

Informe Técnico N° A 6752

DESLIZAMIENTO ENTRE LOS Km 24+000 Y 25+000 DE LA CARRETERA CHILETE - SAN PABLO

Paraje Kuntur Wasi
Distrito San Pablo
Provincia San Pablo
Región Cajamarca



POR:

DULIO GÓMEZ VELÁSQUEZ

**ABRIL
2017**

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. TRABAJOS ANTERIORES.....	2
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	3
4. ASPECTOS GEOLÓGICOS	3
5. PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA:	6
6. PROPUESTA DE MEDIDAS PREVENTIVAS	14
CONCLUSIONES.....	26
RECOMENDACIONES.....	27
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	28
GLOSARIO DE TERMINOS	29
MOVIMIENTOS EN MASA:	29
1. DESLIZAMIENTO.....	29
2. CAÍDA DE ROCAS.....	30

“DESLIZAMIENTO ENTRE LOS KM 24+000 y 25+000 DE LA CARRETERA CHILETE – SAN PABLO”

Localidad Kuntur Wasi, Distrito y Provincia San Pablo – Departamento Cajamarca

1. INTRODUCCIÓN.

El alcalde de la Municipalidad Provincial de San Pablo, mediante Oficio N°063-2017-MPSP/A. de fecha 01 de marzo del año 2017, se dirige al Presidente del Consejo Directivo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico INGEMMET, solicitando realizar un Estudio Técnico sobre peligros geológicos en el Km. 24-25 de la carretera Kuntur Wasi – San Pablo.

Se comisiona al ingeniero. Hugo Dulio Gómez Velásquez, profesional de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, para realizar la visita técnica.

Este informe de inspección geológica, se sustenta en los datos obtenidos en campo, versiones de los pobladores, así como información disponible de trabajos anteriores de INGEMMET realizados en la jurisdicción de Kuntur Wasi; Incluye textos, ilustraciones fotográficas, interpretación de fotos aéreas e imágenes satelitales del área, así como conclusiones y recomendaciones.

1.1 Ubicación

La zona de estudio se ubica entre los Km. 24+000 y 25+000 de la carretera Chilete – San Pablo, flanco noroccidental del cerro Las Copas, a 426 m con dirección norte 27° del Centro Poblado Kuntur Wasi, distrito y provincia San Pablo, departamento Cajamarca. Entre las coordenadas UTM (WGS 84 – Zona 17S):

Longitud: 738571 - 738729 E

Latitud: 9212542 - 9212199 S

Altitud: 2166 - 2234 msnm.

El acceso a la zona de estudio desde Lima, se puede resumir en el siguiente cuadro:

Tramo		Kms.	Tipo de vía	Duración (h)
Lima	Cajamarca	826	Asfaltada	13:07
Cajamarca	Kuntur Wasi - Km 25+000	66.6	Asfaltada	1:46

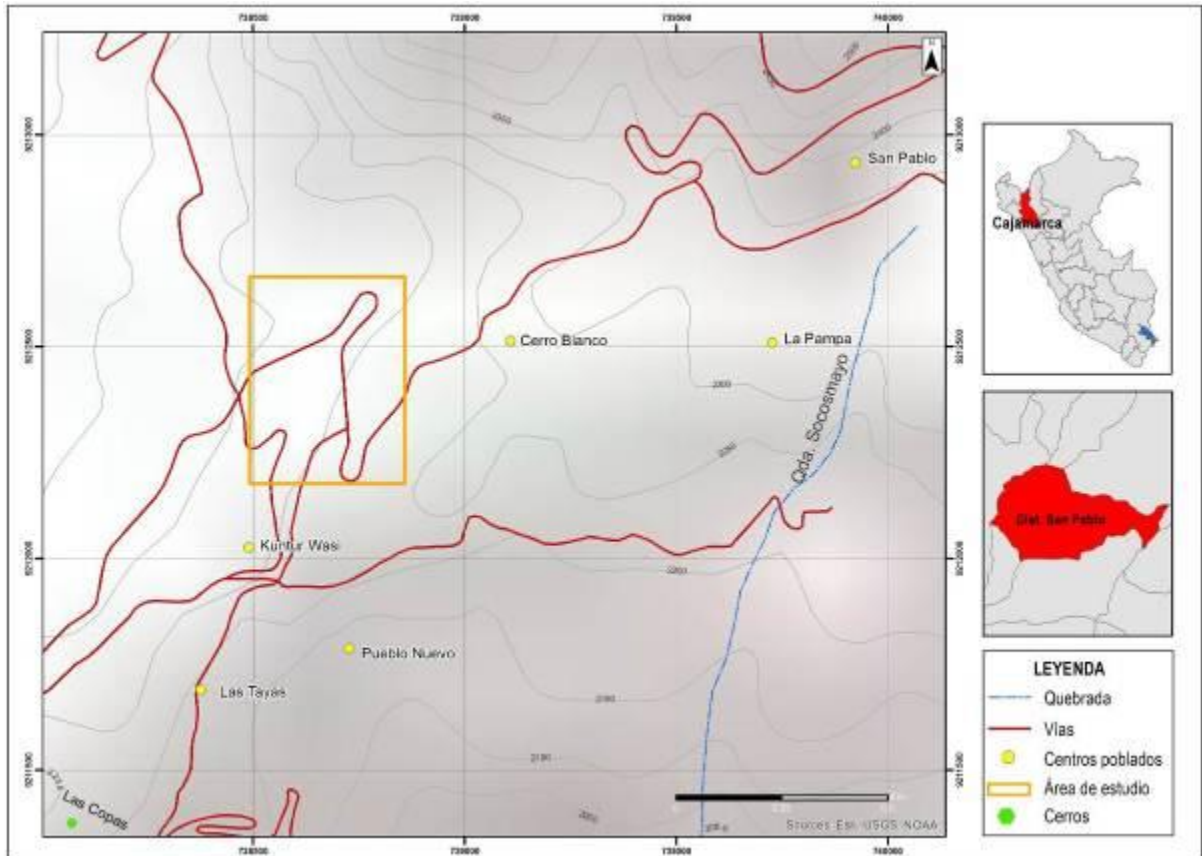


Figura. 1 mapa de ubicación

La zona presenta clima Semiseco. Las precipitaciones pluviales en la provincia de San Pablo se presentan entre los meses de octubre a abril, siendo las lluvias más intensas en los meses de enero a marzo, que van de 1400 a 3000 mm/anual (500-700 mm/mes) SENAMHI).

1.2 Objetivo

El objetivo principal es identificar y tipificar los peligros geológicos por movimientos en masa, que puede afectar la zona de estudio; así como determinar las causas de su ocurrencia.

2. TRABAJOS ANTERIORES

Existen informes técnicos y estudios geológicos y geodinámicos, que involucran el área mencionada, tenemos:

- a) "Informe Técnico de Evaluación por Deslizamiento en el Km 25+000 de la carretera Chilete-San Pablo, CC.PP. Kuntur Wasi, provincia de San Pablo-Cajamarca", (Ruiz, J., *et al.*, 2016), hace mención que el área afectada se encuentra inmerso dentro de una zona de falla, con presencia abundante de material detrítico poco consolidado, que presenta alta susceptibilidad a sufrir fenómeno de remoción en masa de tipo deslizamiento, detonado por lluvias intensas (enero -marzo).

- b) Boletín N° 44 Serie C: Estudio de Riesgos Geológicos en la región Cajamarca (Zavala et al., 2011), el área de estudio, en el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, está considerada como de media a baja.
- c) Boletín N° 31 Serie A: Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba (Reyes L., 1980), que describen las unidades geológicas del sector de San Pablo, secuencias volcanoclásticas.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Geomorfológicamente, la zona de estudio, se diferencian unidades de montaña, colinas y lomadas, piedemonte y planicies; cuyo origen está ligado a procesos tectónicos, gravitacionales, depositacionales y erosivos, ocurridos durante el ciclo geológico. Asimismo, estos ambientes se encuentran asociados a eventos recientes de desglaciación y movimientos en masa relacionados a eventos del fenómeno de El Niño.

Localmente la zona de estudio se encuentra ocupando ladera de montaña y colina en roca volcánica con pendiente entre 20° a 40° (Medina 2015).

4. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Según la cartografía geológica en el cuadrángulo de Cajamarca 15-f, (Reyes, 1980), actualizado por la Dirección de Carta Geológica Nacional año 2007, en la zona de estudio aflora una secuencia volcanoclásticas gris violáceas intercaladas con nivel calcáreo nodulares, flujos piroclásticos de cenizas y lahares del **Volcánico San Pablo**, substrato considerada geotécnicamente poco competente por presentar menos de la mitad del material rocoso descompuesto y/o desintegrado en suelo. Roca fresca decolorada está presente aun, formando un esqueleto discontinuo o como nucleo de roca. Cubierto por material **coluvio – deluviales** (cuaternario reciente), constituido principalmente por arcillas, arenas con gravas anguloso (foto 3). Materiales poco consolidados, medianamente permeables, sobre los que se asientan las viviendas de la zona de estudio.

Geología Estructural.

Las secuencias volcanoclásticas que afloran en el sector, son producto de un volcanismo pos- tectónico en la región cordillerana y presentando magmatismo efusivo, que siguió al emplazamiento definitivo del batolito costanero. La deposición volcánica se presenta en forma continua, con algunos periodos de inactividad. Finalmente, la serie fue plegada con amplia curvatura, aunque en algunos lugares puede ser más intenso, deformando más a los miembros inferiores.

En el corte de carretera del sector se observa evidencias de deformación a un sistema de falla inversa con dirección NW - SE, como se observa en la secuencia de flujos piroclásticos brechado y cenizas de grano fino de tono rojizo (foto 2).



Foto 1. Se observa secuencias volcanoclásticas, intercaladas con niveles calcáreos, flujos piroclásticos de cenizas (Secuencia Volcánica San Pablo)



Foto 2. Se observa evidencia de deformación a un sistema de falla inversa con dirección NW-SE, (la línea roja es referencial) se puede notar claramente el cambio en los flujos piroclásticos brechados y cenizas de tono rojizo.

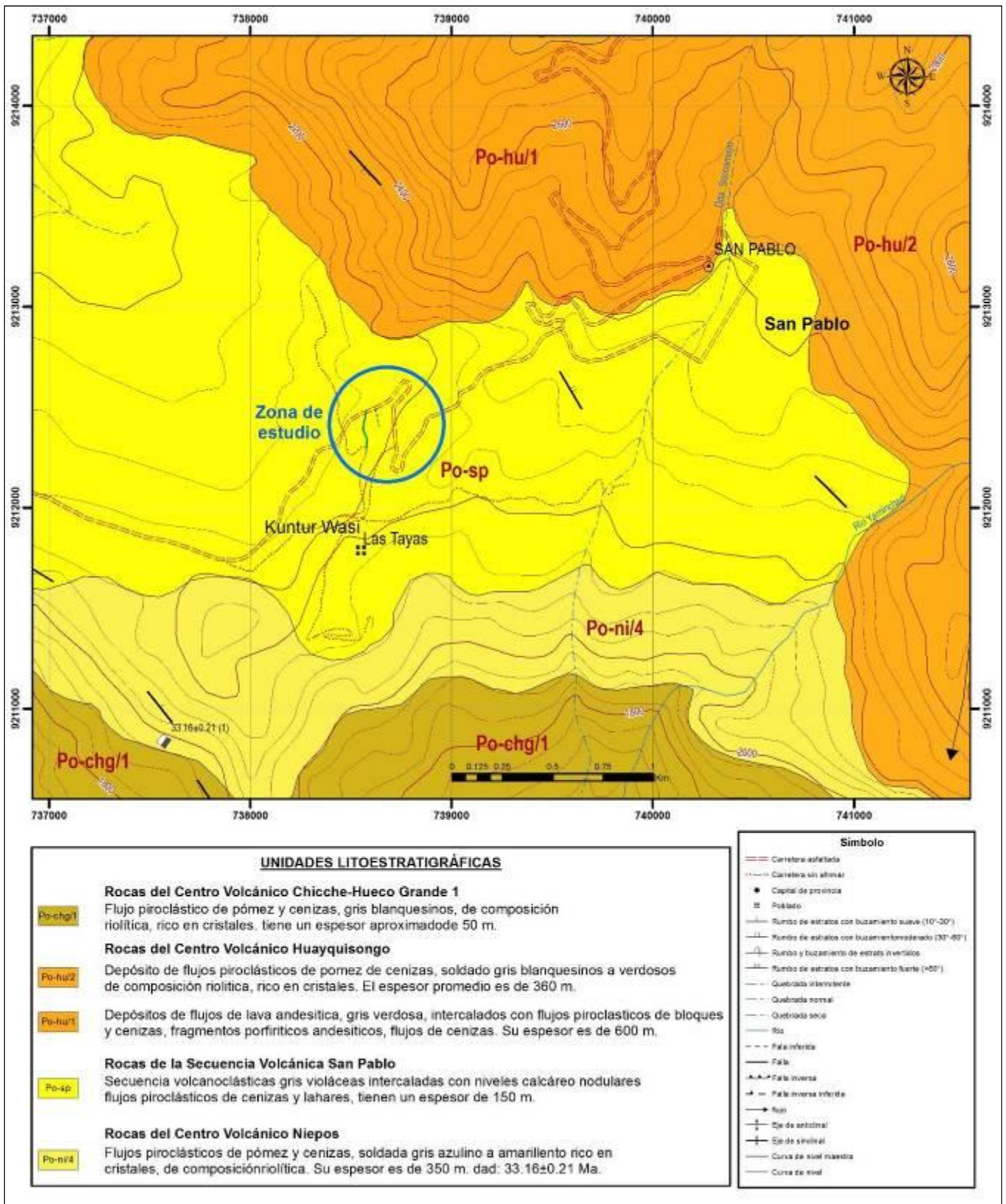


Figura 2 Mapa geológico de la zona de estudio y alrededores (INGEMMET 2007)

5. PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA:

En la jurisdicción del centro poblado Kuntur Wasi, se determinó que los peligros geológicos por movimientos en masa que ocurren en la zona son de tipo deslizamiento y caída de rocas. como lo mencionan estudios anteriores.

Área de estudio entre los Km 24+000 y 25+000 de la carretera asfaltada Chilete – San Pablo:

Por la interpretación de las imágenes satelitales Google Earth (2016) en la zona de estudio se logró identificar peligros geológicos por movimientos en masa de tipo deslizamiento y caídas de roca, cartografiados por los trabajos de campo (figura 3).

La probabilidad de ocurrencia de estos fenómenos se da en periodo de lluvias intensas excepcionales como el Fenómeno El Niño.

Características del deslizamiento:

El deslizamiento es tipo rotacional, se localiza a 50 m del talud inferior, km 25+000 de la carretera asfaltada Chilete – San Pablo, presenta una escarpa principal de 75 m. de longitud, salto vertical de 4 m., con altura del pie a la corona de 20 m., longitud del pie a la corona de 77 m. y ancho de masa desplazada 33 m. El desplazamiento es de velocidad lenta¹. También se observa agrietamientos por encima de la corona, con una longitud que varía entre 27 a 74 m., abertura que alcanza hasta 0.2 m. y profundidad 1.0 m.

Por encima del deslizamiento, se observó un agrietamiento, que presenta 388 m de longitud, de forma irregular, con abertura que varía entre 2 a 25cm. y con salto vertical por sectores hasta de 0.20 m., que afecta la capa asfáltica de la carretera,

Causas

Factores de sitio:

- Substrato de mala calidad (moderadamente meteorizada)
- Características litológicas, secuencias volcanoclásticas gris violáceas intercaladas, cubierto con material de desmonte.
- Orientación desfavorable de discontinuidades.

¹ Escala de velocidad según Cruden y Varnes (1996)

- Configuración geomorfológica del área (ladera de colina en roca volcánica).
- Pendiente promedio de ladera de montaña y colina en roca volcánica varía entre los 20° a 40°.
- Cobertura vegetal de tipo pastizal, que ofrecen poca protección y fijación al suelo y la roca.

Del entorno geográfico:

- Precipitaciones pluviales intensas, que saturan los terrenos y los desestabilizan, también forman escorrentía superficial que erosiona las laderas a manera de cárcavas.
- Substrato que presenta deformación y también falla y fractura.
- Filtración de agua que formando laguna temporal.

Actividad antrópica:

- Ocupación inadecuada del suelo por el hombre (áreas vulnerables).
- Corte en el pie de talud. (con filtración de agua)
- Acumulación de material detrítico utilizado como botadero de desmonte durante la construcción de carretera.
-

Daños

Se han reportado daños en 1 km de carretera, poste de energía eléctrica y terrenos de cultivo.



Figura 2. Imagen Google Earth (2016), se observa Peligros geológicos en la zona de estudio.



Foto 3. Vista de la parte superior del deslizamiento, se observan Corona (escarpa principal) de 75 m. de longitud, salto vertical de 4 m. donde afecta terrenos de cultivo y pastoreo.



Foto 4. Vista de la parte superior del deslizamiento, se observan agrietamientos con una longitud que varía entre 27 a 74 m.



Foto 5. Vista de agrietamiento con dirección este, se observa en la capa asfáltica de la carretera el Chilete – San Pablo.



Foto 6. Vista al pie del deslizamiento donde se ubica una vivienda que podría ser afectada



Foto 7. Vista la parte superior del deslizamiento, se observa agrietamiento que puede afectar poste eléctrico

Características de caída de rocas:

- Talud rocoso fracturado (D1): con escarpa de forma irregular continua de 70 m, de longitud, altura 27 m. Así como también depósitos coluvio-deluviales formados por clastos angulosos de matriz limo-arcilloso.
- Talud rocoso fracturado (D2): con escarpa de forma irregular continua de 157 m., altura 22 m, depósito conformado por clastos angulosos de matriz limo-arcilloso.
- Filtración de agua en el talud.
- Velocidad lento.
- Evento activo presenta un avance retrogresivo.

Causas

Las caídas de rocas que ocurren por sectores del talud superior de tramo de carretera se deben a las siguientes causas:

Factores de sitio:

- Pendiente promedio de la ladera del cerro: 30°
- Substrato rocoso de mala calidad, conformado por secuencias volcanoclásticas, consideradas geotécnicamente como roca de mala calidad.
- Orientación desfavorable de discontinuidades
- Escases de vegetación, cobertura vegetal tipo pastizales y matorrales que ofrecen poca protección y fijación al suelo y la roca.
- Suelo incompetente.

Entorno geográfico

- Precipitaciones pluviales intensas (periódicas y/o excepcionales), que saturan los terrenos y los estabilizan, también forman escorrentía superficial que erosionan las laderas a manera de cárcavas.
- Agua subterránea: infiltraciones.

Actividad antrópica:

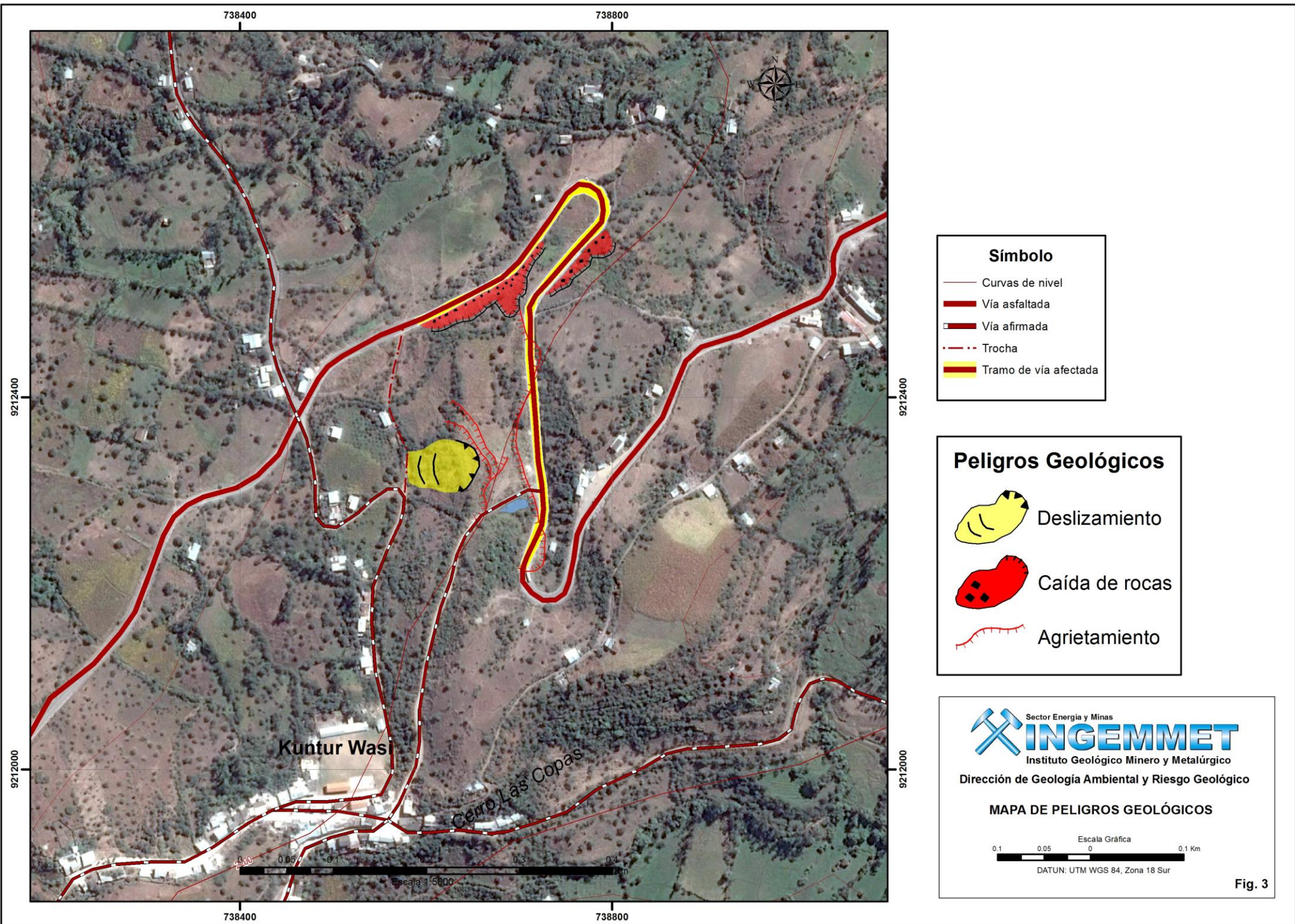
- Ocupación inadecuada del terreno (área vulnerable).
- Corte de talud.
- Cunetas en malas condiciones y falta de limpieza.

Daños:

- Afecta 300 m. de carretera asfaltada Chilete – San Pablo



Foto 8. Se observa caída de rocas en talud superior de tramo de carretera en las progresivas 24+762 (D2) y 24+520 (D1).



Símbolo

- Curvas de nivel
- Vía asfaltada
- - - Vía afirmada
- · - · Trocha
- Tramo de vía afectada

Peligros Geológicos

- Deslizamiento
- Caída de rocas
- · - · Agrietamiento

Sector Energía y Minas
INGEMMET
 Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
 Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS

Escala Gráfica
 0.1 0.05 0 0.1 Km

DATUN: UTM WGS 84, Zona 18 Sur

Fig. 3

6. PROPUESTA DE MEDIDAS PREVENTIVAS

En esta sección se dan algunas propuestas generales de solución para la zona de estudio, con la finalidad de minimizar las ocurrencias de deslizamientos, caídas de rocas, entre otros; así como también para evitar la generación de nuevas ocurrencias.

6.1 PARA DESLIZAMIENTOS

Los deslizamientos ocurren esencialmente de forma natural pero también por la actividad antrópica (agrícola, deforestación) mal desarrollada que acelera el proceso; asimismo por el socavamiento al pie de deslizamientos, la utilización de canales sin revestir, etc. A continuación, se proponen algunas, medidas para el manejo de estas zonas:

- Manejo agrícola: evitar riegos en exceso, estos deben ser cortos y frecuentes, de modo que limiten la infiltración y la retención en la capa superficial del suelo en contacto con los cultivos.
- Los canales deben ser revestidos (concreto, mampostería, terracemento entre otros) para minimizar la infiltración y saturación de los terrenos.
- El sistema de riego de cultivo debe ser tecnificado por aspersión controlada o por goteo.
- No debe construirse reservorios de agua sin revestimiento, ya que esto favorece la infiltración y saturación del terreno.
- La remoción de la tierra para realizar el cultivo debe ser superficial pues una remoción más profunda realizada con maquinaria puede favorecer la infiltración y saturación del terreno.
- El desarrollo de vegetación natural (pastos, malezas, arbustos, árboles) contribuye a atenuar el proceso de incisión rápida de las masas deslizantes; no obstante, este seguirá produciéndose en forma lenta hasta alcanzar el equilibrio natural entre el suelo y la vegetación nativa.
- Realizar prácticas de conservación y regeneración de la cobertura vegetal natural conformada por pastos, malezas y arbustos.
- Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización. En la selección de árboles a utilizarse debe contemplarse las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y portes que alcanzaran versus la pendiente y profundidad de los suelos, se recomienda que las plantaciones forestales se ubiquen al lado de las zanjas de infiltración con el objeto de captar el agua y controlar la erosión.

- Evitar el sobre pastoreo que produzca deterioro y destrucción de la cobertura vegetal, se debe realizar un manejo de las zonas de pasturas mediante el repoblamiento de pasturas nativas, empleando sistemas de pastoreo rotativo, evitar la quema de pajonales.

USO DE VEGETACIÓN

- El efecto de la vegetación sobre la estabilidad de los taludes ha sido muy debatido en los últimos años; el estado del uso actual deja muchas dudas e inquietudes y la cuantificación de los efectos de estabilización de las plantas sobre el suelo, no ha tenido una explicación universalmente aceptada. Sin embargo, la experiencia ha demostrado el efecto positivo de la vegetación, para evitar problemas de erosión, reptación y fallas subsuperficiales (J. Suárez Díaz, 1998).
- Para poder analizar los fenómenos del efecto de la vegetación sobre el suelo se requiere investigar las características específicas de la vegetación en el ambiente natural que se esté estudiando.
- Entre los factores se sugiere analizar los siguientes: volumen y densidad de follaje, tamaño, ángulo de inclinación y aspereza de las hojas, altura total de la cobertura vegetal, presencia de varias capas diferentes de cobertura vegetal, tipo, forma, profundidad, diámetro, densidad, cubrimiento y resistencia del sistema de raíces.
- El tipo de vegetación, tanto en el talud como en el área arriba del talud es un parámetro importante para su estabilidad. La vegetación cumple dos funciones principales. En primer lugar, tiende a determinar el contenido de agua en la superficie y, además, da consistencia por el entramado mecánico de sus raíces. Como controlador de infiltraciones tiene un efecto directo sobre el régimen de aguas subterráneas y actúa posteriormente como secador del suelo al tomar el agua que requiere para vivir.

Factores que aumentan la estabilidad del talud:

1. Intercepta la lluvia
2. Aumenta la capacidad de infiltración
3. Extrae la humedad del suelo
5. Raíces refuerzan el suelo, aumentando resistencia al cortante
6. Anclan el suelo superficial a mantos más profundos
7. Aumentan el peso sobre el talud
8. Transmiten al suelo la fuerza del viento
9. Retienen las partículas del suelo disminuyendo susceptibilidad a la erosión

La deforestación puede afectar la estabilidad de un talud de varias formas:

1. Disminuyen las tensiones capilares de la humedad superficial
2. Elimina el factor de refuerzo de las raíces
3. Facilita la infiltración masiva de agua.

La quema de la vegetación aumenta la inestabilidad de los taludes, especialmente si esto ocurre en área de coluviones en los cuales la vegetación ejerce un papel preponderante en la estabilidad, especialmente por la eliminación del refuerzo de las raíces y por la exposición a la erosión acelerada.

a) Construir zanjas de coronación.

Las zanjas en la corona o en la parte alta de un talud, son utilizadas para interceptar y conducir adecuadamente las aguas lluvias y evitar su paso por el talud. La zanja de la corona no debe construirse muy cerca del borde superior del talud para evitar que se convierta en activadora de un deslizamiento en cortes recientes; o en una nueva superficie de falla (movimiento regresivo) en deslizamientos activos; o se produzca la falla de la corona del talud o escarpe (figura 7)

b) Construir un sistema de drenaje tipo Espina de Pescado

Para disminuir la infiltración de agua en las áreas grandes arriba del talud, se construyen canales colectores en Espina de Pescado, los cuales conducen las aguas colectadas fuera de las áreas vulnerables del talud, entregándolas generalmente a los canales en gradería o torrenteras (figura 8). Estos canales deben impermeabilizarse adecuadamente para evitar la reinfiltración del agua

c) Tuberías de drenaje

Las tuberías de desagüe horizontales son un dispositivo utilizado para la prevención de deslizamientos (figura 9). Debido a los periodos de latencia largos que se necesitan para bajar los niveles freáticos, los desagües sólo son eficaces si el tubo se instala cuidadosamente, cruza la superficie de la falla y el tubo drena de hecho en el suelo. Como la mayoría de los suelos de las pendientes tienen diferentes y condiciones hidráulicas y geométricas, cada sistema de drenaje se debe diseñar individualmente. Después de realizar la perforación hasta la profundidad deseada e instalar la carcasa, esta última se limpia de tierra y las secciones de tubería de drenaje de PVC ranuradas se cubren con un filtro de tela. Después se empujan dentro de la carcasa y se acoplan. Se retira la cubierta y se instala cedazo sobre el extremo del drenaje. Los agujeros de drenaje deben estar completamente limpios de recortes de perforación y de barro. Si no se limpian los agujeros, su efectividad puede ser sólo del 25 por ciento.

En suelos arcillosos, el cambio completo de las capas freáticas puede tardar hasta cinco años y un 50 por ciento de la mejora tiene lugar en el primer año. Una vez que bajan los niveles freáticos en los suelos de arcilla, el cambio es bastante permanente; sin embargo, pueden ocurrir fluctuaciones estacionales: la precipitación no alterará el nivel de las aguas subterráneas en la ladera siempre que el desagüe no se obstruya. En suelos arenosos, el nivel freático bajará en unos pocos meses y también fluctúa con las lluvias.

a. Monitoreo permanente en la zona durante el periodo lluvioso

Implementar un sistema de monitoreo de la zona de arranque, que permita determinar la existencia de movimiento en la masa deslizante, este puede estar constituido por estacas de madera o varillas de hierro, las cuales deben estar colocadas tanto dentro del deslizamiento, como en una zona estable (fuera o encima del cuerpo de deslizamiento), realizándose medidas de la distancia entre estacas, cada cierto tiempo, aumentando la frecuencia de medidas durante periodos de lluvia. De detectarse movimientos rápidos, se informará a la población para que pueda realizarse la evacuación de las zonas que pueden resultar afectadas.

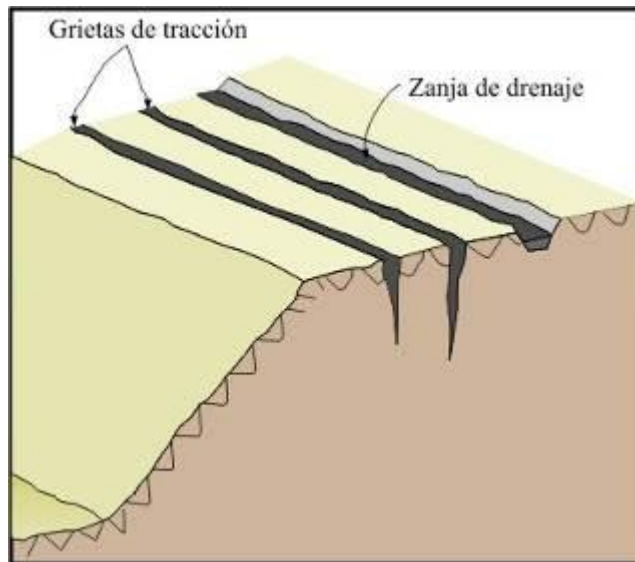


Figura 7 Canales de coronación.



Figura 8. Sistema de drenaje tipo espina de pez.

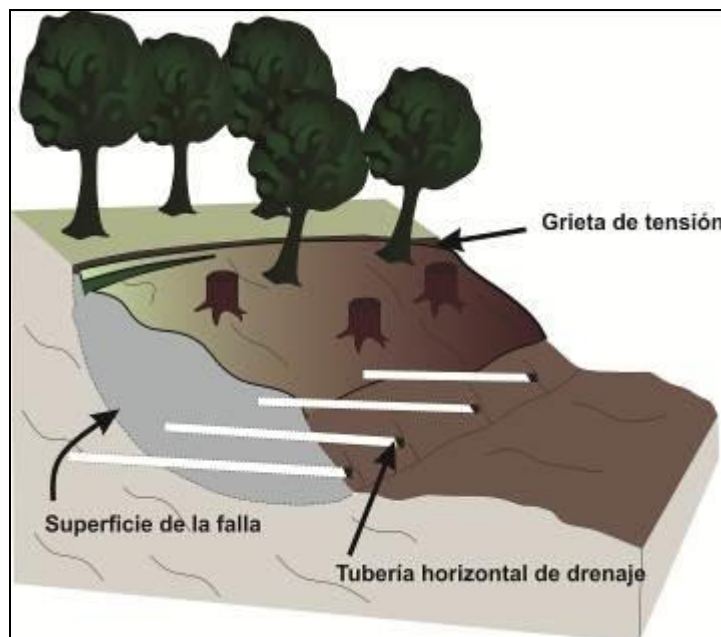


Figura 9. Esquema de las tuberías de desagüe.

6.2 PARA CAÍDA DE ROCAS

Forma de talud se muestra en la (figura 10), la inclinación de los taludes depende de los suelos y litología. Cuando la inclinación cambia, en muchos casos se proporciona una banqueteta en el punto de cambio de inclinación.

Generalmente se emplea una pendiente única cuando la geología y los suelos son lo mismo en profundidad y en las direcciones transversales y longitudinales. cuando la geología y los suelos varían considerablemente y de manera complicada, una pendiente única adecuadamente al suelo de mayor pendiente podría usarse, aunque esto sea antieconómico.

a) Banquetas:

Generalmente se instala una banqueteta de 1 a 21 m. de ancho, a la mitad de un talud de corte de gran altura.

1) Propósito de la banqueteta.

En la parte inferior de un gran talud continuo, 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 banqueteta 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 banqueteta para drenar el, agua hacia afuera del talud. La banqueteta también puede usarse como acera para inspección o como andamio para reparación.

Por lo tanto, las banquetetas 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.

2) Inclinación de banqueteta

Cuando no existen facilidades de drenaje, se proporciona a la banqueteta un gradiente transversal de 5 a 10%, de modo que el agua drene hacia el fondo del talud (pie de talud).

Sin embargo, cuando se considera que el talud es fácilmente descargable o cuando el suelo es fácilmente erosionable, el gradiente de la banqueteta debe hacerse en la dirección contraria, de modo que el agua drene hacia la zanja de la banqueteta.

3) Localización de banqueta.

En los taludes de corte, normalmente se diseñan banquetas de 1 a 2 metros de ancho cada 5 a 10 metros de altura, dependiendo del suelo, litología escala de 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.

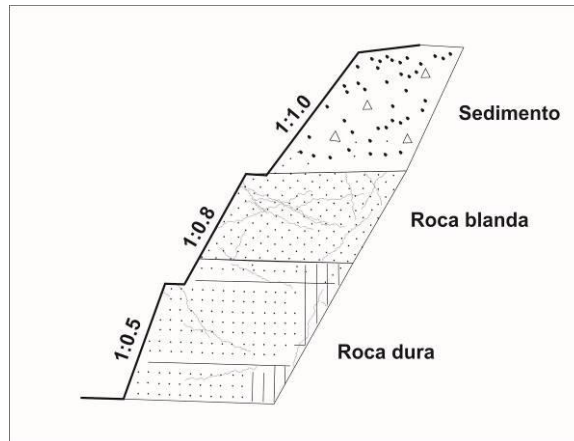


Figura 10. Condición de terreno y forma de taludes.

b) Corrección por muros

Los muros se emplean frecuentemente como elementos resistentes en taludes (figura 11).

En ocasiones se emplean para estabilizar deslizamientos existentes o potenciales al introducir un elemento de contención al pie (figura 12). Esta forma de actuar puede tener varios inconvenientes. En primer lugar, la construcción del muro exige cierta excavación en el pie del talud, lo cual favorece la inestabilidad hasta que el muro esté completamente instalado. Por otra parte, el muro no puede ser capaz de evitar posibles deslizamientos por encima o por debajo del mismo.

Una contención solo puede sostener una longitud determinada de deslizamiento ya que en caso contrario el deslizamiento sobrepasa al muro. Cuando quieran sujetarse deslizamientos más largos, debe recurrirse a un sistema de muros o a otros de los procedimientos expuestos.

Por todo ello, en taludes con signos evidentes de inestabilidad puede ser más apropiado realizar el muro con objeto de retener un relleno estabilizador.

En desmontes y terraplenes en los que la falta de espacio impone taludes casi verticales, el empleo de muros resulta casi obligado. Este es un caso frecuente en la construcción de vías de transporte. En ocasiones, como en el caso de un desmonte en una ladera, puede resultar más económica la construcción de un muro, frente al coste de sobre excavación requerido si aquel no se realiza. La construcción de un muro es

generalmente una operación cara. A pesar de ello, los muros se emplean con frecuencia pues en muchos casos son la única solución viable.

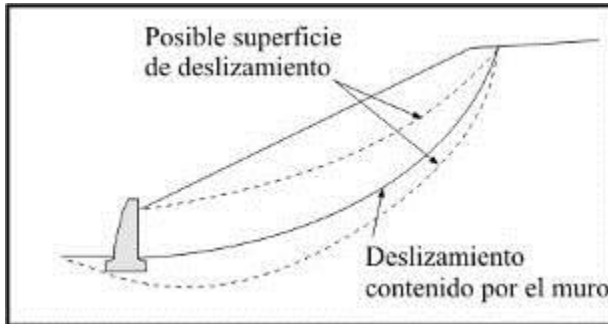


Figura 11. Contención de un deslizamiento mediante un muro (tomado de INGEMMET, 2000).

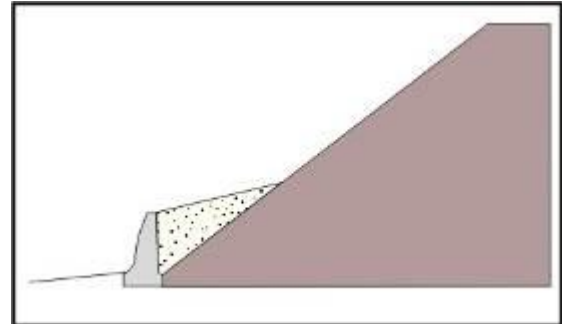


Figura 12. Relleno estabilizador sostenido por el muro (tomado de INGEMMET, 2000).

Los muros se pueden clasificar en tres grupos (Figura 13):

- **Muros de sostenimiento:** Se construyen separados del terreno natural y se rellenan posteriormente.
- **Muros de contención:** Generalmente van excavados y se construyen para contener un terreno que sería probablemente inestable sin la acción del muro.
- **Muros de revestimiento:** Su misión consiste esencialmente en proteger el terreno de la erosión y meteorización además de proporcionar un peso estabilizador.

Cuando se proyecta un muro deberán determinarse las cargas a las que va a estar sometido y su distribución, lo que permitirá planificar una estructura capaz de resistirlas.

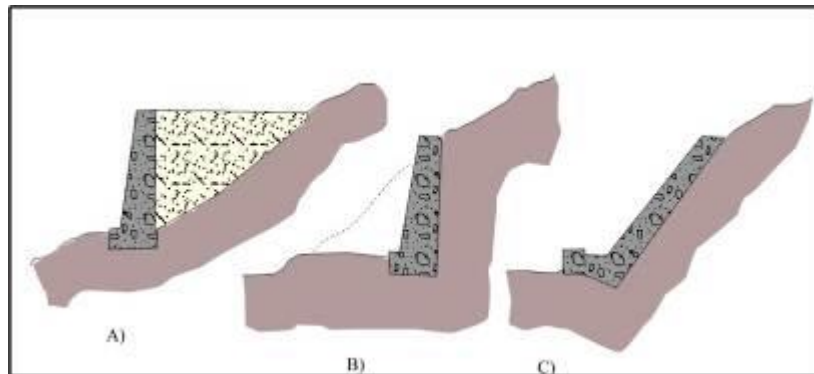


Figura 13. a) Muro de sostenimiento b) Muro de contención c) Muro de revestimiento (tomado de INGEMMET, 2000).

Las comprobaciones que deben efectuarse en un caso típico son las siguientes:

- Estabilidad general del sistema muro-terreno al deslizamiento; la estabilidad general del muro incluye la estabilidad al vuelco y al deslizamiento.
- Resistencia del terreno del cimiento.
- Ausencia de tracciones en la base del muro.

- Resistencia estructural: Se ha de comprobar que las tensiones máximas en el muro no sobrepasen los valores admisibles.

Tipos de muros

Muros de gravedad: Son los muros más antiguos, son elementos pasivos en los que el peso propio es la acción estabilizadora fundamental (figuras 14, 15, 16 y 17).

Se construyen de hormigón en masa, pero también existen de ladrillo o mampostería y se emplean para prevenir o detener deslizamientos de pequeño tamaño. Sus grandes ventajas son su facilidad constructiva y el bajo costo.

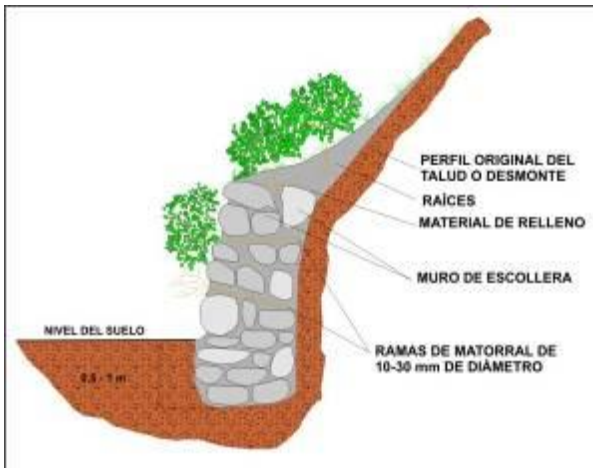


Figura 14. Muros de gravedad de piedra seca.

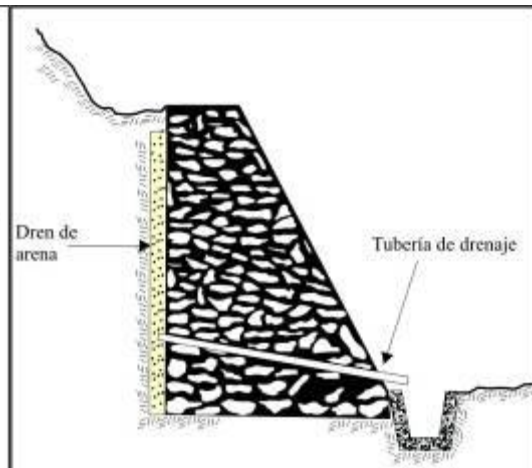


Figura 15. Muros de gravedad de piedra argamasada (tomado de INGEMMET, 2000).

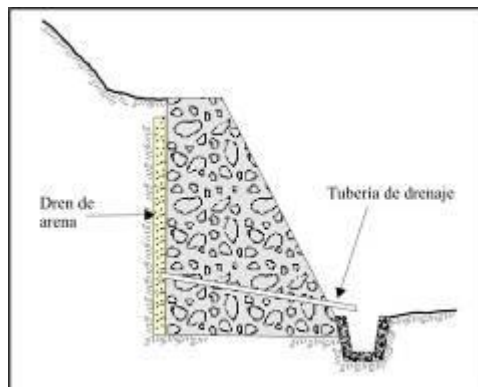


Figura 16. Muros de gravedad de concreto ciclópeo (tomado de INGEMMET, 2000).

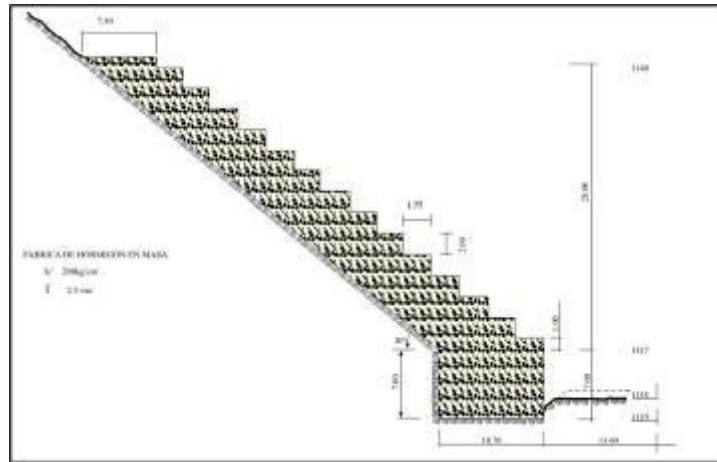


Figura 17. Muros de espesor máximo (tomado de INGEMMET, 2000).

Muros aligerados. Son muros de hormigón armado y existen dos tipos fundamentales:

a) Muros en L. Son aquellos en los que la pantalla vertical actúa como viga en voladizo y contrarrestan el momento volcador del empuje del terreno principalmente con el momento estabilizador de las tierras situadas sobre el talón (figuras 18 y 19).

La relación H/B está comprendida generalmente entre 1,5 y 2 y la longitud de zarpa B' suele ser un tercio de B . La presión sobre el cimiento es menor que en los muros de gravedad, por lo que son adecuados para cimentaciones malas. Los esfuerzos sobre cada una de las partes del muro (pantalla vertical, talón y zarpa) se calculan suponiendo que se comportan como vigas en voladizo.

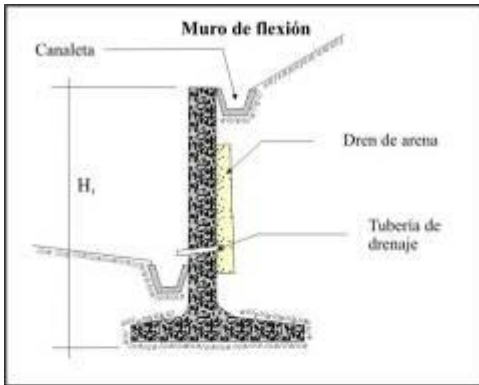


Figura 18. Muros en L (tomado de INGEMMET, 2000).

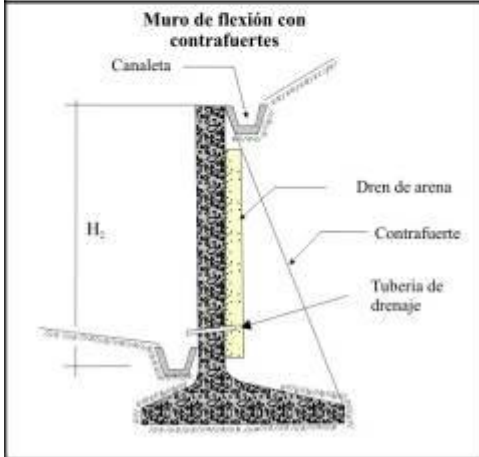
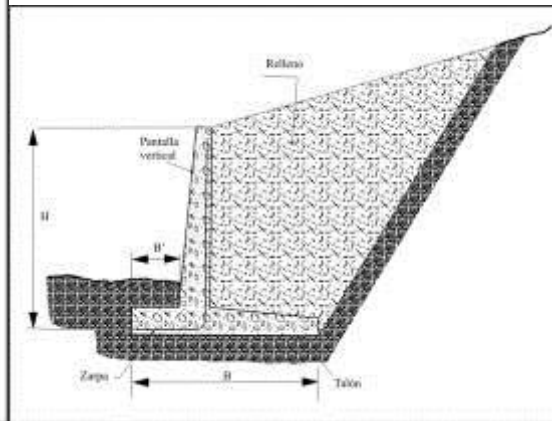


Figura 19. Muros de concreto armado tipo flexión (tomado de INGEMMET, 2000).



b) Muros de gaviones. Los gaviones son elementos con forma de prisma rectangular que consisten en un relleno granular constituido por fragmentos de roca no degradable (caliza, andesita, granitos, etc.), retenido por una malla de alambre metálico galvanizado (Figura 20).

Los muros de gaviones trabajan fundamentalmente por gravedad. Generalmente se colocan en alturas bajas, aunque algunas veces se colocan en alturas medianas (hasta 25 m de alto y 10 m de ancho) y funcionan satisfactoriamente. La relación entre la altura del muro y el ancho de la base del mismo es muy variable, y suele estar comprendida entre 1,7 a 2,4.

Las ventajas que presenta son:

- Instalación rápida y sencilla.
- Son estructuras flexibles que admiten asentamientos diferenciales del terreno.
- No tienen problemas de drenaje ya que son muy permeables.
- Los empujes sobre el muro y su estabilidad al vuelco y deslizamiento se calculan de igual forma que en el caso de un muro de gravedad.

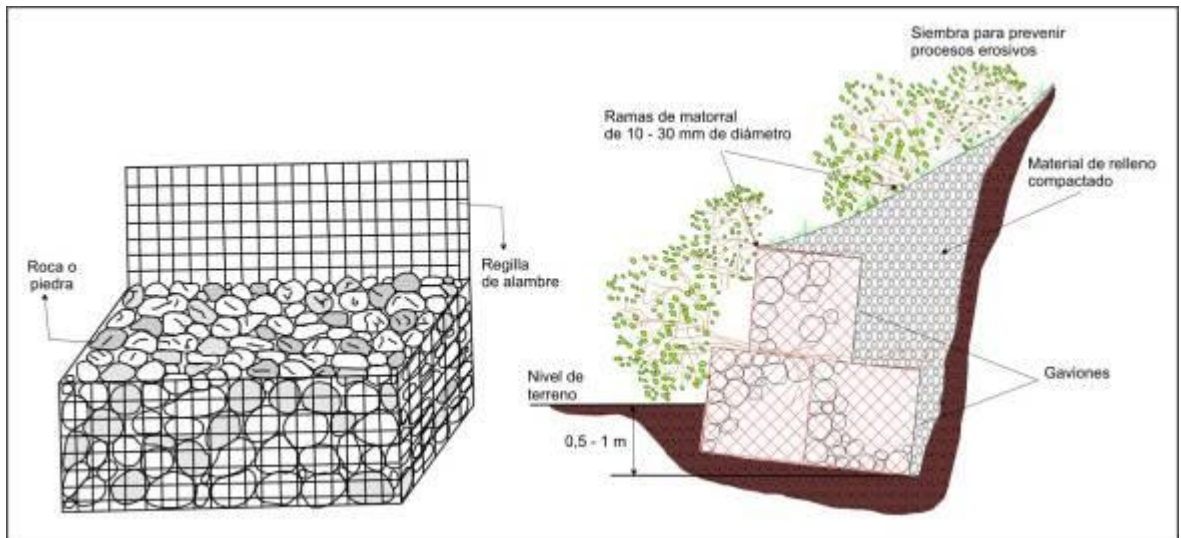


Figura 20. Muro de gavión.

CONCLUSIONES

1. Las viviendas situadas al pie del deslizamiento, se encuentran en alto peligro, de continuar el movimiento, estas, puede ser afectados y comprometer la integridad física de los habitantes
2. Por las condiciones actuales, como presencia de grietas longitudinales por encima de corona de deslizamiento, Km 24+000 al 25+200 carretera Chilete – San Pablo, se considera inestable. Se están generando deslizamientos y caída de rocas, por lo tanto, las viviendas situadas al pie del deslizamiento pueden ser afectadas, se considera como una **Zona Crítica**, de muy alto peligro por movimientos en masa, se considera en **Peligro Inminente** ante lluvias intensas o sismos de fuerte intensidad.
3. En la zona de estudio afloran rocas volcanoclásticas (Volcánico San Pablo) muy fracturado y moderadamente meteorizado, considerado geotécnicamente poco competente y susceptible a la ocurrencia de fenómenos naturales por movimientos en masa.
4. Por las características geológicas-estructurales, deformación por el sistema de falla inversa, origina mayor debilitamiento. Esto se traduce en que el área es susceptible a movimientos en masa como deslizamiento y caída de rocas.
5. El sector presenta morfológicamente, ladera de colinas en roca volcánica, pendiente media (20° – 40°), escasa cobertura vegetal y filtración de agua por sectores. Esto contribuye en la movilización de material suelto en la ladera, cuesta abajo.
6. El factor detonante son las lluvias intensas que se presentan entre los meses de enero a marzo. Las aguas de lluvias saturan la superficie del terreno provocando un incremento de peso de la masa inestable, esto genera la desestabilización de las laderas.
7. Se presenta además escorrentía superficial que erosionan las laderas, generando material de fácil remoción.

RECOMENDACIONES

1. Implementar un sistema de monitoreo de la zona de agrietamiento, que permita determinar el movimiento en la masa inestable del deslizamiento. Esta puede estar constituido por estacas de madera o varillas de fierro, las cuales deben estar colocadas tanto dentro de la zona inestable, como también en una zona estable (fuera o encima del cuerpo de deslizamiento), realizándose medidas de la distancia entre estacas, cada cierto tiempo, aumentado la frecuencia de medidas durante periodos de lluvia. De detectarse movimientos rápidos, se informará a los habitantes de las viviendas cercanas para que pueda realizar la evacuación.
2. Construir un sistema de drenaje, como canal de coronación, para impedir la infiltración de aguas pluviales hacia el cuerpo del deslizamiento.
3. Realizar un sistema de drenaje tipo Espina de Pescado, este sistema conduce las aguas colectadas fuera del área vulnerable. También puede utilizar para evacuar el agua que se acumula y forma laguna temporal.
4. Ejecutar una evaluación hidrogeológica, que permita determinar parámetros apropiados para el diseño de un sistema de drenaje subterráneo.
5. Hacer geofísica para determinar el nivel freático, caracterizar el subsuelo y las estructuras, de una forma eficaz.
6. Realizar las medidas correctivas apropiadas, para la zona donde ocurren movimientos en masa (deslizamiento y derrumbes), considerar uno de los ejemplos mencionados en el informe u otro para reducir sus efectos.
7. Limpieza, mantenimiento o reconstrucción de las cunetas para impedir la infiltración de las aguas de lluvia en la zona inestable.
8. Los sectores donde ocurren caída de rocas, talud superior de la carretera, reforzar con la construcción de muros (gaviones u otros).
9. Los trabajos deben ser dirigidos y ejecutado por profesionales con conocimiento y experiencia en el tema.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 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 (1988) – Mapa de clasificación climática del Perú, escala: 1:1'000.000. Lima: SENAMHI.
- Luis Reyes Rivera (1980). Mapa Geológico de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. Lima – Perú, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, N° 31. 76 p.
- Suárez Díaz J. (1998). Deslizamientos y estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos. Bucaramanga-Colombia. 10 Págs.
- Ruiz J. & Marín S. (2016) – “Informe Técnico de evaluación por Deslizamiento en el Km 25+000 de la carretera Chilete – San Pablo, CC.PP. Kuntur Wasi, Provincia San Pablo – Cajamarca”. INDECI – CEPIG.
- Zavala, B. & Rosado, M. (2010 – Riesgo Geológico en la región Cajamarca. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 44,396p., 19 mapas.

ANEXO

GLOSARIO DE TERMINOS

MOVIMIENTOS EN MASA:

El término movimiento en masa, incluye todos los desplazamientos de una masa rocosa, de detrito o de tierra por efectos de la gravedad (Cruden, 1996).

Estos movimientos en masa, tienen como causas factores intrínsecos: la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de suelos, el drenaje superficial–subterráneo y la cobertura vegetal (ausencia de vegetación); combinados con factores extrínsecos: construcción de viviendas en zonas no adecuadas, construcción de carreteras, explotación de canteras. Se tiene como “detonantes” las precipitaciones pluviales extraordinarias y movimientos sísmicos.

1. DESLIZAMIENTO

Es un movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante.

En el sistema de Varnes (1978). Se clasifica los deslizamientos, según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. Los deslizamientos traslacionales a su vez pueden ser planares y o en cuña, sin embargo, las superficies de rotura de movimientos en masa son generalmente más complejas que las de los dos anteriores, pues pueden consistir de varios segmentos planares y curvos, caso en el cual se hablará de deslizamiento compuesto (Hutchinson, 1988).

Deslizamiento rotacional

En este tipo de deslizamiento, la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla, curva cóncava. Los deslizamientos rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y un contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca (figura 21). Debido a que el mecanismo rotacional es auto-estabilizante y ocurre en rocas poco competentes. La tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas (Hutchinson, 1988).

Los deslizamientos rotacionales pueden ocurrir lenta a rápidamente, con velocidades menores a 1 m/s.

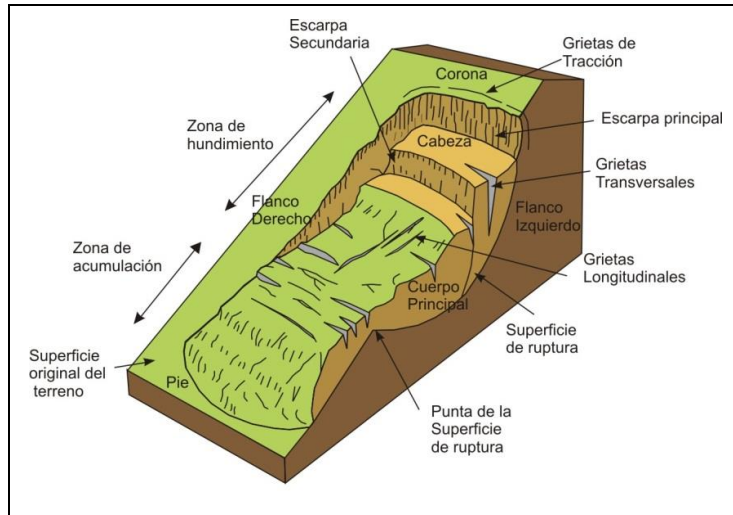


Figura 21. Diagrama de bloque de un deslizamiento

2 CAÍDA DE ROCAS

La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido la materia cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978). Dependiendo del material desprendido se habla de una caída de roca, o una caída de suelo. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden y Varnes, 1996), es decir con velocidades mayores a 5×10^1 mm/s (Figura 22).

Subtipos:

Caídas de roca (detritos o suelo).

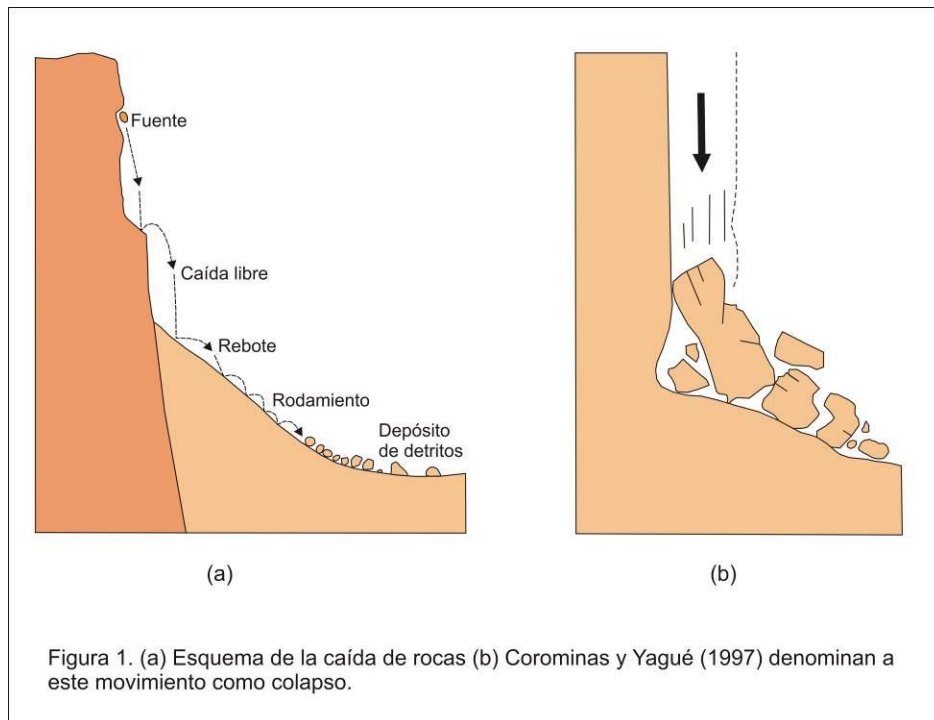


Figura 1. (a) Esquema de la caída de rocas (b) Corominas y Yagué (1997) denominan a este movimiento como colapso.

Figura 22. (a) Esquema de la caída de rocas (b) Corominas y Yagué (1997) denominan a este movimiento como colapso.