

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7452

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL SECTOR DE HUAYLLAS BAJO

Departamento Cusco
Provincia Anta
Distrito Huarcocondo



NOVIEMBRE
2023

Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el sector de Huayllas Bajo

Distrito Huroconco, provincia Anta, departamento Cusco.

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

Responsable de la investigación:

*Gael Araujo Huamán
David Prudencio*

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). *Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el sector Huayllas Bajo*. Distrito Huroconco, provincia Anta, departamento Cusco. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7452. 33 p.

ÍNDICE

RESUMEN	4
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. Objetivos del estudio	6
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores.....	6
1.2. Aspectos generales.....	7
1.2.1. UBICACIÓN	7
1.2.2. POBLACIÓN.....	7
1.2.3. ACCESIBILIDAD	7
1.2.4. CLIMA	9
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS	11
2.1. Estratigrafía	11
2.1.1. Formación Maras.....	11
2.1.2. Depósito coluvial (Q-co)	14
2.1.3. Depósito aluvial (Q-al).....	14
2.1.4. Depósito coluvio-deluvial (Q-cd).....	14
2.1.5. Depósito fluvial (Q-fl)	15
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	16
3.1. Pendientes del terreno.....	16
3.2. Unidades geomorfológicas.....	17
3.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional	18
3.2.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional	18
4. PELIGROS GEOLÓGICOS	20
4.1. Evolución temporal del área de estudio	20
4.2. Movimientos en masa en el Sector Huayllas Bajo	21
4.5.1. FACTORES CONDICIONANTES	26
4.5.2. FACTORES DESENCADENANTES	26
5. CONCLUSIONES	27
BIBLIOGRAFÍA	29
ANEXOS	

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, tipo deslizamientos y movimientos complejos, en el sector de Huayllas Bajo, del distrito Huarcocondo, provincia Anta, departamento Cusco. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos para los tres niveles de gobierno.

El sector Huayllas Bajo está principalmente conformado por depósitos coluvio deluviales, con boques de caliza y yeso altamente meteorizados y poco fracturados de la Formación Maras, envueltos por una matriz limo-arcillosa. Las geoformas más representativas del sector Huayllas Bajo, corresponden vertientes coluvio-deluviales y vertientes de deslizamiento con pendientes muy fuertes a abruptas (35° a $>45^\circ$).

En el sector de Huayllas Bajo se han cartografiado movimientos en masa, tipo deslizamientos, y movimientos complejos como deslizamientos / derrumbes y flujo de lodo de actividad inactivo latente, reactivado y activo. A julio del 2023, las grietas y aperturas del terreno, habían afectado terrenos de cultivos de durazno, así como la cuneta de coronación construida por COPESCO el 2017.

El peligro es latente y pone en riesgo la estabilidad física de terrenos de cultivos, viviendas de 4 familias, un tercio del C.P. Huayllas y la carretera departamental CU-110, ambos ubicados al pie del sector Huayllas Bajo.

Se han identificado dos procesos de deslizamientos reactivados, denominados deslizamiento 1 y deslizamiento 2. En el primero se identificaron grietas semicirculares de casi 3 m de profundidad, y aperturas de 20 a 70 cm al mes de julio de 2023, mientras que en el deslizamiento 2, se han proyectado los agrietamientos hacia los terrenos de cultivos de durazno. En ambos casos, la reactivación se evidencia por los agrietamientos del terreno. Los factores desencadenantes son las precipitaciones intensas, y sólidas como nevadas anómalas, suscitadas en mayo del presente año; además del mal sistema de riego de cultivos usados y surgencias de agua no captadas.

Por las condiciones mencionadas, al sector se le considera de **Peligro Alto** a la ocurrencia de movimientos en masa.

Para este caso, se han tomado en cuenta medidas estructurales y no estructurales después del evento, como reparación de banquetas artesanales destruidas por el avance de la masa desplazada y limpieza constante de la vía departamental.

El presente informe se pone a disposición de las autoridades, a fin de que las conclusiones y recomendaciones sirvan como instrumento, para contribuir en los planes de reducción de riesgo de desastre.

1. INTRODUCCIÓN

El INGEMMET, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Distrital de Huarcocondo, según Oficio N°0136-2023-MDH/A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, tipo deslizamientos y movimientos complejos, en sector de Huayllas Bajo.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó a la magister Gael Araujo Huamán y a los Ings. David Prudencio Mendoza y Gonzalo Luna Guillén, para que realicen una evaluación técnica de peligros geológicos por movimientos en masa en el sector Huayllas Bajo, la cual se llevó a cabo el 05 de junio y 10 de julio de 2023.

La evaluación técnica se basó en etapas de pre-campo con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET, etapa de 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, y para la etapa final de gabinete 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 Distrital de Huarcocondo 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.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar, cartografiar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa en el sector de Huayllas Bajo, distrito de Huarucondo, provincia de Anta y departamento de Cusco.
- b) Emitir conclusiones y recomendaciones que contribuyan a la formulación de planes de prevención y/o mitigación del riesgo de desastre por movimientos en masa.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

- A) El mapa de susceptibilidad a movimientos en masa a escala 1:500 000 de Vilchez M., 2017 es información referencial que, sumada a la evaluación técnica de campo y fotointerpretación en gabinete, permitió corroborar que el sector Huayllas Bajo cuenta con en niveles de susceptibilidad alta a muy alta a la ocurrencia de movimientos en masa (Figura 1).

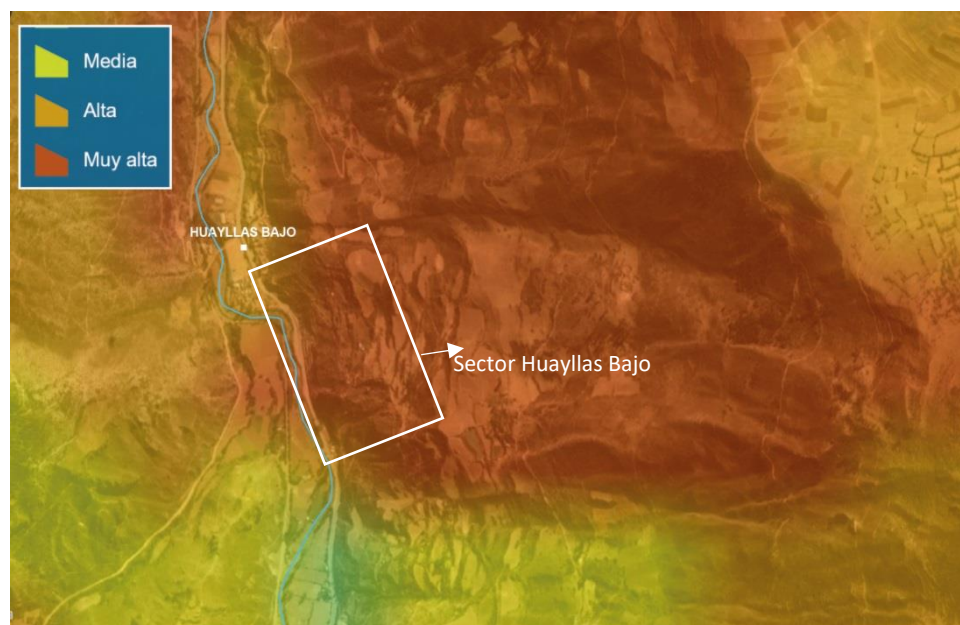


Figura 1: Susceptibilidad a movimientos en masa (Vilchez M. 2017)

- B) El boletín N° 65, serie A. Geología de los cuadrángulos de Urubamba y Calca (hojas 27-r y 27-s) (Carlotto, V. et al. 1996), además del boletín N°74, serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica Peligros Geológicos en la región Cusco (Vilchez et al., 2020), describen las unidades geológicas y depósito superficiales no consolidados que conforman el área de estudio.

1.2. Aspectos generales

1.2.1. UBICACIÓN

El Sector Huayllas Bajo, geográficamente se sitúa en el flanco izquierdo del río Huarcocondo. Políticamente, forma parte del distrito de Huarcocondo, provincia Anta y departamento Cusco (figura 2), en las siguientes coordenadas UTM WGS84 y geográficas de la tabla 1 (figure 1).

Tabla 1. Coordenadas UTM y geográficas del área de estudio

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
C1	800028	8524483	-13.331°	-72.230°
C2	800247	8524571	-13.331°	-72.228°
C3	799909	8524846	-13.328°	-72.238°
C4	800072	8524927	-13.327°	-72.229°
CC	800098	8524802	-13.329°	-72.229°

1.2.2. POBLACIÓN

Dentro del sector Huayllas Bajo se ubican viviendas de 4 familias. Sin embargo, al pie del sector Huayllas Bajo se ubica el C.P. Huayllas conformado por 80 familias en 2023, según el testimonio de los habitantes.

1.2.3. ACCESIBILIDAD

Partiendo de la ciudad del Cusco, en dirección noreste se toma la vía 3S hasta el centro poblado de Anta, en dirección al C.P. Huarcocondo se continua por la carretera CU-110. Se continua por CU-110 hasta llegar al C.P. Huayllas. El sector Huayllas Bajo se sitúa en ladera superior cerca al C.P. Huayllas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Ruta de acceso al Sector Huayllas Bajo

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Cusco – Anta	Carretera 3S	25.3	45 min
Pacchar – Huarcocondo	Carretera CU-110	11.9	23 min
Huarcocondo – Huayllas Bajo	Carretera CU-100	11.5	13 min

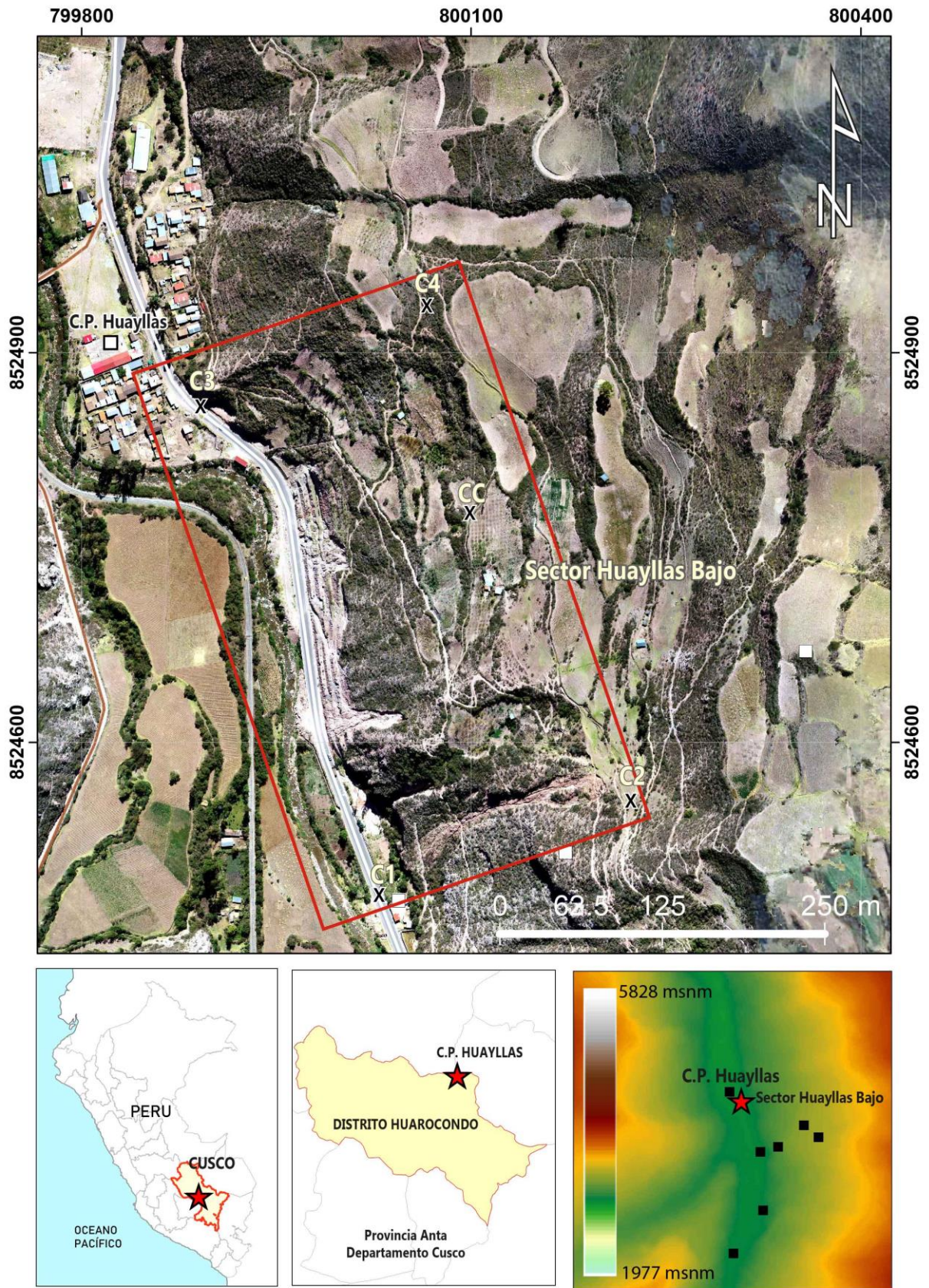


Figura 2. Ubicación del área de estudio.

1.2.4. CLIMA

- Temperaturas y precipitaciones

Según el Mapa climático Nacional del SENAMHI (2020), el sector Huayllas Bajo Clima de tipo semiseco, templado y con otoño e invierno seco.

Esta región presenta durante el año, en promedio temperaturas máximas de 23°C a 27°C y temperaturas mínimas oscilan entre 5°C y 11°C. Asimismo, los acumulados anuales de lluvias alcanzan valores entre los 500 mm hasta los 900 mm aproximadamente.

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, para la elaboración de informes y documentos técnicos en el marco de la gestión de riesgos de desastres. Todas estas denominaciones tienen como base el libro: “Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas” desarrollado en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), donde participó la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet. Los términos y definiciones se detallan a continuación:

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.
FRACTURA	Estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan. Los rangos de fracturamiento rocoso, dependiendo del espaciamiento entre las fracturas, pueden ser: maciza, poco fracturada, medianamente fracturada, muy fracturada y fragmentada.
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. Los rangos de meteorización se clasifican en: roca fresca, ligeramente meteorizada, moderadamente meteorizada, altamente meteorizada, completamente meteorizada y suelo residual.
PELIGROS GEOLÓGICOS	Los 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.

DESLIZAMIENTO

Movimientos ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla. Según la forma de la superficie de falla se clasifican en traslacionales (superficie de falla plana u ondulada) y rotacionales (superficie de falla curva y cóncava) (Cruden y Varnes, 1996).

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.

DERRUMBE: Un tipo de caída, 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.

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.

Flujo de lodo: Tipo de flujo con predominancia de materiales de fracción fina (limos, arcillas y arena fina), con al menos un 50%, y el cual se presenta muy saturado.

MOVIMIENTO COMPLEJO

Tipo de movimiento en masa que involucra una combinación de uno o más de los tipos principales de movimientos, ya sea dentro de las diferentes partes que componen la masa en movimiento, o en los diferentes estados de desarrollo del movimiento (Varnes, 1978). Los más comunes son: deslizamiento-flujo, derrumbe-flujo, deslizamiento-caída de rocas, deslizamiento-flujo, deslizamiento-reptación, entre otros.

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis y descripción litológica en la zona, se desarrolló en base al boletín N° 65, serie A. Geología del cuadrángulo Urubamba y Calca (hojas 27-r y 27s) (Carlotto V. et al. 1996), Informe técnico A6402 Geología del cuadrángulo Urubamba (27-r) (Carlotto V. et al. 1995), Memoria descriptiva de la revisión y actualización de cuadrángulos (Sánchez A., et al. 2003), además del boletín N°74, serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica Peligros Geológicos en la región Cusco (Vílchez et al., 2020), complementándose con trabajos de fotointerpretación de imágenes satelitales, y observaciones en campo. Información resumida en el mapa geológico del anexo 1-mapa 1.

2.1. Estratigrafía

En el sector Huayllas Bajo, afloran rocas sedimentarias de la formación Maras, cuya edad Albiano medio se encuentra dentro del cuadrángulo de Urubamba (27r). Además de depósitos cuaternarios inconsolidados de edad Holocena de origen coluvial, coluvio-deluvial, aluvial, producto de la ocurrencia de movimientos en masa antiguos y recientes (Anexo 1_mapa 1).

2.1.1. Formación Maras

Los afloramientos de la Formación Maras afloran en el cuadrángulo de Urubamba.

Esta constituido de manera caótica por una mezcla de yesos (Fotografía 1), lutitas y escasamente calizas (Fotografía 2), producto de deformaciones deapíricas.

Se asume que las lutitas serían de origen lacustre o marino poco profundo, los yesos de sabkha y las calizas indicarían máximos transgresivos (Carlotto, 1992)

El grosor total de esta unidad es difícil de calcular, pero se estima que sería entre 100 y 200 metros, aunque en algunos lugares sobrepasa los 400 metros debido a efectos diapíricos y tectónicos.

Los yesos y calizas presentan un grado alto de meteorización y buen fracturamiento (cuadro 2 y 3)

Cuadro 2. Clasificación de la meteorización de los afloramientos de la Formación Maras en el área de estudio (Grado de meteorización de rocas ISRM, 1981)

GRADO DE METEORIZACIÓN				
SÍMBOLO	CALIFICATIVO	IDENTIFICACIÓN	CALIDAD GEOTÉCNICA	
A1	Roca fresca	No hay signos visibles de meteorización, ligera decoración	Muy buena para cimientos	

A2	Ligeramente meteorizada	Decoloración en la roca y en superficie de discontinuidades (fracturas).	Buena para cimientos	
A3	Moderadamente meteorizada	Menos de la mitad del material rocoso esta descompuesto o desintegrado a suelo.	Buena para cimientos	
A4	Altamente meteorizada	Más del 50% esta descompuesto y/o desintegrado a suelo, roca fresca o decolorada esta presente como testigos discontinuos.	Requiere de limpieza del terreno suelto	Formación Maras
A5	Completamente meteorizada	Todo el material rocoso esta descompuesto y/o meteorizado. La estructura original del macizo rocoso esta aun en parte intacta.	Malos para cimientos , se requiere tomar ciertas medidas correctivas	
A6	Suelo residual	Todo el material rocoso esta convertido en suelo. La estructura y textura estan destruidos	Muy malos para cimientos	

Cuadro 3. Clasificación del fracturamiento del afloramiento de la Formación Maras en el área de estudio (Grado de fracturamiento de rocas ISRM,1981)

INTENSIDAD DE FRACTURAMIENTO					
NOMBRE	SEPARACIÓN	CALIFICATIVO	IDENTIFICACIÓN	CAIDAD GEOTÉCNICA	CLASIFICACION
F1	>3 m	Maciza	Fracturas espaciadas entre si	Excelente para fundación de obras	
F2	3-1 m	Poco fracturada	Fracturadas espaciadas a veces no distinguibles	Buena	
F3	1-0.3 m	Medianamente fracturado	Espaciamiento regular entre fracturas	Buena	Formación Maras
F4	0.3-0.05 m	Muy fracturado	Fracturas muy proximas entre si, se separan en bloques tabulares	Regular a mala, requiere limpiar el material fragmentado	
F5	< 0.05 m	fragmentado	La roca se muestra astillosa y se se sepran en lascas con facilidad	Mala a pésima descartar uso o limpiar y estabilizar	



Fotografía 1. Bloques de yeso de la Formación Maras sobre depósitos cuaternarios del sector Huayllas Bajo. Coordenadas UTM 18L E: 800015, N: 8524814 y Elevación: 3105 m



Fotografía 2. Bloques de caliza de la Formación Maras sobre depósitos cuaternarios del sector Huayllas Bajo. Coordenadas UTM 18L E: 800069, N: 8524717 y Elevación: 3151 m

2.1.2. Depósito coluvial (Q-co)

Se encuentran conformados por bloques rocosos heterométricos y de naturaleza litológica homogénea, acumulados al pie de taludes escarpados, en forma de conos cuando es un solo depósito. Forman piedemontes cuando hay varios depósitos ubicados consecutivamente. Los bloques angulosos más gruesos se depositan en la base y los bloques menores disminuyen gradualmente hacia el ápice. Carecen de relleno, aunque puede encontrarse material fino de arena y limo entre los clastos. Son sueltos, sin cohesión y conforman taludes de reposo poco estables.

También se consideran dentro de esta categoría a los depósitos formados por los materiales que fueron movilizados por algunos tipos de movimientos en masa, los cuales están conformados por fragmentos de tamaños heterométricos, mezclado de forma caótica (Vilchez M. et al. 2020). En el sector de Huayllas Bajo, estos depósitos son muy antiguos y se encuentran conformados por antiguos movimientos en masa de grandes dimensiones a ambos flancos del río Huarcocondo (Anexo _ Mapa 1)

2.1.3. Depósito aluvial (Q-al)

Está conformado por llanuras aluviales antiguas y/o niveles de terrazas adyacentes al valle principal de los ríos Vilcanota.

Está compuesto por una mezcla de fragmentos heterométricos y heterogéneos (bolones, cantos, gravas, arenas, etc.), redondeados a subredondeados, transportados por la corriente

de los ríos a grandes distancias. Además, conforman terrazas y abanicos aluviales extensos. Tienen regular a buena selección y se presentan estratos diferenciados que evidencian la actividad dinámica fluvial

2.1.4. Depósito coluvio-deluvial (Q-cd)

Conformado por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvio-deluvial, interestratificados, imposibles de separarlos como unidades individuales (Vilchez et al., 2019), por su relación directa con corrientes de agua. Se encuentran acumulados a lo largo de laderas de fuerte a muy fuerte pendientes y montañas cortadas por quebradas secas, temporales y/o cárcavas en el área de estudio.

El desencadenamiento de deslizamientos y derrumbes sumado a sus factores condicionantes, dan lugar a depósitos coluvio deluviales en el área de estudio. Estos depósitos están constituidos por materiales de secuencias de gravas, limos y arcillas dentro del material también se observan cantos y bloques metamórficos subangulosos a subredondeados.

En el sector de Huayllas Bajo, los principales agentes formadores son el intemperismo, la gravedad, movimientos sísmicos, movimientos en masa (deslizamientos, derrumbes, caída de rocas y movimientos complejos).



Fotografía 3 Depósitos coluvio-deluviales, movilizados por la activación del movimiento complejo (deslizamiento y flujo de lodo) en el sector Huayllas Bajo. Coordenadas UTM 18 L E: 800198, S: 8524582 y Elevación: 3201 m.

2.1.5. Depósito fluvial (Q-fl)

Los depósitos fluviales constituyen los materiales del lecho de ríos o quebradas, terrazas bajas y llanura de inundación. Son depósitos heterométricos constituidos por bolones, cantos y gravas subredondeadas en matriz arenosa o limosa, mezcla de lentes arenosos y areno-limosos. Son transportados por la corriente de los ríos a grandes distancias en el fondo de los valles y depositados en forma de terrazas o playas, removibles por el curso actual del río y ubicados en su llanura de inundación. Son depósitos inconsolidados a poco consolidados hasta sueltos, fácilmente removibles, cuya permeabilidad es alta (Manuel V., et al. 2020)

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

3.1. Pendientes del terreno

Es uno de los principales factores dinámicos, que contribuyen particularmente a los movimientos en masa (formadores de las geoformas de carácter depositacional o agradacional), ya que determinan la cantidad de energía cinética y potencial de una masa inestable (Sánchez, 2002); por lo cual es un parámetro importante en la evaluación de procesos de movimientos en masa, actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa (cuadro 4).

El rango de pendientes del sector Huayllas Bajo, es representado por el diagrama 3D de la figura 3, la misma que fue generada del DEM procesado como parte de los sobrevuelos dron realizado en el área de estudio (julio 2023).

En la figura 3, se muestran cuatro de los seis rangos de clasificación de pendientes, usadas en ficha de inventario M2.1-F-070 - Ficha de inventario de peligros geológicos y geohidrológicos en el Perú. Los cuales se describen en la tabla a continuación, y figura 4, las cuales también son mostradas en las correspondientes subunidades geomorfológicas.

Cuadro 4. Rango de pendientes del terreno.

RANGOS DE PENDIENTES		
Pendiente	Rango	Descripción
5°a 15°	Media	En este rango de pendientes se encuentra toda la terraza aluvial cerca al río Huarcocondo, en donde se asientan viviendas de Huayllas Bajo, están ubicados cerca al corte de vía departamental CU-110, Además algunos sectores cultivables presentan pendientes medias en la cabecera de deslizamientos reactivados. Dentro de la zona de evaluación se observan en un 5%.
15°a 25°	Fuerte	El 3% del sector Huayllas Bajo son pendientes fuertes. Está representado principalmente por sectores usados para cultivo.
25°a 45°	Muy fuerte	Estas pendientes se observan en un 80% en el sector Huayllas Bajo (32° a 45°), corresponde a depósitos coluvio deluviales originado por el deslizamiento antiguos en el sector.
>45°	Abrupta	Estas pendientes se observan en un 15% en el sector Huayllas Bajo, principalmente en el flanco izquierdo del deslizamiento con el mismo nombre.

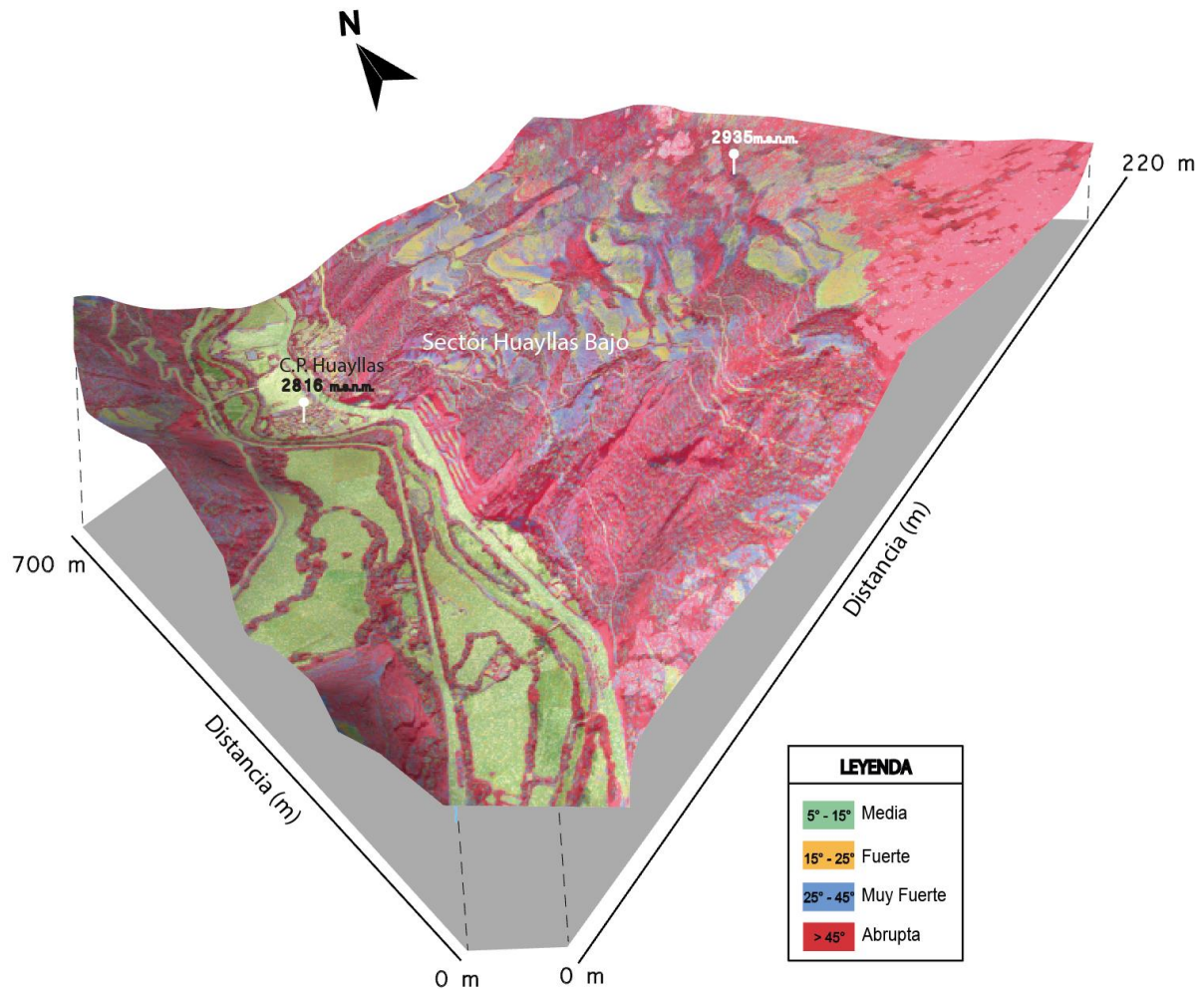


Figura 3. Pendientes en el sector Huayllas Bajo

3.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas (Anexo1-mapa3), se realizó la adaptación del mapa geomorfológico regional, donde se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual; en base a aspectos del relieve en relación con la erosión, denudación y sedimentación (Vílchez et al., 2019). Además de fotointerpretación de imágenes satelitales a detalle.

Dentro de las unidades geomorfológicas regionales descritas de manera indirecta y de orden secundario al área de inspección, se tienen subunidades de montañas en rocas sedimentarias, vertientes de deslizamiento, vertientes coluvio-deluviales, y terrazas aluviales. A continuación, se realiza una descripción de subunidades representativas del área de estudio, divididos en geofomas de carácter tectónico degradacional y erosional: y geofomas de carácter deposicional y agradacional.

3.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Están representadas por las formas de terreno resultados del efecto progresivo de procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales (Villota, 2005).

Subunidad de montañas en roca sedimentaria (RM-rs):

Está conformada por bloques caóticos de la Formación Maras, representan los sectores aledaños al sector de Huayllas Bajo. Se ubica entre las cotas de 3200 m y 4000 m, sus laderas son fuertes a abruptas (Fotografía 4), predominando pendientes muy fuertes (25° a 45°). Los procesos de meteorización y gravedad originan deslizamientos y derrumbes que representan a depósitos coluvio-deluviales y coluviales a lo largo de las laderas.



Fotografía 4. Vista de geoformas de montañas en rocas sedimentaria en el lado derecho y fuera del área de estudio

3.2.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional

Están representadas por formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas anteriores, aquí se tienen:

Vertiente o piedemonte coluvial (V-cd):

Unidad formada por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial, esta unidad se encuentra en la parte alta del área de estudio sobre pendientes muy fuertes (25° a 45°) a abruptas ($>45^\circ$) (Anexo1-mapa2).

Estos depósitos se consideran inestables, ya que no existe cohesión entre sus fragmentos. Por esta razón, es fácil que un sobrepeso (caída de nuevos bloques) produzca deslizamiento de parte de los materiales. Cuando el talud o vertiente de detritos es relativamente antiguo y el clima es propicio, se pueden desarrollar suelo y cobertura vegetal estabilizadora (Villota, 2005)

Vertiente de deslizamiento (V-dd):

Corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa de tipo deslizamiento, derrumbes y movimientos complejos. Está constituido por fragmentos de rocas sedimentarias de la formación Maras, cuyo tamaño varía de pocos centímetros a 1.5 metros, envueltos en una matriz limo arcillosa. (Anexo1_mapa3).

Su morfología es usualmente convexa y su disposición semicircular a elongada en relación a la zona de arranque o despegue del movimiento en masa (Vilchez et al. 2019). Se trata de superficies con pendiente muy fuertes (25° a 45°) (Anexo1-mapa2),



Fotografía 5. Vertientes de deslizamiento en el sector Huayllas Bajo.

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

En el sector Huayllas se ha identificado y cartografiado peligros geológicos por movimientos en masa, tipo deslizamiento, derrumbe y movimientos complejos (deslizamiento/derrumbe y flujo de lodo). (Figura 5) (Anexo_Mapa4).

4.1. Evolución temporal del área de estudio

Las imágenes satelitales desde el 2003 al 2019, el sobrevuelo dron y la observación en campo son el registro de la evolución de movimientos en masa en el sector Huayllas Bajo. A continuación, se hace una descripción temporal del área de estudios.

- Entre el 2003 a 2012, el sector Huayllas Bajo evidencia la existencia de deslizamientos antiguos en la margen izquierda del río Huarcocondo. En el 2003 el centro poblado Huayllas, ubicado al pie del sector Huayllas Bajo estaba conformada por menos de 12 familias y no se realizaba ninguna actividad agrícola. Sin embargo, en el 2012, en el centro poblado Huayllas se observa una expansión poblacional, como también presencia de terrenos de cultivo cercanos a la escarpa del deslizamiento antiguo del sector Huayllas Bajo (Figura 4).
- El 2013, se realizó banquetas al pie del sector Huayllas bajo, el trazo de la cuneta de coronación paralela a la trocha vecinal dentro del sector (Figura 3). Al sur de los trabajos de banqueteo se observa la ocurrencia de flujos de lodo, que desemboca cerca a la vía departamental (Figura 4)
- Según el testimonio de los pobladores, el 2017, COPESCO colocó la cuneta de coronación paralela a la trocha vecinal del sector, al mismo tiempo se realizó el asfaltado de la vía departamental.
Por otro lado, la activación de movimientos complejos al sur del banqueteo continua activo, generando flujos de lodo temporalmente.
- Entre el 2017 a 2019, en el cuerpo del deslizamiento se incrementó los terrenos de cultivo (Figura 4).
En el 2019, se construyeron viviendas (dos familias) dentro del cuerpo del deslizamiento, también se incrementó las áreas de terrenos de cultivo.
Algunos tramos de las banquetas que se ubican al pie del sector Huayllas Bajo fueron afectadas por derrumbes y movimientos complejos en temporada de lluvia intensa. De igual forma al sur, los movimientos complejos están activos.
- El 2021, los habitantes del sector Huayllas Bajo, reportaron grietas en sus terrenos de cultivos, prolongándose hasta la fecha. Lo que indica la activación de los deslizamientos
- El 08 de mayo del 2023, se registró nevadas excepcionales que cubrió hasta 3 m de espesor el sector Huayllas Bajo. Después de este evento, el 18 de mayo de 2023 los habitantes evidenciaron un avance notorio de la longitud y apertura de grietas anteriormente identificadas. Esto se debe a que agua proveniente del

deshielo se introdujo en el terreno ya sea por agrietamientos o filtración saturándolo.

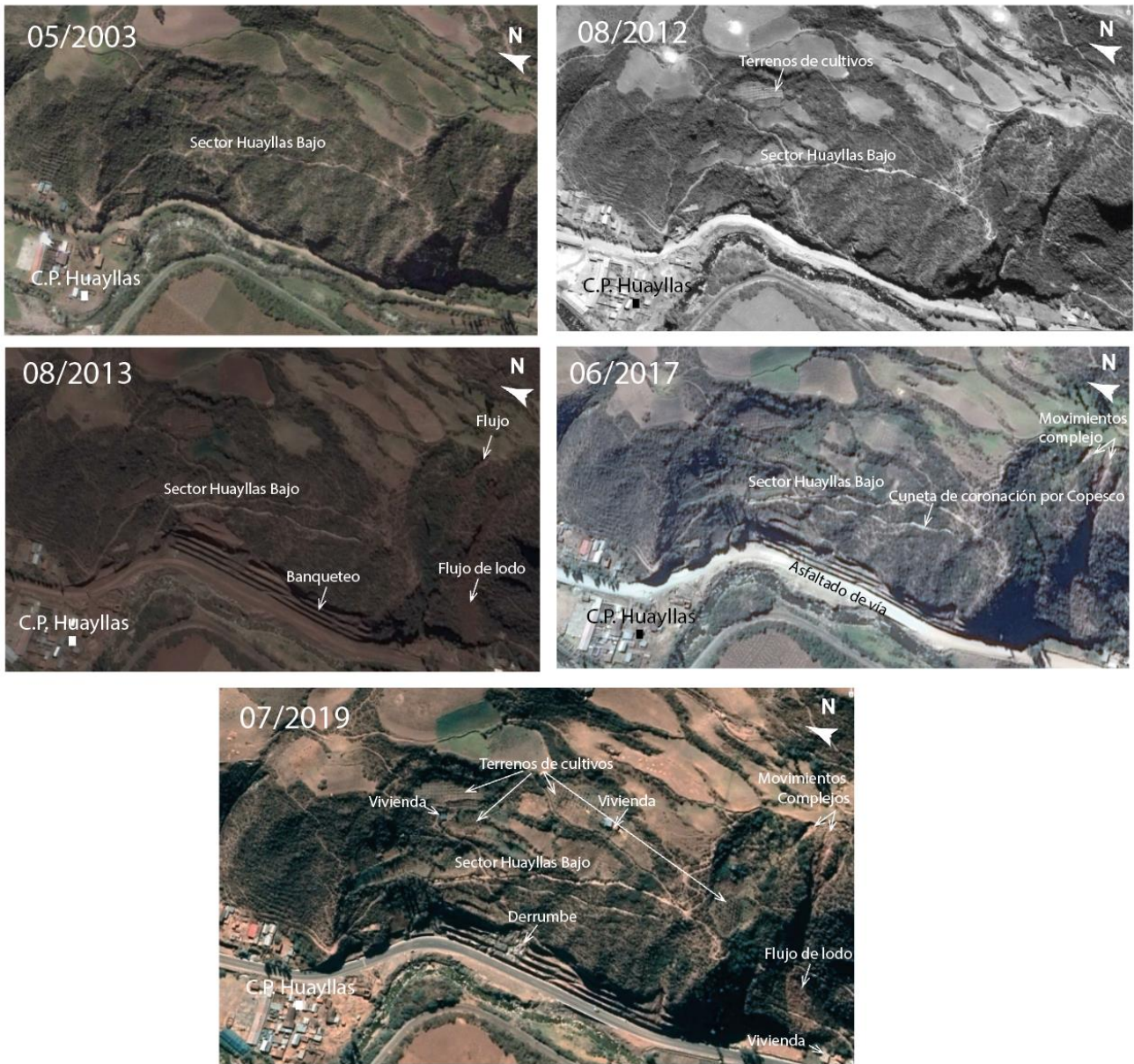


Figura 4. Evolución temporal del sector Huayllas Bajo

4.2. Movimientos en masa en el Sector Huayllas Bajo

En el sector Huayllas Bajo se cartografió deslizamientos antiguos, el más representativo tiene una escarpa semicircular de longitud 870 m y salto 50 m, la distancia de la escarpa principal hasta el pie de largo es 445 m, ancho promedio 480 m (distancia promedio entre ambos flancos). Es considerado de actividad Inactiva latente. Sin embargo, al pie del mismo, se evidenciaron otros dos movimientos en masa de tipo deslizamientos rotacionales de actividad reactivada, Además de movimientos complejos (deslizamiento/derrumbe y flujo de lodo) y derrumbe (Figura 5) (Anexo _ Mapa 4).

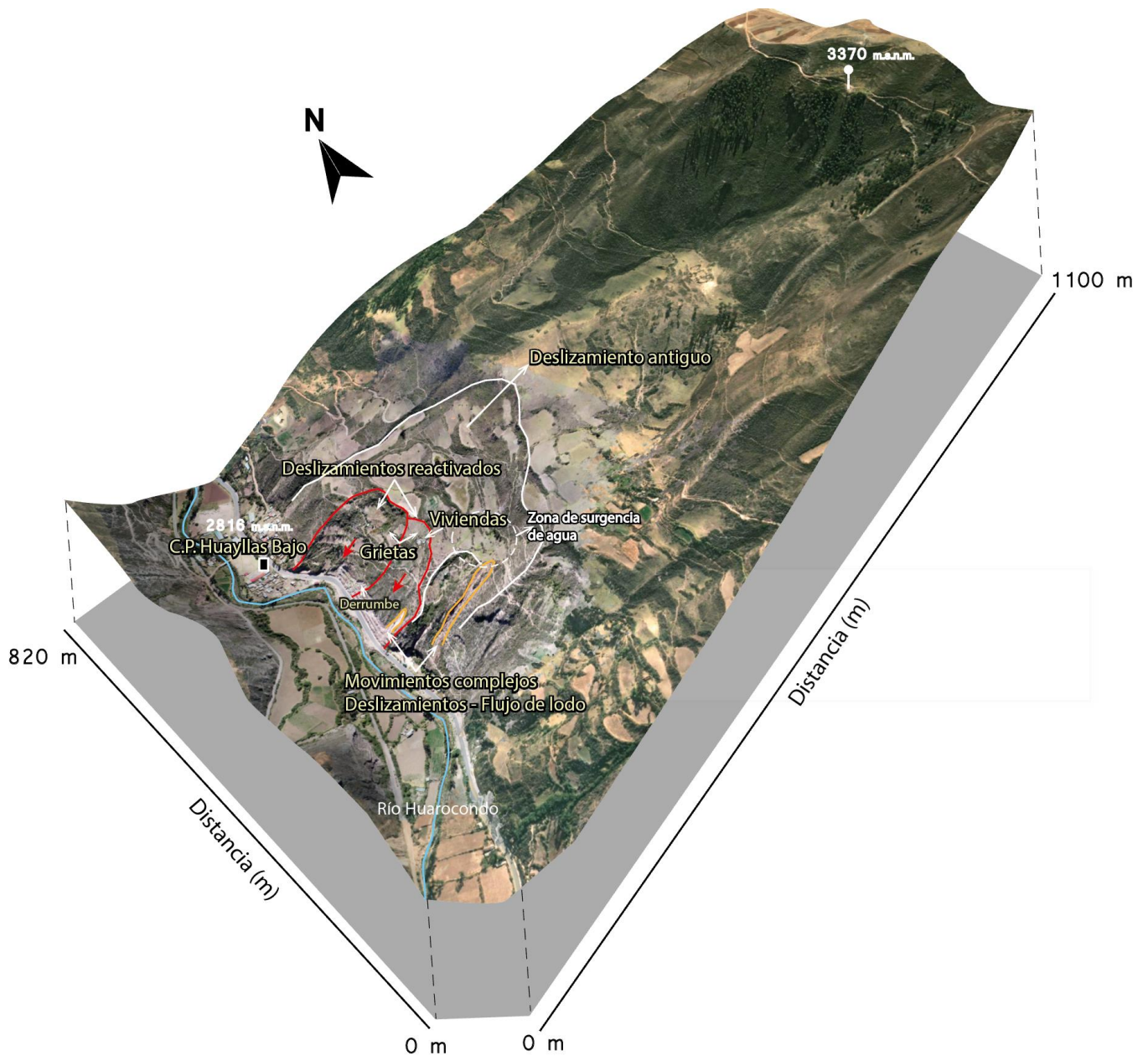


Figura 5. Vista general de sector Huayllas Bajo. Identificación de escarpas principales de los movimientos en masa.

Deslizamiento 1

La presencia de grietas circulares de longitud 21 m a > 60 m (intermitente), con profundidad > 3 m, apertura de 20 a 70 cm, salto de 1 m (Figura 6B1 y 6B2) y espaciamiento de 1 a 1.5 m, después de la nevada excepcional del 8 de mayo del 2023, muestra la aceleración del proceso de reactivación del deslizamiento 1, con escarpa semicircular de longitud 300 m y salto 2 m, la distancia de la escarpa principal hasta el pie de largo es 152 m, y el ancho de 175 m (distancia promedio entre ambos flancos) (Figura 6A).

Además, la afectación perpendicular de la cuneta de coronación en lo que sería el flanco izquierdo del deslizamiento 1, delimita las dimensiones del deslizamiento 1.

Deslizamiento 2

Los agrietamientos de la parte alta del deslizamiento 1, se extienden intermitentemente hacia el sur, a lo largo de 15 m, con una apertura de 7 a 10 cm y profundidad de hasta 1 m (Figura 6D). Estos indicios pueden indicar la ampliación de las dimensiones del deslizamiento 1 o la reactivación de un deslizamiento 2 (Figura 6A).

Actualmente, los deslizamientos afectan terrenos de cultivos de duraznos y alfalfa. Y amenaza con destruir viviendas de 4 familias en el sector Huayllas Bajo, Y un tercio del centro poblado de Huayllas, donde habitan entre 25 a 30 familias.

Movimientos Complejos

Derrumbe y flujo de lodo:

Se activó en el 2017, después de la elaboración de banquetas al pie del sector Huayllas Bajo (Figura 4). El flujo de lodo se origina por la surgencia de ojos de agua en la escarpa del derrumbe. La distancia de la escarpa principal hasta el pie de largo es 60 m, y el ancho de 14 m (distancia promedio entre ambos flancos) (Figura 7B).

Deslizamiento y flujo de lodo

Se activó en el 2017, la distancia de la escarpa principal hasta el pie de largo es 170 m, y el ancho de 23 m (distancia promedio entre ambos flancos) (Figura 7C). Desde entonces el movimiento continuo activo y amenaza con destruir la vivienda de una familia que se ubica al pie del deslizamiento.

Se observa agrietamientos por la parte posterior de la corona principal con aperturas de 10 a 20 cm (Figura 7C2), que indican la posibilidad de que el deslizamiento amplíe sus dimensiones, es decir con avance retrogresivo. Además, este sector presenta surgencias de agua que genera reptaciones (Figura 7A).

Se tiene muchas surgencias de agua, sobre todo al sur del sector Huayllas Bajo, las mismas que dan lugar a la activación de flujos de lodo dentro de deslizamientos y derrumbes. Adicionalmente, la saturación del suelo da lugar a reptaciones y activación de nuevos deslizamientos.

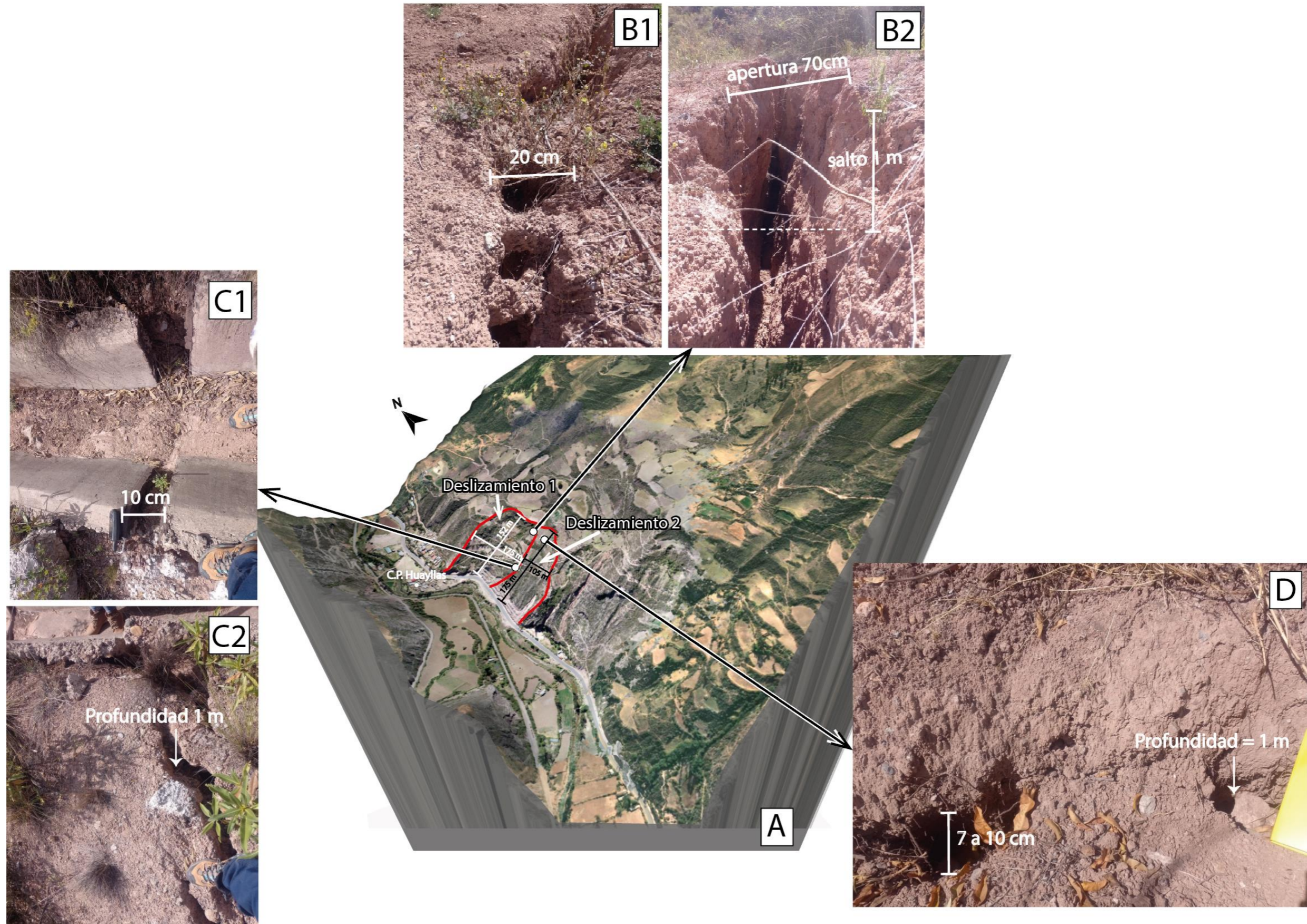


Figura 6. A. Vista 3D de los deslizamientos reactivados en el sector Huayllas Bajo . B1 y B2. Agrietamientos que evidencian la activación del deslizamiento 1. C1. Cuneta de coronación cortado perpendicularmente. C2. La grieta continúa extendiéndose (flanco izquierdo del deslizamiento 1). D. Grietas en el deslizamiento 2, como proyección de las grietas en el deslizamiento 1.

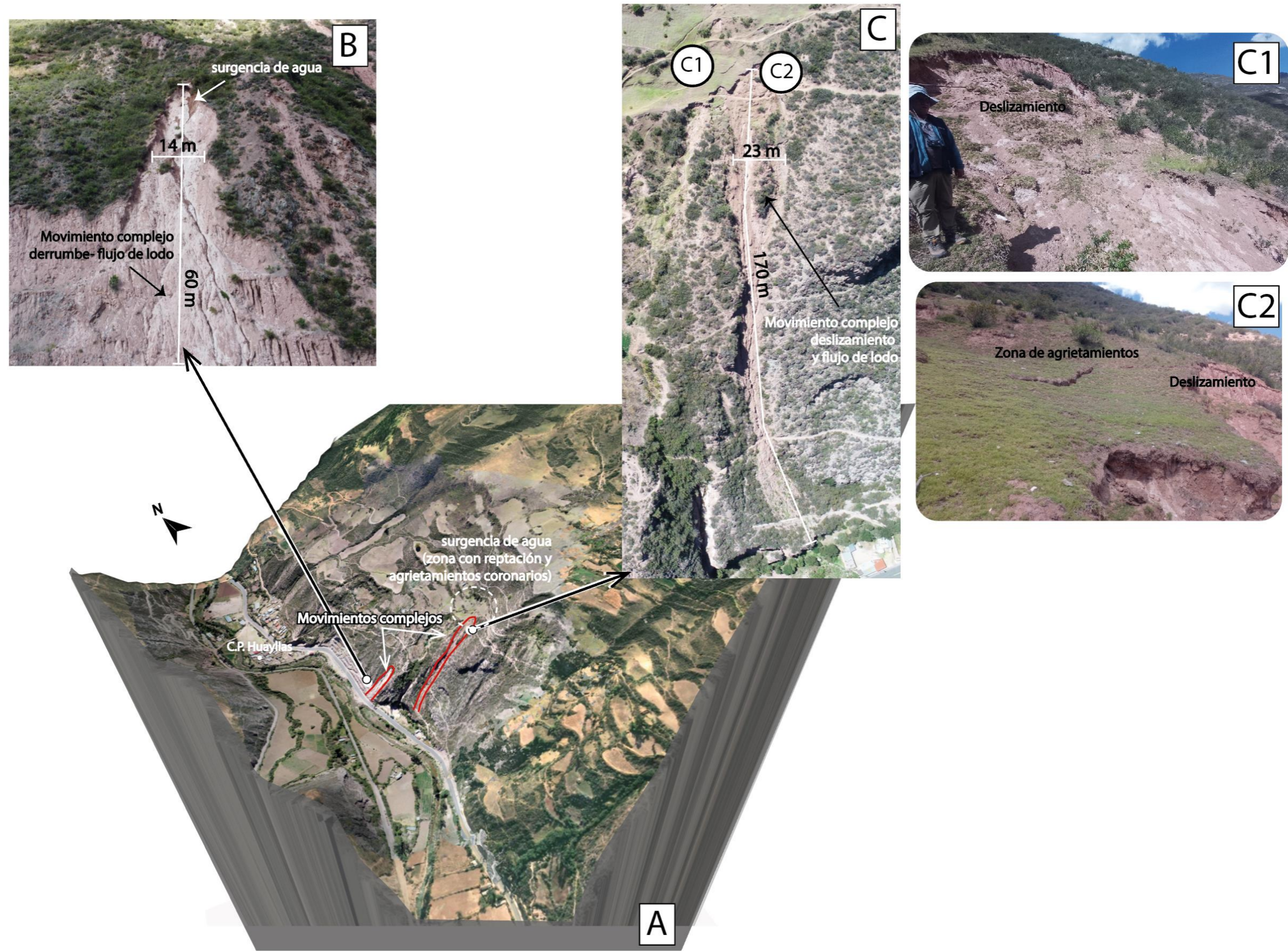


Figura 7. A. Vista 3D de los movimientos complejos reactivados en el sector Huayllas Bajo. B. Derrumbe – flujo de lodo al pie del sector Huayllas Bajo. C. Deslizamiento – flujo de lodo activo, amenaza con destruir una vivienda del C.P, Huayllas.

. Factores condicionantes y desencadenantes

4.5.1. FACTORES CONDICIONANTES

- Litológico: En la zona de estudio predominan depósitos cuaternarios coluvio - deluviales con bloques de caliza y yesos de la Formación Maras dentro de una matriz limo-arcillosas.
El Yeso al entrar en contacto con el agua, tiende a hidratarse, por lo tanto, hay un aumento de su volumen, lo que crea inestabilidad en el terreno.
- Geomorfología y pendientes: El sector Huayllas Bajo están conformada por vertientes de deslizamiento y coluvio-deluviales, dispuestas sobre pendientes muy fuertes a abruptas (25° a >45°).

4.5.2. FACTORES DESENCADENANTES

- AGUA

Precipitaciones: El área de estudio registra precipitaciones anuales acumuladas entre 500 mm a 900 mm, siendo considerado un clima semiseco, lluvioso con invierno seco. En el tiempo de lluvia llega a saturar al terreno, generando inestabilidad.

Surgencias de agua: La presencia de ojos de agua y manantes dentro del sector Huayllas Bajo, contribuye con la activación de movimientos en masa.

Nevadas: Condiciones climáticas excepcionales acelera el proceso de activación y/o reactivación de movimientos en masa en el sector Huayllas Bajo. Como es el caso de la nevada del 8 de mayo del 2023, como condición climática anómala en todo el departamento del Cusco.

Riego: Los terrenos de cultivos dentro del cuerpo de los deslizamientos son regados por gravedad (mangueras) y por aspersion, el riego es de 2 a 3 días. Las malas técnicas de regadío mencionadas, ayudan a saturar al terreno, lo que genera un aumento de peso de la masa inestable.

Los terrenos de cultivo de duraznos necesitan abundantes agua, por ello que realizan riego por inundación o por aspersion continua, esto último ya no es una buena técnica.

5. CONCLUSIONES

1. El sector Huayllas Bajo se asienta sobre substratos de depósitos coluvio deluviales, con boques de caliza y yeso altamente meteorizados y poco fracturados de la Formación Maras envueltos por una matriz limo-arcillosa; Mientras que las geoformas más representativas del sector Huayllas Bajo son vertientes coluvio-deluviales y vertientes de deslizamiento con pendientes muy fuertes a abruptas (35° a $>45^\circ$); por lo que se le considera como zona muy susceptible a la ocurrencia de movimientos en masa .
2. El yeso al entrar en contacto con el agua se tiende a hidratar, por lo tanto, genera aumento de su volumen, con ello se crea inestabilidad del terreno.
3. En el sector de Huayllas Bajo se han cartografiado movimientos en masa, tipo deslizamiento y movimientos complejos (deslizamientos / derrumbes y flujo de lodo) de actividad inactivo latente, reactivado y activo. Por lo que se considera al sector de Huayllas Bajo como dinámicamente Muy Activo a la ocurrencia de movimientos en masa, por consiguiente, con peligro Alto.
4. Se identificó dos deslizamientos reactivados, en el deslizamiento 1 se observó grietas semicirculares con profundidad de 3 m (aprox.), apertura de 20 a 70 cm (julio 2023). En el deslizamiento 2, los agrietamientos se proyectan sobre terrenos de cultivos de durazno, que evidencian la reactivación de deslizamientos en el sector Huayllas Bajo.
5. Los factores desencadenantes son las lluvias intensas, mal sistema de riego de cultivos dentro y surgencias de agua no captadas. También influyen las precipitaciones solidas como la nevada anómala que se generó en mayo 2023.
6. Según el monitoreo visual (junio y julio del 2023), el evento tiene un avance en la apertura de las grietas hasta de 1 m, lo que afectó terrenos de cultivos de durazno, cuneta de coronación (construida por COPESCO el 2017), además pone en riesgo a 1.2 ha terrenos de cultivos de durazno, viviendas de 4 familias del sector Huayllas Bajo, un tercio del C.P. Huayllas y la carretera departamental CU-110, que se encuentra al pie del sector Huayllas Bajo.
7. Dadas sus factores condicionantes litológicos y geomorfológicos susceptibles altamente a la ocurrencia de movimientos en masa, la temporada de lluvia intensa y prolongada y los sismos detonan grandes eventos en proceso de activación. Al sector evaluado por lo mencionado se considera de **peligro alto**.

8. RECOMENDACIONES

1. Reubicar las viviendas de las 4 familias que se encuentran dentro del cuerpo del deslizamiento reactivado.
2. Reubicar a la vivienda del centro poblado de Huayllas ubicada en las coordenadas UTM: 800041 E y 8524481 N, al pie del movimiento complejo activo (deslizamiento – flujo de lodo).
3. Reforestar el sector de Huayllas Bajo con especies nativas que tengan raíces profundas y largas. Sobre todo, donde se han identificado los agrietamientos, sellando los mismos.
4. Realizar un adecuado sistema de drenaje, como captaciones de surgencias de agua (ojos de agua y manantes) en toda la zona de estudio, debido a que su existencia activa y/o acelera flujos de lodo, deslizamientos y derrumbes. Además de la rehabilitación artesanal de los sectores donde la cuneta de coronación fue afectada, con el objetivo de evitar la infiltración de agua al subsuelo.
5. Prohibir y restringir el uso de suelos como terrenos de cultivos, por lo menos hasta después de su estabilización.
6. Restringir y/o prohibir la expansión poblacional o la construcción de nuevas viviendas en el sector del C. P. Huayllas, ya que se encuentra amenazado por el deslizamiento.
7. Verificar y monitorear permanentemente el deslizamiento reactivado. Si el movimiento acelera aún después de haber tomado en cuenta todo lo recomendado líneas arriba; tanto las viviendas al pie del deslizamiento y las ubicadas dentro de la zona de influencia (C.P. Huayllas) deben ser evacuadas a lugares seguros.
8. Las medidas recomendadas deben ser realizadas a corto plazo, a fin de mitigar el riesgo de desastre. Las obras deben ser realizadas por especialistas como hidráulicos o geotecnistas.



Segundo A. Núñez Juárez
Jefe de Proyecto-Act. 11



ING. JERSY MARIÑO SALAZAR
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

BIBLIOGRAFÍA

Carlotto V., Cárdenas J., Chávez R., Mercado E., Gil W., Román F., Pumayali R. (1995). Geología del cuadrángulo Urubamba (27-r). INGEMMET. Boletín N° 65, serie A.

Carlotto V., Gil W., Cárdenas J., Chávez R., Mercado E. (1996). Geología del cuadrángulo Urubamba y Calca (hojas 27-r y 27s). INGEMMET. Informe técnico A6402.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), 2007. Plataforma Sistema de Información Geográfica para emprendedores (SIGE).

Proyecto Multinacional Andino: GCA, 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.

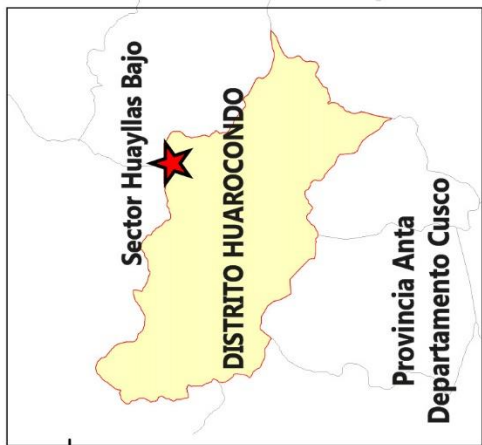
Sánchez, A. & Zapata, A. (2003) - Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Río Picha (25-p), Timpia (25-q), Chuanquiri (26-p), Quillabamba (26-q), Quebrada Honda (26-r), Parobamba (26-s), Pacaypata (27-p), Machupicchu (27-q), Urubamba (27-r), Calca (27-s), Chontachaca (27-t), Quincemil (27-u), Ocongate (28-t), Corani (28-u) y Ayapata (28-v), escala 1:100 000, informe inédito. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 51 p.

SENAMHI, 2020. Climas del Perú. Mapa de Clasificación Climática Nacional. Resumen Ejecutivo. 7 p.

Vilchez M., Sosa N., Pari W., Peña F. 2020. Peligro Geológico en la región de Cusco. INGEMMET. Boletín N° 74. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica. 342p.

Vilchez M. 2017. Mapa de Susceptibilidad a Movimientos en Masa. Escala 1: 500 000. Peligro Geológico en la región de Cusco. INGEMMET. Boletín N° 74. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica. 342p.

ANEXO



LEYENDA	
	Depósito coluvial Material fragmentado heterogéneo acumulado en taludes
	Depósito aluvial Conos aluviales y de deyección de gravas
	Depósito coluvio-deluvial Material heterométrico y heterogéneo, deslizamiento
	Depósito fluvial Cantos subredondeados a redondeados en el cauce de río
	Formación Maras Mezclas caóticas de yeso, lutitas y calizas

SIMBOLOGÍA	
	Área de estudio
	Centro poblados
	Vía vecinal
	Carretera nacional

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA
 EN EL SECTOR HUAYLLAS BAJO
 DISTRITO HUAROCONDO, PROVINCIA DE ANTA Y DEPARTAMENTO DE CUSCO

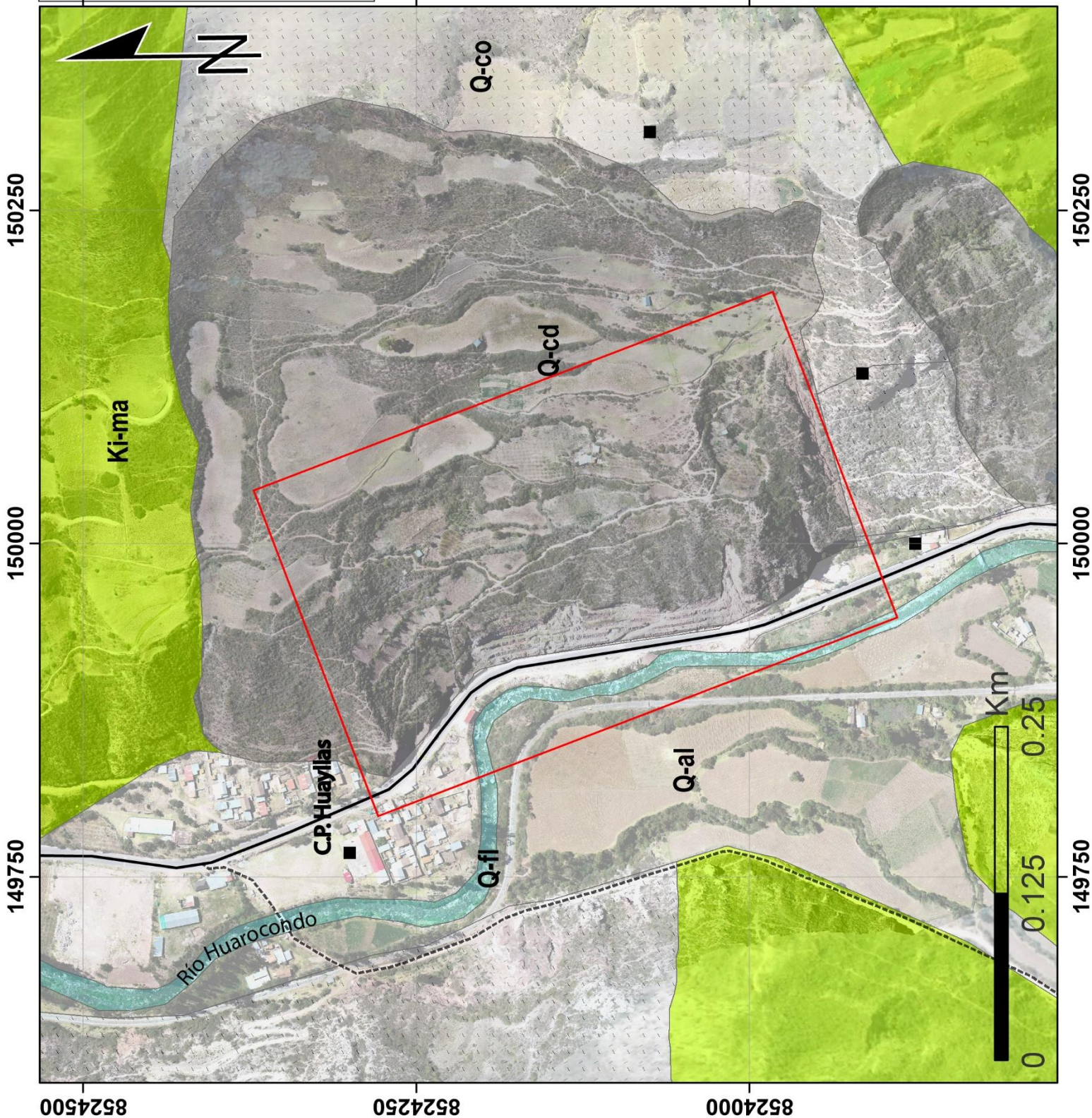
MAPA GEOLÓGICO

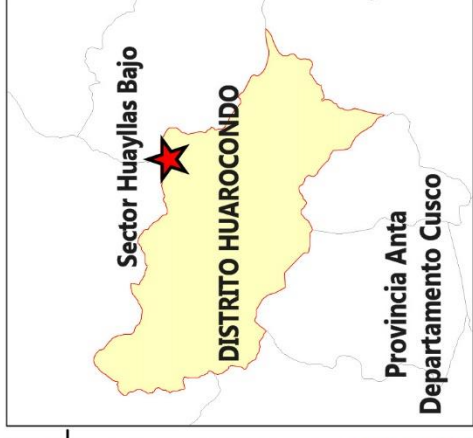
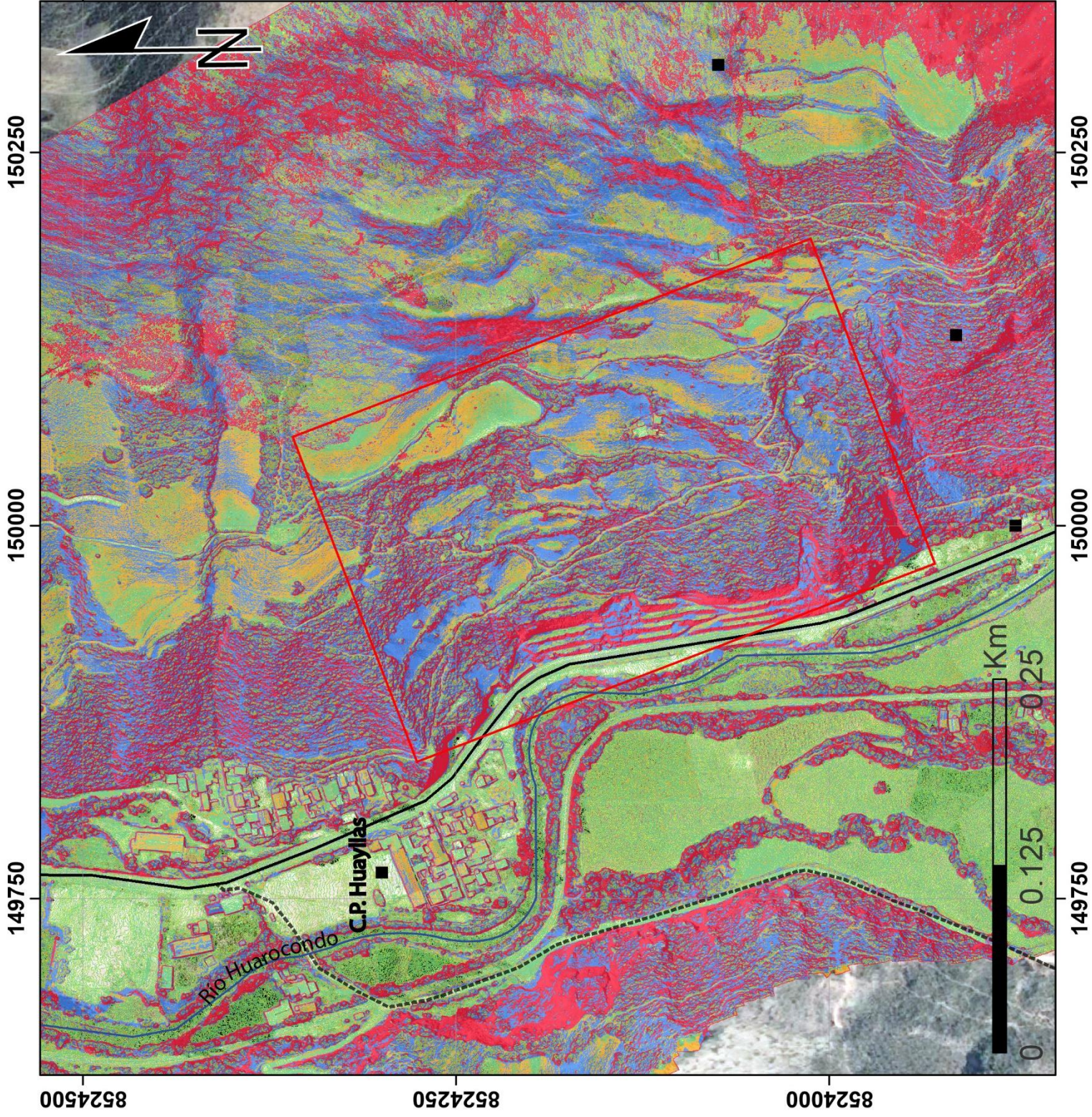
Elaborado por: INGENMET
 Datum: UTM WG84
 Zona: 19 S

Escala: 1: 4,000

MAPA **1**

0 125 m





LEYENDA	
 5° - 15°	Media
 15° - 25°	Fuerte
 25° - 45°	Muy Fuerte
 > 45°	Abrupta

SIMBOLOGÍA	
	Área de estudio
	Centro poblados
	Vía vecinal
	Carretera nacional

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA
 EN EL SECTOR HUAYLLAS BAJO
 DISTRITO HUAROCONDO, PROVINCIA DE ANTA Y DEPARTAMENTO DE CUSCO

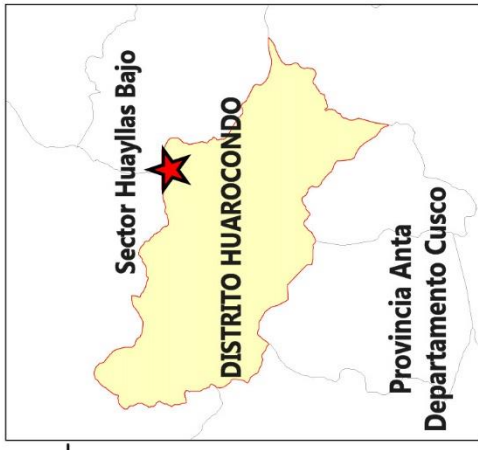
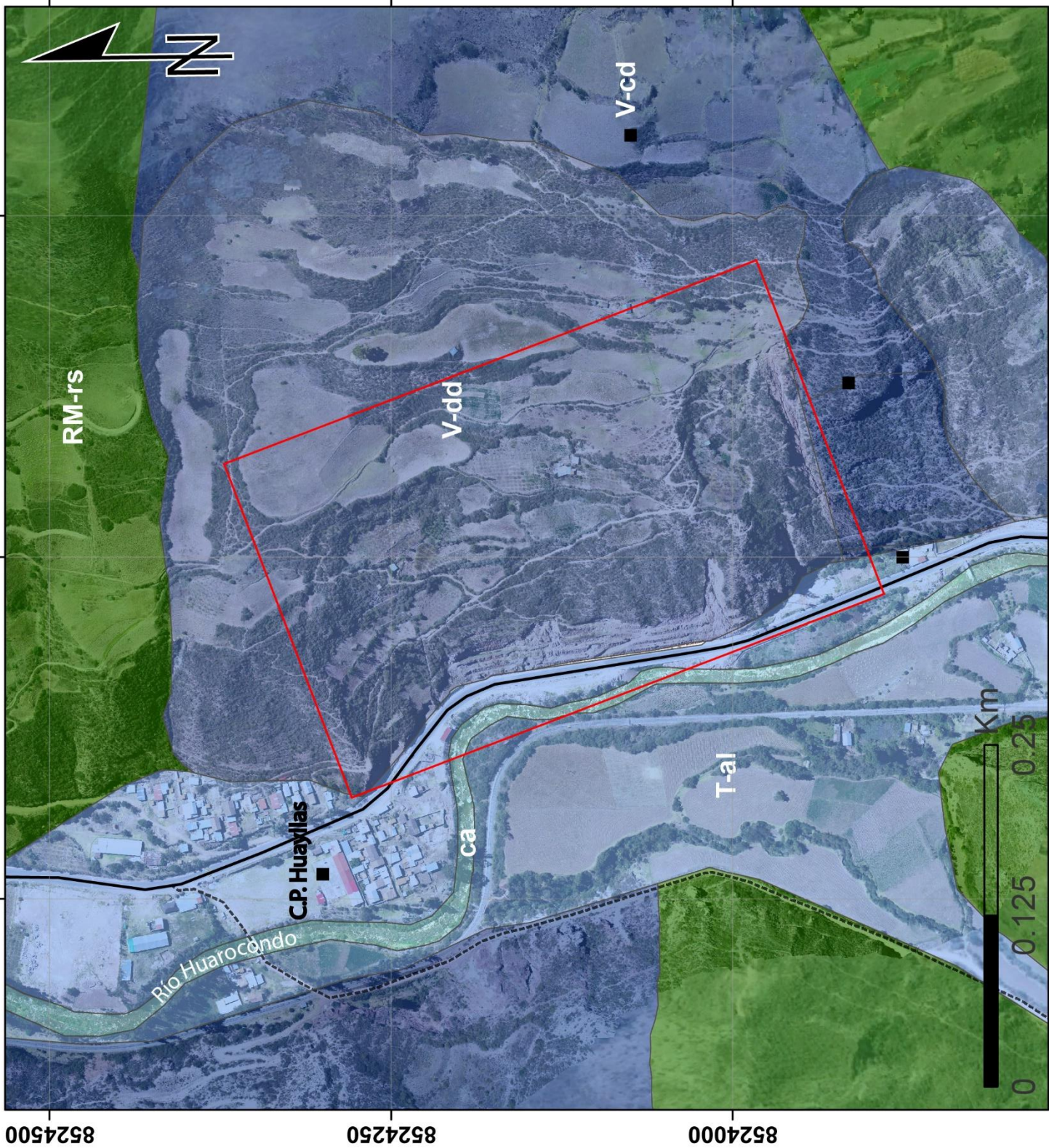
MAPA DE PENDIENTES

Elaborado por: INGENMET
 Datum: UTM WGS84
 Zona: 19 S

Escala: 0 125 m

1: 4,000

MAPA **2**



LEYENDA	
RM-rs	Montaña en roca sedimentaria
V-cd	Vertiente coluvio deluvial
T-al	Terraza aluvial
V-dd	Vertiente de deslizamiento
ca	Cauce del río

SIMBOLOGÍA	
	Área de estudio
	Vía vecinal
	Carretera nacional
	Centro poblados

SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INGEMMET

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL SECTOR HUAYLLAS BAJO, DISTRITO HUAROCONDO, PROVINCIA DE ANTA Y DEPARTAMENTO DE CUSCO

MAPA GEOMORFOLOGÍA

Elaborado por: INGENMET

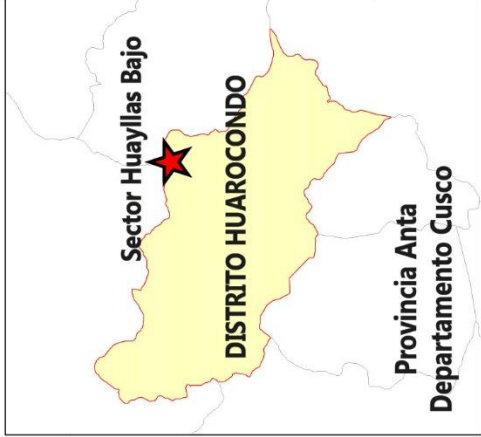
Datum: UTM WGS84

Zona: 19 S

Escala: 1: 4,000

0 125 m

MAPA **3**



LEYENDA

Movimientos en Masa	Actividad
	Antiguo
	Reactivado
	Suspendido
	Movimiento Complejo Activo
	Deslizamiento - flujo de lodo

SIMBOLOGÍA

	Agrrietamiento		Replación
	Vía vecinal		Carretera nacional
	Escarpas deslizamiento		Canal_COPESCO

SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INGEMMET

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL SECTOR HUAYLLAS BAJO, DISTRITO HUAROCONDO, PROVINCIA DE ANTA Y DEPARTAMENTO DE CUSCO

CARTOGRAFIA DE MOVIMIENTOS EN MASA

Elaborado por: INGENMET

Datum: UTM WGS84

Zona: 19 S

Escala: 1: 4.000

0 125 m

MAPA **4**

