

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7106

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL CENTRO POBLADO DE CAJAY

Región Áncash
Provincia Huari
Distrito Cajay



DICIEMBRE
2020

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

Equipo de investigación:

Julio Lara Calderón

Gael Araujo Huamán

Referencia bibliográfica

Lara J. & Araujo, G. (2020). "Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el centro poblado de Cajay", informe técnico N° A7106, INGEMMET.

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	4
1.3.3. CLIMA	5
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS	6
2.1. Unidades litoestratigráficas	6
2.1.1. Formación Oyón (Ki-oy).....	6
2.1.2. Formación Chimú (Ki-chi)	7
2.1.3. Formación Santa, Carhuaz (Ki-s,ca).....	7
2.1.4. Depósitos coluviales (Qh-cl)	8
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	8
3.1. Unidades geomorfológicas	9
3.1.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional	9
3.1.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional.....	10
4. PELIGROS GEOLÓGICOS	11
4.1. Reptación de suelos en el centro poblado Cajay	11
4.1.1. FACTORES CONDICIONANTES	14
4.1.2. FACTORES DESENCADENANTES.....	15
4.1.3. DAÑOS.....	15
5. CONCLUSIONES	19
6. RECOMENDACIONES	20
7. BIBLIOGRAFÍA	21
ANEXO 1: MAPAS	22
ANEXO 2: GLOSARIO	25
ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	27

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizada en el centro poblado de Cajay, que pertenece a la jurisdicción del distrito de Cajay, provincia de Huari, región de Áncash. 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 para los tres niveles de gobierno (distrital, regional y nacional).

Las unidades geológicas aflorantes en la zona de estudio, corresponden a depósitos coluviales (compuestos por bloques y cantos angulosos de tamaños variables, envueltos en una matriz areno-arcillosa, de permeabilidad media a alta y con nula o poca compactación). Mientras que el substrato rocoso corresponde a afloramientos de la Formación Oyón (limoarcillitas negras laminadas, las cuales se encuentran muy fracturadas y meteorizadas).

Las geoformas identificadas corresponden a las de origen tectónico degradacional y erosional, conformadas por montañas estructurales en roca sedimentaria, en cuyas laderas se aprecian depósitos coluvio-deluviales; y de origen depositacional y agradacional, conformadas por vertientes o piedemontes coluvio-deluviales, en los cuales se aprecian procesos de reptación.

Los peligros geológicos identificados en el centro poblado de Cajay comprenden los denominados movimientos en masa, tipo reptación de suelos y deslizamientos. Los cuales son generados por factores condicionantes como la pendiente, las características de los suelos inconsolidados, la poca o escasa cobertura vegetal y el mal manejo del sistema de drenaje y riego. Mientras que los factores desencadenantes son las precipitaciones pluviales y/o sismicidad.

La reptación de suelos a manera de asentamientos del terreno ha generado diferentes daños al centro poblado de Cajay, específicamente a las viviendas, que en su mayoría son de material de adobe, así como un tramo de la carretera de acceso al poblado y terrenos de cultivo.

Por todo lo descrito anteriormente, se concluye que el área de estudio, es considerada como una **Zona Crítica** de peligro muy alto a la ocurrencia de reptación de suelos y deslizamientos, que pueden ser desencadenados por precipitaciones pluviales intensas y/o extraordinarias, así como movimientos sísmicos.

Finalmente, se brindan recomendaciones que deben ser tomadas en cuenta por las autoridades competentes, las cuales consisten principalmente en mejorar el sistema de drenaje, controlando la filtración de agua que genera inestabilidad del terreno y erosión. Dichas obras deben ser diseñadas y dirigidas por especialistas, entre otras.

1. INTRODUCCIÓN

El INGEMMET, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la “Evaluación de peligros geológicos y consideraciones geotécnicas a nivel nacional (ACT. 7)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Congresista de la República María Isabel Bartolo Romero, según oficio N° 605-2020-2021/MIBR-CR, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de los eventos de tipo reptación de suelos, que afectaron a la población, viviendas y vías de acceso del centro poblado de Cajay.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó a los especialistas Julio Lara Calderón y Gael Araujo Huamán para realizar la evaluación técnica respectiva.

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 Cajay, donde se proporcionan resultados de la inspección 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 se presentan en el centro poblado de Cajay, distrito de Cajay, provincia de Huari, región de Áncash, que compromete la seguridad física de personas, viviendas, obras de infraestructura y vías de comunicación en la zona de influencia de los eventos.
- b) Determinar las causas de origen de los peligros geológicos identificados.
- c) Emitir las recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación de los daños que pueden causar los peligros geológicos identificados.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del INGEMMET, que incluyen el centro poblado de Cajay, relacionados a temas de geología y geodinámica externa, de los cuales destacan los siguientes:

- A) Boletín N° 38, serie C, geodinámica e ingeniería geológica: “Riesgos geológicos en la Región Áncash” (2009). En este boletín se realizó el inventario de peligros en la región Áncash, en el cual se registra un total de 2 129 ocurrencias, de las cuales la mayor ocurrencia corresponde a flujos (21,8%), deslizamientos (21,5%), caída de rocas y derrumbes (20,44%) erosión de laderas (19,82%), movimientos complejos (8,22%) erosión e inundación fluvial (4,41%), reptaciones (2,35%), arenamientos (0,75%), vuelcos (0,38%) y otros.

De acuerdo al mapa regional de susceptibilidad por movimientos en masa, se evidencia que el centro poblado de Cajay se encuentra en zonas de susceptibilidad Muy Alta (figura 1); entendiéndose susceptibilidad a movimientos en masa como la propensión que tiene determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico (movimiento en masa), expresado en grados cualitativos y relativos.

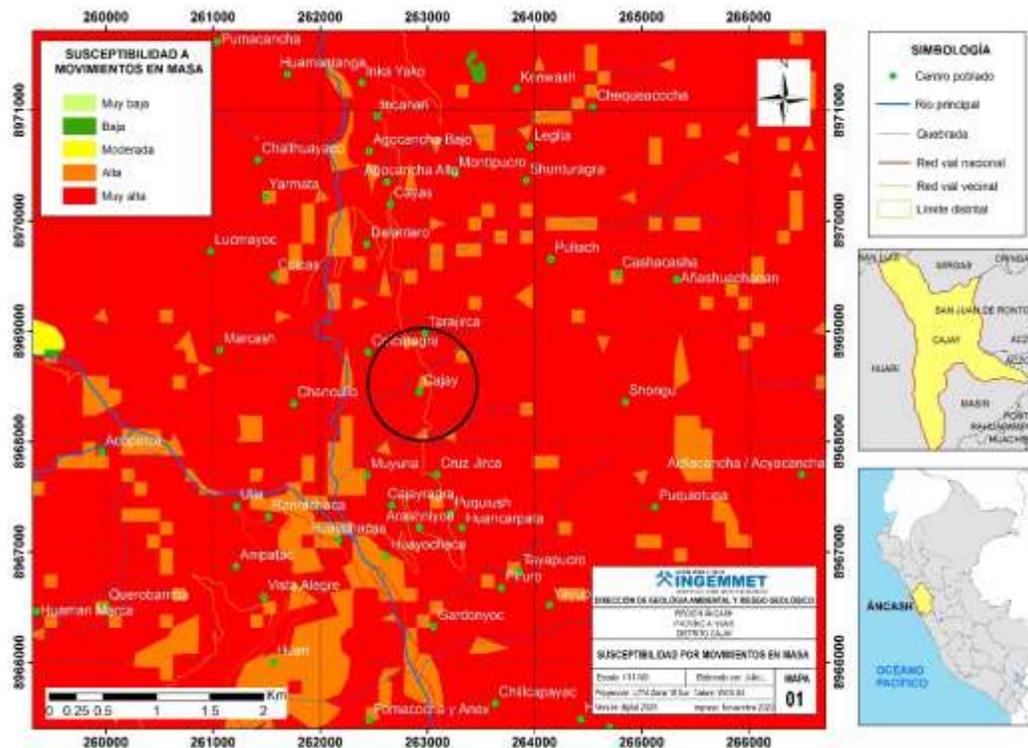


Figura 1. Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa de la zona de estudio y alrededores (Zavala et al., 2009).

- B) Informe técnico: “Zonas críticas por peligros geológicos y geohidrológicos en la región Áncash” (2007). En este informe se actualiza e indica que en la región Áncash, existe un total de 2020 ocurrencias, desarrollado a través de trabajo

geológico de campo (cartografía a escala 1:100,000 y 1: 50,000), interpretación de fotografías aéreas imágenes satelitales de alta resolución disponibles en el Google Earth. También muestra la identificación y descripción de 79 “Zonas Críticas”, lo cual corresponde a la determinación de peligros potenciales individuales y/o el análisis de densidad de ocurrencias de peligros potenciales en un área, donde se exponen áreas con infraestructura, población, etc., vulnerables.

- C) “Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Huari (19-i) Escala 1: 100 000 (2003). La actualización del cuadrángulo de Huari (19-i) a escala 1:100 000 se realizó como parte del proyecto de Revisión y Actualización de la Carta Geológica Nacional realizado por INGEMMET en el año 2003. En este estudio se muestra y describen las unidades litoestratigráficas como las formaciones Oyón, Chimú, Santa y Carhuaz que corresponden al Grupo Goyllarisquizga.
- D) Boletín N° 60, serie A, carta geológica nacional: “Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari” (1995). En este boletín se muestran las unidades litoestratigráficas identificadas en la zona de estudio y alrededores que corresponden a las formaciones Oyón, Chimú y Santa-Carhuaz que forman parte del Grupo Goyllarisquizga.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. UBICACIÓN

El centro poblado de Cajay, pertenece al distrito de Cajay, provincia Huari, región Áncash (figura 2), en las coordenadas UTM (WGS84 - Zona 18S) siguientes:

Cuadro 1. Coordenadas del área de estudio.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	262988	8968388	-9.32°	-77.16°

1.3.2. ACCESIBILIDAD

El acceso por vía terrestre, desde la ciudad de Lima, se realizó mediante la siguiente ruta:

Cuadro 2. Rutas y accesos a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima - La Unión	Asfaltada	431	7h y 39min
La Unión - Huari	Asfaltada	131	3h y 25min
Huari - Cajay	Asfaltada	11	25min

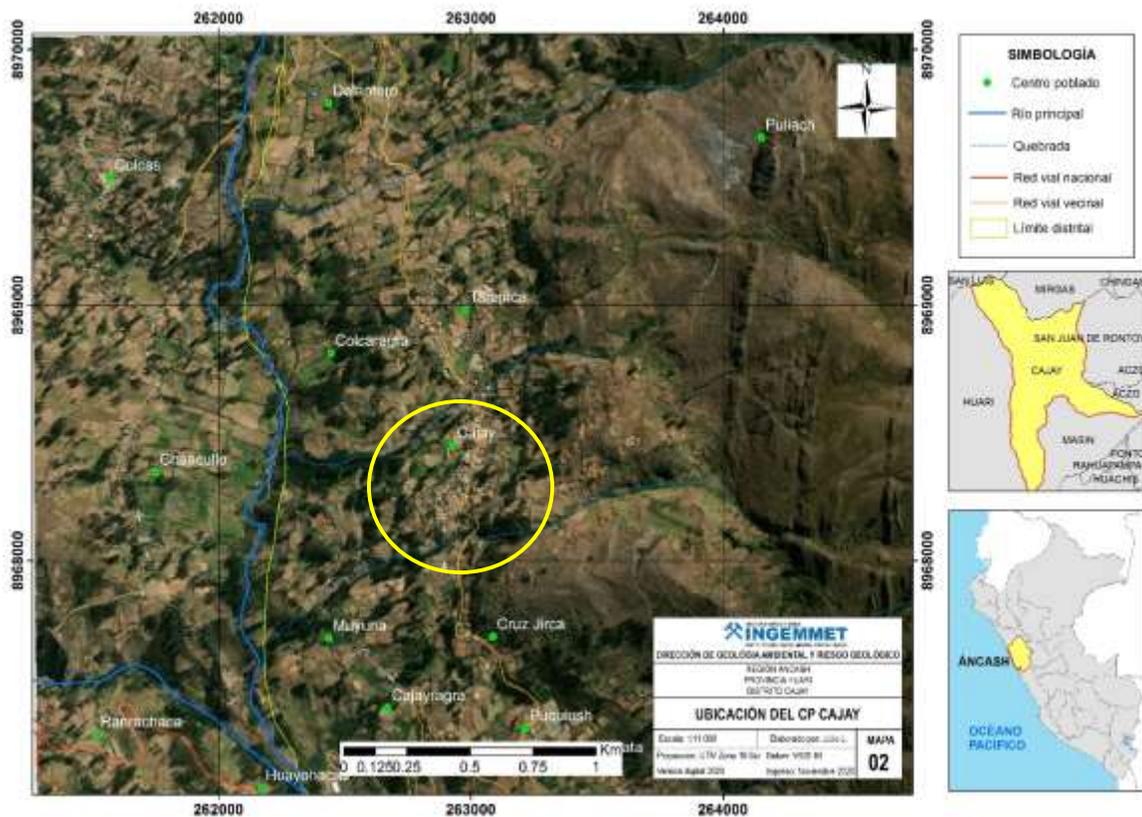


Figura 2. Mapa de ubicación.

1.3.3. CLIMA

De acuerdo al Mapa climático nacional elaborado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI, el distrito de Cajay presenta un clima frío o boreal (de los valles mesoandinos). Este tipo climático de la región de la sierra, se extiende entre los 3 000 y 4 0000 m s.n.m.

El clima frío se caracteriza por precipitaciones anuales promedio de 700 mm y temperaturas medias anuales de 12°C. Presenta veranos lluviosos e inviernos secos con fuertes heladas.

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico del área de estudio se elaboró teniendo como base el Boletín N° 60: “Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari” (Wilson et al., 1995) y la “Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Huari (19-i) Escala 1: 100 000” (Valdivia & Mamani, 2003) donde se han identificado principalmente unidades litoestratigráficas como las formaciones Oyón, Chimú, Santa y Carhuaz que corresponden al Grupo Goyllarisquizga. De igual manera se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, vuelos con drone y observaciones de campo.

2.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas aflorantes corresponden a afloramientos rocosos y depósitos coluviales que han sido acumulados desde el Cretáceo hasta la actualidad (anexo 1). Localmente se han identificado a las formaciones Oyón, Chimú, Santa y Carhuaz, así como depósitos coluviales.

2.1.1. Formación Oyón (Ki-oy)

La parte inferior de esta formación está constituida por bancos delgados de areniscas cuarzosas grises a veces blancas, de grano fino a medio, ocasionalmente gruesas; intercaladas con limoarcillitas negras y grises a veces laminadas, además de niveles de carbón. En las limoarcillitas son frecuentes los nódulos ferruginosos y la presencia de pirita. Mientras que la parte superior corresponde a bancos de areniscas cuarzosas, gruesos y que se intercalan con niveles de carbón que pueden alcanzar los 2 m de grosor. No se han encontrado fósiles en esta unidad, sin embargo por su posición estratigráfica, tentativamente se le asigna al Neocomiano inferior, probablemente Berrisiano.

En el centro poblado de Cajay se identificaron afloramientos de esta formación que corresponden a limoarcillitas negras laminadas, las cuales se encuentran muy fracturadas y meteorizadas (fotografía 1).



Fotografía 1. Afloramientos de la Formación Oyón que corresponden a limoarcillitas negras laminadas, las cuales se encuentran muy fracturadas y meteorizadas.

2.1.2. Formación Chimú (Ki-chi)

Litológicamente la base de la Formación Chimú está compuesto por bancos medianos a gruesos, de areniscas cuarzosas blancas de grano fino a medio, intercalados con limoarcillitas carbonosas y niveles discretos de carbón. Hacia la parte superior está compuesta por bancos gruesos de areniscas cuarzosas de grano medio a grueso, frecuentemente con laminaciones sesgadas y horizontales.

El grosor de la unidad es variable, en la parte central al oeste de Huari puede alcanzar los 500 m, mientras que hacia el norte se adelgaza y puede variar entre los 200 y 300 m. No se ha encontrado fauna alguna, sin embargo por su posición litoestratigráfica suprayacente a la Formación Oyón del Neocomiano inferior e infrayacente a la Formación Santa del Valanginiano, se le asigna al Berriasiano superior-Valanginiano inferior.

2.1.3. Formación Santa, Carhuaz (Ki-s,ca)

La Formación Santa litológicamente está compuesta hacia la base por intercalaciones de areniscas cuarzosas y limoarcillitas calcáreas de color verde, además de delgados niveles de calizas. Hacia la parte superior consiste principalmente de bancos delgados de calizas grises a veces con chert, intercaladas con algunos niveles de limoarcillitas calcáreas grises y con presencia de lentes de yeso. El grosor de la unidad varía entre 80 y 100 m. No se han encontrado fósiles diagnósticos en la Formación Santa, aunque se puede asignar al Valanginiano, sobre la base del hallazgo de invertebrados de esa edad en las lutitas sobreyacentes de la Formación Carhuaz.

La Formación Carhuaz sobreyace concordantemente a la Formación Santa e infrayace de la misma forma a la Formación Farrat. Consiste en bancos delgados a medianos de areniscas cuarzosas de grano medio a fino, que se intercalan con limoarcillitas grises, negras, verdes y rojas. Hacia la parte superior resalta una secuencia de areniscas blancas con laminaciones oblicuas curvas y horizontales, similares a la Formación Farrat. Presenta un grosor que puede alcanzar los 500 m. Como esta formación está generalmente cubierta por la Formación Farrat, que a su vez infrayace a la Formación Pariahunca del Albiano inferior, se supone que el tope de la unidad queda en el Aptiano.

2.1.4. Depósitos coluviales (Qh-cl)

Corresponde a depósitos del Cuaternario (Holoceno) que se encuentran en los flancos de los valles.

En la zona de estudio se identificaron depósitos coluviales que corresponden a depósitos inconsolidados compuestos por bloques y cantos angulosos de tamaños variables, envueltos en una matriz arenoarcillosa, de permeabilidad media a alta y que presentan nula o poca compactación (fotografía 2).



Fotografía 2. Depósitos coluviales, identificados en el centro poblado de Cajay, compuestos por bloques y cantos angulosos de tamaños variables, envueltos en una matriz arenoarcillosa.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

3.1. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio, 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., 2019).

3.1.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

Los paisajes morfológicos, resultantes de los procesos denudativos forman parte de las cadenas montañosas, colinas, superficies onduladas y lomadas.

3.1.1.1. Unidad de Montaña

Es la unidad o componente de cualquier cadena montañosa y se define como una gran elevación natural del terreno, de diverso origen, con más de 300 metros de desnivel. La cima de estas geoformas puede ser aguda, subaguda, semiredondeada, redondeada o tabular y cuyas laderas regulares, irregulares a complejas presentan un declive promedio superior al 30% (FAO, 1968).

Sub Unidad de Montaña estructural en roca sedimentaria (RME-rs): Corresponde a geoformas conformadas por afloramientos de rocas sedimentarias tipo limoarcillitas y areniscas, reducidos por procesos denudativos y que se encuentran conformando elevaciones alargadas y de pendiente moderada a alta (25° a 40°).

Se identificaron estas formas del relieve en los alrededores del centro poblado de Cajay, (fotografía 3).



Fotografía 3. Montaña estructural en roca sedimentaria (RME-rs) identificada en la zona de estudio. Sobre esta geoforma se asienta el área urbana del centro poblado de Cajay.

3.1.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional

Estas geoformas son resultado del conjunto de procesos geomorfológicos a los que se puede denominar constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía y los vientos; los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultantes de la denudación de terrenos más elevados.

3.1.2.1. Unidad de Piedemonte

Los piedemontes corresponden a un conjunto de depósitos que conforman una superficie inclinada y disectada que se extiende al pie de sistemas montañosos y que ha sido formada por la depositación de las corrientes de agua que emergen de los terrenos más elevados hacia las zonas más bajas y abiertas (Villota, 1991).

Sub Unidad de Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd): Esta sub unidad corresponde a las acumulaciones de laderas originadas por procesos de movimientos en masa (deslizamientos, derrumbes y caídas de rocas), así como también por la acumulación de material fino y detrítico, caídos o lavados por escorrentía superficial, los cuales se acumulan sucesivamente al pie de laderas.

Se identificaron estas geoformas en los alrededores del centro poblado de Cajay (fotografía 4).



Fotografía 4. Geoformas de vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd) identificadas en los alrededores del centro poblado de Cajay.

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos, corresponden a movimientos en masa, de tipo reptación de suelos y deslizamientos (PMA: GCA, 2007).

Estos peligros geológicos tienen como causas o condicionantes, factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de roca, suelo, el drenaje superficial-subterráneo y la cobertura vegetal; mientras que los factores desencadenantes se representan por eventos de precipitaciones pluviales intensas y/o excepcionales, así como sismicidad.

4.1. Reptación de suelos en el centro poblado Cajay

La evaluación geológica realizada en el centro poblado Cajay permitió identificar movimientos en masa de tipo reptación de suelos y deslizamientos, los cuales afectan el centro poblado en mención, vías de acceso y terrenos de cultivo.

Parte del centro poblado de Cajay se asienta sobre depósitos coluviales que corresponden a depósitos compuestos por bloques y cantos angulosos de tamaños variables, envueltos en una matriz arenarcillosa, sobre la cual ocurren procesos de reptación de suelos, evidenciados por asentamientos en el terreno que han afectado viviendas, vías de acceso y terrenos de cultivo (figura 3).



Figura 3. Procesos de reptación de suelos identificados en terrenos de cultivo del centro poblado Cajay.

Según indicaron los pobladores y autoridades de la zona, el centro poblado ha sido afectado por estos procesos desde hace aproximadamente 40 años, pero en los últimos años estos procesos se han intensificado generando mayor afectación en el centro poblado.

En la zona de estudio se han identificado asentamientos del terreno de hasta 1 metro de altura, muchos de estos asentamientos han sido cubiertos por cultivos agrícolas (fotografías 5 y 6).



Fotografía 5. Procesos de reptación de suelos que afectan terrenos de cultivo en el centro poblado Cajay.



Fotografía 6. Reptación de suelos a manera de asentamientos en el terreno, los cuales han sido cubiertos por cultivos.

Otro factor importante en la aceleración de los procesos de reptación son las filtraciones de agua de escorrentía y el mal uso de los sistemas de drenaje; estos últimos sin revestimientos, y que saturan los terrenos generando inestabilidad en la zona (fotografía 7).



Fotografía 7. Sistema de drenaje sin revestimiento lo que genera la filtración del agua y posterior saturación del suelo.

En la parte alta del centro poblado de Cajay no se evidencian grandes afectaciones, debido a la presencia de afloramientos rocosos, a diferencia de lo ocurrido en la parte baja, donde se presentan agrietamientos y asentamientos del terreno, que han afectado algunas viviendas dejándolas inhabitables, así como terrenos de cultivo.

En la parte baja del centro poblado, se identificaron deslizamientos recientes de tipo rotacional, los cuales tienen escarpes de hasta 2 metros de altura.

Los deslizamientos identificados se han generado debido a factores condicionantes como la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de suelo, el drenaje superficial-subterráneo y la cobertura vegetal; mientras que los factores desencadenantes corresponden a las precipitaciones pluviales intensas y/o excepcionales que se producen en la zona de estudio (fotografía 8).



Fotografía 8. Deslizamientos recientes identificados en la parte baja del centro poblado de Cajay.

4.1.1. FACTORES CONDICIONANTES

Factores naturales

- Pendientes moderadas a fuertes del terreno (25° a 40°), configuradas en montañas estructurales en roca sedimentaria y depósitos coluvio-deluviales en los alrededores.
- Características de los suelos inconsolidados que corresponden a depósitos coluviales compuestos por bloques y cantos angulosos de tamaños variables, envueltos en una matriz arenoarcillosa, de permeabilidad media a alta y que presentan nula o poca compactación.

- Filtraciones de agua de escorrentía que inestabilizan el terreno.
- Poca o escasa cobertura vegetal.

Factores antrópicos

- Mal manejo del sistema de drenaje y riego; manifestado en la falta de revestimientos de los sistemas de drenaje y el tipo de riego utilizado para los cultivos. El tipo de riego utilizado en la zona corresponde a aspersion y en algunos sectores por inundación.

4.1.2. FACTORES DESENCADENANTES

- Precipitaciones pluviales intensas y/o excepcionales: En la zona de estudio las lluvias excepcionales e intensas incrementan la saturación del suelo, generando asentamientos por infiltración hídrica.
- Actividad sísmica: En el área evaluada y alrededores no ocurren muchos sismos de gran intensidad, sin embargo la ocurrencia de estos generan vibraciones que pueden desestabilizar las laderas del terreno y podrían generar movimientos en masa.

4.1.3. DAÑOS

Los trabajos de campo en la zona de estudio permitieron identificar los daños ocasionados por los procesos de reptación de suelos y deslizamientos.

Principalmente los asentamientos del terreno han generado diferentes daños al centro poblado Cajay, específicamente a las viviendas, que en su mayoría son de material de adobe, así como tramo de carretera de acceso y erosión de terrenos de cultivo.

La principal vía de acceso al centro poblado Cajay fue construida en el año 2008 y en la actualidad se encuentra en ciertos sectores destruida y afectada producto de los asentamientos en el terreno. Los desniveles identificados son notorios y afectó la carretera en mención (fotografía 9).



Fotografía 9. Carretera de acceso al centro poblado Cajay afectada a causa de los asentamientos y movimientos en el terreno.

En la plaza principal, frente a la Municipalidad distrital de Cajay, también se han identificado daños que han afectado este sector (fotografía 10).



Fotografía 10. Plaza principal del centro poblado Cajay con cierta afectación identificada.

Las viviendas del centro poblado Cajay son en su mayoría de material de adobe, las cuales debido a los asentamientos en el terreno presentan agrietamientos en las paredes y pisos. Algunas de estas viviendas de acuerdo a los daños registrados se han considerado inhabitables con la finalidad de salvaguardar la integridad de la población (figura 4).



Figura 4. Estado actual de las viviendas de adobe en el centro poblado Cajay. A) Presencia de aberturas de hasta 10 cm. B) Agrietamientos en la pared. C) Aberturas de 20 cm en las paredes de adobe. D) Separación con aberturas de hasta 13 cm, por asentamientos.

Los terrenos de cultivo también han sido afectados por los procesos de reptación de suelos. Muchos de los asentamientos del terreno han sido cubiertos por vegetación y/o cultivos. Sin embargo, los daños se han incrementado en los últimos años (fotografía 11).



Fotografía 11. Terrenos de cultivo afectados por procesos de reptación de suelos en la zona de estudio.

5. CONCLUSIONES

- a) El centro poblado Cajay, de acuerdo al mapa de susceptibilidad por movimientos en masa, se encuentra ubicado en zonas de susceptibilidad muy alta a la ocurrencia de movimientos en masa como reptación de suelos y deslizamientos, los cuales fueron identificados durante los trabajos de campo.
- b) En el centro poblado se identificaron depósitos coluviales que corresponden a depósitos inconsolidados compuestos por bloques y cantos angulosos de tamaños variables, envueltos en una matriz arenarcillosa, de permeabilidad media a alta y que presentan nula o poca compactación; estas características condicionan la ocurrencia de movimientos en masa. Mientras que el substrato rocoso corresponde a afloramientos de la Formación Oyón compuestos por limoarcillitas negras laminadas, las cuales se encuentran muy fracturadas y meteorizadas.
- c) Geomorfológicamente, la zona de estudio se encuentra sobre un relieve de montaña estructural en roca sedimentaria que corresponde a geoformas conformadas por afloramientos de rocas sedimentarias tipo limoarcillitas y areniscas, reducidos por procesos denudativos y que se encuentran conformando elevaciones alargadas y de pendiente moderada a alta (25° a 40°). La pendiente es un factor condicionante para la ocurrencia de movimientos en masa.
- d) Los peligros geológicos identificados en la zona evaluada corresponden a movimientos en masa tipo reptación y deslizamiento. Los procesos de reptación de suelo y deslizamientos identificados en el centro poblado Cajay tienen como factores condicionantes: la pendiente del terreno sobre el cual se asienta el centro poblado (25° a 40°); la configuración geomorfológica de la zona de estudio; las características de los suelos inconsolidados de permeabilidad media a alta y que presentan nula o poca compactación; la poca o escasa cobertura vegetal; y el mal manejo del sistema de drenaje y riego. Mientras que los factores desencadenantes son las precipitaciones pluviales y la sismicidad de la zona.
- e) La reptación de suelos y deslizamientos han generado diferentes daños al centro poblado de Cajay, específicamente a las viviendas, que en su mayoría son de material de adobe, así como un tramo de la carretera de acceso y erosión de terrenos de cultivo.
- f) Por las condiciones geológicas y geodinámicas, el centro poblado de Cajay es considerado como **Zona Crítica**, de peligro muy alto por reptación de suelos y deslizamientos, ante la presencia de lluvias intensas y/o extraordinarias, así como la ocurrencia de sismos.

6. RECOMENDACIONES

- A) Mejorar el sistema de drenaje utilizando zanjas de coronación, canales colectores tipo espina de pescado, entre otros (Ver anexo 3) debido a que la filtración de agua genera inestabilidad del terreno y erosión por las aguas.
- B) Revestir los canales de riego con la finalidad de reducir la infiltración de agua proveniente de estos canales.
- C) Utilizar la técnica de riego por aspersión en todos los terrenos de cultivo.
- D) Inhabitar viviendas muy afectadas por la presencia de agrietamientos con la finalidad de salvaguardar la integridad física de la población.
- E) Realizar la identificación y captación de puntos de agua en el centro poblado Cajay.
- F) No construir ningún tipo de infraestructura o edificación en las zonas afectadas y con presencia de asentamientos del terreno.
- G) Realizar la forestación del área de estudio con plantas nativas y evitar la siembra de cultivos en la parte baja del centro poblado de Cajay. Reducir la plantación de productos que necesiten abundante agua.
- H) Prohibir la habilitación urbana en zonas de asentamientos y/o deslizamientos identificados en este informe técnico debido a que representan zonas de inestabilidad.



Segundo A. Núñez Juárez
Jefe de Proyecto-Act-07



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

7. BIBLIOGRAFÍA

Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) - Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.

Suárez, J. (1998) - Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Bucaramanga: Instituto de Investigación sobre Erosión y Deslizamientos, 282 p.

Valdivia, W. & Mamani, C. (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Huari (19-i) Escala 1: 100 000". *INGEMMET*.

Varnes, J. (1978) - Slope movements types and processes. In: SCHUSTER, L. & KRIZEK, J. Ed, Landslides analysis and control. Washington D.C. National Academy Press Transportation Research Board Special Report 176, p.

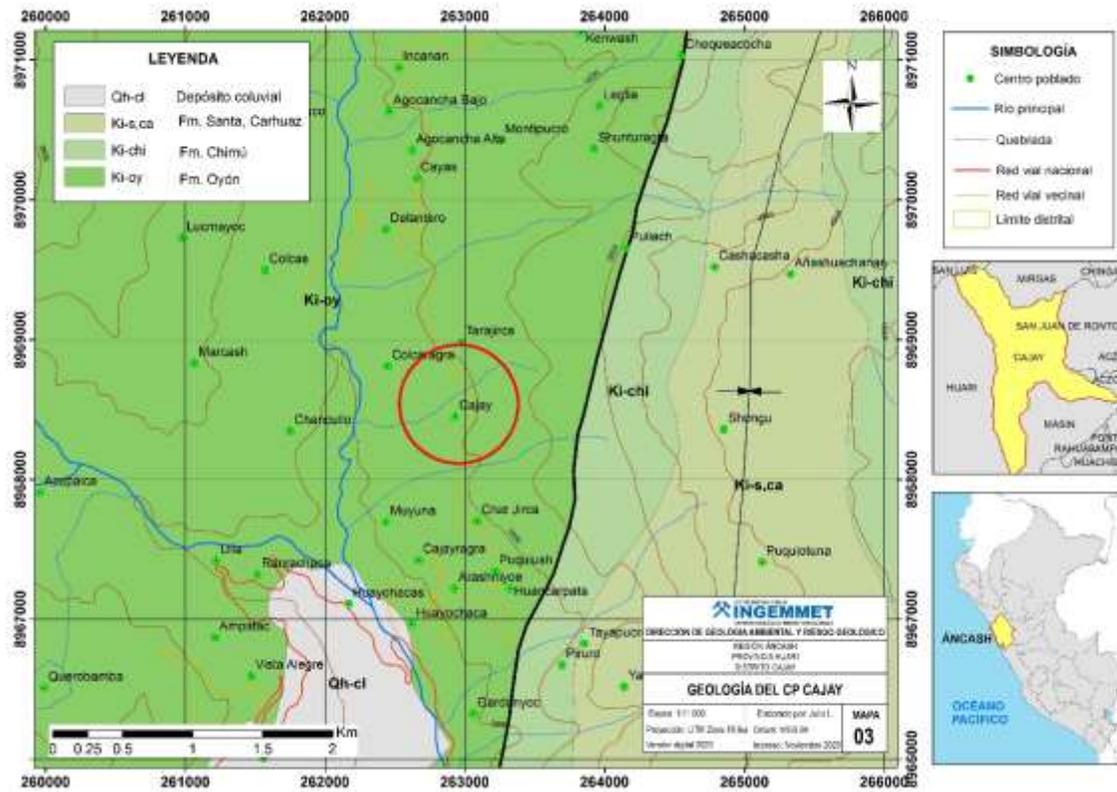
Wilson, J.; Reyes, L. y Garayar, J. (1995). Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari". *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 60, 79 p.

Zavala, B.; Valderrama, P.; Luque, G. & Barrantes, R. (2007). Zonas críticas por peligros geológicos y geohidrológicos en la región Áncash". *INGEMMET, Informe técnico*.

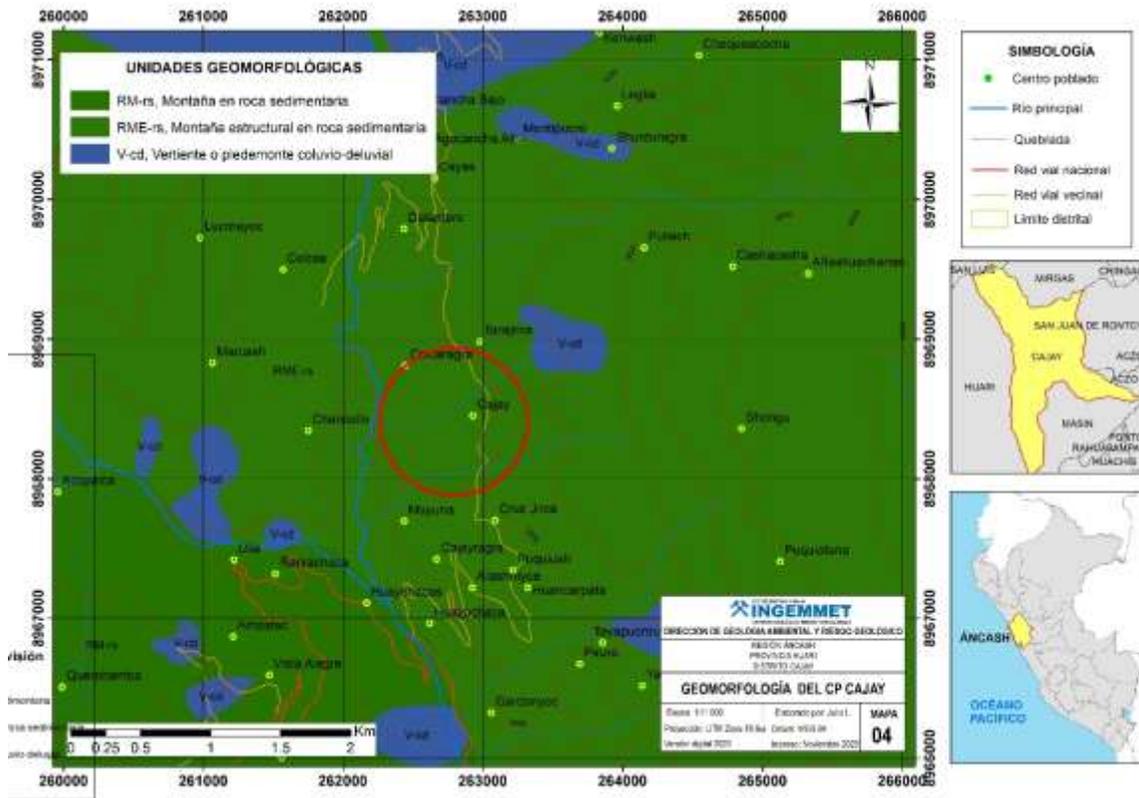
Zavala, B.; Valderrama, P.; Pari, W.; Luque, G. & Barrantes, R. (2009). Riesgos geológicos en la región Áncash. *INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica*, 38, 280 p.

ANEXO 1: MAPAS

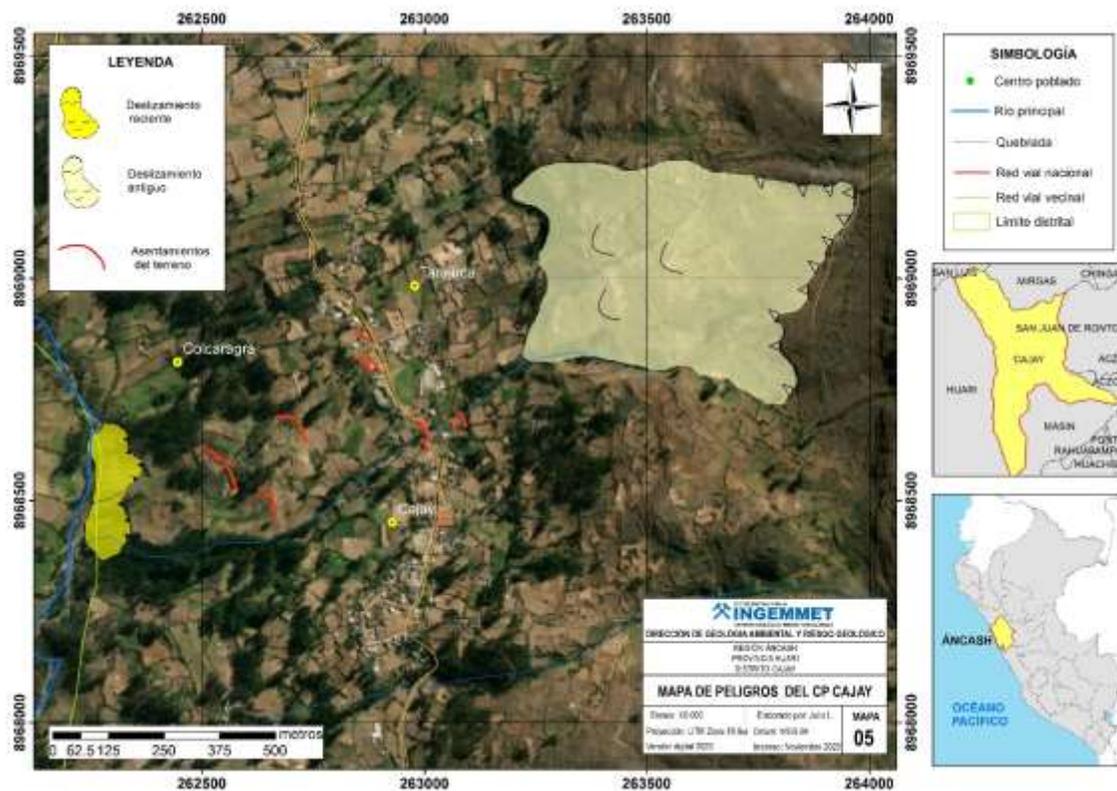
MAPA GEOLÓGICO DEL CENTRO POBLADO CAJAY



MAPA GEOMORFOLÓGICO DEL CENTRO POBLADO DE CAJAY



MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS DEL CENTRO POBLADO DE CAJAY



ANEXO 2: GLOSARIO

a) Reptación de suelos

La reptación se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo (Figura 5).

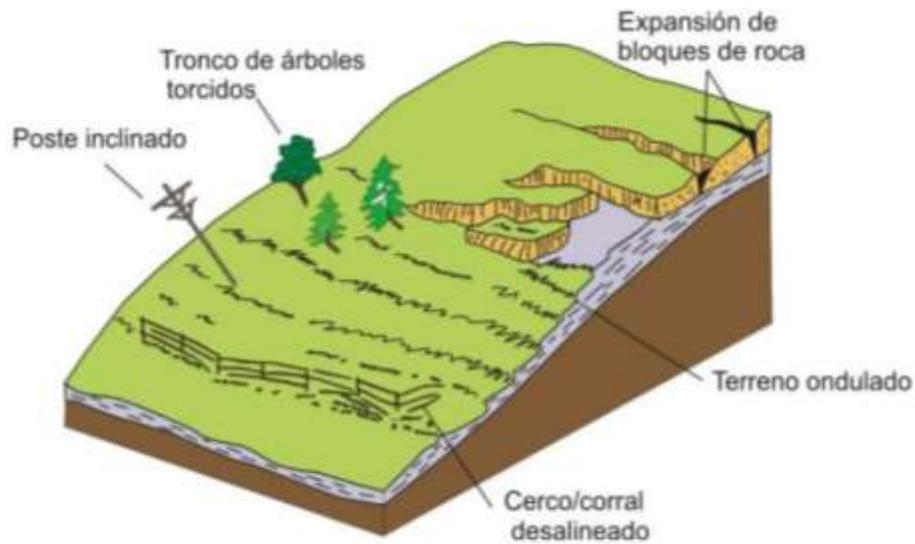


Figura 5. Esquema de reptación de suelos.

b) Deslizamientos

Los deslizamientos son movimientos ladera abajo de una masa de suelo o roca, desplazándose a lo largo de una superficie. Según Varnes (1978), se clasifican a los deslizamientos por la forma de la superficie de falla o ruptura por donde se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. En rocas competentes las tasas de movimiento son con frecuencia bajas, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas (PMA: GCA, 2007).

Los deslizamientos rotacionales son un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava (figura 6). Los deslizamientos rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado, y una contra-pendiente en la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca. Debido a que el mecanismo rotacional es auto-estabilizante, y este ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimiento

es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas.

Los deslizamientos rotacionales pueden ocurrir lenta a rápidamente, con velocidades menores a 1 m/s. (PMA: GCA, 2007).

En la figura 7, se representa las partes principales de un deslizamiento rotacional.

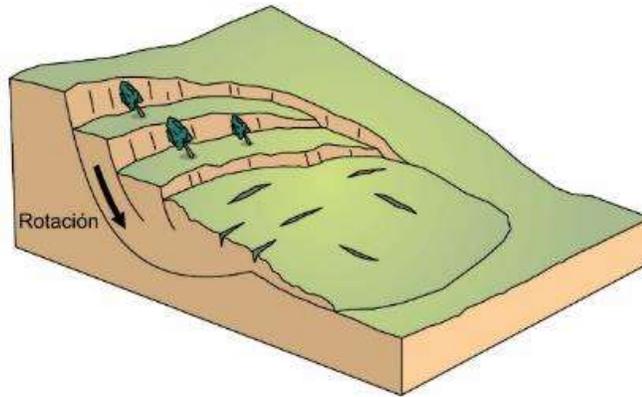
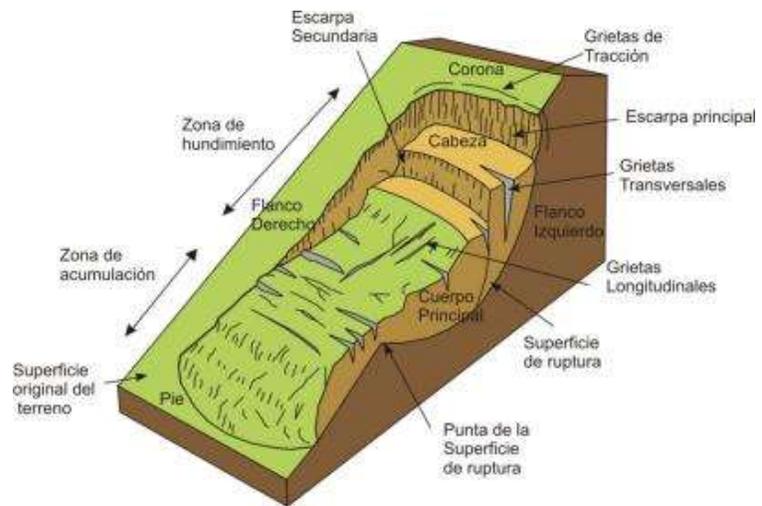


Figura 6. Esquema de un deslizamiento rotacional (tomado del Proyecto Multinacional Andino, 2007).

Figura 7. Esquema de un deslizamiento rotacional donde se muestra sus partes principales.



ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

Las medidas de prevención y/o mitigación que se recomiendan a las autoridades pueden ser utilizadas en forma independiente o combinada, según las características de cada talud. Dichas técnicas dependerán de un estudio geotécnico a detalle realizado por un especialista en geotecnia.

Dentro de las principales medidas de estabilidad, para mitigar los movimientos en masa identificados, se encuentran el control del agua superficial y subterráneo, debido a que las filtraciones de aguas de escorrentía son un factor importante en la inestabilidad del terreno.

El control del agua superficial es un sistema tendiente a controlar el agua y sus efectos, disminuyendo las fuerzas que producen movimiento y/o aumentando las fuerzas resistentes. El control del agua tanto superficial como subterránea es muy efectivo y es generalmente más económico. El drenaje reduce el peso de la masa y al mismo tiempo aumenta la resistencia de la ladera (Suarez, 1998).

DRENAJE SUPERFICIAL

El drenaje superficial tiene como finalidad recoger las aguas superficiales o aquellas recogidas por los drenajes profundos y evacuarlas lejos del talud, evitándose la infiltración y la erosión. El sistema de recolección de aguas superficiales debe captar la escorrentía tanto de la ladera, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y llevar el agua a un sitio seguro lejos de la zona afectada. Las aguas de escorrentía se evacuan por medio de zanjas de drenaje, impermeabilizadas o no y aproximadamente paralelas al talud. Estas deben situarse a poca distancia de la cresta del talud y detrás de la misma, de manera que eviten la llegada del agua a las grietas de tensión que podrían existir o no (figura 8).

Se utilizan zanjas horizontales o canaletas de drenaje horizontal que son paralelas al talud y se sitúan al pie del mismo; canales colectores en espina de pescado, que combinan una zanja drenante o canal en gradería, según la línea de máxima pendiente, con zanjas secundarias (espinas) ligeramente inclinadas que convergen en la espina central. Su construcción y mantenimiento en zonas críticas debe tener buena vigilancia. Estos canales deben ser impermeabilizados adecuadamente para evitar la infiltración de las aguas (figura 9).

Los canales deben conducirse a entregas en gradería u otro disipador de energía que conduzca el agua recolectada hasta un sitio seguro (figuras 10 y 11).

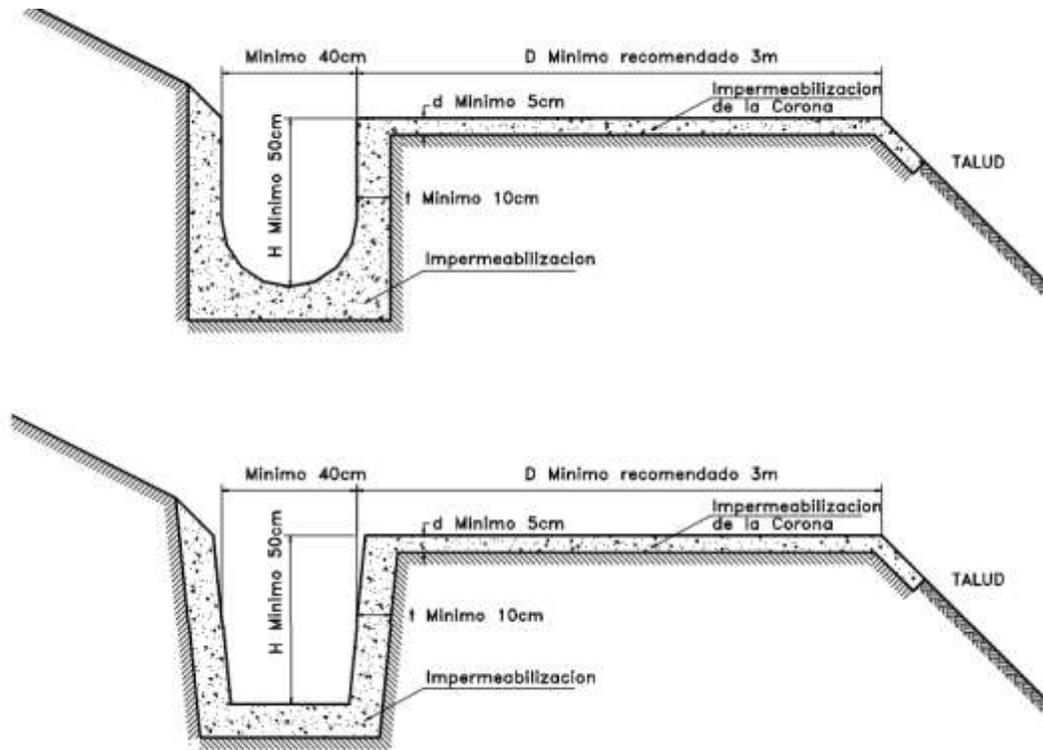


Figura 8. Detalle de zanjas de coronación para el control de aguas superficiales en un talud (Suarez, 2010).

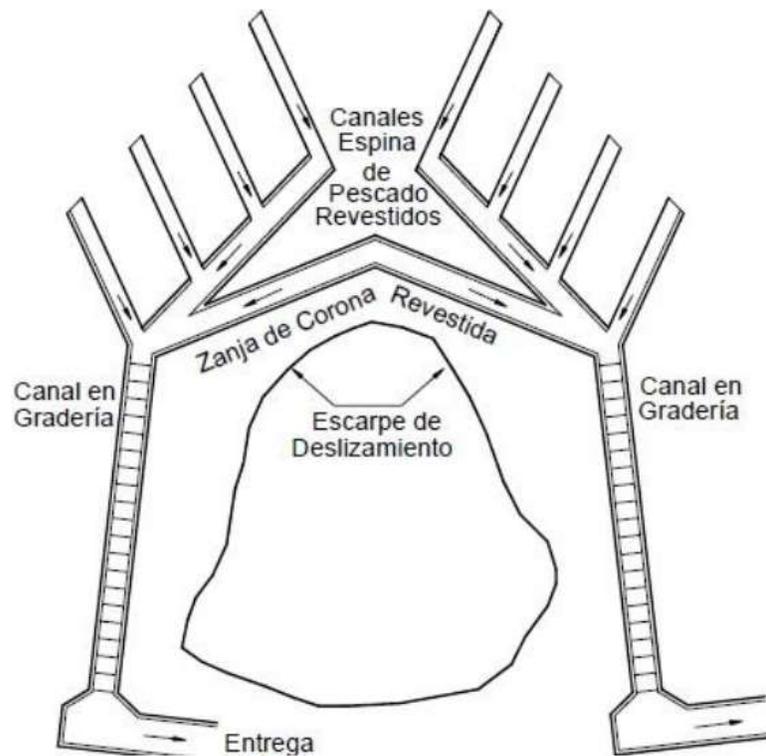


Figura 9. Esquema de planta de canales colectores espina de pescado con canales en gradería.

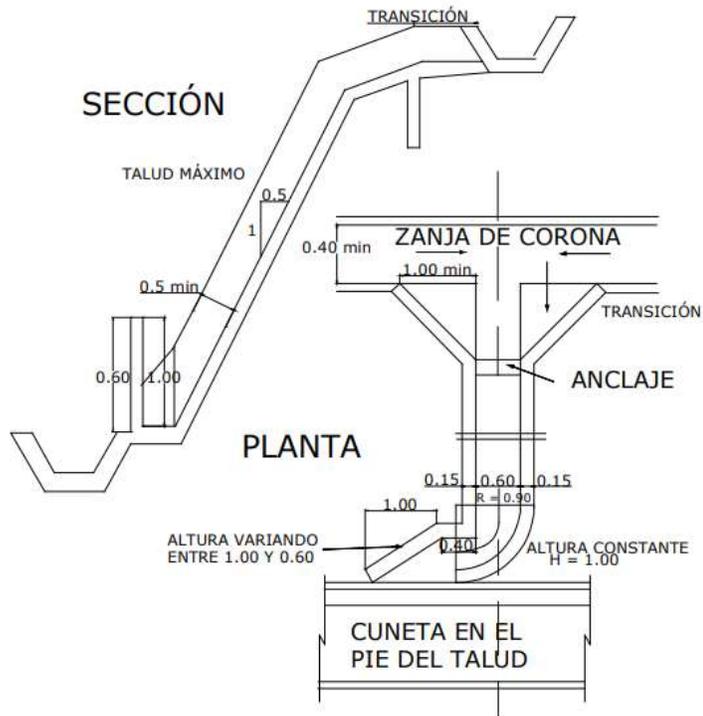


Figura 10. Detalle de un canal rápido de entrega.

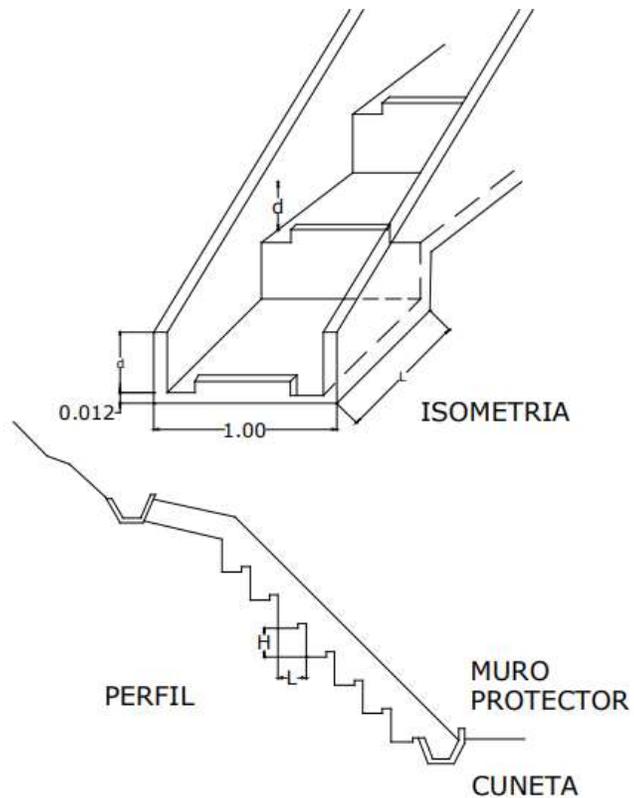


Figura 11. Canal de entrega con gradas de disipación

DRENAJE SUBTERRÁNEO

El control de las aguas subterráneas tiene como objetivos controlar la presión producida por estas aguas y regular las fluctuaciones del nivel freático, brindando estabilidad y garantizando la permanencia de las obras que se encuentran en la superficie del terreno, así como mejorar la aireación del suelo a favor de las coberturas vegetales; este control se hace a través de filtros o subdrenes interceptores, consistentes en zanjas rellenas de material filtrante y elementos de captación y transporte de agua.

Existen diferentes tipos de subdrenes (Suárez, 1992), con material de filtro y tubo colector; con material grueso permeable sin tubo (filtro francés); con geotextil como filtro, material grueso y tubo colector; con geotextil, material grueso y sin tubo; y tubo con capa gruesa de geotextil alrededor (figura 12).

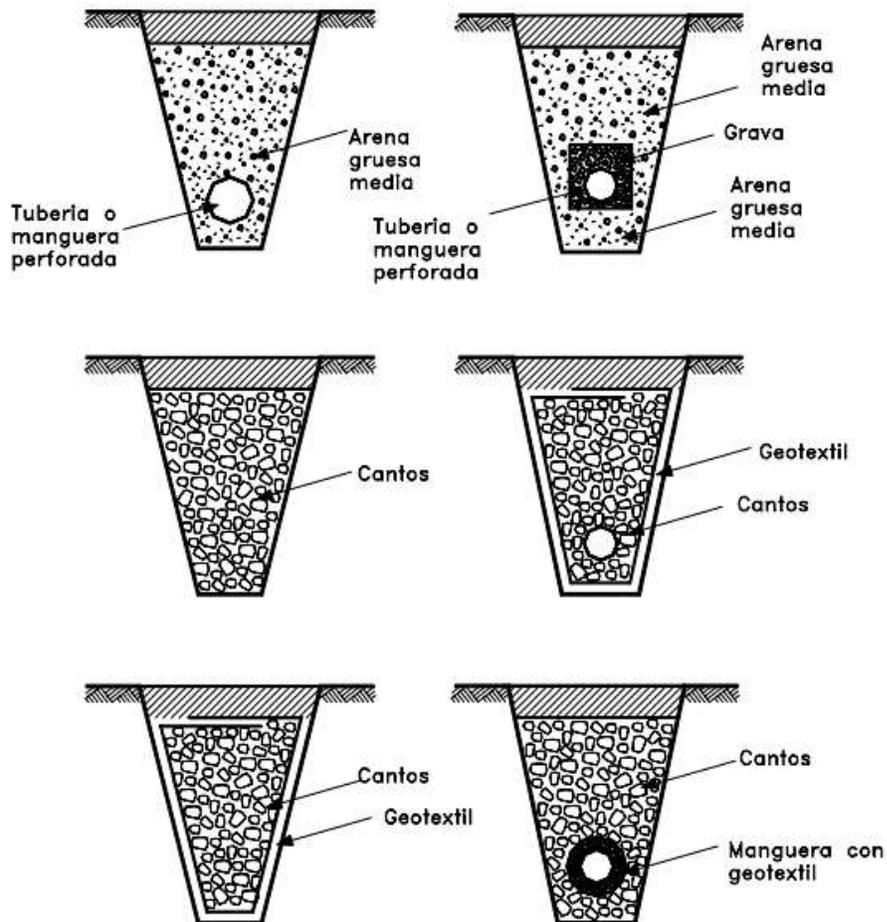


Figura 12. Tipos de subdrenes interceptores (Adaptado de Suárez, 1992).

La elección del tipo de dren interceptor, estará en función del presupuesto y materiales disponibles, así como de las necesidades de captación y caudal del dren; dentro de las

limitaciones e implicaciones en su manejo (Suárez, 1989), se destaca la tendencia al taponamiento, producto del transporte y depositación de las partículas más finas del suelo, razón por la cual debe ser muy cuidadosamente escogido el material de filtro, y el tipo y calidad de geotextil a utilizar. Asimismo, es necesario prestar especial atención a las plantas, ya que invaden los drenes, al taponar los orificios de drenaje.

El sellado de grietas es otra actividad de gran importancia, en la búsqueda del control del agua y estabilidad del terreno; con ella se previene la penetración del agua a través de grietas existentes en la superficie del terreno, y su posterior contacto con el subsuelo, el cual favorecería eventualmente la ocurrencia de derrumbes en cercanías a las cabeceras de las cárcavas.