

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7497

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN LOS SECTORES CCUCHIPUQUIO Y CALVARIO DEL CENTRO POBLADO CURPAHUASI

Departamento: Apurímac

Provincia: Grau

Distrito: Curpahuasi

Paraje: Sector Ceuchipuquio y Cerro Calvario



ABRIL
2024

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTOS EN LOS SECTORES CCUCHIPUQUIO Y CALVARIO DEL CENTRO POBLADO CURPAHUASI

(Distrito Curpahuasi, provincia Grau, departamento Apurímac)

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

Equipo de investigación:

David Prudencio Mendoza

Gael Araujo Huamán

Gonzalo Luna Guillén

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2024). Evaluación de peligros geológicos por deslizamiento en los sectores Ccuchipuquio y Calvario del centro poblado Curpahuasi, distrito Curpahuasi, provincia Grau, departamento Apurímac. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7497, 29p.

INDICE

RESUMEN	1
DEFINICIONES	2
1. INTRODUCCIÓN	4
1.1. Objetivos del estudio	4
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	5
1.2.1. Ubicación.....	5
1.2.2. Accesibilidad	6
1.2.3. Clima	7
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS	8
2.1. Unidades litoestratigráficas	8
2.1.1. Formación Hualhuani	8
2.1.2. Formación Arcurquina	9
2.1.3. Depósitos coluvio-deluvial	10
2.1.4. Intrusivos	10
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	11
3.1. Pendientes del terreno	11
3.2. Unidades geomorfológicas	11
3.2.1. Unidad de montaña	12
3.2.2. Unidad de piedemonte	12
4. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS	13
4.1. Peligros geológicos del sector Ccuchipuquio	13
4.2. Peligros geológicos del cerro Calvario	16
4.3. Factores condicionantes	18
4.4. Factores detonantes o desencadenantes	19
5. CONCLUSIONES	20
6. RECOMENDACIONES	21
7. BIBLIOGRAFÍA	23
ANEXO 1: MAPAS	24
ANEXO 2: DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES	29

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por deslizamientos, realizado en el sector Ccuchipuquio y el cerro Calvario del centro poblado de Curpahuasi, perteneciente a la jurisdicción del distrito de Curpahuasi, provincia Grau, departamento Apurímac. 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 en los tres niveles de gobierno.

En el sector afloran areniscas y lutitas de la Formación Hualhuani, las cuales se presentan muy fracturadas y moderadamente meteorizadas, originando inestabilidad en las laderas. Sobre estas se aprecian depósitos coluvio – deluviales conformados por gravas (40%) de formas angulosas y heterométricos con diámetros de hasta 5 cm envueltos en matriz areno limosa (60°), se presentan no consolidados, siendo de fácil erosión y remoción ante precipitaciones intensas.

Las unidades geomorfológicas identificadas corresponden a montañas en roca sedimentaria, que presentan laderas con pendientes muy fuertes; además, vertientes coluvio – deluviales, con pendiente moderadas a fuertes (en promedio 17°), los cuales hacen al terreno susceptible a la generación de movimientos en masa.

Como factor condicionante principal, se considera el corte de talud el cual desestabilizó el pie de la ladera, así como la falta de consolidación de los depósitos coluvio - deluviales, generando inestabilidad en las laderas.

En el cerro Calvario en la parte alta se identificó una escarpa de deslizamiento antiguo, con una longitud aproximada de 215 m, altura de 40 cm y apertura de 30 cm. Además, en el sector Ccuchipuquio, se apreció la activación de un deslizamiento que afectó viviendas, instituciones educativas y vías de acceso. Este deslizamiento presenta una escarpa de 90 m de longitud, 2 m de altura, distancia de la corona al pie de 70 m y 5 315 m² de área afectada.

Por las características del terreno mencionadas, el sector Ccuchipuquio se considera de **peligro muy alto** a la ocurrencia de deslizamientos, que pueden ser desencadenados en la temporada de lluvias (diciembre a marzo) y sismos.

El cerro Calvario está considerado como Zona Crítica N°25 desde el 2013 por INGEMMET en el IT A6624, por ende, es de **peligro muy alto** a la ocurrencia de deslizamientos.

Finalmente, se brinda recomendaciones que se consideran importantes, las cuales deben ser tomadas en cuenta por las autoridades competentes; tales como realizar zanjas de coronación y drenaje en forma de espina de pescado impermeabilizados, forestación en la masa deslizada del evento, entre otros. Se recomienda realizar el EVAR correspondiente.

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-Ingemmet. Los términos y definiciones se detallan a continuación:

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

Corona: Zona adyacente arriba del escarpe principal de un deslizamiento que prácticamente no ha sufrido desplazamiento ladera abajo. Sobre ella suelen presentarse algunas grietas paralelas o semi paralelas conocidas como grietas de tensión o de tracción.

Derrumbe 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. Se le conoce también como desprendimiento de rocas, suelos y/o derrumbes.

Deslizamientos: Movimiento ladera debajo 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).

Escarpa: Superficie vertical o semi vertical que se forma en macizos rocosos o de depósitos de suelo debido a procesos denudativos (erosión, movimientos en masa, socavación), o a la actividad tectónica. En el caso de deslizamientos se refiere a un rasgo morfométrico de ellos.

Flujos: Es un tipo de 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 deslizamiento o una caída. Los flujos pueden ser canalizados (huaicos) y no canalizados (avalanchas).

Formación geológica: Es una unidad litoestratigráfica formal que define cuerpos de rocas caracterizados por unas propiedades litológicas comunes (composición y estructura) que las diferencian de las adyacentes.

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.

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.

Movimientos en masa: Son procesos que incluyen todos aquellos movimientos ladera abajo, de una masa de rocas o suelos por efectos de la gravedad. En el territorio peruano, los tipos más frecuentes corresponden a caídas, deslizamientos, flujos, reptación de suelos, entre otros.

Peligro o amenaza geológica: Es un proceso o fenómeno geológico que podría ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.

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.

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 (ACT. 11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico (movimientos en masa) en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud del Gobierno Regional de Apurímac y de la Municipalidad Distrital Curpahuasi, según oficio N° 948-2022-GR-APURIMAC-GR, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos en el centro poblado de Curpahuasi, distrito de Curpahuasi, provincia Grau, departamento Apurímac, por encontrarse en peligro de “activación de deslizamiento”, con última actividad en el mes de octubre del 2022, que afectó 9 viviendas de los cuales 5 quedaron destruidas, también fueron afectadas las instituciones educativas inicial N°24 Curpahuasi y Primaria-Secundaria San Agustín.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó al ingeniero David Prudencio Mendoza y la magister Gael Araujo Huamán para realizar la evaluación de peligros geológicos. El trabajo de campo se realizó el 19 de abril del 2023 y se contó con la colaboración del representante de la Oficina de Defensa Civil del distrito.

La evaluación técnica se realizó en 03 etapas: etapa 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 (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 Curpahuasi, el Gobierno Regional de Apurímac 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 y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se presenta en el sector Ccuchipuquio y del cerro Calvario del centro poblado Curpahuasi.
- b) Determinar los factores condicionantes y detonantes que influyen en la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios y publicaciones del Ingemmet realizados a nivel local y regional en el distrito de Curpahuasi, se tienen:

- A) Según el informe técnico N°A6624 “Segundo reporte de zonas críticas por peligros geológicos y geo-hidrológicos en la región Apurímac” (Villacorta et al., 2013); a escala 1: 100 000, muestra un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa; donde el sector Ccuchipuquio presenta terrenos de media a baja susceptibilidad y el cerro Clavario presenta terrenos de susceptibilidad alta a media. Entendiéndose, susceptibilidad a movimientos en masa como la propensión que tiene una determinada área a ser afectada por un determinado proceso geológico (movimiento en masa), expresado en grados cualitativos y relativos.

Además, en el reporte de zona críticas, menciona que la localidad de Curpahuasi, exactamente al cerro Calvario como la zona crítica 25. (Cuadro1), donde presenta peligro alto por presencia de un deslizamiento rotacional, condicionado por la presencia del sustrato de mala calidad encontrándose muy meteorizado y muy fracturado con orientación desfavorable de las discontinuidades, **recomendando la reubicación de las viviendas cercanas a la zona del deslizamiento** y realizar estudios para diseñar los drenajes pluviales.

Cuadro 1. Zonas críticas 25. Localidad de Curpahuasi- Apurímac

Nº	DIST.	PARAJE	PELIGRO	CAUSAS	CARAC.	DAÑOS Y ZONAS AFECTADAS	MEDIDAS RECOMENDADAS
25	Curpahuasi	Cerro Calvario - Curpahuasi	Deslizamiento	substrato de mala calidad muy meteorizado, rocas muy fracturadas, orientación desfavorable a las discontinuidades.	Escarpa única circular con un desnivel entre la escarpa y pie de 250m, presenta agrietamientos longitudinales y transversales.	150 viviendas probablemente sean afectadas de reactivarse el deslizamiento.	Estudio al detalle para diseñar drenaje pluvial. Reubicar las viviendas cercanas a la zona del deslizamiento activo.

- B) En el Boletín N° 35, serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología de los cuadrángulos de Chalhuanca, Antabamba y Santo Tomas” hojas: 29-p, 29-q y 29-r (Pecho, V., 1981); y la “Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Antabamba (29-q)”, a escala 1: 50 000 (Valdivia W. et al., 2003); describe la geología e información relacionada a los cambios más resaltantes sobre la estratigrafía del sector. Además, señala de manera regional las unidades geomorfológicas donde se ubica el sector Ccuchipuquio y el cerro Calvario del centro poblado de Curpahuasi.

Aspectos generales

1.2.1. Ubicación

El sector Ccuchipuquio y el cerro Calvario, de la localidad Curpahuasi, se sitúan al noreste de la plaza principal del centro poblado de la localidad (capital de distrito).

Políticamente se encuentran dentro del distrito Curpahuasi, provincia Grau, departamento Apurímac. (Figura 1), cuyas coordenadas centrales UTM (WGS84 – Zona 18S) son (Tabla 1):

Tabla 1. Coordenadas del área de estudio

N°	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	751305	8444621	-14.057982°	-72.672887°
2	751857	8444621	-14.057933°	-72.667778°
3	751857	8443914	-14.064320°	-72.667713°
4	751305	8443914	-14.064369°	-72.672822°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA				
C	751674	8444045	-14.063153°	-72.669419°

Hydrográficamente en este sector discurren aguas por la quebrada Lloque, hasta llegar al río principal Chuquibambilla por la margen izquierda.

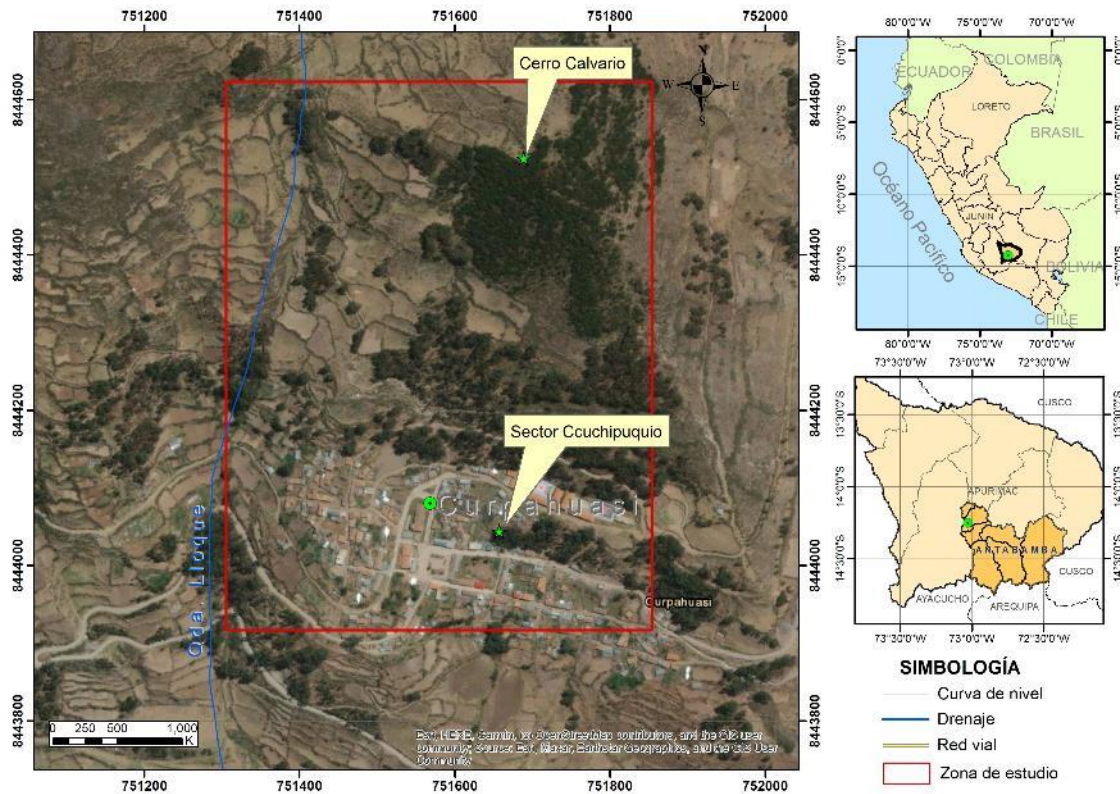


Figura 1. Ubicación del sector Ccuchipuquio y cerro Calvario del centro poblado de Curpahuasi.

1.2.2. Accesibilidad

Se accede a la zona de estudio por vía terrestre, desplazándose desde la ciudad del Cusco (Ingemmet - OD Cusco), mediante la siguiente ruta (cuadro 2):

Cuadro 2. Rutas y accesos a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Cusco – Abancay	Asfaltada	194	4 h 30 min

Abancay – Chuquibambilla	Asfaltada bicapa	117	2 h 47 min
Chuquibambilla – Curpahuasi	Afirmada	13	35 min

1.2.3. Clima

De acuerdo al mapa climático del SENAMHI (2020), y detallando la información local, se puede observar que, el sector Ccuchipuquio y cerro calvario del centro poblado de Curpahuasi presenta un clima Semiseco y frio con otoño e invierno secos.

Presenta una frecuencia de precipitación entre los meses de diciembre a marzo, cuyas lluvias acumuladas anuales son de 700 mm a 900 mm aproximadamente, además, en los meses de junio a setiembre presenta temperaturas máximas que oscilan entre 15°C a 19°C y mínimas entre -1°C a -3°C, con humedad atmosférica relativa de otoño e inviernos secos.

Esta clasificación climática es sustentada con información meteorológica recolectada de aproximadamente 20 años a partir de la cual se formulan “Índices Climáticos” de acuerdo a la clasificación climática por el método de Thornthwaite.

Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi, 2022), la estación meteorológica Curpahuasi ubicada en el centro poblado del mismo nombre, en el mes de octubre del 2022, registró 5.2 mm de precipitación mensual acumulada. Se puede ver que las lluvias acumuladas por infiltración pueden coincidir con la activación del evento (Figura 2 y 3).

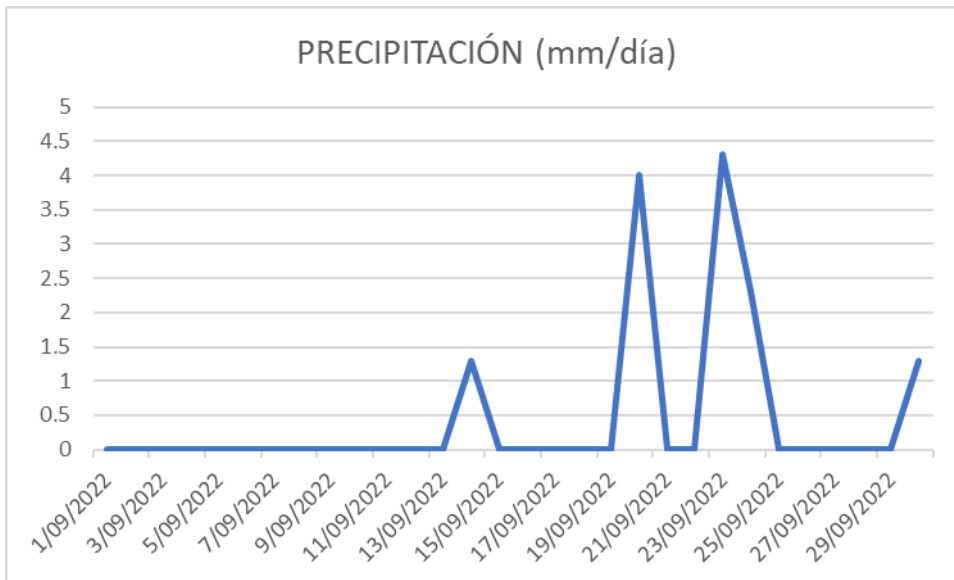


Figura 2. Registro de precipitaciones acumuladas diarias del mes de septiembre del año 2022 en la estación Curpahuasi.

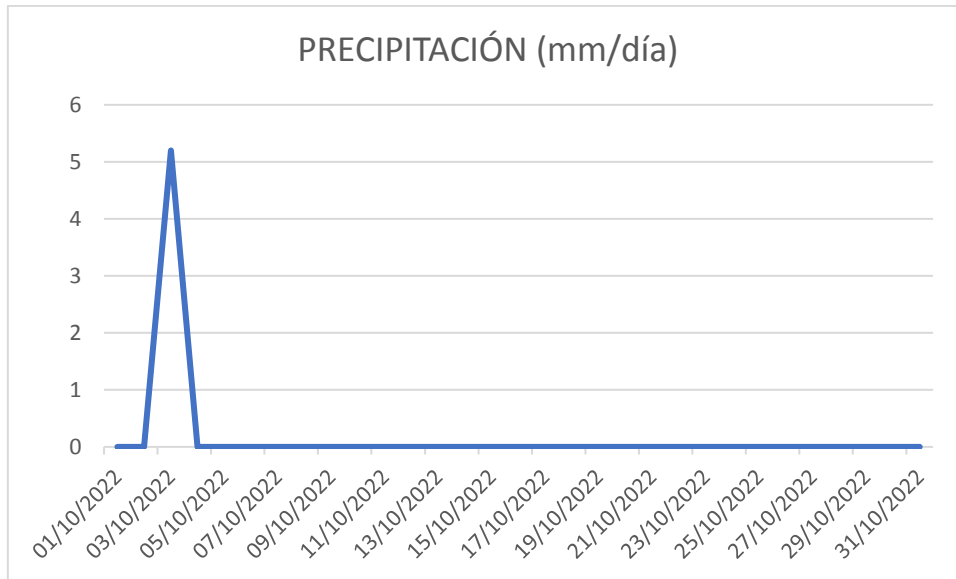


Figura 3. Registro de precipitaciones acumuladas diarias del mes de octubre del año 2022 en la estación Curpahuasi.

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico del área de estudio se elaboró teniendo como base a la Carta Geológica Nacional “Geología de los cuadrángulos de Chalhuanca, Antabamba y Santo Tomas” hojas: 29-p, 29-q y 29-r (Pecho, V., 1981); y la “Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Antabamba (29-q)”, a escala 1: 50 000 (Valdivia W. et al., 2003); donde se aprecian principalmente unidades litoestratigráficas de naturaleza sedimentaria, cubiertos por depósitos cuaternarios. La geología se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotografías aéreas y observaciones de campo.

2.1. Unidades litoestratigráficas

En la zona inspeccionada y alrededores afloran rocas sedimentarias de las formaciones Hualhuani y Arcurquina, además, localmente se identificó depósitos coluvio-deluviales acumulados desde el Pleistoceno hasta la actualidad (Anexo 1 - Mapa 1).

2.1.1. Formación Hualhuani

Esta formación circunda el centro poblado de Curpahuasi y el sector Ccuchipuquio, donde se encuentra la reactivación del deslizamiento, la litología está compuesta por areniscas cuarzosas grises de grano fino intercalada con niveles delgados de limoarcillitas negras carbonosas, las que se presentan muy fracturadas y moderadamente meteorizada, además se aprecia formando crestas alineadas en las cimas (Fotografía 1).



Fotografía 1: Areniscas grises de grano fino muy fracturadas.

2.1.2. Formación Arcurquina

Se puede apreciar hacia el norte del poblado de Curpahuasi, en la parte alta del cerro Calvario. Litológicamente está compuesta por estratos gruesos de calizas grises y negras con grosores de hasta 2 m. (Valdivia W. et al., 2003) (Fotografía 2)



Fotografía 2: Calizas grises en la parte alta del cerro Calvario.

2.1.3. Depósitos coluvio-deluvial

Depósitos poco compactos que se aprecian cubriendo las laderas del cerro Calvario y del sector Ccuchipuquio del poblado Curpahuasi, Originadas por depósitos de materiales coluviales con nuevos procesos de remoción pendiente abajo, accionado por las aguas infiltradas y de escorrentía, se constituye por fragmentos rocosos (gravas) en un 40%, con formas angulosas a sub angulosas y heterométricos de 5 cm de diámetro en promedio, envueltos en matriz areno limosa en un 60% (Fotografía 3) (Anexo 2 – descripción de formaciones superficiales 1).



Fotografía 3: Depósitos coluvio-deluviales compuesto por gravas envueltas en matriz areno limosa.

2.1.4. Intrusivos

Además, en coordenadas UTM WGS84, 751560 E; 8444194 S, se aprecia un dique intrusivo de composición granítica el cual se presenta muy fracturado y altamente meteorizado, este cuerpo es el causante que las rocas circundantes de lutitas y areniscas de la Formación Hualhuani se presenten muy fracturados y moderadamente meteorizados (Fotografía 4).



Fotografía 4: Dique intrusivo de composición granítica el cual se presenta muy fracturado y altamente meteorizado.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

3.1. Pendientes del terreno

La pendiente es un parámetro importante en la evaluación de peligros por movimientos en masa, actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa por la diferencia de alturas que presenta la zona de estudio.

Se presenta el mapa de pendientes (Anexo 1 - Mapa 2) y el de elevaciones (Anexo 1 - Mapa 3), que se realizó en abril 2023 mediante un levantamiento fotogramétrico por dron, obteniéndose un modelo digital del terreno con una resolución 15 cm por 8 cm por pixel para la ortofoto, información que fue corroborada con un análisis de imágenes satelitales y cartografía in situ.

La reactivación del deslizamiento en el sector Ccuchipuquio se da en la zona urbana, en donde presenta terrenos con pendiente entre moderada (5° - 15°) a fuertes (15° - 25°), además, las zonas circundantes al deslizamiento mayormente en las zonas altas de las laderas del cerro Calvario, presentan pendientes muy fuertes (25° - 45°).

3.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio, se realizó la complementación y actualización del mapa geomorfológico regional a escala 1:100 000 (Ingemmet, 2012). Asimismo, se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual, en base a aspectos del relieve en relación a la erosión, denudación y sedimentación, diferenciándose montañas y piedemonte (Anexo 1 - Mapa 3) (Figura 4).



Figura 4: Subunidades geomorfológicas de montaña en roca sedimentaria y vertiente coluvio deluvial sobre el centro poblado de Curpahuasi.

3.2.1. Unidad de montaña

Son geformas de carácter degradacional y erosional. Se consideran dentro de esta unidad elevaciones del terreno con alturas mayores a 300 m con respecto al nivel de base local, diferenciándose la siguiente subunidad según el tipo de roca que la conforma y procesos que han originado su forma actual.

Subunidad de montañas en roca sedimentaria (RM-rs): representado por un relieve modelado en afloramientos rocosos de las Formaciones Hualhuani y Arcurquina, conformada por secuencias sedimentarias.

Se aprecia circundando en toda la ladera del cerro Calvario, presentando laderas con pendientes de fuertes a muy fuerte.

3.2.2. Unidad de piedemonte

Son geformas de carácter depositacional y agradacional. Se consideran como formas de terrenos que constituyen la transición entre los relieves montañosos accidentados y las zonas planas, predominan los terrenos generados por fuerzas de desplazamiento como depósitos coluviales antiguos y recientes y depósitos de tipo glacial – fluvial.

Subunidad de vertiente coluvio-deluvial (V-cd): Están formadas por acumulaciones al pie de laderas o acantilados de valles, conformado por materiales de origen coluvial y deluvial, donde no es posible distinguirlo como unidades individuales, su litológica se compone de bloques heterométricos de naturaleza sedimentaria con matriz de arenas y limos, proviene de procesos de movimientos en masa de tipo deslizamiento, y sus materiales están siendo trasladados por acción de las aguas de escorrentía y gravedad.

En el sector ccuchipuquio, esta sub unidad se presenta en todo el centro poblado de Curpahuasi, además lo conforma el cuerpo del deslizamiento antiguo que está en proceso de reactivación, donde las pendientes son variables de moderadas (5°- 15°) a fuertes (15°- 25°).

Esta subunidad es de fácil remoción, que al no estar compactado sus materiales se han trasladado y depositados en la ladera.

4. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa, como reactivación de deslizamientos, reptación de suelos y erosión en surcos (PMA: GCA, 2007). Estos procesos son resultado del modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los cursos de agua en la Cordillera de los Andes, que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos.

Los movimientos en masa, tienen como causas o condicionantes factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de roca, el tipo de suelos, el drenaje superficial–subterráneo y la cobertura vegetal. Se tiene como “detonantes” de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona, así como la sismicidad.

A continuación, se describe estos procesos por sectores, teniendo así los siguientes en el sector Ccuchipuquio y Cerro Calvario:

4.1. Peligros geológicos del sector Ccuchipuquio

Se identificó una escarpa principal de deslizamiento que se generó desde octubre del 2022, según información del representante de la Municipalidad de Curpahuasi, como consecuencia del corte de talud para la construcción de una losa deportiva (Figura 5).



Figura 5: Escarpa principal del deslizamiento generado por un corte de talud para la construcción de una losa en la parte baja del sector Ccuchipuquio.

Este movimiento presenta un avance con escarpas retrogresivas, que impactaron a 9 viviendas de las cuales quedaron 5 destruidas y por consiguiente reubicados a sus habitantes, de igual forma las infraestructuras educativas de inicial, primaria y secundaria que se encuentran en la parte alta, presentan agrietamientos en sus estructuras (Figura 6).



Figura 6: Escarpa con avance retrogresivo con dirección a las instituciones educativas de Curpahuasi.

El cuerpo del deslizamiento, se encuentra saturado de agua proveniente de los desagües de viviendas y canales de evacuación de aguas de escorrentía, además, el nivel freático en este depósito llega casi a la superficie. Se presentan grietas con apertura de hasta 50 cm. Los moradores mencionan que dentro del cuerpo del deslizamiento se tiene nuevos afloramientos de agua. Este último factor es importante atacar para que mejore la estabilidad del terreno (Figura 7).



Figura 7: Se aprecia una grieta de 50 cm de apertura y el depósito con presencia de humedad.

Este deslizamiento presenta una escarpa principal con salto de 2 m (Figura 8) y una escarpa secundaria basculada con salto de hasta 1.5 m, el avance presenta una dirección noreste hacia las instituciones educativas ya mencionadas, sus dimensiones son:

- Longitud de la escarpa: 90 m
- Altura de la escarpa principal: 2 m
- Altura de la escarpa secundaria: 1.5 m
- Distancia de la cabeza al pie del deslizamiento: 70 m
- Forma de la superficie de rotura: semi circular
- Área del deslizamiento: 5 315 m²



Figura 8: Escarpa principal del deslizamiento con salto de 2 m.

4.2. Peligros geológicos del cerro Calvario

Se presenta como un deslizamiento antiguo, en el cual se aprecian la escarpa principal erosionada en la parte alta de cerro Calvario, el cual generó grietas y reptaciones en su cuerpo deslizado (Figura 9).



Figura 9: Parte alta del cerro Calvario, con presencia de una escarpa antigua y con proceso de reptación.

Se aprecia una escarpa principal con una longitud aproximada de 215 m, altura de 40 cm y apertura de 30 cm, el movimiento tiene una dirección N 250° que se proyecta hacia la parte del centro poblado (Figura 10).



Figura 10: Parte alta del cerro Calvario, se aprecia la escarpa antigua que fue erosionada.

En coordenadas UTM WGS84, 751569 E; 8444379 S, se aprecia un movimiento de reptación, generado por la infiltración de aguas en época de lluvias, además, mencionan los moradores que en este punto aparece un puquial en épocas de lluvias (Figura 11).



Figura 11: Sector donde se produce reptación de suelos.

En las coordenadas UTM WGS84, 751534 E; 8444061 S, contemporáneo con el escape antiguo y dentro del centro poblado, se aprecia el templo colonial con agrietamientos en las pistas circundantes y hundimientos. Según los moradores estas grietas hasta el día de la inspección no han presenten movimiento alguno (Figura 12).



Figura 12: Em el centro poblado se aprecian grietas y rajaduras antiguas que se deben controlar.

4.3. Factores condicionantes

Factor litológico-estructural

- Substrato rocoso compuesto por areniscas de grano fino y lutitas muy fracturados y moderadamente meteorizados, originando suelos inestables en las laderas.
- Los depósitos coluvio-deluviales, se encuentran poco consolidados y adosados a las laderas, conformados por suelos finos de limos y arenas en un 60% con inclusiones de fragmentos rocosos en un 40%, con formas angulosas y heterométricos con diámetros hasta de 5 cm, que cubren la ladera, los cuales son de fácil erosión y remoción ante precipitaciones intensas.

Factor geomorfológico

- La zona evaluada se encuentra circundada por montañas modeladas en rocas sedimentarias, cuyas laderas presentan terrenos con pendientes fuertes (15° - 25°) a muy fuertes (25° - 45°), ello permite la generación de movimientos en masa y generan material suelto fácilmente erosionable por acción de las aguas de escorrentía e infiltración.
- Subunidad de piedemonte coluvio-deluvial, modelado en depósitos recientes con pendientes moderadas (5°- 15°) a fuertes (15°- 25°) en promedio se aprecian pendientes de 17°, los que son sujeto a la remoción de cuerpos deslizados.

Factor hidrológico - hidrogeológico

- Acción de las aguas de escorrentía sobre las laderas y montañas que circunscriben el sector evaluado, se encuentra infiltrando y sobrecargando los taludes y los depósitos recientes.

Factor antrópico

- El factor más importante fue el corte del talud para la construcción de una cancha de futbol, sin tener en consideración el tipo de suelo y la presencia de aguas

infiltradas en el sector, el cual quito el soporte al talud dejando que los suelos nuevamente se reacomoden con un evento de deslizamiento.

4.4. Factores detonantes o desencadenantes

- Por la falta de drenajes y desagües en el sector Ccuchipuquio, se está generando infiltración de agua, más aún cuando se presentan lluvias intensas y/o prolongadas. Lo que genera saturación y sobrecarga de los taludes al punto de desestabilizarlos, además de generar erosión aumentando la infiltración, más aún cuando el talud es cortado sin ningún criterio técnico evidenciado por la falta de trabajos de estabilización en la zona evaluada.
- Los sismos pueden inducir o desencadenar derrumbes ya que generan energía en los taludes y sobre las rocas sueltas, más aún, cuando las pendientes del sector son muy fuertes.

5. CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica de la zona de estudio, así como a los trabajos de campo y la evaluación de peligros geológicos, emitimos las siguientes conclusiones:

- a) En el sector Ccuchipuquio, se tiene un deslizamiento rotacional, que posee una escarpa de 90 m de longitud, 2 m de salto, distancia de la corona al pie de 70 m y un área afectada de 5 315 m².
- b) El deslizamiento de Ccuchipuquio afectó a 4 viviendas y destruyó 5. Los locales de la institución educativas inicial N°24 Curpahuasi, institución secundaria y primaria San Agustín, presentan rajaduras en su infraestructura. De continuar el avance retrogresivo del deslizamiento, afectaría la vía de acceso a estas instituciones como también a las mismas instituciones.
- c) En el cerro Calvario, se presenta la escarpa erosionada de un deslizamiento antiguo con 215 m de longitud, 40 cm de altura y 30 cm de apertura. Cabe mencionar que este sector está considerado como Zona Crítica N°25 en el informe Técnico Nro. A6624, elaborado el 2013 por el INGEMMET.
- d) Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, el sector Ccuchipuquio del centro poblado Curpahuasi, se considerada de **peligro muy alto** a la ocurrencia de reactivaciones de este deslizamiento, los que pueden ser desencadenados en presencia de lluvias intensas y/o prolongadas o en eventos sísmicos.
- e) Los factores condicionantes del movimiento en masa son:
 - Presencia de substrato rocoso compuesto por areniscas y lutitas muy fracturadas y moderadamente meteorizadas.
 - Contar con depósitos coluvio- deluviales poco consolidados, adosados a las laderas de las quebradas, que fue donde se generó el deslizamiento.
 - Las laderas presentan mayormente pendientes muy fuertes (25° - 45°), lo que contribuye a la generación de deslizamientos, sumado al material suelto disponible en laderas, con pendientes moderadas (5° - 15°) a fuertes (15° - 25°).
 - El factor hidrológico por acción de las aguas que infiltran y sobrecargan los taludes dejándolos desestabilizados, además de la erosión de laderas.
 - Saturación del terreno, esto incrementa el peso de la masa inestable que se encuentra en la ladera.
 - El corte del talud para la construcción de una cancha de fútbol y construcciones de viviendas, sin tener en consideración el tipo de suelo y la presencia de aguas infiltradas en el sector.
- f) El factor desencadenante de los deslizamientos son las lluvias intensas y/o prolongadas que infiltran en los depósitos y desestabilizan el terreno.

6. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que a continuación se brindan tienen por finalidad mitigar el impacto de los peligros geológicos. Así mismo, la implementación de dichas medidas permitirá darle mayor seguridad a la población e infraestructura expuesta a los peligros antes mencionados.

Para el sector de Ccuchipuquio

- a) Declarar como zona no segura para asentamiento poblacional, por lo cual las viviendas que se encuentran dentro de su cuerpo deben pasar a un proceso de reubicación.
- b) Realizar zanjas de coronación y espina de pescado impermeabilizadas, por encima de la corona y dentro del deslizamiento, para evitar la infiltración y sobrecarga en el talud del deslizamiento. Con ello se busca minimizar la saturación del terreno.
- c) Drenar todos los puquiales ubicados dentro del cuerpo de los deslizamientos y trasladarlos por canales impermeabilizados hasta la quebrada Lloque. Con ello se busca que el agua de lluvia no se infiltre en el terreno.
- d) Construir drenaje en la vía de acceso a las instituciones educativas, para evitar la infiltración y sobrecarga de agua.
- e) Construir un sistema de drenaje de aguas servidas para las viviendas y las instituciones educativas en el sector Ccuchipuquio, para evitar la infiltración de este tipo de aguas que también saturan el cuerpo del deslizamiento.
- f) Forestar con plantaciones nativas el cuerpo del deslizamiento y áreas aledañas, con el fin de reducir las infiltraciones de aguas de escorrentía en épocas de lluvias, evitando así sobrecargas del talud.
- g) Implementar un banqueteo en la ladera inestable, con muro de contención y un drenaje que liberen el agua infiltrada en cada banqueteta (los drenajes pueden ser tubos cribados).

Para el cerro Calvario.

- a) Realizar zanjas de coronación y espina de pescado impermeabilizadas, por encima de la corona y dentro del deslizamiento respectivamente, para evitar la infiltración y sobrecarga del talud en el deslizamiento. Con ello se busca minimizar la saturación del terreno.
- b) Forestar con plantaciones nativas el cuerpo del deslizamiento y áreas aledañas con el fin de reducir las infiltraciones de aguas de escorrentía en épocas de lluvias evitando sobrecargas del talud.
- c) Realizar drenajes pluviales que sean necesarios en el cerro, para ello se debe realizar un estudio de detalle de las direcciones de los flujos.
- d) Realizar un estudio de Sondeo Eléctrico Vertical SEV para detectar el volumen del material movido y definir los contactos de las formaciones y los depósitos que se presentan en el cerro Calvario.

Para ambos lugares

- a) Implementar un Sistema de Alerta Temprana (SAT), con el fin de verificar la aparición de nuevas grietas y brindar en tiempo real información ante la ocurrencia de nuevos movimientos, para la evacuación de personas que se encuentren en el área de influencia del deslizamiento, de ser así las áreas con viviendas donde aparezcan las grietas incluido las instituciones educativas deberán pasar a un proceso de reubicación.
- b) Realizar charlas de sensibilización, para que los pobladores tomen conciencia del problema y estén preparados para eventos futuros, además para mejorar la calidad de sus suelos y no sean el factor que condicione los deslizamientos.
- c) Realizar la evaluación de riesgos (EVAR), que cuente con un mapeo geológico al detalle, que es la base de este documento.



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



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

7. BIBLIOGRAFÍA

Benavente, C; Delgado, F; Taípe, E.; Audin, L. & Pari, W.; (2013) – Neotectónica y peligros sísmicos en la región Cusco, INGEMMET. Boletín, serie C: Geología Ambiental y Riesgo Geológico, 55, 245 p., 1 Mapa.

Cruden, D.M. & Varnes, D.J. (1996) - Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportation researchs board Special Report 247, p. 36-75.

Galdos, J.; Carrasco, S. (2003) Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Santo Tomás (29-r). Escala 1:100 000. INGEMMET, 32 p.

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2013). Segundo reporte de zonas críticas por peligros geológicos y geo-hidrológicos en la región Apurímac. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A6624, 46p.

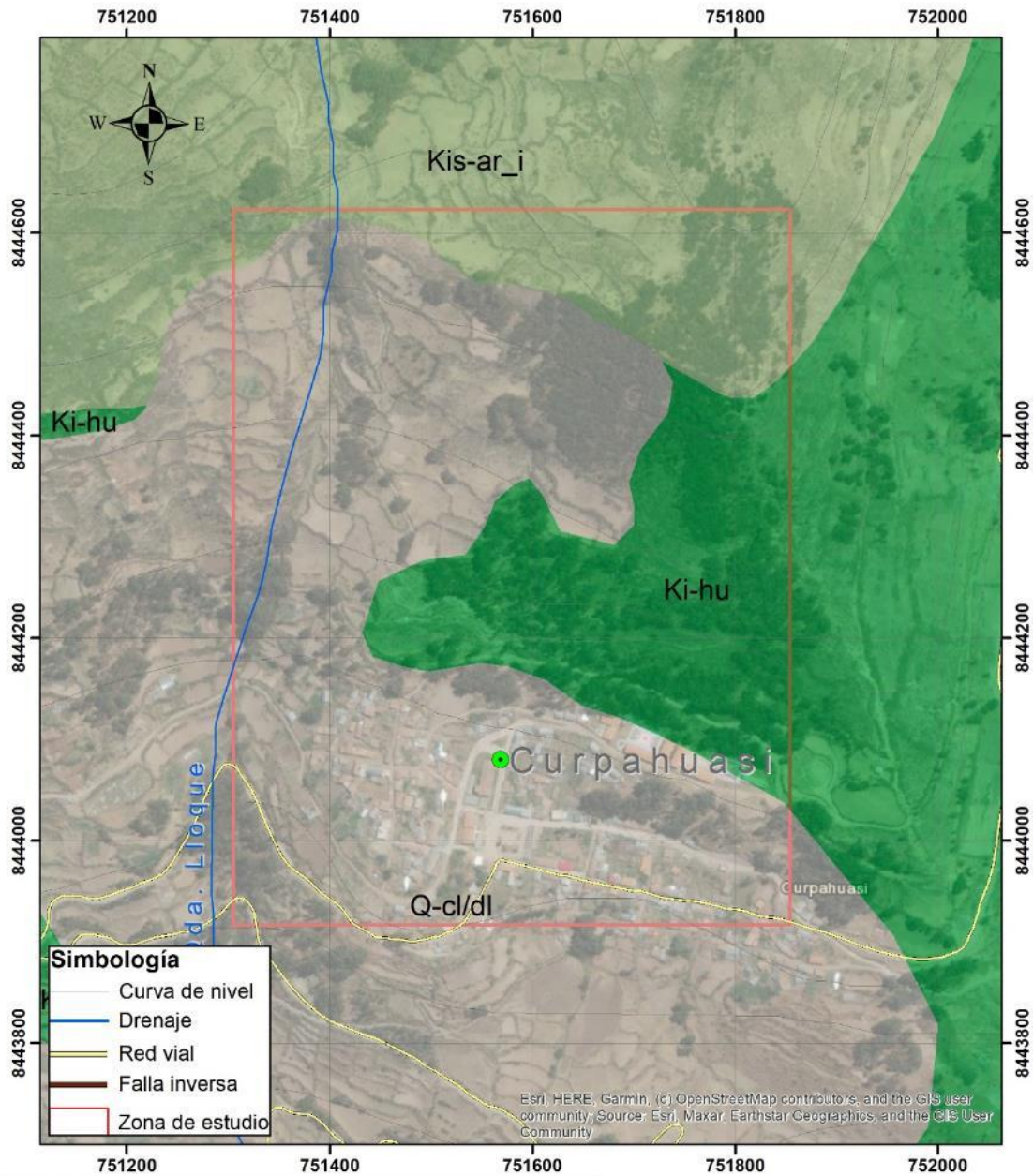
Pecho, V., (1981) – Geología de los cuadrángulos de Chalhuanca, Antabamba y Santo Tomas. hojas 29-p, 29-q, 29-r, INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 101 p.

Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) - Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 432 p., Publicación Geológica Multinacional, 4.

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

Villacorta, s. Valderrama, p. Vásquez, E. Y Madueño, M (2013). Segundo reporte de Zonas críticas por peligros geológicos y geo-hidrológicos en la región Apurímac. INGEMMET, 46 p.

ANEXO 1: MAPAS



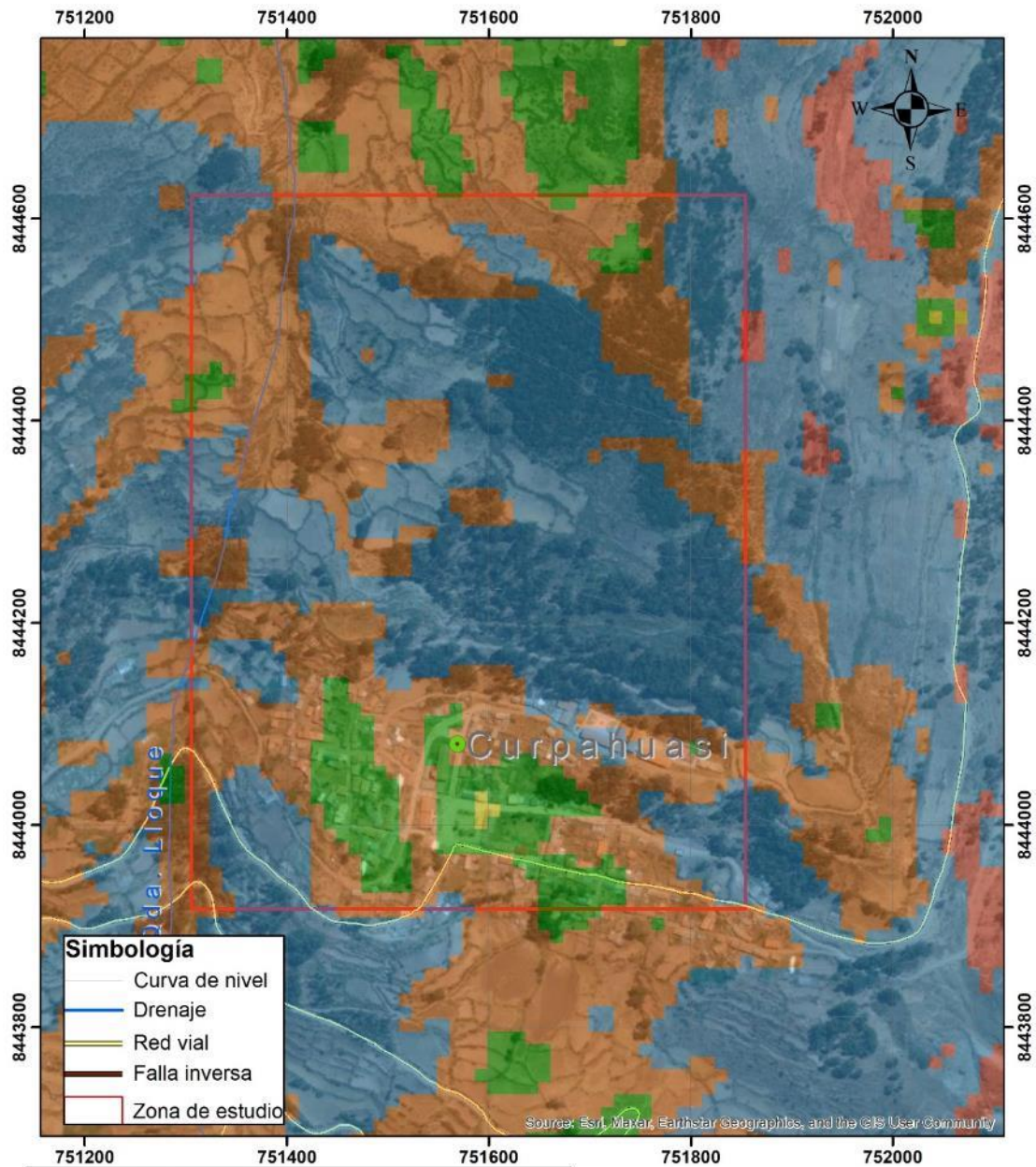
ERA TEM		SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS	
CENOZOICA	CUATERNARIO	Holoceno	Dep. coluvio -deluvial	Q-cl/dl	Bloques y gravas subangulosas con matriz areno limosa.
		Pleistoceno			
MESOZOICA	CRETÁCICO	SUPERIOR	Formación Arcurquina Inf.	Kis-ar_i	Secuencias de calizas grises masivas tipo mudstone estratificadas en bancos gruesos.
		INFERIOR	Formación Hualhuani	Ki-hu	Areniscas cuarzosas blancas de grano fino a medio, masivas y con laminacion oblicua de bajo angulo; intercaladas con limarcillitas negras carbonosas.
	JURÁSICO	MEDIO			



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

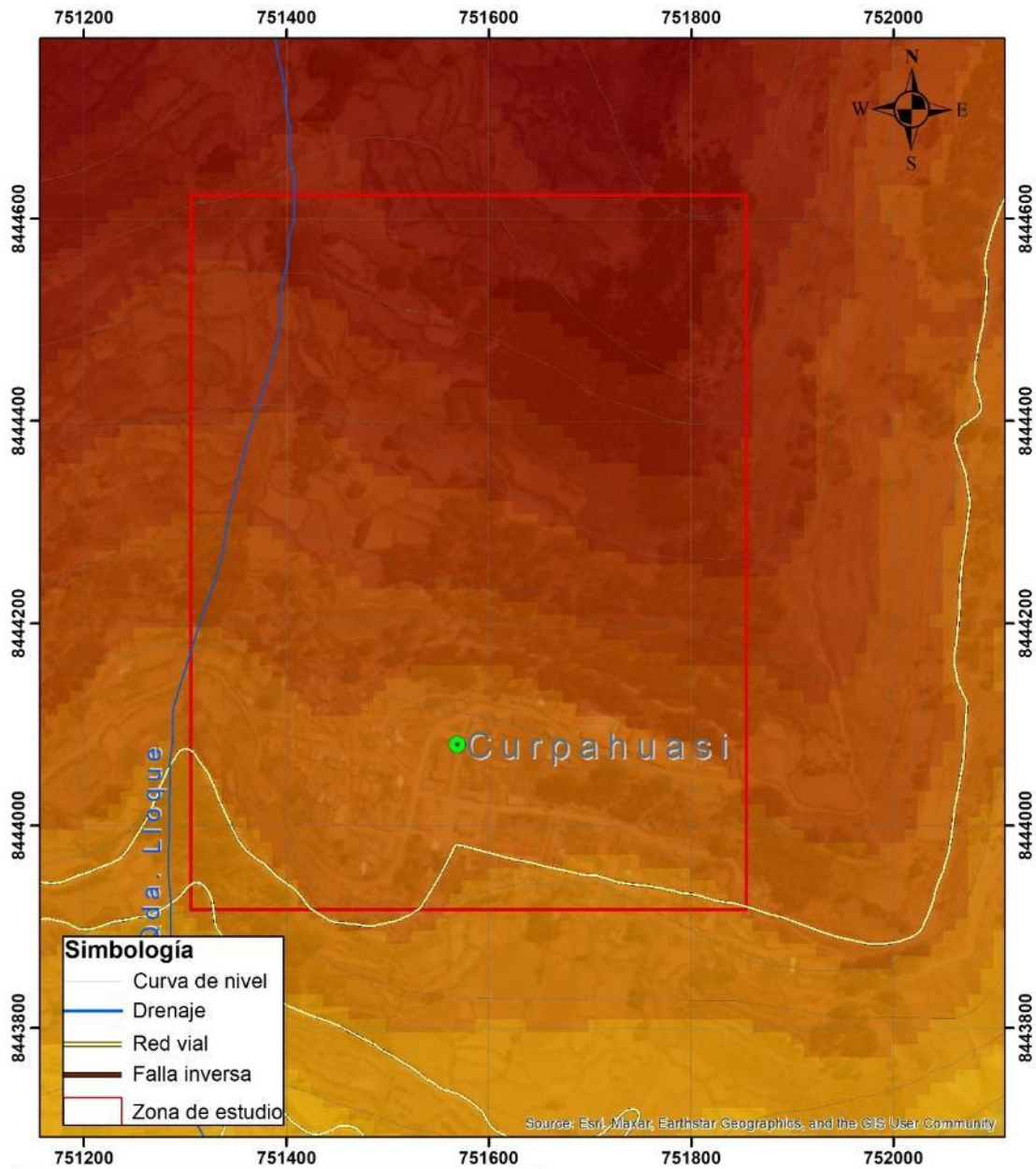
ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

Geología del sector Ccuchipuerto	Figura:
Escala 1:5 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18S Versión digital: año 2024 Impreso: Enero 2024	1



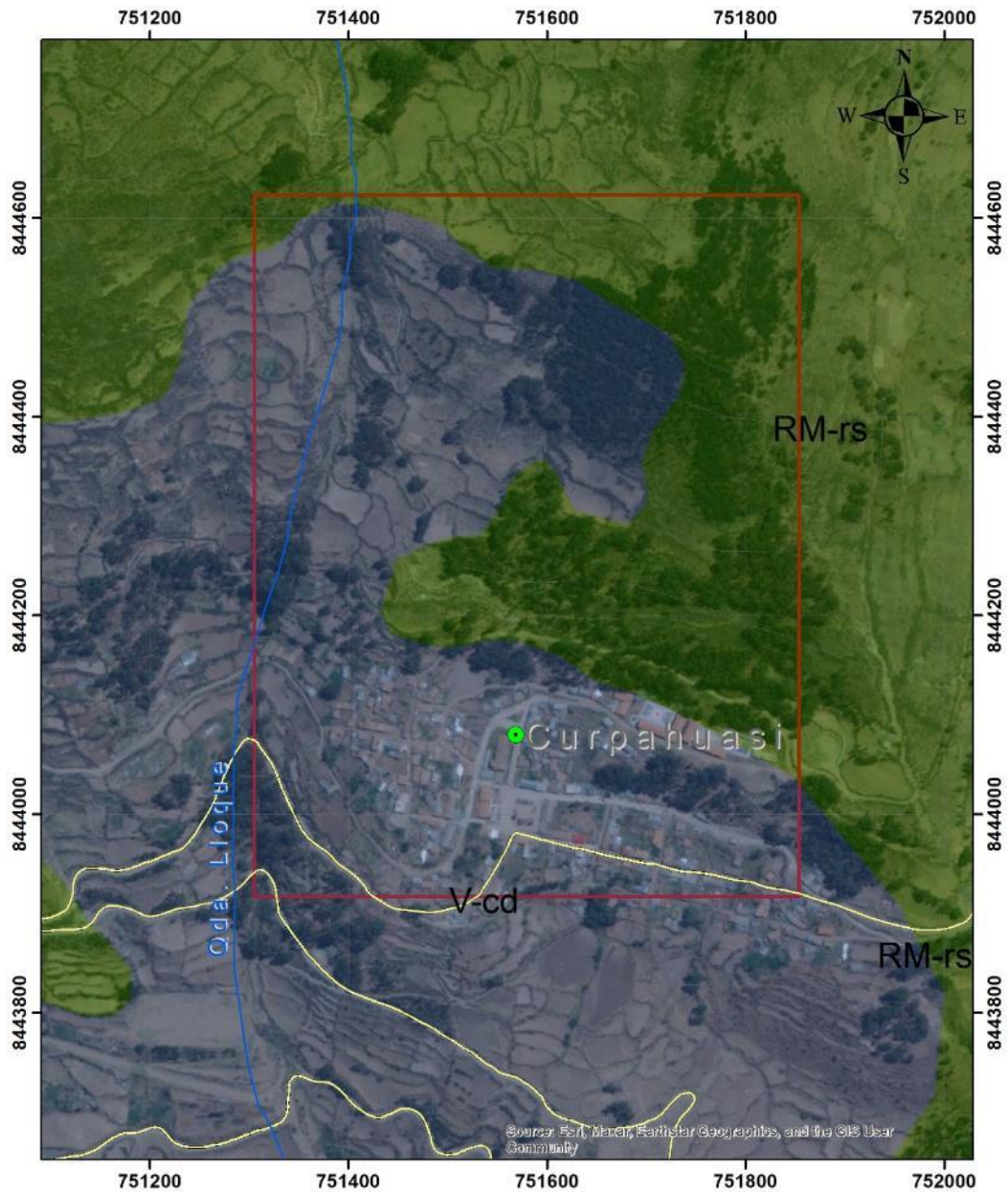
LEYENDA	
	(< 1°) Terreno llano
	(1° - 5°) Terreno inclinado con pendiente suave
	(5° - 15°) Pendiente moderada
	(15° - 25°) Pendiente fuerte
	(25° - 45°) Pendiente muy fuerte o escarpada
	(45° - 90°) Terreno muy escarpado

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO	
ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
Pendientes del sector Ccuchipuquio	Figura: 2
Escala 1:5 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18S Versión digital: año 2024 Impreso: Enero 2024	



LEYENDA	
3,250.000001 - 3,300	3,600.000001 - 3,650
3,300.000001 - 3,350	3,650.000001 - 3,700
3,350.000001 - 3,400	3,700.000001 - 3,750
3,400.000001 - 3,450	3,750.000001 - 3,800
3,450.000001 - 3,500	3,800.000001 - 3,850
3,500.000001 - 3,550	3,850.000001 - 3,900
3,550.000001 - 3,600	3,900.000001 - 3,950

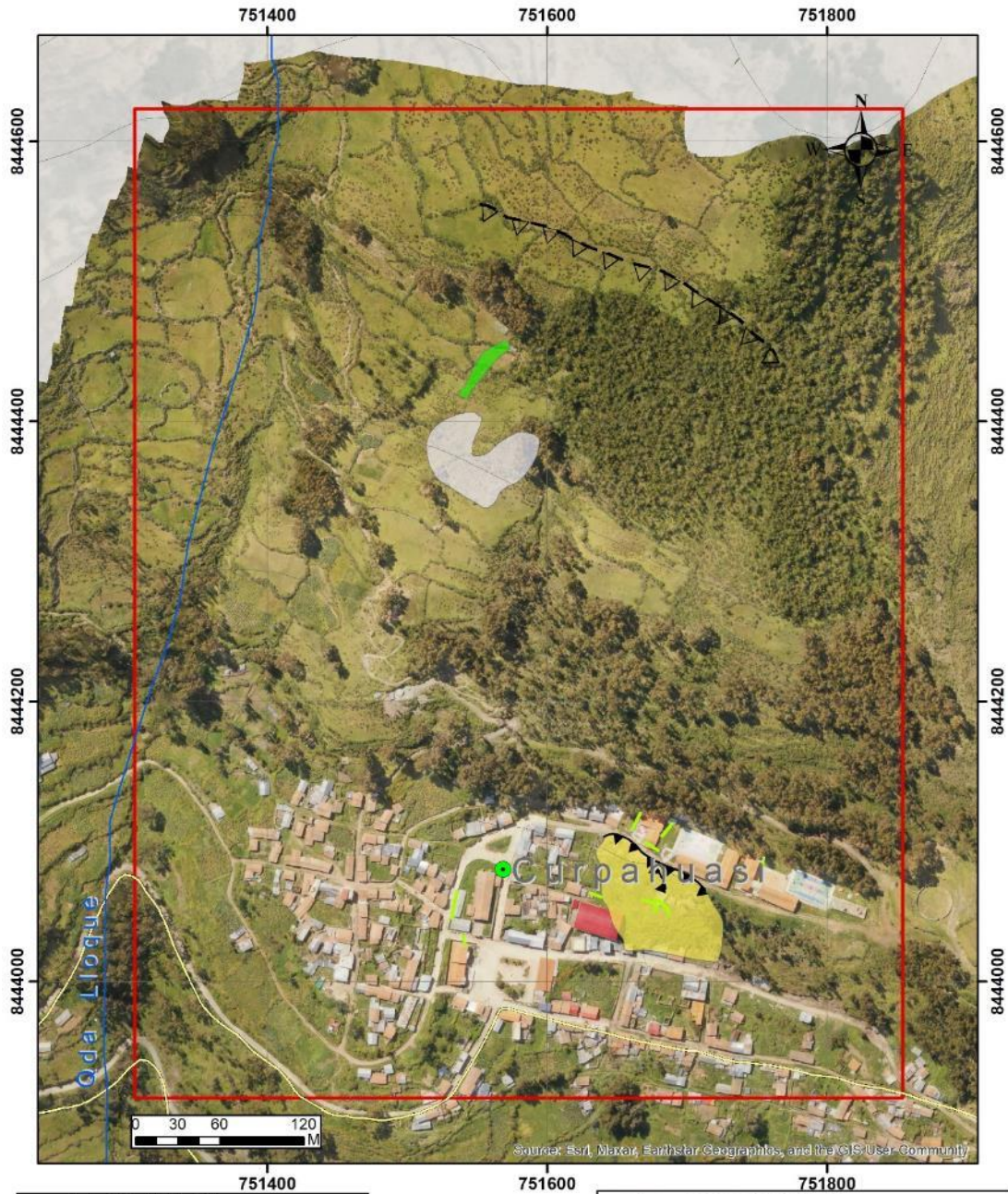
SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO	
ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
Mapa de elevación del terreno	Figura: 3
Escala 1:5 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18S Versión digital: año 2024 Impreso: Enero 2024	



Leyenda	
RM-rs	Montaña en roca sedimentaria
V-cd	Piedemonte coluvio-deluvial

Simbología	
	Curva de nivel
	Drenaje
	Red vial
	Zona de estudio

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO	
ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
Geomorfología del sector Ccuchipuquio	Figura: 4
Escala 1:5 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18S Versión digital: año 2024 Impreso: Enero 2024	



LEYENDA	
	Deslizamiento activo
	Reptación
	Erosión en surco
	Escarpa de desliz. activo
	Escarpa de desliz. antiguo
	Grieta tensional

Simbología	
	Curva de nivel
	Drenaje
	Red vial
	Zona de estudio

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO	
ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
Cartografía de Peligros Geológicos del sector Cuchipahu	Figura: 5
Escala 1:3 500 Datum UTM WGS 84 Zona 18S Versión digital: año 2024 Impreso: Enero 2024	

