

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7668

EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR UCHPAPATA DEL CENTRO POBLADO SANTA ROSA DE COCHABAMBA

Departamento: Ayacucho

Provincia: Huamanga

Distrito: Socos



OCTUBRE
2025

EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR UCHPAPATA DEL CENTRO POBLADO SANTA ROSA DE COCHABAMBA

*Distrito Socos
Provincia Huamanga
Departamento Ayacucho*



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

Equipo técnico:

Mauricio A. Núñez Peredo

Ángel G. Luna Guillén

Referencia bibliográfica

Núñez, M. (2025). "Evaluación de peligro geológico por deslizamiento en el sector Uchpapata del Centro Poblado Santa Rosa de Cochabamba". Distrito Socos, provincia Huamanga, departamento de Ayacucho. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N°A7668, 33p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. Objetivos del estudio.....	2
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores.....	3
1.3. Aspectos generales	4
2. DEFINICIONES	7
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	9
3.1. Unidades litológicas	9
3.2. Depósitos cuaternarios	11
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	12
4.1. Pendiente del terreno	12
4.2. Unidades geomorfológicas	12
5. PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA	13
5.1. Análisis multitemporal de imágenes satelitales	17
5.2. Análisis longitudinal del deslizamiento.....	19
6. FACTORES DE LA INESTABILIDAD DE LA LADERA	22
6.1. Factores condicionantes	22
6.2. Factores detonantes o desencadenantes	22
7. CONCLUSIONES.....	24
8. RECOMENDACIONES.....	25
9. BIBLIOGRAFÍA.....	26
ANEXO 1: MAPAS.....	27

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por deslizamiento realizado en el sector Uchpapata del Centro Poblado Santa Rosa de Cochabamba, distrito Socos, provincia Huamanga y departamento Ayacucho. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable y accesible en geología en los tres niveles de gobierno (distrital, regional y nacional).

En el área de estudio afloran secuencias volcano sedimentarias de las Formaciones Sallalli y Huanta (Miembro Tigrayoc), conformado por secuencia de conglomerados, tobas, coladas andesíticas, areniscas y limolitas. Geotécnicamente el macizo rocoso presenta una resistencia baja (25-50 Mpa), con una estructura fuertemente fracturada y perturbado, formando un conjunto de bloques angulosos, con espaciamientos muy próximos a próximos entre sí (0.02-0.20 m), aberturas abiertas (1.0 a 5.0 mm) a muy abiertas (>5.0 mm) y sin relleno visible. Además, se encuentran de moderada a altamente meteorizadas en superficie.

La subunidad geomorfológica corresponde a montañas modeladas en roca volcano sedimentaria con laderas de pendientes variable, que oscilan entre fuertes a muy fuertes (15°- 45°). Además; se tiene geoformas de vertientes coluviodeluvial y coluvial, formadas por depósitos inconsolidados acumulados en las vertientes de montañas, en forma de talus de detritos irregulares de origen coluvial y coluvio-deluvial, de edad antigua y reciente, que descienden ladera abajo.

El peligro identificado corresponde a la reactivación de un deslizamiento antiguo de tipo rotacional, acontecido el pasado 30 de marzo. Este proceso gravitacional generó la remoción masiva de materiales coluviales que comprometieron la estabilidad del talud y ocasionó la destrucción de 4 viviendas, así como la pérdida aproximada de 15 a 20 ha de cultivos. Así mismo, afectó la vía de comunicación local, que conecta los sectores de Santa Rosa de Cochabamba, San Lorenzo, Cedro, Sapsi y Luyanta, en un tramo aproximado de 500 m.

Además, el sector Uchpapata presenta otro deslizamiento en proceso de reactivación, ubicado en el flanco derecho del evento principal, con cicatrices de hasta 300 m de longitud, grietas transversales y ondulaciones del terreno propias de antiguos procesos de remoción en masa, lo que demuestra una alta actividad geodinámica en el área, incrementando el nivel de peligro geológico para la población y la infraestructura.

Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas mencionadas líneas arriba, **el sector Uchpapata del centro poblado Santa Rosa de Cochabamba** representa una zona de **Peligro Alto**, frente a deslizamientos; los cuales pueden ser desencadenados por sismos y/o lluvias excepcionales intensas de corta duración y/o prolongadas (Fenómeno El Niño o similar).

Finalmente, se brinda algunas recomendaciones correctivas generales a fin de que las autoridades competentes lo pongan en práctica como son: Reubicar las viviendas ubicadas en los flancos del deslizamiento activo; prohibir la práctica agrícola dentro del cuerpo del deslizamiento y en áreas adyacentes; implementar drenes superficiales de desviación en los flancos y zonas altas de cultivo; implementar un sistema de monitoreo permanente mediante instrumentación; entre otras.

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 las solicitudes del Congreso de la República según Oficio N°756-2024-2025/GATV-CR y del Instituto Nacional de Defensa Civil según Oficio N°000193-2025-INDECI/JEF es en el marco de nuestras competencias que se realizó una evaluación de peligros geológicos por deslizamiento en el centro poblado Santa Rosa de Cochabamba, específicamente en el sector denominado como “Uchpapata”.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los ingenieros geólogos Mauricio Núñez Peredo y Gonzalo Luna Guillén realizar la evaluación de peligros geológicos respectiva, en el sector mencionado en el párrafo anterior. Los trabajos de campo se ejecutaron en coordinación con representantes de Defensa Civil de la Municipalidad Distrital de Socos y autoridades locales.

La evaluación técnica se realizó en tres etapas: i) Gabinete I, pre-campo, con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET; ii) Campo a través de la observación, toma de datos (sobrevuelos dron, 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, fotointerpretación de imágenes satelitales, cartografiado e interpretación, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del informe.

Este informe se pone a consideración del Congreso de la República 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 deslizamiento en el sector Uchpapata del centro poblado de Santa Rosa de Cochabamba.
- 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 las zonas de evaluación (informes técnicos) y otros estudios regionales relacionados a temas de geología y geodinámica externa (boletines), de los cuales destacan los siguientes:

- A) Informe Boletín, Serie A, Carta Geológica Nacional: “Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Ayacucho (27-ñ) (Rodríguez & Chacaltana, 2003). Describe la geología regional a escala 1:100, 000 de la zona evaluada, correspondiente a una sucesión litoestratigráficas compuesta rocas volcano sedimentarias del Neógeno, así como depósitos cuaternarios recientes.
- B) Boletín N° 70, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Peligro Geológico en la Región Ayacucho”, (Vílchez et al., 2019). Este estudio identificó la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa en el área de estudio, como: derrumbes, deslizamientos, movimiento complejo y reptación de suelos.

Adicionalmente, el boletín incluye un mapa de susceptibilidad por movimientos en masa, a escala 1: 300,000, donde se observa que el área evaluada presenta terrenos con alta susceptibilidad (figura 1); condicionada por las características litológicas, geomorfológicas, pendiente, cobertura vegetal y uso de suelo.

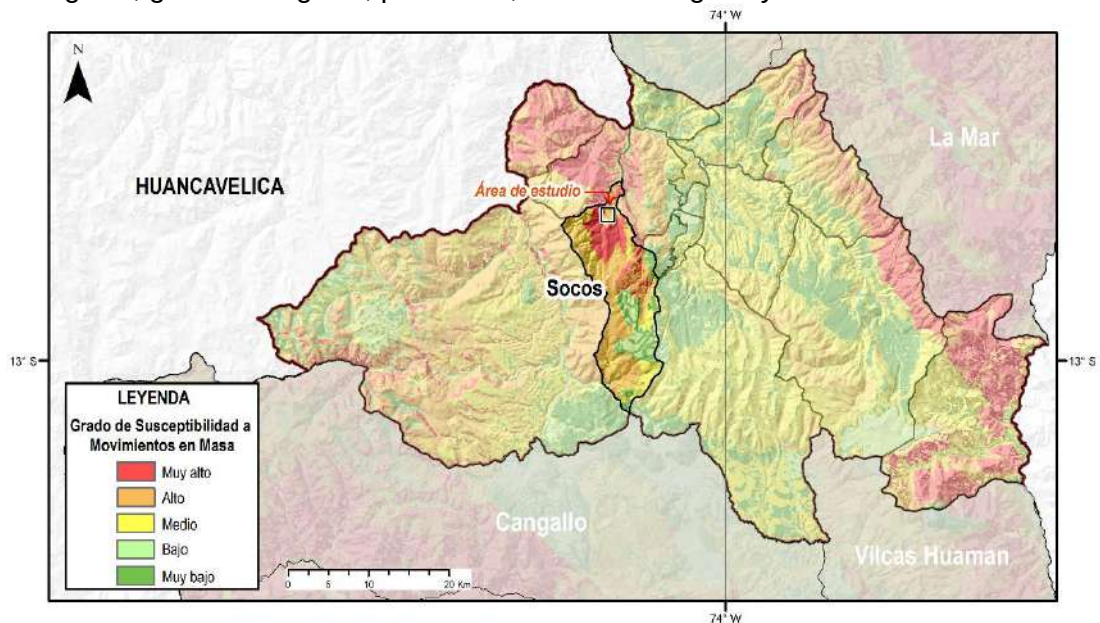


Figura 1: Susceptibilidad por movimientos en masa de la provincia de Huamanga **Fuente:** Vílchez et al., 2019.

- C) De acuerdo a los niveles de zonificación sísmica en el Perú, el cual es actualmente utilizado en el nuevo reglamento peruano de la construcción con la norma técnica de edificación E-30 (Diseño “sismorresistente” del Reglamento Nacional de Edificaciones, actualizado al 2016), el área de estudio se ubica en la Zona 3 (sismicidad alta), determinándose aceleraciones de 0.35 g. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. Este factor se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad (DS No. 003-2016-VIVIENDA).

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El deslizamiento del centro poblado Santa Rosa de Cochabamba, se ubica en el sector denominado “Uchpapata”, en la ladera norte del Cerro Kiruray, margen derecha del río Tomarenga. Políticamente, pertenece al distrito de Socos, provincia Huamanga y departamento Ayacucho (figura 2).

Las coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18S) del área evaluada se muestra en la siguiente tabla 1:

Tabla 1. Coordenadas del área de estudio.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
A	576518.5359	8544366.791	-13.16629530°	-74.29392173°
B	576518.5359	8543319.319	-13.17576645°	-74.29389459°
C	575538.0894	8543319.319	-13.17579119°	-74.30294158°
D	575538.0894	8544366.791	-13.16632003°	-74.30296837°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
	576060.3008	8543755.007	-13.17183860°	-74.29813414°

1.3.2. Población

Según el Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, el Centro Poblado Santa Rosa de Cochabamba presenta una población censada de 186 habitantes, distribuidos en 69 viviendas particulares (tabla 2):

Tabla 2: Distribución poblacional del área evaluada.

DISTRITO	CENTRO POBLADO	POBLACIÓN	VIVIENDAS
SOCOS	Santa Rosa de Cochabamba	186	69

El ámbito comunal presenta una superficie aproximada de 510 hectáreas, distribuidas en áreas agrícolas, pastizales y zonas de ladera. El patrón de asentamiento es disperso con viviendas concentradas en torno a la plaza principal, áreas educativas y puesto de salud.

1.3.3. Accesibilidad

El acceso principal al centro poblado se realiza por vía terrestre desde la sede central de Ingemmet, mediante la siguiente ruta (tabla 3):

Tabla 3. Ruta de acceso.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Socos	Asfaltada	552	9 horas 30 min
Socos – Santa Rosa de Cochabamba	Afirmada	5.9	15 min

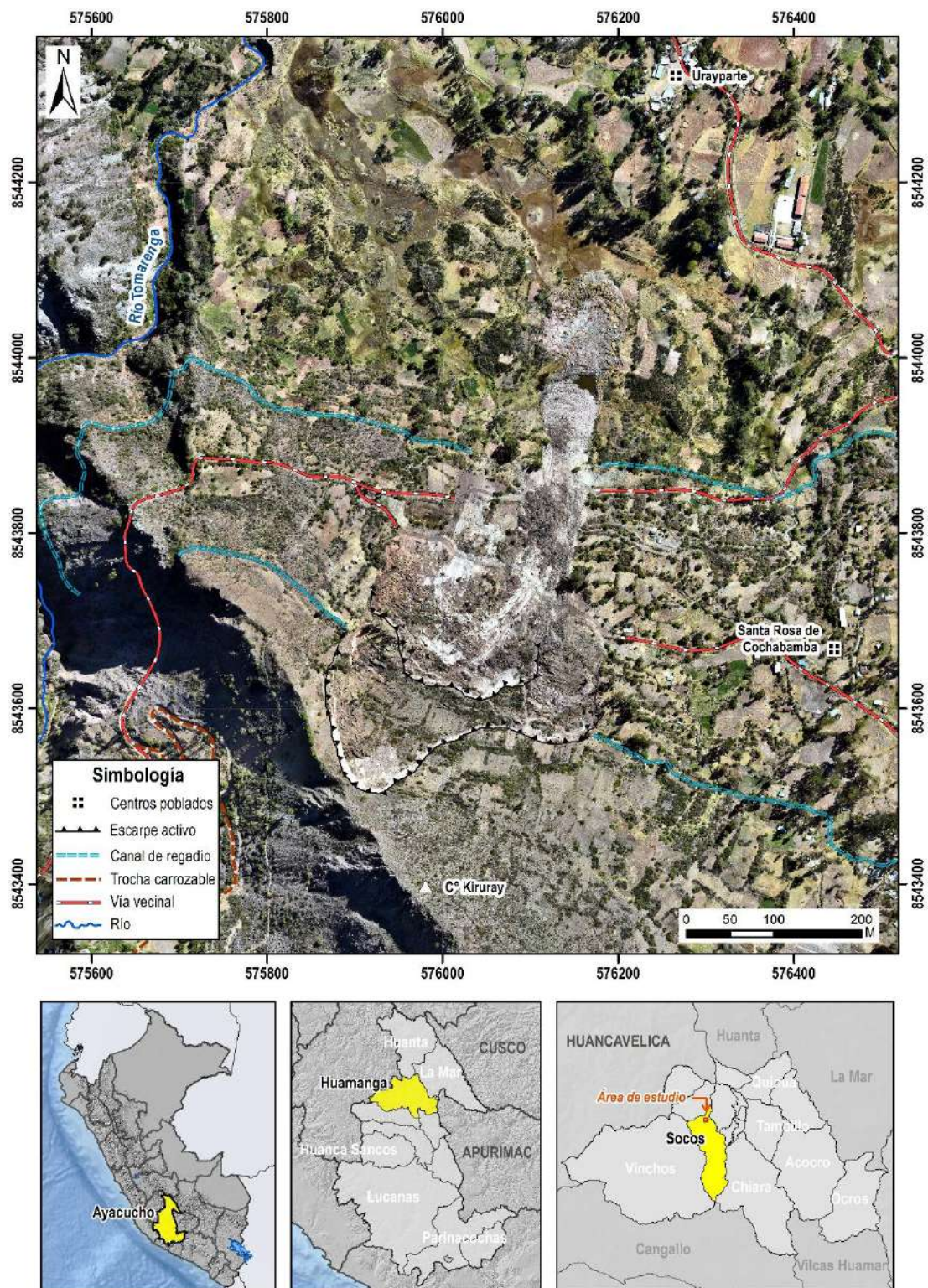


Figura 2: Ubicación del área evaluada correspondiente al sector “Uchpapata” del centro poblado Santa Rosa de Cochabamba, distrito Socos, provincia Huamanga, departamento Ayacucho.

1.3.4. Clima

Según la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 2020), el distrito de Socos, presenta un clima frío, lluvioso, con deficiencia de lluvias en otoño e invierno, con humedad relativa calificada como húmeda.

En cuanto a la cantidad de lluvia, según datos meteorológicos y pronóstico del tiempo del servicio de aWhere (que analiza los datos de 2 millones de estaciones meteorológicas virtuales en todo el mundo, combinándolos con datos raster y de satélite), la precipitación máxima registrada en el periodo enero 2021 – agosto 2025 fue de 30.6 mm, (figura 3).

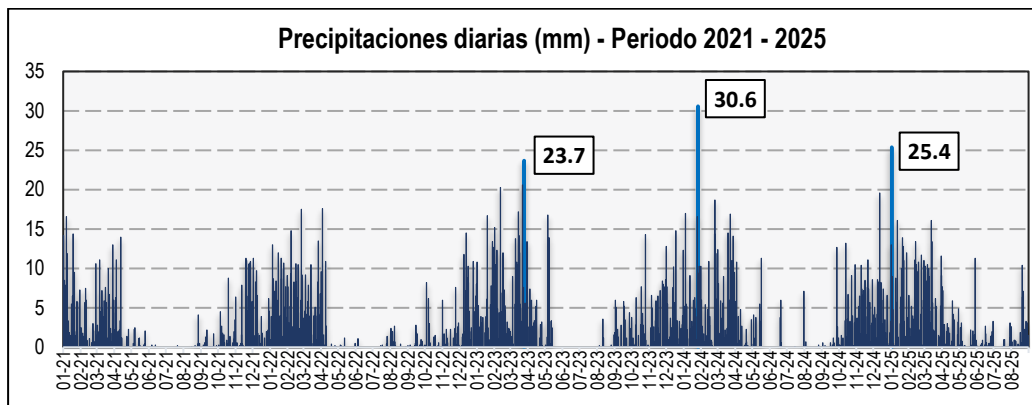


Figura 3. Precipitaciones máximas diarias en mm, distribuidas a lo largo del periodo 2021-2025. La figura permite analizar la frecuencia de las anomalías en las precipitaciones pluviales que inducen al desarrollo de la erosión del suelo. Fuente: Landviewer, disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field>.

La temperatura anual oscila entre un máximo de 24.0°C en verano y un mínimo de 3.0°C en invierno (figura 4). Así mismo, presenta una humedad promedio de 64.4% durante casi todo el año, (Servicio aWhere).

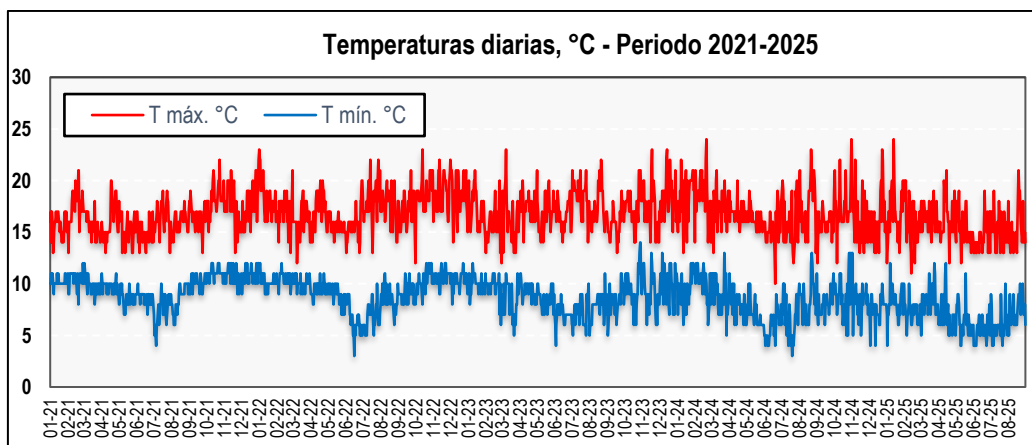


Figura 4. Temperaturas máximas y mínimas diarias, distribuidas a lo largo del periodo 2021-2025. La figura permite analizar la variedad, saltos extremos de temperatura, duración y regularidad. **Fuente:** <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field>.

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:

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.

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.

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

DERRUMBE: Término común para referirse a diversos tipos de movimientos en masa, particularmente caídas y deslizamientos. En Perú se utiliza este término para diferenciar un tipo de caída.

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.

DESLIZAMIENTO: Movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de zonas relativamente delgadas con gran deformación cortante (Cruden y Varnes, 1996).

FACTOR DETONANTE: 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.

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.

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, transtornos 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.

SUSCEPTIBILIDAD: Está definida como la propensión o tendencia de una zona a ser afectada o hallarse bajo la influencia de un proceso de movimientos en masa determinado.

VELOCIDAD: Para cada tipo de movimiento en masa se describe el rango de velocidades, parámetro importante ya que ésta se relaciona con la intensidad del evento y la amenaza que puede significar. De acuerdo con Cruden y Varnes (1996), las escalas de velocidades corresponden a: extremadamente lenta, muy lenta, lenta, moderada, rápida, muy rápida y extremadamente rápida.

ZONA CRÍTICA: Las zonas o áreas consideradas como críticas (Fidel et al., 2006), presentan recurrencia en algunos casos periódica a excepcional de peligros geológicos y geohidrológicos; alta susceptibilidad a procesos geológicos que puede causar desastres y alto grado de vulnerabilidad.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La geología local se desarrolló teniendo como base el mapa geológico del cuadrángulo de Ayacucho (Hoja 27-ñ-IV) (Chacaltana & Rildo, 2002) a escala 1: 50,000; así como la referencia de la memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Ayacucho (27-ñ) (Chacaltana & Rildo, 2003); publicados por Ingemmet.

De igual manera, esta información se complementó con trabajos de interpretación de imágenes de satélite, vuelos de dron y observaciones de campo.

3.1. Unidades litológicas

Las unidades litológicas que afloran en el área de estudio, corresponden a secuencias volcano sedimentarias de las Formaciones Sallalli y Huanta (Miembro Tigrayoc) del Neógeno (Rodríguez & Chacaltana, 2003). Estas unidades se encuentran coberturadas por depósitos cuaternarios recientes de tipo coluvial y coluvio-deluvial; acumulados desde el Pleistoceno hasta la actualidad (Anexo 1: Mapa 01).

La litología dominante está compuesta por una secuencia conglomerádica asociada a abanicos aluviales, intercalada con algunos niveles de tobas blancas, intercalándose con niveles de coladas andesíticas, característico de la **Formación Sallalli** (fotografía 1). De igual modo, afloran una secuencia de conglomerados de colores grises, intercalados con areniscas, limolitas y niveles de coladas andesíticas y tobas de la **Formación Huanta (Miembro Tigrayoc)**.

Geotécnicamente estas rocas presentan una estructura fuertemente fracturada y perturbado, por lo cual en el afloramiento se observa la presencia de bloques angulosos delimitados por cuatro familias de discontinuidades (fotografía 1). Las fracturas presentan espaciamientos muy próximos a próximos entre sí (0.02-0.20 m), aberturas abiertas (1.0 a 5.0 mm) a muy abiertas (>5.0 mm) y sin relleno visible. Además, se encuentran de moderada a altamente meteorizadas en superficie.

En relación a la resistencia de la matriz rocosa, esta fue estimada mediante ensayos in-situ de impacto con el martillo de Schmidt, según las normas sugeridas por la ISRM (1981). Los resultados indican una resistencia a compresión uniaxial en el rango de 25-50 MPa, catalogada como baja (fotografía 2).

Estas condiciones geotécnicas favorecen la acumulación y movilización de materiales coluviales y coluvio deluviales hacia las laderas del cerro Kiruray. Bajo condiciones de saturación hídrica, dichos materiales tienden a perder cohesión y comportarse de manera plástica, reduciendo significativamente su resistencia al corte. En consecuencia, se incrementa la susceptibilidad a la ocurrencia de deslizamientos en la zona evaluada.



Fotografía 1. Coladas andesíticas de la Formación Sallalli. Geotécnicamente, el macizo rocoso se presenta fuertemente fracturado y muy meteorizado en superficie. Coordenadas referenciales UTM WGS-84, 18S: E: 575856; N: 8543751.



Fotografía 2. Ensayo con el martillo de Schmidt para la estimación de la resistencia de la matriz rocosa bajo la metodología de la ISRM (1981) en tobos de la Formación Sallalli. Coordenadas referenciales UTM WGS-84, 18S: E: 576046; N: 8543473.

3.2. Depósitos cuaternarios

Litológicamente, el **depósito coluvial**, está compuesto por gravas sueltas, angulosas, pobremente gradadas, heterométricos, de tamaño máximo de 0.80 m y de naturaleza litológica homogénea. Carecen de relleno, son sueltos, sin cohesión y su grado de compacidad es bajo. Conforman taludes de reposo poco estables, formados por los materiales que fueron movilizados por deslizamientos recientes. Además, el depósito se presenta húmedo.

En contraste, los **depósitos coluvio-deluviales** se encuentran compuestos principalmente por fragmentos líticos de rocas volcánicas sedimentarias, angulosos a subangulosos con diámetros que varían entre 0.02 a 0.15 m envueltos en matriz arcilloso limo-arenoso, producto de la meteorización de las rocas y removidos por procesos de movimientos en masa antiguos (fotografía 3). Presenta estructura masiva, textura harinosa, media a alta plasticidad, de consistencia densa a medianamente consolidada, algo húmedo (saturado). Ambas unidades cuaternarias son geomecánicamente inestables, susceptibles a la erosión y movimientos en masa.



Fotografía 3. Vista de depósito coluvio-deluvial, formando por fragmentos líticos, angulosos a subangulosos, heterométricos de hasta 0.15 m de diámetro, envueltos en matriz arcilloso limo-arenoso. Coordenadas referenciales UTM WGS-84, 18S: E: 575922; N: 8543829

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendiente del terreno

La pendiente del terreno es un parámetro importante en la evaluación de procesos por movimientos en masa, ya que actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa.

En el anexo 1: Mapa 02, se presenta el mapa de pendientes elaborado en base a información de un modelo de elevación digital (DEM) de 0.20 m de resolución obtenido de vuelos dron y procesados en el software ArcGis.

Para el sector Uchpapata se tiene laderas de montaña con pendiente muy fuerte a escarpada (25° a 45°) y pendientes dispersas mayores a 45° relacionados a terrenos muy escarpados. Así mismo, la pendiente de terreno donde se asienta la población de Santa Rosa de Cochabamba varía de 5° a 15° caracterizada como pendiente moderada.

La combinación de altas pendientes, la heterogeneidad litológica, y el fuerte fracturamiento de las rocas conforma un factor crítico de inestabilidad geodinámica, que incrementa la susceptibilidad a la ocurrencia de procesos de movimientos en masa, particularmente de deslizamientos.

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 (Villota, 2005). 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 la zona evaluada y alrededores.

En este contexto, la zona de estudio se encuentra dominada por un sistema montañoso desarrollado sobre rocas volcánicas sedimentarias compuesto por tobas, coladas andesíticas, conglomerados, areniscas y limolitas de las formaciones Sallalli y Huanta. Estas montañas ocupan amplias extensiones y presentan cimas alargadas y puntiagudas, con laderas de pendiente variable, que oscilan entre fuertes a muy fuertes (15°–45°).

Adicionalmente, se tiene unidades de vertientes coluviodeluvial y coluvial, formadas por depósitos inconsolidados acumulados en las vertientes de montañas, en forma de talus de detritos irregulares de origen coluvial y coluvio-deluvial, de edad antigua y reciente, que descienden ladera abajo (figura 5). En el área de estudio, se asocian a la ocurrencia de movimientos en masa; conformando materiales potencialmente inestables en las laderas con probabilidad de reactivarse con la presencia de lluvias intensas o movimientos sísmicos.



Figura 5. Delimitación en líneas entre cortadas, las subunidades geomorfológicas de montañas modeladas en una secuencia volcánico sedimentaria (M-rvs) y vertiente coluvial (V-c) y coluvio-deluvial (V-cd), con pendientes fuertes a muy fuerte (15° - 45°).

5. PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA

El peligro identificado en el sector Uchpapata, del Centro Poblado de Santa Rosa de Cochabamba, corresponde a la reactivación de un deslizamiento antiguo de tipo rotacional, acontecido el 30 de marzo en la ladera norte del cerro Kiruray (figura 6). Este proceso gravitacional generó la remoción masiva de materiales coluviales comprometiendo la estabilidad del talud y ocasionando la destrucción de 4 viviendas, así como la pérdida aproximada de 15-20 ha de cultivo de alfalfa, maíz, arveja y papa.

Así mismo, el movimiento de ladera afectó la vía de comunicación local, provocando la interrupción de la carretera vecinal que conecta los sectores de Santa Rosa de Cochabamba, San Lorenzo, Cedro, Sapsi y Luyanta, en un tramo aproximado de 500 m. La magnitud del evento evidencia condiciones de inestabilidad persistente en la zona, asociadas a la morfología del terreno, la litología y la influencia de factores hidrometeorológicos.

La geometría de la corona del movimiento tiene una forma semicircular e irregular, abierta hacia sus dos extremos (figura 7). El escarpe principal se muestra de forma irregular y continua con una longitud de 480 m, salto vertical que varían de 15 a 20 m y pendientes entre 55° a 75° . De manera asociada, se reconoce un segundo deslizamiento paralelo al principal, escalonado, irregular y discontinuo, con una longitud de 245 m, donde los saltos verticales oscilan entre 5 y 10 m, y las pendientes alcanzan valores de 65° a 75° , configurando un relieve fuertemente inestable.

La superficie del terreno quedó bastante agrietada (fotografía 4), con pendientes fuertes a muy fuertes (15° a 45°) y grietas transversales en el cuerpo del deslizamiento con longitudes entre 10 a 55 m, aberturas que en algunos casos alcanza hasta los 50 cm. Estas deformaciones superficiales constituyen indicadores directos de tensiones internas activas y de la reactivación progresiva del deslizamiento, reflejando la pérdida continua de estabilidad en la ladera afectada.



Figura 6. Vista panorámica del deslizamiento reactivado suscitado el 30 de marzo del 2025 en el sector denominado Uchapapata del Centro Poblado Santa Rosa de Cochabamba. Se distingue la afectación e interrupción de la carretera vecinal. Fotografía tomada con dron, julio, 2025.



Figura 7. Vista del escarpe principal de forma irregular y continua de 480 m de longitud y salto vertical que varían de 15 a 20 m.



Fotografía 4. Grietas transversales en el cuerpo del deslizamiento con longitudes de 10 a 55 m y aberturas de hasta 0.50 m, que reflejan tensiones internas activas de la reactivación progresiva del deslizamiento.

El cuerpo del deslizamiento conserva evidencias de antiguas áreas de cultivo (alfalfa, maíz, arveja, papa, cebada y trigo), lo que evidencia un alto uso del agua para las actividades agrícolas. Estas prácticas, combinadas con la ausencia de sistemas de drenaje adecuados y la presencia de canales de riego sin impermeabilizar que atraviesan el cuerpo y el pie del movimiento (que, aunque actualmente presentan indicios de abandono), permiten inferir que la saturación inicial del suelo constituyó un factor determinante en la pérdida de estabilidad física y en la reactivación del deslizamiento.

En la actualidad se observa la instalación de tuberías para riego de cultivos de alfalfa ubicados en los flancos de la ladera inestable, lo cual constituye una condición antrópica crítica que favorece la infiltración y eleva el nivel de peligro de nuevas reactivaciones. Asimismo, se identifican tres viviendas del centro poblado de Santa Rosa de Cochabamba emplazadas en las inmediaciones de los flancos del deslizamiento, situación que incrementa de manera considerable la exposición de la población y la vulnerabilidad del área afectada (figura 8).

Nota: es necesario precisar que los cultivos de alfalfa necesitan abundante agua, lo cual contribuye con la saturación del terreno

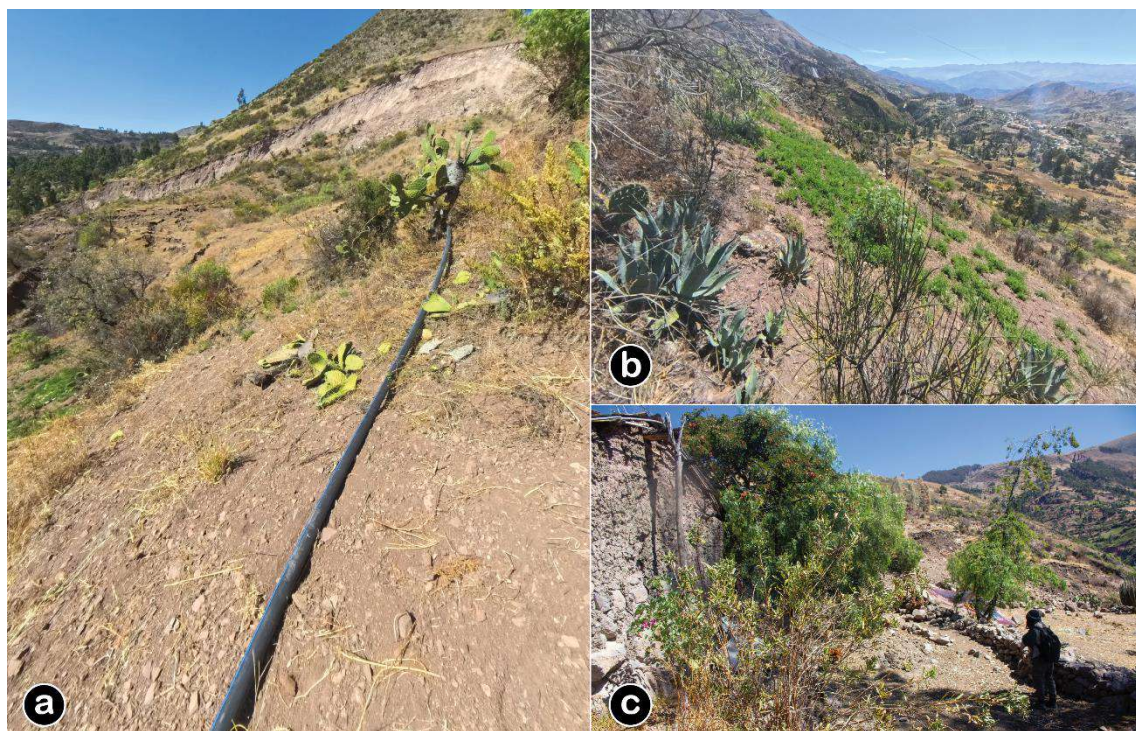


Figura 8. a. Tuberías para el riego de cultivos. b. Cultivo de alfalfa ubicados en los flancos de deslizamiento. c. Viviendas expuestas a la reactivación del deslizamiento.

De manera complementaria, se identificó otro deslizamiento en proceso de reactivación (DrR), que reúne condiciones similares a las del evento principal (DrA), ubicado en el flanco derecho del deslizamiento activo, ver Anexo 1, Mapa 04. Si bien el escarpe principal no es claramente visible debido a procesos de erosión y cobertura vegetal, se distingue una cicatriz con longitud de 300 m aproximadamente.

En el cuerpo y pie del deslizamiento se reconocen grietas transversales de entre 10 y 50 m, parcialmente cubiertas por vegetación, así como ondulaciones del terreno propias de antiguos procesos de remoción en masa. Estas evidencias corroboran la alta actividad geodinámica de la zona, la cual, en caso de una reactivación de magnitud similar a la registrada recientemente, podría comprometer de manera significativa la

seguridad de al menos otras 15 viviendas, además de las áreas de cultivo y la infraestructura vial del centro poblado de Santa Rosa de Cochabamba.

Para comprender el proceso de reactivación del deslizamiento ocurrido el 30 de marzo, se llevó a cabo un análisis multitemporal de imágenes satelitales de Google Earth, complementado con la elaboración de un perfil geológico transversal, construido a partir de un modelo digital de elevación (DEM) de alta resolución (0.20 m/px) obtenido mediante levantamiento fotogramétrico con dron en el sector afectado. Dichos insumos constituyen la base para la caracterización morfológica y evolución geodinámica del deslizamiento, cuyo análisis se presentan en los apartados siguientes:

5.1. Análisis multitemporal de imágenes satelitales

Para el área de estudio, este enfoque metodológico ha permitido caracterizar la evolución del deslizamiento en la ladera norte del cerro Kiruray (figura 9), aportando información clave para el entendimiento de sus mecanismos de activación, con las siguientes características:

- En la imagen satelital de diciembre de 2017, se distingue la preexistencia de un deslizamiento antiguo, identificado por la morfología ondulada de la ladera y un escarpe visible con longitud de 450 m aprox. y de forma semicircular.
- En agosto de 2019 se evidencian zonas de saturación hídrica asociadas al uso agrícola dentro del cuerpo del deslizamiento, así como malas prácticas de riego (canales sin impermeabilización y carencia de sistema de drenajes), factores que favorecieron la disminución de la resistencia al corte de los materiales coluvio-deluviales.
- Para marzo de 2020 se observa la reactivación del deslizamiento, manifestada en un movimiento de menor magnitud dentro del cuerpo principal, que ocasionó la interrupción de la vía vecinal en un tramo aproximado de 135 m.
- Posteriormente, en noviembre de 2022, el deslizamiento mostró un avance progresivo, afectando dos tramos de la carretera con una longitud acumulada de 205 m, debido a la aparente ausencia de medidas de estabilización.
- La imagen de mayo de 2024 revela la persistencia de focos de saturación en el cuerpo del deslizamiento, indicando que la ladera permanecía en condiciones críticas de inestabilidad.
- Finalmente, en julio de 2025, se evidencia un evento de mayor magnitud, caracterizado por la reactivación masiva del deslizamiento suscitado el 30 de marzo, que generó una afectación considerable tanto en el terreno agrícola, así como en la infraestructura civil y vial.

En síntesis, el análisis multitemporal confirma que el deslizamiento de Santa Rosa de Cochabamba corresponde a un proceso de reactivación progresiva de un deslizamiento antiguo, con una clara tendencia a la expansión y aumento de su magnitud (ensanchándose) por su avance retrogresivo. La interacción de factores geológicos (rocas muy fracturadas y meteorizadas, así como materiales coluvio-deluviales de baja resistencia) geomorfológicos (laderas de pendiente muy fuerte), hidrológicos (infiltración por precipitaciones y riego) y antrópicos (ocupación de área vulnerables y prácticas agrícolas inadecuadas en el cuerpo del deslizamiento), han generado un estado de inestabilidad permanente en la ladera.

De mantenerse estas condiciones, es previsible la ocurrencia de nuevas reactivaciones de mayor magnitud, lo que representa un alto nivel de peligro para la población local (particularmente las viviendas ubicadas en los flancos del deslizamiento activo), así como para los terrenos agrícolas y la infraestructura vial que conecta a los sectores aledaños a la zona.

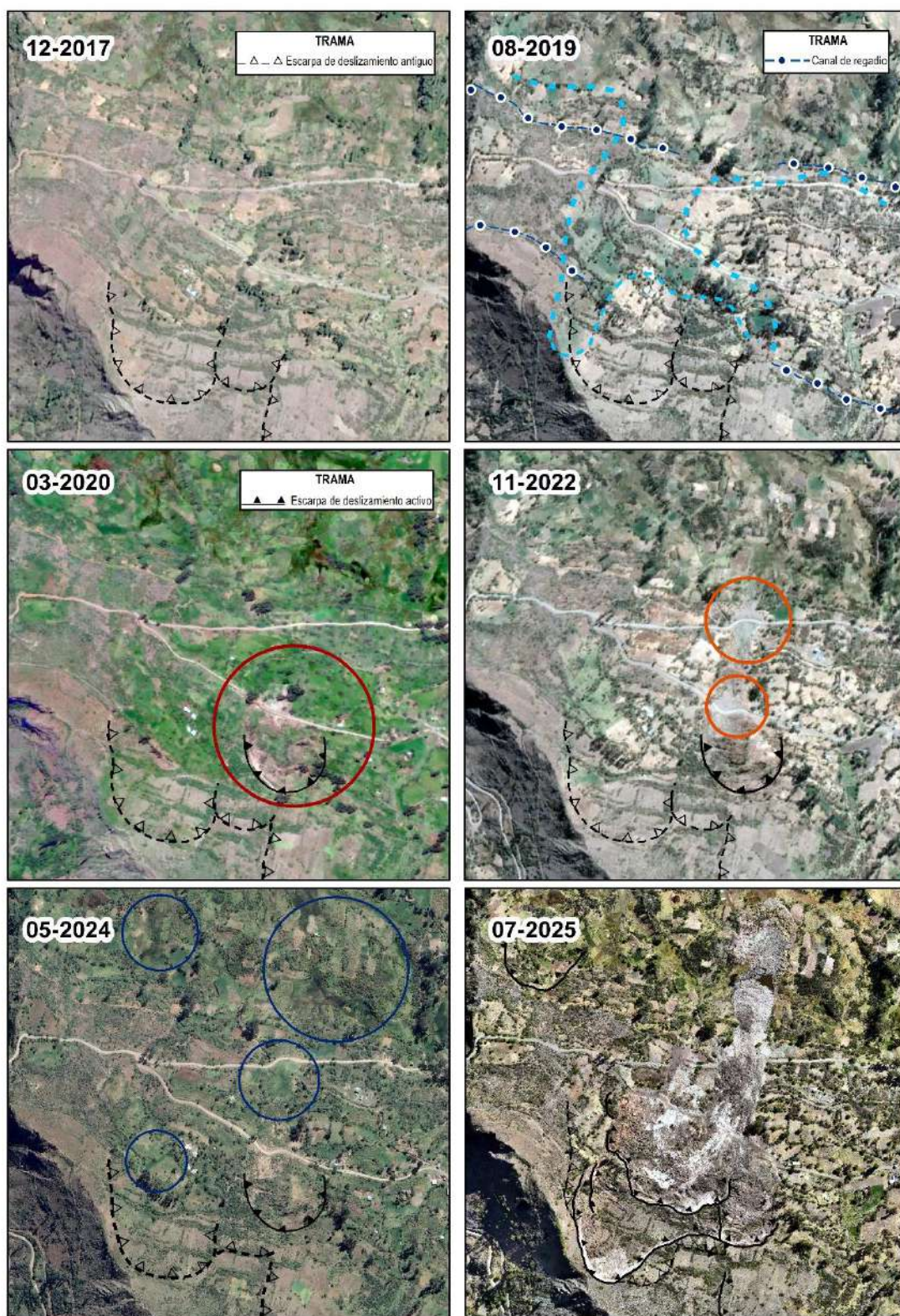


Figura 9. Análisis multitemporal del deslizamiento en el Centro Poblado de Santa Rosa de Cochabamba. Se observa la preexistencia de un deslizamiento antiguo de tipo rotacional (2017) y sus fases de reactivación progresiva en los años 2019, 2020, 2022, 2024 y 2025.

5.2. Análisis longitudinal del deslizamiento

El perfil geológico (figura 10) denominado A-A' con orientación suroeste–noreste (SW–NE), de longitud de 800 m aprox. y con una inflexión marcada a los 440 m, evidencia la configuración morfológica de la ladera y posibilita interpretar la evolución litológica y geodinámica del área evaluada. Dicho análisis revela condiciones críticas de inestabilidad vinculadas tanto a la geología local como a los procesos de remoción en masa recurrentes, que explican la reactivación del deslizamiento en el cerro Kiruray.

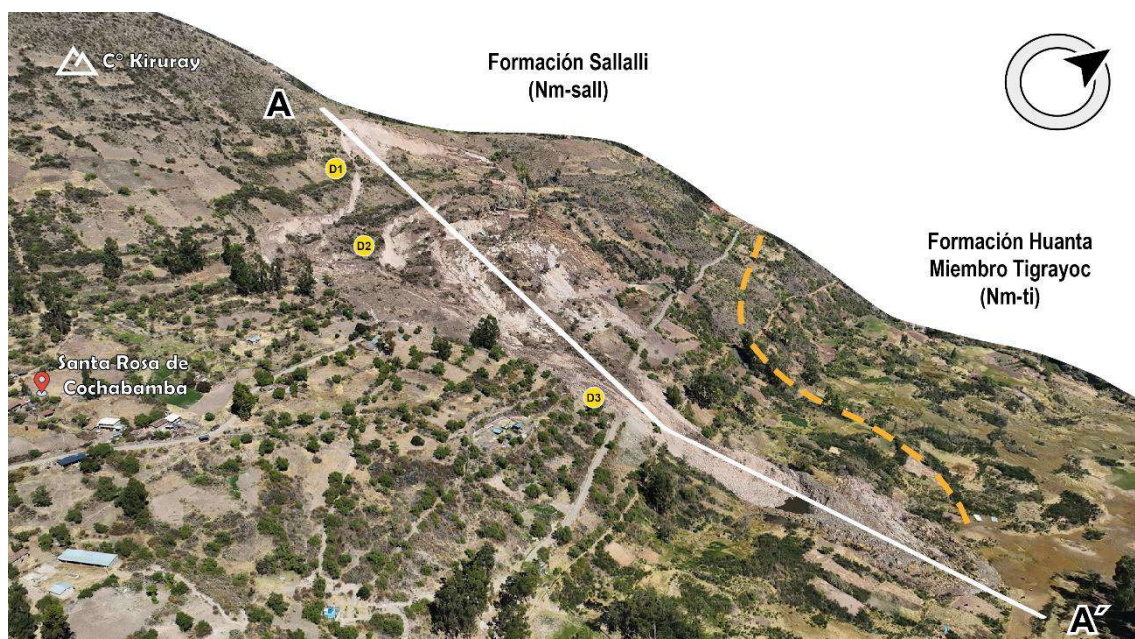


Figura 10. Ubicación del perfil geológico A-A', trazado sobre el deslizamiento reactivado del 30 de marzo, en la ladera norte del cerro Kiruray.

Litológicamente, el basamento rocoso ubicado en la parte baja del perfil está constituido por unidades de la Formación Huanta, Miembro Tigrayoc (Nm-ti), las cuales comprenden secuencias intercaladas de conglomerados polimícticos, areniscas, limolitas, tobas y flujos de lava andesítica. Estas rocas presentan un grado de fracturamiento moderado y niveles variables de meteorización (alta a muy alta), asociados a su prolongada exposición. Dichas condiciones han disminuido su competencia geomecánica, generando planos de debilidad basal que favorecen la inestabilidad, particularmente cuando los materiales se encuentran saturados o expuestos a procesos de socavamiento.

En la parte media y alta del perfil afloran unidades de la Formación Sallalli (Nm-sall), compuestas principalmente por conglomerados en matriz arcillosa, tobas blancas y lavas andesíticas, con evidentes signos de meteorización física muy alta, especialmente en la zona de la escarpa principal donde se intensifican los procesos erosivos superficiales. El alto grado de fracturamiento combinado con la baja resistencia a la compresión (25–50 MPa, según ensayos con martillo de Schmidt) y la meteorización avanzada, ha degradado notablemente las propiedades resistentes de estos materiales.

En consecuencia, se han generado zonas de debilidad interna, con bajo ángulo de fricción y elevada susceptibilidad al colapso, principalmente por sobresaturación del suelo producto de precipitaciones intensas y prácticas de riego inadecuadas.

Desde el punto de vista geotécnico, la presencia de materiales piroclásticos (tobas) altamente meteorizados, con matriz areno limosa de baja cohesión, ha originado condiciones críticas de baja capacidad portante, elevada plasticidad y alta

permeabilidad en diversos sectores de la ladera. Estas características favorecen la rápida infiltración de agua durante las temporadas de lluvias intensas, lo que conlleva al incremento de las presiones intersticiales y a la reducción progresiva de la resistencia al corte de los materiales.

A este factor se suma la presencia de planos de debilidad estructural generados por la litología intercalada y el alto grado de fracturamiento, condiciones que han actuado como superficies de deslizamiento preferenciales, que ha propiciado una secuencia de hasta 03 deslizamientos rotacionales (figura 11), cuya evolución y efectos se describen a continuación:

Deslizamiento 1 (D1)

El primer evento identificado corresponde al deslizamiento 1, ocurrido el 30 de marzo, el cual generó una escarpa principal (escarpa 1) con longitud de 480 m, y altura de 18 m, la distancia desde la corona hasta el pie de avance ubicado por debajo de la carretera afectada mide cercana a 700 m.

Este movimiento comprometió de manera integral la ladera, removiendo un volumen considerable de material que conformó un cuerpo de deslizamiento inestable, caracterizado por bloques desplazados, agrietamientos superficiales y superficies de corte potencialmente reactivables.

Sobre este cuerpo primario se han registrado posteriores reactivaciones internas, favorecidas por la pérdida de soporte lateral, la recarga hídrica estacional y las deformaciones residuales, condiciones que mantienen activa la dinámica de inestabilidad en el sector.

Deslizamiento 2 (D2)

El segundo evento, correspondiente al deslizamiento 2, presenta una escarpa secundaria (escarpa 2) con longitud de 245 m, con altura de 8 m de altura y la distancia de la corona al pie del deslizamiento es 530 m. La geometría del escarpe, junto con la configuración de los materiales movilizados, evidencia un mecanismo de tipo rotacional progresivo, probablemente originado por la sobrecarga ejercida por los depósitos remanentes del primer evento (D1), en combinación con condiciones de saturación transitoria derivadas de lluvias intensas y filtraciones superficiales. Estas condiciones favorecieron la pérdida de resistencia de los materiales coluviales y la generación de nuevas superficies de corte internas.

Deslizamiento 3 (D3)

El tercer deslizamiento presenta una escarpa con longitud de 55 m, altura de 10 m y la distancia de la corona al pie del deslizamiento es 250 m, cuyo frente activo se ubica a escasos 3 m de la trocha carrozable Santa Rosa de Cochabamba a Uruyparte, configurando una amenaza directa para la infraestructura vial y la seguridad del tránsito local. El depósito movilizado está conformado por un depósito coluvial heterométrico, compuesto por bloques de toba con diámetro de entre 1 y 2 m, inmersos en matriz areno-limosos arcillosos, con bajo grado de compactación y cohesión.

En su conjunto, estos eventos (D1, D2 y D3) evidencian un proceso de deslizamiento rotacional de carácter progresivo, desarrollado en una ladera con comportamiento plástico-frágil, donde los materiales meteorizados actúan como plano de falla preferente (circular), y las cargas inducidas por lluvias o vibraciones sísmicas pueden fácilmente desencadenar reactivaciones de igual o mayor magnitud.

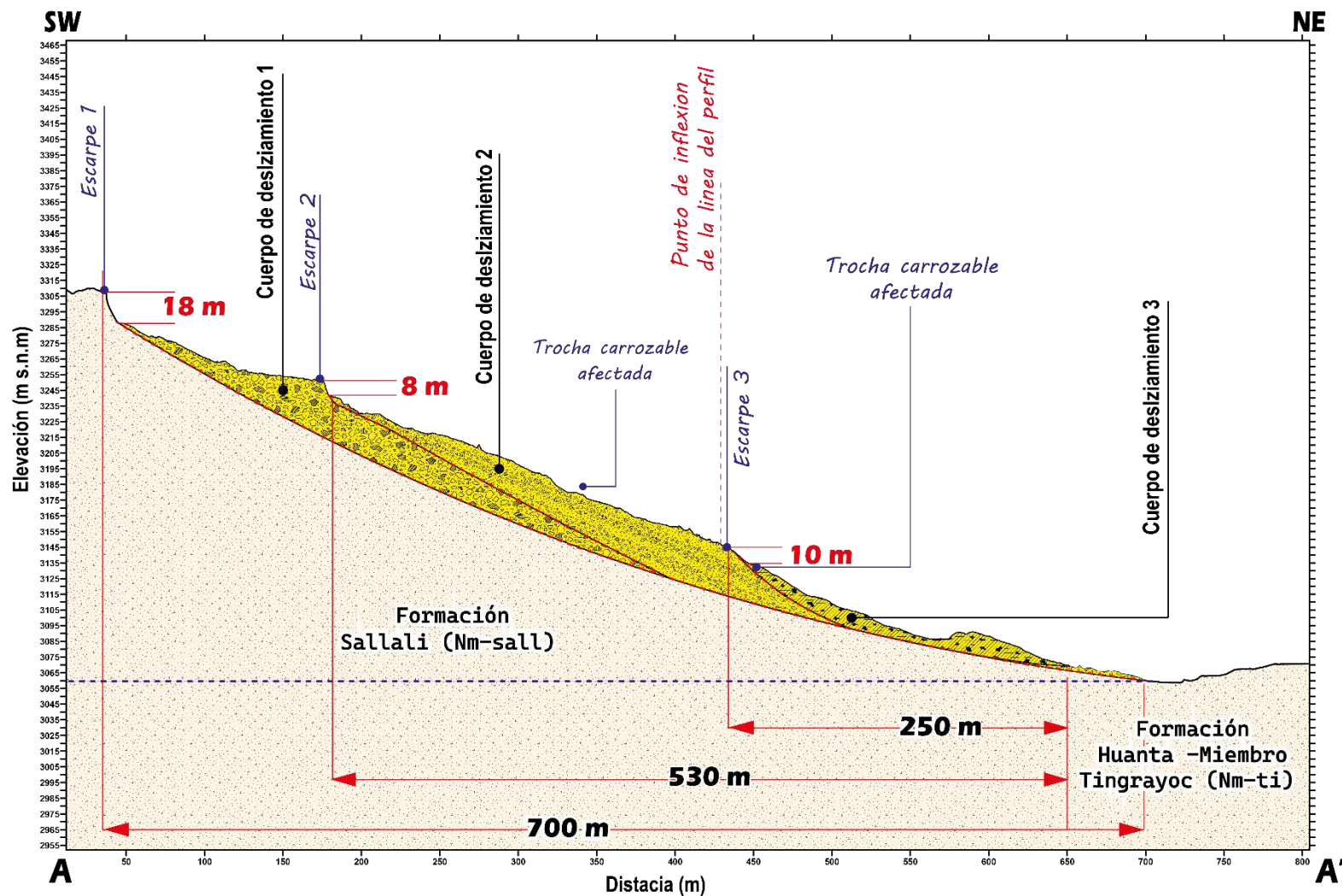


Figura 11. Perfil geológico interpretado A-A' del deslizamiento reactivado del del 30 de marzo. Este perfil permitió analizar con detalle las condiciones del relieve posteriores al evento y su relación con la dinámica del evento.

6. FACTORES DE LA INESTABILIDAD DE LA LADERA

6.1. Factores condicionantes

A continuación, se detalla los principales factores que condicionan la ocurrencia de movimientos en masa (tabla 4):

Tabla 4. Factores condicionantes de los procesos por movimientos en masa.

FACTORES	CARACTERÍSTICAS
Litológico	- Substrato rocoso compuesto por rocas volcano-sedimentarias de tipo conglomerados, tobas, coladas andesíticas, areniscas y limolitas, de baja resistencia (25-50 Mpa), estructura fuertemente fracturada y perturbado, con espaciamientos próximos a muy próximas entre sí, aberturas abiertas a muy abiertas y sin relleno visible. Estas rocas presentan un alto grado de meteorización, lo que disminuye significativamente su resistencia geomecánica y las convierte en planos preferenciales de debilidad. - Depósitos coluviales y coluvio-deluviales, adosados a las laderas, inconsolidados poco resistentes, de baja cohesión y altamente susceptibles a procesos de erosión y movimientos en masa.
Geomorfológico	- Ladera de montaña modelada en roca volcano-sedimentaria, con presencia de cicatrices y ondulaciones antiguas que evidencian procesos previos de remoción en masa como deslizamientos. - Pendientes del terreno entre 25° y 45°, clasificadas como muy fuertes a escarpadas, que favorecen la inestabilidad del material suelto disponible, facilitando su remoción pendiente abajo por efecto de la gravedad y la acción concentrada de las aguas de escorrentía.

6.2. Factores detonantes o desencadenantes

A continuación, se detalla los principales factores que podrían detonar o desencadenar la ocurrencia de movimientos en masa (tabla 5):

Tabla 5. Factores desencadenantes de los procesos por movimientos en masa.

FACTORES	CARACTERÍSTICAS
Precipitaciones	El factor desencadenante principal para la ocurrencia de movimientos en masa en el sector evaluado, corresponden a la recarga hídrica estacional y saturación del suelo asociadas a precipitaciones pluviales intensas y/o excepcionales, vinculadas principalmente al fenómeno de “El Niño” u otros eventos climáticos similares. De acuerdo al análisis de datos meteorológicos y pronóstico del tiempo del servicio de aWhere, las precipitaciones máximas diarias pueden llegar a umbrales de 30.6 mm.
Hidrológicos e Hidrogeológicos	Escorrentía superficial y flujos subterráneos que se concentran en la parte media y baja de ladera, incrementando las presiones intersticiales y reduciendo la resistencia al corte de los materiales cuaternarios.
Sismos	El área de estudio se localiza en una zona sísmica de alta peligrosidad (Zona 3, aceleración 0.35 g), donde la ocurrencia de vibraciones sísmicas constituye un factor detonante capaz de inducir procesos de reactivación de deslizamientos.

Tabla 5 (continuación). Factores desencadenantes de los procesos por movimientos en masa.

FACTORES	CARACTERÍSTICAS
Antrópicos	▪ Infiltración constante generada por canales y tuberías de riego que atraviesan la ladera y actúa como una fuente adicional de recarga hídrica (figura 12). ▪ Canales de riego sin impermeabilización y ausencia de sistemas de drenaje adecuados, que favorecen la acumulación de agua en el cuerpo del deslizamiento. ▪ Uso agrícola dentro y en los flancos de la ladera inestable, lo que agrava las condiciones de saturación. ▪ Ocupación inadecuada del terreno, con viviendas emplazadas en los flancos del deslizamiento, incrementa la vulnerabilidad local ante futuras reactivaciones.



Figura 12. Evidencias de la saturación del suelo generada por canales de regadío sin revestimiento que atraviesan la ladera y descargan libremente pendiente abajo. Estas condiciones antrópicas constituyen una fuente adicional de recarga hídrica que favorece la pérdida de estabilidad de la ladera. Coordenadas referenciales UTM WGS-84, 18S: E: 576497; N: 8543422.

7. CONCLUSIONES

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

- 1) El evento acontecido el 30 de marzo en el sector denominado “Uchpapata” del centro poblado Santa Rosa de Cochabamba, corresponde a la reactivación de un deslizamiento antiguo de tipo rotacional, desarrollado en la ladera norte del cerro Kiruray, evidenciado por la presencia de un escarpe principal con longitud de 480 m, cicatrices de antiguos escarpes y un cuerpo con deformaciones residuales.
- 2) El análisis multitemporal de imágenes satelitales y ortofoto de dron permitió evidenciar la evolución progresiva del deslizamiento, confirmando la existencia de reactivaciones sucesivas de un deslizamiento antiguo y una clara tendencia a la expansión del área inestable, con afectación directa de un tramo de 500 m de la carretera vecinal, pérdida aproximada de 15 a 20 ha de cultivo y la destrucción de 04 viviendas.
- 3) El sector presenta otro deslizamiento en proceso de reactivación ubicado en el flanco derecho del evento principal, con cicatrices de hasta 300 m de longitud, grietas transversales y ondulaciones del terreno propias de antiguos procesos de remoción en masa, lo que demuestra una alta actividad geodinámica en el área, incrementando el nivel de peligro geológico para la población y la infraestructura.
- 4) Los factores condicionantes están relacionados con la litología volcano-sedimentaria de tipo conglomerados, tobas, coladas andesíticas, areniscas y limolitas, fuertemente fracturada y altamente meteorizada; la presencia de depósitos coluviales y coluvio-deluviales inconsolidados y de baja cohesión; así como las pendientes de las laderas clasificadas como muy fuertes a escarpadas (25°–45°) que favorecen la inestabilidad del material suelto.
- 5) Los factores desencadenantes principales corresponden a la recarga hídrica por precipitaciones intensas, la infiltración asociada a riego agrícola sin control y que favorecieron el incremento de presiones intersticiales y la pérdida de resistencia al corte de la ladera.
- 6) De mantenerse las actuales condiciones geológicas, hidrológicas y antrópicas (uso agrícola, riego inadecuado y ocupación del terreno inestable), es **altamente probable la ocurrencia de nuevas reactivaciones de mayor magnitud**, lo que representa un **riesgo elevado** para las viviendas, terrenos de cultivo y la infraestructura vial del centro poblado de Santa Rosa de Cochabamba.
- 7) Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas que presenta el área de estudio, **el sector “Uchpapata” del centro poblado Santa Rosa de Cochabamba** representa una zona de **Peligro Alto**, frente a deslizamientos; los cuales pueden ser desencadenados por sismos y/o lluvias excepcionales intensas de corta duración y/o prolongadas (Fenómeno El Niño o similar).

8. RECOMENDACIONES

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

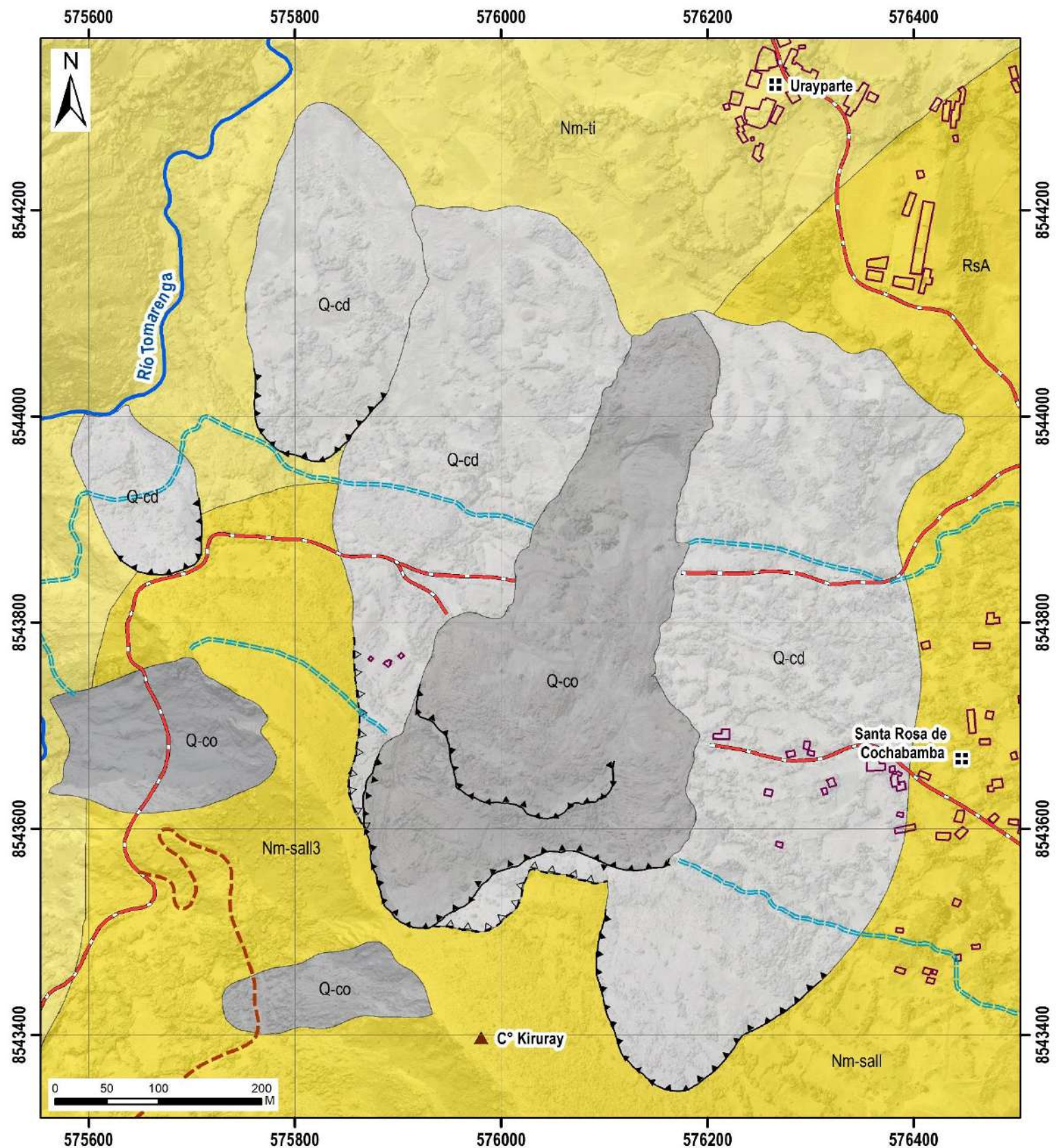
- 1) Por fines preventivos, las viviendas ubicadas en los flancos del deslizamiento activo deben ser reubicadas de manera prioritaria. Asimismo, se recomienda la reubicación progresiva de las viviendas emplazadas dentro del deslizamiento en proceso de reactivación, ubicado en el flanco derecho del evento principal, a fin de reducir la exposición de la población a futuros movimientos en masa.
- 2) Realizar estudios geotécnicos que incluya sondajes, ensayos de laboratorio y pruebas in situ (permeabilidad). Estos estudios permitirán caracterizar con precisión la resistencia al corte de los suelos y realizar análisis de estabilidad más detallados, con el objetivo de determinar el tipo de obra de estabilización más adecuada para el sector.
- 3) Se debe prohibir la práctica agrícola dentro del cuerpo del deslizamiento y en áreas adyacentes, ya que la remoción antrópica del suelo y el riego de cultivos favorecen la saturación del terreno y su desestabilización progresiva. Se recomienda promover un cambio de uso del suelo en estas áreas mediante programas de conservación y revegetación con plantas nativas.
- 4) Implementar drenes superficiales de desviación en los flancos y zonas altas de cultivo, con estructuras revestidas e impermeabilizadas, que recolecten y conduzcan el agua fuera de las zonas inestables. Estas obras deben contar con un plan de mantenimiento periódico, especialmente antes y durante la temporada de lluvias.
- 5) Implementar un sistema de monitoreo permanente mediante instrumentación (puntos de control topográficos, extensómetros, inclinómetros, piezómetros, pluviómetros comunitarios) complementado con registros periódicos de agrietamientos y asentamientos. Este sistema debe estar vinculado a un protocolo de alerta temprana, que permita anticipar posibles reactivaciones cercanas al centro poblado y tomar decisiones oportunas para la seguridad de la población.
- 6) Construir subdrenes y barrenos drenantes en las zonas de acumulación de agua para disminuir la infiltración y reducir la presión de poros. Las aguas colectadas deberán ser conducidas mediante infraestructura pluvial hacia cauces naturales (quebradas) localizadas fuera de las zonas inestables, evitando que se concentren dentro del cuerpo del deslizamiento.
- 7) Realizar estudios de costo-beneficio que evalúen la viabilidad de reubicar el trazo de la carretera afectada. Para ello, será indispensable desarrollar estudios geotécnicos y de estabilidad de taludes previos a la construcción de nuevas infraestructuras, a fin de garantizar su seguridad y sostenibilidad en el tiempo.
- 8) Realizar la evaluación de riesgos de desastres (EVAR) por deslizamiento, aplicando la normatividad vigente, con apoyo de especialista acreditado, a fin de determinar las medidas correctivas finales.

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

9. BIBLIOGRAFÍA

- Alva, J.; Meneses, J. & Guzmán, V. (1984) - Distribución de máximas intensidades sísmicas observadas en el Perú (en línea). Congreso Nacional de Ingeniería Civil, 5, Tacna, 11 p. (consulta: 5 noviembre 2017). Disponible en: http://www.jorgealvahurtado.com/files/redacis17_a.pdf
- Fuente de Datos Meteorológicos y Pronostico del tiempo del Servicio de Awhere. (2021). Disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/10036911>.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (2017) – Directorio Nacional de Centros Poblados. Censos Nacionales 2017: XII de Población; VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. (Consulta: Junio 2021). Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm.
- International Society for Rock Mechanics (ISRM), Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests (1981) - Suggested methods for determining hardness and abrasiveness of rocks. En: Brown, E.T. *Rock Characterization, Testing & Monitoring: ISRM Suggested Methods*. Oxford; New York: ISRM, Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests.
- Imágenes satelitales disponibles en el Google Earth, Arc-Gis, Q-Gis, SAS PLANET de diferentes años.
- Morche, A., De la Cruz, J., Cerrón, F. (1995) - Geología del cuadrángulo de Ayacucho 27-ñ. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 61, 120 p. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/183>.
- Perú. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2016) - Decreto supremo N° 003-2016-VIVIENDA: Decreto supremo que modifica la norma técnica E.030 “diseño sismoresistente” del reglamento nacional de edificaciones, aprobada por decreto supremo N° 011-2006-VIVIENDA, modificada con decreto supremo N° 002-2014-VIVIENDA. El Peruano, Separata especial, 24 enero 2016, 32 p.
- Proyecto Multinacional Andino (PMA): Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.
- Rodríguez, R. & Chacaltana, C. (2003) – Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Ayacucho (27-ñ). INGEMMET, Boletín, Memorias descriptivas. 26 p., 4 mapas a escala 1:50 000. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2076>.
- Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrológica, SENAMHI (2020) – Mapa de clasificación climática del Perú (Texto). Lima, Perú. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2185020/Climas%20del%20Per%C3%BA%3A%20Mapa%20de%20Clasificaci%C3%B3n%20Clim%C3%A1tica.pdf>.
- Vílchez, M.; Ochoa, M. & Pari, W. (2019). Peligro geológico en la región Ayacucho. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 70, 232 p., 9 mapas. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2480>.
- Villota, H. (2005) - Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.

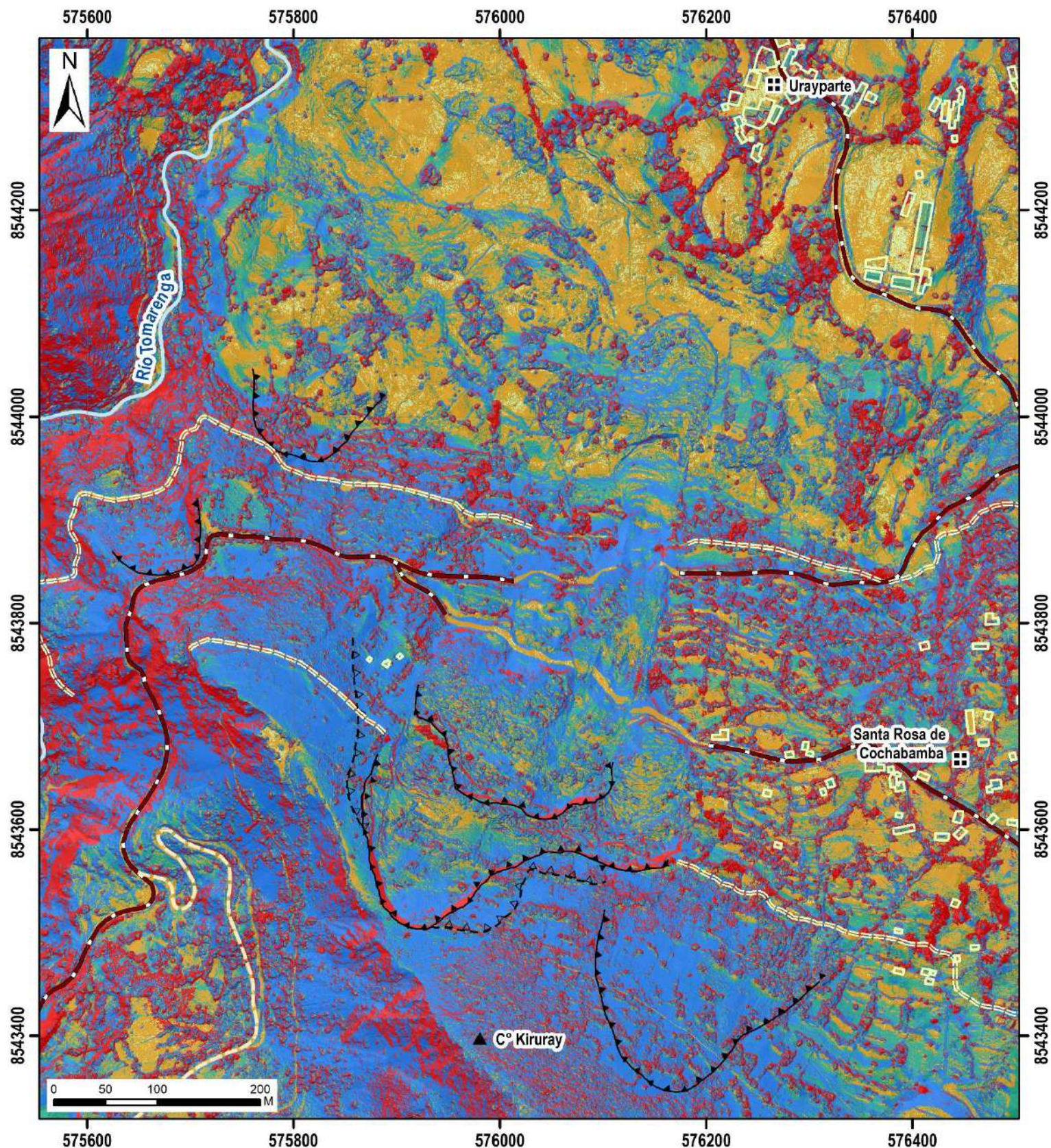
ANEXO 1: MAPAS



ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Depósito coluvial	Q-co
			Depósito coluvio-deluvial	Q-cd
	NEÓGENO	MIOCENO	Formación Huanta	Nm-ti
			Miembro Tigrayoc	
			Formación Sallalli	Nm-sall

SIMBOLOGÍA	
	Centros Poblados
	Viviendas
	Escarpe activo/reactivado
	Escarpe inactivo latente
	Canal
	Río
	Trocha carrozable
	Via vecinal

SECTOR ENERGÍA Y MINAS		
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO		
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO		
DEPARTAMENTO: AYACUCHO		
PROVINCIA: HUAMANGA		
DISTRITO: SOCOS		
GEOLÓGICO		
Escala: 1/5,000	Elaborado por: Nuñez, M.	MAPA 01
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2025	Impreso: Agosto, 2025	



RANGO DE PENDIENTES

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

SIMBOLOGÍA

	Centros Poblados
	Viviendas
	Escarpe activo/reactivado
	Escarpe inactivo latente
	Canal
	Rio
	Trocha carrozable
	Via vecinal



DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

DEPARTAMENTO: AYACUCHO

PROVINCIA: HUAMANGA

DISTRITO: SOCOS

PENDIENTE DE LOS TERRENOS

Escala: 1/5,000

Elaborado por: Nuñez, M.

Proyección: UTM Zona 18 Sur

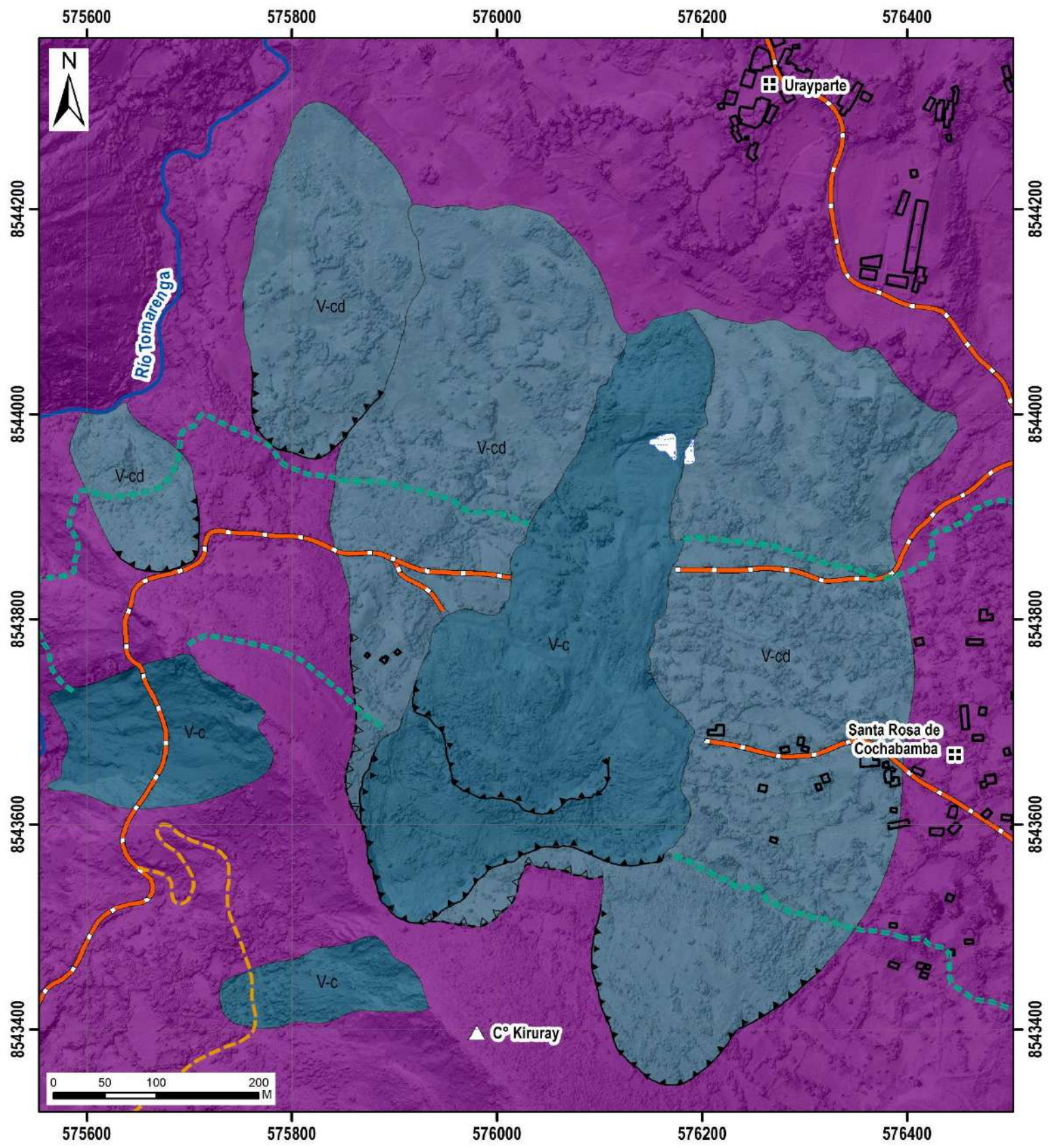
Datum: WGS 84

Versión digital 2025

Impreso: Agosto, 2025

MAPA

02



UNIDAD	SUBUNIDAD GEOMORFOLÓGICA	
VERTIENTE	Montaña en roca volcánosedimentaria	M-rvs
	Vertiente coluvial	V-c
	Vertiente coluviodeluvial	V-cd

SIMBOLOGÍA	
	Centros Poblados
	Viviendas
	Escarpe activo/reactivado
	Escarpe inactivo latente
	Surgencias de agua
	Canal
	Río
	Trocha carrozable
	Via vecinal



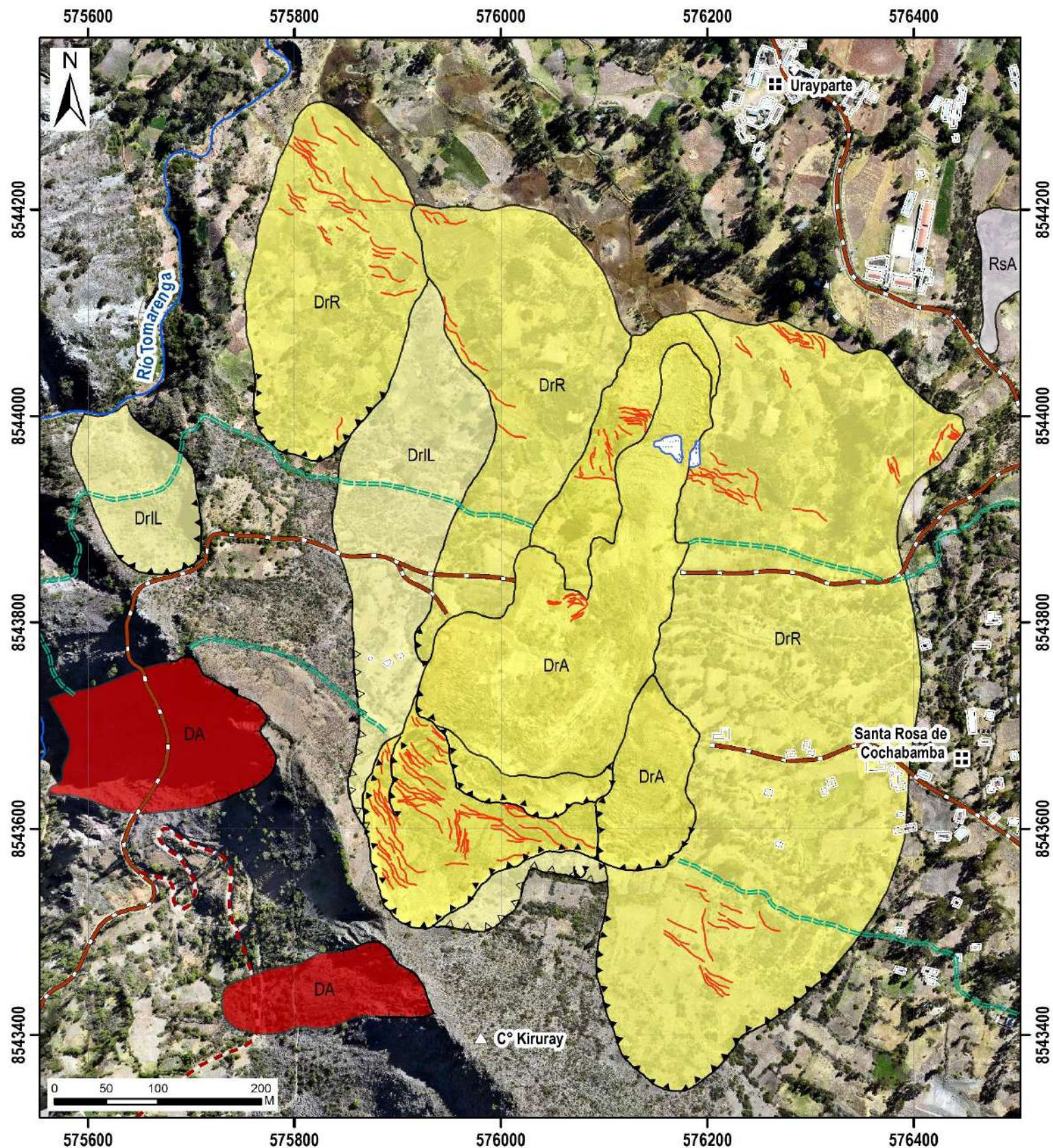
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

DEPARTAMENTO: AYACUCHO
PROVINCIA: HUAMANGA
DISTRITO: SOCOS

GEOMORFOLÓGICO

Escala: 1/5,000	Elaborado por: Nuñez, M.	MAPA 03
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2025	Impreso: Agosto, 2025	



LEYENDA

- | | |
|---|--|
| DA | Derrumbe, Activo |
| DrA | Deslizamiento rotacional, Activo |
| DrR | Deslizamiento rotacional, Reactivado |
| DrIL | Deslizamiento rotacional, Inactivo latente |
| RsA | Reptación de suelos, Activo |

TRAMA

- | | |
|--|--|
| | Escarpa de derrumbe reciente |
| | Escarpa de deslizamiento inactivo latente |
| | Escarpa de deslizamiento activo/reactivado |
| | Agrietamientos |

SIMBOLOGÍA

- | | | | |
|--|--------------------|--|-------------------|
| | Centros Poblados | | Trocha carrozable |
| | Viviendas | | Via vecinal |
| | Surgencias de agua | | Canal de regadío |
| | | | Rio |



DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

DEPARTAMENTO: AYACUCHO

PROVINCIA: HUAMANGA

DISTRITO: SOCOS

PROCESOS DE MOVIMIENTOS EN MASA

Escala: 1/5,000

Elaborado por: Nuñez, M.

Proyección: UTM Zona 18 Sur

Datum: WGS 84

Versión digital 2025

Impreso: Agosto, 2025

MAPA

04