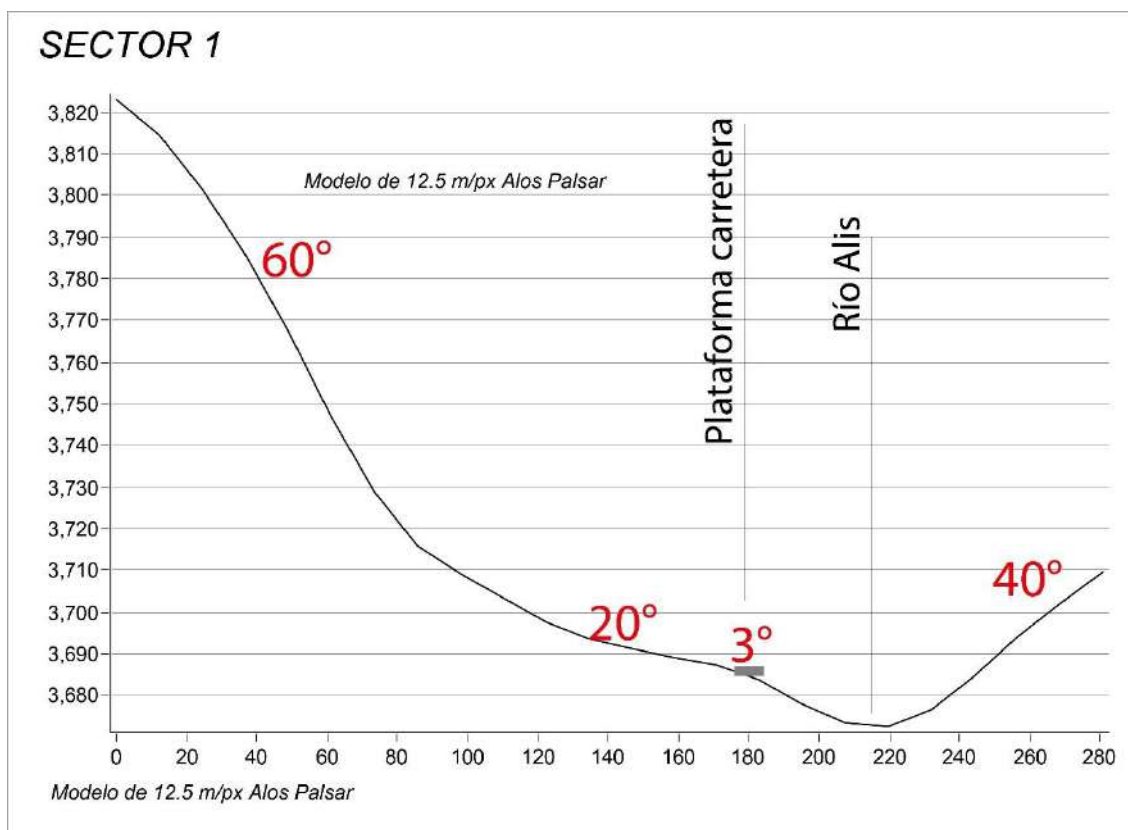


Figura 9. Perfil representativo en base al modelo Alos Palsar de 12.5 m/px del sector 1.

Sector 2

El cañón de Uchco presenta pendientes muy escarpadas, con paredes que alcanzan inclinaciones entre 77° y 78° , principalmente en la margen derecha. En este tramo, la plataforma de la carretera, aunque de pendiente longitudinal baja (3°), se desarrolla en una zona más angosta del valle, con una anchura promedio cercana a los 200 m. Destaca la presencia de un túnel vehicular que atraviesa tanto afloramientos de calizas masivas de la Formación Jumasha como depósitos coluvio-deluviales (figura 10).

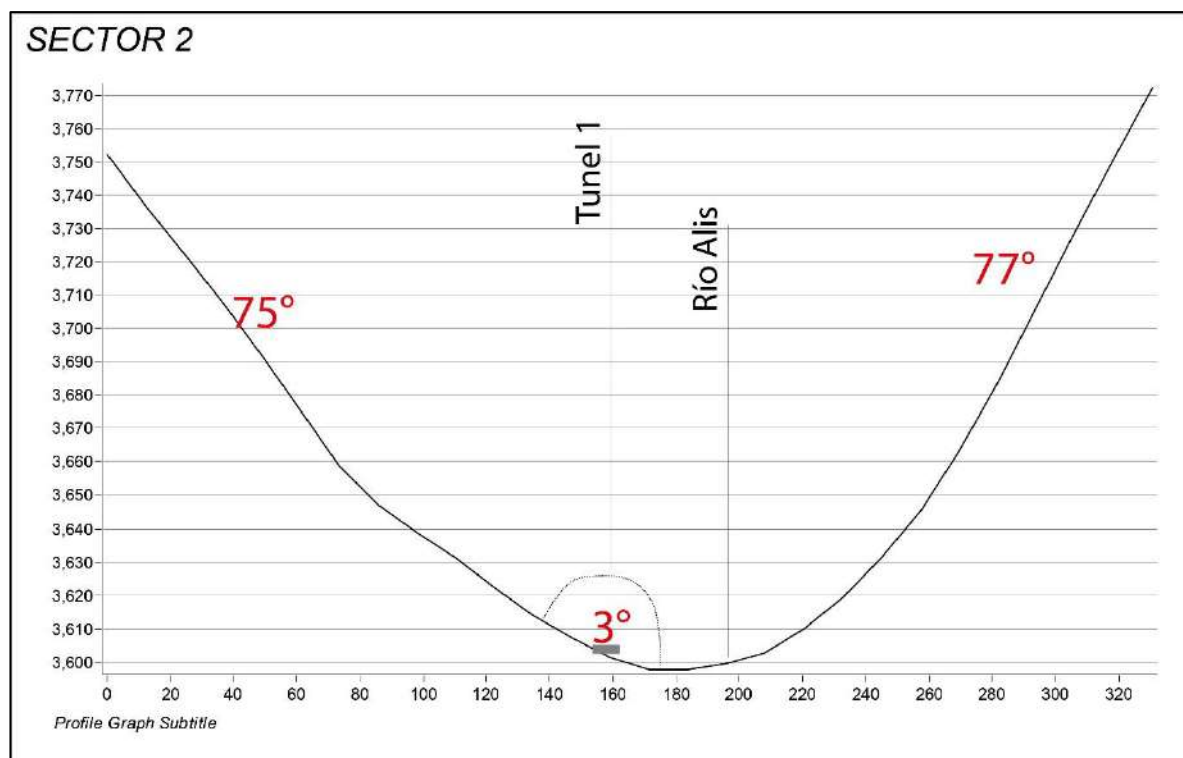


Figura 10. Perfil representativo en base al modelo Alos Palsar de 12.5 m/px del sector 2.

Sector 3

En este sector, el valle adquiere mayor profundidad. La plataforma de carretera presenta pendientes suaves de aproximadamente 3° , lo que evidencia un relieve más abierto en comparación con los sectores anteriores. No obstante, las paredes del cañón continúan siendo muy escarpadas, alcanzando inclinaciones de hasta 78° , especialmente en los flancos laterales. En este tramo se localiza la quebrada Palian (según denominación de la Carta Nacional), la cual muestra pendientes extremadamente pronunciadas, cercanas a los 80° , y constituye un aporte activo de depósitos proluviales. Estos depósitos, producto de eventos de flujo de detritos de tipo hiperconcentrado, se distribuyen en la base de la quebrada formando abanicos con pendientes entre 5° y 8° , considerados moderados (figura 11).

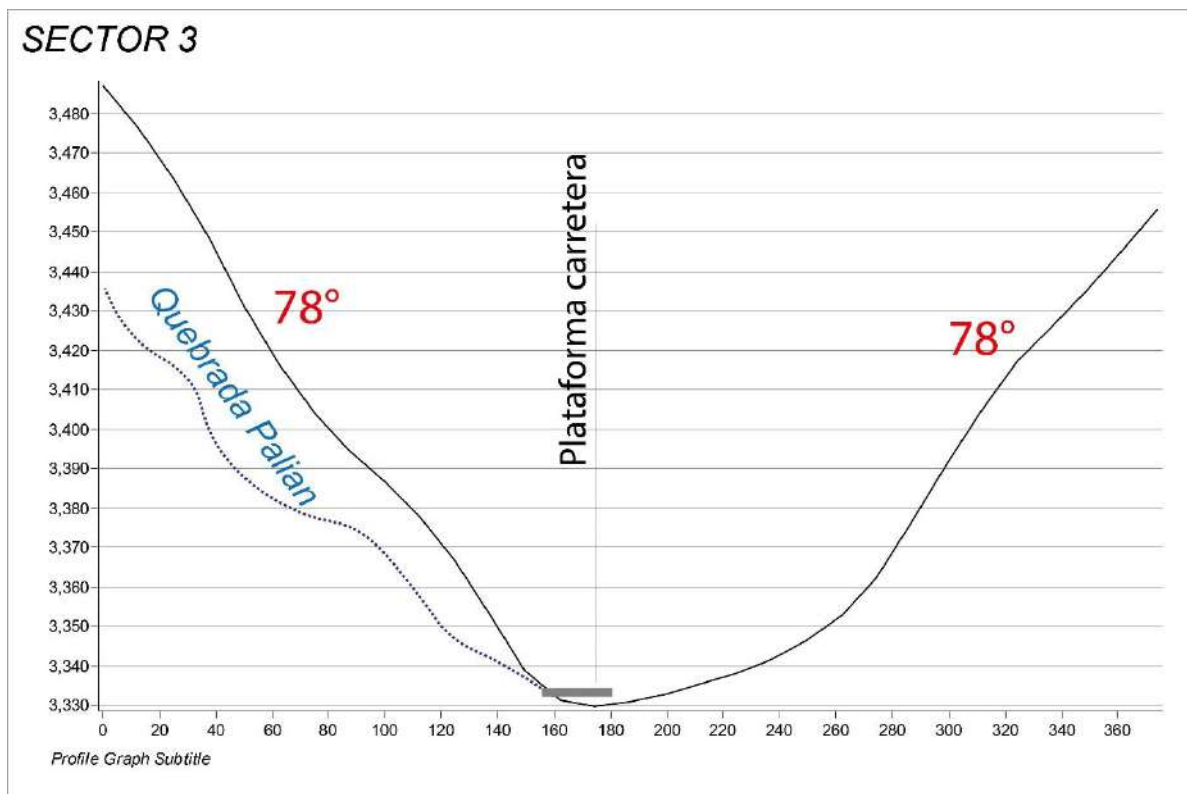


Figura 11. Perfil representativo en base al modelo Alos Palsar de 12.5 m/px del sector 3.

Sector 4

Para el análisis de pendientes en este sector, correspondiente al centro poblado de Alis, se utilizó un modelo digital de elevación (MDE) de alta resolución (20 cm/px) generado a partir de trabajos de fotogrametría aérea, lo que permitió obtener una caracterización más precisa del relieve local.

El perfil topográfico derivado muestra la existencia de terrazas aluviales bajas, con pendientes menores a 5° en la margen izquierda del río Alis, las cuales corresponden a zonas potencialmente inundables. En contraste, en la margen derecha, la ladera afectada por procesos de remoción en masa presenta pendientes de hasta 30°.

La zona urbana de Alis se desarrolla sobre un terreno con pendientes promedio de 20°, evidenciando la presencia de terrazas artificiales construidas históricamente para facilitar la edificación de viviendas. Hacia la parte posterior, en la zona donde se ubica la antena de telecomunicaciones, la ladera muestra pendientes de hasta 45°, dominadas por depósitos cuaternarios. Por encima de estos depósitos, los afloramientos rocosos presentan inclinaciones extremas de 85°, lo que incrementa significativamente la susceptibilidad a procesos de inestabilidad en masa (fiura 12).

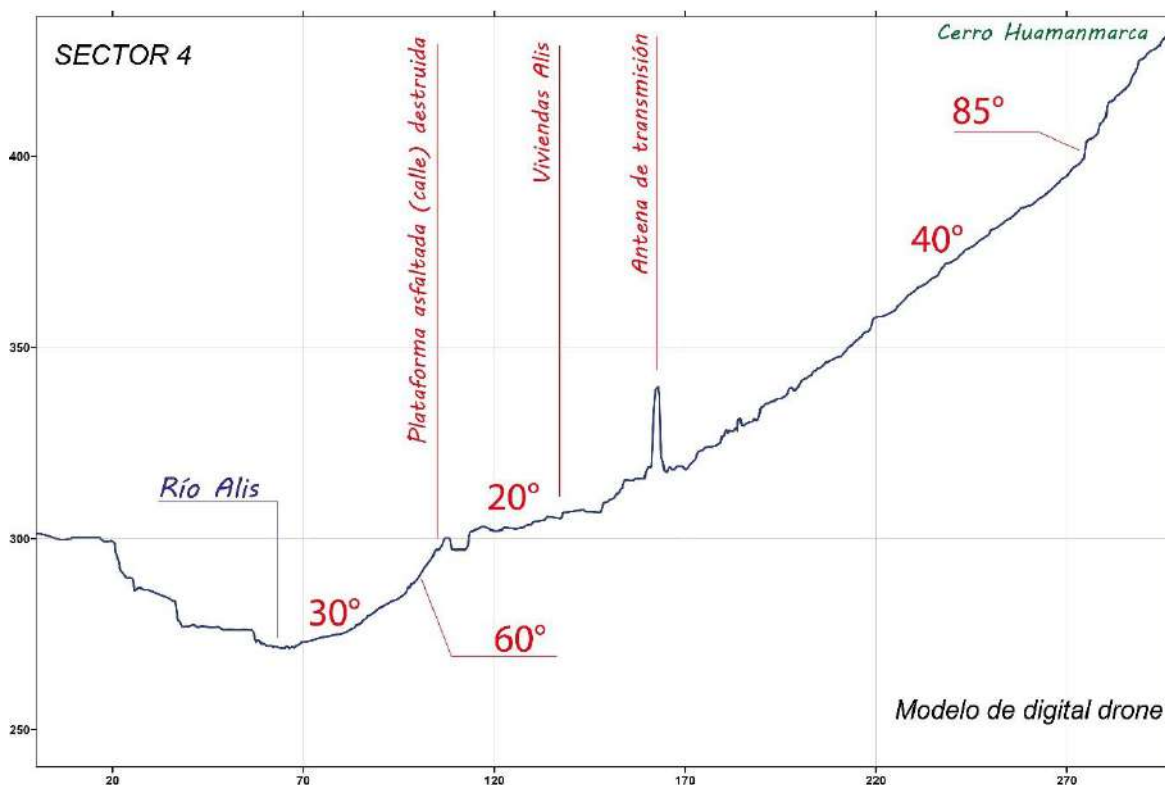


Figura 12. Perfil representativo en base a un MDE de 20 cm/px del sector 4.

4.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades y subunidades geomorfológicas en el área de estudio se utilizó el criterio principal de homogeneidad relativa y la caracterización de aspectos de origen del relieve. Asimismo, para la delimitación de las subunidades, se consideró los límites de las unidades litoestratigráficas (afloramiento y substrato rocoso, así como depósitos superficiales).

En el Anexo 1: Mapa 04 se presentan las subunidades geomorfológicas identificadas en las zonas evaluadas y alrededores.

En cuanto a la geomorfología del área de estudio (Figura 13), esta se encuentra ubicada en el cañón de Uchco, una unidad caracterizada como un valle profundamente encañonado, delimitado por escarpadas montañas de roca sedimentaria (RM-rs). Las laderas de este cañón están cubiertas parcialmente por vertientes coluvio-deluviales (V-cd) que presentan pendientes de hasta 45°, lo cual refleja una dinámica activa de remoción de materiales.

En la base del cañón discurre el río Alis, el cual fluye en sentido sureste a noroeste, desarrollando a lo largo de sus márgenes terrazas aluviales altas y bajas.

El centro poblado de Alis se encuentra asentado sobre terrazas aluviales altas (Ta-al) con una elevación promedio de 18 m sobre el cauce, mientras que en la margen opuesta se identifican terrazas aluviales bajas (Ta-b) de aproximadamente 3 m de altura.

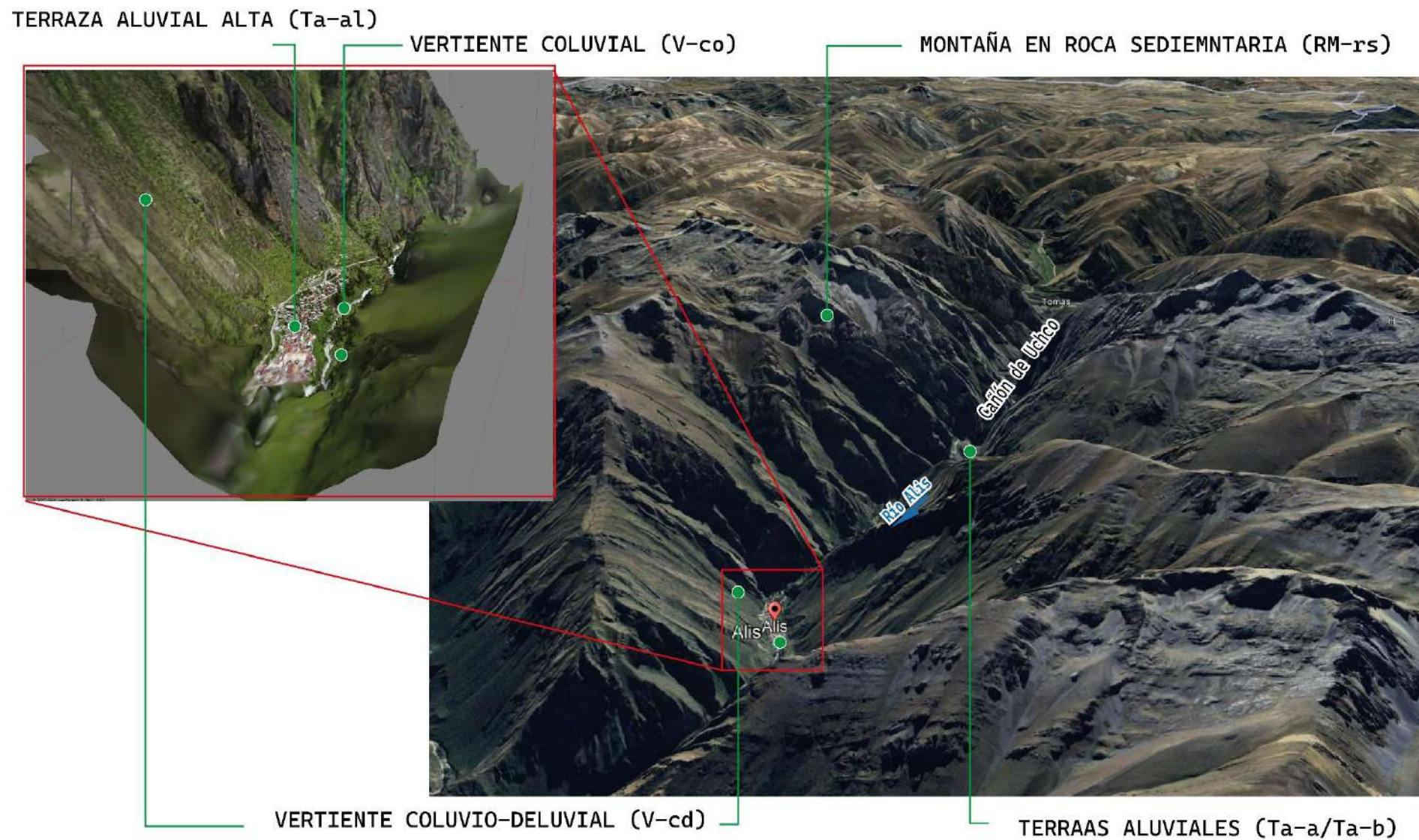


Figura 13. Subunidades geomorfológicas en el área de estudio.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA (MM) Y GEOHIDROLÓGICOS (PGH)

En el área de inspección se identificaron peligros geológicos tanto por movimientos en masa como de origen hidrogeológico, los cuales se describen a continuación de manera sectorizada, considerando la geología local, la geomorfología, las pendientes del terreno, la proximidad a cursos de agua, y el grado de intervención antrópica.

Esta clasificación por sectores permite una evaluación detallada de los factores condicionantes y desencadenantes presentes en cada tramo analizado, proporcionando insumos fundamentales para el diseño de medidas de mitigación adecuadas.

La caracterización de estos eventos se realizó en base a la información obtenida durante los trabajos de campo, donde se identificaron los tipos de movimientos en masa a través del cartografiado geológico y geodinámico, basado en la observación y descripción morfométrica in situ; de igual modo, se tomó datos con GPS, fotografías a nivel de terreno y complementada con el análisis de imágenes satelitales.

Tabla 2. Coordenadas puntos centros de movimientos en masa e hidrogeológicos en el área de estudio.

COORDENADA DE MM Y PGH				
<i>Sector</i> 1	CR-a	414392 m E	8642612 m S	Caída de rocas
	De	414519 m E	8642516 m S	Derrumbe
<i>Sector</i> 2	Fd	415097 m E	8643052 m S	Flujo de detritos
<i>Sector</i> 3	If	417822 m E	8645861 m S	Inundación fluvial
<i>Sector</i> 4	If	418252 m E	8646026 m S	Inundación fluvial

5.1.1. Sector 1 – Inundación fluvial

La inspección se realizó en el mes de marzo, periodo en el que el río Alis presenta un caudal relativamente elevado, aunque aún no corresponde al mes de máxima concentración de precipitaciones. En este contexto, se observó una diferencia mínima entre el nivel del cauce y la altura de la plataforma de la carretera (figura 14), separadas únicamente por un pequeño arrimado de aproximadamente 1.5 metros de altura, construido como medida de protección. Esta intervención responde a antecedentes de desbordes e inundaciones registrados en un tramo aproximado de 400 m, que han ocasionado bloqueos temporales de la vía, evidenciando una alta susceptibilidad a inundaciones.



Figura 14. Peligros hidrogeológicos en el sector 1 – inundación fluvial.

5.1.2. Sector 2 – Inundación fluvial

En el sector 2 también se han reportado antecedentes de inundación fluvial; sin embargo, según información proporcionada por representantes de la Municipalidad de Alis, el mayor excedente de agua en esta zona proviene de procesos de infiltración a través de las rocas y depósitos cercanos al túnel de acceso a Alis. Este comportamiento responde a las características hidrogeológicas de las calizas aflorantes, que funcionarían como un acuífero kárstico, liberando agua a través del corte de talud y del túnel.

De manera complementaria, el depósito coluvio-deluvial cercano, facilita la infiltración, almacenamiento y posterior desfogue del agua subterránea, actuando como un acuífero no consolidado. Esta dinámica hidrogeológica afecta aproximadamente 250 m de la carretera, incrementando su vulnerabilidad a procesos de anegamientos (figura 15).

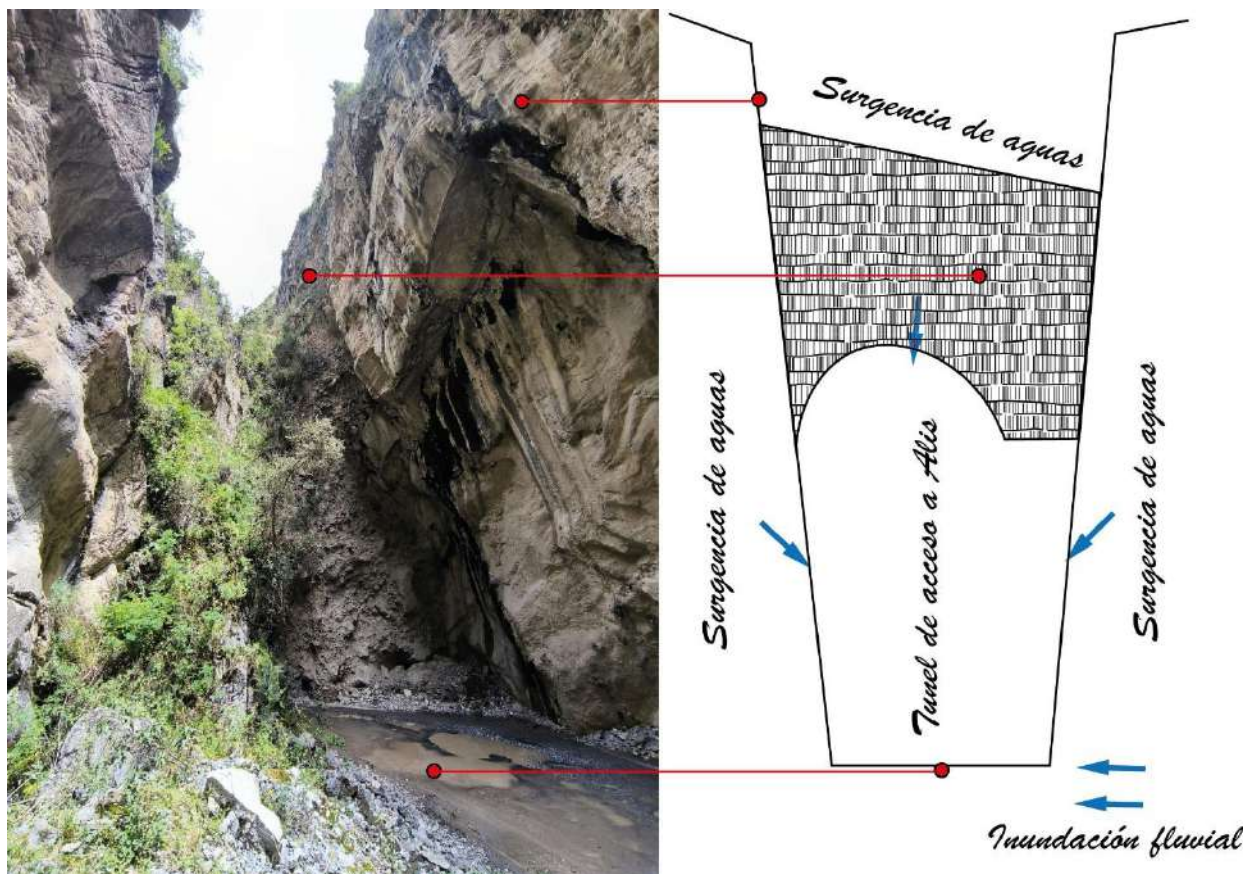


Figura 15. Peligros hidrogeológicos en el sector 2 – inundación fluvial.

5.1.3. Sector 3 – Flujo de detritos

Este sector corresponde al área de desfogue de la quebrada Palian, donde se han identificado evidencias de flujos de detritos tanto antiguos como recientes. Los depósitos antiguos se encuentran adosados a la margen derecha de la quebrada, mientras que los materiales recientes descienden por la margen izquierda.

La quebrada, que se extiende aproximadamente 2.5 km hasta su desembocadura en el río Alis, se considera activa en formación de flujo de detritos. En sus partes altas se producen constantes derrumbes, generando material detrítico que, durante las temporadas de lluvias, es arrastrado cuesta abajo.

En la desembocadura de la quebrada, el flujo forma un abanico, flujo hiperconcentrado, que bloquea cerca de 350 m la vía. En el arco de ingreso al centro poblado de Alis, se muestra que el nivel alcanzado por estos flujos llega hasta una altura de 80 cm (figuras 16 y 17).



Figura 16. Flujo de detritos en el sector 3; donde se puede distinguir en el muro la altura alcanzada por el flujo.



Figura 17. Tramo de la carretera afectado en el sector 3 por flujo de detritos en el área de estudio.

5.1.4. Sector 4 – Derrumbes

Se identificó un derrumbe proveniente de la ladera de una terraza aluvial donde se asienta el centro poblado de Alis. Este evento presenta una altura de 18 m. La zona de arranque presenta una longitud de alcance del derrumbe de 36 m, el material desplazado tiene un ancho aproximado de 18 m y la zona de arranque presenta una altura de 3 m.

El evento afectó un tramo de la vía asphaltada local de Alis en 120 m, generando pérdida parcial del soporte lateral de la plataforma vial.

Entre los factores que condicionaron este evento, tenemos socavamiento lateral progresivo del río Alis, el cual, durante épocas de aumento del caudal, erosiona la base de la ladera, reduciendo su estabilidad. Adicionalmente, la saturación del talud por la infiltración de aguas pluviales, posiblemente asociadas a un inadecuado manejo de las aguas de escorrentía superficial e infiltración directa desde áreas superiores de la ladera.

También se identificaron construcciones informales y falta de obras de drenaje adecuadas en la parte alta de la terraza, lo cual contribuye a la concentración y percolación de agua en puntos críticos del talud. La ausencia de estructuras de retención y el tipo de material suelto de origen aluvial aumentan la susceptibilidad a procesos de remoción en masa.

De no implementarse medidas de estabilización y control de aguas, existe un alto riesgo de que se produzcan nuevos eventos de deslizamiento, especialmente durante la temporada de lluvias. Estos podrían afectar aún más la vía local y, potencialmente, comprometer viviendas cercanas, instalaciones urbanas y servicios básicos ubicados en la zona baja de la ladera (figura 18 - 20).



Figura 18. Vista general del derrumbe en el centro poblado Alis.



Figura 19. Vista del proceso de socavamiento en el sector Alis, que habría sido parte condicionante de la ocurrencia del mismo.

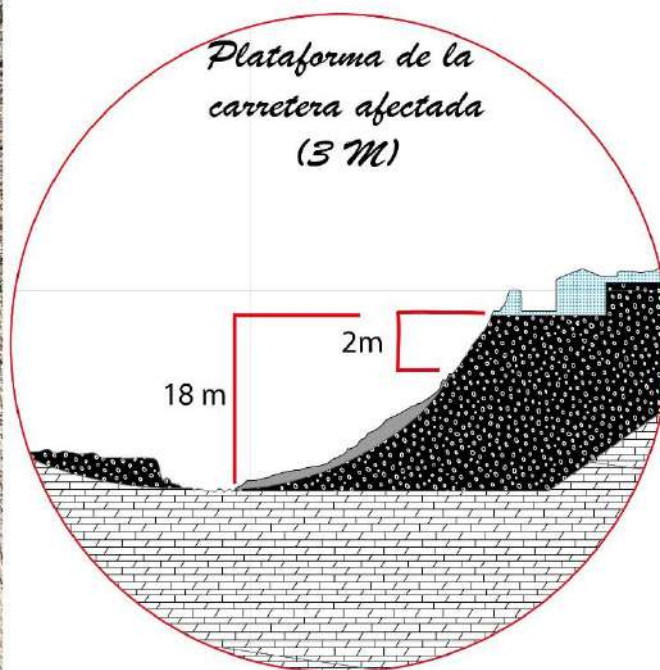


Figura 20. Vista de la vía afectada.

5.1.5. Sector 4 – Caída de rocas

La caída de rocas en el sector 4, ocurre en la ladera este del cerro ubicado al oeste del centro poblado de Alis. Este proceso se origina en un afloramiento rocoso que presenta un fracturamiento moderado a fragmentado, generando bloques tabulares que se desprenden por acción de la gravedad desde una altura promedio de 120 m. Los bloques que caen desde paredes con pendientes abruptas cercanas a los 80° adquieren una considerable energía cinética y potencial, lo que representa un alto riesgo para las infraestructuras cercanas.

En primera instancia, estos bloques podrían impactar el parque recreativo contiguo y la antena de comunicaciones, así como las viviendas del centro poblado que se encuentran casi directamente por debajo del límite inferior de la carretera, y también a los vehículos que transitan por esta vía. De acuerdo con los representantes de la Municipalidad de Alis, existen antecedentes de caída de rocas que han provocado daños en las cercas del parque recreativo y en al menos una vivienda.

Asimismo, se identificó que los bloques también provienen del depósito coluvio-deluvial asentado en la ladera de la montaña en roca sedimentaria, presentan menor energía cinética, ya que se desprenden de sectores con pendientes moderadas de alrededor de 45°. Sin embargo, estos bloques también constituyen un peligro, especialmente durante la temporada de lluvias, cuando el agua de escorrentía puede erosionar la matriz que los sostiene, provocando su remoción y eventual caída.

Este tipo de procesos exige medidas de mitigación urgentes, como mallas dinámicas, cunetas disipadoras y monitoreo permanente, debido a su potencial de afectar tanto áreas recreativas como viviendas y la vía de comunicación principal (figura 21).

Si bien es cierto que la caída de rocas se ha identificado específicamente en el punto señalado en la Tabla 2, este fenómeno puede presentarse a lo largo del tramo comprendido entre los puntos 1 y 2, cuyas coordenadas son:

- Punto 1: X: 414387 m E, Y: 8642128 m S
- Punto 2: X: 414532 m E, Y: 8642655 m S

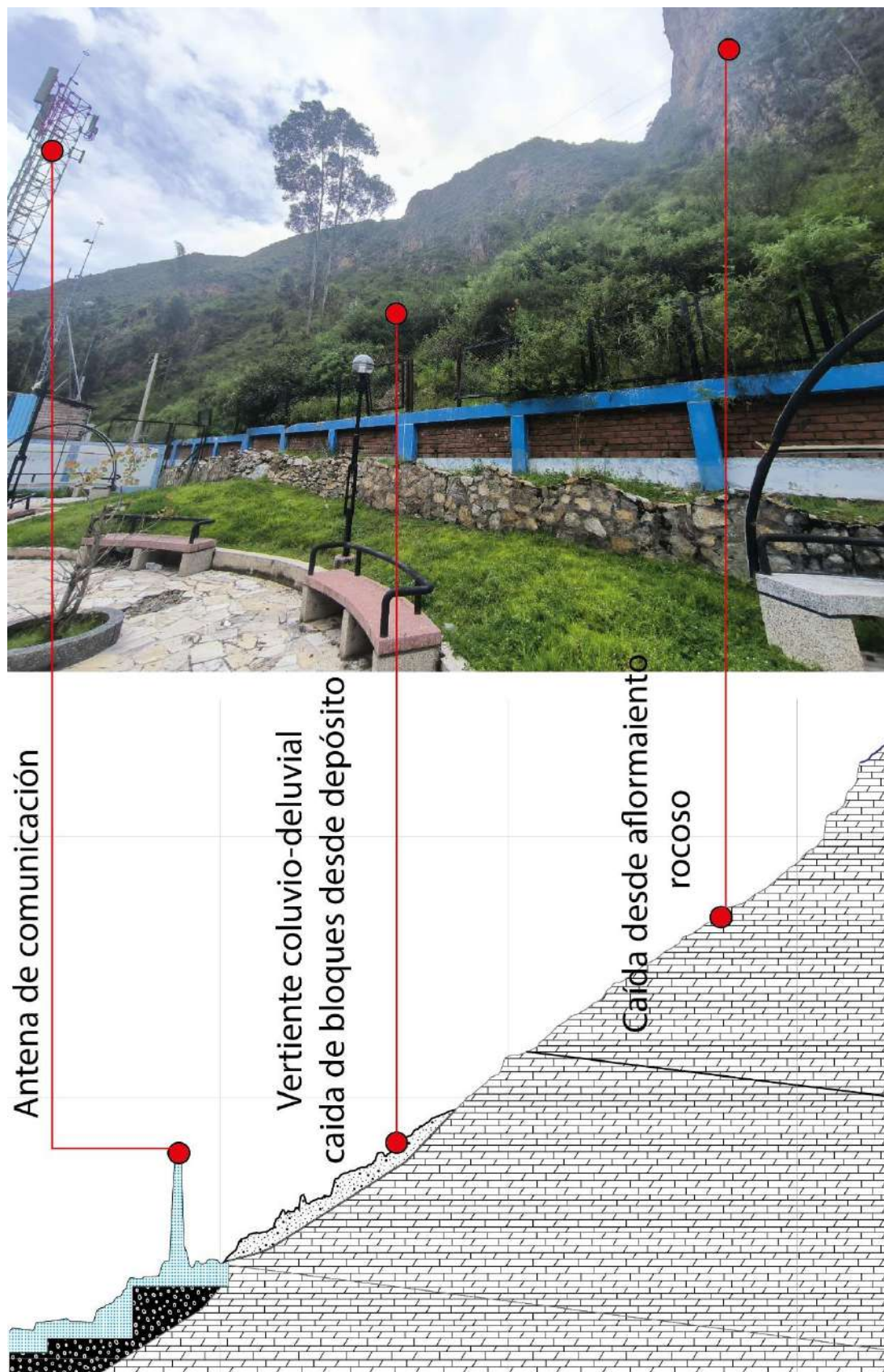


Figura 21. Caída de rocas en el área de inspección.

5.2. Factores condicionantes

Se detalla los principales factores condicionantes que podrían condicionar la ocurrencia de movimientos en masa y peligros hidrogeológicos, los cuales se detallan a continuación:

En la ocurrencia de inundaciones

- Topografía con pendientes suaves en fondo del cañón, que favorece el estancamiento del agua en ciertos sectores de la carretera.
- Existencia de terrazas aluviales bajas próximas al cauce activo del río Alis.
- Reducción de la capacidad hidráulica del río por acumulación de sedimentos o material vegetal.
- Aumento del escurrimiento superficial por impermeabilización del suelo (asfalto, cemento).
- Deficiencia en el sistema de drenaje pluvial (cunetas, canales, alcantarillado).
- Aporte adicional de agua por infiltración subterránea (acuíferos, fracturas, manantiales).

En la ocurrencia de caída de rocas

- Presencia de afloramientos rocosos fracturados (fracturamiento medio a alto). Litología competente pero estratificada (calizas y lutitas interestratificadas).
- Pendientes abruptas mayores a 70°, que facilitan el desprendimiento por gravedad.
- Existencia de planos de estratificación subvertical y discontinuidades abiertas.
- Altura considerable del talud (hasta 120 m), lo que incrementa la energía potencial.
- Presión de agua en fracturas durante épocas de lluvia, favoreciendo la inestabilidad.
- Erosión progresiva de la base del talud por escorrentía superficial.
- Ausencia o escasa vegetación estabilizadora en las zonas altas del talud.
- Influencia de la meteorización física y químico sobre las rocas expuestas.
- Existencia de depósitos coluvio-deluviales inestables en la ladera media.

En la ocurrencia de derrumbes

- Ubicación del asentamiento sobre una terraza aluvial alta de aproximadamente 18 m de altura.
- Saturación del terreno por infiltración de aguas de lluvia, sin adecuada canalización.
- Socavamiento progresivo de la base de la ladera por el río Alis, que debilita el pie del talud.
- Material no consolidado (depósitos aluviales con matriz suelta) que compone la terraza.

- Pendiente moderada a pronunciada del talud colindante al río.
- Ausencia de infraestructura de defensa ribereña efectiva en la base del río Alis.
- Drenaje superficial inadecuado, que favorece la infiltración directa al talud.
- Compactación deficiente del terreno en zonas urbanizadas cercanas al borde de la ladera.
- Proximidad del área urbana y la vía asfaltada al borde inestable de la terraza.

5.3. Factores desencadenantes

A continuación, se detalla los principales factores que podrían desencadenar la ocurrencia de movimientos y peligros hidrogeológicos en la localidad de Alis.

Movimientos en masa:

Los principales desencadenantes de las caídas de rocas y derrumbes incluyen la ocurrencia de precipitaciones intensas o prolongadas, que generan infiltración de agua en las fracturas y en el interior del macizo rocoso o depósitos no consolidados, reduciendo la cohesión del material y aumentando el peso del talud.

Los sismos pueden actuar como un factor crítico al generar vibraciones que desestabilizan bloques fracturados o sueltos.

La intervención antrópica, como cortes de talud mal diseñados, construcción sin criterios técnicos o sobrecarga en zonas críticas, también puede detonar procesos de remoción en masa como el derrumbe detectado en Alis.

Peligros hidrogeológicos

Los principales desencadenantes de inundaciones incluyen lluvias intensas y/o prolongadas que superan la capacidad de infiltración del suelo y generan escorrentía superficial, así como el desborde del río Alis por aumento súbito del caudal.

Otros factores desencadenantes son la obstrucción del cauce por sedimentos, derrumbes o residuos, lo que provocaría represamientos temporales.

6. CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica, geomorfológica y geodinámica de la zona de estudio, así como a los trabajos realizados en campo, se emiten las siguientes conclusiones:

- 1) En la zona de evaluación afloran rocas sedimentarias como calizas masivas (Fm. Jumasha) y localmente calizas con intercalaciones de margas (Fm. Chulec). Estas litologías, al presentarse moderadamente a muy fracturadas favorecen procesos de infiltración profunda y comportamiento hidrogeológico tipo acuífero kárstico. Además, se identifican depósitos cuaternarios coluvio-deluviales poco consolidados sobre laderas, y depósitos aluviales antiguos en la zona de terrazas donde se asienta el centro poblado de Alis.
- 2) El área forma parte del cañón de Uchco, dentro de un entorno de pendientes medias a fuertes (45° – 80°), con morfologías en forma de quebradas encajonadas, laderas escarpadas y terrazas aluviales en diferentes niveles. La quebrada Palian, con longitud de 2.5 km, desciende desde zonas altas. El centro poblado de Alis se encuentra sobre una terraza aluvial con altura de 18 m, lo que condiciona su exposición frente a procesos de remoción en masa.
- 3) En el sector 1 y 2 se registran antecedentes de inundación fluvial, sin embargo, según el reporte de representantes de la municipalidad de Alis, el mayor excedente de agua proviene de infiltraciones subterráneas a través de las calizas de la Fm. Jumasha, que actúan como un acuífero kárstico, descargando agua por el corte del talud y el túnel de acceso. El depósito coluvio-deluvial cercano permite infiltración, almacenamiento y descarga de agua superficial, funcionando como un acuífero no consolidado. Ambos aportes han provocado afectación de la carretera Alis-Huancayo en un tramo 250 m, puede ser cortada en temporada de lluvias intensas.
- 4) Se identificó un derrumbe activo en la ladera este de la terraza aluvial donde se asienta el centro poblado de Alis. Este evento presenta una altura total de 18 m, con una longitud de alcance de 36 m, y un ancho de 18 m. El derrumbe afectó la vía asfaltada local (calle vecinal) en 120 m. Como factores condicionantes se tiene el socavamiento lateral del río Alis, la saturación del terreno por infiltración pluvial, la pendiente natural del talud, la litología poco competente de los depósitos aluviales, y la falta de obras de drenaje superficial. De continuar estas condiciones, existe alto riesgo de reactivación del proceso y avance hacia el interior del centro poblado.
- 5) En el sector 4, la ladera ubicada al oeste del centro poblado de Alis, puede ser afectada por caída de rocas en afloramientos de la Fm. Jumasha, caracterizados por un alto grado de fracturamiento y pendientes de hasta 80° , generando bloques tabulares que caen por gravedad desde una altura promedio de 120 m. Se han registrado antecedentes de caída que han afectado cercas del parque recreativo cercano a la antena de

comunicaciones, y una vivienda del centro poblado. Adicionalmente, se identifican caídas de bloques desde depósitos coluvio-deluviales (pendientes de $\sim 45^\circ$), cuya remoción ocurre por pérdida de matriz durante lluvias intensas. Estos procesos pueden comprometer la seguridad de viviendas, personas y vehículos que transitan por la vía contigua.

- 6) Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas que presenta los alrededores de Alis se le considera de **Peligro Medio** el tramo de Tingo a Alis por inundaciones y de **Peligro Alto** en el centro poblado de Alis, por caída de rocas y derrumbe, pudiendo ser desencadenados por precipitaciones periódicas y/o extraordinarias. Teniendo que implementarse medidas correctivas .

7. RECOMENDACIONES

En base a la evaluación de peligros geológicos realizada en el presente informe, se brindan las siguientes recomendaciones:

Movimientos en masa (Derrumbe en la ladera aluvial de Alis)

- 1) Construcción de muros de contención o gaviones en el borde del río Alis, con el objetivo de evitar el socavamiento progresivo de la base del talud también podría implementarse protección contra erosión mediante enrocado o colchones reno.
- 2) Instalación de drenes horizontales o subdrenes para disminuir la saturación del terreno aluvial por infiltración de aguas de lluvia que podrían generar nuevos derrumbes a lo largo de la ladera.
- 3) Canalización superficial del agua pluvial (cunetas revestidas, zanjías colectoras) para impedir el escurrimiento directo sobre la ladera afectada.
- 4) Revestimiento del talud con mallas geotextiles, geomallas o concreto lanzado, según la pendiente y tipo de suelo en base a estudios geotécnicos detallados.
- 5) Implementar bioingeniería mediante la siembra de especies vegetales nativas de raíz profunda, para mejorar la cohesión del suelo y minimizar la erosión superficial.
- 6) Realizar inspecciones periódicas y monitoreo de la ladera afectada, sobre todo durante y después de lluvias intensas, de esta manera alertar a las viviendas cercanas la presencia de fisuras o grietas que señalen un nuevo derrumbe.
- 7) Las viviendas situadas alrededor del área afectada (120 m de vía dañada) deben ser evaluadas estructuralmente y, de ser necesario, reubicadas de manera temporal o definitiva según el nivel de riesgo identificado a través de estudios de Evaluación de Riesgos EVAR.

Movimientos en masa (Caída de rocas)

- 1) En el tramo comprendido entre el punto 1 (X: 414387.00 m E, Y: 8642128.00 m S) y el punto 2 (X: 414532.00 m E, Y: 8642655.00 m S), con una longitud promedio de 550 m, se recomienda la instalación de barreras dinámicas de alta energía en los sectores de mayor pendiente

(entre 70° y 80°), donde se han identificado desprendimientos desde alturas de hasta 120 m. Estas barreras deben ubicarse estratégicamente en las zonas con mayor evidencia de caída de bloques, a fin de disipar la energía cinética y proteger las infraestructuras cercanas como el parque recreativo, la antena de comunicaciones y viviendas del centro poblado Alis

- 2) En zonas cercanas a viviendas o donde la pendiente disminuye, dentro del mismo tramo ya referido (X: 414387.00 m E a X: 414532.00 m E), se sugiere la construcción de bermas de retención o muros de contención con gaviones. Estas estructuras ayudarán a detener el avance de bloques de menor energía que podrían desprenderse del depósito coluvio-deluvial presente en la ladera media, cuya pendiente aproximada es de 45°.
- 3) En el entorno del parque recreativo y la antena, ubicado dentro del mismo tramo, se propone el reforzamiento perimetral mediante mallas metálicas ancladas o pantallas rígidas, ya que se ha registrado daño en cercas perimétricas por impacto de bloques. Asimismo, se debe instalar mallas metálicas de alta resistencia sobre los afloramientos con fracturamiento intenso en el tramo X: 414387.00 m E a X: 414532.00 m E, dado que estas zonas generan bloques tabulares de tamaño considerable que caen por gravedad.
- 4) Realizar un monitoreo geológico permanente del tramo crítico señalado (X: 414387.00 m E a X: 414532.00 m E), mediante inspecciones visuales o sensores, así como señalizar la vía en los sectores de mayor exposición y desarrollar un plan de evacuación y sensibilización comunitaria en coordinación con las autoridades locales, debido al riesgo potencial sobre viviendas, áreas recreativas y vehículos que transitan por esta zona.

Movimientos en masa (flujo de detritos en el sector 3)

- 1) Construir un canal de derivación lateral o canal trapezoidal revestido, que conduzca los flujos hiperconcentrados fuera del eje vial durante eventos de lluvia intensa, evitando su descarga directa sobre la vía.
- 2) Programar actividades de limpieza del cauce y del abanico, especialmente antes y durante la temporada de lluvias, para garantizar que no se acumulen nuevos materiales detríticos que puedan activar nuevamente los flujos.
- 3) Realizar un estudio hidrológico-hidráulico de la quebrada Palián (longitud aproximada de 2.5 km) para entender su dinámica en eventos extremos, así como identificar zonas de erosión activa y generar medidas de estabilización.
- 4) Fomentar la revegetación con especies nativas en las zonas de cabecera y laderas activas de la quebrada, con el fin de reducir el arrastre de sedimentos y mejorar la infiltración.

Peligros hidrogeológicos sectores 1 y 2 (carretera Tingo - Alis)

- 1) Construcción y reforzamiento de defensas ribereñas: Se recomienda reemplazar o reforzar el actual terraplén de 1.5 m de altura por defensas ribereñas con enrocado o gaviones, diseñadas para soportar crecidas de caudal en periodos de máxima avenida. Estas estructuras deben extenderse a lo largo de los 400 m afectados.
- 2) Realizar trabajos de encauzamiento y descolmatación del río Alis en los sectores donde el cauce se ha angostado o está parcialmente obstruido por sedimentos. Esto mejorará el paso del caudal y reducirá el riesgo de desbordes.
- 3) Incorporar alcantarillas transversales en puntos clave del tramo donde se ha identificado anegamiento de agua infiltraciones desde rocas (con comportamiento de acuífero kárstico), para permitir el libre flujo del agua y evitar nuevos anegamientos.

Todas estas medidas estructurales deben ser diseñadas, supervisadas y ejecutadas exclusivamente por profesionales especializados en ingeniería geotécnica e hidráulica, y deben estar sustentadas en estudios técnicos detallados que garanticen su eficacia y estabilidad.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Autoridad Nacional del Agua. (2019). *Fichas técnicas referenciales de identificación de puntos críticos en el distrito de Alis, provincia de Yauyos, departamento de Lima* (Oficio N.º 953-2019-ANA-J/DPDRH). Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres – SIGRID. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/7929>
- Renou, F., Peña, F., Condori, E., & Asociación Espeleo Alpina del Perú. (2018). *Resurgencia de Alis: Estudio hidrogeológico preliminar de los acuíferos kársticos en la parte alta de la cuenca del río Cañete*. Asociación Espeleo Alpina del Perú. <https://cuevasdelperu.org/lima-yauyos/resurgencia-de-alis/>
- Peña, F., Renou, F., & Condori, E. (2018). *Informe de prospección hidrogeológica en la resurgencia de Alis, provincia de Yauyos, región Lima*. Proyecto Karst Perú. [Informe técnico inédito].
- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. (2020). *Evaluación de peligros geológicos en el sector Quebrada Guayabo y alrededores, distrito Tauripampa, provincia Yauyos, departamento Lima* (Informe Técnico N.º A7074). Lima: INGEMMET. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2795>
- Delgado, F., & Choquenaira, G. (2024). *Evaluación geológica del deslizamiento de Calachota, distrito Allauca, provincia Yauyos, departamento Lima* (Informe Técnico N.º A7566). Lima: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/5130>
- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. (2016). *Peligros geológicos en la región Lima provincias – zona norte* (Boletín Serie C – Geodinámica e Ingeniería Geológica, N.º 79). Lima: INGEMMET. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/1184>

ANEXO 1: MAPAS

