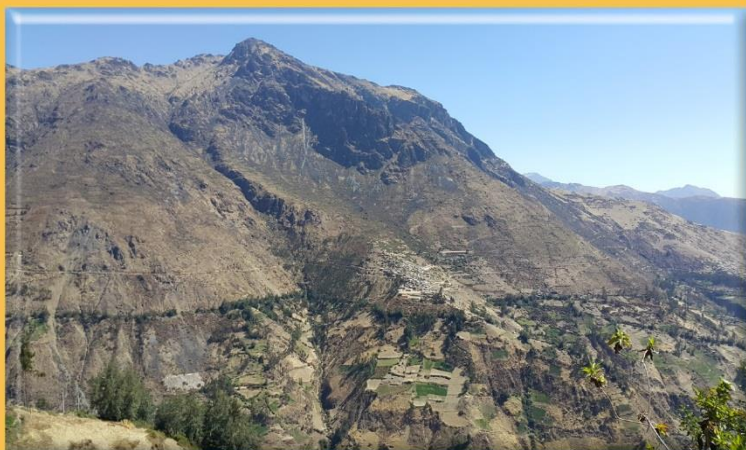


Informe Técnico N° A6812

EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y GEODINÁMICA DEL DESLIZAMIENTO DE CHACLANCAYO

Región Ancash
Provincia Huaylas
Distrito Pamparomás



RONALD FERNANDO CONCHA NIÑO DE GUZMÁN
IGOR ASTETE FARFÁN

MAYO
2018

EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y GEODINÁMICA DEL DESLIZAMIENTO DE CHACLANCAYO (DISTRITO DE PAMPAROMÁS, PROVINCIA DE HUAYLAS, ANCASH)

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS.....	4
3. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	7
a. MARCO CONCEPTUAL (DESLIZAMIENTOS)	7
b. CARACTERÍSTICAS DEL DESLIZAMIENTO DE CHACLANCAYO	8
c. FACTORES CONDICIONANTES Y DETONANTES DEL FENÓMENO.....	14
4. CONCLUSIONES	16
5. RECOMENDACIONES	16
MEDIDAS CORRECTIVAS.....	17
REFERENCIAS	27

1. INTRODUCCIÓN

El poblado de Chaclancayo, se ubica a unos 20 km al oeste de la ciudad de Caráz, en la ladera norte del cerro Coronilla, a 3084 m.s.n.m.; a 700m al norte fluye el río Chaclancayo que es un tributario de la red fluvial de la cuenca Nepeña, la cual desemboca en el Océano Pacífico. Políticamente pertenece al distrito de Pamparomás, provincia de Huaylas, departamento de Ancash (Fig. 1).

En los alrededores de Chaclancayo, afloran ampliamente tonalitas y granodioritas muy fracturadas del Batolito de la Costa, sobre estas rocas afloran aglomerados y lavas alteradas del Grupo Calipuy. Estos afloramientos se encuentran cubiertos por depósitos coluviales, originados por grandes deslizamientos antiguos originados en la parte alta del cerro Coronilla.

En los meses de febrero y marzo del 2017, las intensas precipitaciones registradas en la región, desencadenaron numerosos movimientos en masa (aluviones, inundaciones de detritos, derrumbes y deslizamientos). En la ladera occidental del cerro Coronilla, se activó un deslizamiento superficial desarrollado sobre depósitos coluviales, que afectó a la institución Educativa N°86543 Andrés Pascual del centro poblado de Chaclancayo.

El Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, como parte de sus funciones inherentes a la contribución como ente técnico-científico parte del Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (SINAGERD), realizó una inspección de campo el día 12 de noviembre del 2017 a solicitud de la Unidad de Gestión Educativa Local de Huaylas - Caráz con Oficio N° 1646-2017-ME/RA/DREA/UGELHy. AGP-PREVAED.

El trabajo de campo estuvo a cargo del Ing. Ronald Fernando Concha Niño de Guzmán y el geólogo Igor Astete Farfán, quienes a través del cartografiado y análisis geológico y geodinámico realizaron una evaluación de peligros geológicos en la zona de estudio, con el objetivo de caracterizar el fenómeno ocurrido y brindan algunas recomendaciones técnicas preventivas.

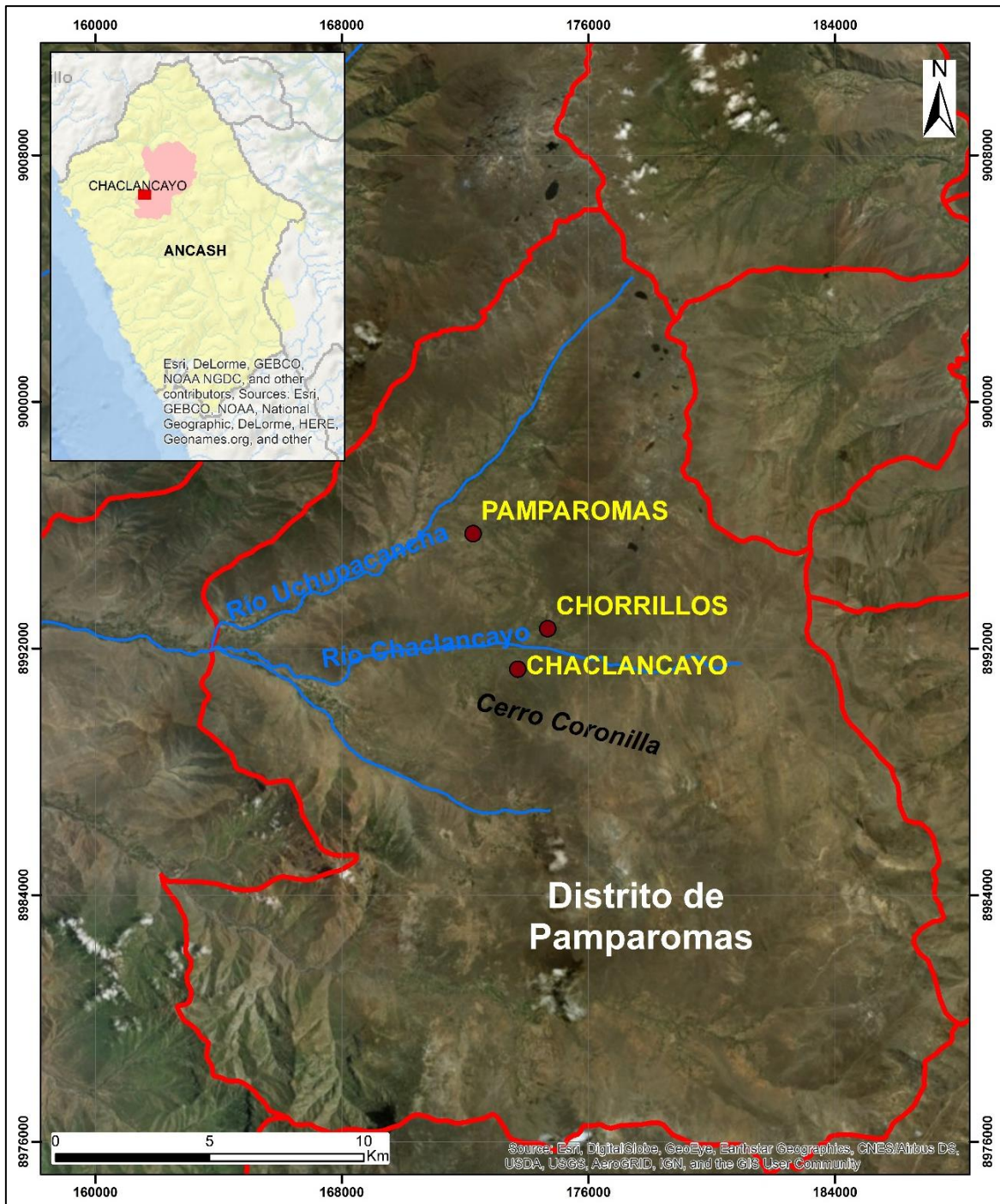


Fig. 1: Mapa de ubicación de la zona de estudio.

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Chaclancayo, se emplaza sobre una cresta flanqueada por deslizamientos antiguos y superficies de erosión en la ladera media del cerro Coronilla. En sus alrededores, especialmente al sureste, en la parte alta de la montaña, afloran ampliamente secuencias volcánicas y volcano-sedimentarias constituidas por tobas, limo-arcillitas, aglomerados y brechas correspondientes al Grupo Calipuy de edad Eocena (Wilson J., Reyes; L., Garayar J., 1967). Al noroeste, en las laderas bajas de la montaña, afloran tonalitas y granodioritas del Batolito de la Costa de edad Cretácico a Paleógeno (Fig. 2).

obre estas rocas, dispuestas a manera de conos de deyección se emplazan depósitos coluviales constituidos principalmente por bloques y fragmentos de tobas, lavas y aglomerados envueltos en una matriz limo-arcillosa. Estos depósitos se originaron por la acumulación de derrumbes y desprendimientos rocosos de la parte alta del cerro Coronilla (Foto 1). La I.E. N°86543 Andrés Pascual y casi todo el poblado de Chaclancayo, se emplazan sobre estos depósitos inconsolidados. Depósitos aluviales y fluviales, se emplazan en el fondo del río Chaclancayo.

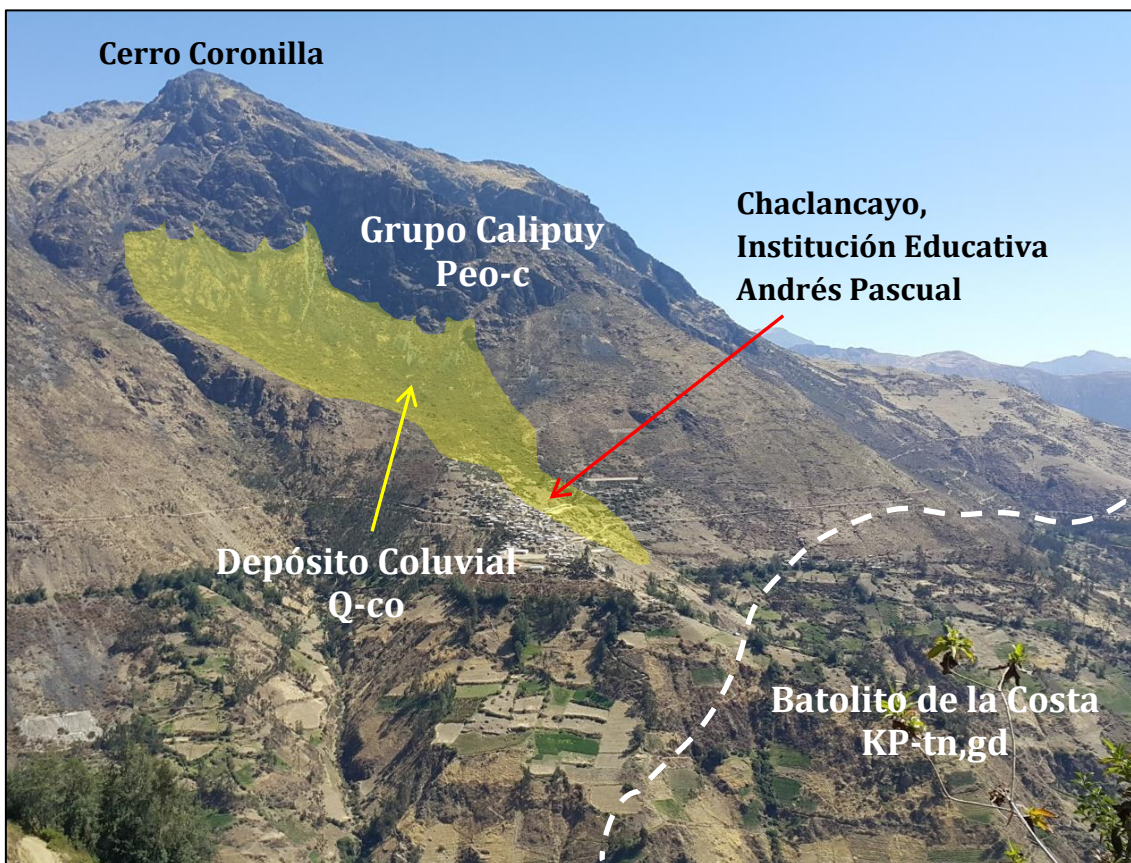
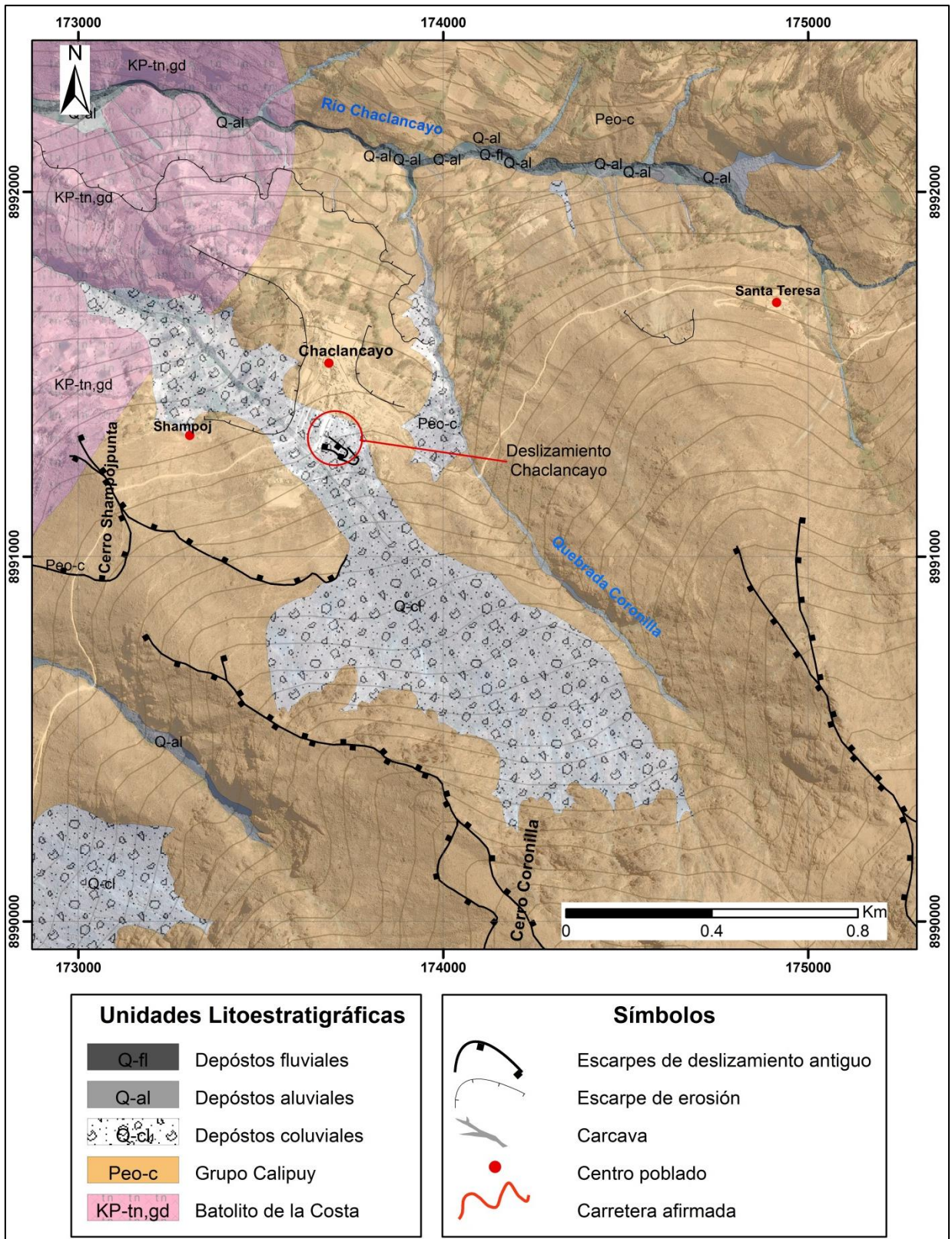


Foto 1: Vista panorámica del centro poblado de Chaclancayo y la I.E. Andrés Pascual, emplazada sobre depósitos coluviales, en la vertiente norte del Cerro Coronilla.



3. PELIGROS GEOLÓGICOS

En esta sección, se explicará inicialmente el concepto de deslizamientos de tipo rotacional (caso Chaclancayo), seguidamente se detallarán las características del fenómeno, mostrando un mapa geodinámico y un corte geológico esquemático, luego, se analizarán los factores condicionantes y detonantes para la ocurrencia del fenómeno y finalmente se propondrán algunas medidas correctivas y preventivas.

a. MARCO CONCEPTUAL (DESLIZAMIENTOS)

Son movimiento producidos 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. Los deslizamientos se clasifican, según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales (Varnes, 1978). Sin embargo, las superficies de rotura de movimientos en masa son generalmente más complejas que las de los dos tipos anteriores.

Los deslizamientos de tipo rotacional son fenómenos en los cuales, la masa deslizada se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava (Fig. 3), muestran una morfología distintiva caracterizada por un desnivel o escarpe principal pronunciado, grietas tensionales internas (dentro de la masa deslizada) y externas (fuera de la masa deslizada) y una pendiente superficial deformada de manera escalonada.

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 y depósitos 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 con velocidades lentas de algunos centímetros al año o rápidas, con velocidades menores a 1 m/s.

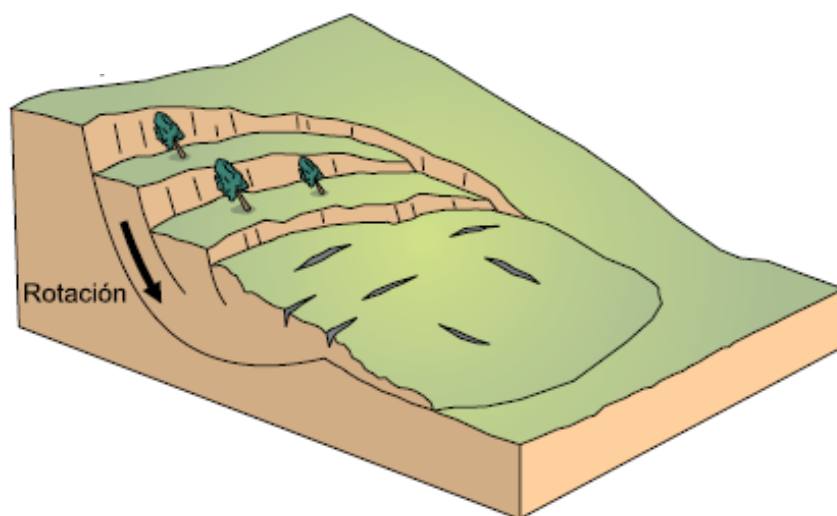


Fig. 3: Esquema de un deslizamiento rotacional, mostrando sus rasgos característicos (Cruden y Varnes, 1996).

b. CARACTERISTICAS DEL DESLIZAMIENTO DE CHACLANCAYO

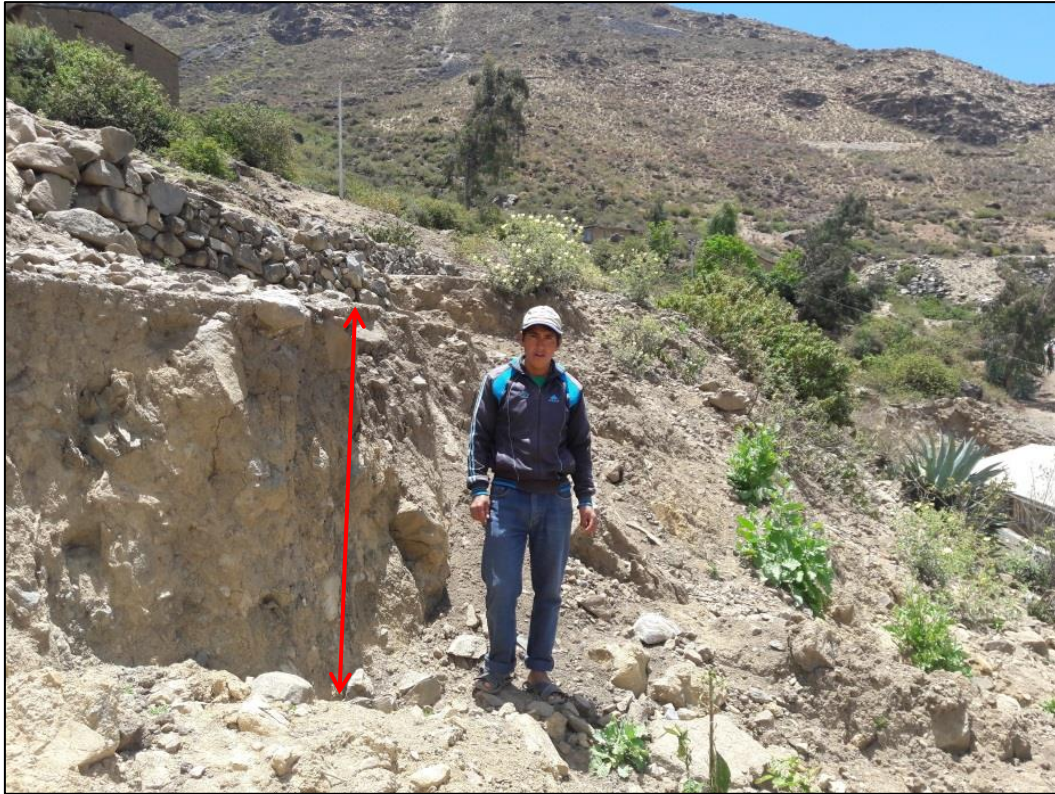
Durante la inspección de campo, se analizaron las características del fenómeno ocurrido en Chaclancayo, y se determinó que se trataba de un deslizamiento de tipo rotacional superficial en depósitos coluviales, constituidos por fragmentos de rocas volcánicas envueltas en una matriz limo-arcillosa. En la parte baja, este deslizamiento se encuentra flanqueado, por escarpes de erosión reactivados que originaron derrumbes que afectaron a la I.E. Andrés Pascual (Fig. 4).

El deslizamiento de Chaclancayo, presenta 2 escarpes importantes, el principal de ellos ubicado a 3099m, tiene aproximadamente 40m de diámetro y un desnivel o salto de 0.5 - 1m., al pie de este escarpe se ha desarrollado un sistema de varias grietas tensionales de dirección aproximada N-S, con aperturas de hasta 5cm (Fotos 2 y 3).



Foto 2: Corona del escarpe principal. **Foto 3:** Grietas tensionales debajo del escarpe principal.

El escarpe secundario, se ubica a 3089m (10m por debajo del principal) y tiene una longitud de 20 metros de diámetro y muestra un salto o desnivel de 1.5 - 2m., ladera arriba de este escarpe, existen al menos 5 grietas tensionales de entre 4 a 20 metros de largo con aperturas que varían de 0.5 a 5 centímetros (Fotos 4 y 5). Debajo de este escarpe se han desarrollado 2 escarpes menores de 12 y 8m de diámetro respectivamente.



Fotos 4: Escarpe de deslizamiento con un desnivel de casi 2 metros.



Foto 5: Grietas tensionales detrás del escarpe secundario.

Al pie del deslizamiento de Chaclancayo, transversal a su dirección de desplazamiento, se reactivó un escarpe de erosión de 120m de largo aproximadamente, este escarpe se formó cuando realizaron el corte de talud para la

construcción de la I.E. Andrés Pascual (Fotos 6 y 7), este corte a pesar de contar con un muro de contención de concreto de 2.5m de alto, debilitó la ladera haciéndola muy susceptible a la erosión y a colapsos frente a sismos o intensas precipitaciones pluviales, como las ocurridas en marzo del 2017.



Fotos 6 y 7: Escarpe de erosión activo al pie del escarpe secundario del deslizamiento de Chaclancayo (línea roja).

A lo largo de este escarpe, se reactivaron localmente varios segmentos, provocando derrumbes y asentamientos de entre 0.5–2m de desnivel, los cuales afectaron el muro de contención, inclinándolo y hasta haciéndolo colapsar en 2 tramos (Fotos 8 y 9).



Fotos 8 y 9: Muros de contención inclinados y colapsados a espaldas de la I.E. Andrés Pascual.

Adicionalmente, a los flancos de estos fenómenos se observaron dos torrenteras o flujos de lodo, la más septentrional, provocó el colapso de algunos materiales sueltos entre las viviendas aledañas y la estructura principal de la I.E. Andrés Pascual (Foto 10). La segunda torrentera, ubicada al extremo sur que colecta gran cantidad de las escorrentías superficiales de la vertiente norte del Cerro Coronilla, desfoga gran cantidad de estas aguas provocando flujos de detritos y lodo que afectaron la I.E. Andrés Pascual (Foto 11).



Foto 10: Flujo de lodo, en el extremo norte de la zona de estudio.



Foto 11: Marcas dejadas en los muros de los baños y aulas de la I.E. Andrés Pascual, en el extremo sur de la zona de estudio.

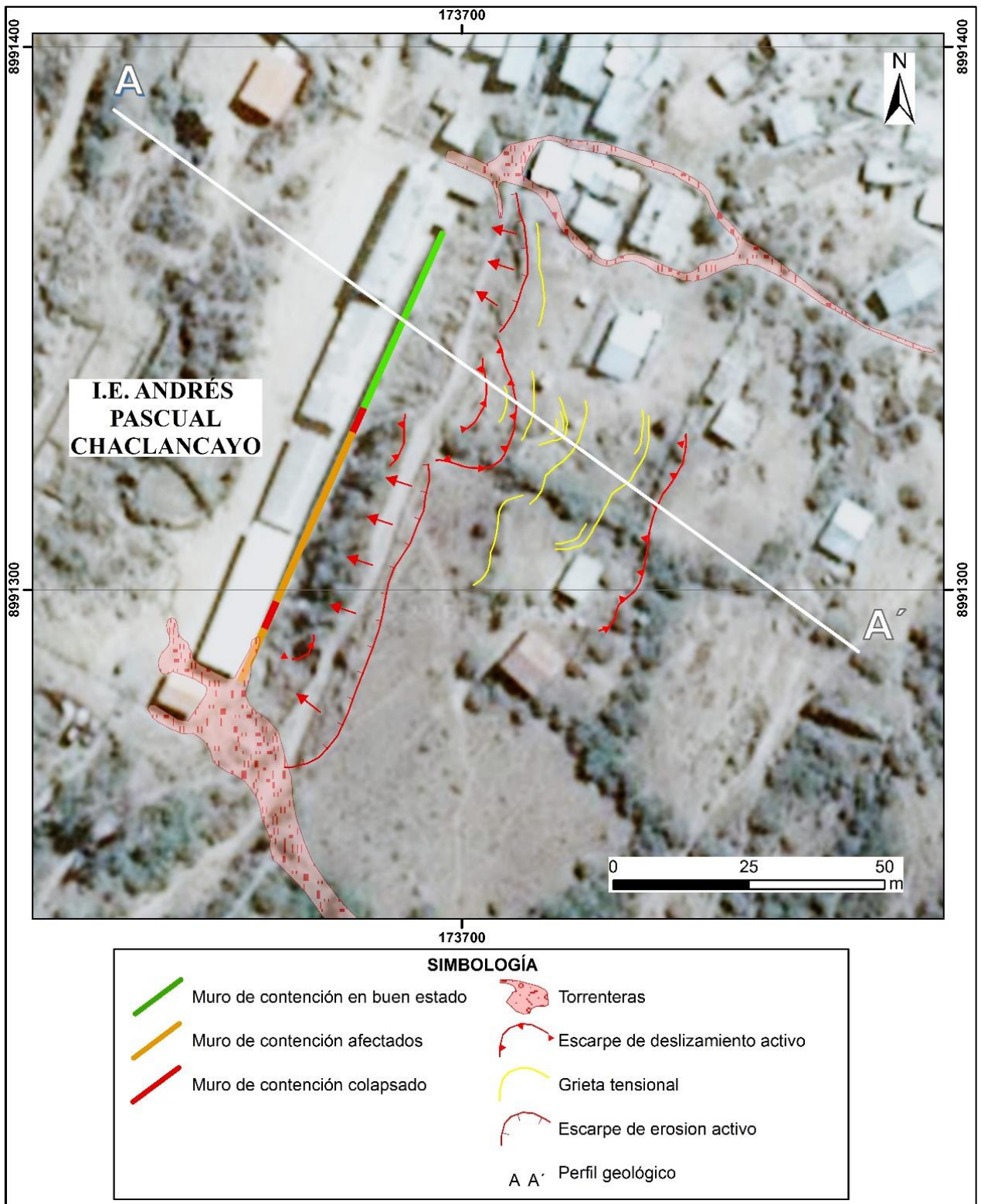


Fig. 4: Mapa geodinámico del deslizamiento de Chaclancayo.

c. FACTORES CONDICIONANTES Y DETONANTES DEL FENÓMENO

La principal condicionante para la ocurrencia del deslizamiento de Chaclancayo se debe a las características geológicas y en menor medida las características topográficas del terreno (pendiente entre 20° y 30° de inclinación).

La existencia de depósitos inconsolidados antes descritos (coluviales), originados por antiguos derrumbes acumulados en la ladera norte del cerro Coronilla, son susceptibles a la erosión superficial (Foto 12).



Foto 12: Depósitos coluviales en la vertiente norte del cerro Coronilla, susceptibles a la erosión.

El corte de talud realizado para la construcción de la I.E. N°86543 Andrés Pascual en el año 2013, debilitó la ladera, incrementando la susceptibilidad ante la erosión superficial. Además, la constante construcción de nuevas viviendas y la realización de nuevos cortes de talud (Foto 13), condicionan la ocurrencia de nuevos fenómenos geodinámicos (Fig. 5).



Foto 13: Construcción de nuevas viviendas sobre depósitos coluviales.

En estas condiciones, las intensas precipitaciones pluviales registradas en marzo de 2017, fueron el factor desencadenante del deslizamiento, la reactivación de escarpes de erosión y la ocurrencia de flujos de detritos y lodo en Chaclancayo.

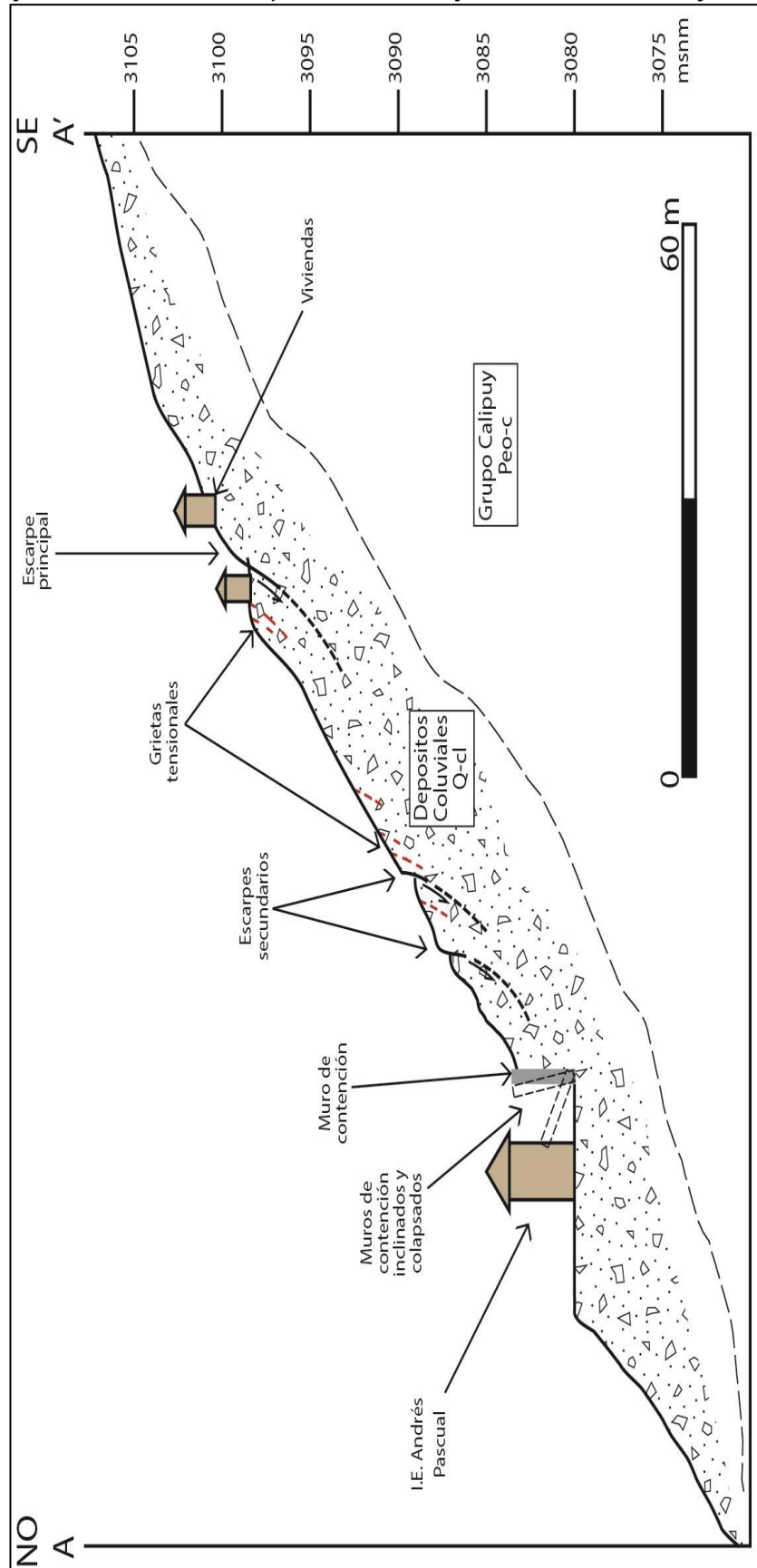


Fig. 5: Corte esquemático del deslizamiento de Chaclancayo.

4. CONCLUSIONES

- Según el análisis de las características y la deformación del terreno, el fenómeno geológico desarrollado en Chaclancayo, se trata de un deslizamiento de suelos de tipo rotacional.
- El deslizamiento de Chaclancayo, se ha desarrollado sobre depósitos inconsolidados coluviales, que están constituidos por bloques y fragmentos de rocas volcánicas envueltas en una matriz limo-arcillosa. Estos depósitos, se originados por la acumulación de derrumbes y desprendimientos rocosos de la parte alta del cerro Coronilla, por lo que están poco consolidados. Estas características geológicas son la principal condicionante para la ocurrencia de fenómenos de movimientos de masa en Chaclancayo.
- El corte de talud realizado para la construcción de la I.E. Andrés Pascual en el año 2013, fue también otra condicionante, ya que debilitó la ladera, incrementando la susceptibilidad ante la erosión superficial. Asimismo, la construcción de nuevas viviendas y la realización de nuevos cortes de talud propician la ocurrencia de nuevos fenómenos geodinámicos.
- El factor detonante, para la activación del deslizamiento de Chaclancayo, fueron las intensas lluvias asociadas al fenómeno de “El Niño Costero”, registradas en marzo del 2017.
- El muro de contención de la I.E. Andrés Pascual, fue dañado y colapsado en dos sectores, debido no solamente a la activación del deslizamiento de Chaclancayo, sino de la activación de derrumbes y asentamientos originados en el escarpe posterior al muro.
- Dos flujos de detritos y lodo se originaron en los flancos del deslizamiento y provocaron el colapso de algunos materiales sueltos entre las viviendas aledañas y la estructura principal de la I.E. Andrés Pascual.

5. RECOMENDACIONES

- Considerando que el deslizamiento de Chaclancayo, es un fenómeno geodinámico **activo** y muy susceptible a la erosión y que, además, su estabilización natural puede llevar varios años. Se requiere de manera urgente realizar tratamientos de estabilización para prevenir futuros desastres. En la sección siguiente denominada “Medidas Correctivas”, se proponen algunas sugerencias para la estabilización del deslizamiento de Chaclancayo.
- Se debe considerar la posibilidad de reubicar la I.E. Andrés Pascual, ya que durante los periodos lluviosos el deslizamiento de Chaclancayo, puede sufrir algunas reactivaciones.
- Se debe diseñar un sistema de drenaje de aguas provenientes de la escorrentía superficial, evacuándolas hacia la torrentera natural del extremo sur de la zona de estudio, la cual debe estar canalizada.
- Esta zona debe contar con estudios geológicos y geodinámicos detallados, considerando la información y cartografía de este informe.
- Todos estos estudios deben estar contemplados en los Planes de Ordenamiento Territorial del distrito de Pamparomás y la provincia de Huaylas.

MEDIDAS CORRECTIVAS

A) Corrección por modificación de la geometría del talud

Cuando un talud es inestable o su estabilidad es precaria se puede modificar su geometría con la finalidad de obtener una nueva disposición que resulte estable. Esta modificación busca lograr al menos uno de los dos efectos siguientes:

- Disminuir las fuerzas que tienden al movimiento de la masa.
- Aumentar la resistencia al corte del terreno mediante el incremento de las tensiones normales en zonas convenientes de la superficie de rotura.

Lo primero se consigue reduciendo el volumen de la parte superior del deslizamiento y lo segundo incrementando el volumen en el pie del mismo.

Las acciones que pueden realizarse sobre la geometría de un talud para mejorar su estabilidad son las siguientes:

Eliminar la masa inestable o potencialmente inestable. Esta es una solución drástica que se aplica en casos extremos, comprobando que la nueva configuración no es inestable.

Eliminar el material de la parte superior (descabezamiento) de la masa potencialmente deslizante. En esta área el peso del material contribuye más al deslizamiento y presenta una menor resistencia, dado que la parte superior de la superficie de deslizamiento presenta una máxima inclinación. Por ello la eliminación de escasas cantidades de material produce aumentos importantes del factor de seguridad.

Construcción de escolleras en el pie del talud. Puede efectuarse en combinación con el descabezamiento del talud o como medida independiente (Figuras 6 y 7).

El peso de la escollera en el pie del talud se traduce en un aumento de las tensiones normales en la parte baja de la superficie del deslizamiento, lo que aumenta su resistencia. Este aumento depende del ángulo de rozamiento interno en la parte inferior de la superficie del deslizamiento. Si es elevado, el deslizamiento puede producirse por el pie y es más ventajoso construir la escollera encima del pie del talud, pudiéndose estabilizar grandes masas deslizantes mediante pesos relativamente pequeños de escollera. Si el ángulo de rozamiento interno es bajo, el deslizamiento suele ocurrir por la base y es también posible colocar el relleno frente al pie del talud. En cualquier caso, el peso propio de la escollera supone un aumento del momento estabilizador frente a la rotura. Por último, cuando la línea de rotura se ve forzada a atravesar la propia escollera, esta se comporta además como un elemento resistente propiamente dicho.

Algo que debe tomarse en cuenta constantemente es que la base del relleno debe ser siempre drenante pues en caso contrario su efecto estabilizador puede verse disminuido, especialmente si el relleno se apoya sobre material arcilloso. Puede ser

necesario colocar un material con funciones de filtro entre el relleno drenante y el material del talud, para ello puede recurrirse al empleo de membranas geotextiles.

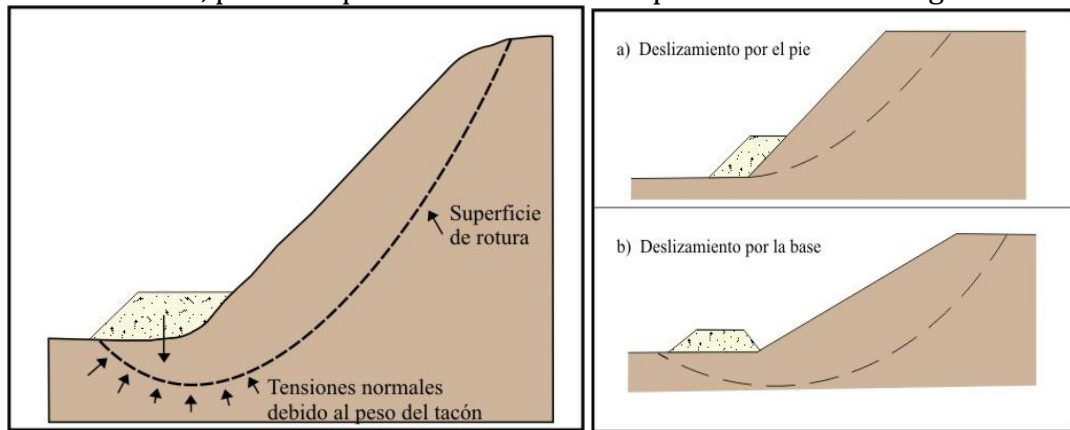


Figura 6: Colocación de escolleras. **Figura 7:** Efecto de una escollera sobre la resistencia del terreno.

Tratamiento de taludes con escalonamiento: Es una medida que puede emplearse tanto cuando un talud está comprometido por un deslizamiento o antes de que este se produzca. Su uso es aconsejable porque facilita el proceso constructivo y las operaciones del talud, retiene las caídas de fragmentos de roca —indeseables en todos los casos— y si se coloca en ellos zanjas de drenaje entonces se evacuará las aguas de escorrentía, disminuyendo su efecto erosivo y el aumento de las presiones intersticiales. Figura 8.

Este escalonamiento se suele disponer en taludes en roca, sobre todo cuando es fácilmente meteorizable y cuando es importante evitar las caídas de fragmentos de roca, como es el caso de los taludes ubicados junto a vías de transporte.

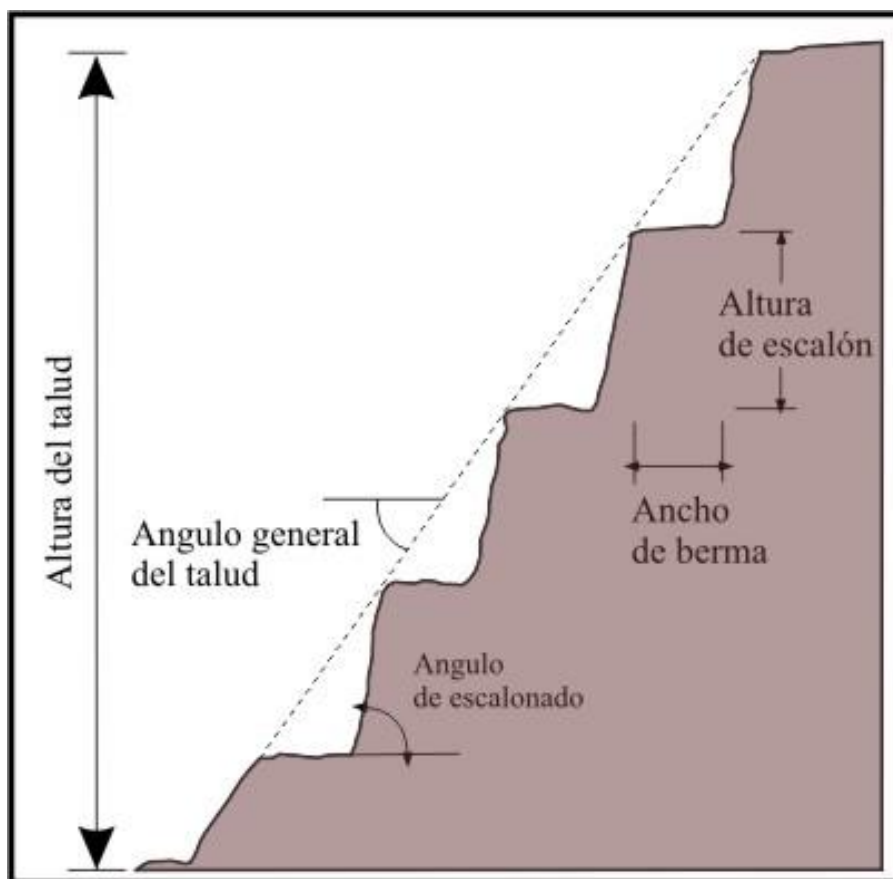


Figura 8: Esquema de un talud con bermas intermedias.

B) Corrección por drenaje

Este tipo de corrección se efectúa con el objeto de reducir las presiones intersticiales que actúan sobre la superficie de deslizamiento (sea potencial o existente), lo que aumenta su resistencia y disminuye el peso total, y por tanto las fuerzas desestabilizadoras.

Las medidas de drenaje son de dos tipos:

Drenaje superficial. Su fin es recoger las aguas superficiales o aquellas recogidas por los drenajes profundos y evacuarlas lejos del talud, evitándose su infiltración (Figura 9).

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. El cálculo de la sección debe hacerse con los métodos hidrológicos.

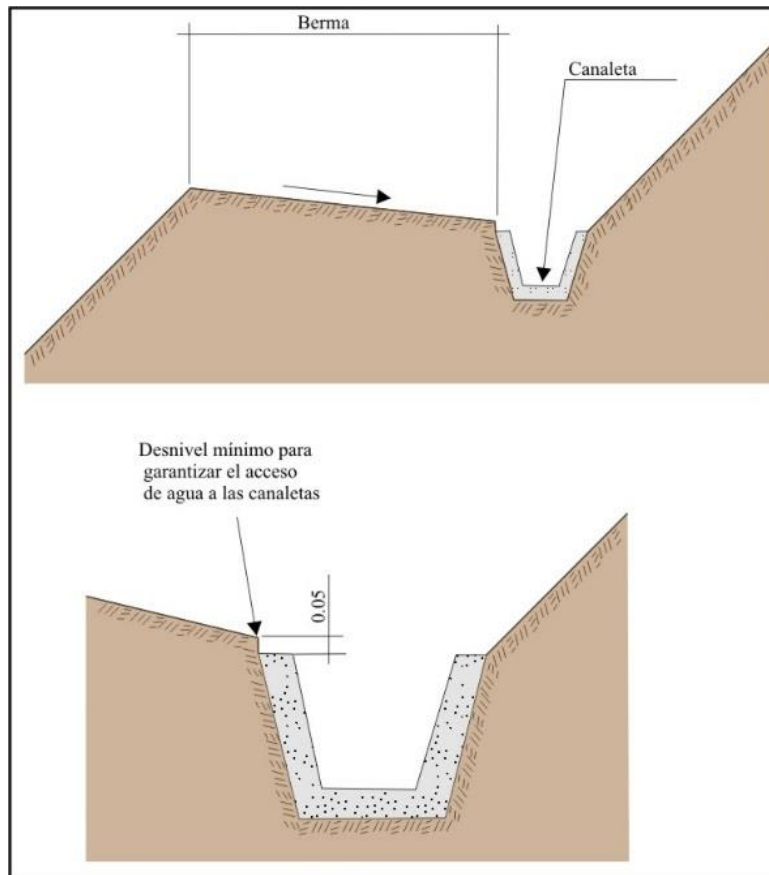


Figura 9: Detalle de una canaleta de drenaje superficial.

Drenaje profundo. La finalidad es deprimir el nivel freático con las consiguientes disminuciones de las presiones intersticiales. Para su uso es necesario conocer previamente las características hidrogeológicas del terreno.

Se clasifican en los siguientes grupos:

b.1) Drenes horizontales. Perforados desde la superficie del talud, llamados también drenes californianos. Consisten en taladros de pequeño diámetro, aproximadamente horizontales, entre 5° y 10°, que parten de la superficie del talud y que están generalmente contenidos en una sección transversal del mismo (Figuras 10 y 11).

Sus ventajas son:

- Su instalación es rápida y sencilla.
- El drenaje se realiza por gravedad.
- Requieren poco mantenimiento.
- Es un sistema flexible que puede readaptarse a la geología del área.

Sus desventajas son:

- Su área de influencia es limitada y menor que en el caso de otros métodos de drenaje profundo.
- La seguridad del talud hasta su instalación puede ser precaria.

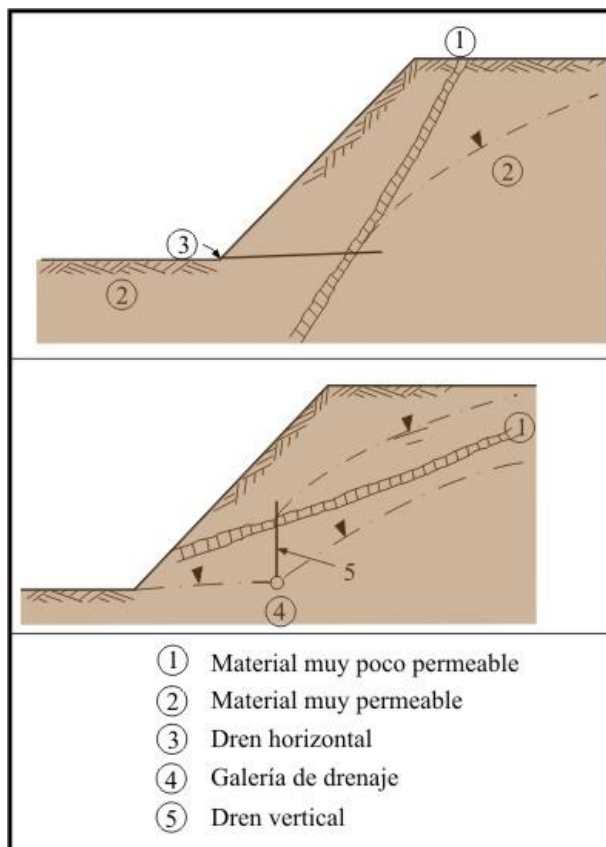


Figura 10: Disposición de sistema de drenaje en taludes no homogéneos.

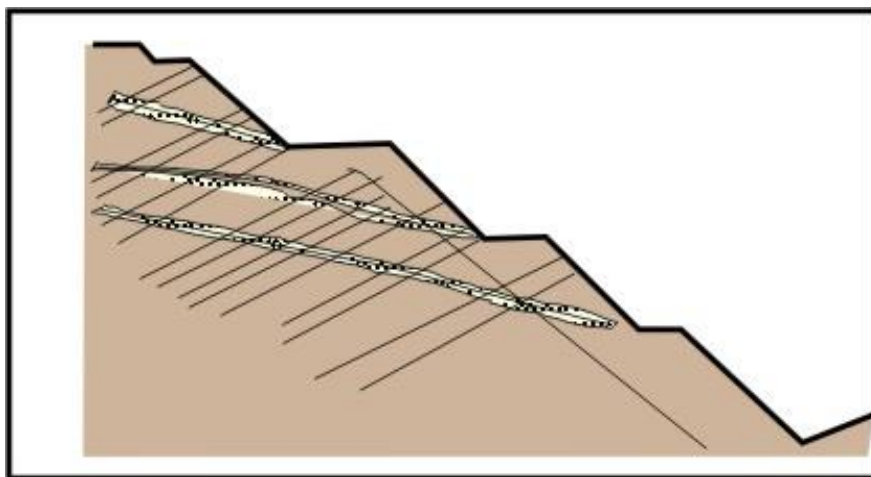


Figura 11. Esquema de drenaje de un talud por medio de drenes californianos

C) Corrección por elementos resistentes

C.1) Muros. Los muros se emplean frecuentemente como elementos resistentes en taludes (Figura 12).

En ocasiones se emplean para estabilizar deslizamientos existentes o potenciales al introducir un elemento de contención al pie (Figura 13). 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.

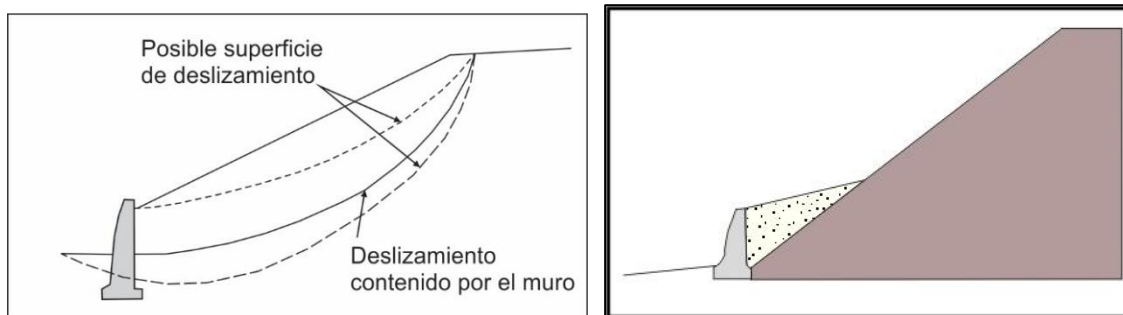


Figura 12: Contención de un deslizamiento mediante un muro. **Figura 13:** Relleno estabilizador sostenido por el muro.

Los muros se pueden clasificar en tres grupos (Figura 14):

- 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.

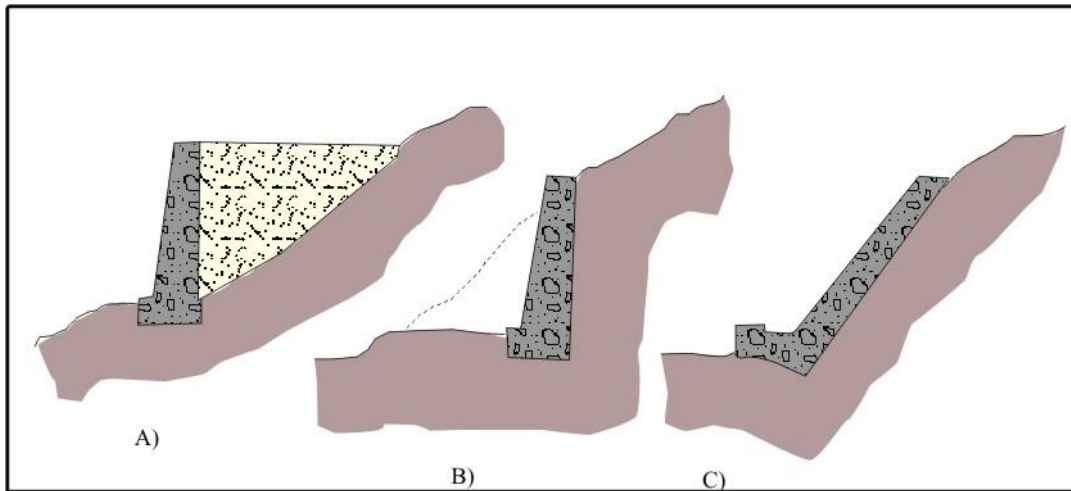


Figura 14: a) Muro de sostenimiento b) Muro de contención c) Muro de revestimiento.

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 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.

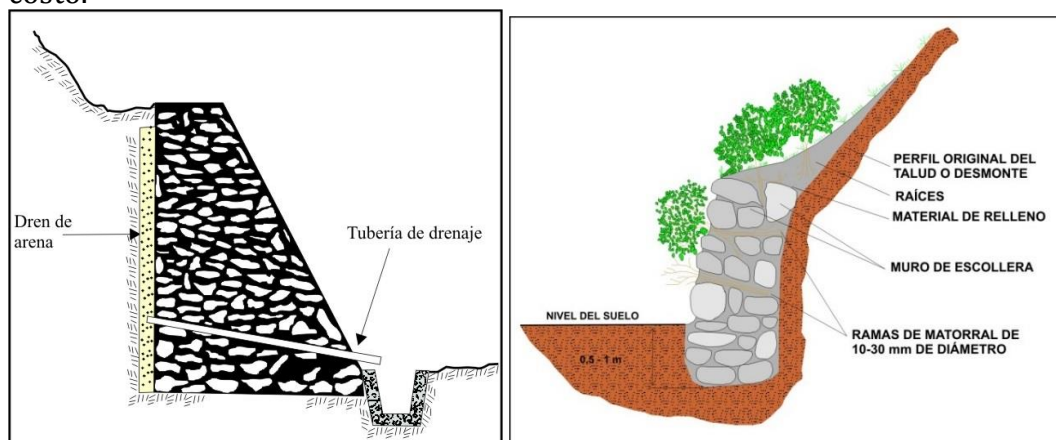


Figura 15 A). Muros de gravedad de piedra seca. **Figura 15 B)** Muros de gravedad de piedra argamasa.

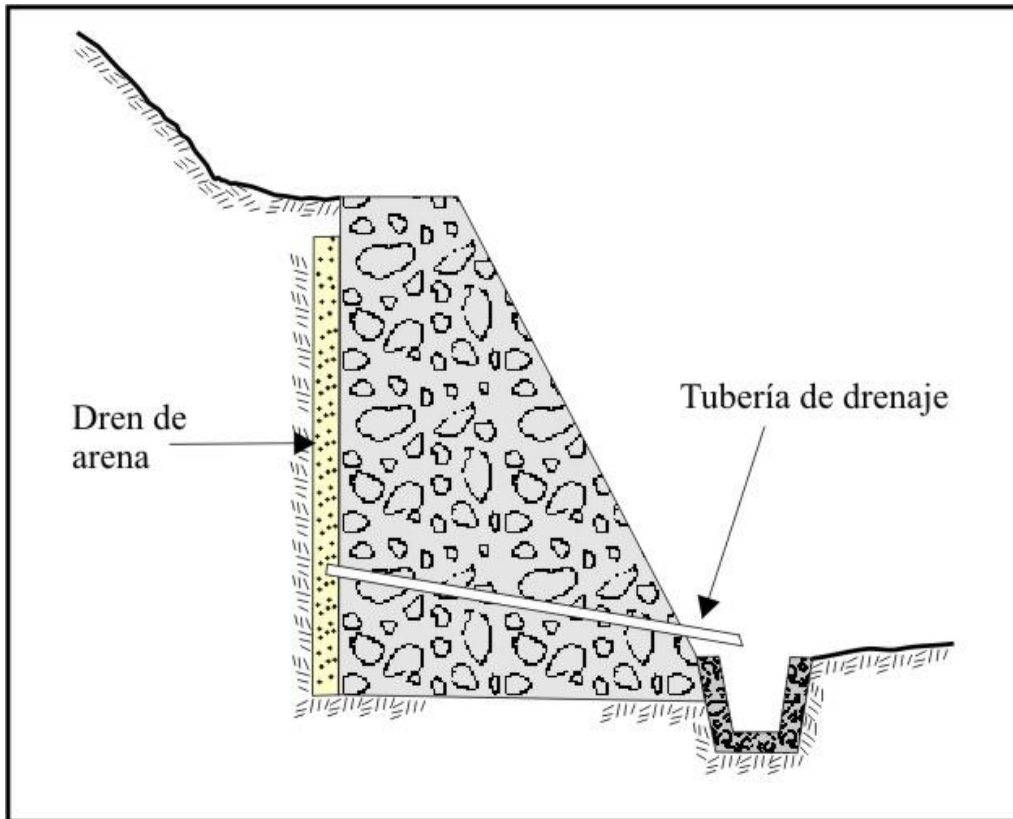


Figura 16: Muros de gravedad de concreto ciclópeo.

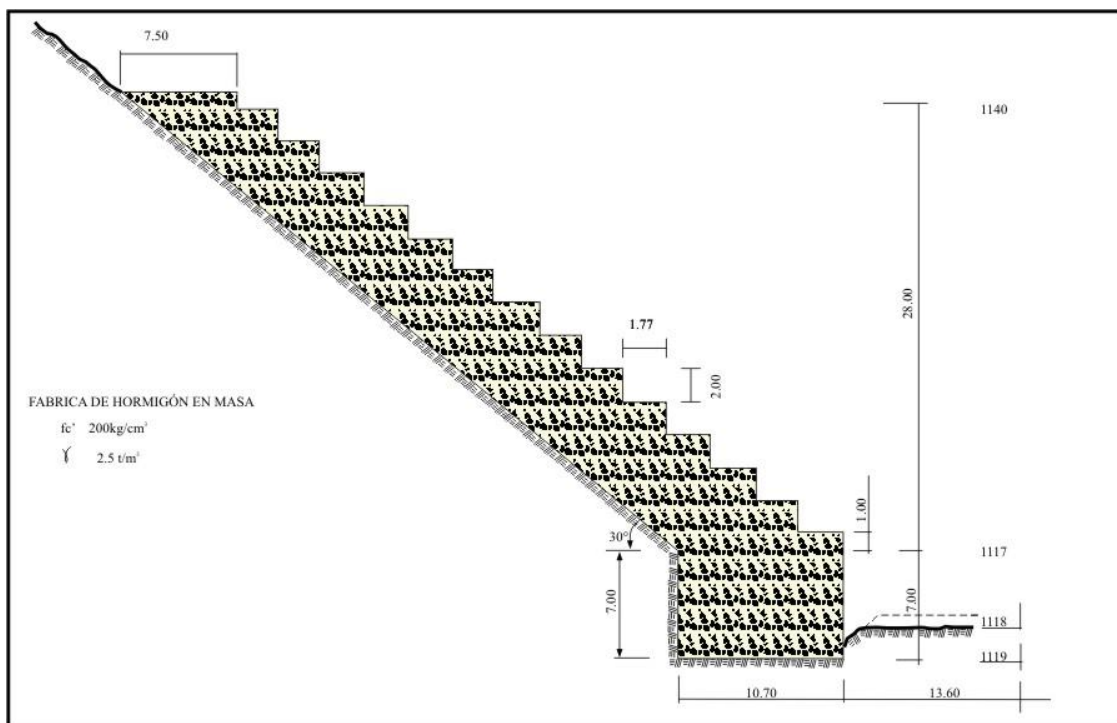


Figura 17: Muros de espesor máximo.

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 18).

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.

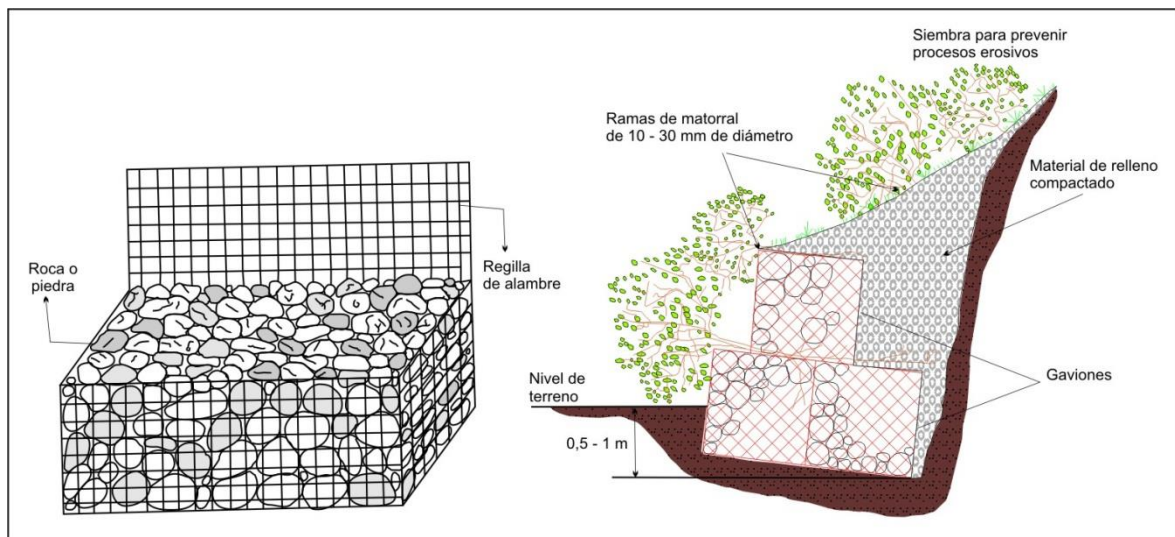


Figura 18: Muro de gavión.

D) Correcciones superficiales

Las medidas de corrección superficiales se aplican en la superficie de un talud de manera que afectan solo a las capas más superficiales del terreno y tienen fundamentalmente los siguientes fines:

- Evitar o reducir la erosión y meteorización de la superficie del talud.
- Eliminar los problemas derivados de los desprendimientos de rocas en los taludes donde estos predominan.
- Aumentar la seguridad del talud frente a pequeñas roturas superficiales.

Los principales métodos empleados son:

d.1) Mallas de alambre metálico

Se cubre con ellas la superficie del talud con la finalidad de evitar la caída de fragmentos de roca, lo cual es siempre peligroso, especialmente en vías de transporte o cuando hay personal trabajando en el pie del talud.

Las mallas de fierro galvanizado retienen los fragmentos sueltos de rocas y conducen los trozos desprendidos hacia una zanja en el pie del talud. Son apropiados cuando el tamaño de roca a caer se encuentra entre 0,60 y 1,00 m.

La malla se puede fijar al talud de varias maneras: siempre en la parte superior del talud o en bermas intermedias. Como sistemas de fijación pueden emplearse bulones, postes introducidos en bloques de hormigón que pueden a su vez ir anclados o simplemente un peso muerto en la parte superior del talud. Durante la instalación se prepara una longitud de malla suficiente para cubrir el talud, con una longitud adicional que es necesaria para la fijación de la malla.

La malla se transporta en rollos hasta el talud, se fija en su parte superior y se desenrolla dejándola caer simplemente, fijándola en la superficie del talud; en la parte final de la malla se suele dejar un metro por encima de la zanja de acumulación de piedras.

d.2) Sembrado de taludes

Mantener una cobertura vegetal en un talud produce indudables efectos beneficiosos, entre los cuales destacan los siguientes:

- Las plantaciones evitan la erosión superficial tanto hídrica como eólica, que puede ocasionar la ruina del talud en el largo plazo.
- La absorción de agua por las raíces de las plantas produce un drenaje de las capas superficiales del terreno.
- Las raíces de las plantas aumentan la resistencia al esfuerzo cortante en la zona del suelo que ocupan.

Para sembrar en taludes se emplean hierbas, arbustos y árboles, privilegiando especies capaces de adaptarse a las condiciones a las que van a estar sometidos (climas, tipo de suelo, presencia de agua, etc.); suelen convenir especies de raíces profundas y de alto grado de transpiración, lo que indica un mayor consumo de agua. Generalmente la colonización vegetal de un talud se hace por etapas, comenzando por la hierba y terminando por los árboles.

Es conveniente no dejar un talud muy plano, sino con salientes que sirvan de soporte, así cuando más tendido sea un talud resultará más fácil que retenga la humedad. Para mantener una cubierta vegetal es más favorable un terraplén que un desmonte.

Los suelos arenosos y areno-arcillosos son ventajosos para un rápido crecimiento de la hierba. Las arcillas duras son inadecuadas a menos que se añadan aditivos o se are el terreno. Cuando la proporción de limo más arcilla es superior al 20% se puede esperar un crecimiento satisfactorio, pero si es inferior al 5% el establecimiento y mantenimiento de la hierba resultarán difíciles.

REFERENCIAS

- Wilson J., Reyes; L., Garayar J., 1967. Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari. Hojas 17h, 17i, 18h, 18i, 19g y 19i. Boletín N° 60, Serie A - Carta Geológica Nacional.
- Cruden, D. M., Varnes, D.J., (1996). Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 247, p. 36-75.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007). Movimientos en masa en la regi3n Andina: Una gu3a para la evaluaci3n de amenazas. Servicio Nacional de Geolog3a y Miner3a, Publicaci3n Geol3gica Multinacional, No. 4, 432 p.
- Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ad, Landslides analisys and control: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 176, p. 9-33.