

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7730

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR TORORUMI

Departamento: Huancavelica
Provincia: Tayacaja
Distrito: Huaribamba



FEBRERO
2026

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR TORORUMI

*Distrito Huaribamba
Provincia Tayacaja
Departamento Huancavelica*



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

Equipo técnico:

Ángel Gonzalo Luna Guillén

Mauricio Antonio Nuñez Peredo

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2026). *“Evaluación de peligros geológicos por deslizamiento en el sector Tororumi”*. Distrito Huaribamba, provincia Tayacaja, departamento de Huancavelica. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N°A7730, 35p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. Objetivos del estudio	3
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores.....	4
1.3. Aspectos generales	5
1.3.1. Ubicación.....	5
1.3.2. Población.....	6
1.3.3. Accesibilidad.....	6
1.3.4. Clima	6
2. DEFINICIONES	9
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	12
3.1. Unidades litológicas.....	12
3.2. Depósitos cuaternarios	12
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	16
4.1. Pendientes del terreno.....	16
4.2. Unidades geomorfológicas	16
5. PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA	19
5.1. Deslizamiento rotacional	19
5.2. Factores condicionantes.....	23
5.3. Factores desencadenantes	23
6. CONCLUSIONES.....	24
7. RECOMENDACIONES.....	26
8. BIBLIOGRAFÍA.....	27
ANEXO 1: MAPAS.....	28

RESUMEN

El sector Tororumi se ubica en la parte sur del distrito de Huaribamba (provincia de Tayacaja, departamento de Huancavelica), entre 3 200 y 3 700 m, sobre la margen izquierda del río Mantaro y dentro de la subcuenca del río Huaribamba; en sus cercanías drenan quebradas estacionales como Tororumi y Ccotani. El distrito tiene una población estimada en 2025 de aproximadamente 2 110 habitantes distribuidos en alrededor de 578 viviendas; Tororumi forma parte de esta población rural. El proyecto “Creación del servicio de provisión de agua para riego en los sectores agrícolas de Huaribamba y Tororumi” fue aprobado por la Resolución Directoral N.° 0100-2025-ANA-AAA.MAN y contempla la construcción de un reservorio de almacenamiento, bocatomas y una red de distribución para riego en áreas agrícolas en terrazas andinas.

Geomorfológicamente y litológicamente, el área corresponde a una vertiente coluvio-deluvial (V-cd) sobre un basamento sedimentario. Afloran unidades del Grupo Cabanillas (D-ca) dominadas por limo-arcillitas (lutitas) carbonosas, con intercalaciones de areniscas de grano medio a grueso; en el corte inferior del talud habilitado para el reservorio las lutitas presentan un buzamiento de 32° hacia 275°. Ensayos con martillo de Schmidt reportaron valores promedio entre 15 y 20 (estimación de resistencia a compresión simple entre 15 y 25 MPa), indicando materiales de competencia baja a media y grado de meteorización medio-alto. Sobre el basamento se disponen depósitos cuaternarios coluvio-deluviales (Qh-cd) compuestos por bloques de arenisca de 10–50 cm inmersos en una matriz limo-arenosa; durante la habilitación del corte estos materiales se comportaron como depósitos coluviales recientes (Qh-co) de baja cohesión y estructura suelta. Además, se identificaron surgencias de agua dentro del cuerpo deslizado y depósitos antrópicos (Qh-ant) resultantes del adosado de material removido al talud.

El principal peligro identificado es un deslizamiento rotacional activo que afecta la vertiente coluvio-deluvial. El movimiento se desarrolla sobre lutitas fragmentadas y depósitos coluvio-deluviales poco consolidados, con superficie de ruptura curva y morfología alargada; el cuerpo presenta escarpes de hasta 3.5 metros de altura, agrietamientos tensionales en la cabecera, hundimientos diferenciales en el cuerpo y acumulación de material suelto en la parte baja. Las pendientes del sector afectado oscilan entre 25° y 35° (pendiente promedio $\approx 30^\circ$), que exceden los ángulos de reposo de los materiales, favoreciendo la falla rotacional. Las surgencias y filtraciones constatadas incrementan la presión intersticial y reducen la resistencia efectiva; la presencia de salientes rocosas de caliza genera contrastes locales de resistencia que condicionan la geometría del deslizamiento.

Además de los factores litológicos y geomorfológicos citados, la presencia de agua superficial y subterránea, y cortes antrópicos para la plataforma del reservorio, coadyuvan a esta activación. Cabe mencionar, que el principal detonante fue un evento pluviométrico excepcional entre enero y marzo de 2025, con 850 mm de lluvia —18 % sobre la media histórica— que saturó los materiales y reactivó el movimiento. El reservorio proyectado por la ANA para Huaribamba y Tororumi, inicialmente

ubicado en la parte baja de la ladera, fue afectado por el pie del deslizamiento que cubrió parcialmente su base, comprometiendo la estabilidad del talud. Por ello, fue reubicado a un sector con pendientes moderadas-bajas y afloramientos de calizas más competentes, aunque persiste riesgo residual. Se recomienda instrumentar el nuevo y antiguo emplazamiento, implementar drenajes, evitar sobrecargas en el pie de ladera, estabilizar cortes y realizar estudios geotécnicos detallados.

Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas que presenta el área de estudio se le considera de **Peligro Alto** por deslizamientos que afectarían la ubicación primera del reservorio, pudiendo ser desencadenados por precipitaciones periódicas y/o extraordinarias.

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 provincial de Tayacaja según Oficio N° - 0465-2025-ALC/MPT; es en el marco de nuestras competencias que se realiza la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa (Deslizamiento) en el sector de Torirumi.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los ingenieros geólogos Angel Gonzalo Luna Guillen y Mauricio Núñez Peredo, para realizar la evaluación de peligros geológicos respectiva, en el sector mencionado, el 16 de julio del 2025. Los trabajos de campo se realizaron en coordinación con los representantes de la Municipalidad provincial de Tayacaja 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 con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del Ingemmet; ii) Etapa de campo a través de la observación, toma de datos (sobrevuelos drone, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada; iii) Etapa final de gabinete, donde se realizó el procesamiento de toda información terrestre y aérea adquirida en campo, fotointerpretación de imágenes satelitales, cartografiado e interpretación, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del informe.

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad provincial de Huamanga 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 en el sector Torirumi, específicamente por deslizamiento.

- 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) Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET. (2019). Boletín Serie C N.º 69: Inventario de peligros geológicos en el departamento de Huancavelica. Este boletín técnico elaborado por INGEMMET presenta un inventario sistematizado de peligros geológicos a escala 1:50 000 en el departamento de Huancavelica. En él se identifican y georreferencian más de 1 700 eventos geodinámicos, clasificando zonas de amenaza por deslizamientos, flujos de detritos, caídas de rocas, reptación y erosión fluvial. El documento incluye al distrito de Huaribamba, donde se ubica el sector Tororumi, señalando la existencia de múltiples movimientos en masa vinculados a las condiciones litológicas y geomorfológicas locales. Geológicamente, la zona está compuesta por unidades volcánicas e intrusivas del Paleógeno y Neógeno, con presencia de andesitas, dacitas y rocas granodioríticas fracturadas, sobre las cuales descansan depósitos cuaternarios coluvio-aluviales. Estas características, junto a pendientes moderadas a altas, configuran un entorno susceptible a la inestabilidad de laderas. Aunque no se menciona directamente al centro poblado de Tororumi, la inclusión del distrito en el boletín permite establecer un marco geológico de referencia regional que respalda la evaluación de peligros geológicos en el área. Esta información resulta fundamental para comprender los factores condicionantes del terreno y orientar futuras intervenciones de prevención y mitigación de riesgos.
- B) Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET. (2001). Boletín Serie A N.º 27: Hoja Pampas 28-u – Mapa geológico 1:100 000. Este boletín geológico elaborado por INGEMMET presenta la cartografía litológica y estructural de la hoja Pampas (28-u), dentro de la cual se encuentra el distrito de Huaribamba, incluyendo el entorno del sector Tororumi. El documento detalla la presencia predominante de rocas ígneas intrusivas del Batolito de San Ramón (Cretácico Superior), caracterizadas por granodioritas, tonalitas y dioritas de textura fanerítica, generalmente fracturadas y alteradas, que afloran ampliamente en el flanco oriental del distrito. Estas unidades están intruidas en formaciones volcánicas del Grupo Calipuy (Eoceno-Oligoceno), compuestas por andesitas, dacitas y depósitos

piroclásticos, altamente disectadas por procesos erosivos. Además, se identifican depósitos cuaternarios no consolidados, tales como gravas, arenas y limos de origen aluvial y coluvial, acumulados en quebradas y terrazas recientes. Esta configuración litológica genera condiciones geomecánicas contrastantes, donde el contacto entre unidades consolidadas e inconsolidadas constituye una zona de debilidad estructural, favoreciendo procesos de inestabilidad como deslizamientos y erosión regresiva. El conocimiento detallado del entorno litológico permite establecer una línea base para interpretar la evolución geodinámica del área de Tororumi y sustentar el análisis de peligros geológicos con criterio técnico.

- C) Municipalidad Provincial de Tayacaja. (2025). Proyecto: “Creación del servicio de provisión de agua para riego en los sectores agrícolas de Huaribamba y Tororumi” – Resolución Directoral N.° 0100-2025-ANA-AAA.MAN.

Mediante la Resolución Directoral N.° 0100-2025-ANA-AAA.MAN, la Autoridad Nacional del Agua aprobó la ejecución del proyecto de infraestructura hidráulica impulsado por la Municipalidad Provincial de Tayacaja, destinado a mejorar la provisión de agua para riego en los sectores agrícolas de Huaribamba y Tororumi. El proyecto contempla la construcción de un reservorio de almacenamiento, bocatomas de captación y una red de distribución de agua para riego, con el objetivo de optimizar el uso del recurso hídrico en zonas rurales altoandinas del distrito de Huaribamba. Si bien no constituye un estudio geológico, la obra se desarrolla sobre suelos agrícolas distribuidos en terrazas andinas y pastizales naturales, en un entorno geodinámicamente activo, por lo que su ejecución requiere de evaluaciones técnicas previas en cuanto a estabilidad de laderas y disponibilidad hídrica. La inclusión del sector Tororumi como zona de intervención refuerza la necesidad de contar con estudios integrales de peligros geológicos, especialmente considerando que se trata de una infraestructura de almacenamiento que podría estar sujeta a condiciones de inestabilidad, escurrimiento superficial y saturación de suelos. Esta información complementa el análisis territorial y constituye un antecedente importante sobre la dinámica antrópica y las intervenciones recientes en el área.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El sector Tororumi se ubica en la parte sur del distrito de Huaribamba, provincia de Tayacaja, departamento de Huancavelica, entre los 3200 y 3700 m s.n.m., aproximadamente. Se localiza en la margen izquierda del río Mantaro, formando parte de la subcuenca del río Huaribamba, la cual pertenece a la cuenca alta del río Mantaro. En sus proximidades se encuentran cursos de agua estacionales y quebradas afluentes como la quebrada Tororumi y la quebrada Ccotani, las cuales drenan hacia el río Huaribamba.

Las coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18S) se muestran en la 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	508372.00 m E	8643720.00 m S	-12.268814°	-74.923016°
	2	508680.00 m E	8643718.00 m S	-12.268831°	-74.920184°
	3	508688.00 m E	8644017.00 m S	-12.266127°	-74.920111°
	4	508373.00 m E	8644018.00 m S	-12.266119°	-74.923008°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL					
CC	CR	508487.00 m E	8643870.00 m S	-12.267457°	-74.921959°

1.3.2. Población

El sector Tororumi se encuentra dentro del ámbito del distrito de Huaribamba, cuya población estimada para el año 2025 es de aproximadamente 2 110 habitantes distribuidos en alrededor de 578 viviendas. Aunque no se dispone de cifras poblacionales específicas para Tororumi, se entiende que forma parte de la población rural total del distrito. En 2025 fue autorizada una resolución de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), la Resolución Directoral N.º 0100-2025-ANA-AAA.MAN, que aprueba la ejecución de obras de aprovechamiento hídrico con fines agrarios en el marco del proyecto denominado “Creación del servicio de provisión de agua para riego en los sectores agrícolas de Huaribamba y Tororumi”, a cargo de la Municipalidad Provincial de Tayacaja. Este proyecto contempla la construcción de reservorios de almacenamiento, sistemas de captación (bocatomas) y redes de distribución para riego en las zonas agrícolas del centro poblado de Huaribamba y el sector Tororumi.

1.3.3. Accesibilidad

El acceso al sector Tororumi se realiza partiendo desde la sede central del INGEMMET en la ciudad de Lima. El trayecto terrestre se inicia tomando la Carretera Central (PE-22) en dirección este hasta la ciudad de Huancayo, en un recorrido de aproximadamente 300 km que toma entre 7 y 8 horas. Desde Huancayo se continúa hacia el sureste por la carretera Huancayo–Pampas (PE-3S) hasta la ciudad de Pampas, capital de la provincia de Tayacaja, en un tramo de aproximadamente 130 km adicionales (unas 3.5 a 4 horas). Desde Pampas, se toma la vía afirmada hacia el distrito de Huaribamba (35 km, alrededor de 1.5 horas), y finalmente, se accede al sector Tororumi mediante un desvío por caminos vecinales no asfaltados que conducen hacia el sur del distrito (alrededor de 10 a 12 km, 1 hora adicional). En total, el tiempo estimado de viaje desde Lima hasta el sector Tororumi es de aproximadamente 13 a 14.5 horas, recorriendo una distancia cercana a los 475 km.

1.3.4. Clima

Huaribamba, presenta un clima frío subhúmedo, con una temperatura media anual cercana a los 10 °C. Las temperaturas máximas mensuales alcanzan los 20 °C entre noviembre y enero, mientras que las mínimas descienden hasta los 6 °C en los

meses de invierno, registrándose ocasionalmente heladas con valores por debajo de los 0 °C. La precipitación media anual es de aproximadamente 700 mm, concentrada entre los meses de octubre y abril. Este régimen climático condiciona la actividad agropecuaria local y representa un factor relevante en la evaluación de procesos de saturación e inestabilidad de suelos. La información fue recopilada a partir de datos climáticos de estaciones cercanas en Huancavelica y Huaribamba, según registros de SENAMHI (2025) y plataformas como Weatherspark

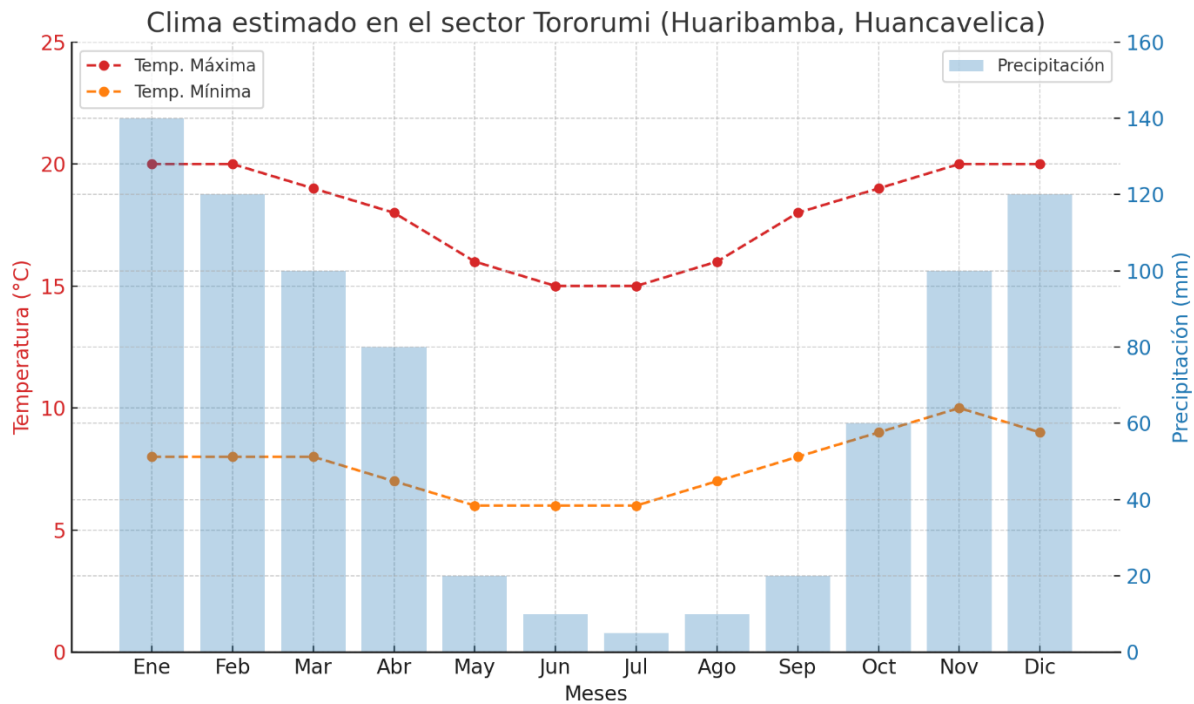


Figura 1. Gráfico climático del sector Tororumi, elaborado con datos referenciales del periodo 1991–2020 provenientes de estaciones cercanas (SENAMHI y Weatherspark).

El gráfico climático del sector Tororumi, elaborado con datos referenciales del periodo 1991–2020 provenientes de estaciones cercanas (SENAMHI y Weatherspark), muestra un régimen térmico característico de zonas altoandinas, con temperaturas máximas promedio que oscilan entre 15 °C en los meses de junio y julio, y 20 °C entre noviembre y febrero. Las temperaturas mínimas varían entre 6 °C (mayo a julio) y 10 °C (noviembre), evidenciando una marcada amplitud térmica diaria. En cuanto a las precipitaciones, se observa una temporada de lluvias concentrada entre diciembre y marzo, con un pico máximo de aproximadamente 140 mm en enero, mientras que los meses más secos, como junio y julio, registran valores inferiores a 10 mm. La precipitación acumulada anual estimada es de 800 mm, en un clima tipo Cwc (frío subhúmedo), típico de los Andes centrales del Perú.

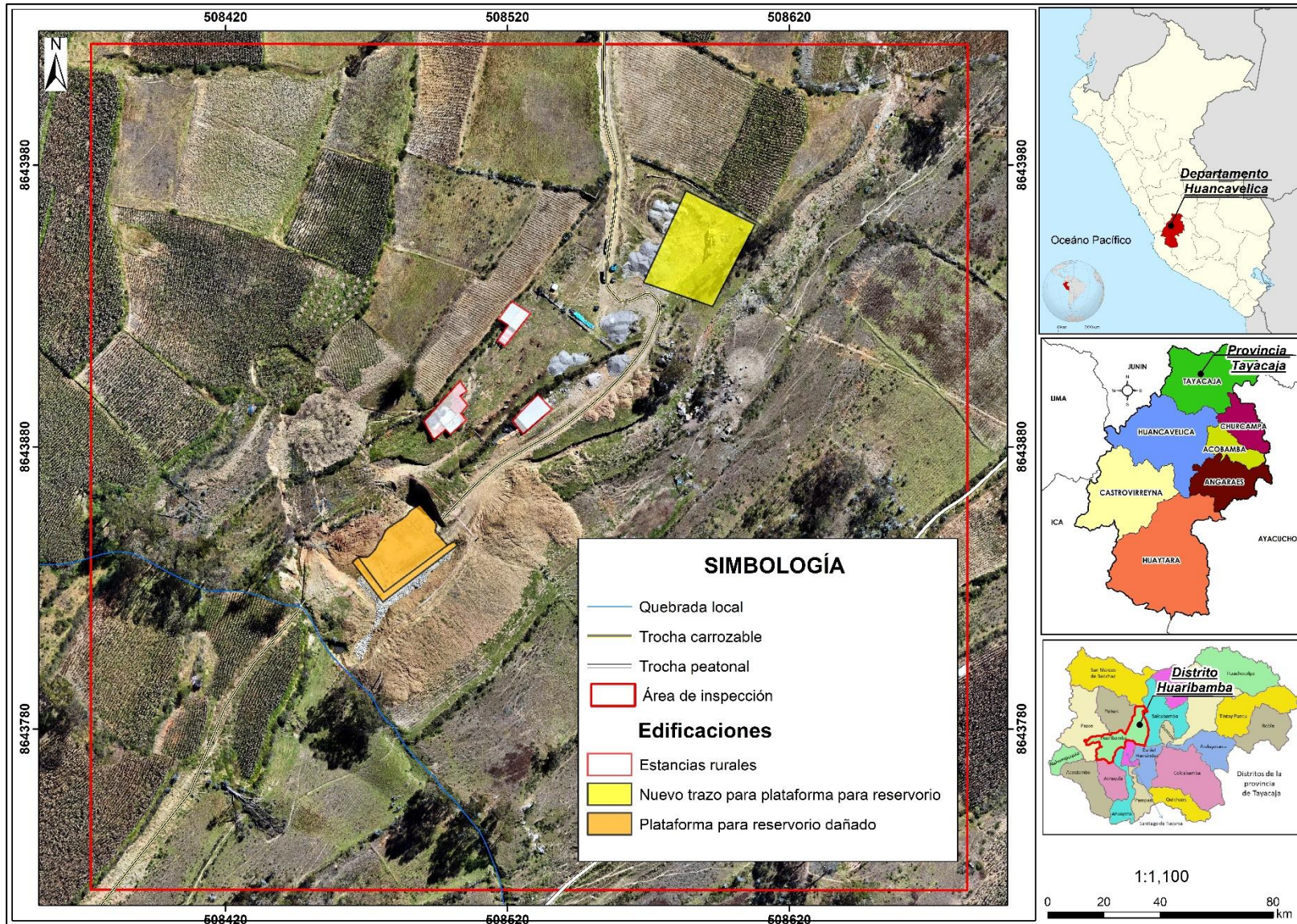


Figura 2. Mapa de ubicación del área de estudio.

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 creciente. 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

El cuadrángulo cartografiado por INGEMMET que cubre el área del sector Tororumi, corresponde al Cuadrángulo de Huancavelica, hoja 26-n, parte de la Carta Geológica Nacional a escala 1 : 100 000, actualizada en 1996 mediante el Boletín Serie A N.º 73 Este boletín técnico, elaborado por Morche y Larico (1996), presenta una descripción detallada de la geología regional: estratigrafía, estructuras, litologías, mapas geológicos y aspectos tectónicos del cuadrángulo. Contiene información suficiente para establecer la base geológica del sector Tororumi, incluyendo afloramientos del Grupo Cabanillas, Ambo, Copacabana, entre otros, y permite contextualizar la geología e historia tectónica del área. La litología de los sectores visitados se describe a continuación (mapa 1, anexo 1):

3.1. Unidades litológicas

En el sector de estudio afloran principalmente unidades correspondientes al Grupo Cabanillas (D-ca), conformadas por limoarcillitas oscuras carbonosas, con estructura lutácea y dispuestas en capas delgadas. En la base de estos afloramientos, las limoarcillitas se encuentran intercaladas con capas de areniscas de grano medio a grueso. Las lutitas son evidentes en el corte inferior del talud habilitado para la construcción del reservorio de agua, presentando un buzamiento (dip) de 32° en contra de la pendiente, con dirección de buzamiento (dip direction) de 275°. Los ensayos con martillo de Schmidt arrojaron valores promedio entre 15 y 20, lo que sugiere una resistencia a compresión simple estimada entre 15 y 25 MPa, correspondiente a un material de competencia baja a media, además de presentar una estructura fragmentada y un grado de meteorización medio a alto. En la parte superior del talud se observan areniscas meteorizadas, probablemente remanentes del mismo Grupo Cabanillas o de la base del Grupo Ambo (Ci-a). En los alrededores del área de intervención se identifican también afloramientos de calizas más competentes, con buzamientos similares, posiblemente correspondientes al Grupo Copacabana (Pi-c).

3.2. Depósitos cuaternarios

En el área de estudio se identifican depósitos cuaternarios de origen coluvio-deluvial (Qh-cd), formados por la acumulación de materiales en la ladera que cubren la mayor parte del basamento rocoso. Estos depósitos están conformados principalmente por bloques de areniscas de entre 10 y 50 cm de diámetro, inmersos en una matriz limo-arenosa (fotografía 3). Actualmente, estas zonas son utilizadas como áreas de cultivo debido a su pendiente moderada y accesibilidad. Durante la habilitación del corte de talud para la construcción del reservorio, se generó un deslizamiento en estos materiales, los cuales, debido a su reciente formación y movimiento, ahora se consideran depósitos coluviales (Qh-co) con baja cohesión y estructura suelta. En ellos se identifican surgencias de agua (fotografía 4), lo que incrementa su susceptibilidad a la inestabilidad. Finalmente, parte del material removido durante el corte fue adosado a la ladera, conformando un depósito antrópico (Qh-ant) aún más

suelto, que representa un riesgo potencial ante precipitaciones intensas o cargas adicionales.



Fotografía 1. Lutitas del Grupo Cabanillas visibles en los cortes del Talud, para la construcción del reservorio de agua en el sector Tororumi.



Fotografía 2. Afloramientos de calizas del Grupo Copacabana.



Fotografía 3. Depósitos coluvio-deluviales en el área de estudio.



Fotografía 4. Depósitos coluviales, producto de deslizamiento reciente.

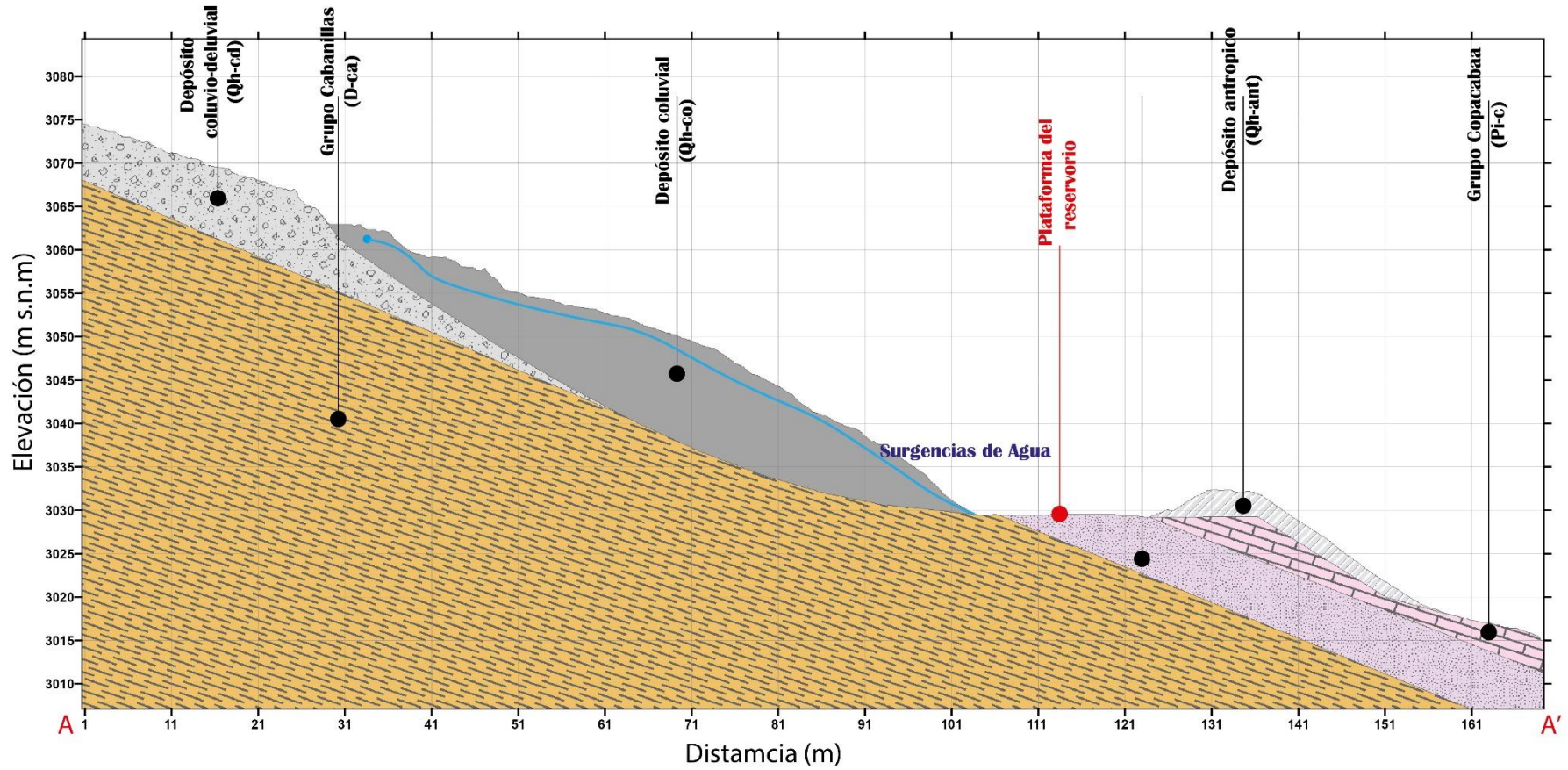


Figura 3. Perfil inferido en el área de estudio.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

Las pendientes del terreno en el área de estudio son variables; sin embargo, pueden resumirse en un perfil general. La ladera presenta pendientes fuertes (15° – 25°) a muy fuertes (25° – 45°). Desde la base del corte donde se construye el reservorio (pendiente inicial de aproximadamente 15°), la inclinación se incrementa hasta 30° en la zona afectada por el deslizamiento. Hacia la parte superior de la ladera, las pendientes disminuyen gradualmente a 24° y 20° , especialmente en áreas que han sido retrabajadas para uso agrícola, donde se han generado superficies ligeramente más estables.

En el Anexo 1: Mapa 02 se presentan las subunidades geomorfológicas identificadas en las zonas evaluadas y alrededores.

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 03 se presentan las subunidades geomorfológicas identificadas en las zonas evaluadas y alrededores.

Geomorfológicamente, a nivel regional, el área de estudio corresponde a una unidad montañosa conformada por rocas sedimentarias. Sin embargo, a nivel local, se reconoce principalmente como una vertiente coluvio-deluvial (V-cd), caracterizada por pendientes fuertes cercanas a los 25° , donde se desarrollan actividades agrícolas. Estas actividades han generado subdivisiones parcelarias y aplanamientos antropogénicos que modifican parcialmente la morfología natural del terreno.

En esta vertiente, se ha identificado un deslizamiento rotacional (V-dd) con pendientes promedio de 30° , generado sobre materiales coluviales poco consolidados. El cuerpo deslizado presenta una forma alargada (elongada), con escarpes de aproximadamente 2 metros de altura, y un sector cóncavo fracturado con presencia de agrietamientos longitudinales y transversales, indicativos de deformación progresiva. El material removido se encuentra en el medio de la ladera, generando una morfología irregular en la zona de deposición.

Además, dentro de la vertiente coluvio-deluvial se observan resaltos o salientes rocosas de calizas competentes, que afloran de manera puntual como crestones estructurales o promontorios rocosos, lo que evidencia la proximidad del basamento litológico y genera contrastes de resistencia mecánica en la ladera.

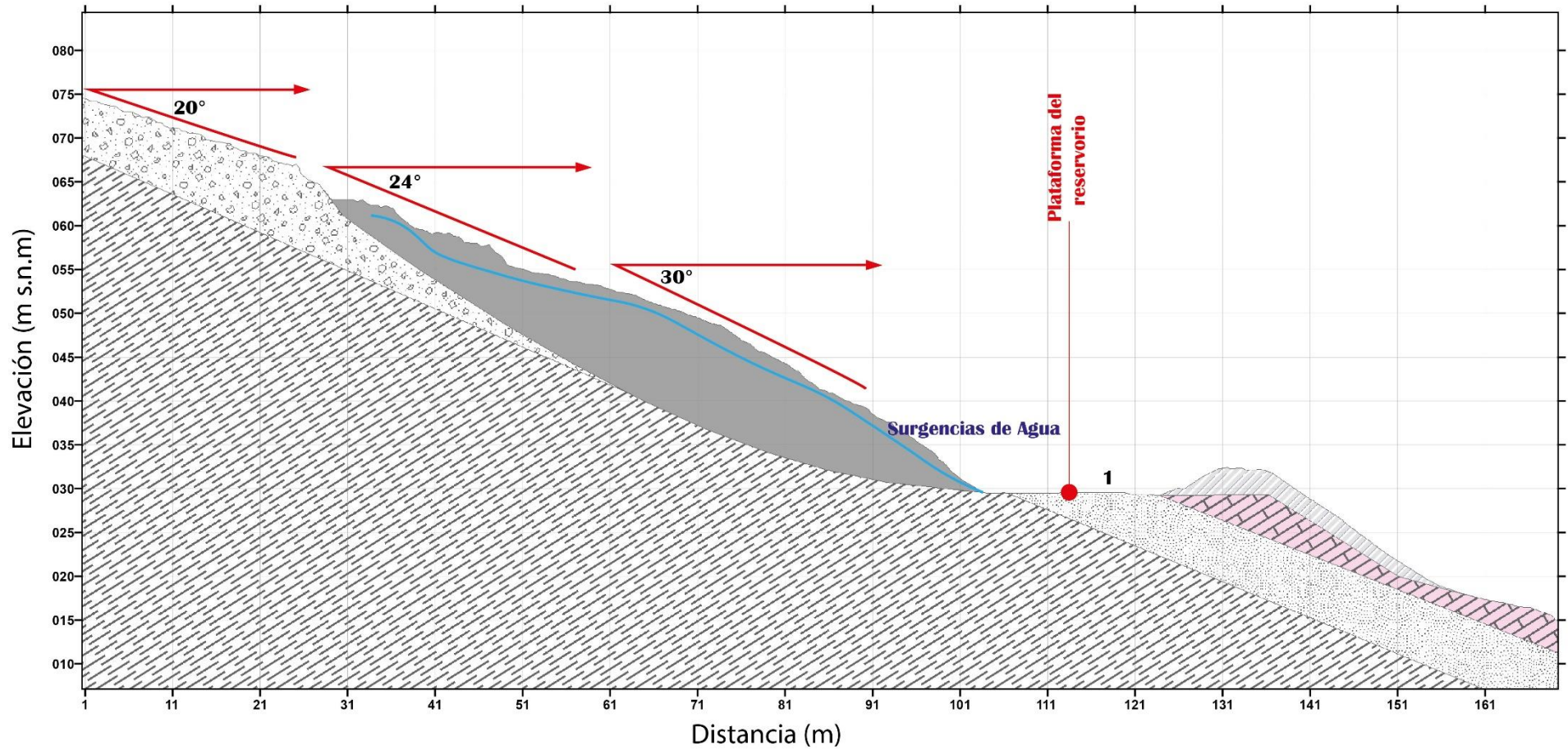


Figura 4 . Pendientes del terreno en el área de estudio.

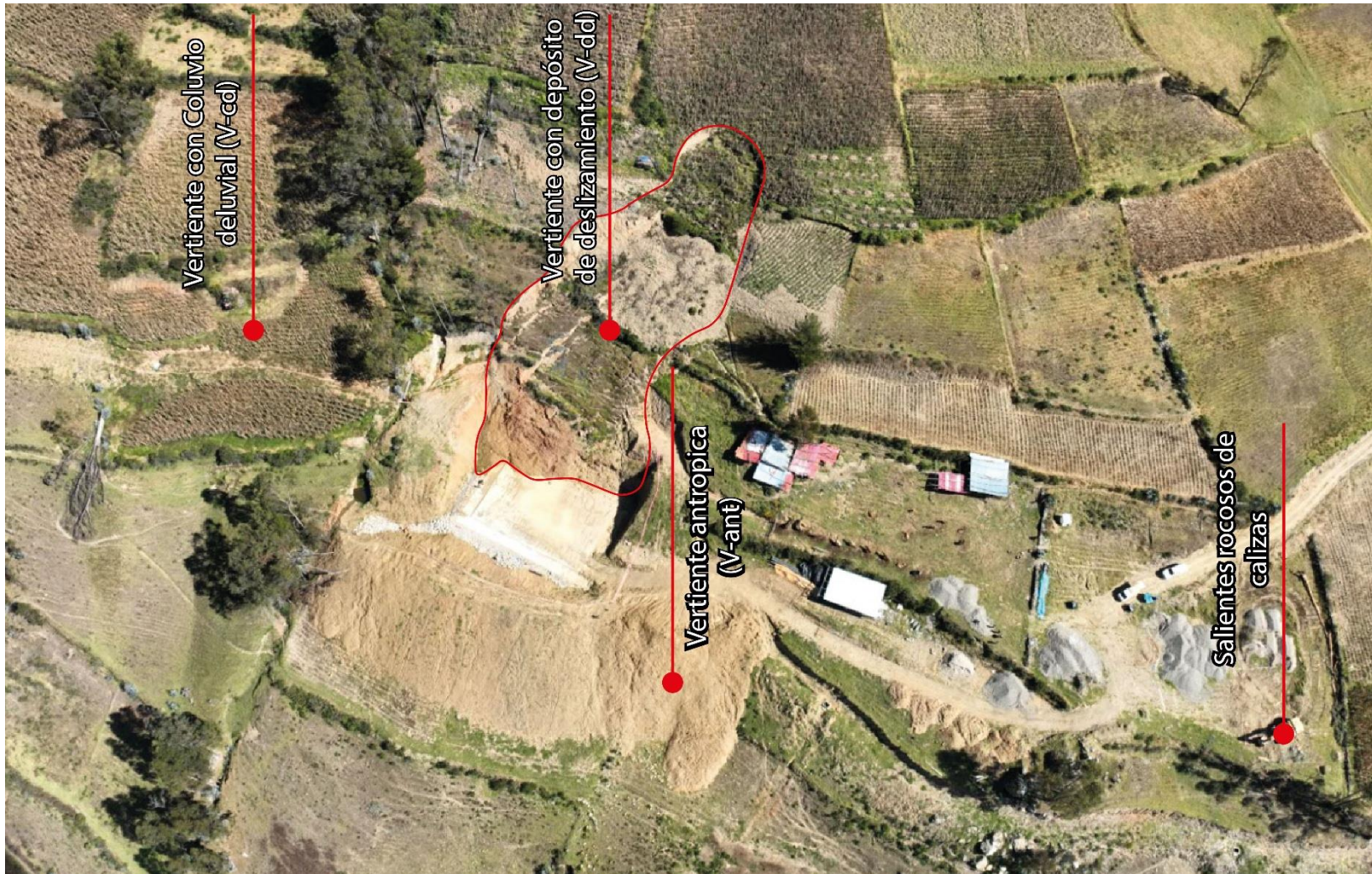


Figura 5 . Unidades geomorfológicas en el área de estudio.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA

El principal movimiento en masa identificado en el área de estudio corresponde a un deslizamiento rotacional, el cual se describe a continuación:

5.1. Deslizamiento rotacional

Este se desarrollado sobre lutitas fragmentadas y materiales coluvio-deluviales poco consolidados. Este tipo de deslizamiento se caracteriza por una superficie de ruptura curva y concava hacia arriba, lo que genera un desplazamiento en bloque del material removido. El deslizamiento presenta una zona de escarpe de hasta 3.5 metros de altura, con evidencias de agrietamientos tensionales en la parte alta (cabecera) y hundimientos diferenciales en el cuerpo, lo que indica actividad reciente o reactivación del proceso.

El cuerpo del deslizamiento muestra una morfología elongada, con acumulación de material suelto en la parte baja, generando una topografía irregular. La pendiente promedio del sector afectado es de aproximadamente 30°, y el evento ha sido favorecido por la combinación de pendientes fuertes, baja cohesión de los materiales, surgencias de agua y cortes de talud no estabilizados. Este deslizamiento compromete zonas destinadas a la agricultura y representa un riesgo geológico activo.



Fotografía 5. Vista general del deslizamiento rotacional en el sector Tororumi.



Figura 6 . Escarpe principal del deslizamiento de 3.5 de altura con actividad retrograda.

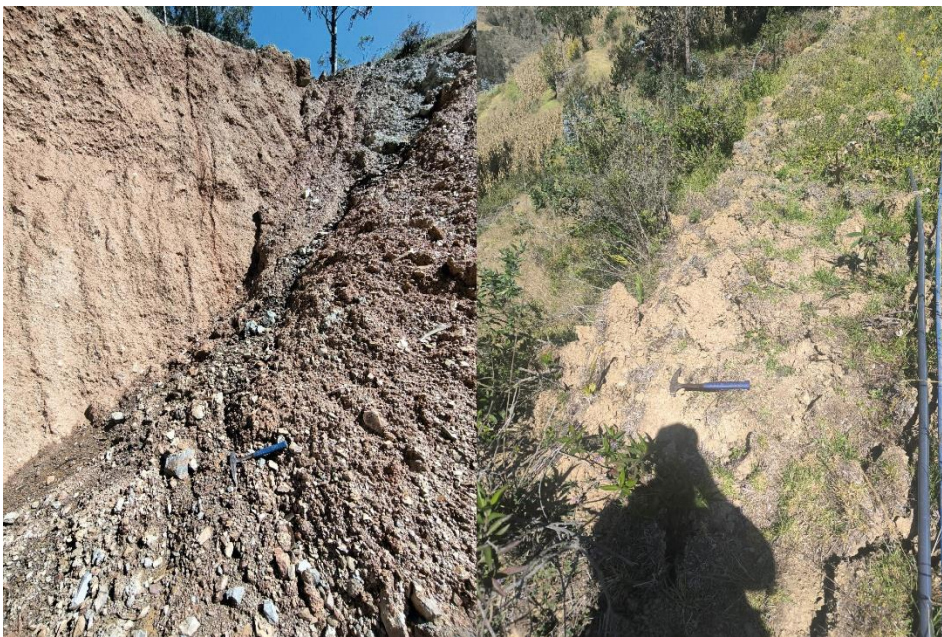


Figura 7 . De izquierda a derecha se observa infiltraciones de agua y agrietamientos longitudinales en el cuerpo del deslizamiento.

El deslizamiento rotacional identificado en el perfil involucra materiales de baja resistencia mecánica, como lutitas, junto con depósitos coluvio-deluviales que conforman la masa inestable. Este movimiento se ubica en la misma ladera donde se planificó la construcción de un reservorio de agua, cuyo emplazamiento se encuentra inmediatamente por encima del pie del deslizamiento.



Figura 8 . Agrietamientos longitudinales en el cuerpo del deslizamiento.

Aunque el evento no generó agrietamientos visibles ni deformaciones en la plataforma del reservorio, sí alcanzó a cubrir parcialmente su base. Esto se debe a que el pie del deslizamiento coincide con el nivel de la infraestructura proyectada, lo que altera el equilibrio natural de la ladera.

El corte o modificación del terreno para instalar la plataforma del reservorio habría modificado las condiciones de soporte y el drenaje natural, reduciendo el factor de seguridad del talud. A ello se suma la presencia de filtraciones de agua que emergen directamente desde el cuerpo del deslizamiento, incrementando la presión de poros y disminuyendo la resistencia efectiva de los materiales.

Por estas razones, la intervención humana (corte y carga adicional en la zona del pie del talud) se considera un factor antrópico desencadenante o, al menos, acelerador del proceso de inestabilidad, aun cuando el deslizamiento tenga un origen geológico previo.

Debido a la inestabilidad de la depresión cercana al reservorio, este fue reubicado hacia un área con pendientes moderadas a bajas (Mapa 4, Anexo 1). La presencia de rocas calizas y el distanciamiento respecto a la ladera inestable otorgan un mayor grado de estabilidad relativa al nuevo emplazamiento. Sin embargo, esta condición no elimina completamente el riesgo, por lo que se recomienda implementar un monitoreo geotécnico permanente durante todo el proceso constructivo de la nueva represa, a fin de detectar oportunamente cualquier signo de deformación o desplazamiento que pudiera comprometer su integridad estructural.

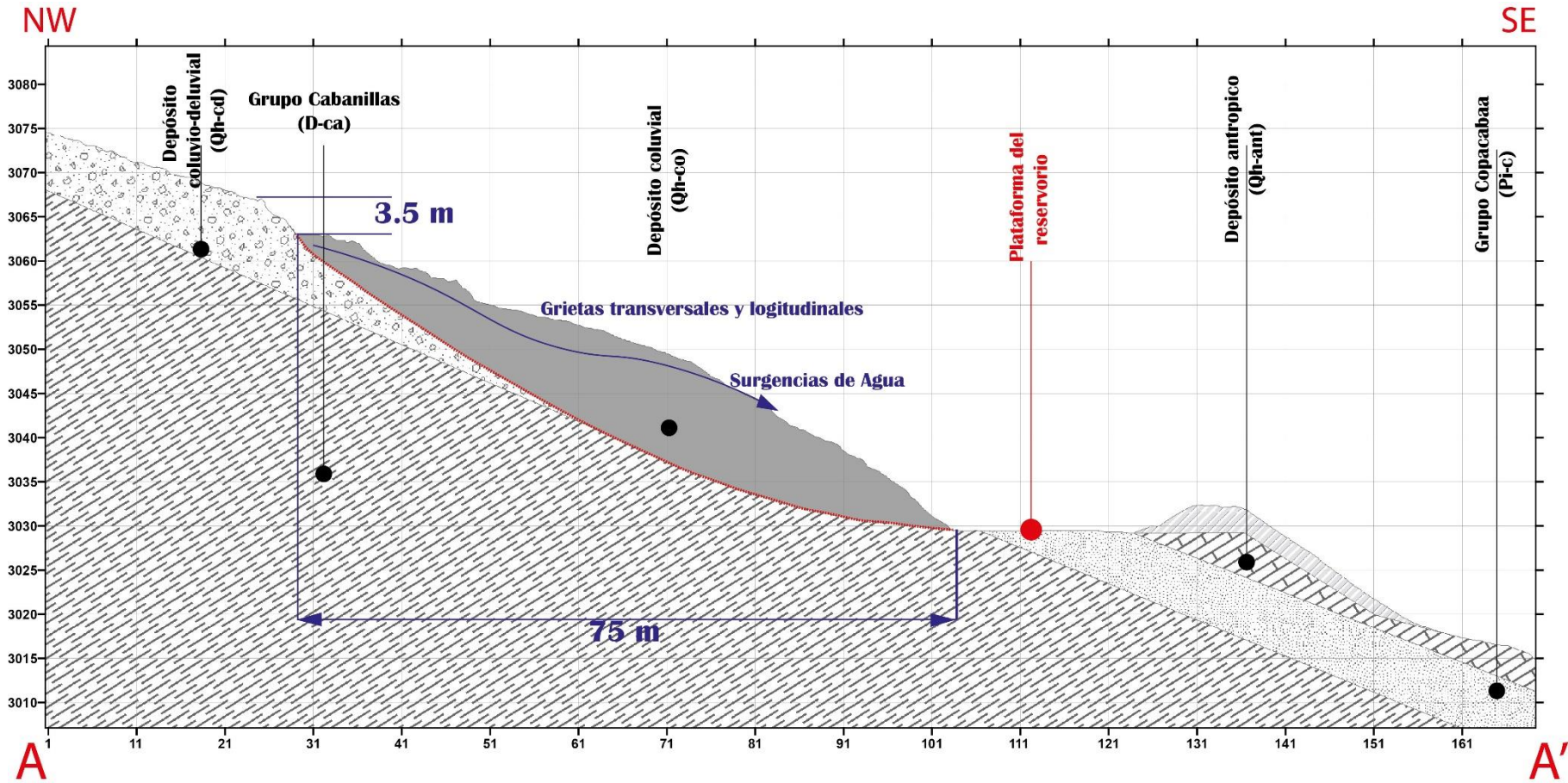


Figura 9 . Perfil inferido del deslizamiento del sector Tororumi.

5.2. Factores condicionantes

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

- Afloramientos de rocas sedimentarias, principalmente lutitas y calizas, sobre las cuales se disponen depósitos coluvio-deluviales de composición heterométrica y matriz areno-limosa. Las lutitas, por su naturaleza arcillosa, presentan baja resistencia al corte y alta susceptibilidad a la meteorización, lo que favorece la inestabilidad de laderas. Los depósitos coluvio-deluviales, poco consolidados, facilitan el deslizamiento cuando son sometidos a incrementos de humedad.
- El relieve presenta formas de ladera de pendiente media a alta, con evidencias de movimientos en masa previos.
- La pendiente del talud afectado oscila entre 25° y 35°, valores que superan los ángulos de reposo de los materiales coluvio-deluviales y las lutitas meteorizadas. Estas inclinaciones, combinadas con la saturación hídrica, incrementan las tensiones cortantes y reducen la estabilidad del terreno, predisponiéndolo a fallas rotacionales.
- Apertura para la construcción de la plataforma de cimiento del reservorio de agua en la parte baja de la ladera generó cortes y modificaciones en el pie del talud, alterando su equilibrio natural. Aunque el deslizamiento rotacional identificado no produjo agrietamientos en la plataforma, su pie alcanzó el nivel de esta, cubriéndola parcialmente. Este contacto físico y la alteración del soporte natural se consideran factores antrópicos significativos que, sumados a la infiltración de agua asociada al proyecto, contribuyeron al desencadenamiento del movimiento en masa.

5.3. Factores desencadenantes

A continuación, se detalla los principales factores que podrían desencadenar la ocurrencia de movimientos:

El deslizamiento se produjo en un contexto de precipitaciones acumuladas superiores al promedio histórico para la zona, registradas durante la temporada de lluvias 2024–2025. Según datos del SENAMHI, entre los meses de enero y marzo de 2025 se registraron acumulados cercanos a 850 mm, lo que representa un incremento del 18 % respecto a la media histórica de 720 mm para el mismo periodo. Estas lluvias continuas y de moderada a alta intensidad favorecieron la infiltración de agua a través de los materiales poco consolidados presentes en la ladera, en especial los depósitos coluvio-deluviales y las lutitas, que presentan baja resistencia al corte y alta susceptibilidad a saturarse.

Además, la infiltración prolongada redujo la cohesión de los materiales y elevó las presiones intersticiales, lo que debilitó el plano de deslizamiento rotacional preexistente. Este proceso natural se vio intensificado por la intervención antrópica asociada a la construcción de la plataforma del reservorio de agua, que se ubicó en la zona de pie del deslizamiento. La remoción parcial de material para nivelar la plataforma y la alteración del drenaje superficial modificaron el equilibrio original de la ladera, disminuyendo la resistencia del talud.

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) El área de estudio está dominada por unidades del Grupo Cabanillas (D-ca): limo-arcillitas (lutitas) carbonosas intercaladas con bancos de arenisca en la base; las lutitas presentan grado de meteorización medio-alto y baja competencia. En el corte inferior del talud las lutitas muestran un buzamiento medido de 32° con dirección 275°. Sobre estos afloramientos se disponen depósitos cuaternarios coluvio-deluviales (Qh-cd / Qh-co) formados por bloques de arenisca de 10–50 cm inmersos en una matriz limo-arenosa; además se registraron depósitos antrópicos (Qh-ant) resultantes del adosado de material durante la habilitación del corte y surgencias de agua dentro del cuerpo deslizado.
- 2) Geomorfológicamente la zona corresponde a una vertiente coluvio-deluvial con subdivisiones antropogénicas; en la ladera evaluada se identificó un deslizamiento rotacional con morfología elongada, escarpe de hasta 3,5 m de altura, zona cóncava en la cabecera y un cuerpo con deformación progresiva que genera terraceo y acumulación de material en la parte media-baja de la ladera. Se observan grietas longitudinales y transversales que delimitan la masa inestable y salientes rocosas de caliza que afloran puntualmente y generan contrastes mecánicos en la ladera.
- 3) Las pendientes del talud afectado se encuentran en el rango de 25° a 35°, con pendiente promedio aproximada de 30° en el sector del deslizamiento, valores que exceden la estabilidad esperada para los depósitos coluvio-deluviales y las lutitas meteorizadas presentes.
- 4) El principal peligro es el deslizamiento rotacional activo que presenta una escarpa de 3,5 m, agrietamientos y depósito de material suelto en el pie, lo que genera un peligro alto para áreas de cultivo e infraestructura (reservorio de agua).

- 5) El desencadenante principal fue la temporada de lluvias 2024–2025: entre enero y marzo de 2025 se registraron acumulados cercanos a 850 mm (≈ 18 % por encima de la media histórica de 720 mm para el mismo periodo), lo cual potenció la infiltración y saturación de los depósitos coluvio-deluviales y de las lutitas. A esto se suma la intervención humana —el corte para la plataforma del reservorio y la sobrecarga parcial por material adosado— que alteró el drenaje natural y redujo el factor de seguridad, actuando como acelerador del deslizamiento.

- 6) La plataforma original del reservorio quedó parcialmente cubierta por el pie del deslizamiento, por lo que se reubicó hacia un sector fuera de la influencia directa del cuerpo deslizado; la nueva ubicación fue seleccionada por presentar pendientes moderadas-bajas, mayor distancia al área inestable y afloramientos de calizas más competentes, condiciones que ofrecen una estabilidad relativa superior frente al emplazamiento inicial. No obstante, la reubicación reduce, pero no elimina el riesgo: es imprescindible ejecutar estudios geotécnicos complementarios y programar instrumentación y monitoreo (topografía periódica, estacas, piezómetros/inclinómetros) además de drenajes superficiales y subdrenajes antes y durante la construcción para garantizar la seguridad del proyecto.

- 7) Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas que presenta el área de estudio se le considera de **Peligro Alto** por deslizamientos que afectarían la ubicación primera del reservorio, pudiendo ser desencadenados por precipitaciones periódicas y/o extraordinarias.

7. RECOMENDACIONES

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

1. Establecer cordón de seguridad y restricción de acceso en la zona de escarpe, cuerpo y pie del deslizamiento.
2. Ejecutar control temporal de aguas superficiales: zanjas de borde y cunetas provisionales para desviar escorrentías lejos de la cabecera y del cuerpo deslizado; mantener estos elementos limpios durante la época de lluvias
3. Diseñar e instalar sistema de drenaje permanente:
 - Drenajes superficiales perimetrales (cunetas interceptoras en coronación y coronamiento de terrazas).
 - Subdrenajes horizontales (drains gravel-packed o drenes horizontales con geotextil) en la corona y dentro del cuerpo para reducir presión de poros.
 - Coleccionador de pie de ladera que evacúe el agua hacia puntos seguros sin erosionar.
4. Reperfilamiento y bermas: realizar regrades locales para reducir pendientes críticas (buscar acercarse al rango recomendado para estabilidad permanente; p. ej. reducir pendientes a $<18^\circ$ donde sea factible) y crear bermas/repisas para cortar la longitud de deslizamiento.

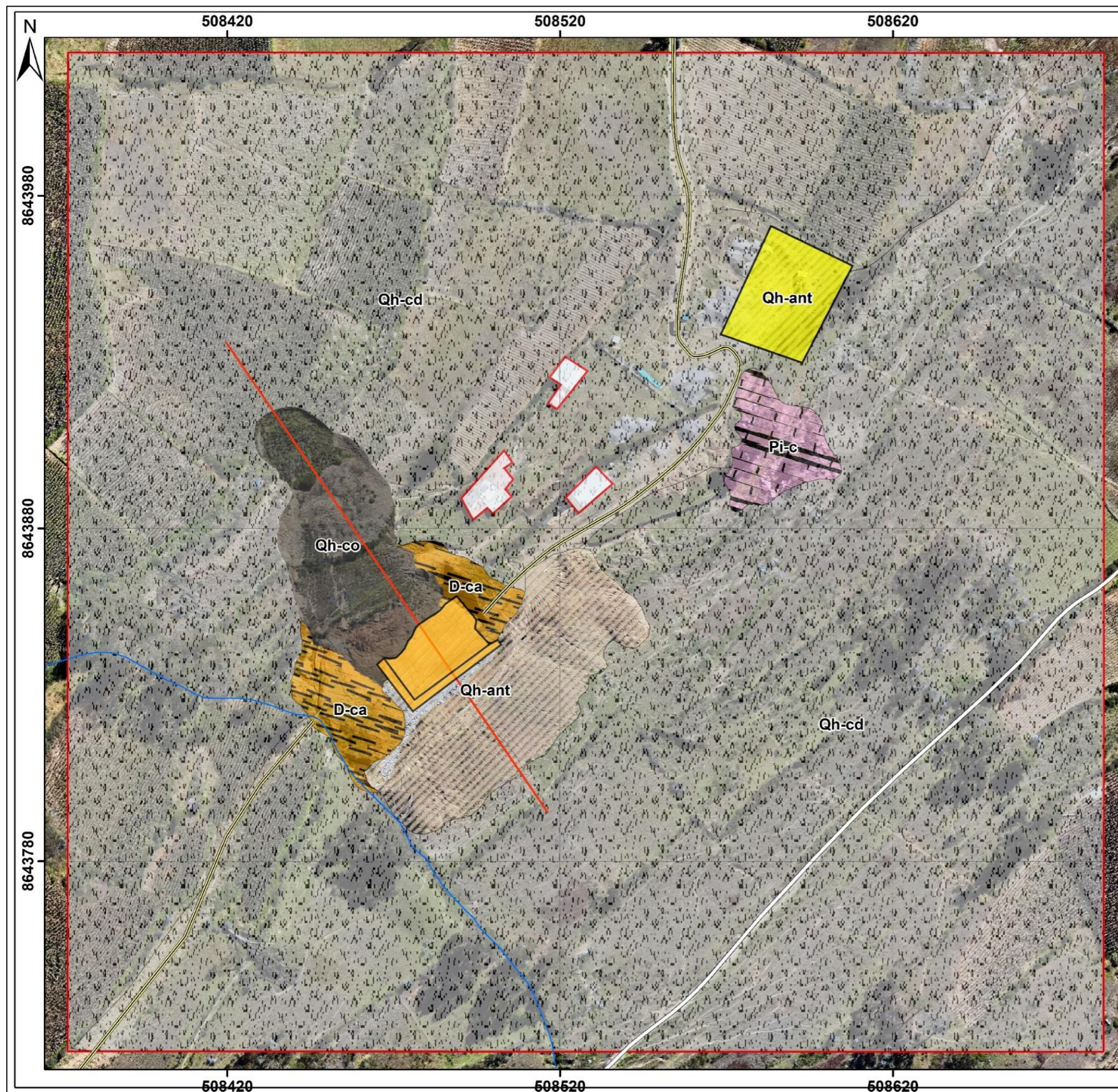
Todas estas medidas estructurales deben ser diseñadas, supervisadas y ejecutadas exclusivamente por profesionales especializados en ingeniería geotécnica e hidráulica, y deben estar sustentadas en estudios técnicos detallados que garanticen su eficacia y estabilidad.

5. Si la reubicación del reservorio se mantiene, diseñar la plataforma y cimentaciones con criterios geotécnicos estrictos (fundaciones sobre rocas competentes o rellenos compactados conforme a ensayos) y prevenir membranas/impermeabilizaciones para evitar filtraciones en la embocadura.
6. Establecer un programa de instrumentación permanente: inclinómetros (continuo o lectura periódica), piezómetros con lecturas mínimas semanales durante lluvias intensas, estaciones topográficas (estacas/RTK) con control mensual o tras eventos importantes, y registro fotográfico.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Autoridad Nacional del Agua – ANA. (2023). *Registro y evaluación de proyectos de infraestructura hidráulica: Reservorio Tororumi*. Lima: ANA. Recuperado de <https://www.ana.gob.pe>
- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET. (2018). *Carta Geológica Nacional: Hoja Cabanillas 33-v (1.100.000)*. Lima: INGEMMET.
- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET. (2020). *Mapa Geomorfológico del Perú*. Lima: INGEMMET.
- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET. (2021). *Clasificación de pendientes y susceptibilidad a movimientos en masa*. Lima: INGEMMET.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI. (2017). *Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. Recuperado de <https://www.inei.gob.pe>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego – MIDAGRI. (2023). *Proyectos de infraestructura de riego: Reservorio Tororumi*. Lima: MIDAGRI.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI. (2024). *Datos históricos de precipitación y temperatura – Estación Juliaca*. Lima: SENAMHI. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe>

ANEXO 1: MAPAS



SIMBOLOGÍA

- Quebrada local
- Trocha carrozable
- Trocha peatonal
- Área de inspección

Edificaciones

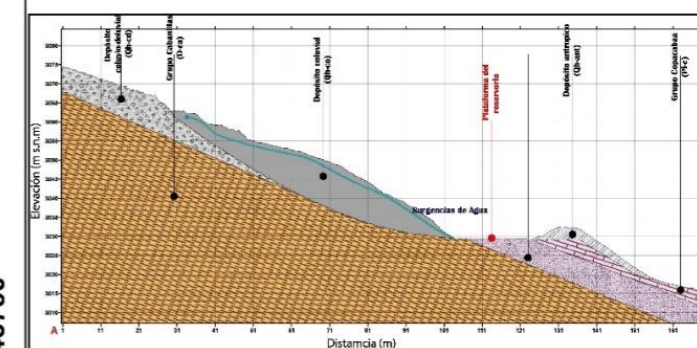
- Estancias rurales
- Nuevo trazo para plataforma para reservorio
- Plataforma para reservorio dañado

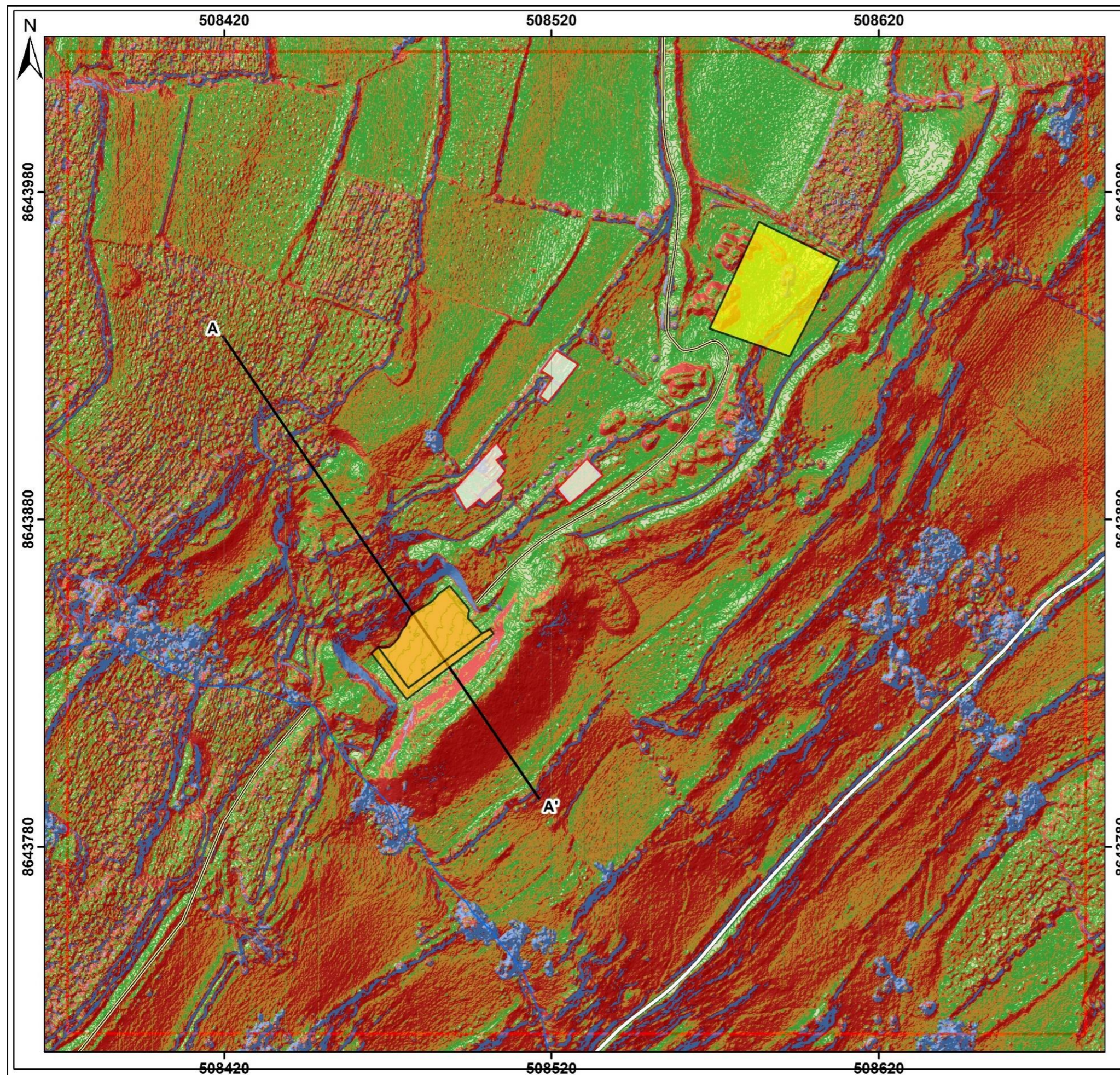
LEYENDA

Unidades litoestratigráficas

- Qh-ant / Depósitos antropicos
- Qh-cd / Depósitos coluvio deluviales
- Pi-c / Grupo Copacabana
- D-ca / Grupo Cabanillas

1:1,100





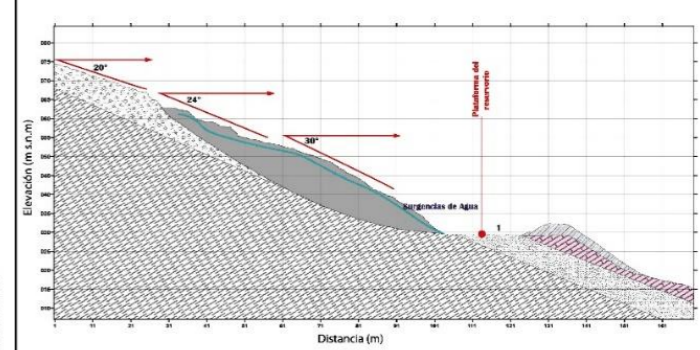
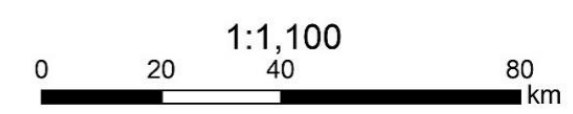
SIMBOLOGÍA

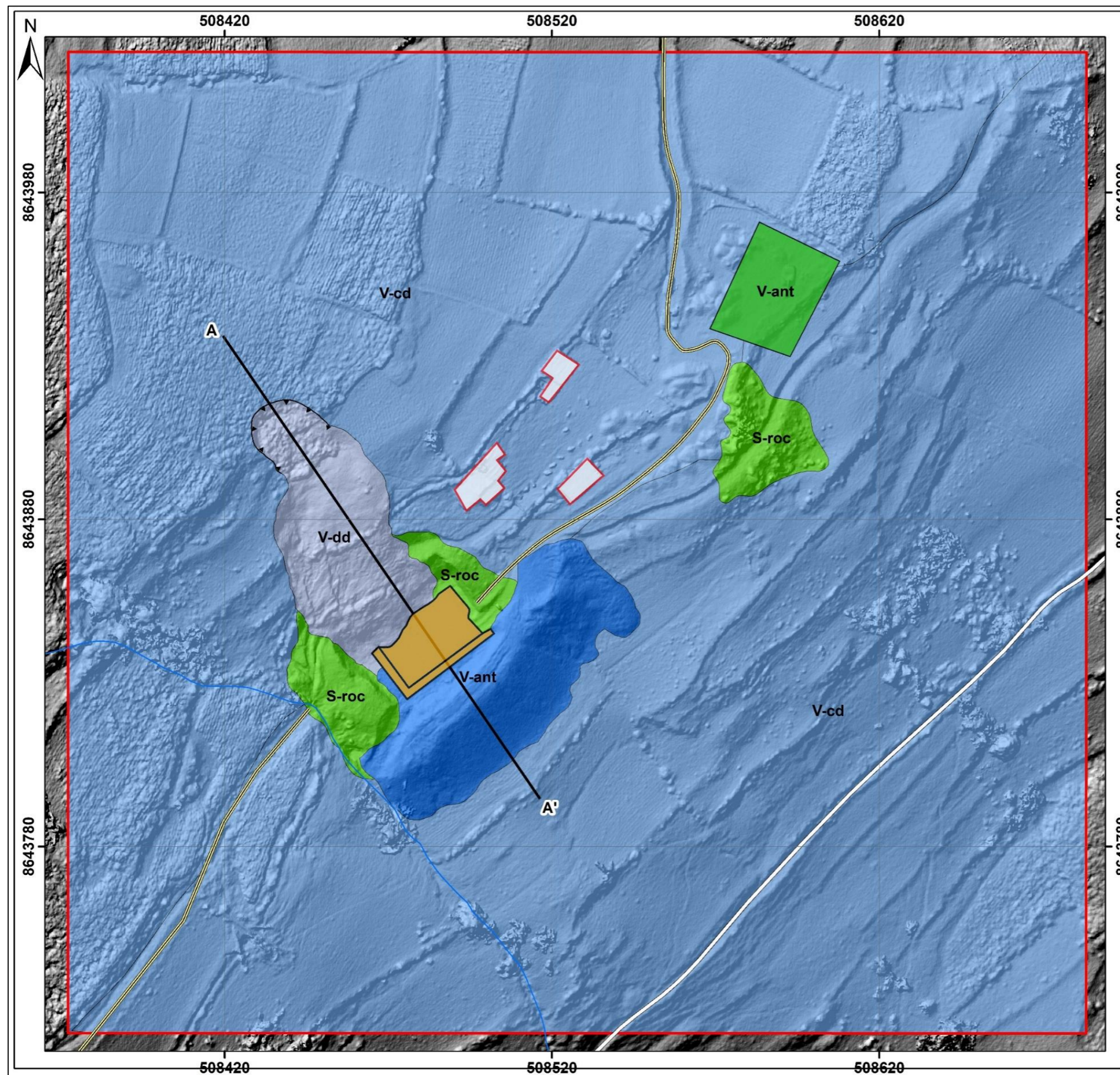
- Quebrada local
 - Trocha carrozable
 - Trocha peatonal
 - Área de inspección
- #### Edificaciones
- Estancias rurales
 - Nuevo trazo para plataforma para reservorio
 - Plataforma para reservorio dañado

LEYENDA

Unidades de pendiente

- Terreno llano (0°-1°)
- Terreno inclinado pendiente suave (1°-5°)
- Pendiente moderada (5°-15°)
- Pendiente fuerte (15° - 25°)
- Pendiente muy fuerte a escarpada (25°-45°)
- Terreno muy escarpado (>45°)



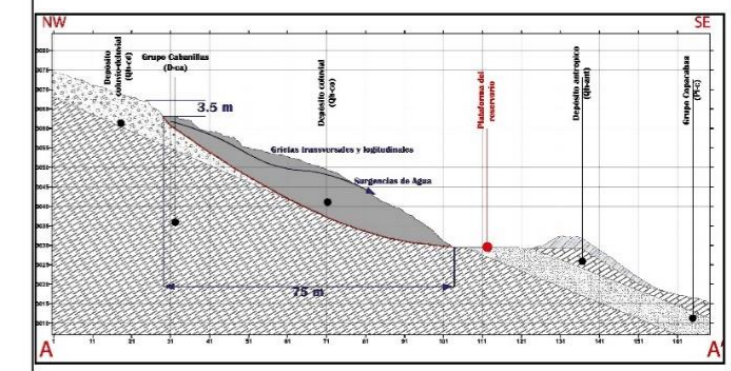
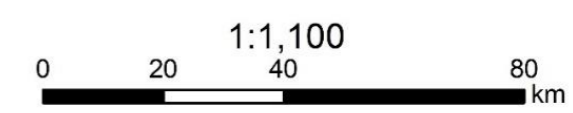


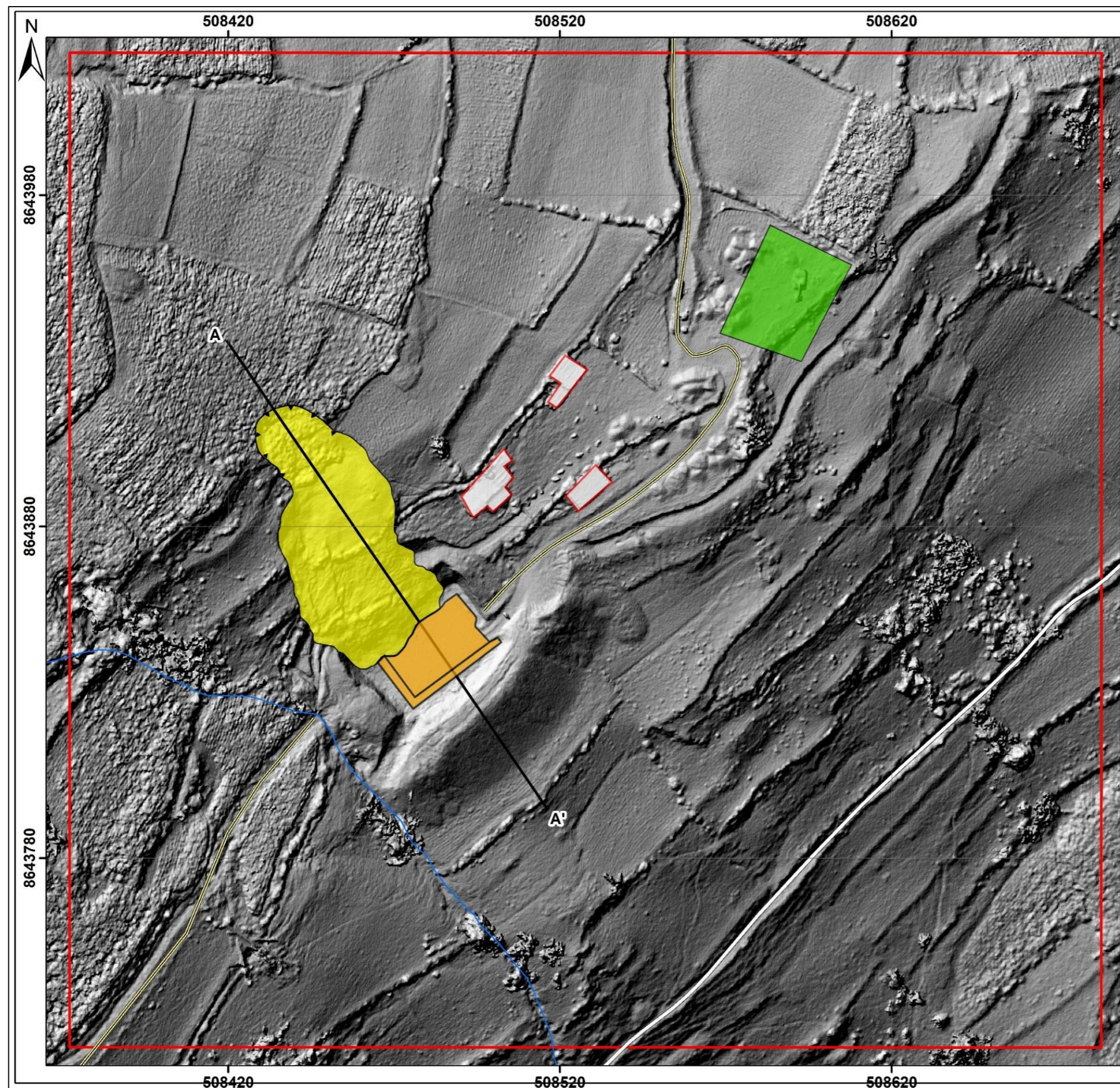
SIMBOLOGÍA

- Quebrada local
- Trocha carrozable
- Trocha peatonal
- Área de inspección
- Edificaciones**
- Estancias rurales
- Nuevo trazo para plataforma para reservorio
- Plataforma para reservorio dañado

Leyenda

- Subunidades geomorfológicas**
- S-roc / Sobresalientes rocosos
 - V-ant / Depósitos antropogénicos
 - V-cd / Vertiente coluvio-deluvial
 - V-dd / Vertiente con depósito de deslizamiento





SIMBOLOGÍA

- Quebrada local
- Trocha carrozable
- Trocha peatonal
- Área de inspección

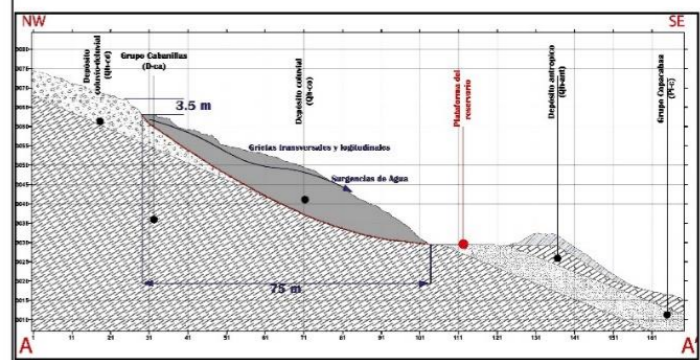
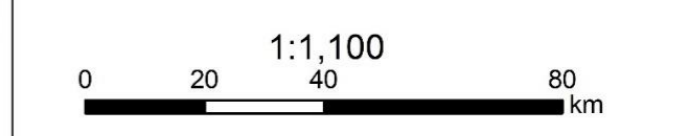
Edificaciones

- Estancias rurales
- Nuevo trazo para plataforma para reservorio
- Plataforma para reservorio dañado

LEYENDA

Movimientos en masa

- Deslizamiento rotacional activo
- Corona de deslizamiento



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

ACT 16. SERVICIO DE ASISTENCIA TÉCNICA EN LA EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR TORORUMI
DISTRITO HUARIBAMBA, PROVINCIA TAYACAJA - PAMPAS, DEPARTAMENTO HUANCVELICA

DATUM: WGS84 Zona 18 Sur Escala: 1:1000 - A3	Elaborado por: Ingemmet 2025 Fecha: Agosto 2025
--	--

04