

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7121

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR DE TAYABAMBA

Región La Libertad
Provincia Pataz
Distrito Tayabamba



FEBRERO
2021

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

Equipo de investigación:

Julio Lara

Luis Araujo

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2021). Evaluación de peligros geológicos en el sector de Tayabamba. Distrito Tayabamba, provincia Pataz, región La Libertad, Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7121, 41 p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO	2
1.2. ANTECEDENTES Y TRABAJOS ANTERIORES	3
1.3. ASPECTOS GENERALES	4
1.3.1. UBICACIÓN.....	4
1.3.2. ACCESIBILIDAD	5
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	6
2.1. UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	7
2.1.1. Complejo del Maraón (NP-cm-esq, gn)	7
2.1.2. Grupo Mitu (PET-m)	8
2.1.3. Depósito coluvio-deluvial (Qh-cd)	8
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	9
3.1. MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES (MDE).....	9
3.2. PENDIENTES DEL TERRENO	9
3.3. UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	11
3.3.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL	12
3.3.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL O AGRADACIONAL..	13
4. PELIGROS GEOLÓGICOS	14
4.1. EROSIÓN DE LADERAS EN EL SECTOR DE TAYABAMBA	16
4.2. DESLIZAMIENTOS EN EL SECTOR DE TAYABAMBA	20
4.2.1. CARACTERÍSTICAS DEL EVENTO.....	23
4.2.2. FACTORES CONDICIONANTES.....	25
4.2.3. FACTORES DESENCADENANTES.....	26
5. CONCLUSIONES.....	30
6. RECOMENDACIONES.....	32
7. BIBLIOGRAFÍA	33
ANEXO 1: GLOSARIO	34
ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y/O MITIGACIÓN	37

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizada en el sector de Tayabamba que pertenece a la jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Tayabamba, provincia Patataz, región La Libertad. 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 actualización, confiable, oportuna y accesible en geología en los tres niveles de gobierno (distrital, regional y nacional).

El sector de Tayabamba se asienta sobre depósitos coluvio-deluviales semiconsolidados, compuestos de bloques y gravas, de formas subredondeadas, englobados en una matriz areno-limosa, que cuando se humedecen pierden su cohesión y son de fácil erosión. El substrato rocoso está conformado por esquistos que se encuentran muy fracturados y meteorizados, presentando un comportamiento geotécnico desfavorable.

En la parte alta del sector de Tayabamba, las laderas presentan pendientes de 25° a 45°, en el sector urbano la pendiente es menor a 15°, mientras que en las zonas de cárcavamiento la pendiente es mayor a 45°, la cual condiciona la ocurrencia de movimientos en masa como deslizamientos y derrumbes.

Los peligros geológicos identificados en la zona de estudio corresponden a movimientos en masa tipo deslizamientos y derrumbes, así como los denominados otros peligros geológicos de tipo erosión de laderas a manera de cárcavas. Como parte del avance retrogresivo de las cárcavas se han producido en ambos márgenes de la quebrada Río Blanco, deslizamientos y derrumbes, los cuales han afectado el 15 de marzo del 2020 las urbanizaciones Ortecho y California del Barrio Bajo. También se han identificado deslizamientos recientes en los sectores Santa Cruz y Suyopampa.

El deslizamiento activo rotacional, identificado en las urbanizaciones Ortecho y California presenta un escarpe semicircular, con longitud de 214 m, un área aprox. de 19 795 m² y un volumen aprox. de 25 000 m³. Los daños registrados en las urbanizaciones mencionadas fueron 25 familias damnificadas, 13 viviendas inhabitables y 12 viviendas destruidas.

Los factores condicionantes para la ocurrencia de movimientos en masa son: las pendientes muy escarpadas del terreno (mayor a 45°), las características del substrato rocoso y de los suelos semiconsolidados, las filtraciones de agua de escorrentía, la erosión en el pie del talud y la poca o escasa cobertura vegetal. Mientras que los factores desencadenantes son las precipitaciones pluviales y los factores antrópicos corresponden al mal manejo del sistema de drenaje y riego, y la deforestación.

Por las condiciones geológicas y geodinámicas, el sector de Tayabamba se considera como **Zona Crítica**, de **Muy Alto Peligro** por deslizamientos, derrumbes y erosión de laderas, ante lluvias intensas y/o extraordinarias, así como la ocurrencia de sismos.

Finalmente, se brindan recomendaciones necesarias que se deben de tomar en cuenta, como reubicar las viviendas ubicadas en los bordes de las quebradas y declararlas zonas intangibles por peligros geológicos, 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 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 en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud del Gobierno Regional de La Libertad, según Oficio N° 175-2020-GRLL-GGR/GRDN-SGDC, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de los eventos de tipo (deslizamientos), ocurridos el 15 de marzo del 2020 que afectó 15 viviendas de las urbanizaciones Ortecho y California del Barrio Bajo del distrito de Tayabamba, de las cuales 10 quedaron destruidas y 5 inhabitables.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó a los especialistas Julio Lara y Luis Araujo para realizar una inspección geológica, geomorfológica y geodinámica en la zona. Los trabajos de campo se realizaron el día 04 de diciembre de 2020, donde se identificaron y caracterizaron los peligros geológicos de la zona. El presente informe incluye la descripción de los factores litológicos y geomorfológicos que condicionan la generación de dichos procesos.

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 del Gobierno Regional de La Libertad, 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 sector de Tayabamba, los eventos pueden comprometer la seguridad física de pobladores, viviendas, vehículos y vías de comunicación en la zona de influencia.
- b) Determinar las causas de origen de los peligros geológicos identificados.
- c) Emitir las recomendaciones pertinentes para la mitigación de los daños que pueden causar los peligros geológicos, identificando las viviendas afectadas en los últimos eventos.

1.2. ANTECEDENTES Y TRABAJOS ANTERIORES

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

- a) Informe técnico N° A6620: “Inspección geológica-geodinámica de los sectores Tayabamba y anexo la merced” (Núñez & Ochoa, 2013). Dicho informe determinó que el sector de Tayabamba-Quebrada Río Blanco, se encuentra asentado sobre depósitos conformados por gravas en matriz areno-limosa, que son de fácil erosión. Además, el vertimiento de aguas residuales en la margen izquierda de la quebrada Río Blanco, venía debilitando la estabilidad del talud. Finalmente, concluye que en el periodo lluvioso se intensificará la erosión en cárcavas. Por ello las viviendas ubicadas en el borde de la quebrada Río Blanco son muy vulnerables a los efectos del cárcavamiento.
- b) Boletín N° 50, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Riesgo Geológico en la Región La Libertad” (Medina et al. 2012). Este estudio menciona que la ciudad de Tayabamba se asienta sobre una vertiente coluvial y se encuentra asociado a movimiento en masa (deslizamientos, deslizamientos-flujos, derrumbes y avalanchas de detritos principalmente) los cuales pueden reactivarse a manera de deslizamientos, derrumbes, movimientos complejos o sufrir procesos de erosión de laderas (cárcavas y surcos).
- c) “Mapa de Susceptibilidad por Movimientos en Masa en la región La Libertad” a escala 1:250 000 (Medina et al. 2012). Tiene como objetivo determinar los grados de susceptibilidad a los movimientos en masa en la región de La Libertad. Este muestra que el sector de Tayabamba se encuentra en zonas de susceptibilidad muy alta a la ocurrencia de movimientos en masa (figura 01).
- d) Boletín N° 60, Serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari”, Hojas; 17-h, 17-i, 18-h, 19-g, 19-i (Wilson et al. 1995). Según la geología descrita a escala 1:100 000, el sector de Tayabamba se ubica al noroeste del cuadrángulo de Tayabamba, en este sector afloran secuencias de rocas metamórficas de edad Neoproterozoica correspondiente al Complejo del Marañón. En la zona de estudio se ha observado un predominio de esquistos micáceos y cloritosos, grises y verdosos, cortados por abundantes vetas de cuarzo lechoso. Estos afloramientos se encuentran fracturados, lo que permite la infiltración del agua de escorrentía.

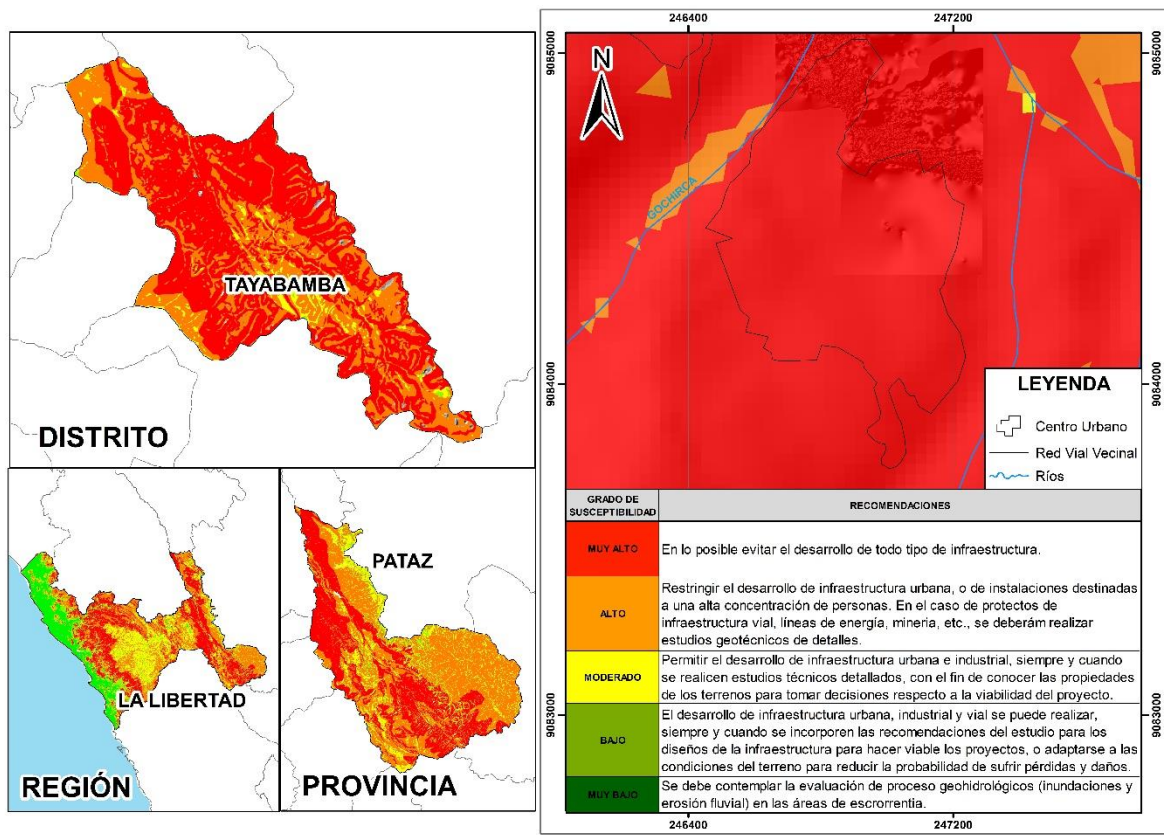


Figura 01: Mapa de Susceptibilidad por movimientos de masa. Fuente: (Medina et al., 2012).

1.3. ASPECTOS GENERALES

1.3.1. UBICACIÓN

El área evaluada corresponde al sector Tayabamba que pertenece al distrito del mismo nombre, provincia Pataz, región La Libertad (figura 02) y se encuentra en las coordenadas UTM (WGS84 - Zona 18 S):

Cuadro 01. Coordenadas del área de estudio.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	246886.34	9085046.79	8°16'02.56"	77°17'52.09"
2	247449.05	9084199.30	8°16'30.23"	77°17'33.86"
3	247134.08	9083908.00	8°16'39.65"	77°17'44.21"
4	246485.21	9084661.37	8°16'15.02"	77°18'05.26"
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C1	246891	9084867	8°16'08.41"	77°17'51.97"

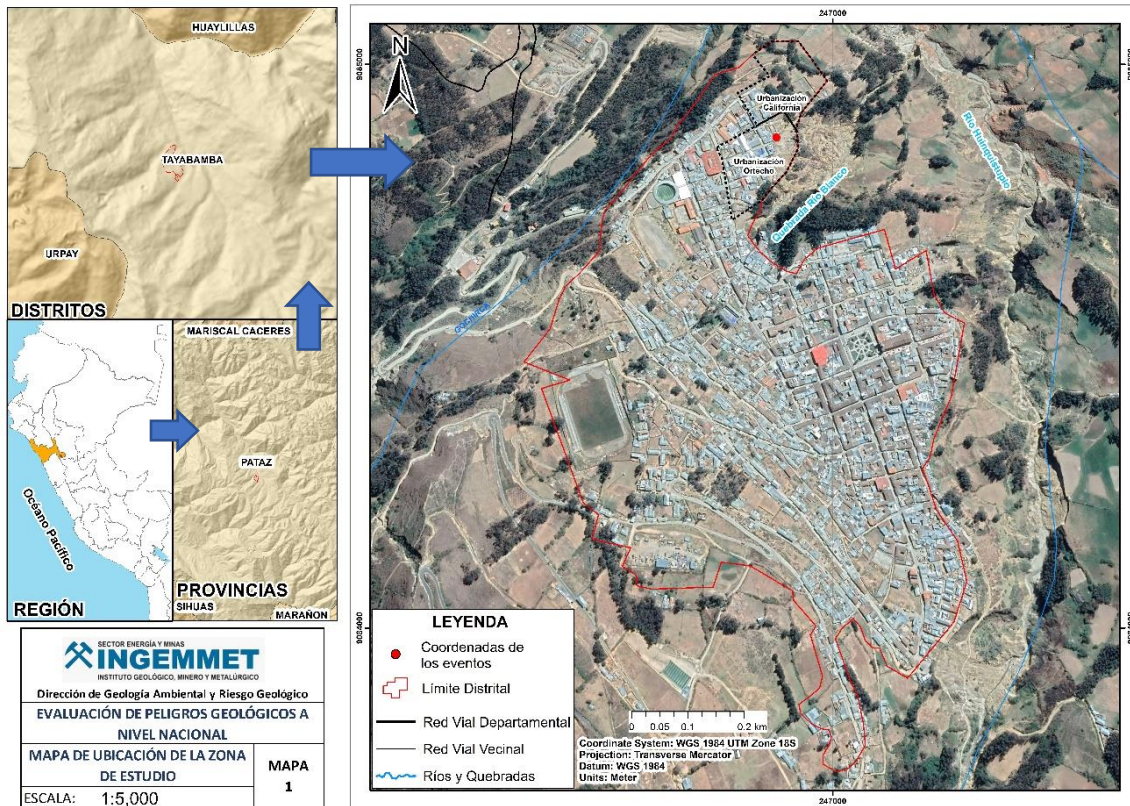


Figura 02. Mapa de ubicación del sector de Tayabamba.

1.3.2. ACCESIBILIDAD

El acceso a la zona de estudio se realizó por vía terrestre, partiendo de Lima – Chimbote - Tayabamba, siguiendo la siguiente ruta:

Cuadro 2. Rutas y accesos a la zona evaluada.

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Lima – Chimbote	Asfaltada	436	7 horas 20 min
Chimbote – Tayabamba	Asfaltada - Afirmada	371	9 horas 44 minutos

1.3.3. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA

Según el Mapa de Clasificación Climática del Perú (SENAMHI, 2018) el cual utiliza la metodología Werren Thornthwaite, indica que la zona de estudio presenta las siguientes características en conjunto tipo C(o,i,p) B'3H3.

(C) Precipitación efectiva: Semiseco; (o,i,p) Distribución de la Precipitación en el Año: Otoño seco, invierno seco, primavera seca; (B'3) Eficiencia de Temperatura: Semifrío; (H3) Humedad Atmosférica: Húmedo.

Según lo mostrado, la zona de estudio presenta un clima del tipo semiseco, frío, seco, este tipo climático se extiende entre los 3 mil y 4 mil msnm. Y se caracteriza por sus precipitaciones anuales de 700 mm y sus temperaturas medias anuales de 12°C. Presenta veranos lluviosos e inviernos secos con fuertes heladas, determinándolo como Clima Frío o Boreal (De los valles Mesoandinos).

1.3.3.1. PRECIPITACIÓN

La información fue adquirida de la estación Convencional-Meteorológica Sihuas (Fuente: SENAMHI), ubicada a 48.4 km al SW del área inspeccionada.

Se consideró las precipitaciones ocurridas durante el mes de marzo del 2020. Teniendo precipitaciones considerables días previos al evento (14, 5.1, 8.4, 9.4) mm desde el día 10 hacia el día 13 marzo respectivamente, lo que permitió la acumulación de agua infiltrada en el terreno (figura 03).

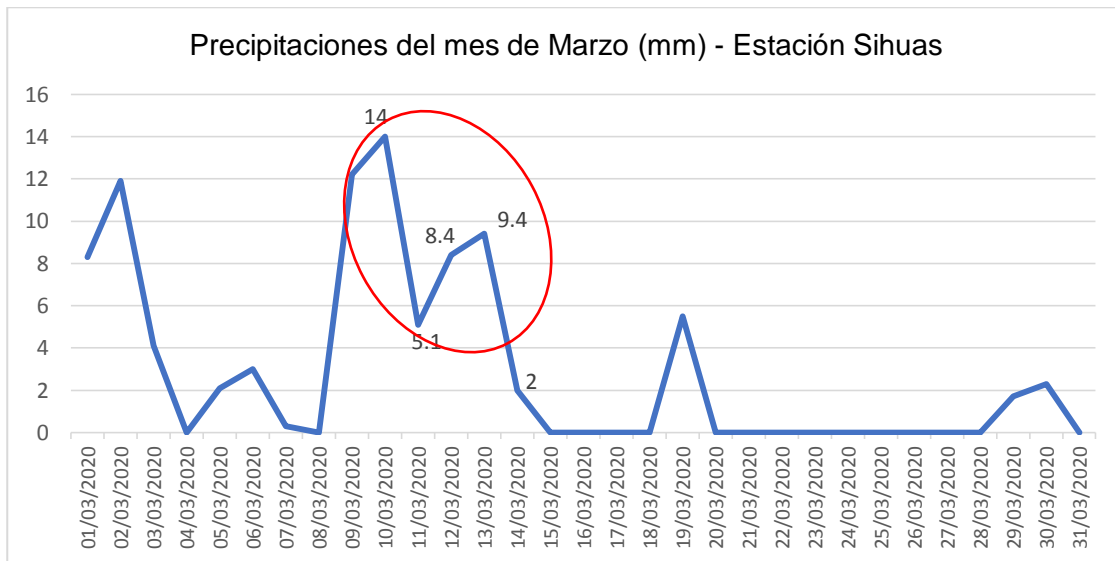


Figura 03: Precipitaciones mensuales registradas por la estación Sihuas. Fuente: SENAMHI

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Según el cuadrángulo geológico de Tayabamba Hoja 17-i a escala 1:100 000 (Wilson et al. 1995), en el sector de Tayabamba, afloran secuencias de rocas metamórficas de la edad Neoproterozoica correspondiente al Complejo del Maraón y areniscas del Grupo Mitu (figura 04).

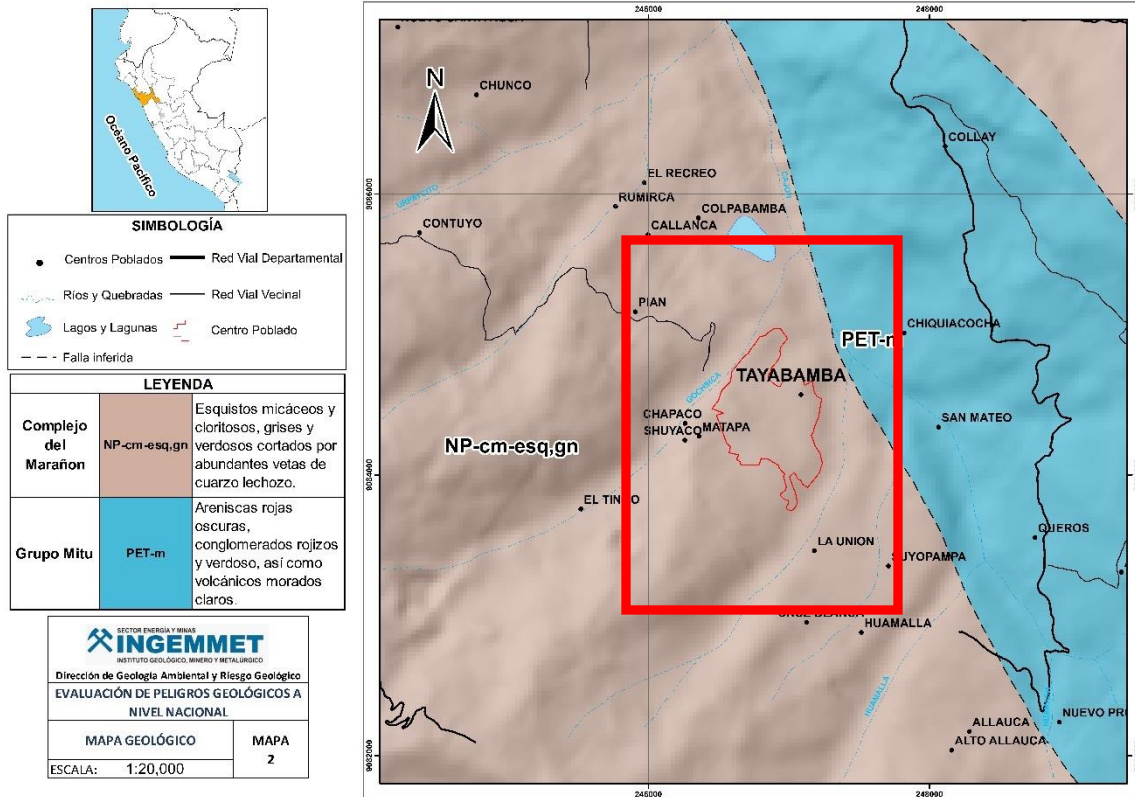


Figura 04. Mapa geológico del sector de Tayabamba. Fuente: Wilson et al. (1995)

2.1. UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona de estudio, corresponden a secuencias de rocas metamórficas del Complejo del Marañón y rocas volcano-sedimentarias del Grupo Mitu.

2.1.1. Complejo del Marañón (NP-cm-esq, gn)

El Complejo del Marañón litológicamente consiste en una secuencia de rocas metamórficas compuestas por esquistos micáceos y cloritosos, grises y verdosos cortados por abundantes vetas de cuarzo lechoso.

En el sector de Tayabamba se identificaron afloramientos de esquistos que se encuentran muy fracturados y meteorizados. Los fracturamientos presentan espacios entre 0.05 a 0.25 m aproximadamente, por ello geotécnicamente este afloramiento es considerado de calidad geotécnica regular a mala (fotografía 01).



Fotografía 01: Vista de un corte del Complejo del Marañón.

2.1.2. Grupo Mitu (PET-m)

El Grupo Mitu está conformado por secuencias de areniscas rojas oscuras, conglomerados rojizos y verdosos, así como volcánicos morados claros. Este grupo, sobreyace con discordancia al Complejo del Marañón. En el cuadrángulo de Tayabamba, sobreyace a una secuencia volcánica indiferenciada del Paleozoico superior, infrayaciendo discordantemente a las secuencias del Grupo Pucará y en algunas localidades (Huancarpata), infrayace al Grupo Goyllarisquizga.

2.1.3. Depósito coluvio-deluvial (Qh-cd)

Son depósitos semiconsolidados, compuestos de bloques y gravas, de formas subredondeadas, naturaleza litológica homogénea (fragmentos de esquistos), englobados en una matriz areno-limosa.

En el sector de Tayabamba, en ambos márgenes de la quebrada Río Blanco, se identificaron depósitos coluvio-deluviales conformados por niveles de limos arenosos, gravas en matriz areno-limosa, gravas con niveles areno-limosos y gravas (figura 05).

Este tipo de depósitos semiconsolidados se encuentran saturados por infiltración hídrica y son susceptibles a la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes.



Figura 05: Depósitos coluvio-deluviales, en la margen derecha de la quebrada Río Blanco, conformados por capas de limos y gravas envueltas en una matriz areno-limosa.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

3.1. MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES (MDE)

El sector de Tayabamba se ubica sobre relieves con elevaciones entre 3 010 a 3 459 m s.n.m.

Las máximas elevaciones se observan al oeste de la zona de estudio, con superficies que alcanzan los 3 239 a 3 304 m s.n.m. de altitud (figura 06).

3.2. PENDIENTES DEL TERRENO

En la parte alta del sector de Tayabamba, las laderas presentan pendientes de 25° a 45°, en el sector urbano la pendiente es menor a 15°, mientras que en las zonas de carcavamiento la pendiente es mayor a 45° (figura 07).

La pendiente es un factor condicionante para la ocurrencia de movimientos en masa como los deslizamientos y derrumbes identificados en el sector de Tayabamba.

Cuadro 03: Rangos de pendientes del terreno

PENDIENTES	CALIFICACIÓN	SUSCEPTIBILIDAD
0 a 1°	0	Muy baja a nula
1 a 5°	1	Baja
5 a 15	2	Media
15 a 25°	3	Alta
25 a 45°	4	Muy Alta
>45°	3	Alta

Fuente: Medina y Ochoa (2012)

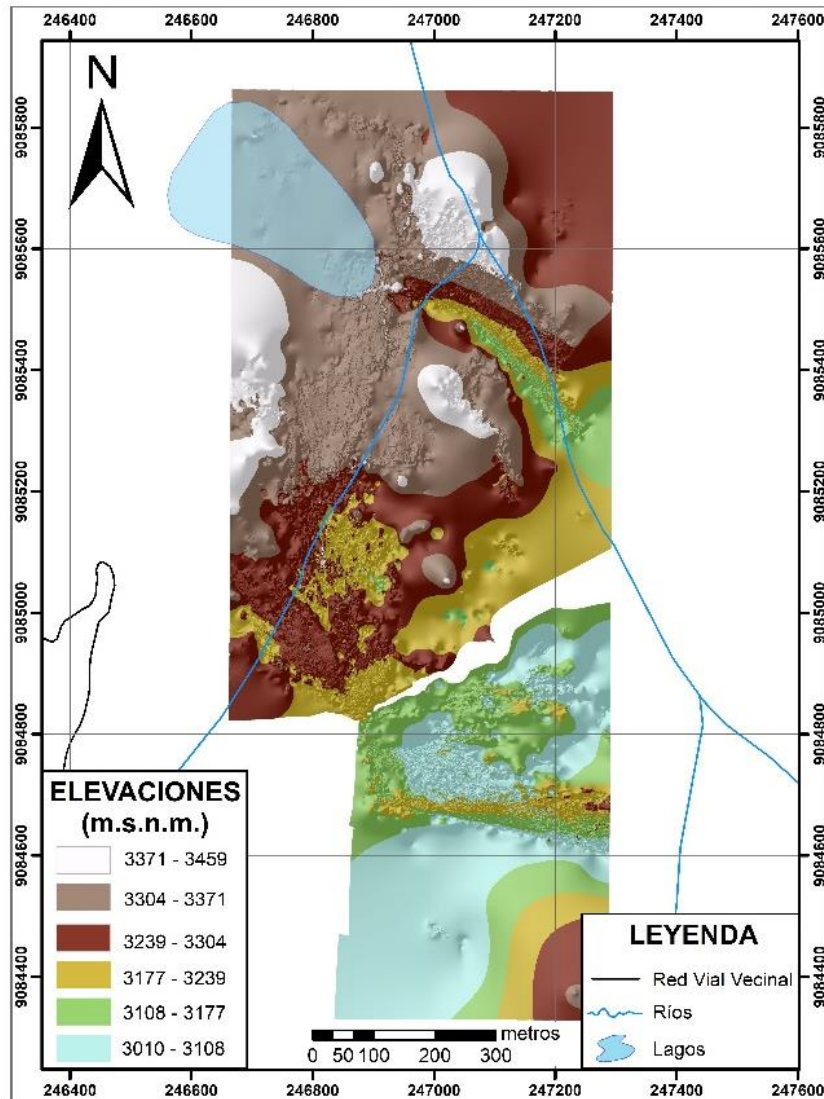


Figura 06. Modelo Digital de Elevaciones (MDE).

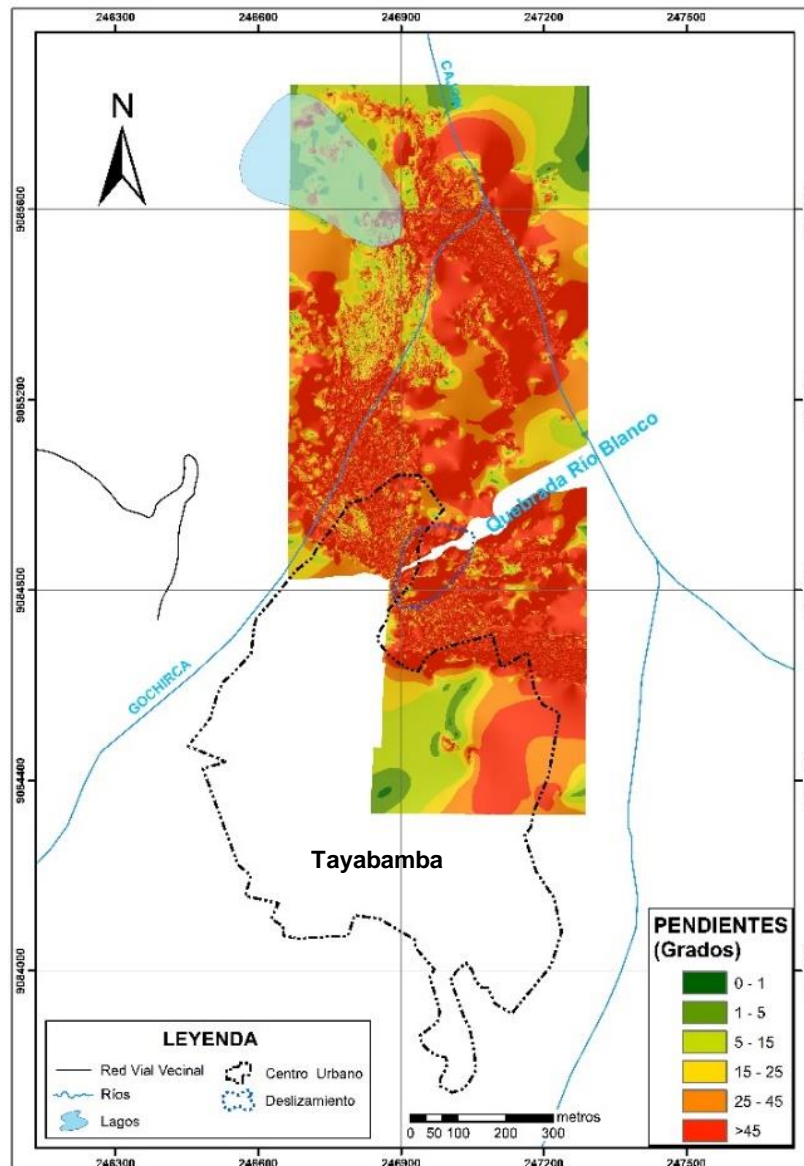


Figura 07. Mapa de pendientes.

3.3. UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

La cartografía geomorfológica y la delimitación de las sub unidades geomorfológicas, se fundamenta en el criterio principal de homogeneidad relativa y la caracterización de los siguientes aspectos (Medina et al., 2012) (figura 08):

- 1) Origen general y específico del relieve, ya sea de erosión o acumulación.
- 2) Tipos generales y específicos del relieve (planicies, colinas y lomeríos, piedemontes y montañas), teniendo en cuenta su amplitud de relieve o altura relativa; para el caso de montañas se consideró además la diferenciación de acuerdo a la pendiente y el control estructural de sus laderas.

- 3) Se incluye en la descripción de las diferentes unidades la litología de las rocas aflorantes y/o depósitos semiconsolidados, así como las amenazas geológicas asociadas.

3.3.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL

Están representadas por las formas del terreno resultantes de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan la zona de estudio.

3.3.1.1. Unidad de montañas

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 montañas en roca metamórfica: Constituyen relictos de cadenas montañosas antiguas expuestas en el lado oriental de la región La Libertad. Por su carácter litológico (Complejo del Marañón), originan superficies moderadas a ligeramente abruptas, superficies de cimas redondeadas y alargadas, y drenajes dendríticos muy densos con valles de tipo en “V”. Esta sub unidad se presenta muy erosionada y asociada a procesos de cárcavas y flujos de detritos. (Medina et al. 2012).

El sector de Tayabamba se ubica en la margen izquierda del río Cajón, sobre laderas de montañas con substrato rocoso metamórfico, cubierto por depósitos superficiales recientes de origen coluvio-deluvial. Las pendientes de las laderas son, en la parte alta, moderada (5° - 15°), mientras que en las zonas de carcavamiento se observan pendientes muy escarpadas (mayor a 45°).

Sub Unidad de montaña en roca volcano-sedimentaria (RM-rvs): Corresponde a geoformas conformadas por afloramientos de rocas volcano-sedimentarias de tipo areniscas rojas oscuras, conglomerados rojizos y verdosos, así como volcánicos morados claros, reducidos por procesos denudativos y que se encuentran conformando elevaciones alargadas y de pendiente muy fuerte (25° a 45°).

Se identificaron estas formas del relieve hacia el noreste del sector de Tayabamba, en la margen derecha del río Cajón.

3.3.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL O AGRADACIONAL

3.3.2.1. Unidad de piedemontes

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 coluvio-deluvial: Se origina de la acumulación de materiales heterogéneos de tamaños variados en las bases de las laderas de montañas, colinas, lomas y escarpes, por efectos de las acumulaciones de depósitos de magnitud cartografiable. Está asociado a movimientos en masa (deslizamientos, deslizamiento-flujos, derrumbes y avalanchas de detritos principalmente). Se incluyen procesos de reptación, relativamente antiguos a prehistóricos. Generalmente, su composición litológica es homogénea; los depósitos de corto recorrido están relacionados a las laderas superiores adyacentes. (Medina et al. 2012).

Sub Unidad de vertiente coluvial de detritos: Es un depósito inconsolidado acumulado en las partes bajas de las laderas de montañas o colinas, en forma de talud de detritos de origen coluvial, de edad reciente, que descienden hacia los valles principales o quebradas tributarias. Por encontrarse cerca de su fuente de origen, presenta una naturaleza litológica homogénea. Sin embargo, su granulometría es variable, con fragmentos angulosos; y su grado de compacidad es bajo, no consolidado y está asociada a procesos de flujos de detritos, erosión de laderas, derrumbes y deslizamientos superficiales (Medina et al. 2012).

El sector de Tayabamba se asienta sobre sub unidades de vertiente coluvial de detritos. En estas geoformas se han identificado deslizamientos recientes, específicamente en las urbanizaciones Ortecho y California.

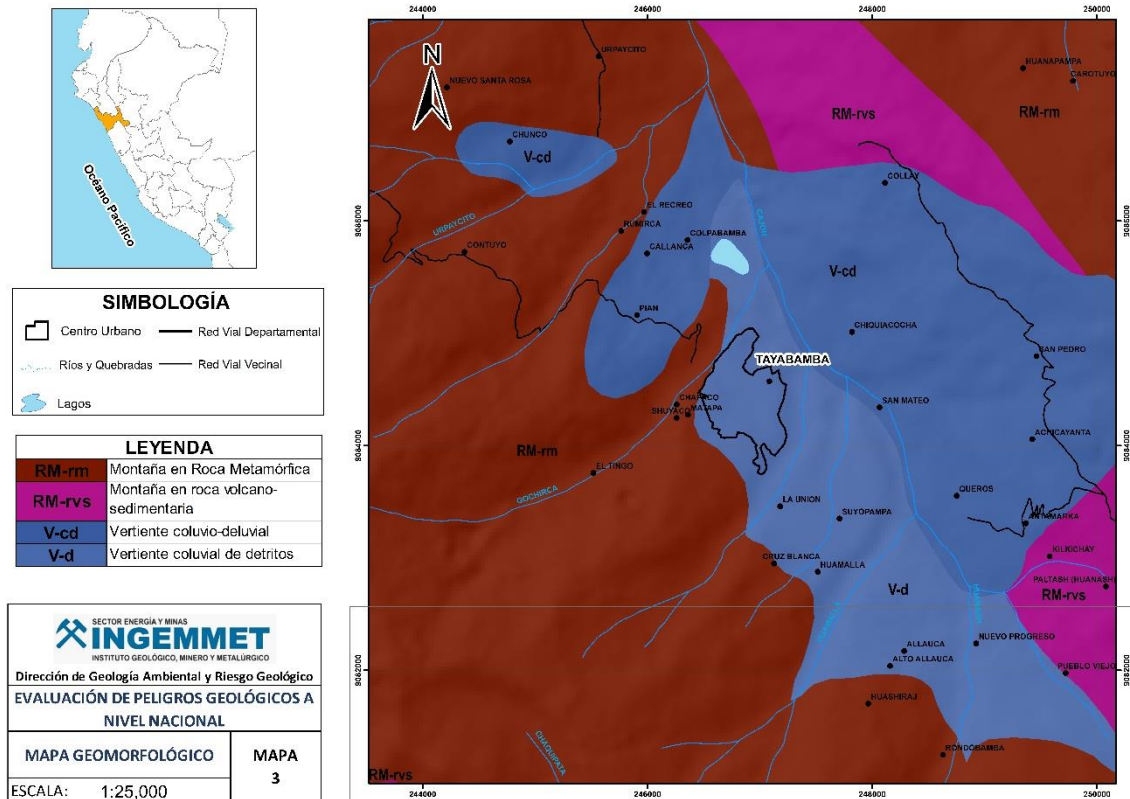


Figura 08. Sub unidades geomorfológicas identificadas en la zona de estudio. Fuente: Elaborada en base a INGGEMMET (2016).

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos identificados, en el sector de Tayabamba, corresponden a movimientos en masa, de tipo de deslizamientos y derrumbes (PMA: GCA, 2007), así como los denominados otros peligros geológicos, de tipo de erosión de laderas a manera de cárcavas (figura 09).

Estos peligros geológicos tienen como causas o condicionantes, factores intrínsecos, como la pendiente del terreno, el tipo de roca y suelo, el drenaje superficial-subterráneo y la cobertura vegetal; los factores desencadenantes se representan por eventos de precipitaciones pluviales intensas y/o excepcionales, así como sismicidad; mientras que los factores antrópicos corresponden al mal sistema de drenaje pluvial, desagües que vierten las aguas servidas al pie del acantilado, el mal sistema de regadío de los terrenos de cultivo, entre otros.

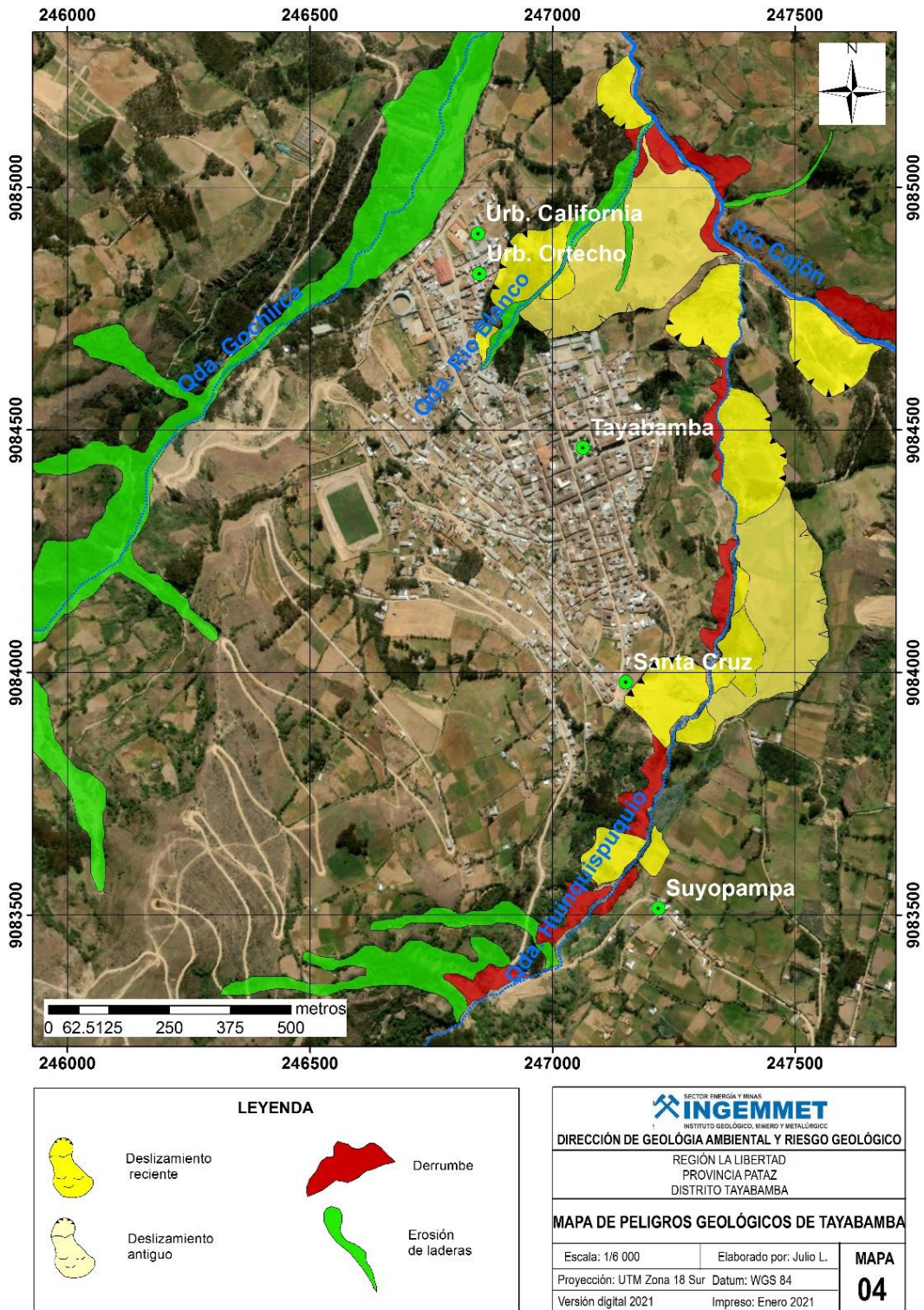


Figura 09. Cartografía de peligros geológicos en el sector de Tayabamba.

4.1. EROSIÓN DE LADERAS EN EL SECTOR DE TAYABAMBA

El sector de Tayabamba se asienta sobre laderas coluvio-deluviales, las cuales se caracterizan por ser de fácil erosión. En estos depósitos se han identificado procesos de erosión de laderas a manera de cárcavas, específicamente en las urbanizaciones Ortecho y California del Barrio Bajo (figura 10).

Cabe mencionar, que como parte del avance retrogresivo de las cárcavas se han producido en ambas márgenes de la quebrada Río Blanco, movimientos en masa de tipo deslizamientos y derrumbes, los cuales afectaron el 15 de marzo del 2020 las urbanizaciones Ortecho y California del Barrio Bajo.



Figura 10. Procesos de erosión de laderas a manera de cárcavas, en la margen izquierda de la quebrada Río Blanco. Se pueden observar viviendas ubicadas muy proximas al escarpe del deslizamiento (línea punteada) y que podrían ser afectadas. Coordenadas UTM WGS84: 246901E; 9084871N.

En la margen derecha de la quebrada Río Blanco, se identificaron zonas que presentan procesos antiguos de erosión en cárcavas, en estas áreas no se han identificado deforestación, ni vertimiento de desagües, por lo que las laderas se mantienen estables (figura 11).

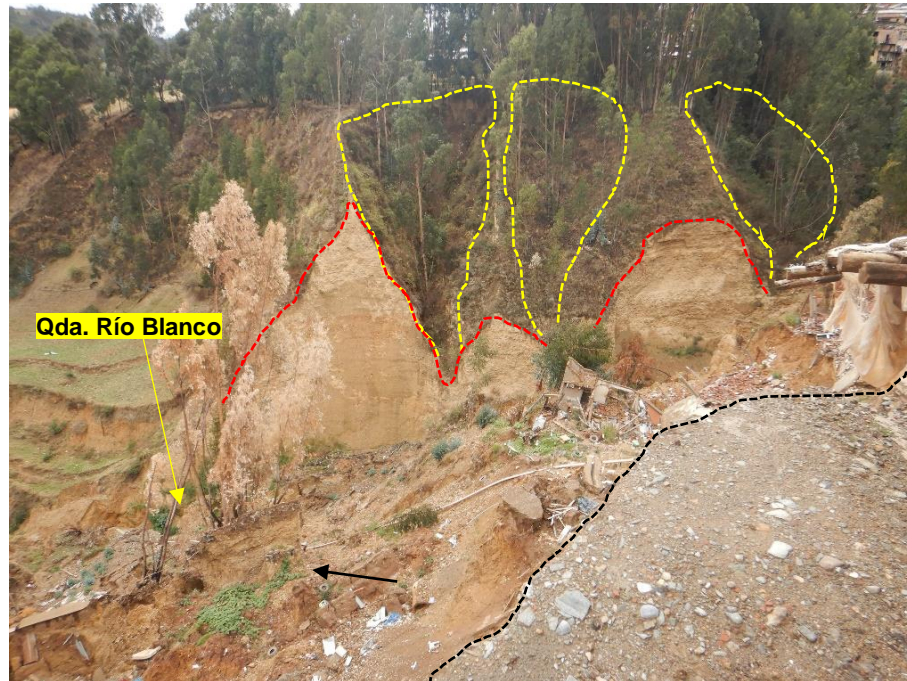


Figura 11. En margen derecha de la quebrada Río Blanco, se identificaron procesos de erosión de laderas a manera de cárcavas (líneas amarillas punteadas), los cuales son atenuados por la forestación. También se identificaron derrumbes (líneas rojas punteadas). Mientras que en la margen derecha se identificó un deslizamiento activo (línea negra punteada).

Es importante mencionar, que en el Informe técnico N° A6620: “Inspección geológica-geodinámica de los sectores Tayabamba y anexo La Merced” (Núñez & Ochoa, 2013), se identificaron procesos de erosión de ladera, tipo cárcavas, en el sector denominado Quebrada Río Blanco (figura 12 y fotografía 02), que llegan a profundidades de socavamiento vertical de 90 m. y amplitudes de hasta 105 m.



Figura 12. Procesos de erosión en cárcavas, en el sector de quebrada Río Blanco.



Fotografía 02. Se muestra la pendiente pronunciada del terreno originada por el cárcavamiento, con profundidades de hasta 90 m.

En el Informe técnico N° A6620, también se mencionó que en la última temporada de lluvias (2011-2012), se generaron precipitaciones pluviales intensas, que provocaron en el sector César Vallejo de Tayabamba-Quebrada Río Blanco (margen izquierda), se intensificó el proceso de erosión en cárcavas; producto de ello en las paredes de la quebrada, se generaron derrumbes y deslizamientos de tipo traslacional y rotacional (figuras 13 y 14). Todo esto se dio por efecto de un avance retrogresivo de la cárcava.



Figura 13. Margen izquierdo de la quebrada Río Blanco, se muestra las áreas con derrumbe y deslizamiento.



Figura 14. Se muestra las dimensiones del avance del carcavamiento, en la margen izquierda de la quebrada Río Blanco.

4.1.1. FACTORES CONDICIONANTES

- Pendientes muy escarpadas del terreno (mayor a 45°), configuradas en depósitos coluvio-deluviales.
- Características de los suelos semiconsolidados que corresponden a depósitos coluvio-deluviales compuestos por niveles de limos arenosos, gravas en matriz areno-limosa, gravas con niveles areno-limosos y gravas, de permeabilidad media a alta y que presentan poca a regular compactación.
- Filtraciones de agua de escorrentía que inestabilizan el terreno.
- Erosión en el pie del talud generando inestabilidad en las laderas.
- Poca o escasa cobertura vegetal.

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 inestabilidad del terreno por infiltración hídrica.

4.1.3. FACTORES ANTRÓPICOS

- Mal manejo del sistema de drenaje e inadecuado sistema de riego para cultivos (por aspersión y en algunos sectores por inundación) los cuales generan saturación del terreno por infiltración hídrica (fotografía 03).
- Deforestación. Se observó una intensa actividad de deforestación.



Fotografía 03. En las urbanizaciones Ortecho y California se identificaron vertimientos de desagües, los cuales generan el humedecimiento del terreno (margen izquierda de la quebrada Río Blanco).

4.2. DESLIZAMIENTOS EN EL SECTOR DE TAYABAMBA

La inspección geológica realizada en el sector de Tayabamba permitió identificar deslizamientos recientes, los cuales han afectado a la población del sector en mención, así como terrenos de cultivo.

El deslizamiento que generó mayores daños a la población y viviendas del sector de Tayabamba, se identificó en las urbanizaciones Ortecho y California del Barrio Bajo. El deslizamiento se generó el 15 de marzo del 2020 debido a factores condicionantes, como la pendiente, el tipo de suelo, el drenaje superficial-subterráneo y la cobertura vegetal; mientras que los factores desencadenantes fueron las precipitaciones pluviales excepcionales, así como sismicidad, finalmente los factores antrópicos fueron el mal manejo del sistema de drenaje y la deforestación.

El análisis multitemporal realizado de la zona de estudio, en base a imágenes satelitales de Google Earth (año 2013 y 2020) permitió identificar el avance retrogresivo del deslizamiento ocurrido el 15 de marzo del 2020 y afectó las urbanizaciones Ortecho y California del Barrio Bajo (figura 15).



Figura 15. Análisis multitemporal realizado en las urbanizaciones Ortecho y California del sector de Tayabamba, las cuales fueron afectadas el 15 de marzo del 2020 por un deslizamiento.

En el sector Santa Cruz, en la margen izquierda de la quebrada Huinquispuquio, se identificaron deslizamientos recientes. Estos eventos se originaron en el año 2018 a causa de las lluvias intensas y/o excepcionales que aumentaron la erosión en el pie del talud generando inestabilidad en las laderas.

En este sector se identificaron viviendas ubicadas próximas al escarpe principal del deslizamiento, por ello podrían ser afectadas y se encuentran en alto peligro (figura 16).

En el sector Suyopampa se identificaron deslizamientos recientes en la margen derecha de la quebrada Wunquis Puquio. Cabe mencionar, que las viviendas de este sector se encuentran próximas al escarpe principal del deslizamiento, por ello podrían ser afectadas debido al avance retrogresivo del deslizamiento (figura 17).

Los deslizamientos identificados en ambas márgenes de la quebrada Wunquis Puquio tienen como factores condicionantes: pendiente del terreno, suelo de fácil remoción, drenaje superficial-subterráneo y cobertura vegetal; mientras que los factores desencadenantes son lluvias intensas y/o excepcionales.



Figura 16. Viviendas del sector Santa Cruz ubicadas próximas al deslizamiento activo y que podrían ser afectadas. Coordenadas UTM WGS84: 247150E; 9083980N.



Figura 17. Vista del sector Suyopampa, en el cual existen viviendas que podrían ser afectadas por el deslizamiento activo identificado. Coordenadas UTM WGS84: 247215E; 9083514N.

4.2.1. CARACTERÍSTICAS DEL EVENTO

El día 15 de marzo del 2020, en la margen izquierda de la quebrada Río Blanco, se produjo un deslizamiento rotacional, que afectó las urbanizaciones Ortecho y California (figuras 18 y 19).

El deslizamiento rotacional se produjo en depósitos coluvio-deluviales, que están conformados por niveles de limos arenosos, gravas en matriz areno-limosa, gravas con niveles areno-limosos y gravas, de permeabilidad media a alta y que presentan poca a regular compactación. Estos depósitos se encuentran saturados por las filtraciones de agua a causa del mal manejo del sistema de drenaje.

El deslizamiento tiene las siguientes características y dimensiones:

- Longitud del escarpe principal: 214 m
- Forma del escarpe: semicircular
- Forma de la superficie de rotura: rotacional
- Diferencia de altura aproximada de la corona a la base del deslizamiento: 22 m
- Dirección (azimut) del movimiento: N 143°
- Área del deslizamiento: 19 795 m²
- Volumen aproximado de material removido: 25 000 m³.
- Estado del evento: Activo.



Figura 18. Escarpe principal del deslizamiento activo (línea amarilla) identificado en las urbanizaciones Ortecho y California. Se observa el material deslizado (las

flechas indican la dirección del movimiento) y las viviendas destruidas en este sector. Coordenadas UTM WGS84: 246905.3E; 9084871.4N.



Figura 19. Vista actual de la zona de deslizamiento donde se observa la pérdida de aprox. 30 m de terreno en línea horizontal, dejando tuberías de drenaje expuestas. Coordenadas UTM WGS84: 246882E; 9084818N.

El deslizamiento rotacional, que afectó las urbanizaciones Ortecho y California, el día 15 de marzo del 2020, en la margen izquierda de la quebrada Río Blanco, se debe a la intensificación de procesos de erosión en cárcavas.

Cabe mencionar que en el sector de Tayabamba se identificaron drenajes naturales que han sido canalizados (fotografía 04), por ello es posible la infiltración de aguas y posterior saturación del terreno, sobretodo en la parte baja del sector en mención.

Se tiene material conformado por diferentes granulometrías que permite la infiltración y retención del agua, esto genera inestabilidad.

En el Informe técnico N° A6620, menciona que se identificaron derrumbes y deslizamientos de tipo traslacional y rotacional, en la margen izquierda de la quebrada Río Blanco, que afectaron el sector César Vallejo de Tayabamba-Quebrada Río Blanco.



Fotografía 04. Vista de drenajes naturales de canales antiguos que han sido canalizados.

4.2.2. FACTORES CONDICIONANTES

- Pendientes muy escarpadas del terreno (mayor a 45°), configuradas en depósitos coluvio-deluviales (figura 20).
- Características del substrato rocoso que corresponden a esquistos que se encuentran muy fracturados (espaciamiento de fracturas 0.05 a 0.25 m) y meteorizados. En el sector de Tayabamba se identificaron afloramientos de esquistos con un sistema de esquistosidad a favor de la pendiente.
- Características de los suelos semiconsolidados que corresponden a depósitos coluvio-deluviales compuestos por niveles de limos arenosos, gravas en matriz areno-limosa, gravas con niveles areno-limosos y gravas, los cuales presentan permeabilidad media a alta, poca a regular compactación y saturación por infiltración hídrica.
- Filtraciones de agua de escorrentía que genera inestabilidad en el terreno.
- Erosión en el pie del talud de las cárcavas, lo cual genera inestabilidad en las laderas.

- Poca o escasa cobertura vegetal.

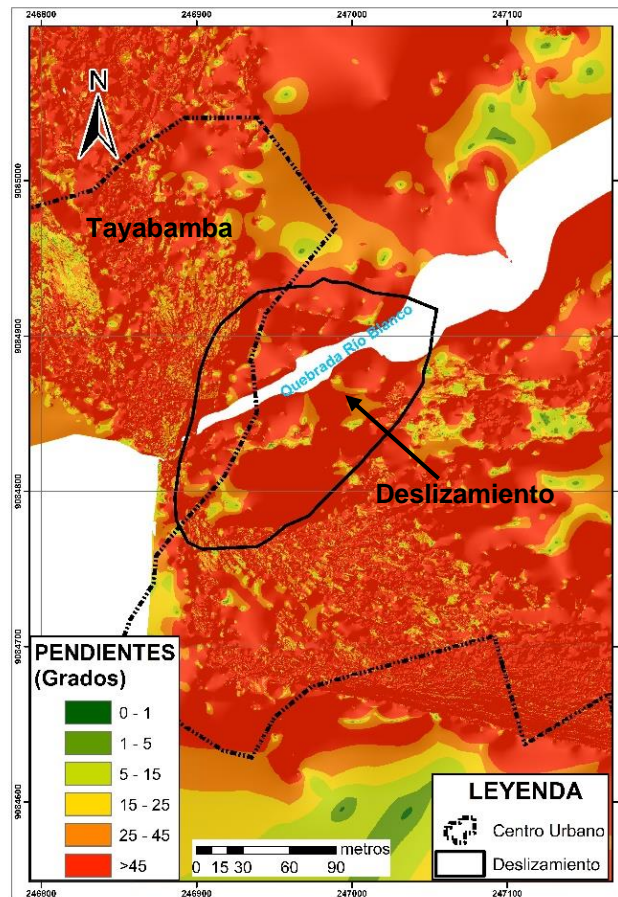


Figura 20. Pendientes en la zona de estudio. El polígono que corresponde a la zona del deslizamiento presenta pendientes muy escarpadas del terreno (mayor a 45°).

4.2.3. FACTORES DESENCADENANTES

- Lluvias intensas y/o excepcionales, las cuales incrementan la saturación del suelo, generando inestabilidad por infiltración hídrica (cuadro 04).
- Actividad sísmica, la cual podría generar la ocurrencia de nuevos deslizamientos y derrumbes en la zona de estudio.

Cuadro 04: Volumen de lluvia registrada

DÍA/MES/AÑO	VOLUMEN DE LLUVIA (mm)
10/03/2020	14
10/03/2020	5.1
10/03/2020	8.4
10/03/2020	9.4

4.2.4. FACTORES ANTRÓPICOS

- Mal manejo del sistema de drenaje lo cual podría estar generando filtraciones de agua (fotografía 05); así como la falta de revestimientos de algunos canales.
- Mala técnica de riego para los cultivos. Aspersión (mal uso) y en algunos sectores por inundación.
- Deforestación. En la zona de estudio se observa una intensa actividad antrópica de deforestación.



Fotografía 05. Vista de buzón de aguas residuales ubicado en la Av. César Vallejo, el cual posiblemente presenta problemas en el drenaje que genera infiltración en el terreno. Coordenadas UTM WGS84: 246787.9E; 9084785.3N.

4.2.5. DAÑOS

- De acuerdo con el Reporte complementario N° 3177 - 28/9/2020 / COEN - INDECI /18:30 HORAS (Reporte N° 5) denominado: “Deslizamiento de suelos en el distrito de Tayabamba -La Libertad”, en la evaluación de

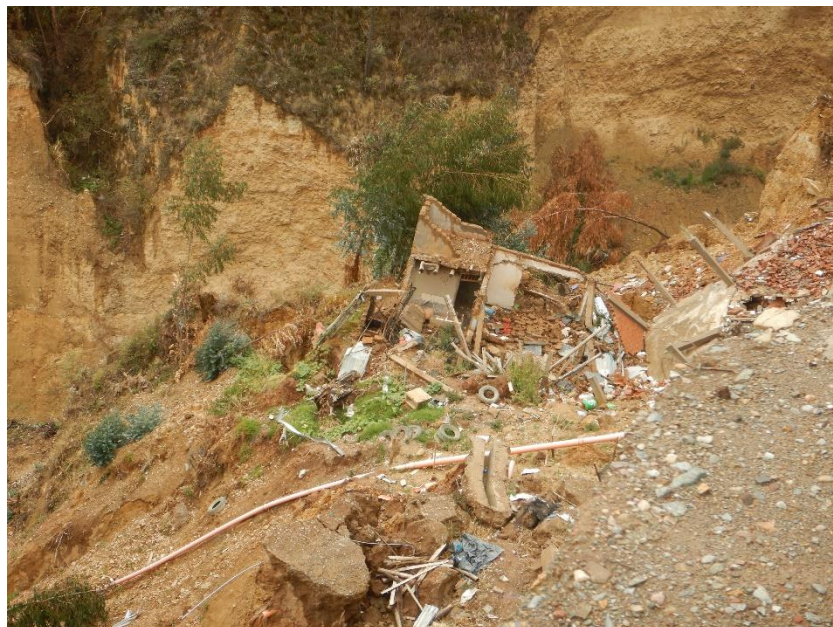
daños se mencionan: 25 familias damnificadas, 13 viviendas inhabitables y 12 viviendas destruidas (Cuadro 05).

Cuadro 05: Daños causados

UBICACIÓN	VIDA Y SALUD (PERSONAS)	VIVIENDAS Y LOCALES PÚBLICOS	
	FAMILIAS DAMNIFICADAS	VIVIENDAS INHABITABLES	VIVIENDAS DESTRUIDAS
DPTO. LA LIBERTAD			
PROV. PATAZ			
DIST. TAYABAMBA	25	13	12

Fuente: Dirección Desconcentrada del Indeci-La Libertad
 Jefe de la Oficina de Gestión del Riesgo de Desastre de la Municipalidad Provincial de Pataz

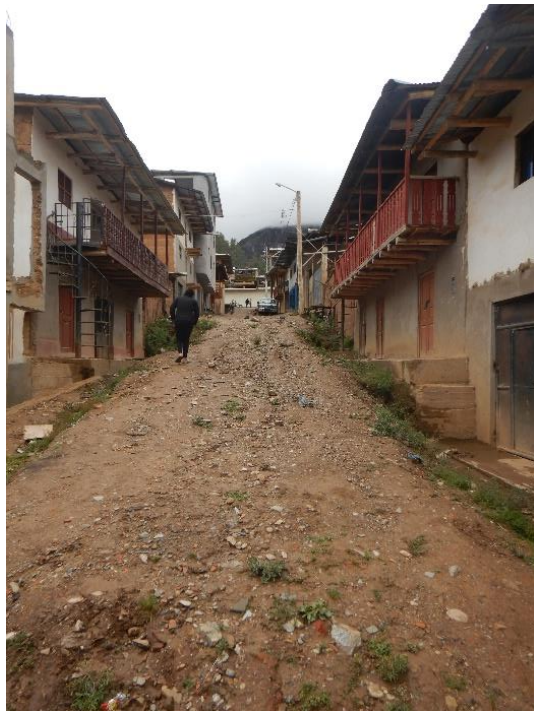
- Los trabajos de campo realizados en el sector de Tayabamba, permitieron identificar viviendas destruidas y afectadas en las urbanizaciones Ortecho y California a causa del deslizamiento ocurrido el 15 de marzo de 2020 (fotografía 06).
- Es importante mencionar, que existen viviendas, próximas al escarpe principal del deslizamiento, las cuales podrían ser afectadas, por ello se debe considerar su inmediata reubicación (fotografías 07 y 08).



Fotografía 06: Vista de viviendas destruidas a causa del deslizamiento activo en la margen izquierda de la quebrada Río Blanco. Coordenadas UTM WGS84: 246905.3E; 9084871.4N.



Fotografía 07. Vista de vivienda afectada e inhabitable por daños en su estructura, debido al deslizamiento activo en la margen izquierda de la quebrada Río Blanco. Coordenadas UTM WGS84: 246908.6E; 9084871.7N.



Fotografía 08. Vista de calle que une a la Av. César Vallejo, la fotografía fue tomada a 1 m del escarpe principal del deslizamiento con vista a la Av. César Vallejo, donde las viviendas se encuentran cerca y podrían ser afectadas. Coordenadas UTM WGS84: 246871.9E; 9084816.2N.


5. CONCLUSIONES

- a) El sector de Tayabamba, 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 deslizamientos y derrumbes, los cuales fueron identificados durante los trabajos de campo.
- b) La zona de estudio se asienta sobre depósitos coluvio-deluviales semiconsolidados, compuestos de bloques y gravas, de formas subredondeadas, naturaleza litológica homogénea (fragmentos de esquistos), englobados en una matriz areno-limosa, los cuales son de fácil erosión.
- c) El substrato rocoso está compuesto por esquistos del Complejo del Marañón, los cuales se encuentran muy fracturados y meteorizados, por estas fracturas se infiltra el agua proveniente de las lluvias; por ello estos afloramientos presentan un comportamiento geotécnico desfavorable.
- d) En la parte alta del sector de Tayabamba, las laderas presentan pendientes de 25° a 45°, en el sector urbano la pendiente es menor a 15°, mientras que en las zonas de cárcavamiento la pendiente es mayor a 45°, la cual condiciona la ocurrencia de movimientos en masa como deslizamientos y derrumbes.
- e) Los peligros geológicos identificados en la zona evaluada corresponden a movimientos en masa tipo deslizamientos y derrumbes. También se identificaron procesos de erosión de laderas a manera de cárcavas.
- f) Por el avance retrogresivo de las cárcavas, en ambas márgenes de la quebrada Río Blanco se ha generado deslizamientos y derrumbes, los cuales afectaron las urbanizaciones Ortecho y California del Barrio Bajo, este evento sucedió el 15 de marzo del 2020. Mientras que en los sectores Santa Cruz y Suyopampa, también se identificaron deslizamientos recientes.
- g) El deslizamiento activo rotacional, que afectó las urbanizaciones Ortecho y California, presenta un escarpe semicircular, con una longitud de 214 m, un área de 19 795 m² y un volumen de 25 000 m³, aproximadamente.
- h) Los factores condicionantes para la ocurrencia de los peligros geológicos identificados son:
 - ✓ Pendientes muy escarpadas del terreno (mayor a 45°).
 - ✓ Características de los depósitos coluvio-deluviales compuestos por niveles de limos y gravas, los cuales presentan permeabilidad media a alta, poca a regular compactación y saturación por infiltración hídrica.
 - ✓ Filtraciones de agua de escorrentía que genera inestabilidad en el terreno.
 - ✓ Erosión en el pie del talud de las cárcavas, lo cual genera inestabilidad en las laderas.
 - ✓ Poca o escasa cobertura vegetal.

- i) Los factores antrópicos son:
 - ✓ Mal sistema de drenaje pluvial y alcantarillado.
 - ✓ Desagües que vierten las aguas servidas a las quebradas.
 - ✓ Mal sistema de regadío de los terrenos de cultivo.
 - ✓ Intensa deforestación.
- j) Los factores desencadenantes son las lluvias intensas y/o excepcionales, las cuales incrementan la saturación del suelo, generando inestabilidad por infiltración hídrica, así como la actividad sísmica, la cual podría generar la ocurrencia de nuevos deslizamientos y derrumbes en la zona de estudio.
- k) Los daños registrados en las urbanizaciones Ortecho y California fueron 25 familias damnificadas, 13 viviendas inhabitables y 12 viviendas destruidas.
- l) Las viviendas ubicadas en los bordes de las quebradas y próximas a los deslizamientos, son muy vulnerables a los efectos del carcavamiento, por lo tanto, deben ser reubicadas.
- m) Por las condiciones geológicas y geodinámicas, el sector de Tayabamba se considera como **Zona Crítica**, de **Muy Alto Peligro** por deslizamientos, derrumbes y erosión de laderas, ante lluvias intensas y/o extraordinarias, así como la ocurrencia de sismos.



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


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

6. RECOMENDACIONES

- a) Reubicar las viviendas ubicadas en los bordes de las quebradas y declararlas zonas intangibles por peligros geológicos. Esta labor debe ser coordinada por las autoridades locales.
- b) Las zonas intangibles por peligros geológicos deberán ser reforestadas, para evitar el avance retrogresivo de las cárcavas en el futuro.
- c) Eliminar los desagües que vierten su contenido al borde de las quebradas, para evitar la saturación del terreno.
- d) No permitir el crecimiento urbano hacia el borde de las quebradas.
- e) El sistema de drenaje recomendado y la localización del área de reubicación, deben ser realizados por especialistas.
- f) Realizar actividades de estabilización de taludes en los deslizamientos identificados (Ver Anexo 2).
- g) Mejorar el sistema de drenaje residual y pluvial en la zona de estudio, porque se presentan filtraciones debido al mal sistema de drenaje de la ciudad y las precipitaciones en temporada de lluvias, al no realizarse estas medidas correctivas pueden continuar los procesos de deslizamientos afectando viviendas y terrenos de cultivo.
- h) Realizar un plan de reubicación de población, viviendas, centros de salud, etc. colindantes a los deslizamientos identificados, a zonas más estables.
- i) Construir cunetas a lo largo del escarpe del deslizamiento con la finalidad de evitar filtraciones que saturan los suelos.
- j) Realizar el seguimiento, mantenimiento y control de los procesos de erosión de laderas, manteniendo la vigilancia permanente al conjunto de obras dispuestas para el control de la erosión, con el objetivo de prolongar la vida útil y determinar la funcionalidad de las medidas adoptadas.
- k) Eliminar los desagües que quedaron expuesto en la ladera, debido a que vierten su contenido a las quebradas debilitando el terreno. Esto evitará la infiltración de agua al subsuelo, y la pérdida de su cohesión.
- l) Construcción de barrera, rellenos y cortacorrientes. Construir obras complementarias hidráulicas y control, mediante diques transversales como trinchos de madera, de enrocado o gaviones. El objetivo de estas medidas, es disminuir la energía del agua, retener sedimentos para estabilizar la cárcava y proceder a sembrar vegetación.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de Cooperación Internacional del Japón (2004). “Manual de gestión y prevención de desastres en carreteras, Procedimiento v: obras de prevención de desastres”. Sitio Web. Consultado el 28 de noviembre del 2020. https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/11866373_03.pdf
- Wilson J., Reyes L., Garayar J. (1995). “Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari”, Boletín N° 60, INGEMMET.
- Instituto, Geológico, Minero y Metalúrgico (2018). “Mapas geológicos del Perú”. Sitio Web. Consultado el 19 de noviembre del 2020. <http://metadatos.ingemmet.gob.pe:8080/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/4e8dab31-a91b-4566-9c58-2afbe0df390b>
- Instituto, Geológico, Minero y Metalúrgico (2016). “Geomorfología”. Sitio Web. Consultado el 20 de noviembre del 2020. <http://metadatos.ingemmet.gob.pe:8080/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/ae9d5935-ed4c-46a0-a826-6e0b9d5e20e2>
- Medina, L., Luque, G. & Pari, W. (2012). “Riesgos Geológico en la Región La Libertad” Boletín N° 50 Serie C, INGEMMET.
- Núñez, S., Ochoa, M. (2013). “Inspección Geológica-Geodinámica de los sectores Tayabamba y anexo La Merced” Informe Técnico N° A6620, INGEMMET.
- 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.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2018). “Mapa de Clasificación Climática del Perú” [mapa]. Geoidep. <http://catalogo.geoidep.gob.pe:8080/metadatos/srv/spa/catalog.search#/map>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (s. f.). “Datos Hidrometeorológicos a nivel nacional”. Sitio Web. Consultado el 19 de noviembre del 2020. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>
- Suarez, J. (s. f.). “Deslizamientos, Técnicas de Remediación” Sitio Web. Consultado el 19 de noviembre del 2020. <http://www.erosion.com.co/libros/36-libros-ing-jaime-su%C3%A1rez/71-nuevo-libro-deslizamientos-tomo-ii-t%C3%A9cnicas-de-remediaci%C3%B3n.html>
- USGS. (s. f.). “Programa de Peligros de Terremotos” Sitio Web. Consultado 19 de noviembre del 2020. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us7000aqej/executive>

ANEXO 1: GLOSARIO

a) 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 clasifica 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 01). 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 02, se representa las partes principales de un deslizamiento rotacional.

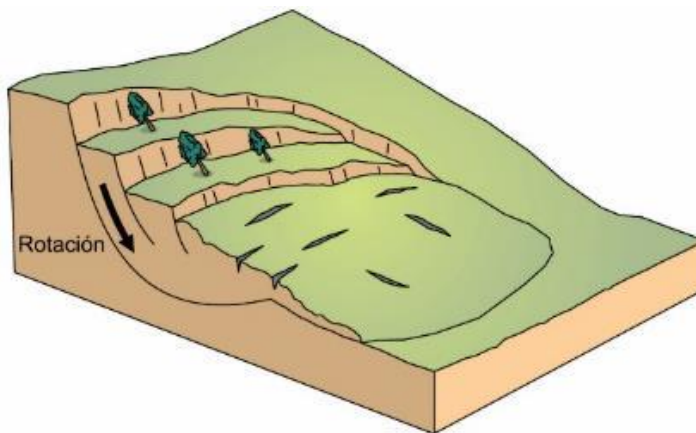
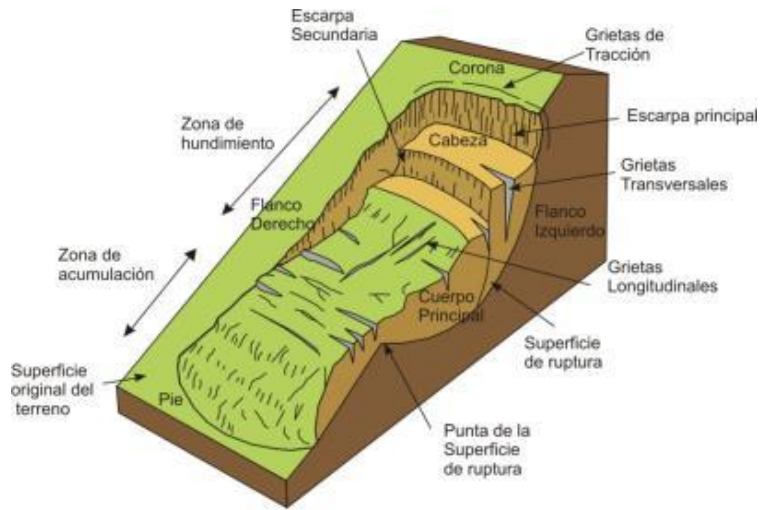


Figura 01. Esquema de un deslizamiento rotacional (tomado del Proyecto Multinacional Andino, 2007).

Figura 02.
 Esquema de un deslizamiento rotacional donde se muestra sus partes

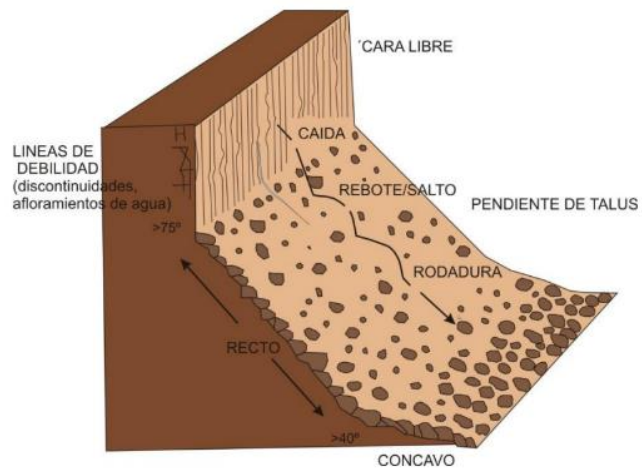


b) Derrumbes

Los derrumbes son caídas violentas de material que se puede dar tanto en macizos rocosos como en depósitos de cobertura, desarrollados por: heterogeneidad litológica, meteorización, fracturamiento, fuertes pendientes, humedad y/o precipitaciones, sismos y erosión generada en las márgenes.

Estos fenómenos suelen producirse en taludes verticales en suelos inconsolidados a medianamente consolidados, rocas muy fracturadas y en el corte de carreteras, canteras, acantilados marinos, taludes de terraza, etc., figura 03.

Figura 03.
 Esquema de un derrumbe (Vílchez, 2015).



c) Cárcavas

Según Poesen (1993) una cárcava es un canal resultante de la erosión causada por un flujo intermitente de agua durante o inmediatamente después de fuertes lluvias.

La FAO (1967) describe el crecimiento de las cárcavas como el resultado de la combinación de diferentes procesos, los cuales pueden actuar de manera aislada. Estos procesos comprenden:

- Erosión en el fondo o en los lados de la cárcava por la corriente de agua y materiales abrasivos (fragmentos de roca o partículas de suelo).
- Erosión por el agua de escorrentía que se precipita en la cabecera de la cárcava y que ocasiona la regresión progresiva de ésta.
- Derrumbes en ambos lados de la cárcava por erosión de las aguas de escorrentía.

Las cárcavas inicialmente tienen una sección transversal en forma de “V” pero al presentarse un material más resistente a la erosión o interceptar el nivel freático, se extienden lateralmente, tomando una forma en “U” (figura 04).

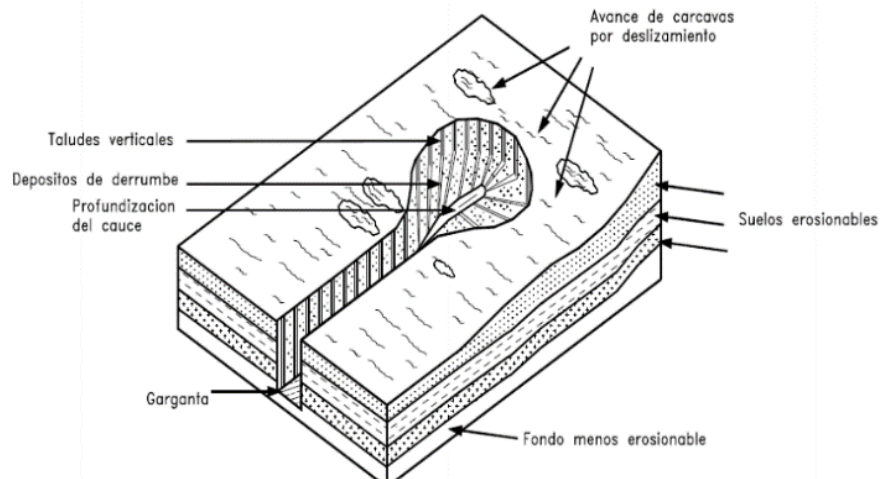


Figura 04. Esquema general de una cárcava. Tomado de Suárez (1998).

ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y/O 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, así como la implementación de banquetas.

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 01).

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 02).

Los canales deben conducirse a entregas en gradería u otro disipador de energía que conduzca el agua recolectada hasta un sitio seguro (figuras 03 y 04).

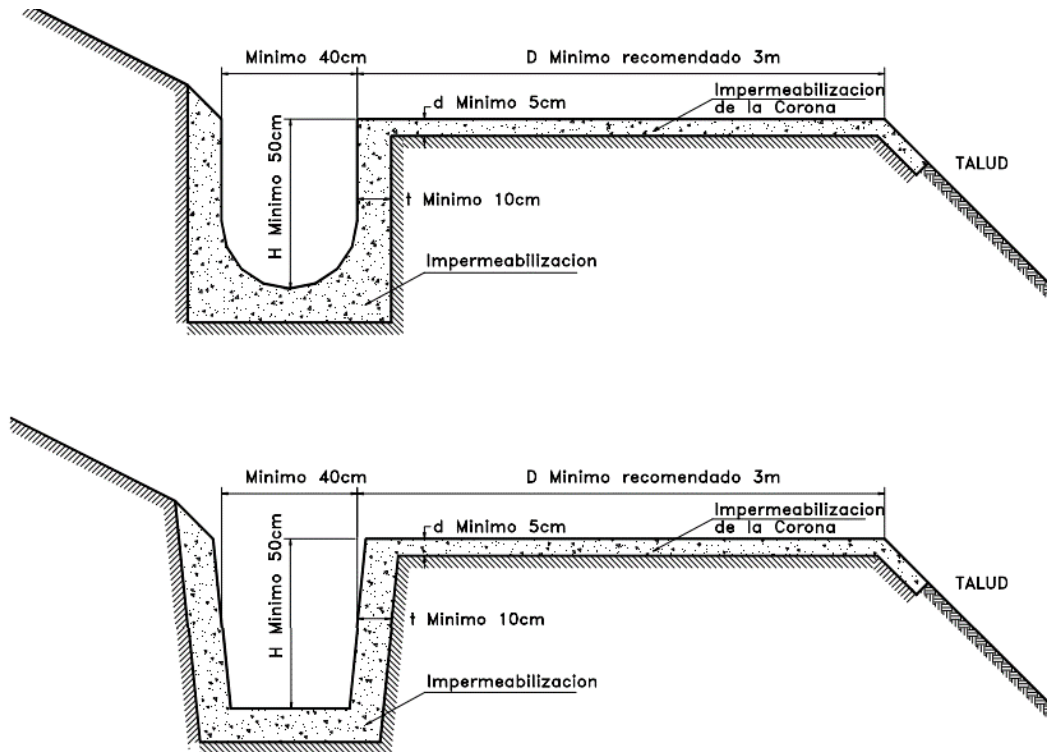


Figura 01. Detalle de zanjas de coronación para el control de aguas superficiales en un talud (Suarez, 2010).

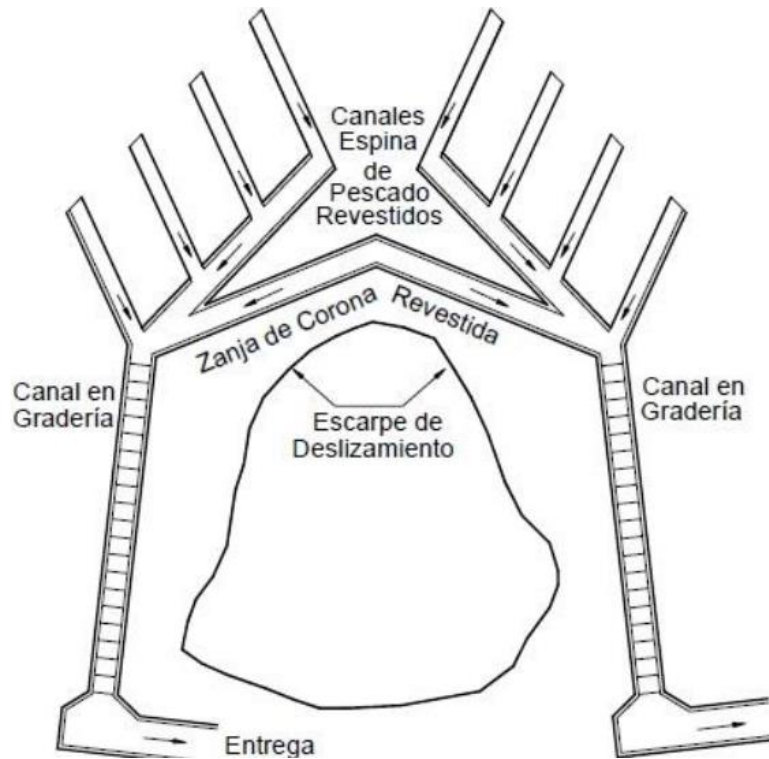


Figura 02. Esquema de planta de canales colectores espina de pescado con canales en gradería.

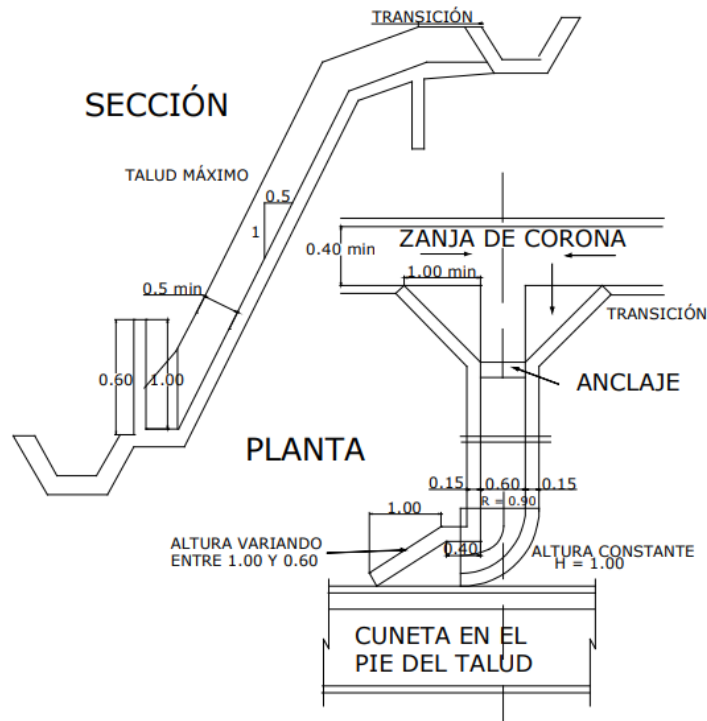


Figura 03. Detalle de un canal rápido de entrega.

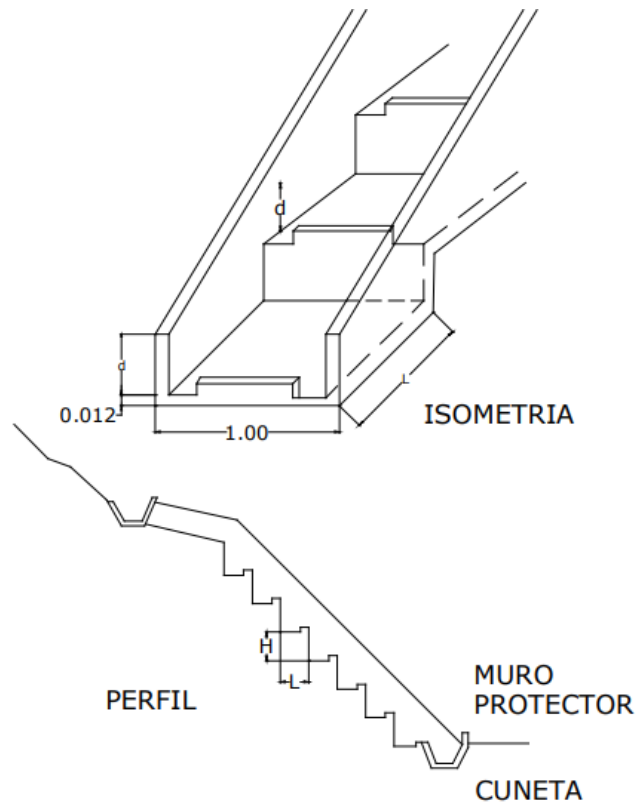


Figura 04. Canal de entrega con gradas de disipación.

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 05).

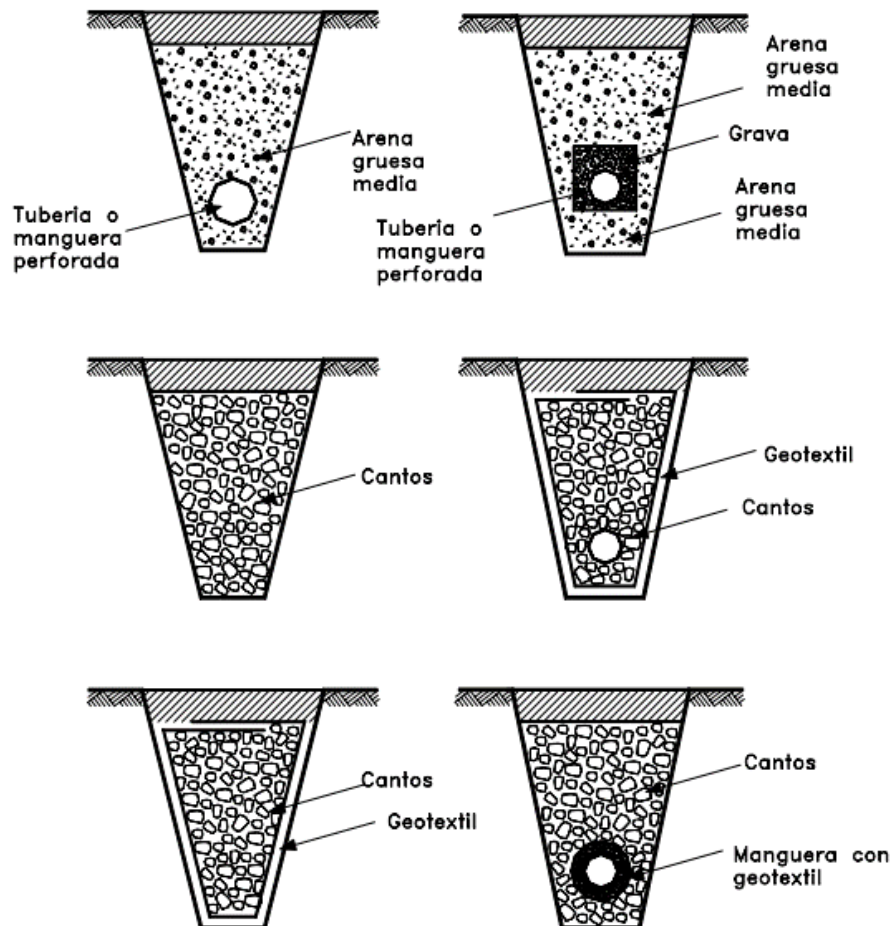


Figura 05. Tipos de subdrenes interceptores (Adaptado de Suárez, 1992).

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.

BANQUETAS

En la parte inferior de un talud, la descarga y velocidad del agua superficial aumentan, causando el incremento de las fuerzas de socavación. En este caso, la velocidad de la corriente puede reducirse al proporcionar una banqueta casi horizontal a la mitad del talud, o la concentración de agua superficial en la parte inferior del talud puede prevenirse al construir una zanja en la banqueta para drenar el agua hacia afuera del talud. La banqueta también puede usarse como acera para inspección o como andamio para reparación (figura 06).

Por lo tanto, las banquetas deben diseñarse tomando en cuenta la dificultad de inspeccionar y reparar, la pendiente del talud, la altura de corte, los suelos del talud, los costos y otras condiciones.

En los taludes de corte, normalmente se diseñan banquetas de 1 a 2 m de ancho cada 5 a 10 m de altura, dependiendo del suelo, la litología y escala del talud. Una banqueta más ancha se recomienda cuando el talud es largo y grande o donde se instalarán vallas de protección de caída de rocas.

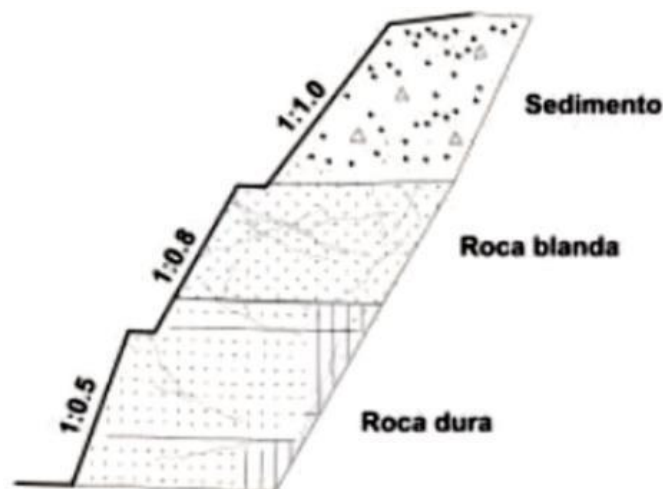


Figura 06. Condiciones de terreno y forma de taludes (JICA, 2004).

Las erosiones en cárcavas generan abundantes materiales sueltos que son llevados a los cauces de las quebradas. Muchos de estos cauces tienen suficiente material como para la generación de flujos.

Para el control físico del avance de cárcavas, se propone un conjunto de medidas, principalmente de orden artesanal, entre las que destacan:

- El desarrollo de programas de control y manejo de cárcavas sobre la base de diques o trinchos transversales construidos con materiales propios de la región como troncos, ramas, etc. (figuras 07 a 10).
- Zanjas de infiltración articuladas de acuerdo con las condiciones climáticas del distrito.
- Permitir el crecimiento de la cobertura vegetal nativa a lo largo de la cárcava y en las zonas circundantes a ella (Figuras 07 y 11). De esta manera, se aseguraría su estabilidad, así como la disipación de la energía de las corrientes concentradas en los lechos de las cárcavas.
- Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización. En la selección de árboles, deben contemplarse las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y portes que alcanzarán frente a la pendiente y profundidad de los suelos. También se recomienda que las plantaciones se ubiquen al lado superior de las zanjas de infiltración, con el objetivo de captar el agua y controlar la erosión.
- Evitar el sobrepastoreo, ya que deteriora y destruye la cobertura vegetal. Se debe realizar un manejo de las zonas de pastos mediante el repoblamiento de pastos nativos, empleando sistemas de pastoreo rotativo y sostenible. Asimismo, se debe evitar la quema de pajonales.
- Zanjas de infiltración articuladas de acuerdo con las condiciones climáticas de las cuencas.

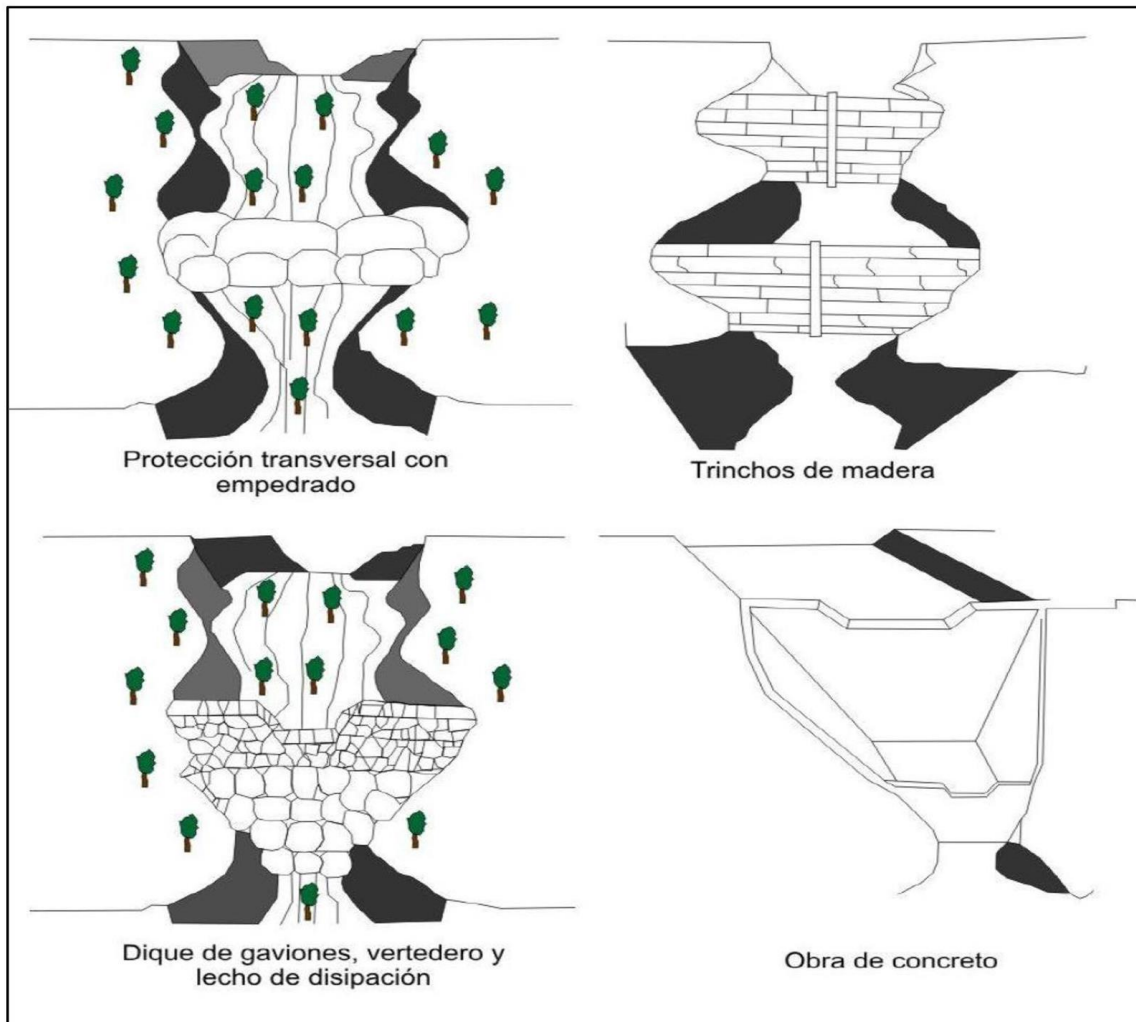


Figura 07. Obras hidráulicas transversales para el control de la erosión en cárcavas.

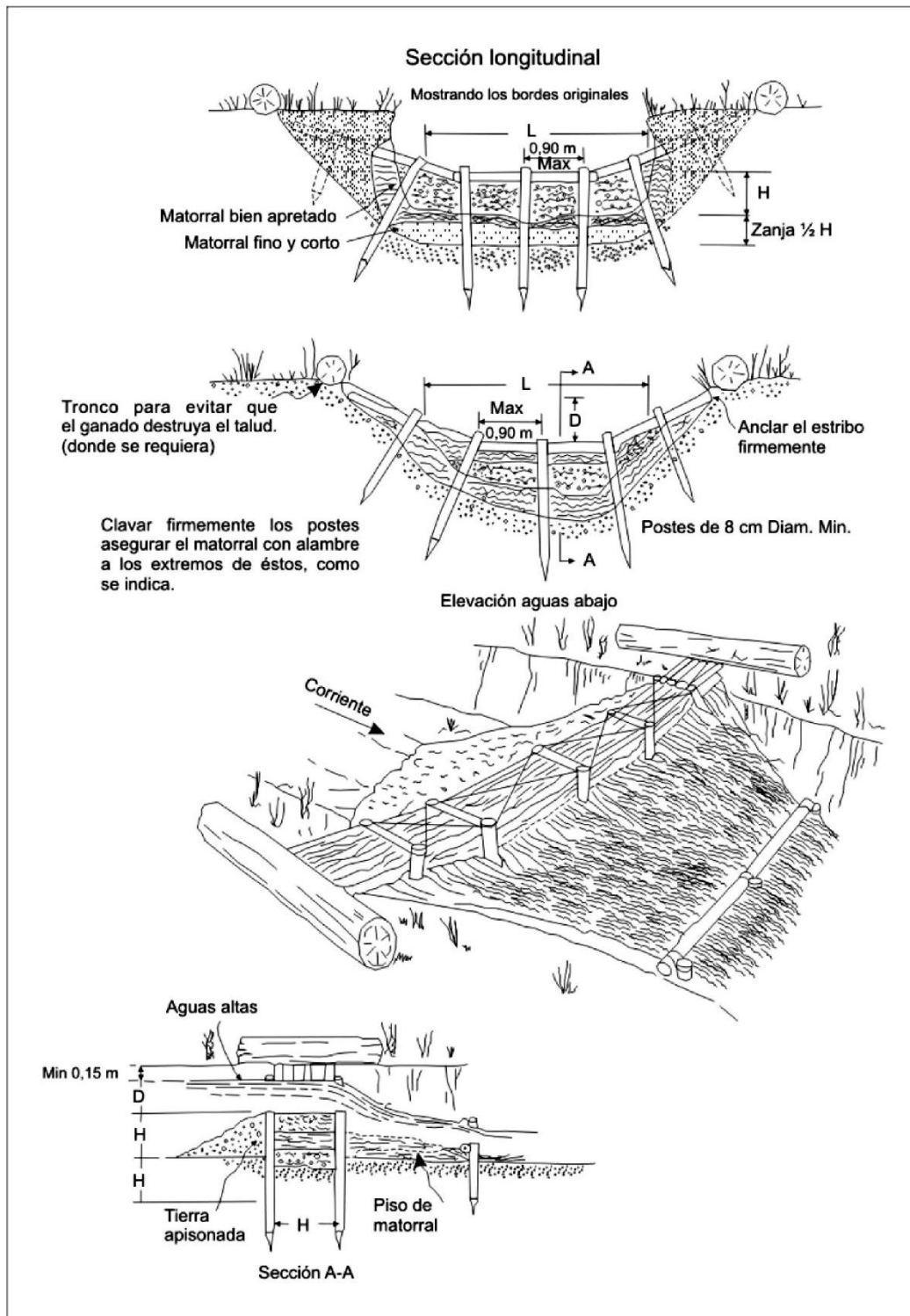


Figura 08. Trincho de matorral tipo doble hilera de postes (adaptado de Valderrama et ál., 1964).

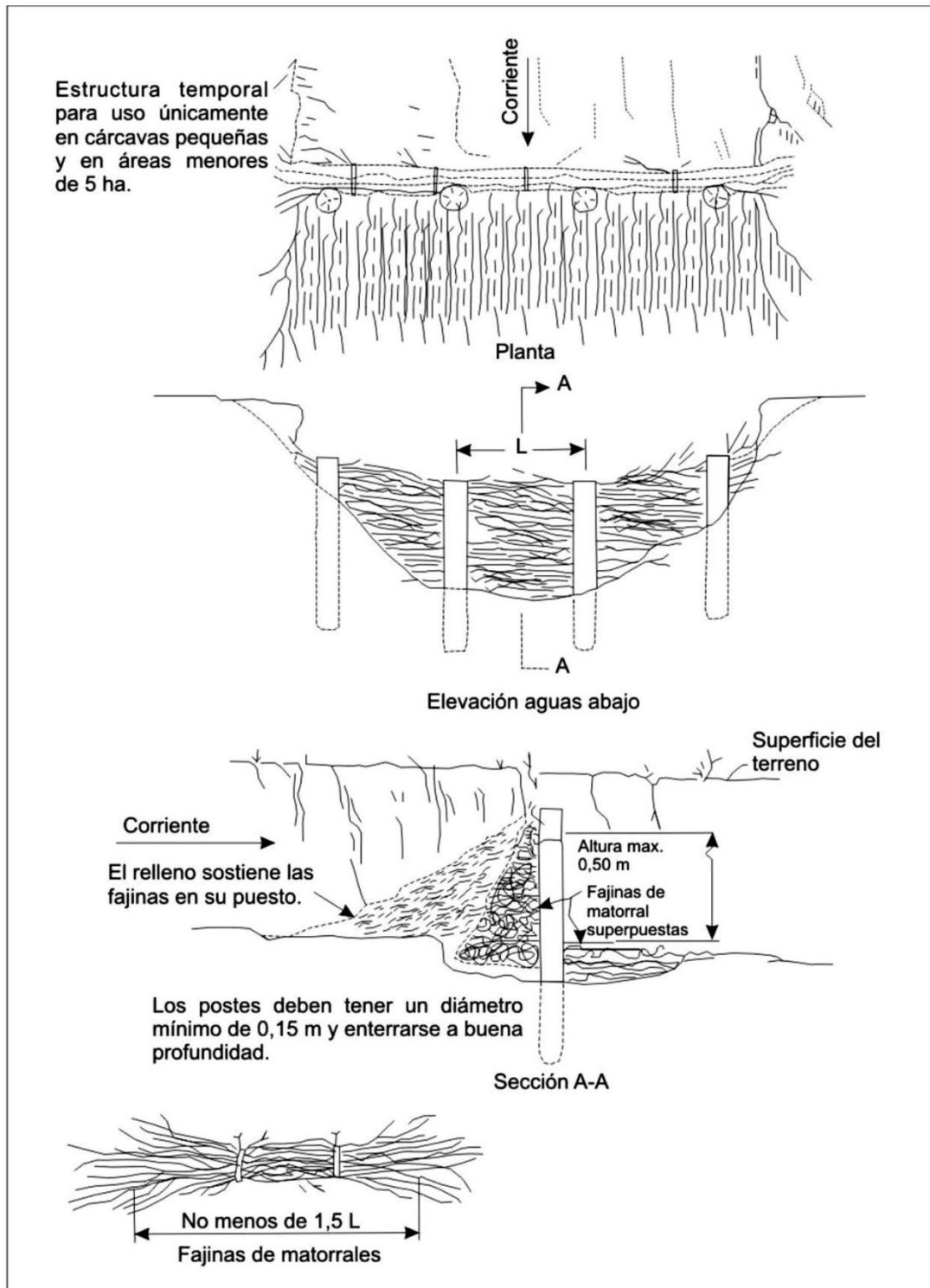


Figura 09. Trincho de matorral tipo una hilera de postes (adaptado de Valderrama et ál., 1964).

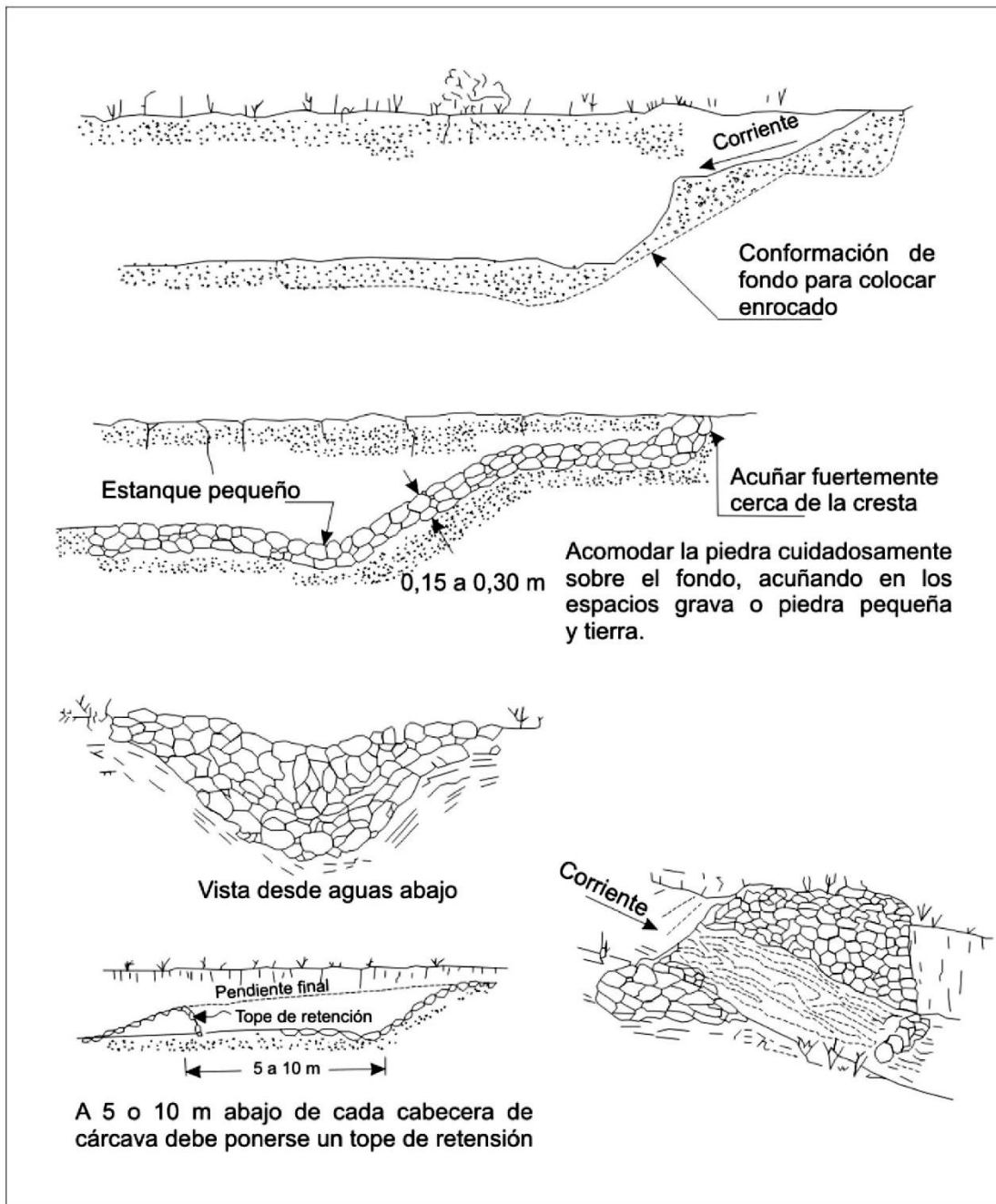


Figura 10. Trincho de piedra para cabecera de cárcava en zona de mina (adaptado de Valderrama et al., 1964).

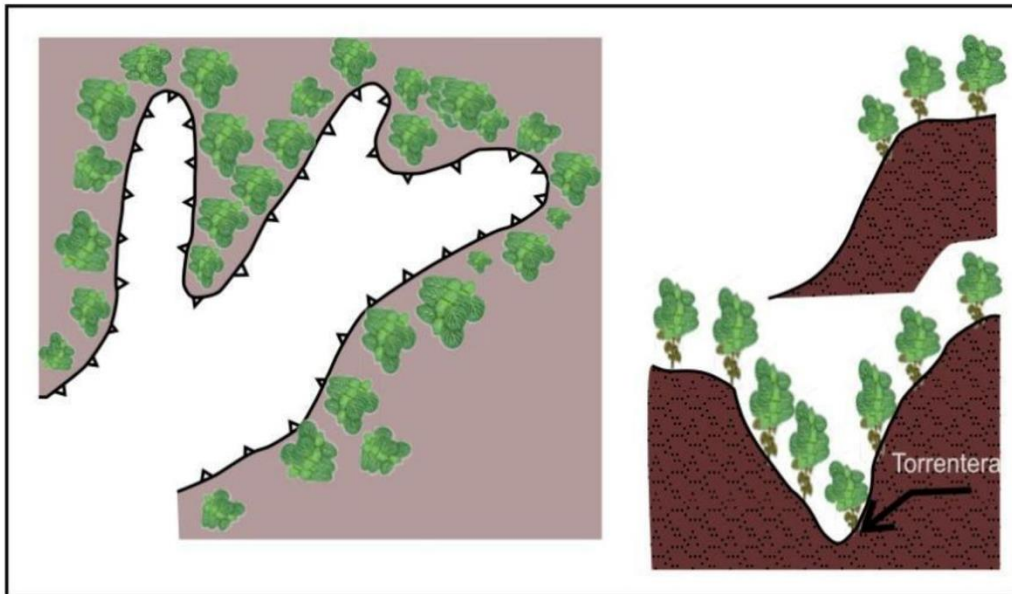


Figura 11. Vista en planta y en perfil de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes de las áreas inestables.

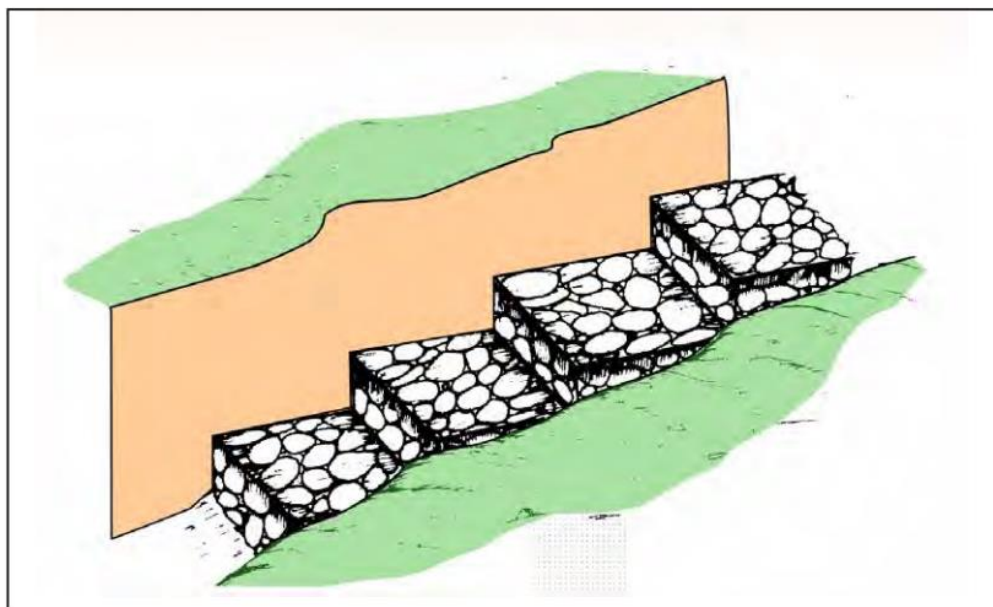


Figura 12. Protección del lecho de la quebrada con muros escalonados (andenes), utilizando bloques de roca o concreto armado.