

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7123

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE HUAYLLAY

Región Cusco
Provincia Cusco
Distrito Ceorea



EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE HUAYLLAY

(Distrito de Ccorca, provincia de Cusco, región 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 (2020). Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en la comunidad campesina de Huayllay. Distrito de Ccorca, provincia de Cusco, región Cusco. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7123, 26 p.

ÍNDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Objetivos del estudio	2
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	2
1.3. Aspectos generales	4
1.3.1. UBICACIÓN	4
1.3.2. ACCESIBILIDAD	5
1.3.3. CLIMA.....	5
1.3.4. TECTÓNICA.....	5
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS	6
2.1. Unidades litoestratigráficas	6
2.1.1. FORMACIÓN SONCCO (Peo-so).....	7
2.1.2. GRUPO TACAZA (PN-ta/tbklt)	7
2.1.3. DEPÓSITO PROLUVIAL (Q-pr)	8
2.1.4. DEPÓSITO COLUVIO-DELUVIAL (Q-cd)	8
2.1.5. DEPÓSITO DE DESLIZAMIENTO (Q-cd)	8
2.1.6. DEPÓSITO ALUVIAL (Q-al)	9
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	9
3.1. Pendientes del terreno	9
3.2. Unidades geomorfológicas	10
3.2.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL 11	
3.2.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL Y AGRADACIONAL	12
4. PELIGROS GEOLÓGICOS	13
4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa	13
4.2. Deslizamientos en la comunidad campesina de Huayllay	15
4.3. Factores condicionantes	18
4.4. Factores desencadenantes	18
4.5. Otros factores antrópicos	19
5. CONCLUSIONES	20
6. RECOMENDACIONES	21
7. BIBLIOGRAFÍA	22
ANEXO 1: GLOSARIO	23
ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	24

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizado en la comunidad campesina de Huayllay, pertenece a la jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Ccorca, provincia de Cusco, región 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 (distrital, regional y nacional).

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona evaluada corresponden a rocas de origen sedimentario y volcánico de la Formación Soncco (areniscas y lutitas) y el Grupo Tacaza (tobas) respectivamente, los cuales se encuentran medianamente a muy fracturadas y ligera a moderadamente meteorizadas. así como depósitos coluviales los cuales se encuentran distribuidos de forma caótica y depósito de deslizamientos, conformados por bloques, gravas, inmersos en matriz areno – limosa. La reactivación del deslizamiento se desarrolló principalmente en estos depósitos.

Las geoformas identificadas corresponden a las de origen tectónico-degradacional (montañas en rocas sedimentarias y volcánicas) y geoformas de carácter depositacional y agradacional principalmente originada por la ocurrencia de movimientos antiguos, que configuran geoformas de piedemonte (vertiente con depósitos de deslizamiento, coluvio – deluvia y aluvio torrencial). Se considera que los principales factores condicionantes que originan la reactivación del deslizamiento en la comunidad campesina de Huayllay son la alternancia de rocas de diferente competencia, el cual permite mayor infiltración y retención de agua de lluvia al terreno, substrato rocoso muy fracturado debido a la presencia de la falla Casacunca, suelos inconsolidados (depósitos de deslizamientos, coluvio - deluviales y proluviales), de fácil erosión - remoción ante precipitaciones pluviales intensas, laderas de pendientes medias (15°-25°) a escarpadas (25°-45°), este último permite que el material suelto disponible se erosione y se remueva fácilmente pendiente abajo por efecto de la gravedad, acción de las aguas de escorrentía sobre la calle S/N y presencia de agua subterránea, los cuales saturan el terreno. La circulación del agua está ligado a las características estructurales del macizo rocoso (fallas y fracturas) y a los depósitos superficiales que los cubren.

Los procesos identificados en la comunidad campesina de Huayllay corresponden a los denominados movimientos en masa (deslizamientos, derrumbes y flujo de detritos), eventos antiguos que han sufrido reactivaciones. Recientemente, el deslizamiento antiguo, donde se asienta parte de la comunidad referida se reactivó, presentando agrietamientos longitudinales, con aperturas de hasta 0.60 m y desplazamientos que varían de 0.5 a 0.7 m, ello afectó 7 viviendas y un poste eléctrico.

Se concluye que el área de estudio es considerada de **Peligro Alto** a la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes que pueden ser desencadenados en temporada de lluvias intensas o por actividad sísmica (reactivación de falla geológica Casacunca); y flujo de detritos que pueden activarse en temporada de lluvias intensas y/o extraordinarias (noviembre a marzo).

Finalmente, se recomienda reubicar a las viviendas afectadas por la reactivación del deslizamiento en la comunidad campesina de Huayllay. Implementar sistemas de drenaje, tipo zanjas de coronación y uso de un sistema de riego tecnificado por parte de los agricultores y sus organizaciones.

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 Distrital de Ccorca, según Oficio N° 238-2020-AMDCC/C, en el marco de nuestras competencias se realiza una evaluación de los eventos de tipo deslizamiento y derrumbes antiguos en la comunidad campesina de Huayllay, ocurridos el día martes, 26 de marzo de 2020, que afectó viviendas.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó a los geólogos Guisela Choquenaira Garate y David Prudencio, para realizar la evaluación de peligros geológicos, el 23 de noviembre de 2020.

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 y fotografías), 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 Distrital de Ccorca, donde se proporcionan resultados de la evaluación y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo de desastres, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que afecten la comunidad campesina de Huayllay.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes para la ocurrencia de los 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 realizados a nivel regional en la comunidad campesina de Huayllay, se tienen:

- A) Boletín N° 74, serie C, geodinámica e ingeniería geológica: “Peligro geológico en la región Cusco” (Vílchez et al., 2020); el estudio realiza un análisis de susceptibilidad a movimientos en masa (escala 1: 100 000), donde la comunidad campesina de Huayllay presenta alta susceptibilidad (figura 1). Entendiéndose, la susceptibilidad a movimientos en masa como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico (movimiento en masa), expresado en grados cualitativos y relativos.

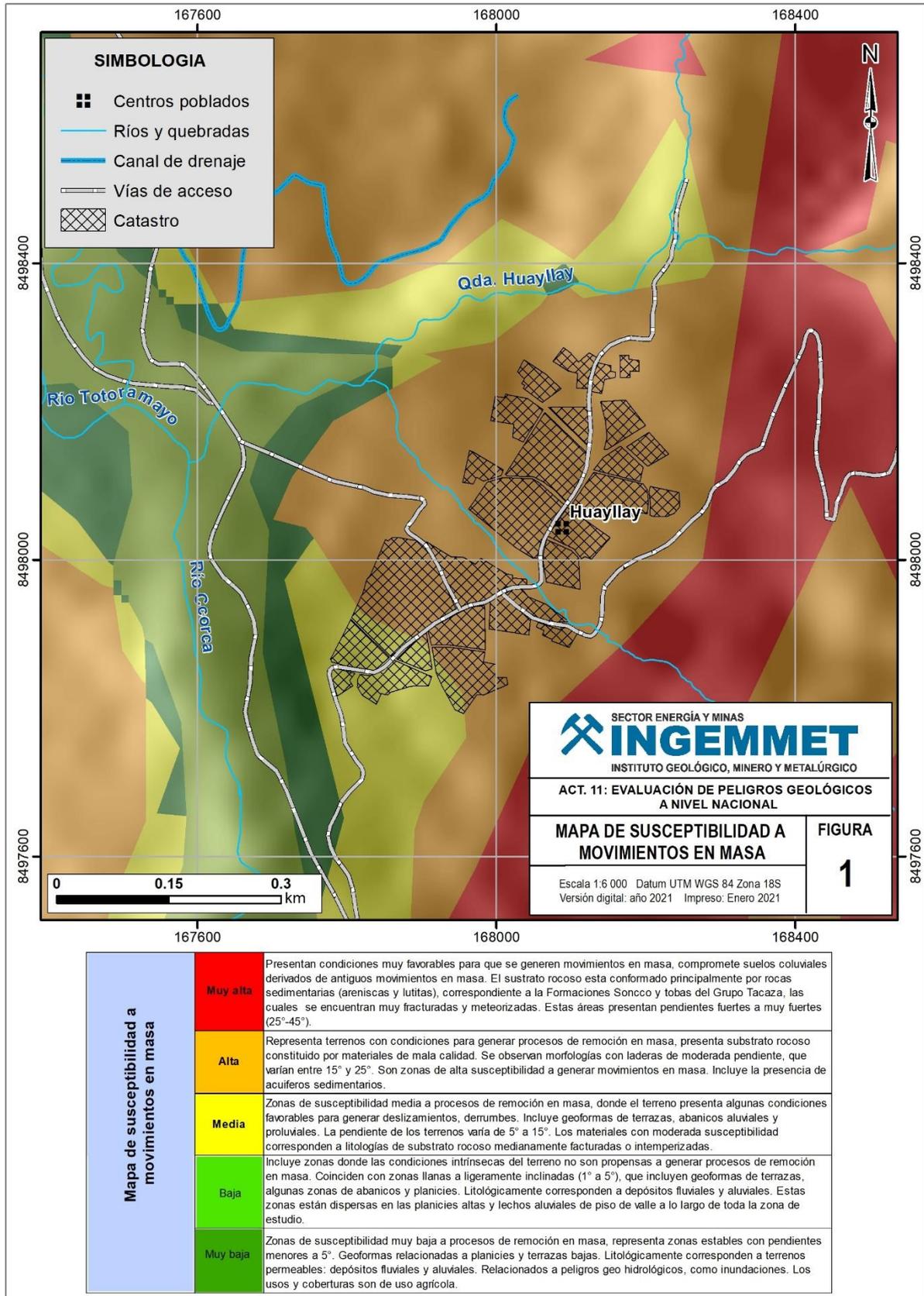


Figura 1. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa de la comunidad campesina de Huayllay. Fuente: Vilchez et al., 2020.

- B) Estudio de Riesgos Geológicos del Perú, Franja N° 3 (INGEMMET, 2003) menciona que, en los alrededores de la zona de estudio se han identificado peligros geológicos de tipo deslizamientos y derrumbes antiguos.
- C) En la “Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Cusco (28-r1) (Carlotto et al., 2011); describe la geología a escala 1: 100 000, información relacionada a los cambios más resaltantes sobre estratigrafía. Además, señala de manera regional las unidades geomorfológicas donde se ubica la comunidad campesina de Huayllay.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. UBICACIÓN

La comunidad campesina de Huayllay se ubica en la margen izquierda del río Ccorca, a 27.1 km al suroeste de la ciudad del Cusco. Políticamente pertenece al distrito de Ccorca, provincia y región Cusco (figura 2), en las coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18 s) siguientes (cuadro 1):

Cuadro 1. Coordenadas de la comunidad campesina de Huayllay

N°	UTM - WGS84 - Zona 19L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	816687	8498624	-13.56°	-72.07°
2	817657	8498697	-13.56°	-72.06°
3	817754	8497970	-13.56°	-72.06°
4	817009	8497782	-13.57°	-72.07°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	817499	8498325	-13.56°	-72.06°

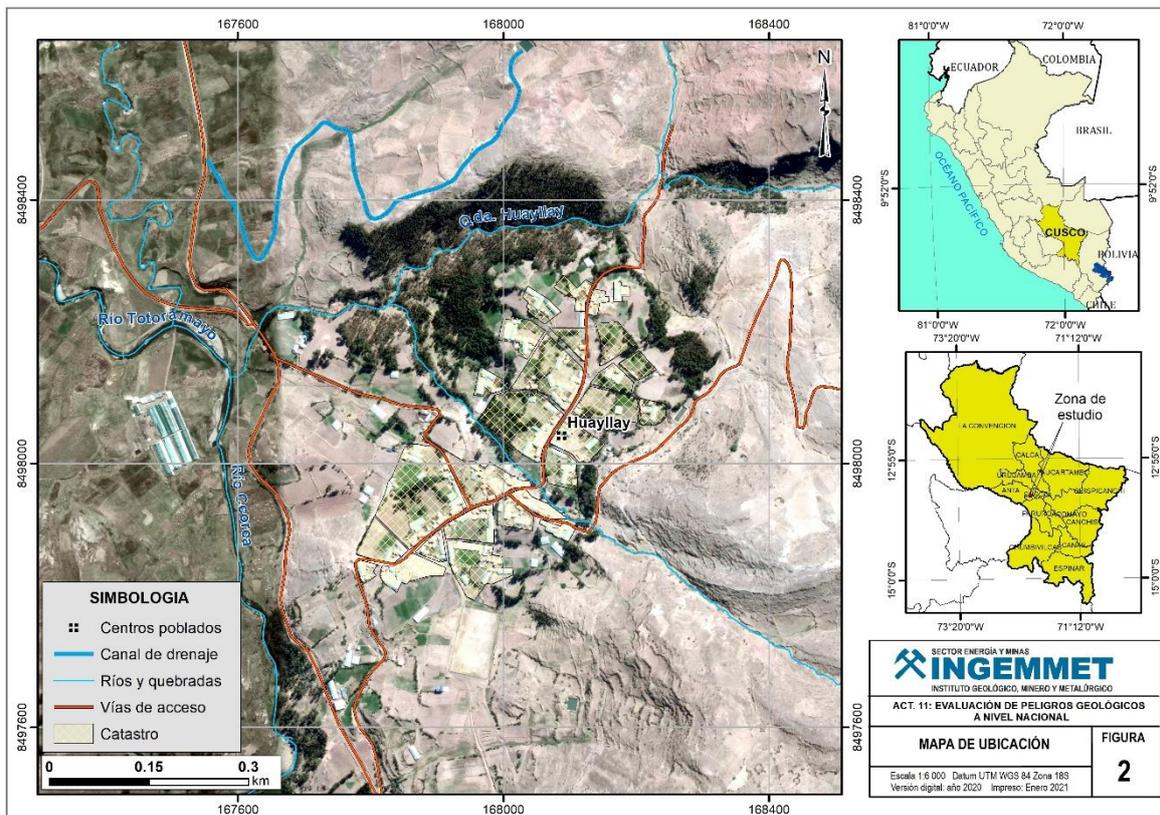


Figura 2. Mapa de ubicación de la comunidad campesina de Huayllay.

1.3.2. ACCESIBILIDAD

El acceso a la comunidad campesina de Huayllay, desde la ciudad del Cusco (INGEMMET-OD Cusco), se realizó mediante la siguiente ruta (cuadro 2):

Cuadro 2. Rutas y accesos a la comunidad campesina de Huayllay

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Cusco - Ccorca	Camino carrozable	24.2	50 minutos
Ccorca - Huayllay	Camino carrozable	2.8	5 minutos

1.3.3. CLIMA

El clima en la comunidad campesina de Huayllay se caracteriza como templado y seco, con precipitaciones intensas entre los meses de noviembre a marzo, y estiaje entre los meses de abril a octubre. Según la clasificación climática de Koppen y Geiger, el distrito de Ccorca presenta temperatura media anual de 12.3°C. La precipitación promedio anual es de 596 mm.

1.3.4. TECTÓNICA

La falla Casacunca se ubica a 20 km de la ciudad del Cusco y a 6 km de la Pampa de Anta, se extiende con dirección N 140°E entre los poblados de Casacunca y Ccorca. Muestra reactivaciones a lo largo de 10 km, cortando depósitos fluvio-glaciares y glaciares. El buzamiento de las areniscas grises de la Formación Soncco favorece el desplazamiento de la falla tipo normal. Se caracteriza por presentar un trazo continuo, donde el sector sur tiene un escarpe de 10 m; mientras que el escarpe norte presenta un desnivel de 5 m, sugiriendo en ambos casos acumulaciones de eventos sísmicos. El escarpe de falla hacia el sur se encuentra mejor conservado y son visibles las variaciones en la pendiente de la faz libre.

Según manifiestan los pobladores, antiguamente sufrieron cuantiosos daños por efecto de sismos y consecuentes caídas de rocas y deslizamientos. Por el análisis morfológico, las morrenas afectadas y la buena conservación de los escarpes de falla determinamos que esta estructura es una falla activa (Benavente et al., 2013).



Figura 3. Falla Casacunca ubicada a 2 km de la Pampa de Anta y a 6 km de la ciudad del Cusco (Benavente et al., 2013).

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico se desarrolló en base a la carta geológica de Cusco – hoja 28r1 (Carlotto, 2011) a escala 1/100 000, donde se tienen rocas sedimentarias y volcánicas del Eoceno – Oligoceno respectivamente y depósitos Cuaternarios. Además, se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotos aéreas y observaciones de campo.

2.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona evaluada y alrededores son de origen sedimentario y volcánico, conformado por la Formación Soncco y el Grupo Tacaza, los cuales se encuentran medianamente a muy fracturadas y ligera a moderadamente meteorizadas. Además, se tienen depósitos de deslizamiento, coluviales, aluviales y fluviales que han sido acumulados desde el Pleistoceno hasta la actualidad (figura 4).

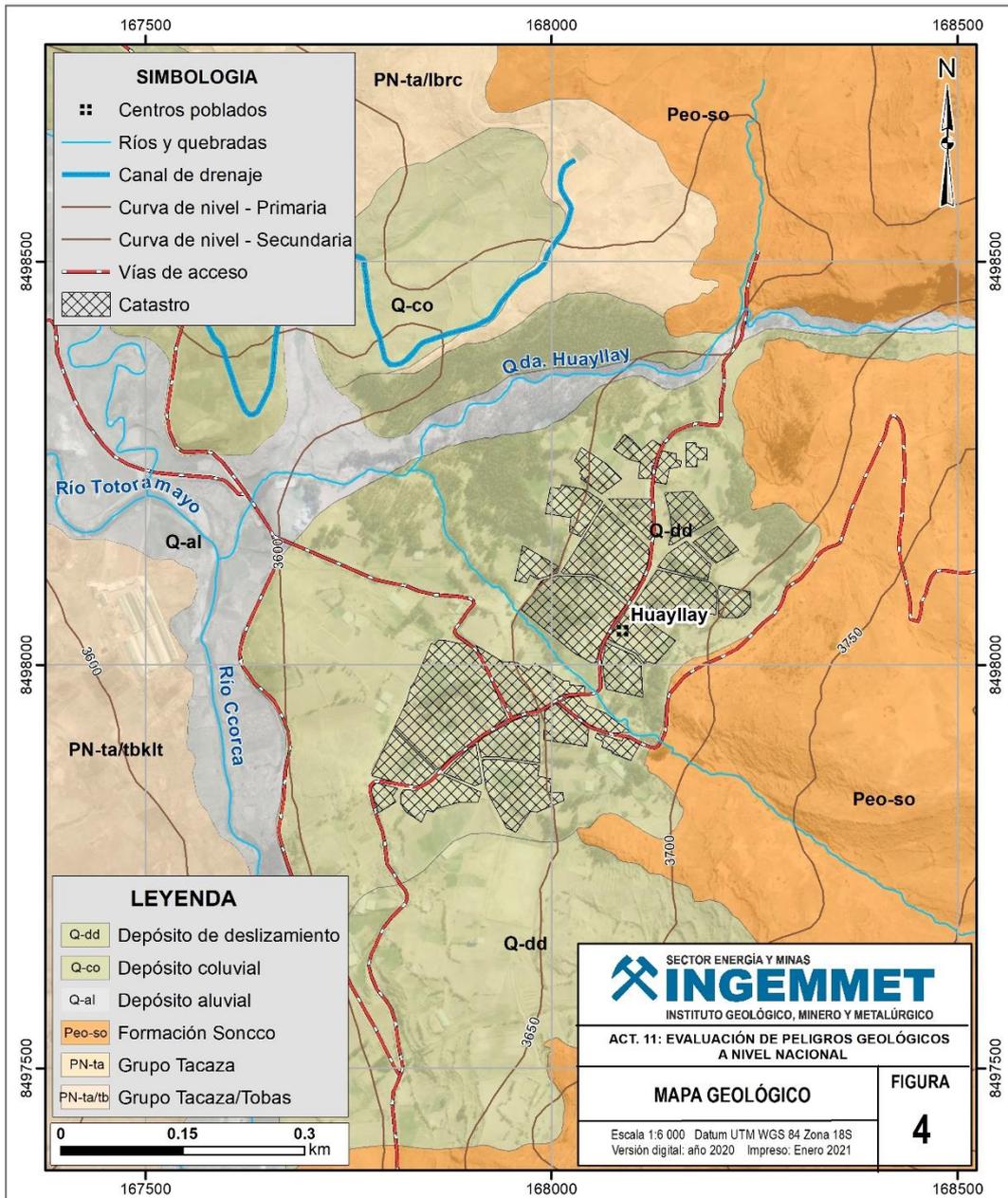


Figura 4. Mapa geológico de la comunidad campesina de Huayllay. Modificado de Carlotto, 2011.

2.1.1. FORMACIÓN SONCCO (Peo-so)

La Formación Soncco (Córdova, 1986) aflora ampliamente al noreste de la comunidad campesina de Huayllay y sobreyace concordantemente o en discordancia progresiva a la Formación Kayra, como se aprecia en el sector Ancaschaca. Está conformado por conglomerados, lutitas y areniscas medianamente a muy fracturadas y ligeramente a moderadamente meteorizadas.

2.1.2. GRUPO TACAZA (PN-ta/tbkit)

Esta unidad aflora al noroeste de la comunidad campesina de Huayllay, está conformado por tobas color gris blanquecino, se encuentran poco a medianamente fracturadas (fotografía 1) y ligeramente meteorizadas.



Fotografía 1. Vista al sureste del afloramiento rocoso poco a medianamente fracturado y ligeramente meteorizado del Grupo Tacaza (PN-ta/tbkt), con coordenadas UTM (WGS 84): 817349 E, 8498260 N a 3638 m s.n.m.

2.1.3. DEPÓSITO PROLUVIAL (Q-pr)

Se encuentran dispuestos en el fondo de los valles, conos de deyección y en la confluencia de quebradas tributarias al curso del río Ccorca. Están conformados por bloques de rocas volcánicas y sedimentarias, con diámetros que varían de 0.30 a 1 m, de formas subangulosas a subredondeadas, inmersos en matriz arenosa - arcillosa y medianamente compactadas (fotografía 2).

Sobre este depósito se desarrollan terrenos de cultivo y se encuentra asentada parte de la comunidad campesina de Huayllay.

2.1.4. DEPÓSITO COLUVIO-DELUVIAL (Q-cd)

Se encuentran dispuestos de forma caótica al pie de las laderas por acción de la gravedad y removidos por agua de escorrentía superficial de los cerros circundantes a la comunidad campesina de Huayllay. Están compuestos por materiales inconsolidados de bloques de formas angulosas a subangulosas, inmersos en una matriz arenosa - arcillosa (fotografía 2).

2.1.5. DEPÓSITO DE DESLIZAMIENTO (Q-cd)

Son depósitos originados por procesos de movimientos en masa tipo deslizamientos, avalancha de rocas y/o movimiento complejo. Gran parte de la comunidad campesina de Huayllay se encuentra asentada sobre este depósito, el cual está constituido por gravas, arenas y limos.



Fotografía 2. Vista al oeste depósitos de deslizamiento depositados al pie de la ladera, y margen derecha del río Ccorca.

2.1.6. DEPÓSITO ALUVIAL (Q-al)

Se encuentran distribuidos en ambas márgenes del río Ccorca, con poca a regular consolidación, conformado por bloques y gravas de rocas volcánicas y sedimentarias, con diámetros que varían de 0.5 a 1.5 m, de formas subredondeados, inmersos en matriz areno – arcillosa. Representan antiguos niveles del curso del río referido. Actualmente, sobre estos depósitos se desarrollan terrenos de cultivo.

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 la figura 5, se presenta el mapa de pendientes, elaborado en base a información del modelo de elevación digital de 12.5 m de resolución (USGS), donde se presentan con mayor predominio laderas con pendientes moderadamente inclinados (5° - 15°) a inclinados (15° - 25°), con un cambio abrupto a terrenos de pendiente muy fuerte ($>45^{\circ}$), este último facilita el escurrimiento superficial del agua de precipitación pluvial y el arrastre del material suelto disponible en las laderas.

La comunidad campesina de Huayllay presenta una pendiente de 21° .

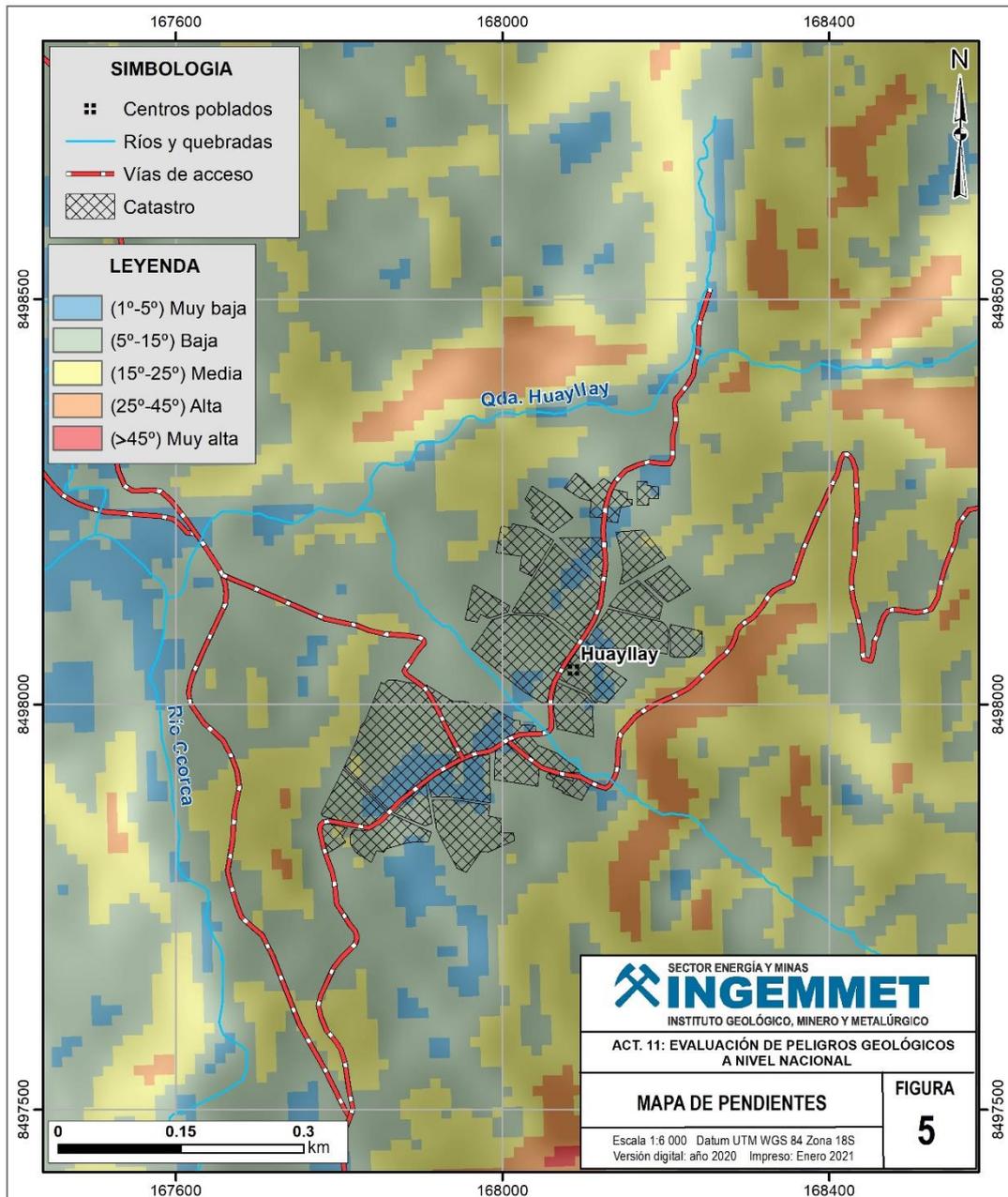


Figura 5. Mapa de pendientes de la comunidad campesina de Huayllay. Elaboración propia.

3.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio (figura 6), 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).

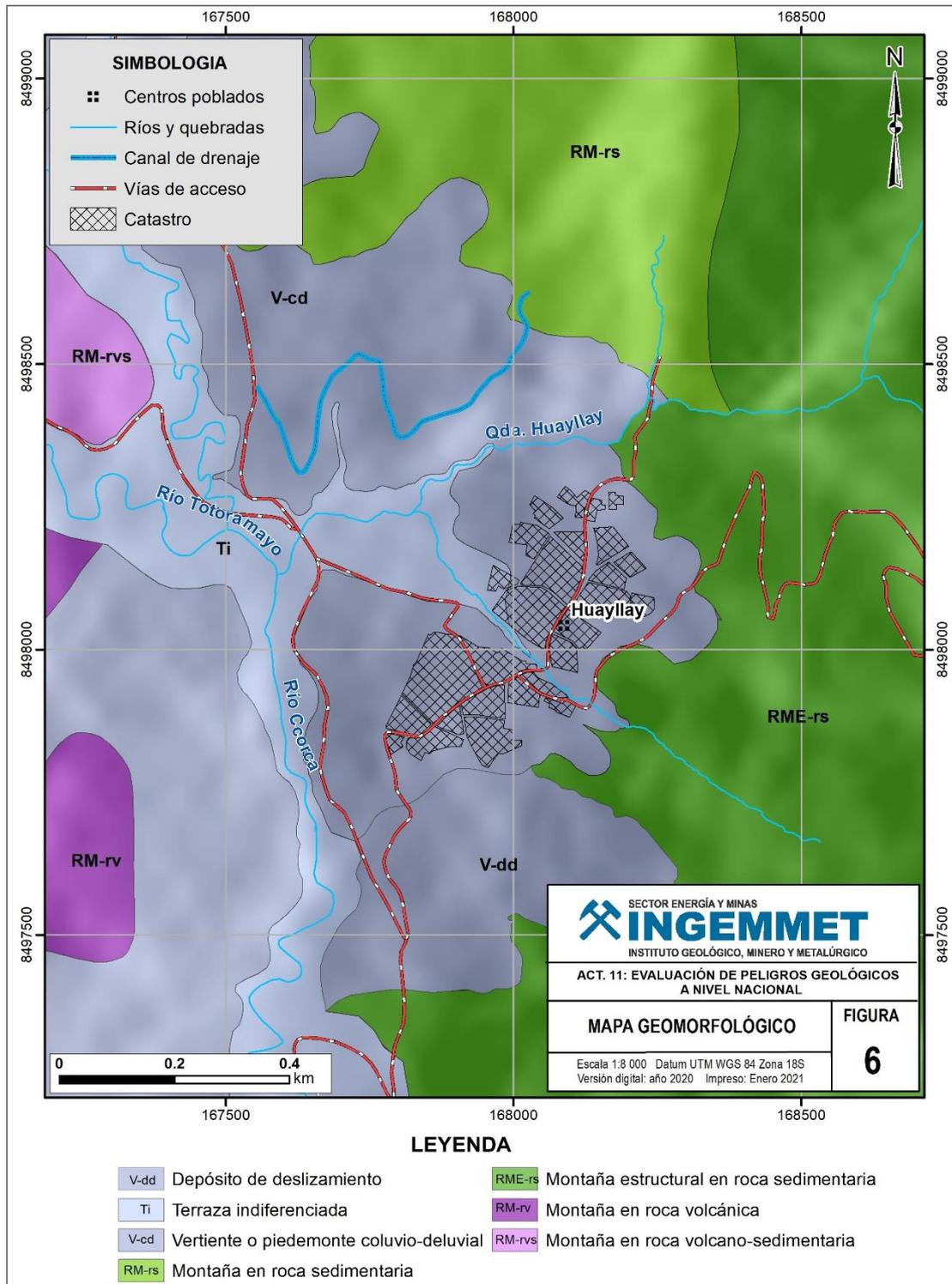


Figura 6. Mapa geomorfológico de la comunidad campesina de Huayllay, distrito de Ccorca, provincia Cusco y región Cusco. Fuente: Vilchez et al., 2020.

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 diferenciándose las siguientes subunidades según el tipo de roca que las conforma y los procesos que han originado su forma actual.

Subunidad de montañas en roca volcánica (RM-rv): Las montañas de este tipo cubren gran parte de la zona de estudio, cuyas laderas de pendientes moderadas a empinadas varían de 20° a 55°, con algunas cimas subredondeadas a agudas (figura 7). En la parte alta son disectados por una red de drenaje dendrítica, resaltando principalmente la quebrada Huayllay.

A esta unidad corresponde el Grupo Tacaza.

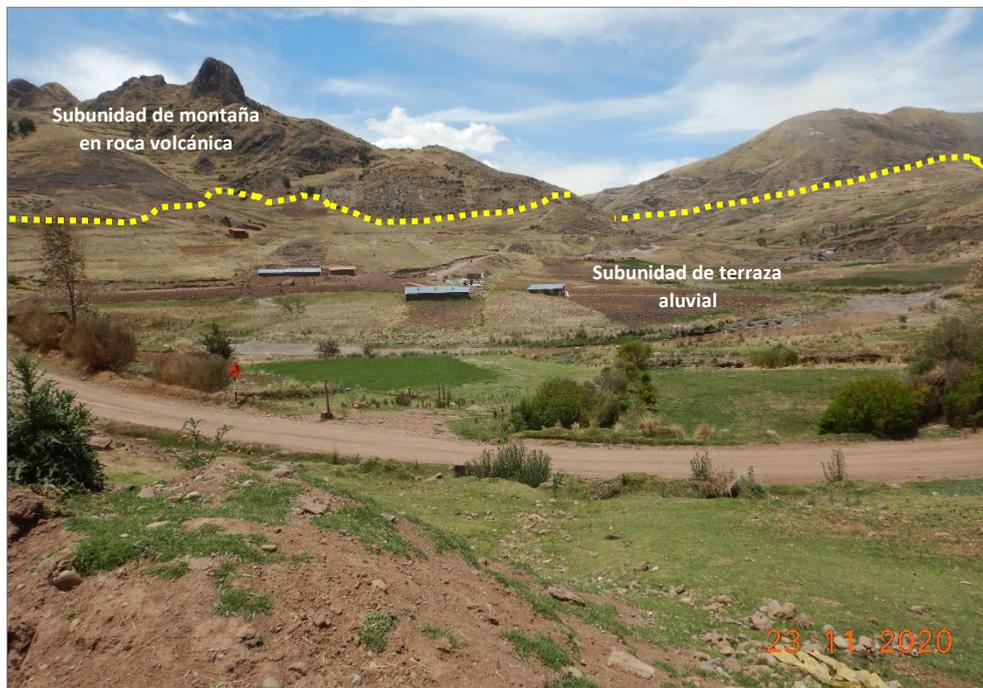


Figura 7. Vista al noroeste de la comunidad campesina de Huayllay montañas modeladas en rocas volcánicas.

Subunidad de montañas en rocas sedimentarias (RM-rs): Representada por secuencias de la Formación Soncco, litológicamente compuestas por conglomerados, areniscas y lutitas. Afloran en la zona a través de fallas inversas que los ponen en contacto con el Grupo Tacaza. Se exponen principalmente en las comunidades de Huayllay hasta Saylla, cuyas laderas presentan pendientes que varían de 10° a 45°.

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 coluvio-deluvial (V-cd)

Son depósitos inconsolidados, localizados al pie de las laderas, resultantes de la acumulación de material caído desde las partes altas, por acción de la gravedad y por acción de la gravedad y removidos por agua de escorrentía superficial (fotografía 3).

Los depósitos de vertientes coluvio deluviales más representativos, se encuentran en las laderas que circunscriben la comunidad campesina de Huayllay.

3.2.2.2. Subunidad de vertiente con depósito de deslizamiento

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. Son de corto a mediano recorrido, relacionados a las laderas superiores adyacentes. Su morfología es usualmente convexa y su disposición semicircular a elongada en relación a la zona de arranque o despegue del movimiento en masa.

Sobre esta geoforma se emplaza parte de la comunidad campesina de Huayllay.

3.2.2.3. Subunidad de vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at)

Son el resultado de la acumulación de material movilizado a manera de flujos de detritos (huaicos), modifican localmente la dirección de los cursos de ríos y se ubican en las desembocaduras de quebradas hacia los ríos principales.

La quebrada Huayllay, afluente al río Ccorca por su margen derecha formó un cono proluvial producto de la acumulación de material acarreado por huaicos antiguos, el cual está conformado por bloques de rocas volcánicas y sedimentarias, con diámetros que varían entre 0.30 m y 1 m, de formas subangulosos a subredondeados, inmersos en matriz areno – arcilloso.

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa de tipo deslizamientos, derrumbes y flujo de detritos antiguos (Proyecto Multinacional Andino: GCA, 2007). Estos procesos son resultado del proceso de modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los cursos de 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.

4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

La comunidad campesina de Huayllay presenta una geodinámica relativamente activa, representada por derrumbes, flujo de detritos antiguos y recientemente la reactivación de deslizamientos.

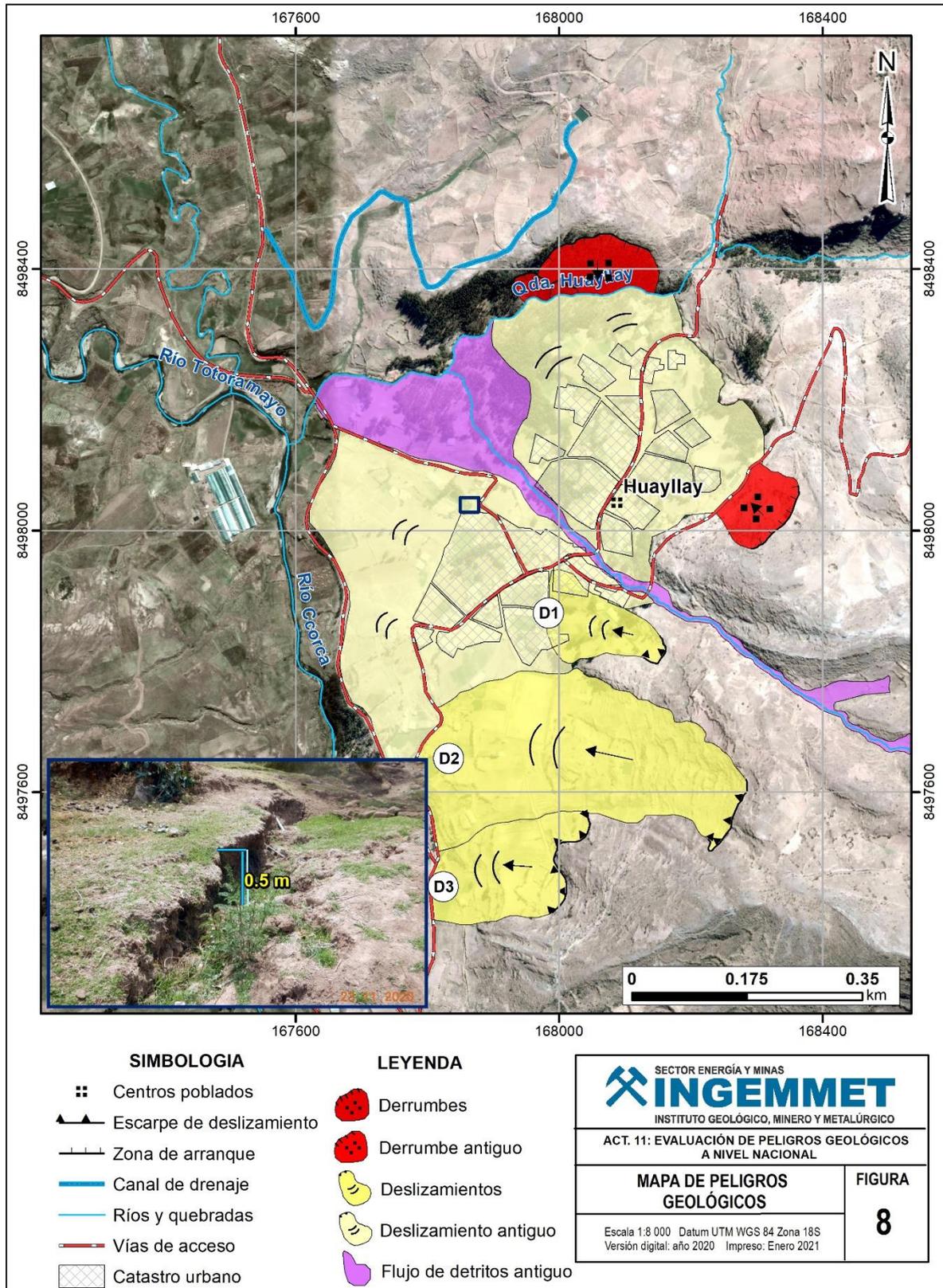


Figura 8. Cartografía de peligros geológicos de la comunidad campesina de Huayllay.

4.2. Deslizamientos en la comunidad campesina de Huayllay

La comunidad campesina de Huayllay se encuentra asentada sobre depósitos de deslizamientos, derrumbes y flujo de detritos antiguos y es disectada por dos quebradas, la principal quebrada Huayllay y su afluente S/N por la margen izquierda.

A través del análisis de imágenes satelitales (Google Earth) disponibles desde el año 2012, se observó deslizamientos, flujo de detritos y derrumbes antiguos. Los deslizamientos D1, D2 y D3, son los que mayor afectación causaron a la comunidad campesina de Huayllay. El D2 ubicado aproximadamente a 90 m de la comunidad referida, presenta una escarpa de forma semicircular-elongada, con 120 m de longitud y una distancia de 490 m entre la escarpa y pie del deslizamiento, en su parte más amplia presenta un ancho de 218 m.

Para un mejor entendimiento de los procesos por movimientos en masa acontecidos el año 2020, se describirá solo la reactivación del deslizamiento antiguo.

- DESLIZAMIENTO:

Evento localizado en la margen izquierda de la quebrada Huayllay, a una distancia aproximada de 250 m del río Ccorca. Según manifiestan los pobladores, desde hace 20 años el terreno conformado por gravas, arenas y arcillas, presenta asentamientos y agrietamientos longitudinales, con aperturas de hasta 0.60 m. Actualmente, el terreno continúa asentándose por sectores, con desplazamientos que varían de 0.5 a 0.7 m (figura 9). Ello generó fisuras en las paredes de 7 viviendas (Municipalidad Distrital de Ccorca) y afectó un poste eléctrico (figura 10).

En temporada de lluvias intensas, por la calle principal S/N de la comunidad campesina de Huayllay (fotografía 3) discurren flujos de agua, al no contar con un drenaje pluvial se genera erosión en surcos, ya que estos depósitos son fáciles de remover si se saturan de agua. En la zona baja de la calle el agua se almacena generando pequeñas pozas.

Cabe mencionar que, el sistema de riego (inundación) acelera el proceso de reactivación del deslizamiento (figura 11), coadyuvado por la alternancia de rocas de diferente competencia, el cual permite mayor infiltración y retención de agua de lluvia al terreno, sustrato rocoso muy fracturado debido a la presencia de la falla Casacunca, suelos inconsolidados (depósitos de deslizamientos, coluvio - deluviales y proluviales), de fácil erosión - remoción ante precipitaciones pluviales intensas, laderas de pendientes medias (15° - 25°) a escarpadas (25° - 45°), este último permite que el material suelto disponible se erosione y se remueva fácilmente pendiente abajo por efecto de la gravedad, acción de las aguas de escorrentía sobre la calle S/N y presencia de agua subterránea, los cuales saturan el terreno. La circulación del agua está ligado a las características estructurales del macizo rocoso (fallas y fracturas) y a los depósitos superficiales que los cubren. Además, el vertimiento de agua residual sobre el terreno también contribuye con la saturación del terreno (figura 12).

En temporada de lluvias intensas o actividad sísmica estos deslizamientos podrían reactivarse nuevamente, el material desplazado podría represar el cauce de la quebrada Huayllay, su desembalse en forma de flujo de detritos podría afectar parte de la comunidad campesina de Huayllay, terrenos de cultivo y vías de acceso (trocha carrozable).



Figura 9. Desplazamientos de hasta 0.5 m en el terreno de la comunidad campesina de Huayllay, con coordenadas UTM (WGS 84): 817257 E, 8498224 N a 3633 m s.n.m.

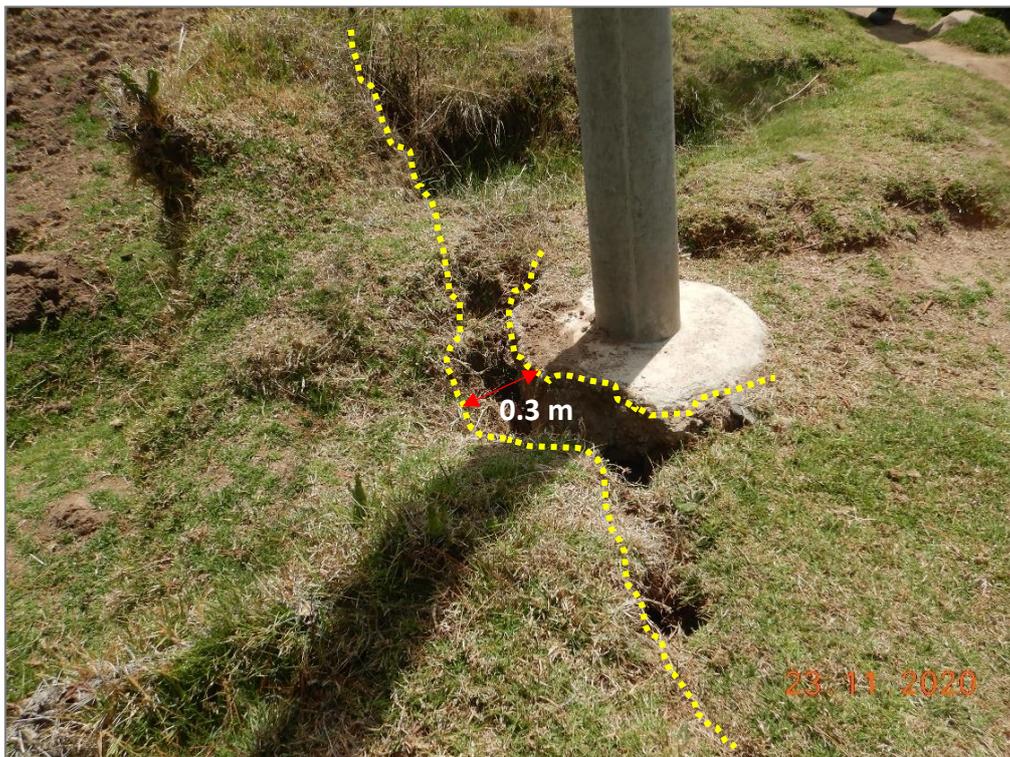


Figura 10. Poste eléctrico afectado debido al asentamiento del terreno, con coordenadas UTM (WGS 84): 817212 E, 8498285 N a 3619 m s.n.m.



Fotografía 3. Vista de la calle principal de la comunidad campesina de Huayllay, afectada por flujos de agua que discurren en temporada de lluvias intensas. Con coordenadas UTM (WGS 84): 817254 E, 8498276 S a 3625 m s.n.m.



Figura 11. Vista del nivel de filtración de agua, debido al sistema de riego, con coordenadas (WGS 84): 817144 E, 8498265 N a 3611 m s.n.m.



Figura 12. A) Vista de canal que drena las aguas residuales, producto de la ruptura de tuberías de desagüe, con coordenadas UTM (WGS 84): 817169 E, 8498303 N a 3610 m s.n.m. B) Tuberías de desagüe en pésimas condiciones, aguas vertidas sobre el terreno.

4.3. Factores condicionantes

Factor litológico-estructural

- Alternancia de rocas de diferente competencia, el cual permite mayor infiltración y retención de agua de lluvia al terreno, originando inestabilidad en el talud.
- Substrato rocoso regularmente meteorizado y muy fracturado debido a la presencia de la falla Casacunca, correspondiente al sistema de fallas Casacunca-Acomayo-Langui-Layo.
- Suelos inconsolidados (depósitos coluvio - deluviales y proluviales), de fácil erosión - remoción ante precipitaciones pluviales intensas.

Factor geomorfológico

- La morfología de la comunidad campesina de Huayllay presenta laderas de pendientes medias (15° - 25°) a escarpadas (25° - 45°), este último permite que el material suelto disponible se erosione y se remueva fácilmente pendiente abajo, por efecto de la gravedad.

Factor hidrológico - hidrogeológico

- Acción de las aguas de escorrentía sobre la calle S/N y las laderas que circunscriben la comunidad campesina de Huayllay.
- Presencia de agua subterránea, los cuales saturan el terreno. La circulación del agua está ligado a las características estructurales del macizo rocoso (fallas y fracturas) y a los depósitos superficiales que los cubren.

4.4. Factores desencadenantes

- Según la clasificación climática de Koppen y Geiger, el distrito de Ccorca presenta un clima Templado con Invierno Seco, con temperatura media anual de 12.3°C . La precipitación promedio anual es de 596 mm., el cual favorece la ocurrencia de deslizamientos, derrumbes y flujo de detritos.
- Actividad sísmica (reactivación de la falla Casacunca).

4.5. Otros factores antrópicos

- Uso inadecuado del sistema de riego (por inundación y aspersión), sobre los terrenos de cultivo.
- Tuberías de desagüe en malas condiciones, las aguas vertidas sobre el terreno permiten la sobre saturación del terreno.

5. CONCLUSIONES

- a. La comunidad campesina de Huayllay ubicado sobre depósitos de deslizamientos, coluvio-deluviales antiguos, viene siendo afectada por asentamientos y agrietamientos longitudinales producto de la reactivación de un deslizamiento (D1), con aperturas de hasta 0.60 m y desplazamientos que varían entre 0.5 y 0.7 m. Ello generó fisuras en las paredes de 7 viviendas y afectó un poste eléctrico.
- b. En temporada de lluvias intensas, discurre flujos de agua por la calle principal S/N de la comunidad campesina de Huayllay, que, al no contar con un drenaje pluvial genera erosión en surcos debido a que estos depósitos son fáciles de remover si se saturan de agua.
- c. En la zona se observó deslizamientos y derrumbes antiguos. El deslizamiento D2, ubicado aproximadamente a 90 m de la comunidad campesina de Huayllay, presenta una escarpa de 120 m de longitud y 490 m de distancia entre la escarpa y pie del deslizamiento. La reactivación de este deslizamiento podría afectar parte de la comunidad campesina de Huayllay, terrenos de cultivo y vías de acceso (trocha carrozable).
- d. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas que presenta la comunidad campesina de Huayllay, es considerado como zona de **Peligro Alto** a deslizamientos, derrumbes y flujo de detritos.
- e. Los peligros por movimientos en masa están condicionados por los siguientes factores:
 - Alternancia de rocas de diferente competencia, el cual permite mayor infiltración y retención de agua de lluvia al terreno, originando inestabilidad en el talud.
 - Substrato rocoso regularmente meteorizado y muy fracturado debido a la presencia de la falla Casacunca, correspondiente al sistema de fallas Casacunca-Acomayo-Langui-Layo.
 - Suelos inconsolidados (depósitos coluvio-deluviales y proluviales), de fácil erosión - remoción ante precipitaciones pluviales intensas.
 - La morfología de la comunidad campesina de Huayllay presenta laderas de pendientes medias (15°-25°) a escarpadas (25°-45°), este último permite que el material suelto disponible se erosione y se remueva fácilmente pendiente abajo, por efecto de la gravedad.
 - Acción de las aguas de escorrentía sobre la calle S/N y las laderas que circunscriben la comunidad campesina de Huayllay.
 - Presencia de agua subterránea, los cuales saturan el terreno. La circulación del agua está ligado a las características estructurales del macizo rocoso (fallas y fracturas) y a los depósitos superficiales que los cubren.

Los factores desencadenantes para la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes son las lluvias intensas, que se registran entre los meses de noviembre a marzo y/o actividad sísmica (reactivación de falla geológica Casacunca).

6. RECOMENDACIONES

- a. Reubicar las viviendas afectadas por la reactivación del deslizamiento antiguo en la comunidad campesina de Huayllay.
- b. Implementar sistemas de drenaje superficial y subdrenaje en la comunidad campesina de Huayllay, mediante zanjas de coronación y subdrenes. El sistema de recolección de aguas superficiales debe interceptar y conducir adecuadamente las aguas de lluvia y evitar su paso por el talud; mientras, el subdrenaje reducirá las presiones intersticiales, estas medidas deben ser diseñadas por un especialista.
- c. Realizar un tratamiento de las tuberías de desagüe vertidas sobre el terreno, con el fin de evitar la sobre saturación del mismo.
- d. Usar riego tecnificado, con el fin de saturar el terreno.
- e. Reforestar las laderas desprovistas de vegetación de las montañas que circunscriben la comunidad campesina de Huayllay por el lado este.



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



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

7. BIBLIOGRAFÍA

- Benavente, C.; Delgado, F.; Taípe, E.; Audín, L & Pari, W. (2013) - Neotectónica y peligro sísmico en la región Cusco. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 55, 261 p.
- Carlotto, V., Cárdenas, J. y Carlier, G. (2011) - Geología del Cuadrángulo de Cusco 28-s - 1:50 000 INGEMMET, Boletín, Serie A: 138, 258p., 6 mapas.
- 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.
- González, L.; Ferrer, M.; Ortuño, L. & Oteo, C., eds. (2002) - Ingeniería Geológica. Madrid: Pearson Educación, 732 p.
- 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 (2020) – SENAMHI. (consulta: 03 de enero 2020). <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>.
- Shruthi, R. B. V., Kerle, N., & Jetten, V. G. (2011) - Object - based gully feature extraction using high spatial resolution imagery. Geomorphology, 134(3-4), 260-268. DOI: 10.1016/j.geomorph.2011.07.003.
- Suárez, J. (1998) - Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Bucaramanga: Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos, Universidad Industrial de Santander, 548 p.
- Vílchez, M. & Sosa, N. (2015) – Zonas críticas por peligros geológicos en la región Cusco. Informe técnico geología ambiental. INGEMMET, 100 p.
- Vílchez, 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.
- Villota, H. (2005) - Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.

ANEXO 1: 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 (figuras 13 y 14), 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).

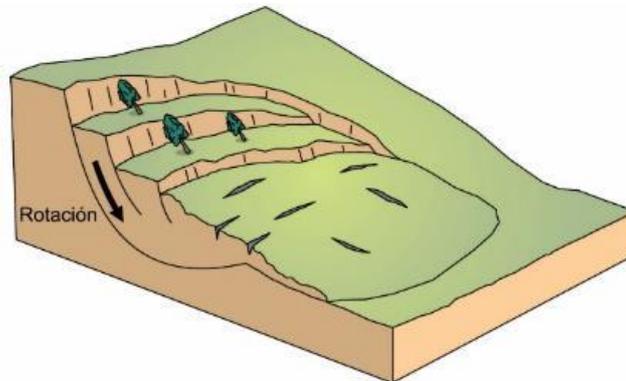


Figura 13. Esquema de un deslizamiento rotacional (tomado del Proyecto Multinacional Andino, 2007)

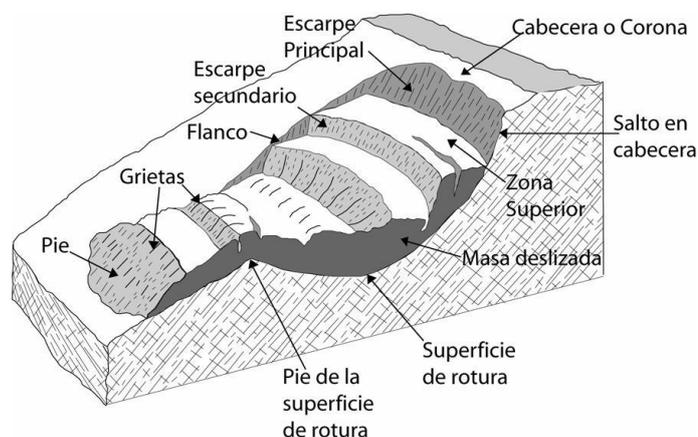


Figura 14. Partes de un deslizamiento rotacional. Fuente: Suarez J., 2009.

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).

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 15 y 16). 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.

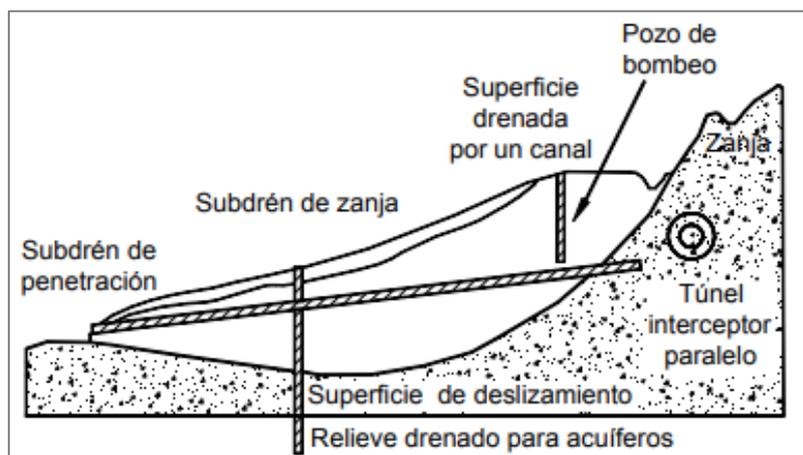


Figura 15. Sistemas de subdrenaje (Suárez, 1998).

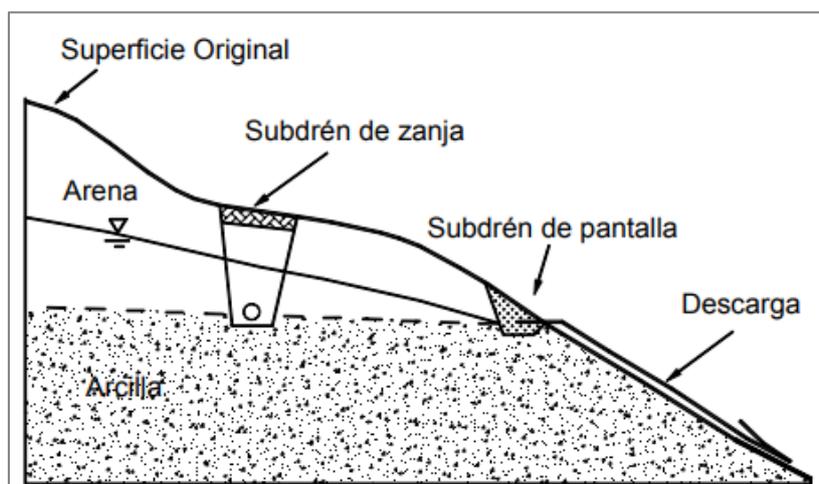


Figura 16. Esquema de un subdrenaje interceptor y un dren en el afloramiento (Suárez, 1998).