

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A6865**

# EVALUACIÓN GEOLÓGICA DEL DESLIZAMIENTO DE SAN BERNARDO DE COLPA

Región Ancash  
Provincia Huari  
Distrito Huari  
Paraje San Bernardo de Colpa



RONALD FERNANDO CONCHA NIÑO DE GUZMÁN  
BRIANT GARCÍA FERNÁNDEZ BACA

ENERO  
2019

## **EVALUACIÓN GEOLÓGICA-GEODINÁMICA DEL DESLIZAMIENTO DE SAN BERNARDO DE COLPA (DISTRITO DE HUARI, PROVINCIA DE HUARI, DEPARTAMENTO DE ANCASH)**

### **CONTENIDO**

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS.....	5
3. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	10
a. MARCO CONCEPTUAL (DESLIZAMIENTOS) .....	10
b. CARACTERÍSTICAS DEL DESLIZAMIENTO DE COLPA .....	11
c. FACTORES CONDICIONANTES Y DETONANTES DEL FENÓMENO.....	19
4. CONCLUSIONES .....	21
5. RECOMENDACIONES .....	20
MEDIDAS CORRECTIVAS.....	21
REFERENCIAS .....	32

## **EVALUACIÓN GEOLÓGICA- GEODINÁMICA DEL DESLIZAMIENTO DE SAN BERNARDO DE COLPA (DISTRITO DE HUARI, PROVINCIA DE HUARI, DEPARTAMENTO DE ANCASH)**

### **1. INTRODUCCIÓN**

La comunidad campesina de San Bernardo de Colpa (2790 m s.n.m.), se ubica a 7.5 km, al sur del poblado de Huari; políticamente pertenece a la provincia de Huari, departamento Ancash. Este poblado no se concentra en un núcleo urbano, sino que se emplaza de manera dispersa a lo largo de las laderas bajas norte y sur del cerro Hueglla.

Se encuentra en la margen (derecha) de los ríos Rurec y Rurichinchay (figura 1), estos son afluentes del río Mosna, el cual desemboca 45km al norte, en el río Marañón que es parte de la red fluvial de la cuenca amazónica.

En los alrededores de San Bernardo de Colpa, afloran principalmente lutitas oscuras intercaladas con niveles de areniscas y algunos niveles de carbón de la formación Chicama de edad Jurásico Superior y areniscas con intercalaciones de lutitas negras de la Formación Chimú de edad Cretácico Inferior, las que se encuentran fuertemente plegadas y falladas. Sobre estas rocas se han desarrollado grandes deslizamientos antiguos dispuestos de manera escalonada, tal es el caso del deslizamiento de Colpa, desarrollado en la vertiente oriental del cerro Hueglla, que configura un relieve accidentado de pendientes abruptas.

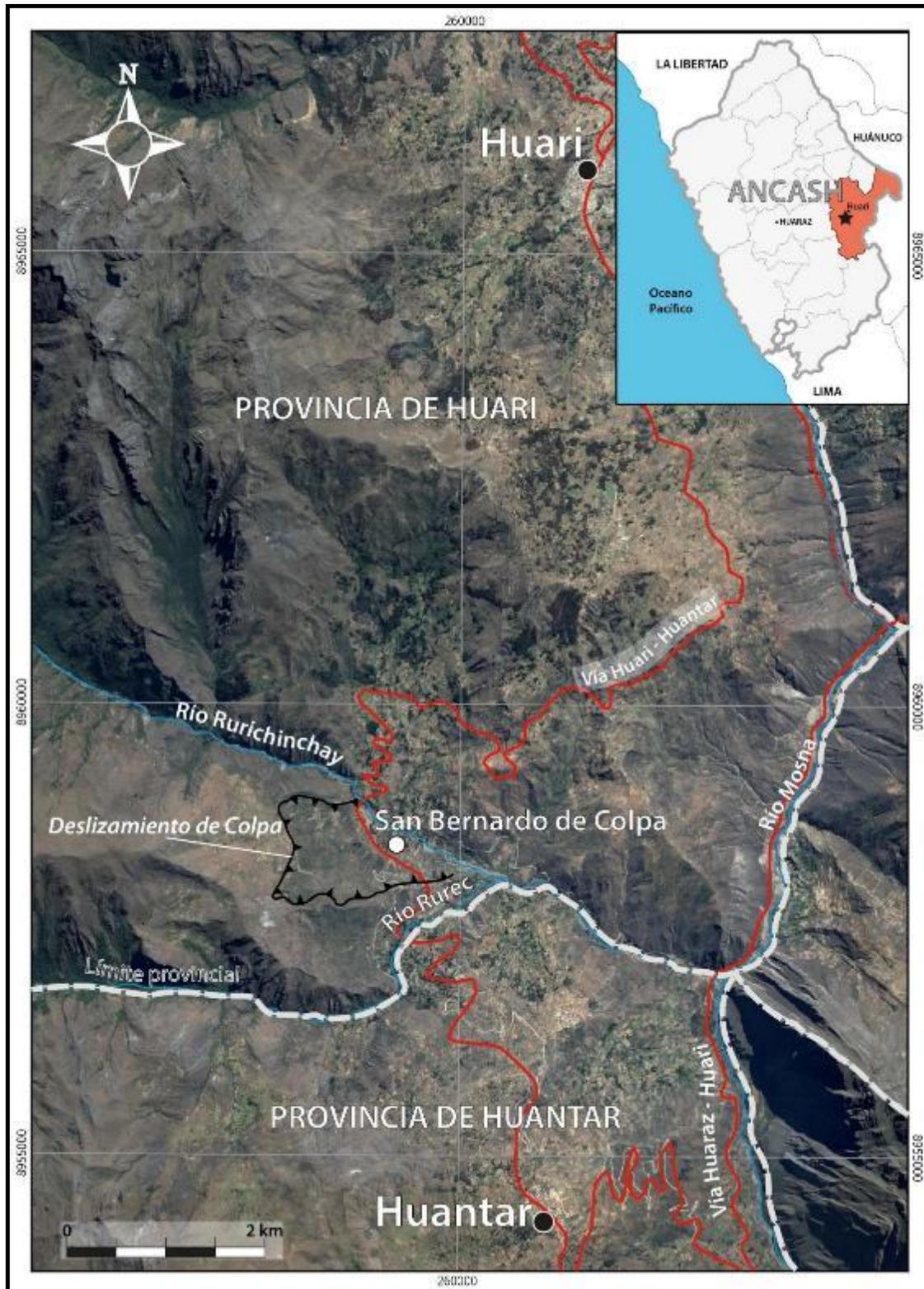
Debido a la aparición de grietas y deformaciones en el terreno, en los últimos 10 años los pobladores de San Bernardo de Colpa (alrededor de 100 familias), abandonaron los terrenos de dicha comunidad campesina. Alrededor de 60 familias se trasladaron a otras comunidades cercanas como Mallas, Anyanga, Huarac entre otras.

Durante las intensas lluvias registradas en marzo del año 2017, la parte baja del deslizamiento de Colpa sufrió nuevamente algunas reactivaciones, originadas principalmente por la erosión producida por la crecida del río Rurichinchay, lo que provocó la reaparición de grandes grietas tensionales, desniveles o “saltos” en el terreno, rajaduras y colapsos en las viviendas, muchas de las cuales, actualmente se encuentran en estado de inhabilitación. La reactivación de este fenómeno geológico ha configurado un relieve fuertemente deformado.

El Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, como ente técnico-científico del Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (SINAGERD), en atención a la solicitud de la Comunidad Campesina de San Bernardo de Colpa de fecha 17 de setiembre de 2018 y con número correlativo 559982, realizó una inspección de campo el día 27 de octubre del año 2018 a solicitud del presidente de la Comunidad Campesina de San Bernardo de Colpa.

El trabajo de campo estuvo a cargo de los ingenieros geólogos Ronald Fernando Concha Niño de Guzmán y Briant García Fernández Baca, quienes realizaron una evaluación de peligros geológicos en la zona de estudio.

Este documento, muestra un mapa geológico a escala 1: 25,000 (modificado de Wilson, *et al.*, 1995), donde se muestra de manera general el deslizamiento de Colpa y un mapa geodinámico (escala 1: 10,000), que muestra de manera detallada los fenómenos geológicos ocurridos. Además, se presenta un corte geológico y esquemas ilustrativos del fenómeno geodinámico. Finalmente, se analiza, una probable zona de reubicación y se brindan algunas recomendaciones técnicas preventivas.



**Figura 1:** Mapa de ubicación de la zona de estudio.

## 2. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

En los alrededores de San Bernardo de Colpa, afloran ampliamente secuencias de rocas sedimentarias. Al norte de San Bernardo de Colpa, en el cerro Malla Cruz y al oeste, en la parte alta y baja del cerro Hueglla, afloran lutitas oscuras blandas y laminadas intercaladas con niveles de areniscas y algunos niveles de carbón de la Formación Chicama de edad Jurásico Superior (foto 1), al oeste, en la parte media del cerro Hueglla, aparecen areniscas y lutitas negras de la Formación Chimú de edad Cretácico Inferior. Sobre esta unidad, en la parte alta de la margen izquierda del río Rurichinchay, yacen en el núcleo de un sinclinal, una intercalación de areniscas, calizas y lutitas de la Formación Santa-Carhuaz (Wilson et al., 1995) (figura 2).

Toda esta secuencia de rocas sedimentarias, se encuentra fuertemente fracturada y plegadas (foto 2), dando origen a anticlinales y sinclinales de extensión regional de dirección NO-SE. Estas condiciones geológicas, favorecen la ocurrencia de deslizamientos de grandes proporciones, los cuales se hallan dispuestos de manera escalonada y originan un relieve muy escarpado, con montañas erosionadas y valles profundos característico de la zona (fotos 3 y 4).



Foto 1: Intercalación de areniscas y lutitas de la formación Chicama, cerca al cauce del río Rurichinchay, en el sector de San Bernardo de Colpa.



**Foto 2:** Estratos verticales y plegados de la Formación Chicama, margen izquierda del río Rurichinchay.



**Foto 3:** Unidades geológicas que afloran a la margen izquierda del río Rurichinchay.



Foto 4: Poblado de San Bernardo de Colpa, ubicado en la margen derecha del río Rurichinchay, el cual forma cañones profundos que corta la secuencia de areniscas y lutitas de la Formación Chicama.

Los depósitos cuaternarios, se emplazan en las laderas de las montañas Hueglla y Mallas Cruz y en el fondo de los valles Rurec y Rurichinchay, tenemos:

- a) Depósitos fluviales, están constituidos principalmente por bloques y fragmentos de areniscas redondeadas en una matriz arenosa.
- b) Depósitos proluviales, originados por el emplazamiento de flujos de detritos o “huaycos” de distintas intensidades, se encuentran dispuestos a manera de terrazas.
- c) Depósitos aluviales 1 o terrazas bajas, emplazadas en las márgenes de los ríos Rurec y Rurichinchay
- d) Depósitos aluviales 2, emplazados en las laderas de los cerros Hueglla y Mallas Cruz, formados por flujos antiguos.

Tanto el poblado de Mallas, como el sector de Ponchobamba (parte alta de la cabecera del deslizamiento de Colpa), se emplazan sobre depósitos coluviales antiguos, en este último caso, la terraza aluvial fue cortada por la incisión hecha por el río Rurichinchay y el posterior origen del deslizamiento de Colpa (foto 5). Estos depósitos están constituidos por fragmentos sub-redondeados de areniscas y lutitas envueltos en una matriz areno-limosa.

Los depósitos coluviales, se emplazan en las laderas del cerro Hueglla y su origen está relacionado a fenómenos de caída por efectos gravitacionales como derrumbes o deslizamientos. San Bernardo de Colpa se emplaza sobre depósitos de antiguos deslizamientos que actualmente vienen presentando reactivaciones locales.

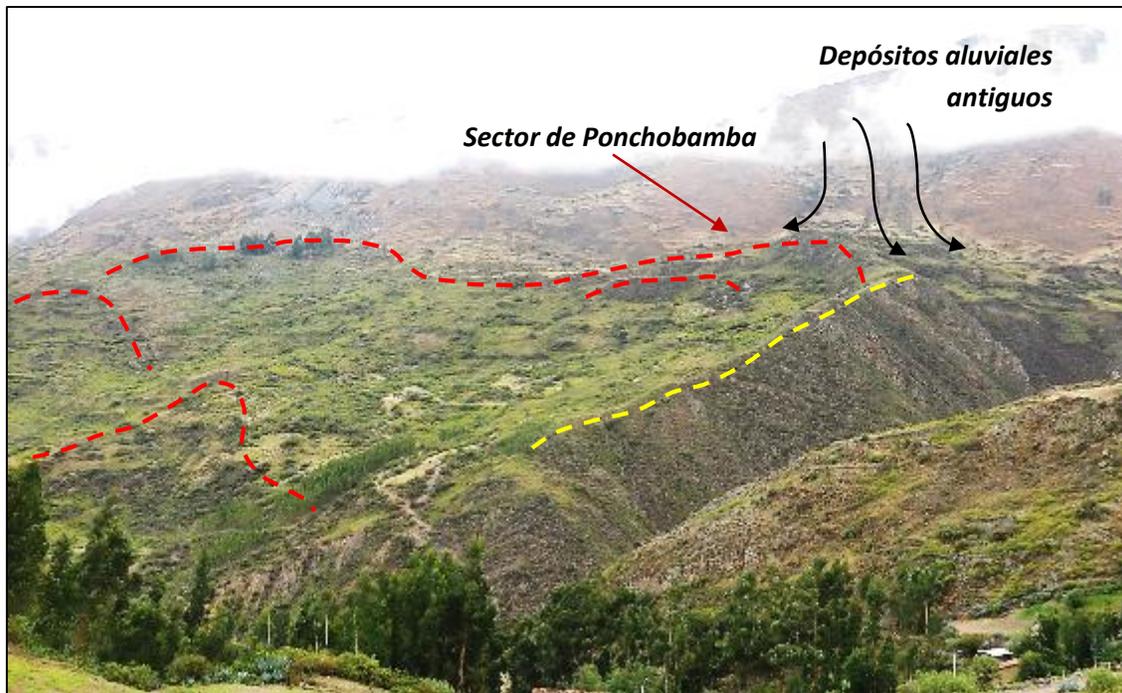
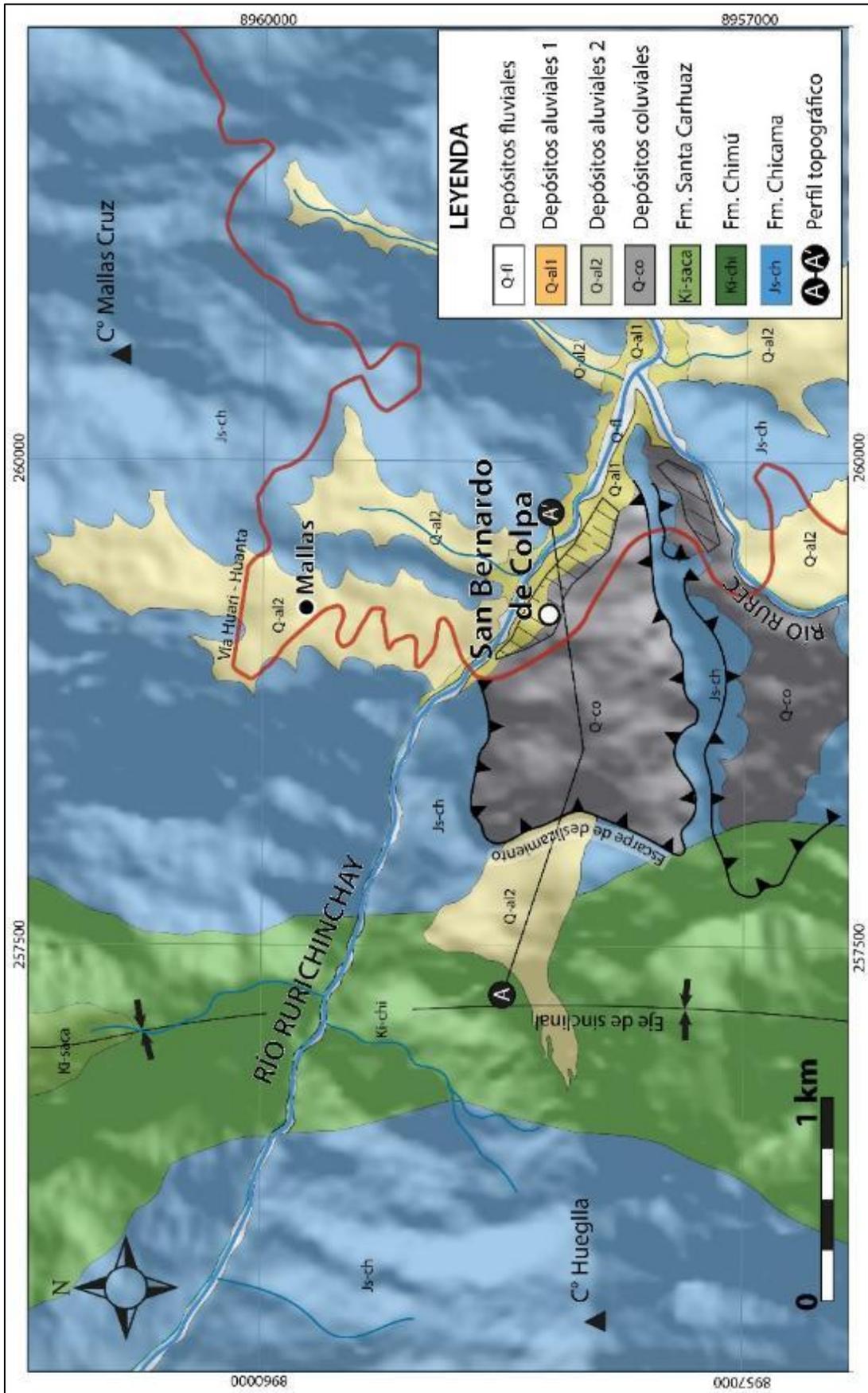


Foto 5: Se muestra con flechas negras, la dirección de flujo de los depósitos coluviales antiguos de la parte alta del deslizamiento de Colpa, que fueron cortados por la incisión del valle de Rurichinchay (línea amarilla) y el posterior origen del deslizamiento de Colpa (línea roja).



**Figura 2:** Mapa geológico de la zona de estudio (modificado de Wilson *et al.*, 1995).

### **3. PELIGROS GEOLÓGICOS**

En esta sección, se explicará primeramente algunos conceptos sobre movimientos en masa de tipo deslizamientos, seguidamente se detallarán las características geodinámicas del deslizamiento de Colpa, mostrando un mapa geodinámico a escala 1: 10 000, luego se analizarán algunos factores condicionantes y detonantes del fenómeno y finalmente se propondrán algunas medidas correctivas y preventivas.

#### **a. MARCO CONCEPTUAL (DESLIZAMIENTOS)**

Son movimientos 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 (figura 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 (figura 4). El deslizamiento de Colpa tiene características rotacionales, prueba de ello son los escarpes secundarios desarrollados dentro de la masa 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 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 rápidamente con velocidades menores a 1 m/s (Cruden & Varnes, 1996).

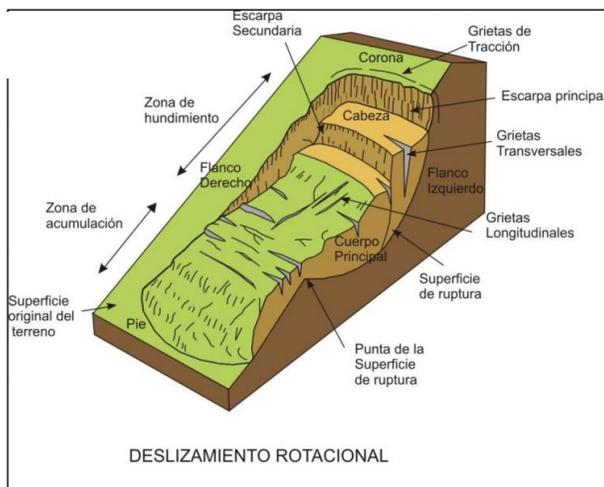


Figura 3: Esquema de un deslizamiento rotacional, mostrando sus rasgos característicos (Modificado de: Cruden & Varnes, 1996).

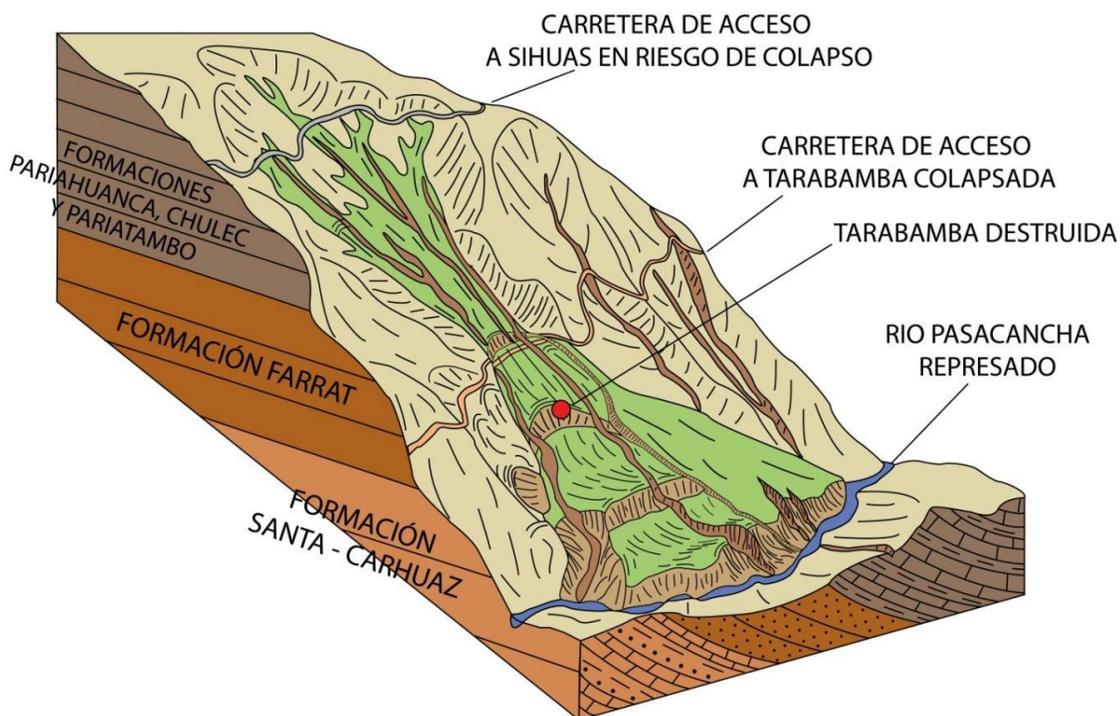


Figura 4: Esquema del deslizamiento rotacional ocurrido en el poblado de Tarabamba – Ancash en el año 2015, ocurrido tras la reactivación de un deslizamiento antiguo. (Concha, 2015).

### **b. CARACTERÍSTICAS DEL DESLIZAMIENTO DE COLPA**

Se trata de un deslizamiento rotacional antiguo, el escarpe principal es de longitud kilométrica, 1.3 km; el desnivel desde la corona hasta el pie del deslizamiento (río Rurichinchay) es de 400 m. Además, cuenta con 2 sistemas de escarpas secundarias, cada uno de ellos, con varios escarpes menores, cuyos desniveles varían entre los 2 m y los 15 m.

De manera general, el estudio de este conjunto de fenómenos, puede dividirse en 3 sectores:

### **Sector 1**

Corresponde a la parte alta del deslizamiento de Colpa, el área comprendida entre la cabecera principal del deslizamiento (3320 m s.n.m.) y las coronas o escarpas secundarias sucesivas ubicados a 3110 m s.n.m. aproximadamente. Mediante la fotointerpretación y observaciones de campo, en esta zona solamente se han identificado escarpes de deslizamientos inactivos, es decir, evidencias de colapso, asentamientos o deformaciones superficiales correspondientes a deslizamientos antiguos, pero que no muestran evidencias de reactivaciones recientes (foto 6).

### **Sector 2**

Corresponde, al área comprendida entre las coronas de los escarpes secundarios ubicados a los 3110 m s.n.m. y el nivel del río Rurichinchay (2900 m s.n.m.). Se caracteriza por ser el cuerpo del deslizamiento de Colpa, es decir, la zona donde se concentra y acumula la mayor parte del material movilizado (foto 6). Este sector, presenta la mayor deformación superficial, producto de las re-movilizaciones producidas por reactivaciones recientes del deslizamiento, en ella se asienta la mayor parte de viviendas de la comunidad campesina de San Bernardo de Colpa, en esta zona se pudo identificar, además de escarpes de deslizamientos inactivos, escarpas de deslizamiento en vías de reactivación, es decir que muestran evidencias de actividad reciente como grietas tensionales y asentamientos (foto 7).

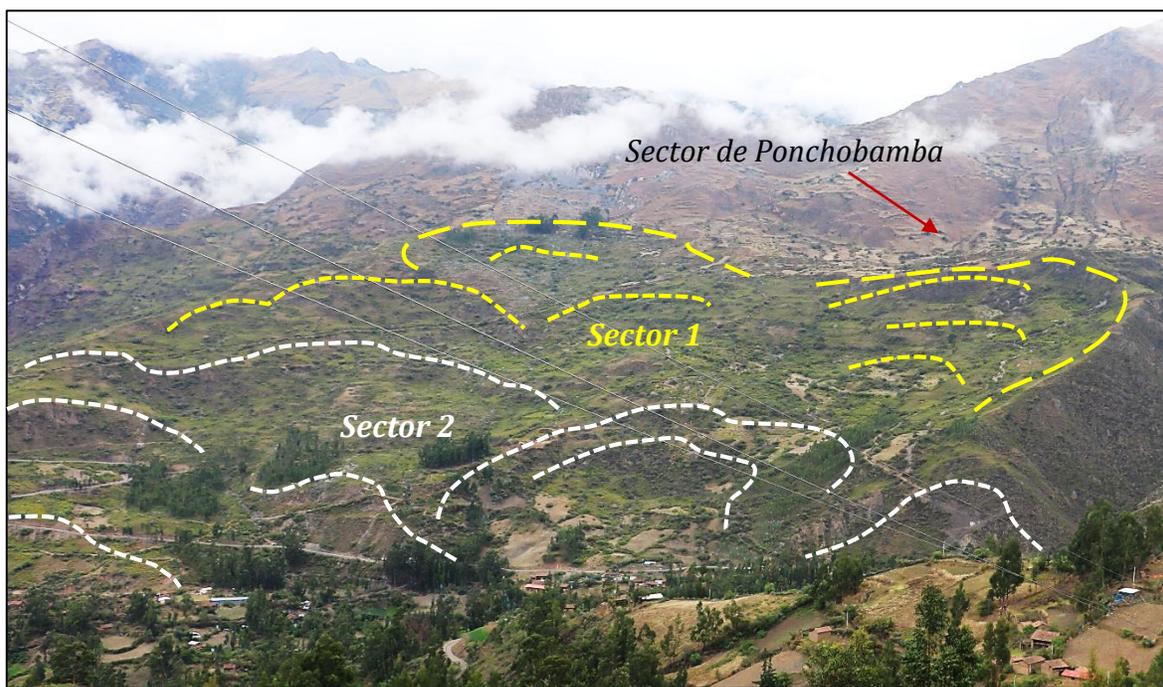


Foto 6: Sectorización general de la zona de estudio.

La aparición de asentamientos dispuestos a manera de “escalones”, suponen la existencia de deslizamientos superficiales menores, estos desniveles, han dado origen a escarpes de erosión superficial en pendientes muy abruptas con surgencias de agua (foto 8), la aparición de manantes, sugiere la existencia de una circulación de agua, en el interior de la masa deslizada.



Foto 7: Zona crítica, delimitada por escarpes de deslizamientos activos y una intensa erosión fluvial.



**Foto 8:** Escarpe de un deslizamiento en vías de reactivación.

En este contexto se han desarrollado varios sistemas de grietas tensionales, que tienen aberturas que varían entre los 5 y 20 cm, e indican la reactivación de este fenómeno (fotos 9 y 10). Estas grietas delimitan las zonas con mayor afectación, las cuales se pueden observar mejor en el mapa geodinámico del deslizamiento de Colpa (figura 6).

Las grietas tensionales no solamente afectaron el terreno y los campos de cultivo, sino que dañaron seriamente muchas viviendas, las cuales actualmente se encuentran en estado de inhabilitación (foto 11), a pesar de estas condiciones, muchos pobladores aún siguen viviendo en estas estructuras, arriesgando sus vidas (fotos 12 y 13).



**Fotos 9 y 10:** Grietas tensionales en el cuerpo del deslizamiento de Colpa.



Foto 11: Vivienda de la comunidad campesina San Bernardo de Colpa con graves daños estructurales.



Fotos 12 y 13: Agrietamientos en viviendas aún habitadas de la comunidad campesina San Bernardo de Colpa.

En este sector, se observaron también derrumbes, originados por el socavamiento lateral, producido por la crecida del río Rurichinchay (foto 14), que desestabilizó ambas márgenes, tal como se aprecia en las figuras 7 y 8. Este fenómeno, es el principal desencadenante para la reactivación de los deslizamientos de la parte superior.

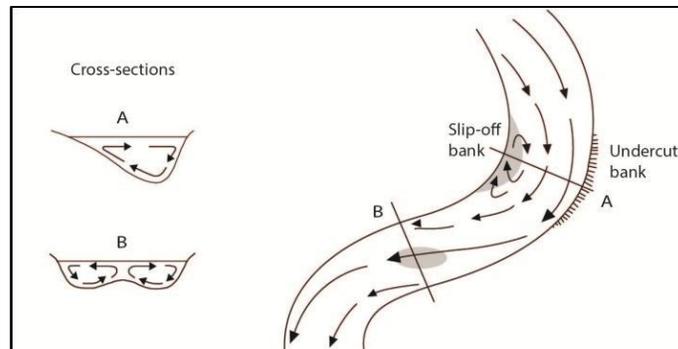


Figura 7: Vista en planta de la dinámica fluvial en cauces sinuosos (Huggett, 2007).

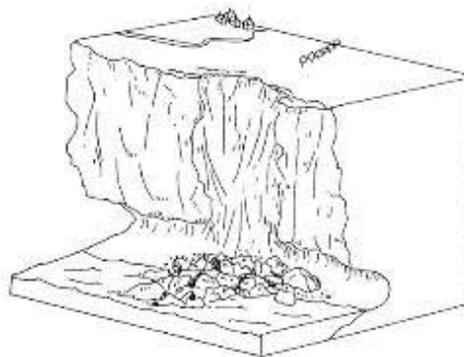


Figura 8: Esquema de un socavamiento lateral, que origina derrumbes y deslizamientos (PMA, 2007).



Foto 14: Socavamiento lateral, en la margen izquierda del río Rurichinchay.

### Sector 3

Finalmente, este sector se ubica en la margen izquierda del río Rurec y se caracteriza por ser una ladera escarpada, irregular y muy deformada por deslizamientos antiguos y reactivaciones recientes (foto 15). La cabecera de las escarpas principales (inactivos),

se pueden observar en la parte alta de la ladera a 3450 m s.n.m., en la parte baja se han desarrollado al menos 3 escarpes de deslizamientos secundarios reactivados, los cuales afectan a la carretera Huari – Huantar, viviendas y áreas de cultivo de la comunidad campesina de San Bernardo de Colpa (foto 16).

La fotografía 17, muestra parte de la ladera afectada por un deslizamiento reactivado, en la parte baja de este sector se ha reportado movimientos lentos y superficiales a manera de una reptación de suelos, sin embargo, es el cuerpo del deslizamiento que está presentando reactivaciones locales.

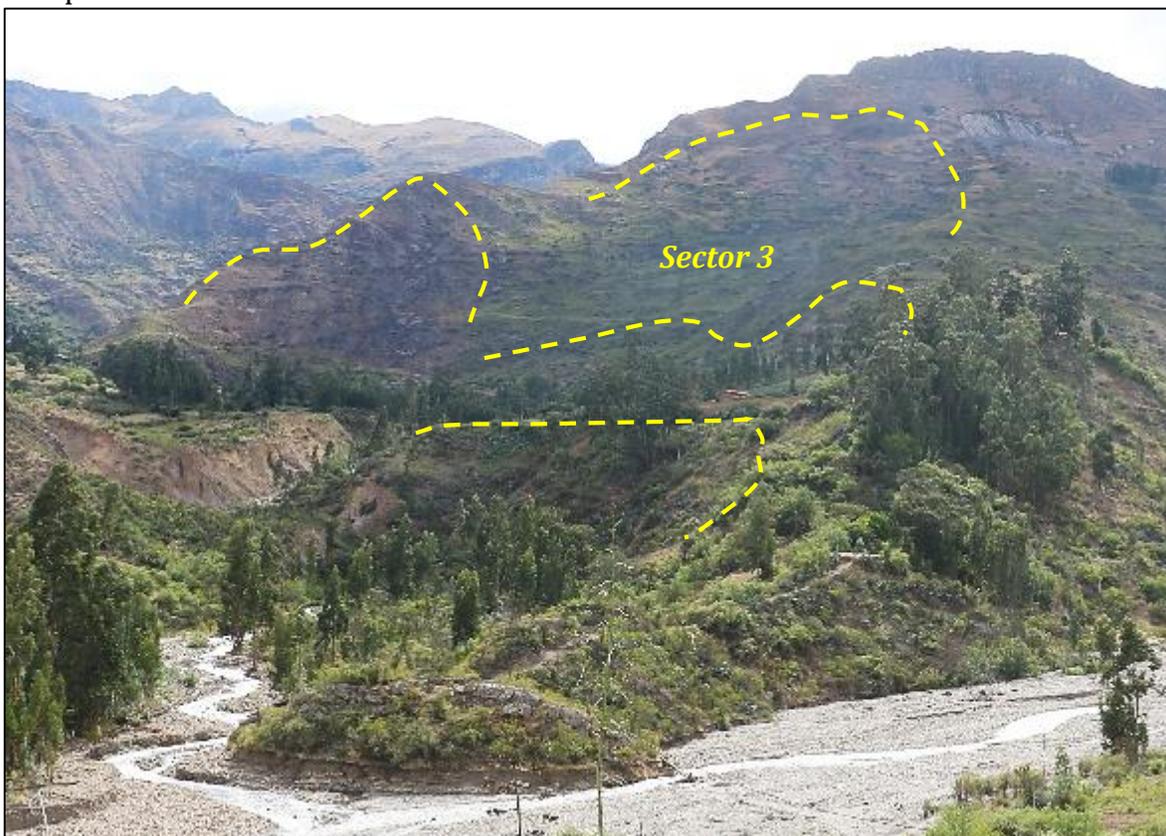


Foto 16: Escarpes de deslizamientos inactivos (parte alta) y reactivaciones (parte baja), en el Sector 3 del área de estudio.



Foto 17: Vista ladera debajo de un deslizamiento reactivado en el Sector 3.

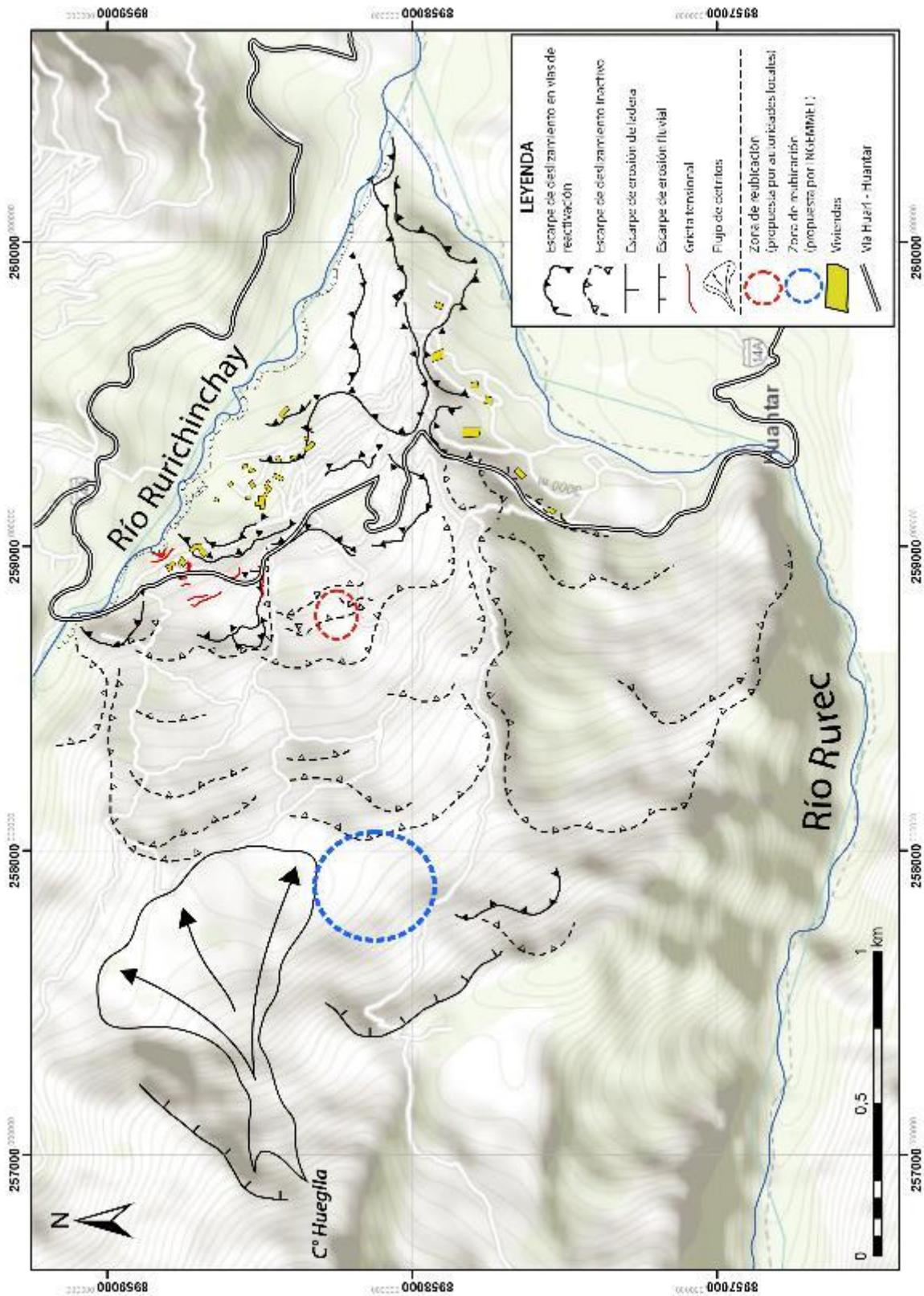


Figura 6: Mapa geodinámico del deslizamiento de San Bernardo de Colpa.

### **c. FACTORES CONDICIONANTES Y DETONANTES DEL FENÓMENO**

La formación del deslizamiento de Colpa, la aparición de grandes grietas tensionales en el terreno y en general el origen de todo el conjunto de grandes movimientos en masa vistos en los alrededores, están relacionadas a las características geológicas y geomorfológicas regionales.

De acuerdo a las características litológicas y la tectónica regional, es decir los pliegues y fallas que cortan las lutitas y areniscas de las formaciones Chicama y Chimú (figura 2), las rocas se encuentran fuertemente fracturadas y en algunos casos alteradas superficialmente, lo que las hace susceptibles a la erosión y formación de grandes deslizamientos, que configuraron la forma del relieve abrupto.

En términos generales, las características litológicas, estructurales y topográficas, sumadas a las condiciones climáticas locales, configuran las condicionantes para la ocurrencia de fenómenos de movimientos en masa en la zona de San Bernardo de Colpa y alrededores, tal como se puede apreciar esquemáticamente en la figura 7.

En los últimos 10 años, la deformación local y la aparición de grietas en el terreno, ocasionó que los pobladores de San Bernardo de Colpa (alrededor de 100 familias), salieran de dicha comunidad campesina. Alrededor de 60 familias se trasladaron a otras comunidades cercanas como Mallas, Anyanga, Huarac entre otras.

Los sismos representan uno de los factores detonantes para la activación de movimientos en masa en la zona, pero el factor desencadenante para la reactivación más reciente del deslizamiento de Colpa, fueron las precipitaciones pluviales intensas anómalas relacionadas al fenómeno de “El Niño Costero”, registradas en marzo del 2017.

El intenso socavamiento lateral producido por las crecidas del río Rurichinchay, provocó la desestabilización de laderas de ambos márgenes, originando grietas tensionales y reactivando deslizamientos que afectan a las comunidades campesinas de San Bernardo de Colpa y Mallas.

El aspecto antropogénico, es muy importante para la estabilidad de taludes, los cortes de carretera hechos sin las medidas preventivas necesarias en zonas susceptibles a deslizamientos, reactiva y acelera la evolución de estos fenómenos. La sobresaturación del suelo por prácticas inadecuadas de riego, sistemas de desagüe y drenajes, también condicionan la generación de movimientos en masa.

Actualmente, en la comunidad campesina de San Bernardo de Colpa, se vienen realizando obras de saneamiento (instalación de tubos de desagüe). Debido a las condiciones de reactivación en las que se encuentra el deslizamiento de Colpa, estas obras contribuyen a la desestabilización y erosión de los suelos.

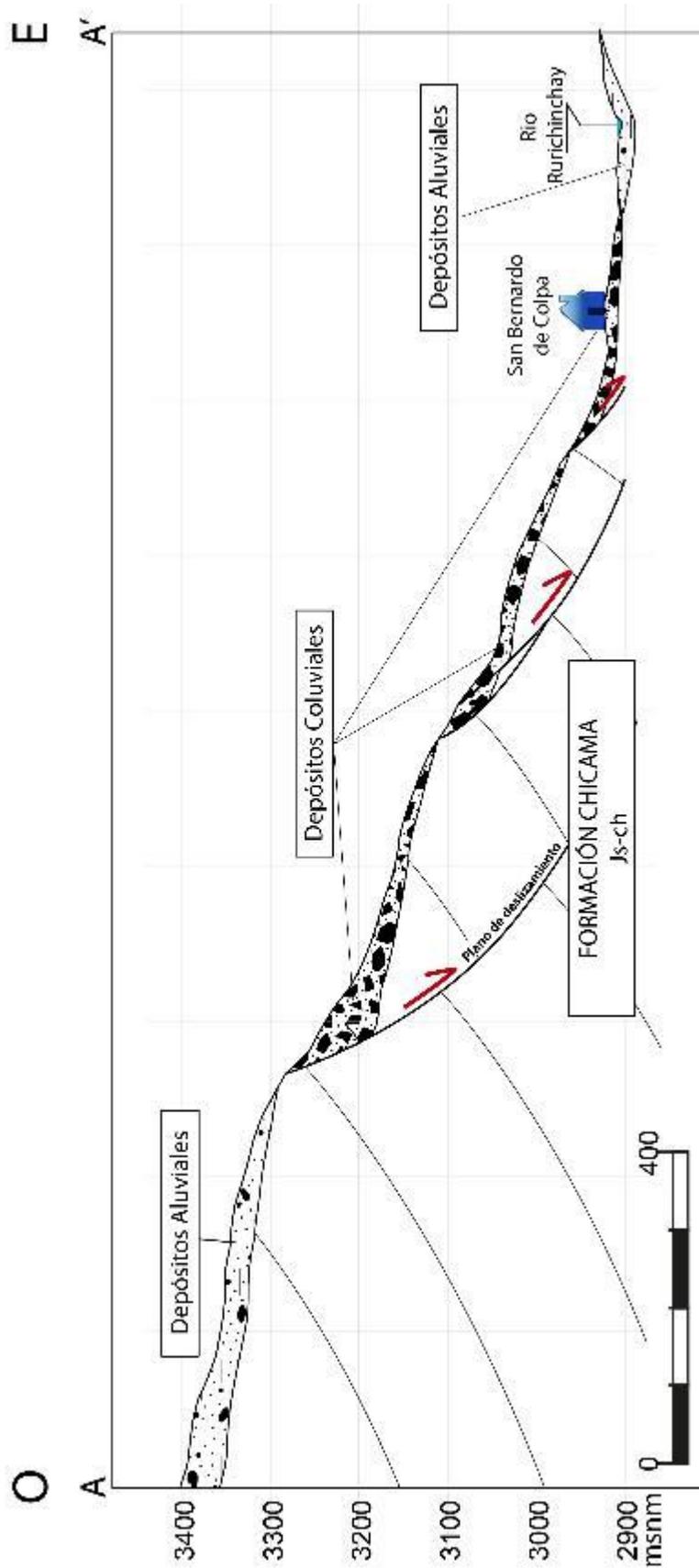


Figura 7: Corte geológico del deslizamiento de Colpa.

#### 4. CONCLUSIONES

- Las lutitas negras, areniscas y niveles de carbón de la Formación Chicama, así como la intercalación de areniscas y lutitas de la Formación Chimú, se encuentran fuertemente plegadas, fracturadas y relativamente alteradas, lo que representa la condicionante principal para la ocurrencia de deslizamientos de gran magnitud.
- Estas características geológicas, han configurado un relieve abrupto y deformado con pendientes muy escarpadas.
- El factor detonante, para la reactivación del deslizamiento de Colpa, fueron las intensas lluvias asociadas al fenómeno de “El Niño Costero”, registradas en marzo del 2017, a pesar de que en años anteriores ya se venían observando deformaciones locales.
- La reactivación del deslizamiento de Colpa, se evidencia por la aparición de grietas tensionales dispuestos de manera escalonada a lo largo de la ladera norte del cerro Hueglla.
- Teniendo en cuenta la cantidad de grietas tensionales, además de la ausencia de obras de estabilización y tratamiento de laderas, se considera que la ladera norte del cerro Hueglla, lugar donde está emplazado la comunidad de San Bernardo de Colpa, **tiene un peligro inminente ante deslizamientos** en los próximos años, que pondría en riesgo la seguridad física de los pobladores locales.

#### 5. RECOMENDACIONES

- De acuerdo a las observaciones realizadas en campo es conveniente la **reubicación del poblado San Bernardo de Colpa** hacia la zona de Ponchobamba (parte alta del Cerro Hueglla, fuera de la influencia del deslizamiento de Colpa).
- Esta zona debe contar con estudios geológicos, geodinámicos, geofísicos y geotécnicos detallados, considerando la información y cartografía de este informe.
- Todos estos estudios deben estar contemplados en los Planes de Ordenamiento Territorial del distrito de Huari.
- Para el caso de algunos movimientos en masa que se encuentren alrededores, con fines de reducir nuevas ocurrencias que puedan afectar poblaciones aledañas, los tratamientos para la estabilización y prevención ante fenómenos geodinámicos, que podrían realizarse, se detalla en el apartado denominado Medidas Correctivas.

## **MEDIDAS CORRECTIVAS**

En esta sección se dan algunas propuestas generales de solución para el tratamiento de movimientos en masa en la margen derecha del río Rurichinchay, a fin de minimizar la ocurrencia de futuras reactivaciones o fenómenos geodinámicos afines como derrumbes, caída de rocas y erosión de laderas.

### **MEDIDAS PARA DESLIZAMIENTOS, DERRUMBES Y CAÍDAS DE ROCAS**

Las medidas correctivas se pueden realizar en: 1) taludes en construcción, 2) laderas que tienen pendientes fuertes y es necesaria su estabilización, 3) para estabilizar fenómenos de rotura, sobre todo aquellos que pueden trabajarse a nivel de construcción. Para definir la solución ideal es necesario valorar diferentes parámetros, sean de tipo constructivo o económico.

#### **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 8 y 9).

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 cómo 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.

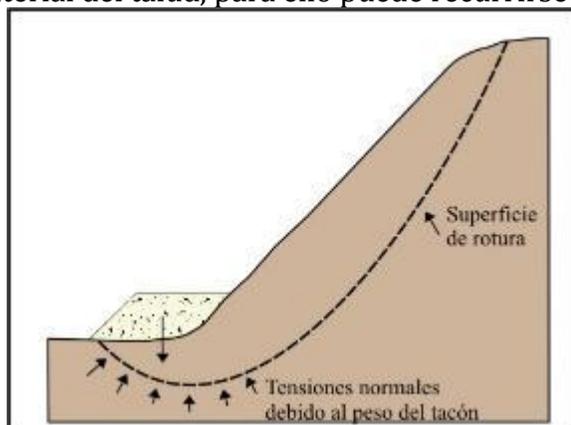


Figura 8: Colocación de escolleras.

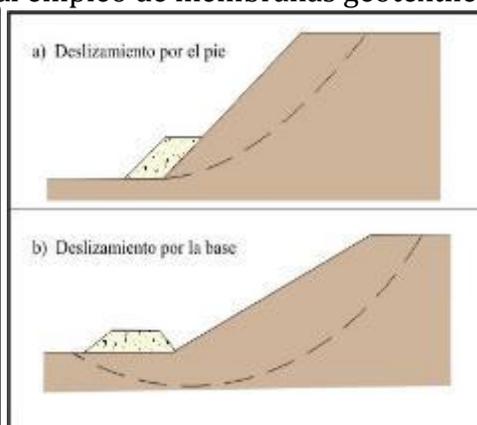


Figura 9: Efecto de una escollera sobre la resistencia del terreno.

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 10.

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.

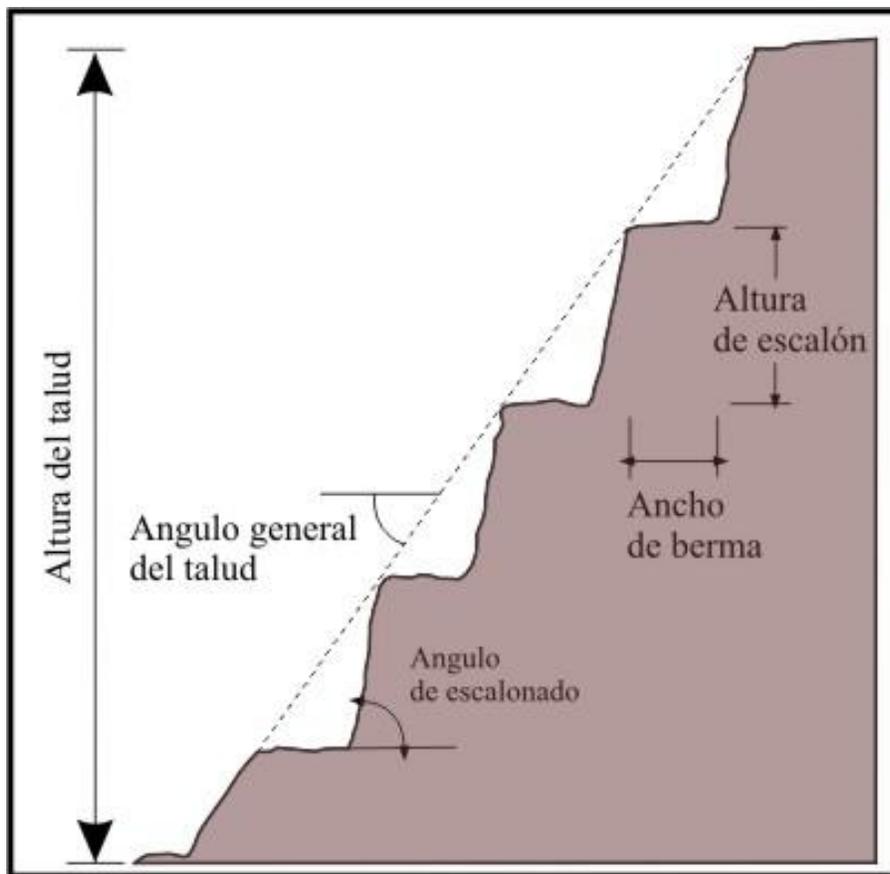


Figura 10: Esquema de un talud con bermas intermedias.

## 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 11).

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.

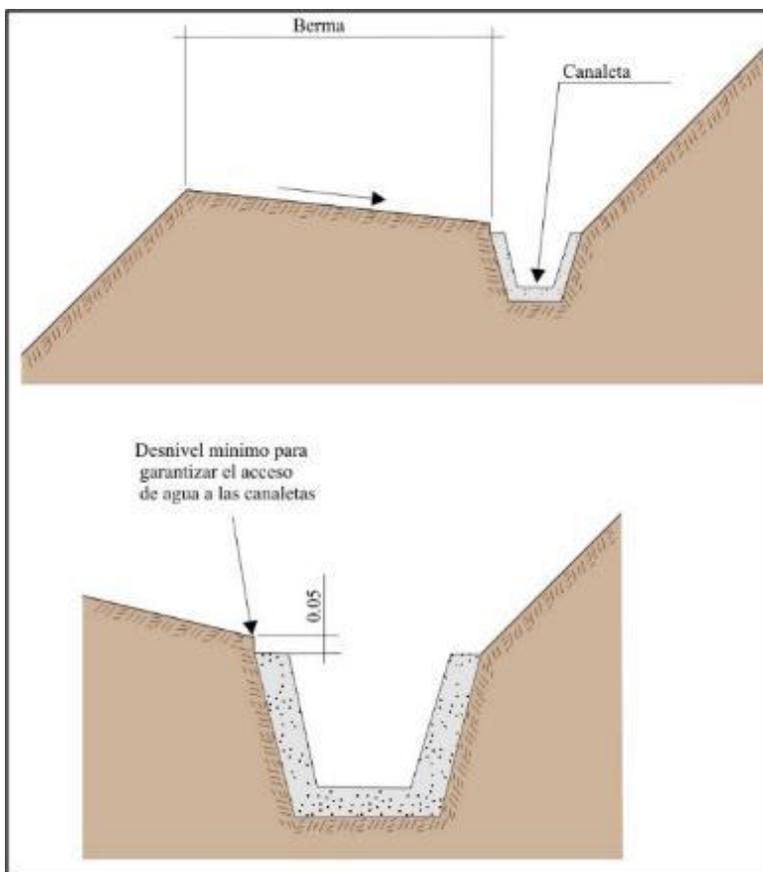


Figura 11: Detalle de una canaleta de drenaje superficial.

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 12 y 13).

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.

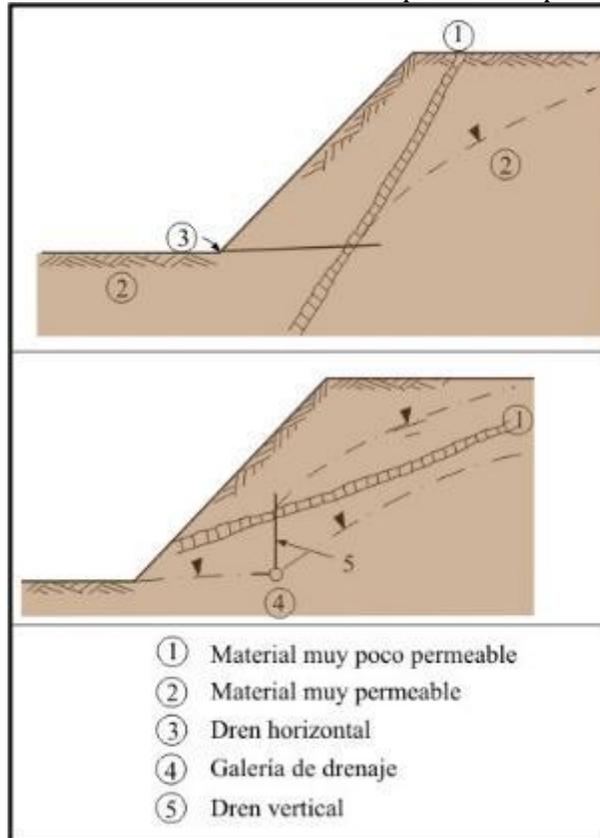


Figura 12: Disposición de sistema de drenaje en taludes no homogéneos.

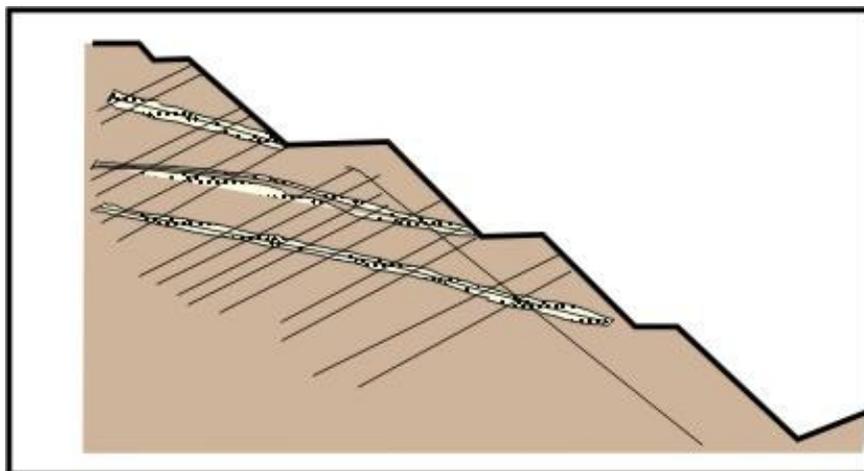


Figura 13. Esquema de drenaje de un talud por medio de drenes californianos

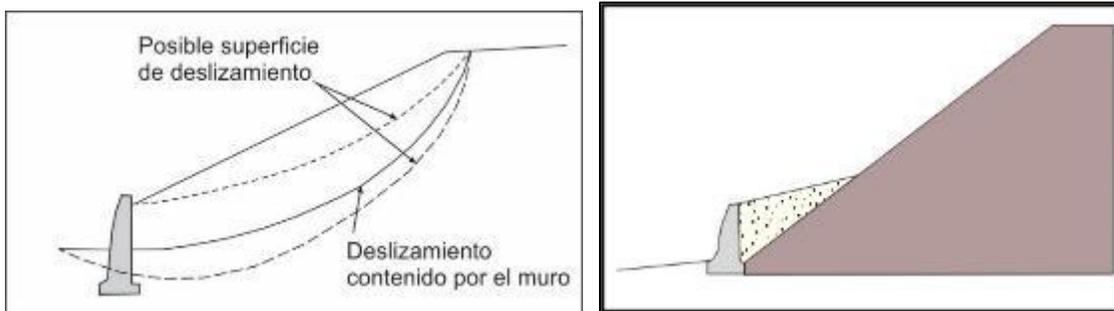
### C) Corrección por elementos resistentes

**C.1) Muros.** Los muros se emplean frecuentemente como elementos resistentes en taludes (figura 14).

En ocasiones se emplean para estabilizar deslizamientos existentes o potenciales al introducir un elemento de contención al pie (figura 15). 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.

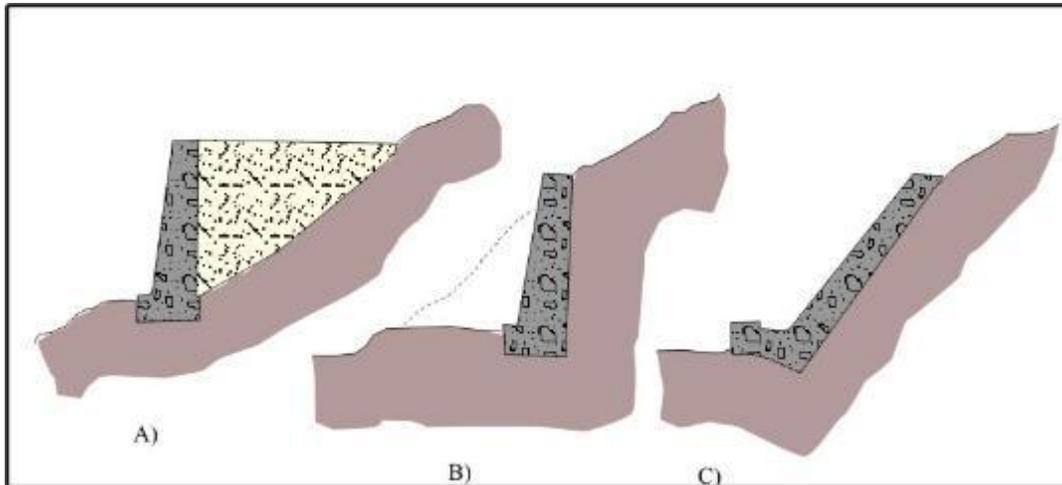


**Figura 14:** Contención de un deslizamiento mediante un muro. **Figura 15:** Relleno estabilizador sostenido por el muro.

Los muros se pueden clasificar en tres grupos (Figura 16):

- 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.



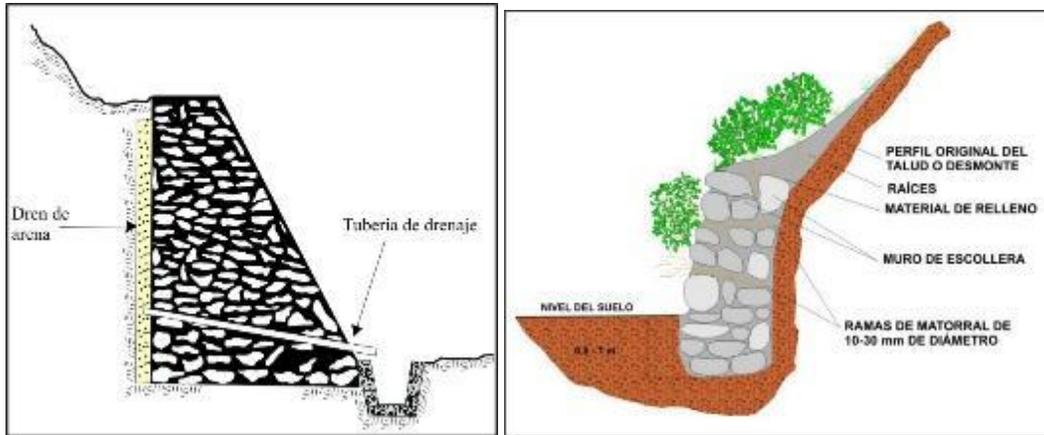
**Figura 16:** a) Muro de sostenimiento b) Muro de contención c) Muro de revestimiento.

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

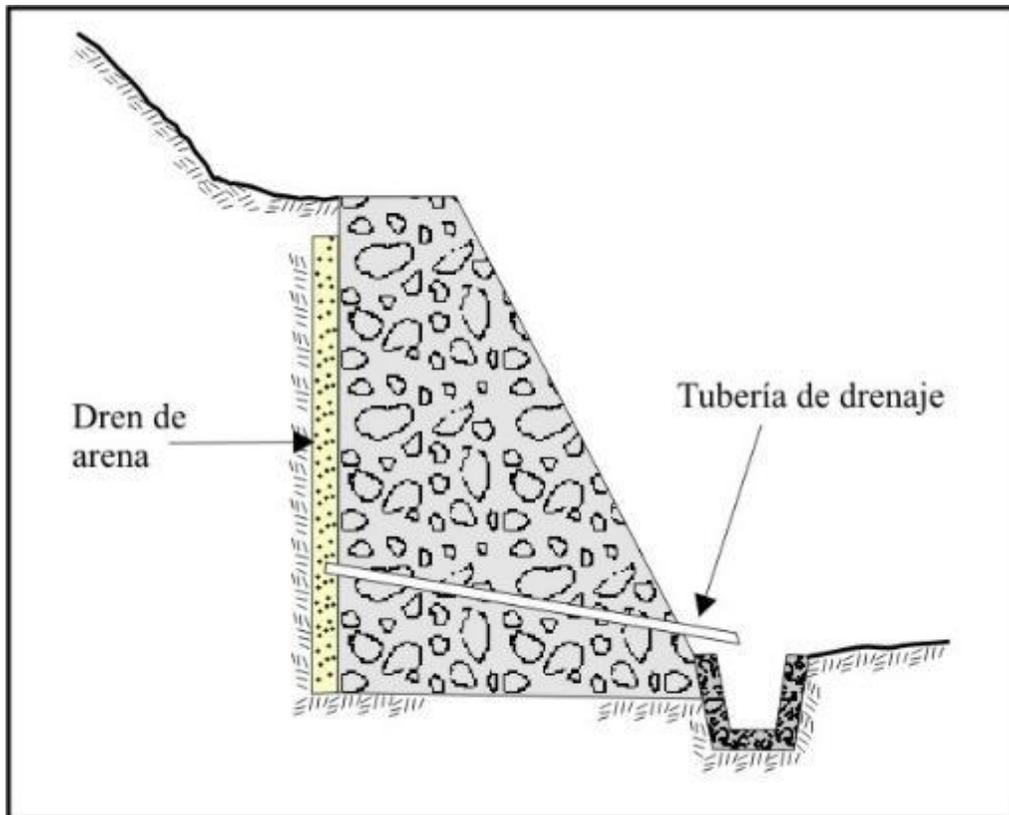
- Estabilidad general del sistema muro-terreno al deslizamiento; la estabilidad general del muro incluye la estabilidad al vuelco y al deslizamiento.
- Resistencia del terreno del cimiento.
- Ausencia de tracciones en la base del muro.
- Resistencia estructural: Se ha de comprobar que las tensiones máximas en el muro no sobrepasen los valores admisibles.

### **Tipos de muros**

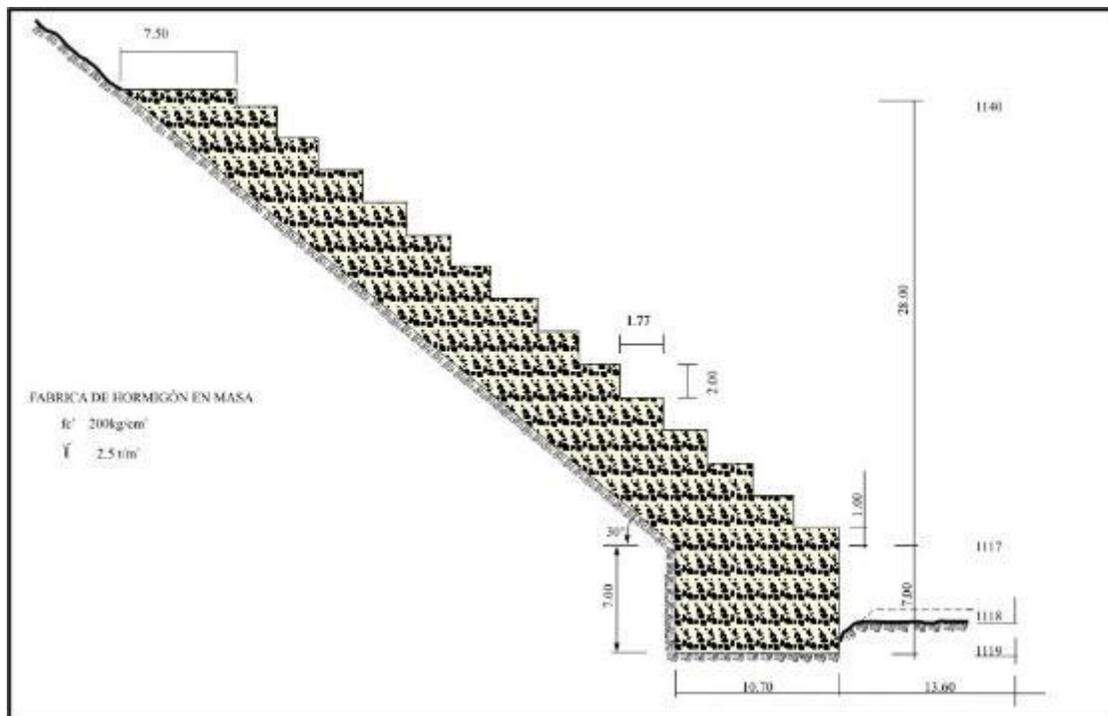
**Muros de gravedad:** Son los muros más antiguos, son elementos pasivos en los que el peso propio es la acción estabilizadora fundamental (figuras 17, 18 y 19). Se construyen de hormigón en masa, pero también existen de ladrillo o mampostería y se emplean para prevenir o detener deslizamientos de pequeño tamaño. Sus grandes ventajas son su facilidad constructiva y el bajo costo.



**Figura 17 A).** Muros de gravedad de piedra seca. **Figura 17 B)** Muros de gravedad de piedra argamasa.



**Figura 18:** Muros de gravedad de concreto ciclópeo.



**Figura 19:** 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 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.

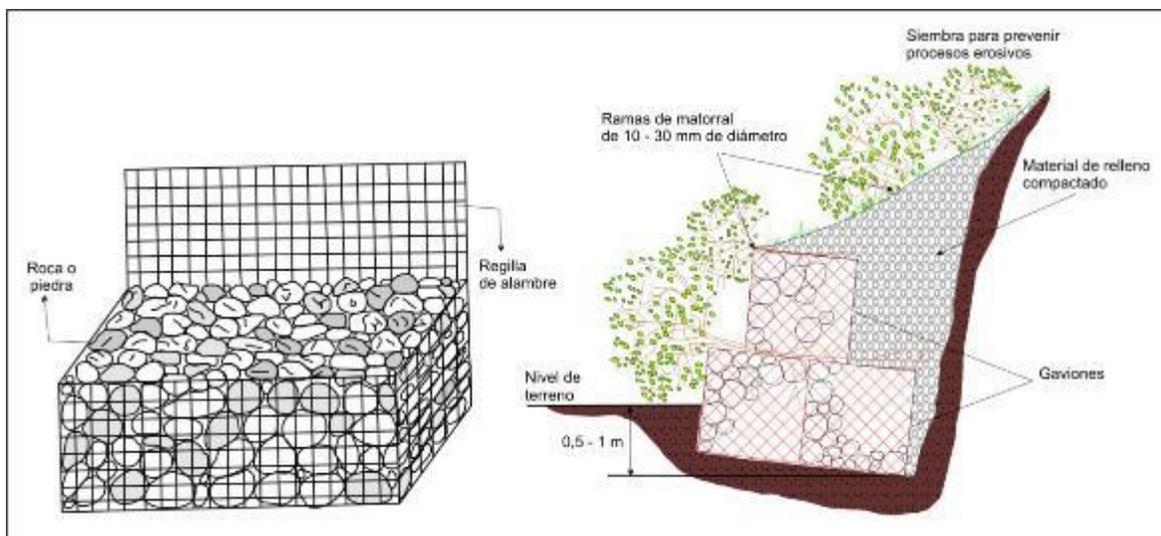


Figura 20: Muro de gavión.

#### 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.

#### **OTRAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN PARA DESLIZAMIENTOS Y CÁRCAVAS**

El proceso de deslizamientos y cárcavas ocurre esencialmente de forma natural pero también por la actividad antrópica (agrícola, deforestación) mal desarrollada que acelera el proceso; asimismo por el socavamiento del río al pie de deslizamientos, la utilización de canales sin revestir, etc. Algunas, medidas que se proponen para el manejo de estas zonas son:

- 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 para minimizar la infiltración y saturación de los terrenos.
- El sistema de cultivo debe ser por surcos en contorno y conectados al sistema de drenaje, para una evacuación rápida del agua.
- No debe construirse reservorios de agua sin revestimiento, ya que esto favorece a 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.
- En las cuencas altas se debe favorecer el cultivo de plantas que requieran poca agua y proporcionen una buena cobertura del terreno para evitar el impacto directo de la lluvia sobre el 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.
- Los tramos de carretera que cruzan cauces de quebradas, en donde se producen flujos, deben de ser protegidos por medio de gaviones para evitar los efectos de los huaycos y el socavamiento producido por avenidas en las quebradas. Los gaviones deben ser contruidos teniendo en cuenta los caudales máximos de las quebradas y deben ser cimentados a una profundidad de 1 m como mínimo.
- 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 a curvas de nivel 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.

## REFERENCIAS

- Cobbing E. & Garayar S. (1972). Geología, de los cuadrángulos de Huacho-Huaral y Canta-Barranca-Ambar-Oyón. Bol. Serv. Geol. Min. Perú.
- Concha R. (2015). Evaluación geológica y geodinámica del deslizamiento de Tarabamba, (distrito de Cashapampa, provincia de Sihuas, departamento de Ancash). Informe Técnico INGEMMET, 32p.
- 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.
- Huggett, R., (2007). Fundamentals of Geomorphology. Second Edition. Routledge fundamentals of physical geography. London UK. 483 pp.
- Martinez A. & Takahashi K. (2017). Monitoreo del fenómeno El Niño y su impacto socioecon3mico en el Perú. Revista Libros Con Ciencia – CONCYTEC.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007). Movimientos en masa en la regi3n Andina: Una guía para la evaluaci3n de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, 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.