

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7203

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR CACHICATA

Departamento Cusco
Provincia La Convención
Distrito Santa Ana



DICIEMBRE
2021

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR CACHICATA

(Distrito de Santa Ana, provincia de La Convención, departamento Cusco)

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

Equipo de investigación:

Guisela Choquenaira Garate

David Prudencio Mendoza

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2021). Evaluación de peligros geológicos por deslizamiento en el sector Cachicata. Distrito de Santa Ana, provincia de La Convención, departamento Cusco. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7203, 31 p.

ÍNDICE

RESUMEN	4
GLOSARIO	5
1. INTRODUCCIÓN	6
1.1. Objetivos del estudio	6
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	6
1.3. Aspectos generales	8
1.3.1. Ubicación	8
1.3.2. Accesibilidad	9
1.3.3. Clima e hidrografía	9
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS	10
2.1. Unidades litoestratigráficas	10
2.1.1. Grupo San José (Om-sj)	10
2.1.2. Formación Quillabamba (D-ca)	10
2.1.3. Depósito coluvial (Q-co)	10
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	12
3.1. Pendientes del terreno	12
3.2. Unidades geomorfológicas	12
3.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional	12
3.2.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional	12
4. PELIGROS GEOLÓGICOS	13
4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa	13
Deslizamiento de Cachicata	13
4.2. Factores condicionantes	18
4.3. Factores desencadenantes	18
5. CONCLUSIONES	19
6. RECOMENDACIONES	20
7. BIBLIOGRAFÍA	21
ANEXO 1: MAPAS	22
ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	26

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por deslizamiento, realizado en el sector Cachicata, perteneciente a la jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Santa Ana, provincia de La Convención, departamento de Cusco. 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, oportuna y accesible en geología, en los tres niveles de gobierno (local, regional y nacional).

El deslizamiento activo de Cachicata, con origen en la ladera sureste del cerro del mismo nombre, se produjo en pizarras negras grisáceas muy facturadas y moderada (III) a altamente (IV) meteorizadas de la Formación Quillabamba, cuya resistencia a la compresión simple varía de 25 a 50 Mpa. Este afloramiento se encuentra cubierto por escasos bloques de roca metamórfica (5%), gravas (35%), gravilla (20%) y arenas limosas de baja plasticidad (40%), muy húmedas debido a la filtración de agua (presencia de manantiales). Los bloques presentan diámetros de hasta 1.5 m, de formas esféricas, laminares y angulosos a subangulosos. Mientras que, las gravas varían de 0.2 cm a 0.7 cm de diámetro.

El contexto geomorfológico está conformado por una topografía accidentada, definida por relieves modelados en rocas metamórficas (geoformas de origen tectónico-degradacional), con inclinación natural que varían de 20° a 35°, consideradas como pendientes medias a escarpadas, este último permite que el material suelto disponible en las laderas se erosione y se remueva pendiente abajo, por efecto de la gravedad.

Se consideran como factores condicionantes que originan la reactivación del deslizamiento de Cachicata, al substrato rocoso muy fracturado, que permite mayor infiltración y retención de agua superficial en el terreno; la presencia de agua subterránea (manantiales) que saturan el terreno, cuya circulación del agua está ligado a las características estructurales del macizo rocoso (fracturas); además, la presencia de suelos inconsolidados (bloques, gravas, arenas y limos); dispuestos en laderas de pendientes escarpadas (35°) son de fácil erosión y remoción ante precipitaciones pluviales intensas y/o prolongadas.

En la actualidad, el deslizamiento de dirección noreste posee un área aproximada de 6.5 Ha, con escape de forma semicircular discontinuo, de 175 m de longitud. En la parte central presenta un ancho de 242 m y una distancia de 275 m entre la corona y pie del deslizamiento. Además, la presencia de agrietamientos y desplazamientos, con desniveles que varían de 2 a 3 m en la parte posterior a la zona de escarpe, nos refieren una actividad retrogresiva.

La reactivación del evento podría represar el cauce de la quebrada, cuyo desembalse afectaría directamente al sector Cachicata, localizado a 120 m aproximadamente del flanco izquierdo del deslizamiento. Asimismo, afectaría a las poblaciones asentadas cuesta abajo, puentes peatonales y terrenos de cultivo.

Por lo tanto, este sector, se considera como **zona crítica y de Peligro Alto** a la ocurrencia de deslizamientos que pueden ser reactivados en temporada de lluvias intensas, excepcionales y/o prolongadas.

Finalmente, de continuar el avance “retrogresivo” del deslizamiento, se recomienda reubicar las viviendas del sector Cachicata, ubicadas a 120 m de distancia del flanco izquierdo del deslizamiento, previo estudio de un EVAR. Así mismo, cambiar el trazo del canal de riego, ubicado a 47 m de la corona del deslizamiento.

GLOSARIO

En el presente Glosario se describe según los términos establecidos en el Proyecto Multinacional Andino - Movimientos en Masa GEMMA, del PMA: GCA:

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

CORONA (crown) 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.

DESLIZAMIENTO (slide) Son movimientos de masas de roca, residuos o tierra, hacia abajo de un talud” (Cruden, 1991), son uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan a los humanos, causando miles de muertes y daños en las propiedades, por valor de decenas de billones de dólares cada año (Brabb y Harrod, 1989). Los deslizamientos producen cambios en la morfología del terreno, diversos daños ambientales, daños en las obras de infraestructura, destrucción de viviendas, puentes, bloqueo de ríos, etc.

Los desplazamientos en masa se dividen en subtipos denominados deslizamientos rotacionales, deslizamientos traslacionales o planares y deslizamientos compuestos de rotación. Esta diferenciación es importante porque puede definir el sistema de análisis y el tipo de estabilización que se va a emplear (Suarez J., 2009).

ESCARPE (scarp) sin.: 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.

FRACTURA (crack) 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 (weathering) 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 (mass movement, landslide) sin.: Fenómeno de remoción en masa (Co, Ar), proceso de remoción en masa (Ar), remoción en masa (Ch), fenómeno de movimiento en masa, movimientos de ladera, movimientos de vertiente. Movimiento ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991).

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico 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 de la Municipalidad Provincial de La Convención, según Oficio N°305-2021-A-MPLC; en el marco de nuestras competencias se realizó una evaluación de los eventos tipo deslizamiento ocurrido el 2020, en la margen izquierda de la quebrada Honda, sector Cachicata.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Guisela Choquenaira Garate y David Prudencio Mendoza, para realizar la evaluación de peligros geológicos, el 15 de julio de 2021.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por Ingemmet, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS, fotografías terrestres, el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Provincial de La Convención y entidades encargadas en la gestión del riesgo de desastres, donde se proporcionan resultados de la evaluación y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo, como instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que afectan al sector Cachicata.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos por deslizamiento.
- 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 realizados a nivel local y regional en el sector Cachicata, se tienen:

- A) Boletín N° 74, serie C, geodinámica e ingeniería geológica: “Peligros Geológicos en la Región Cusco” (Vílchez et al., 2020). En la provincia de La Convención se identificaron 16 zona críticas, de los cuales 2 eventos de tipo flujo de detritos y erosión fluvial fueron identificados en los alrededores del área evaluada. El estudio también realiza un análisis de susceptibilidad a movimientos en masa presentado en un mapa a escala 1: 100 000, donde la quebrada Honda-sector Cachicata presenta muy alta susceptibilidad (figura 1). Entendiéndose, la susceptibilidad a movimientos en masa como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un

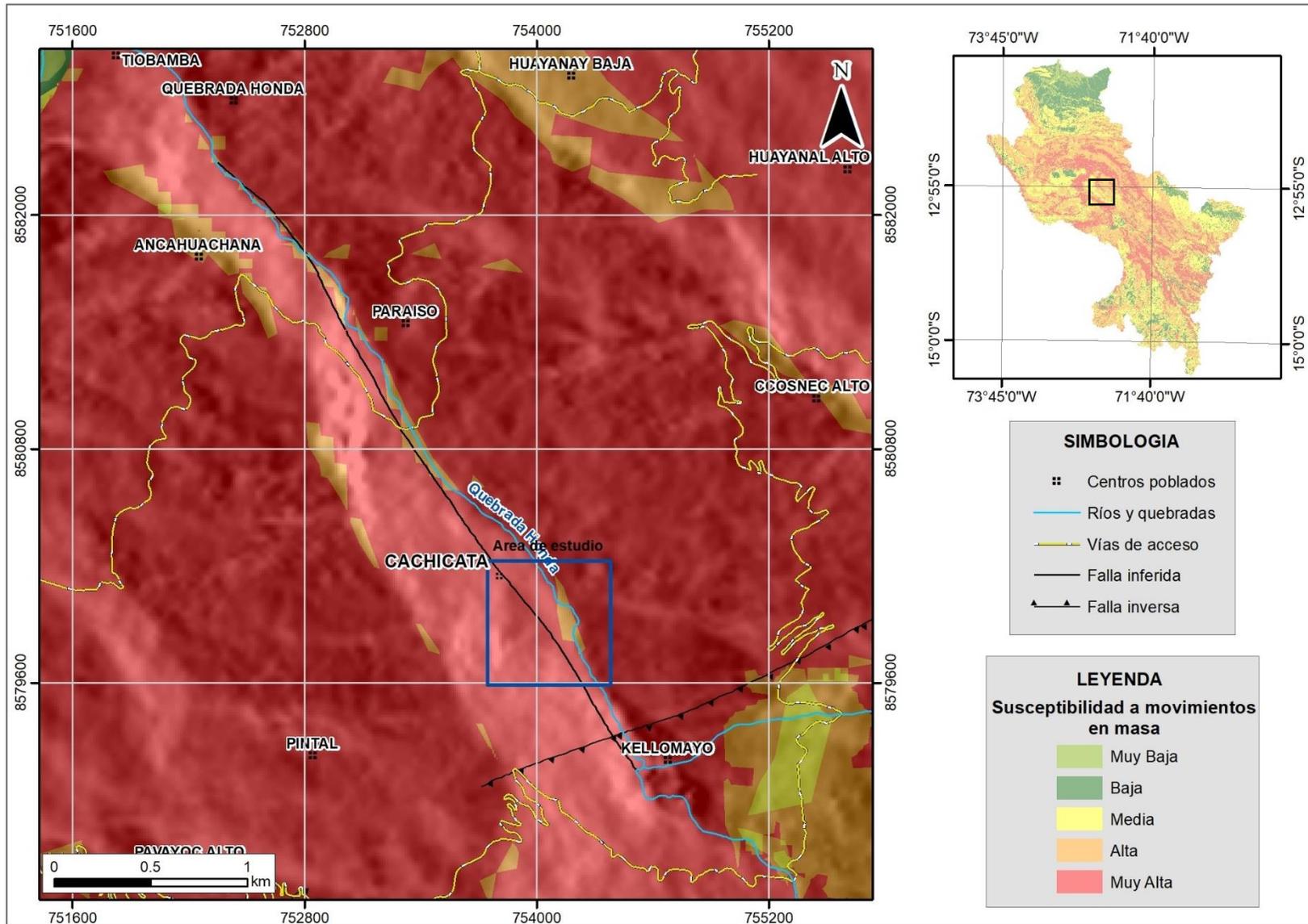


Figura 1. Rangos de susceptibilidad a movimientos en masa de la quebrada Honda – sector Cachicata. Fuente: Vílchez et al., 2020.

determinado proceso geológico (movimiento en masa), expresado en grados cualitativos y relativos.

- B) Estudio de Riesgos Geológicos del Perú, Franja N° 3 (Ingemmet, 2003) menciona que, en el área evaluada y alrededores se han inventariado 4 ocurrencias de peligros geológicos por deslizamiento. Además, muestra el mapa de peligros geológicos múltiples (estudio realizado a escala regional), donde parte del territorio de la provincia de La Convención, comprendido en el estudio, se encuentra dentro de las áreas denominadas como: peligro Muy Alto: En estas áreas se conjugan numerosos peligros geológicos; principalmente huacos, caídas, deslizamientos, movimientos complejos, inundaciones, erosión fluvial y en algunas áreas aluviones. Terrenos con fuerte a muy fuerte pendiente. Áreas propensas a sufrir eventos naturales severos, en las cuales debe evitarse actividades de desarrollo. De implementarse estas actividades, por el requerimiento de la población, deberán tener estudios geológicos-geotécnicos al detalle.
- C) En la “Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Quillabamba 26-q (Carlotto *et al.*, 1999); describe la geología a escala 1: 100 000, información relacionada a los cambios más resaltantes sobre estratigrafía de las formaciones Sandia, San José y Quillabamba, este último conformado por pizarras, esquisto, intercalados con bancos de cuarcita. Además, señala de manera regional las unidades geomorfológicas (montañas modeladas en rocas metamórficas) que circunscriben quebrada Honda-sector Cachicata.
- D) La base de datos geocientífica de peligros geológicos disponible en el Sistema de Información Geológico Catastral Minero (Geocatmin), registra un total de 221 ocurrencias de peligros geológicos y geohidrológicos en la provincia de La Convención. En el área evaluada u alrededores se tiene registro de 4 deslizamientos, mientras que, en la confluencia con el río Vilcanota se inventario derrumbes y flujo de detritos.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El sector Cachicata se ubica en la margen izquierda de la quebrada Honda, a 12.3 km al noreste de la ciudad de Quillabamba. Políticamente, pertenece al distrito de Santa Ana, provincia de La Convención, departamento Cusco. (figura 2), en las coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18 s) siguientes (cuadro 1):

Cuadro 1. Coordenadas del sector Cachicata - quebrada Honda

N°	UTM - WGS84 - Zona 18 L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	753605	8579751	-12. 83°	-72.66°
2	754957	8579865	-12.83	-72.65°
3	755480	8578702	-12.84°	-72.64°
4	754025	8578648	-12.84°	-72.65°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	754286	8579428	-12.83°	-72.65°

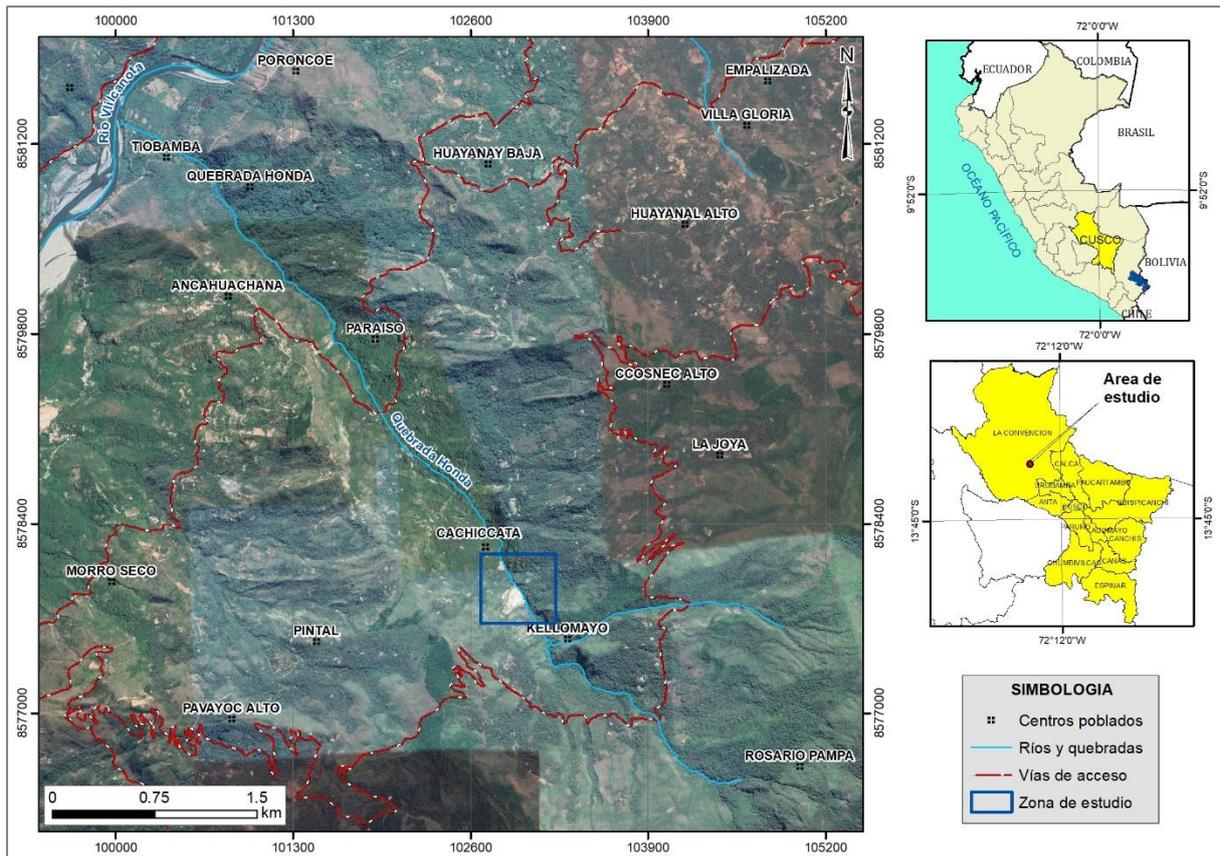


Figura 2. Ubicación del sector Cachicata – quebrada Honda, distrito de Santa Ana, provincia de La Convención, departamento Cusco.

1.3.2. Accesibilidad

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

Cuadro 2. Rutas y accesos al sector Cachicata – quebrada Honda

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Cusco - Quillabamba	Carretera asfaltada	203	4 h 30 minutos
Quillabamba – Cachicata	Trocha carrozable	12.3	35 minutos

1.3.3. Clima e hidrografía

De acuerdo a la clasificación climática de Koppen y Geiger, el distrito de Santa Ana se clasifica como Cfb (templado y cálido), con temperatura media anual de 15.6 °C y precipitación anual de 2227 mm.

Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI, 2021), en la estación meteorológica Quillabamba, entre diciembre a marzo se registraron lluvias intensas, siendo el mes de febrero, con mayor precipitación pluvial (191.2 mm acumulados), lo cual coadyuvó en la reactivación del deslizamiento de Cachicata.

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico en la zona evaluada se desarrolló en base a la Carta Geológica de Quillabamba – hoja 26-q, elaborado por Carlotto (1999) a escala 1:100 000; donde se presentan rocas metamórficas del Paleozoico (formaciones San José y Quillabamba) y depósitos Cuaternarios (depósito coluvial). éstos últimos a través de la cartografía y en base a la interpretación de imágenes satelitales, fotografías aéreas y observaciones de campo se completa en el mapa geológico, presentado en el mapa 2: Anexo 1.

2.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona evaluada y alrededores son de origen metamórfico correspondientes a las formaciones San José (Om-sj) y Quillabamba (D-ca), los cuales se encuentran muy fracturados y de moderada a altamente meteorizados. Estas unidades se encuentran cubiertos por depósitos coluviales (incluye depósito de deslizamiento).

2.1.1. Grupo San José (Om-sj)

Esta unidad aflora en la parte alta de la quebrada Honda, en contacto fallado con la Formación Quillabamba, está compuesto por pizarras, esquistos grises, verdes y negros con pirita diseminada y cristalizada, además de micaesquistos, cuarcitas y hornfels (Laubacher, 1977; De la Cruz & Carpio, 1996). En la margen derecha de la quebrada el afloramiento se encuentra muy fracturado y moderada a altamente meteorizada, generando suelo residual, compuesto por arenas y limos.

2.1.2. Formación Quillabamba (D-ca)

Aflora ampliamente en la parte media de la quebrada Honda. Hacia el norte de Cachicata entre los sectores de Ancahuachana y Paraíso. Asimismo, en la ladera noreste del cerro Cachicata, zona donde se produjo el deslizamiento, el sustrato rocoso está conformado principalmente por esquistos, pizarras grises y negras, intercalado con bancos de cuarcitas (fotografía 1), los cuales se encuentran muy fracturados, ello generó bloques sueltos de hasta 1.5 m. Además, se encuentra moderada a altamente meteorizada, generando suelos areno limoso, de fácil erosión ante lluvias intensas. La resistencia a la compresión simple varía de 25 a 50 Mpa.

2.1.3. Depósito coluvial (Q-co)

Se localiza al pie de la ladera noreste del cerro Cachicata, distribuidos de forma caótica y estructura masiva, constituyendo masas rocosas y/o suelos que han sufrido deslizamientos. Estos eventos se han originado debido a la influencia de las condiciones litológicas y estructurales de las rocas (pizarras negras grisáceas) muy fracturadas y moderada a altamente meteorizadas, coadyuvado por la topografía muy accidentada. Dentro de esta descripción se incluyen los depósitos de deslizamientos.

Están compuestos por escasos bloques de roca metamórfica (5%), gravas (35%), gravilla (20%) y arenas limosas de baja plasticidad (40%) color gris claro, muy húmedas debido a la filtración de agua (presencia de manantiales). Los bloques presentan diámetros de hasta 1.5

m, son de formas esféricas, laminares y angulosos a subangulosos. Mientras que, las gravas varían de 0.2 cm a 0.7 cm de diámetro (fotografía 2).



Fotografía 1. Esquistos muy fracturados y moderada a altamente meteorizados de la Formación Quillabamba. Con coordenadas UTM (WGS 84): 745418 E, 8579055 S a 1518 m s. n. m.



Fotografía 2. Depósito coluvial (incluye depósitos de deslizamiento), distribuidos al pie de la ladera noreste del cerro Cachicata.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

3.1. Pendientes del terreno

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

En el mapa de pendientes (anexo 1: mapa 2), elaborado en base a la información del modelo de elevación digital de 12.5 m de resolución (USGS), se presentan con mayor predominio laderas con pendientes moderadas (5° - 15°) a fuerte (15° - 25°), con un cambio abrupto a terrenos de pendiente escarpada ($> 45^{\circ}$).

El deslizamiento de Cachicata se produjo en ladera de pendiente muy fuerte que varían de 25° a 35° , lo que facilita el escurrimiento superficial del agua de precipitación pluvial y el arrastre del material suelto disponible en las laderas. Asimismo, el cauce de la quebrada Honda posee pendientes que varían de 5° a 15° .

3.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio (anexo 1: mapa 3), 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 (Vílchez *et al.*, 2020).

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 originados por la tectónica, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

3.2.1.1. Unidad de montañas

Tienen una altura de más de 300 m con respecto al nivel de base local; según el tipo de roca que las conforma y los procesos que han originado su forma actual, se diferencia las siguientes subunidades:

Subunidad de montañas en rocas metamórficos (RM-rm): Relieve modelado en afloramientos de las formaciones Quillabamba y San José, conformadas por esquistos y pizarras, intercalados con bancos de cuarcita. Las montañas que circunscriben al sector Cachicata por el lado suroeste, presentan pendientes muy fuertes (25° a 35°), con algunas cimas subredondeadas a agudas. En la parte alta son disectados por una red de drenaje dendrítica, resaltando principalmente la quebrada Honda (fotografía 2).

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:

3.2.2.1. Subunidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)

Corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa, antiguos y recientes, que pueden ser del tipo deslizamientos, avalancha de rocas y/o movimientos complejos. Un claro ejemplo de ello, se observó en la ladera sureste del cerro Cachicata, donde el deslizamiento producido en rocas metamórficas (pizarras), de corto a mediano recorrido, esta relacionados a las laderas superiores adyacentes. Su morfología es usualmente convexa y disposición elongada en relación a la zona de arranque o despegue del evento.

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa de tipo deslizamientos (Proyecto Multinacional Andino: GCA, 2007), como resultado del proceso de modelamiento, que modificaron la topografía de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de la quebrada Honda.

4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

La quebrada Honda, presenta una geodinámica relativamente activa, representada por deslizamientos antiguos y reactivados, como lo acontecido en diciembre del 2019, donde la ladera sureste del cerro Cachicata se activó en deslizamiento tipo traslacional. Además, la zona es considerada de muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa (Vílchez, 2015) (anexo 3: mapa 4).

Deslizamiento de Cachicata

Este evento, con origen en la ladera sureste del cerro del mismo nombre, es producto de la reactivación de antiguos procesos por movimientos en masa, conformado por pizarras negras y grises muy facturadas y moderada a altamente meteorizadas de la Formación Quillabamba, coberturado por arena limosa, con escasos bloques angulosos a subangulosos de hasta 1.5 m.

Según manifiestan los pobladores, el deslizamiento se originó en diciembre del 2019, el cual se encontraba en proceso de formación, involucrando un área aproximada de 2.6 Ha, un escarpe de 60 m y un ancho de 140 m (Ninaja, 2020).

Actualmente, el deslizamiento de dirección noreste posee un área de 6.5 Ha, con escarpe de forma semicircular discontinuo, de 175 m de longitud. En la parte central presenta un ancho de 242 m y una distancia de 275 m entre la cabecera y pie del deslizamiento (figura 3). Además, en la parte central de la corona, se evidenció un salto aproximado que varía de 5 a 10 m (fotografía 3), mientras que, en el flanco izquierdo se registró 3 m de desplazamiento.

La presencia de agrietamientos y desplazamientos, con desniveles que varían de 2 a 3 m en la parte posterior a la zona de escarpe, nos refieren una actividad retrogresiva del deslizamiento. En un intervalo de dos años, afectó un tramo de 58 m del camino de herradura y hectáreas de terrenos de cultivo.

En el cuerpo del deslizamiento, con inclinación de 35°, se formó dos conos de detritos, compuesto por suelo granular, el cual se desplazó sobre el cauce de la quebrada Honda, aproximadamente en 100 m, sin generar represamiento alguno (figura 4). Este material detrítico, permite que el agua continúe fluyendo cuesta abajo, coadyuvado por el gradiente hidráulico de 5° de la quebrada.

En la parte alta del deslizamiento se observó surgencias de agua (manantiales, 754141 E, 8579462 N a 1776 m s.n.m.), los cuales se canalizaron hacia el flanco izquierdo, en dirección norte, hasta la confluencia con la quebrada Honda. Este canal presenta 1.3 m de ancho y 1.50 m de profundidad.

El canal de riego sin revestimiento, ubicado a 47 m de distancia de la corona principal, el cual estaría contribuyendo en la reactivación del deslizamiento. De continuar su avance retrogresivo afectaría el canal referido.

Cabe mencionar que, el deslizamiento continúa en actividad, muestra de ello es la polvareda que genera el material al caer desde la parte alta al cauce de la quebrada Honda. De continuar el evento podría represar el cauce de la quebrada, cuyo desembalse afectaría directamente al sector Cachicata, localizado a 120 m aproximadamente del flanco izquierdo del deslizamiento. Asimismo, afectaría a las poblaciones asentadas cuesta abajo, puentes peatonales y terrenos de cultivo.

Características visuales del evento

El deslizamiento activo (D-1) del sector Cachicata presenta las siguientes características y dimensiones:

- Longitud promedio de la corona o cabecera del deslizamiento reactivado: 175 m.
- Forma de la superficie de rotura: discontinuo – semicircular.
- Diferencia de altura aproximada de la corona a la base del deslizamiento: 275 m.
- Área del deslizamiento antiguo: 6.5 Ha.
- Presencia de hasta dos familias principales de fracturas visibles, en dirección: NE y SW.

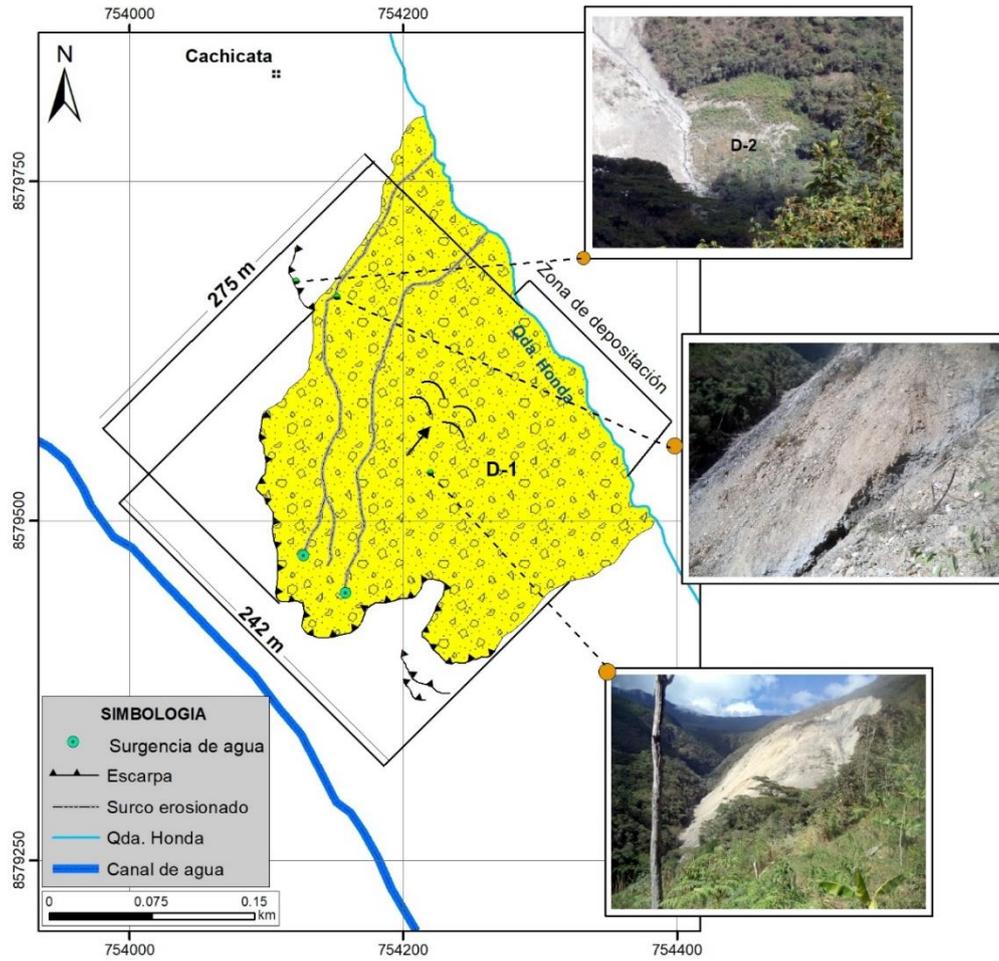


Figura 3. Cartografía del deslizamiento de Cachicata – quebrada Honda.



Fotografía 3. Deslizamiento de Cachicata (D-1), con escape de forma semicircular discontinuo y 175 m de longitud.



Figura 4. Vista de la ladera con 35° de pendiente, cuyo material proveniente de dos conos de detritos, se depositó superficialmente sobre el cauce de la quebrada Honda, aproximadamente, en 100 m.

En el extremo norte, adyacente al deslizamiento D-1 de Cachicata, se formó otro evento de menor magnitud (D-2) sobre depósitos de deslizamientos antiguos, compuesto por gravas angulosas, de 0.30 cm en promedio, arenas y limos.

Presenta una escarpa de forma semicircular discontinua y 76 m de longitud. Además, posee desplazamiento de 4.5 m en la parte central de la corona (figura 5). Ello afectó terrenos de Cacao y platanales.

Aguas abajo del deslizamiento el cauce de la quebrada Honda, posee 1 m de ancho y 1.5 m de profundidad, con material que obstruye con paso natural del flujo de agua (fotografía 4).

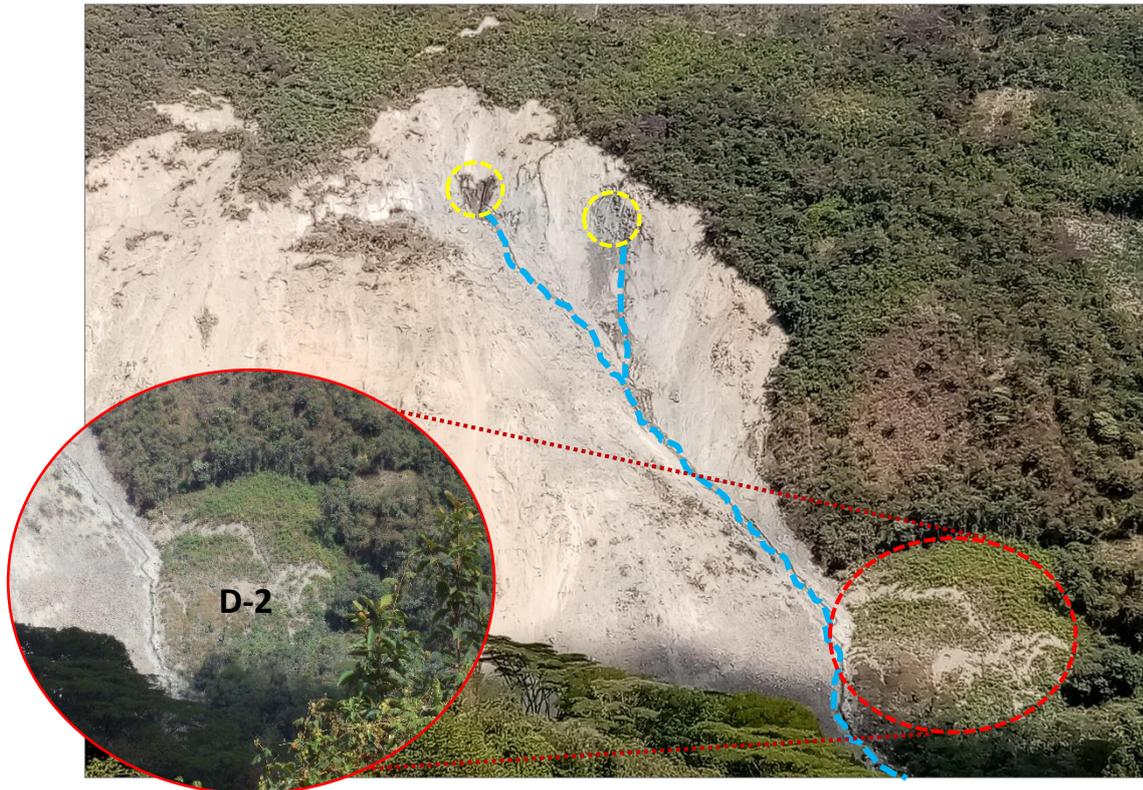


Figura 5. A, B) Evento activo (D-2), adyacente al deslizamiento de Cachicata (D-1). En líneas círculos rojos se muestra las zonas de surgencia de agua (manantiales). Con coordenadas UTM (WGS 84): 754129 E, 8579680 N a 1640 m s.n.m.



Fotografía 4. Vista del cauce de la quebrada Honda, aguas abajo del deslizamiento.

4.2. Factores condicionantes

Factor litológico-estructural

- Substrato rocoso, conformado por pizarras negras y grises muy fracturados y moderada (III) a altamente (IV) meteorizadas de la Formación Quillabamba, cuya compresión simple varía de 25 a 50 Mpa. Este afloramiento se encuentra coberturado por depósitos coluviales (bloques, gravas, gravilla, arenas y limos), los cuales permiten mayor infiltración y retención de agua de lluvia en el terreno, originando inestabilidad en la ladera. Además, son de fácil erosión y remoción ante intensas y prolongadas precipitaciones pluviales.

Factor geomorfológico

- Morfología accidentada de la ladera sureste del cerro Cachicata, cuyas pendientes escarpadas (35°) facilitaron la ocurrencia del deslizamiento traslacional el año 2019.

Factor hidrológico - hidrogeológico

- Presencia y acción de las aguas de escorrentía sobre las laderas que circunscriben la quebrada Honda, especialmente, sobre la ladera sureste, donde se desarrolló el deslizamiento de Cachicata.
- Presencia de agua subterránea, localizando 2 puntos de surgencias, en la parte superior del deslizamiento de Cachicata (754141 E, 8579462 N a 1776 m s.n.m) con nivel freático elevado los cuales saturaron el terreno.

*La circulación del agua está ligado a las características estructurales del macizo rocoso (fracturas) y la gran cobertura de depósitos superficiales que los cubren.

4.3. Factores desencadenantes

- La reactivación del deslizamiento de Cachicata se atribuye a las lluvias intensas registradas en la provincia de La Convención. Según SENAMHI (2021), en la estación meteorológica Quillabamba, entre diciembre a marzo se registraron lluvias intensas, siendo el mes de febrero, con mayor precipitación pluvial (191.2 mm acumulados).

5. CONCLUSIONES

1. El deslizamiento de Cachicata, con origen en la ladera noreste del cerro del mismo nombre, es producto de la reactivación de antiguos procesos por movimientos en masa. Se desarrolló sobre pizarras negras y grises muy facturadas y moderada (III) a altamente (IV) meteorizadas de la Formación Quillabamba, cuya compresión simple varía de 25 a 50 Mpa. Estos afloramientos se encuentran coberturados por bloques de roca metamórfica de hasta 1.5 m (5%), gravas que varían 0.2 cm a 0.7 cm de diámetro (35%), gravilla (20%) y arenas limosas de baja plasticidad (40%).
2. Actualmente, el deslizamiento posee un área aproximada de 6.5 Ha, con escape de forma semicircular discontinuo, de 175 m de longitud. En la parte central presenta un ancho de 242 m y una distancia de 275 m entre la corona y pie del deslizamiento.
3. El deslizamiento continúa en actividad, muestra de ello es la polvareda que generan los materiales al caer desde la corona al cauce de la quebrada Honda. De continuar el evento podría represar el cauce de la quebrada, cuyo desembalse afectaría directamente al sector Cachicata, localizado a 120 m aproximadamente del flanco izquierdo del deslizamiento. Asimismo, afectaría a las poblaciones asentadas cuesta abajo, puentes peatonales y terrenos de cultivo.
4. El material del deslizamiento, compuesto por suelo granular, se desplazó sobre el cauce de la quebrada Honda, aproximadamente en 100 m, sin generar represamiento alguno. Este material detrítico, permite que el agua continúe fluyendo cuesta abajo, coadyuvado por el gradiente hidráulico de 5° de la quebrada.
5. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, el sector Cachicata es considerada como **zona crítica y de peligro Alto** a la ocurrencia de deslizamientos
6. Los peligros de deslizamientos y derrumbes ocurridos en la zona, están condicionados por los siguientes factores:
 - Substrato rocoso, conformado por pizarras negras y grises, muy fracturadas y moderada (III) a altamente (IV) meteorizadas de la Formación Quillabamba.
 - Suelos inconsolidados (bloques, gravas, gravillas, arenas y limos), de fácil erosión y remoción ante intensas y prolongadas precipitaciones pluviales.
 - Morfología de laderas con pendientes escarpadas (35°), lo que permitió que el material suelto disponible en el cuerpo del deslizamiento se erosione y se remueva fácilmente pendiente abajo, por efecto de la gravedad.
 - Presencia y acción de las aguas de escorrentía sobre las laderas que circunscriben la quebrada Honda, especialmente, sobre la ladera sureste, donde se desarrolló el deslizamiento de Cachicata.
 - Presencia de agua subterránea, localizando 2 puntos de surgencias, en el cuerpo del deslizamiento, con nivel freático elevado los cuales saturan el terreno.
7. Los factores desencadenantes para la ocurrencia de deslizamientos son las lluvias intensas ocurridas en la provincia de La Convención.

6. RECOMENDACIONES

NO ESTRUCTURALES

1. De continuar el avance del deslizamiento, se recomienda reubicar las viviendas del sector Cachicata, ubicadas a 120 m de distancia del flanco izquierdo del deslizamiento, previa elaboración de un EVAR.
2. Restringir la construcción de viviendas en áreas consideradas como zona de peligro Alto. Controlar y supervisar el paso peatonal y el uso de suelo como área agrícola u otra actividad en los alrededores del deslizamiento.
3. Hacer partícipe a la población de la comunidad en el monitoreo visual y constante del avance retrogresivo de los deslizamientos. Asimismo, ante un represamiento por la reactivación del deslizamiento
4. Forestar las laderas desprovistas de vegetación del cerro Cachicata.
5. Realizar limpieza periódica del cauce de la quebrada Honda, especialmente en el tramo que comprende el deslizamiento.
6. A las autoridades locales se recomienda, realizar trabajos de sensibilización con los pobladores de la zona en temas de peligros geológicos y gestión del riesgo de desastres, con el fin de que estén preparados y sepan cómo actuar ante la ocurrencia de nuevos eventos que pueden afectar su seguridad física.

ESTRUCTURALES

7. Realizar el trazo de un nuevo canal de riego revestido (753985 E, 8579331N), por encima del canal actual, debido a que este, se encuentra a 47 m de distancia de la corona del deslizamiento retrogresivo (avance del deslizamiento en dirección al canal actual).
8. Implementar zanjas de coronación por encima de la corona del deslizamiento (D-1) de Cachicata, con el propósito de captar las aguas de escorrentía que se formen en la ladera superior del deslizamiento, derivándolas hacia quebradas próximas por medio de canales revestidos. Estas medidas deben ser diseñadas por un especialista.



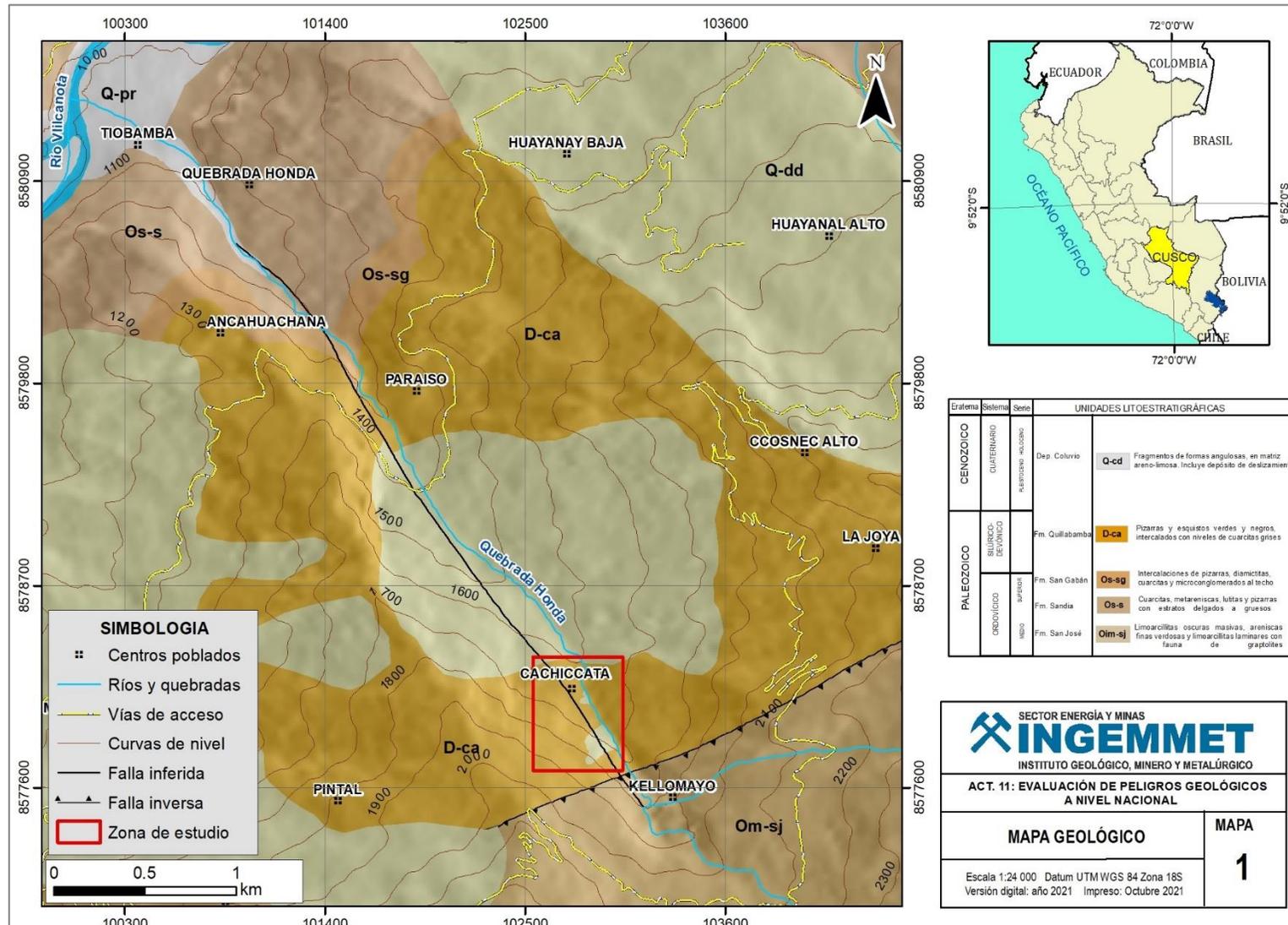
Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL
Director
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET


Ing. Guisela Choquenaira Garate

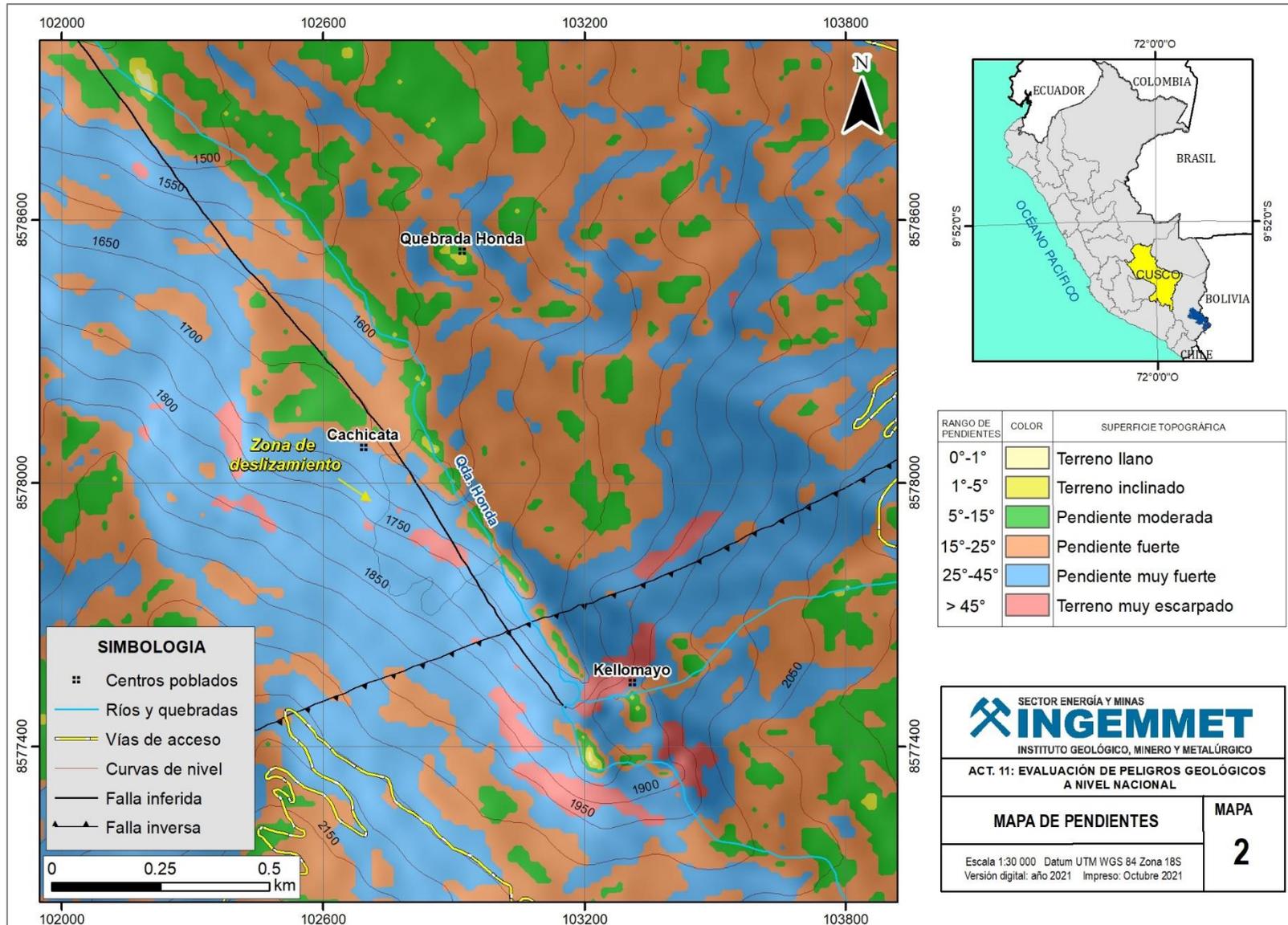
7. BIBLIOGRAFÍA

- Carlotto, V., Cárdenas, J. y Carlier, G. (1999) - Geología del Cuadrángulos de Quillabamba – hoja 26q y Machupicchu – hoja 27q - 1:100 000 INGEMMET, Boletín, Serie A: 127, 334p.
- 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, Transportati3n researchs board Special Report 247, p. 36-75.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2003) - Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja N° 3. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 28, 373 p.
- Köppen, W. (2010). Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahresablauf (Clasificación de climas según temperatura, precipitación y ciclo estacional.). Petermanns Geogr. Mitt., 64, 193-203, 243-248
- 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.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2021) – SENAMHI..
<https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>
- Vilchez, M. & Sosa, N. (2013) – Peligros geológicos en el ámbito de la Mancomunidad Municipal Amazónica. Informe técnico N° A6635. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. Ingemmet, 85 p.
<https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/1500#files>
- Vilchez, M. & Sosa, N. (2015) – Zonas críticas por peligros geológicos en la región Cusco. Informe técnico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. Ingemmet, 100 p.
<https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2026>
- Vilchez, M.; Sosa, N.; Pari, W. & Peña, F. (2020) - Peligro geológico en la región Cusco. Ingemmet. Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 74, 155 p.
<https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2564>
- Villota, H. (2005) - Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.

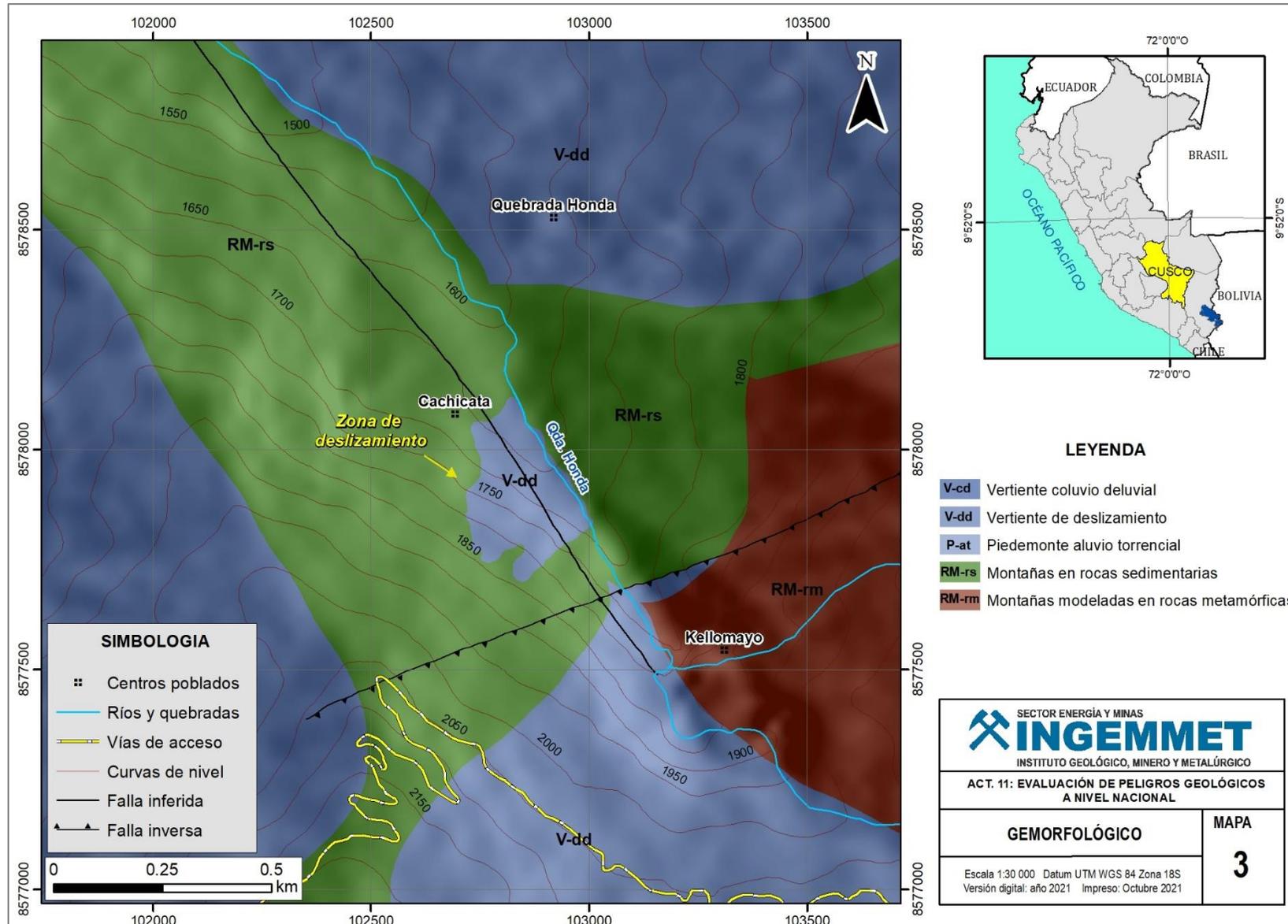
ANEXO 1: MAPAS



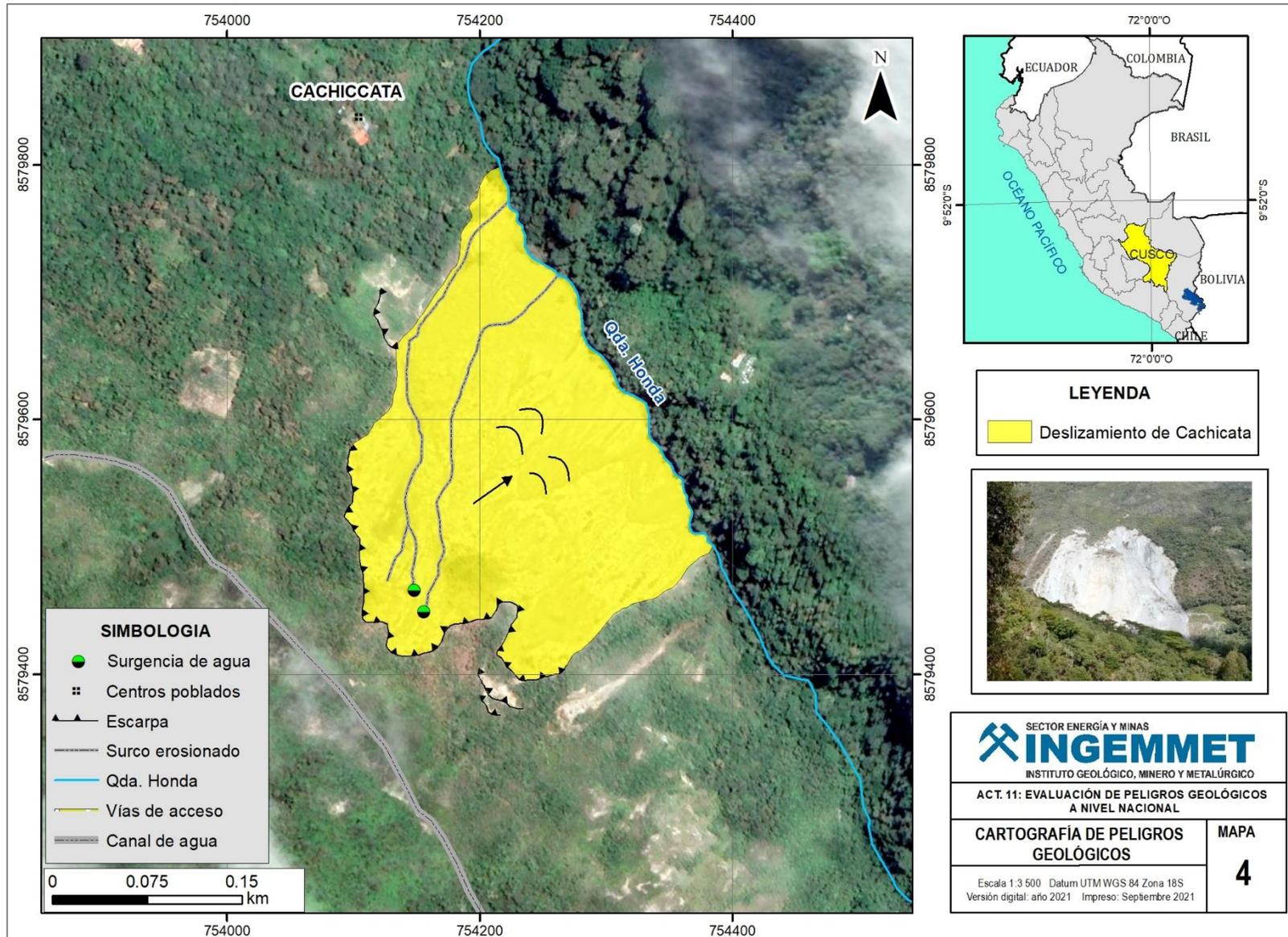
Mapa 1. Mapa geológico del sector Cachiccata. Modificado de Carlotto, 1992.



Mapa 2. Mapa de pendientes de terreno del sector Cachicata. Elaboración propia.



Mapa 3. Mapa geomorfológico del sector Cachimata. Fuente: Vílchez et al., 2020.



Mapa 4. Cartografía de peligros geológicos en el sector Cachicata, distrito de Santa Ana, provincia de La Convención, departamento Cusco.

ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

A. CORRECCIÓN POR DRENAJE

Unas de las técnicas más efectivas para la estabilización de laderas y taludes es el control de las aguas superficiales y subterráneas (cuadro 3). Su objetivo es controlar el agua y sus efectos, disminuyendo las fuerzas que producen el movimiento y/o aumentando las fuerzas resistentes. El drenaje y el subdrenaje generalmente son poco costosos y muy efectivos como medidas de prevención de los movimientos.

Cuadro 3. Métodos de drenaje y subdrenaje

Método	Ventajas	Desventajas
Canales superficiales para el control de escorrentía	Se recomienda construirlos como obra complementaria en la mayoría de los casos. Generalmente, las zanjas se construyen arriba de la corona del talud	Se deben construir estructuras para la entrega de las aguas y la disipación de energía.
Subdrenes de zanja	Muy efectivos para estabilizar deslizamientos poco profundos, en suelos saturados sub superficialmente.	Poco efectivos para estabilizar los deslizamientos profundos o los deslizamientos con nivel freático profundo
Subdrenes horizontales de penetración	Muy efectivos para interceptar y controlar las aguas subterráneas relativamente profundas.	Se requieren equipos especiales de perforación y su costo puede ser alto.
Galerías o túneles de subdrenaje	Efectivos para estabilizar los deslizamientos profundos en las formaciones con permeabilidad significativa y aguas subterráneas.	Muy costosos y complejos de construir
Pozos profundos de subdrenaje	Útiles en los deslizamientos profundos con aguas subterráneas. Efectivos para las excavaciones no permanentes.	Su uso es limitado debido a la necesidad de operación y mantenimiento permanente.

Fuente: Suárez, 1996.

Los sistemas más comunes para el control del agua son: •

- Zanjas de coronación o canales colectores drenaje superficial).
- Subdrenes de zanja o subdrenes interceptores. •
- Subdrenes horizontales o de penetración

Drenaje superficial: El objetivo principal del drenaje superficial es mejorar la estabilidad del talud reduciendo la infiltración y evitando la erosión. El sistema de recolección de aguas superficiales debe captar la escorrentía, tanto del talud como de la cuenca de drenaje arriba del talud y llevar el agua a un sitio seguro, lejos del talud que se va a proteger.

Tipos de obra de drenaje superficial

- a. **Canales para redireccionar el agua de escorrentía:** Se debe impedir que el agua de escorrentía se dirija hacia la zona inestable.
- b. **Zanjas de corona.** Las zanjas en la corona o en la parte alta de un talud, son utilizadas para interceptar y conducir adecuadamente las aguas lluvias y evitar su paso por el talud. La zanja de la corona no debe construirse muy cerca del borde superior del talud para evitar que se convierta en activadora de un deslizamiento en cortes recientes; o en una nueva superficie de falla (movimiento regresivo) en deslizamientos activos; o se produzca la falla de la corona del talud o escarpe.
- c. **Diques en la corona del talud.** Son diques en relleno, colocados arriba de la corona, con el objeto de desviar hacia los lados las aguas de escorrentía.
- d. **Drenes Franceses.** Son zanjas rellenas de material granular grueso que tienen por objetivo captar y conducir las aguas de escorrentía.
- e. **Trinchos o Cortacorrientes.** Consisten en diques a través del talud para desviar lateralmente, las aguas de escorrentía.
- f. **Torrenteras.** Son estructuras que recogen las aguas de los canales, diques o cortacorrientes y las conducen hacia abajo del talud. Generalmente, incluyen elementos para disipar la energía del flujo del agua.
- g. **Sellado de grietas con arcilla o mortero.** El objeto es impedir la infiltración de agua hacia el deslizamiento.
- h. **Canales colectores en Espina de Pescado.** Para disminuir la infiltración de agua en las áreas grandes arriba del talud, se construyen canales colectores en Espina de Pescado, los cuales conducen las aguas colectadas fuera de las áreas vulnerables del talud, entregándolas generalmente a los canales en gradería o torrenteras. Estos canales deben impermeabilizarse adecuadamente para evitar la nuevamente la infiltración del agua

No se recomienda en problemas de taludes, la utilización de conducciones en tubería por la alta susceptibilidad a agrietarse o a taponarse, con lo cual se generan problemas de infiltración masiva concentrada.

Subdrenaje: Las técnicas de drenaje subterráneo o subdrenaje son uno de los métodos más efectivos para la estabilización de los deslizamientos. El drenaje subterráneo tiene por objeto disminuir las presiones de poros o impedir que éstas aumenten (figuras 6 y 7). A menor presión de poros la resistencia del suelo es mayor. El diseño de los sistemas de subdrenaje es complejo debido a que la mayoría de los taludes no son homogéneos desde el punto de vista del drenaje subterráneo y es muy difícil aplicar principios sencillos en el diseño de obras de subdrenaje. El movimiento de las aguas en los taludes por lo general, es irregular y complejo.

Elementos para tener en cuenta en el análisis de los sistemas de subdrenaje:

- Falta de continuidad de los mantos o sectores permeables.
- Cantidad de agua recolectada.
- Poco efecto del subdrenaje en el factor de seguridad.
- Poco efecto del subdrenaje cuando el nivel freático se encuentra muy cercano a la superficie de falla.
- Asentamientos en las áreas circunvecinas como efecto del subdrenaje.

- La rata de flujo para el diseño del sistema debe calcularse teniendo en cuenta la permeabilidad del suelo o la roca que se va a drenar.

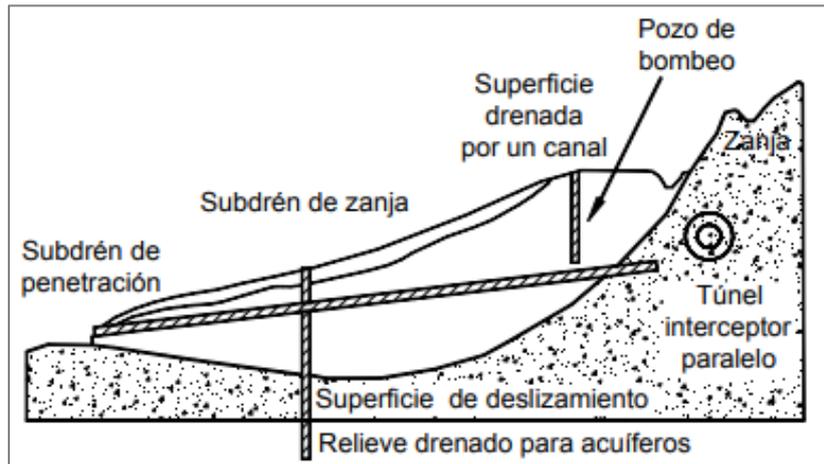


Figura 6. Sistemas de subdrenaje (Suárez, 1998).

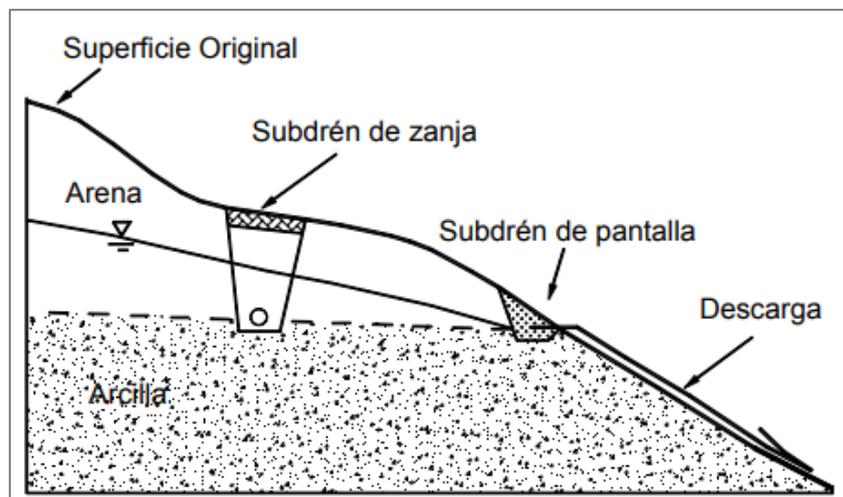


Figura 7. Esquema de un subdrenaje interceptor y un dren en el afloramiento (Suárez, 1998).