



Informe Técnico N° A6591

Informe Técnico:
**Evaluación ingeniero - Geológica
de los deslizamientos de Yauya
y Tambo Real**

Distrito Yauya, Provincia Carlos Fermín Fitzcarrald, Región Ancash

POR:
GRISELDA LUQUE P.
FABRIZIO DELGADO M.

FEBRERO 2012

CONTENIDO

	pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
2. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA	1
2.1 Contexto Geomorfológico	5
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	6
3.1 Formación Chicama (Js-ch)	6
3.2 Formación Chimú (Ki-chi)	7
3.3 Depósitos Coluvio-deluviales (D-cd)	8
3.4 Depósitos Fluviales (Q-f)	8
4. PELIGROS GEOLÓGICOS	9
4.1. Generalidades	9
4.2. Observaciones de campo	10
4.2.1 Zona 1: Deslizamiento-Flujo de Yauya	10
4.2.2 Zona 2: Deslizamiento compuesto o deslizamiento por flujo de Tambo	15
5. MEDIDAS PREVENTIVAS Y/O MITIGACIÓN	21
CONCLUSIONES	29
RECOMENDACIONES	30
REFERENCIAS	31

EVALUACIÓN INGENIERO – GEOLÓGICA DE LOS DESLIZAMIENTOS DE YAUYA Y TAMBO REAL

Distrito Yauya - provincia Carlos Fermín Fitzcarrald – región Ancash

1. INTRODUCCIÓN

Con oficio N° 335-2011-REGION ANCASH/GRRNGMA, el gobierno regional de Ancash solicitó una inspección técnica del deslizamiento de Yauya y la zona de emisión de gases en Tambo, fenómeno que lo asociaron a la aparición de un volcán en la zona.

Dentro de los procesos que se observan en las dos zonas evaluadas se han cartografiado deslizamientos, derrumbes, erosión fluvial y algunos procesos de erosión en cárcavas. Los deslizamientos en Tambo son los que provocaron la alarma general en la población, al evidenciar que estos procesos afectan terrenos de cultivo y vías de comunicación; la alarma se incrementó por la presencia de gases y humareda.

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – INGEMMET, por intermedio de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico – DGAR, comisionó a los profesionales Griselda Luque P. y Fabrizio Delgado M., especialistas en movimientos en masa, para realizar la evaluación ingeniero – geológica del área. El trabajo se realizó el 21 de enero del presente año, previa coordinación con personal de la municipalidad provincial de Carlos F. Fitzcarrald. En dicha evaluación se contó con la participación de Santos Dámaso Espinoza asistente de la oficina de Defensa Civil y del Sr. Ariel Ramírez Rodríguez, representante de la Municipalidad distrital de Yauya.

El presente informe contiene documentación obtenida en campo y revisión de información geológica y cartográfica (boletines técnicos, topografía e imágenes satelitales) que permitieron la adecuada evaluación de los deslizamientos de Yauya y Tambo Real. Se emiten conclusiones y recomendaciones que el gobierno regional, deberá tener en cuenta para la prevención de futuros eventos geodinámicos en el área.

2. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA

Los poblados de Yauya y Tambo se encuentran ubicados al NE de la localidad de San Luis, en la margen izquierda de la quebrada Mirabamba, ambas zonas se encuentran dentro de la jurisdicción del distrito de Yauya, provincia de Carlos Fermín Fitzcarrald, departamento de Ancash (Figura 01).

Las zonas evaluadas están comprendidas entre las coordenadas UTM WGS 84:

Zona 1 (Yauya)		Zona 2 (Tambo)	
248836 E	9004490 N	251020 E	9001598 N

La provincia de Carlos Fermín Fitzcarrald está ubicada en el Callejón de Conchucos, formado por las cadenas montañosas comprendidas entre el flanco oriental de la Cordillera Blanca, en la Vertiente del Atlántico Sur, correspondiente a la zona de vida Quechua con altitudes entre los 2500 a 3500 m.s.n.m., donde se ubica la capital del distrito Yauya.

Estas zonas se caracterizan por ser bastantes accidentadas, con sectores de mucha actividad geodinámica, la cual afecta de manera directa a la infraestructura vial, por los constantes deslizamientos, erosión e intensas precipitaciones pluviales hasta de 1000 mm/s en época de lluvias.

Según el INEI (Censo, 2007), la localidad de Yauya, capital de distrito, cuenta con 160 viviendas y 569 habitantes; mientras que la localidad de Tambo cuenta con 39 viviendas y 155 habitantes (Fotos 01 y 02). Las labores que realiza la población en ambas zonas son principalmente agrícolas, con cultivos de maíz, papa y otros productos.

El acceso al área de estudio se puede realizar por vía terrestre y aérea mediante las siguientes rutas:

Vía terrestre:

- *Lima-Conococha- Catac-Túnel Kahuish-San Marcos-Huari-San Luis*

Desde Lima a

Catac (365 km), de Catac se toma un desvío hacia el túnel Cahuish (30,7 km) el más largo del país con 580 m de longitud. Desde aquí son 36 km hasta Chavín de carretera asfaltada hasta el pueblo de Machac, donde se inicia una carretera afirmada que se encuentra en mal estado. Saliendo de Chavín hacia el norte, se toma una carretera afirmada que llega hasta el poblado de San Marcos (8,2 km). La ruta asciende hasta Huachococha (30 km al N de Huari) y luego baja al pueblo de San Luís.

- *Lima- Huaraz-Carhuaz-Punta Olímpica-Chacas-San Luis-Yauya-Tambo Real*

Huaraz se encuentra a 407 km al norte de Lima y está conectada con esta ciudad por medio de la Carretera Panamericana Norte y el desvío a Huaraz (Paramonga) en un viaje de siete horas aprox. De Huaraz a Carhuaz aprox. son 33 km en carretera asfaltada hasta el sector de Shilla. Desde allí se inicia el ascenso por una carretera en mejor estado hasta la quebrada Ulta, para seguir bajo el nevado Punta Olímpica (4900 m.s.n.m.) a 51 km, luego se sigue una carretera afirmada hasta llegar a Chacas (31 km). Desde Chacas se puede tomar el desvío a San Luis (22 km) hasta llegar a Yauya y luego a Tambo Real (70 km).

El acceso a las zonas evaluadas Yauya-Tambo Real se da a través de un sistema vial en malas condiciones (falta de mantenimiento y caminos construidos con escaso soporte técnico) por lo que el uso de caminos de herradura es intenso.

Vía área:

A 20 km al noroeste de Huaraz se encuentra el Aeropuerto Comandante FAP Germán Arias Graziani, ubicado en Anta, en el cual actualmente ya se realizan

vuelos comerciales diarios hacia la ciudad de Lima en un tiempo de 45 min aproximadamente.

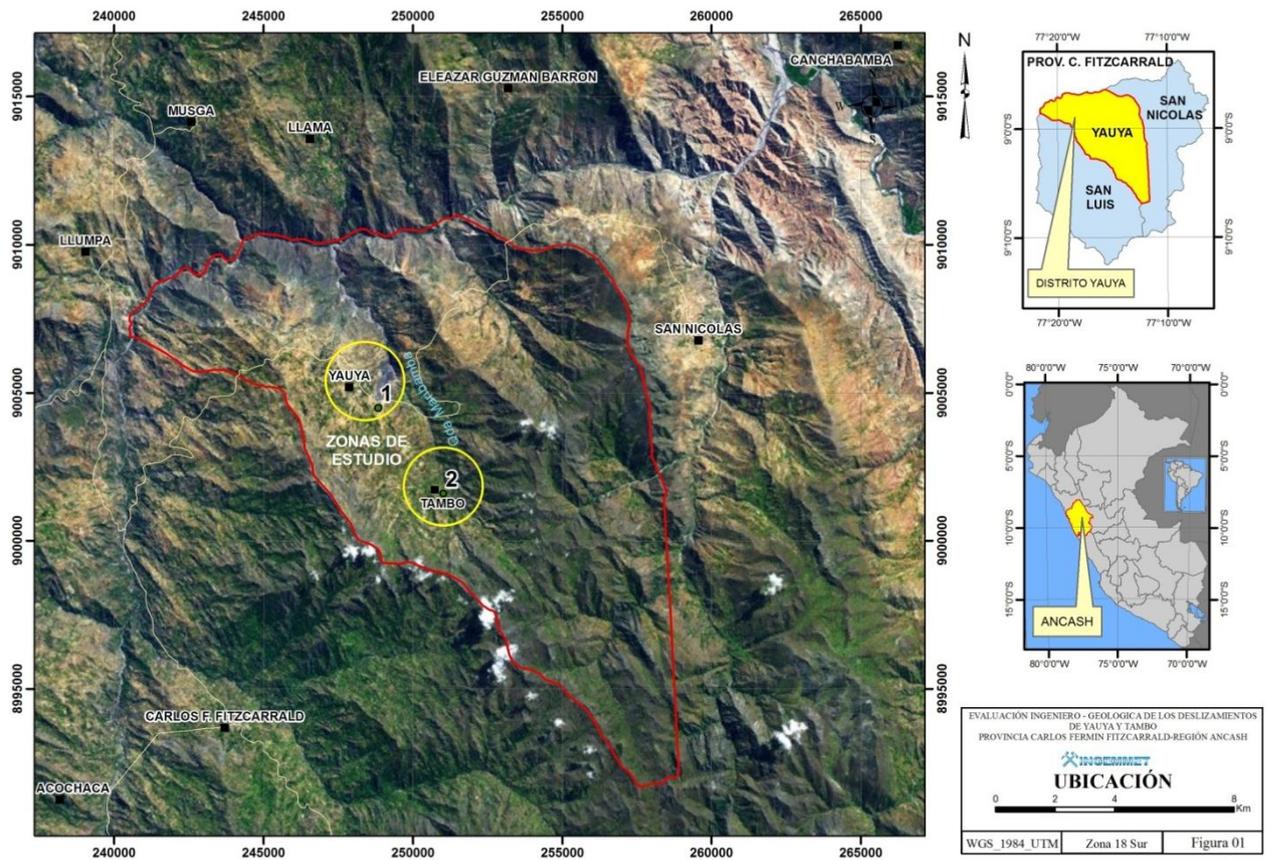


Figura 01: Ubicación de las zonas evaluadas en Yauya y Tambo, Ancash.



Foto 01: Vista del poblado de Yauya



Foto 02: Vista del poblado de Tambo Real

Las zonas se caracterizan por tener un clima semiseco y semifrío, húmedo (SENAMHI, 1988). Actualmente no cuenta con una estación hidrometeorológica. Según el mapa de isoyetas de precipitaciones anuales acumuladas varían de 500 a 700 mm en periodo lluvioso normal (Setiembre-Mayo) y de 1600 a 1800 mm con presencia de El Niño (SENAMHI, 2003). Ver figura 02.

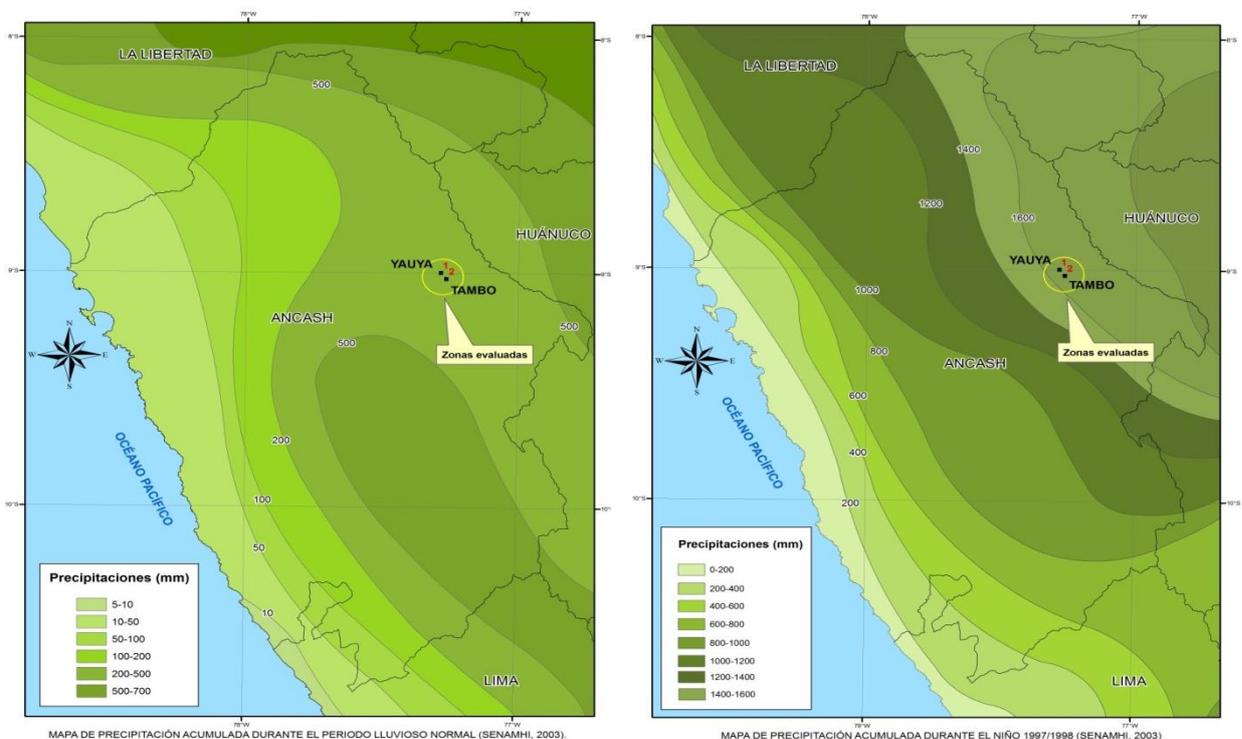


Figura 02: Isoyetas de precipitación en lluvias normales (izquierda) y en presencia de El Niño 1998 (derecha). Fuente: SENAMHI, 2003.

2.1. Contexto Geomorfológico

En general el relieve de las zonas está constituido por cadenas montañosas comprendidas en el flanco oriental de la Cordillera Blanca, en la Vertiente del Atlántico Sur. Localmente, en la zona de estudio se reconocen las siguientes unidades geomorfológicas (figura 03):

Relieve montañoso estructural-erosional en rocas sedimentarias RME-rs

Amplia zona de distribución de relieve, ocupan un gran porcentaje de las áreas evaluadas. Incluyen laderas de montañas estructuralmente plegadas (anticlinales y sinclinales), con pendientes que varían desde moderadas hasta abruptas, erosionadas. Litológicamente está compuesta por secuencias sedimentarias de rocas jurásicas y cretácicas principalmente (lutitas, areniscas, lutitas carbonosas, y también secuencias de calizas) de las formaciones Chicama, Santa-Carhuaz y Chimú. Se asocian a derrumbes, deslizamientos y erosión de laderas.

Piedemonte coluvio-deluvial (P-cd)

Son producto de la acumulación de materiales heterogéneos de tamaños variados, en las bases de las laderas de las montañas y escarpes, de magnitud cartografiable, asociados a movimientos en masa (deslizamientos, deslizamiento-flujos, derrumbes y avalanchas de detritos). Como en el caso de Yauya, los cuales pueden reactivarse, a manera de deslizamientos, derrumbes, o sufrir procesos de erosión de laderas (surcos, cárcavas).

Valle fluvial y terrazas indiferenciadas (VT-i)

Valles tributarios de cauce angosto, no diferenciable a escala que presenta terrazas adyacentes discontinuas, encima de la llanura de inundación fluvial como en la quebrada Maribamba. Están asociados a erosión fluvial y derrumbes en las márgenes activas.



Figura 03: Unidades Geomorfológicas en las zonas evaluadas. Vista del Google Earth.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

En el área evaluada de acuerdo a los estudios geológicos efectuados por Wilson (1995), afloran las siguientes unidades litológicas (ver figura 04):

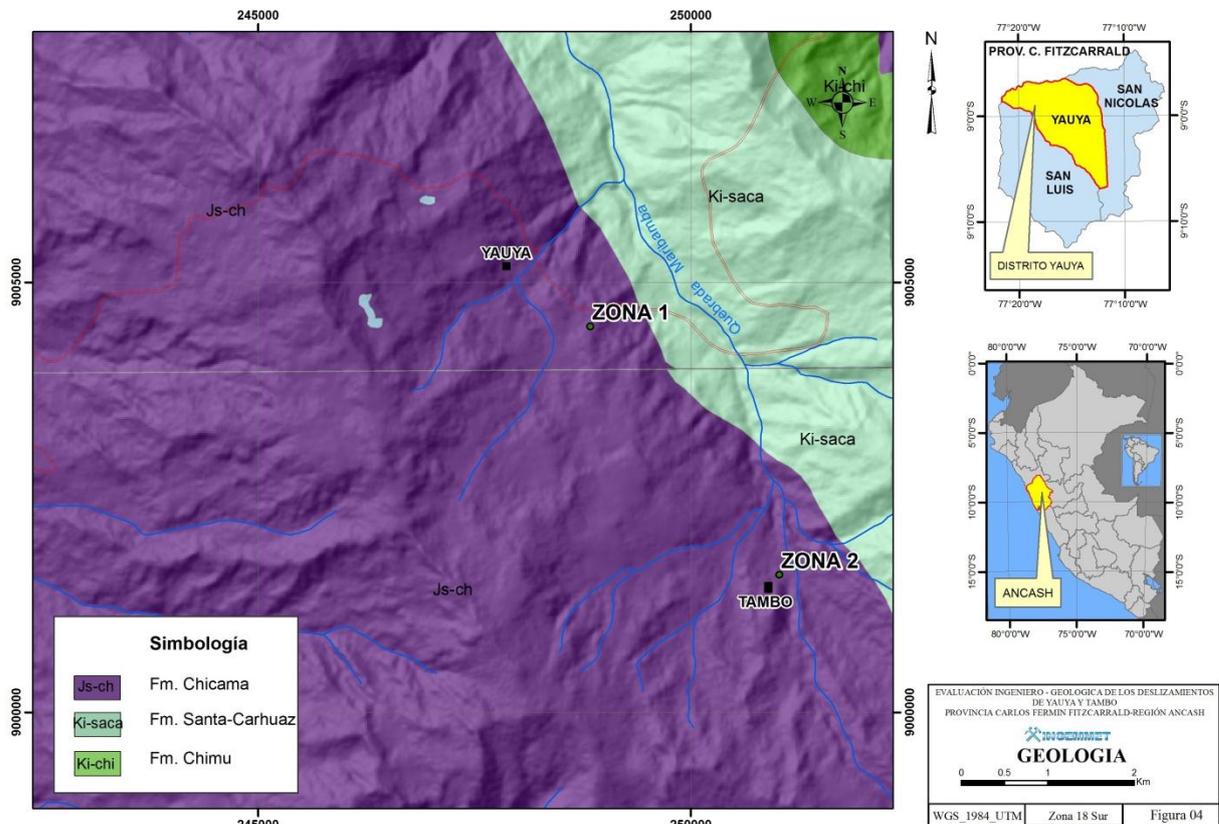


Figura 04. Unidades geológicas en las zonas de Yauya y Tambo, prov. C. Fitzcarrald, Ancash

3.1 Formación Chicama (Js-ch)

Esta unidad consiste en la intercalación de lutitas y areniscas finas, que en algunos sectores se estima puedan presentar grosores entre 800 a 1000 m aproximadamente. Aflora en gran parte del área evaluada en el talud superior de la trocha carrozable Yauya-San Nicolás.

Desde el punto de vista geotécnico son rocas con características geomecánicas de mala calidad; los estratos se encuentran intensamente diaclasados y fracturados. Además por lo que se observa en campo, el desarrollo de deslizamientos y las reactivaciones de estos se incrementan en época de lluvias (Foto 03).



Foto 03: Vista de afloramiento de areniscas muy fracturadas y fuertemente intemperizadas de la Formación Chicama trocha carrozable Yauya- San Nicolás (Zona 1).

3.2 Formación Chimú (Ki-chi)

Se encuentra suprayaciendo a la Formación Chicama. Está compuesta de areniscas cuarzosas blanquecinas de grano medio intercaladas con lutitas pardo amarillentas y ocasionales mantos de carbón. Desde el punto de vista geomecánico son rocas con características mecánicas malas; los estratos se encuentran intensamente fracturadas y meteorizadas. (Foto 04).



Foto 04: Lutitas y mantos de carbón de la Formación Chimú fuertemente intemperizadas observados en la trocha carrozable Tambo- Gollgapunco. En la parte alta se observan calizas de la Formación Santa.

3.3 Depósitos coluvio-deluviales (D-cd)

Están constituidos por fragmentos, material generalmente grueso de naturaleza homogénea, heterométricos, mezclados con materiales finos como arena, limo y arcilla como matriz en menor proporción, relativamente suelto. Su distribución es caótica; se les encuentra en las laderas de valles y al pie de barrancos escarpados. Estos depósitos forman suelos de color pardo amarillento y gris oscuro con bloques angulosos que poseen diámetros variables (menores a 0,25 m) en matriz arcillo-limosa (foto 05).



Foto 05: Depósitos coluvio-deluviales en el cuerpo del deslizamiento, talud inferior de trocha carrozable Tambo-Gollgapunco.

3.4 Depósitos Fluviales (Q-f)

Estos depósitos han sido reconocidos a lo largo de la quebrada Maribamba, compuestos principalmente de arenas y gravas, formando pequeñas terrazas (Foto 06).



Foto 06: Depósitos fluviales a lo largo del cauce de la quebrada Maribamba, sector Tambo.

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

4.1 Generalidades

Para la descripción de los deslizamientos de Yauya y Tambo se ha tomado como base la clasificación de Varnes (1978, 1996) y la terminología sobre Movimientos en Masa en la región Andina preparado por el Grupo GEMMA (PMA: GCA, 2007):

DESLIZAMIENTOS: Son movimientos ladera abajo de una masa de suelo y roca, cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de zonas relativamente delgadas con gran deformación cortante (figura 05). El deslizamiento cartografiado en la zona 1 es de tipo traslacional y de la zona 2, rotacional; presentando escarpas activas sucesivas semicirculares a rectas.

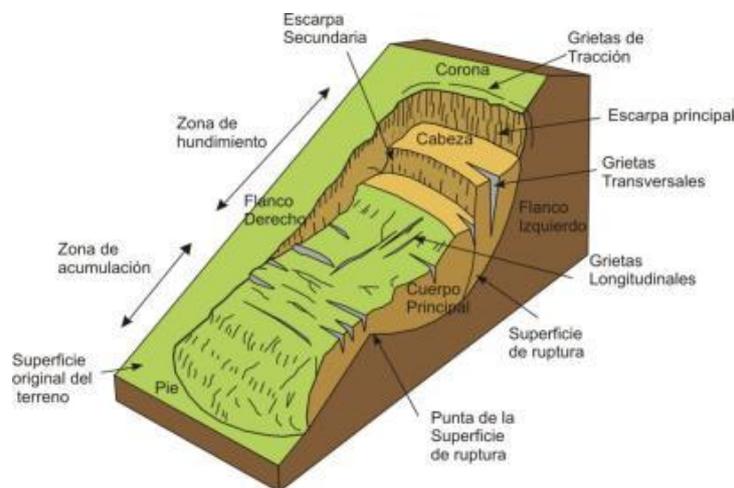


Figura 05. Esquema típico de un deslizamiento rotacional (USGS, 2007).

DERRUMBES: Es un tipo de movimiento en masa en la cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Forma en la base un depósito caótico de material grueso, es producido por el socavamiento de la base de riveras fluviales, áreas costeras, acantilados rocosos, en laderas de moderada a fuerte pendiente, por acción de lluvias, movimientos sísmicos y antrópica (cortes de carreteras o áreas agrícolas). Estos movimientos tienen velocidades muy rápidas a extremadamente rápidas. En la zona de estudio estos fenómenos se dan en la parte baja de la ladera por efectos de la erosión fluvial.

EROSIÓN FLUVIAL: Llamada también erosión lateral, consiste en el arranque de los depósitos y/o materiales que se encuentran en ambos márgenes del cauce del río, producto del socavamiento producido por éste, provocando derrumbes en ambos márgenes, como se observa en la margen izquierda de la quebrada Maribamba.

4.2 Observaciones de Campo

Durante los trabajos de campo realizados en los sectores Yauya y Tambo Real, se identificaron los siguientes peligros geológicos: deslizamientos, derrumbes y erosión fluvial. Para una mejor descripción se ha visto conveniente dividir en dos zonas: zona 1 (deslizamiento-flujo de Yauya) y zona 2 (deslizamiento de Tambo) que a continuación se detallan:

4.2.1 Zona 1: Deslizamiento-Flujo de Yauya

Esta zona corresponde al deslizamiento traslacional-flujo activo de Yauya de recurrencia periódica (figura 06), en el talud inferior de la trocha carrozable Yauya-San Nicolás con escarpas sucesivas de forma irregular y superficie plana, se presenta en lutitas carbonosas y limolitas muy meteorizadas. Presenta leve reforestación por encima del flanco izquierdo y parte del cuerpo principal del deslizamiento, con presencia de asentamientos, desviación del cauce de la quebrada Maribamba y aporte de material de remoción a la quebrada para generar flujos o huaycos.

La escarpa principal tiene un desnivel aprox. de 40 m, con más de 900 m de longitud en la corona, longitud de aprox. 1300 m desde el pie a la corona del deslizamiento, 600 m de desnivel.

Este deslizamiento se comportó como un flujo; actualmente se generan derrumbes en el pie, por socavación de la quebrada. El área afectada por movimientos en masa es aprox. 902 480,3 m² (Fotos 07, 08, 09, 10 y 11)

Causas principales:

- Substrato de mala calidad (muy meteorizado)
- Alternancia de rocas de diferente competencia (limolitas y lutitas carbonosas)
- Pendiente del terreno (35°-50°)
- Infiltración de aguas subterráneas (presencia de surgencias en varios sectores)
- Precipitaciones pluviales intensas
- Deforestación indiscriminada para ganar terrenos de cultivo y riego inadecuado de estos terrenos.

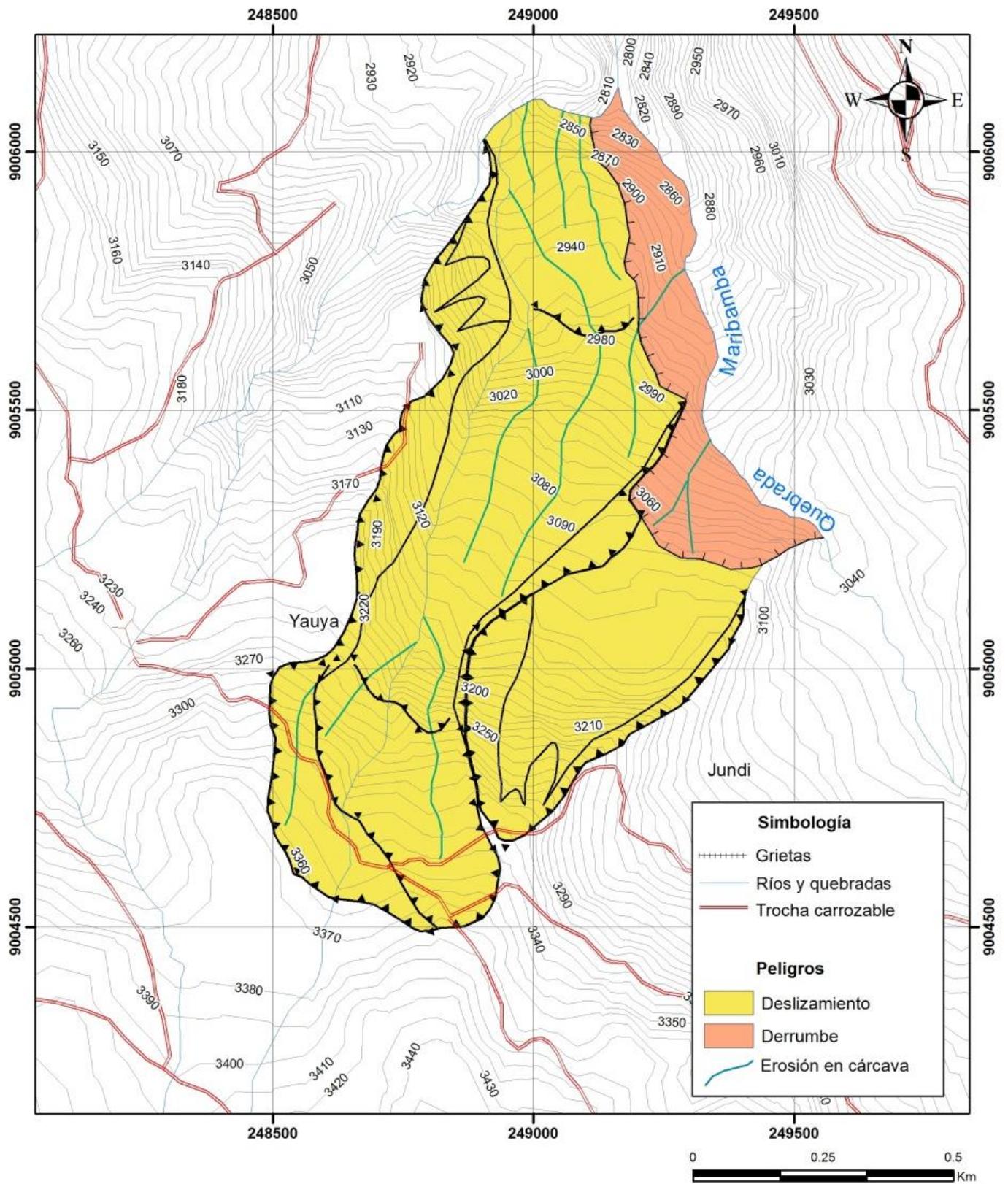


Figura 06: Esquema del deslizamiento Traslacional de Yauya, distrito y provincia Yauya, Ancash (Zona 1).



Foto 07: Vista panorámica del deslizamiento-flujo de Yauya (INGEMMET, 2006)



Foto 08: Vista panorámica de la corona del deslizamiento de Yauya con avance retrogresivo, afecta severamente terrenos de cultivo, pastizales y tramos de carretera Yauya-San Nicolás.



Foto 09: Vista de la corona del deslizamiento, afecta tramo de la trocha carrozable Yauya-San Nicolás, la cual presenta asentamientos.



Foto 10: Presencia de talus de detritos en la corona del deslizamiento.



Foto 11: Vista de la escarpa en el flanco derecho del deslizamiento.

En el cuerpo principal de este deslizamiento se presentan reactivaciones por sectores, pequeños flujos, cárcavas y derrumbes. Ver fotos 12 y 13.

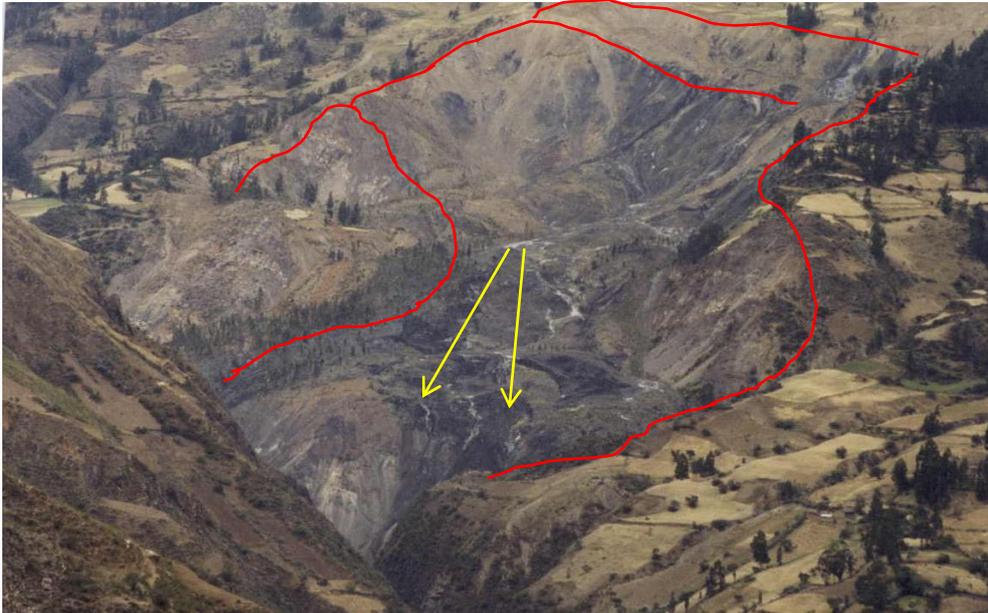


Foto 12: Vista de escarpas del deslizamiento-flujo de Yauya, en algunos sectores del cuerpo se encuentra saturado de agua, con presencia de algunas surgencias; en el flanco izquierdo del fenómeno se observa también intensa erosión en cárcavas (INGEMMET, 2006).



Foto 13: Flanco izquierdo del deslizamiento, presenta derrumbes en la escarpa, esto se da en los mantos de lutitas carbonosas muy meteorizadas.

4.2.2 Zona 2: Deslizamiento compuesto o deslizamiento por flujo de Tambo

La zona 2 corresponde a un deslizamiento que presenta una escarpa semicircular activa en la margen izquierda de la quebrada Maribamba, a escasos 300 m aprox. de la institución educativa del poblado Tambo. El movimiento en masa propició una súbita (moderada a rápida) remoción de roca muy alterada y fracturada probablemente saturada, que llegó a represar temporalmente el cauce de la quebrada. En el cuerpo del movimiento en masa se presentaron emanaciones de gases. (Figura 07).

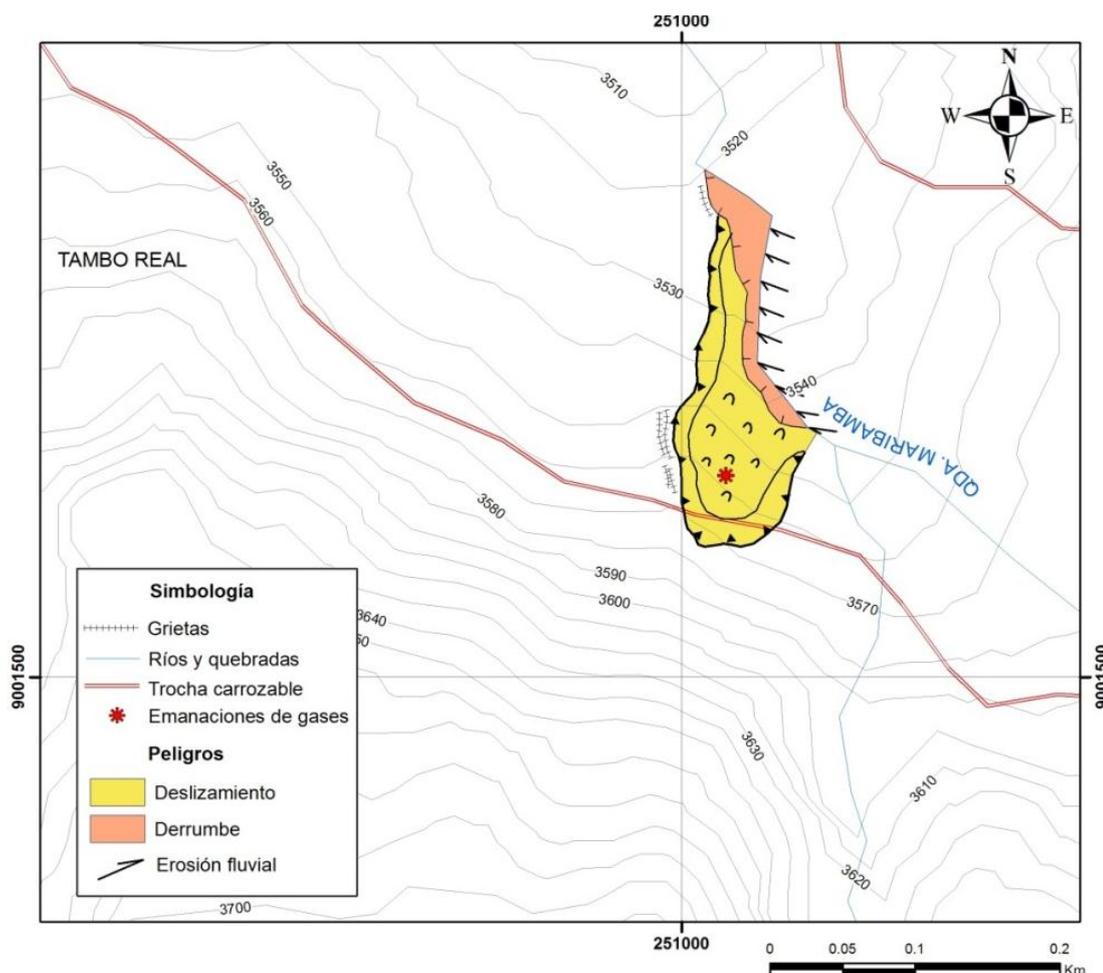


Figura 07: Esquema del deslizamiento de Tambo Real (zona 2).

Esta parte está constituida por afloramientos pertenecientes a las formaciones Chicama y Chimú y en la parte alta, por encima de la corona, por rocas del Grupo Goyllarizquizga. El intenso diaclasamiento, alternancia de litología y meteorización de las formaciones y la presencia de aguas superficiales y subterráneas son los detonantes de las reactivaciones en esta parte.

La distancia inclinada entre la escarpa y el pie de deslizamiento es de aproximadamente 210 m. La longitud de la corona del deslizamiento es de 70 m aprox de forma semicircular con actividad retrogresiva y el desnivel entre el pie y la corona del deslizamiento es de 65 m. Este deslizamiento

se ha producido recientemente según los pobladores, el 21 de Diciembre del 2011. Desde esta fecha hasta la actualidad, en dos sectores del cuerpo se presentan emanaciones de humo y agrietamientos debido al empuje que ejerce el movimiento en masa (empuje de terreno) en esta zona. (Foto 14).

En el cuerpo de este deslizamiento se hicieron las medidas de la dirección del movimiento del terreno:

- | | |
|----------------------------|--------|
| - Dirección de las grietas | N 155° |
| - Dirección de movimiento | N 250° |
| - Desnivel (escarpa y pie) | 1,5 m |
| - Profundidad de grietas | 0,5 m |
| - Abertura de grietas | 0,4 m |



Foto 14: Escarpa del deslizamiento, esto se da en los mantos de lutitas carbonosas muy meteorizadas.

Hacia el flanco izquierdo del deslizamiento se observa la mayor cantidad de grietas transversales y asentamientos de terreno. Por la pendiente que tiene el terreno, menor a 30°, y por la descripción del avance descrito por los pobladores locales, se estima que el movimiento del deslizamiento ha sido moderado a rápido. (Fotos 15, 16, 17 y 18).

Causas principales:

- Alternancia de rocas de diferente competencia (lutitas bituminosas y limolitas).
- Buzamiento favorable de los estratos o capas, como discontinuidades regionales.
- Substrato de mala calidad con muchas discontinuidades por presentarse muy meteorizado y fracturado.
- Retención de agua por ser unidades de transmisibilidad muy lenta (acuitardos), originó su saturación y exceso de presión de poros.
- Precipitaciones pluviales intensas
- Intensa deforestación

- Pendiente del terreno (aprox. 30°)



Foto 15: Flanco izquierdo del deslizamiento, presenta grietas de 0,20 a 0,40 m de ancho y asentamientos de 0,30 m.



Foto 16: Vista de la corona del deslizamiento, se observan grietas de tensión por encima de la corona.



Foto 17: Cuerpo del deslizamiento con presencia de grietas, esto se da en mantos de lutitas bituminosas.



Foto 18: La socavación de la quebrada Maribamba genera derrumbes con recurrencia periódica, en la margen izquierda de la quebrada. Vista aguas arriba.

Emanaciones de gases

Las densas humaredas comenzaron luego de ocurrir el fenómeno en el mes de diciembre hasta la actualidad con intenso olor a azufre, las cuales emergen de unas chimeneas formadas en un terreno deleznable que tiene un área aprox. de 13 525,3 m², que mantiene preocupados a los pobladores de Tambo; quienes en un principio las lo asociaron a un posible volcán.

Las dos chimeneas de humo se encuentran en el cuerpo del deslizamiento (foto 19), a 300 m de la institución educativa del poblado Tambo, poniendo en riesgo la salud de sus habitantes, debido a los gases nocivos que irrita las fosas nasales y emana sobre todo en temporada de lluvia. (Figura 08).

Similar actividad se registró hace 32 años, es decir en el año 1980, a un kilómetro del actual fenómeno en el sector de Lloclla-Yauya, muy característico de la zona por presentar la misma litología.

En la actualidad se incrementa la combustión por encontrarse en periodo de lluvias, causando una abundante emanación de gases, posiblemente persista el fenómeno hasta que se estabilice el área.

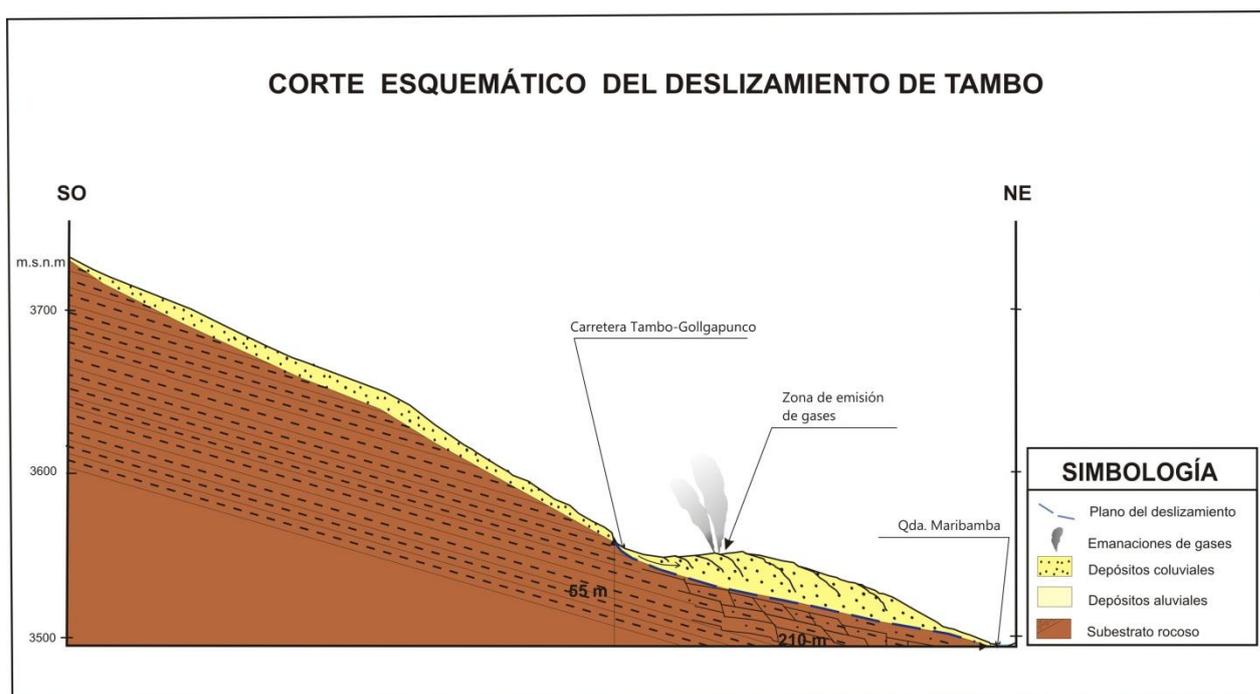


Figura 08: Perfil esquemático del deslizamiento compuesto o deslizamiento por flujo de Tambo, nótese las emanaciones de gases en la margen izquierda de la quebrada. El perfil muestra la inclinación favorable de las capas, cuya fricción natural por empuje es la causa de la emanación de gases en superficie.

Causas de las emanaciones de gases

En otros sectores de nuestro país se han producido situaciones similares de emanación de gases asociados a rocas carbonosas (lutitas bituminosas y capas de carbón), como el caso de Kimbiri (Nuñez & Rivera, 2001).

La roca aflorante en este sector es una lutita bituminosa, la cual tiene un contenido de hidrocarburo o carbón natural, que está funcionando como combustible.

Al producirse el deslizamiento de las lutitas bituminosas con alto contenido de materia orgánica, se produce rozamiento y fricción entre ellas produciéndose la combustión de la materia orgánica con desprendimiento de calor.

Cuando se inició este fenómeno, la roca llegó a calcinarse dejando como resultado restos de cenizas gris blanquesinas y amarillentas, en ocasiones a las rocas y suelos le proporciona un color rojizo. En los sectores donde emanaban los gases se hizo una pequeña calicata de 30 cm de profundidad, conforme se excavaba se sentía un olor muy fétido, y la temperatura se incrementaba.

Los gases emitidos aumentan su volumen cuando llueve, debido a que el agua proveniente de lluvia al incidir sobre la roca caliente produce mayor condensación de gases.

Estos gases son de color gris y forman una columna de hasta 15 m de altura donde se disipan en sentido a la dirección del viento NE a SO.



Foto 19: Deslizamiento en el talud inferior de trocha carrozable Tambo-Gollgapunco. Además se observa la emanación de gases en dos sectores del cuerpo del deslizamiento de Tambo Real.

5. MEDIDAS PREVENTIVAS Y/O MITIGACIÓN

Las medidas se orientan con la finalidad de minimizar la ocurrencia de deslizamientos, derrumbes, caídas de rocas, procesos de erosiones de laderas, como también evitar la generación de nuevas ocurrencias.

La identificación de las señales de riesgo de los movimientos en masa, es también un punto de importancia que las comunidades deben comprender y estar alertas ante su aparición. Las grietas en la cresta de los taludes y laderas, los abultamientos en el pie del talud, los asentamientos diferenciales, las condiciones de humedad del talud, los cortes del talud y la geología que la componen, son algunos aspectos que deben tener presentes.

5.1 Medidas de control de deslizamientos, derrumbes y erosión en cárcavas

a) Corrección por modificación de la geometría del talud

Tratamiento de taludes con escalonamiento, es una medida que puede emplearse cuando un talud está comprometido por un deslizamiento o desde antes que se produzca, y 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 ellas zanjas de drenaje entonces se evacuará las aguas de escorrentía, disminuyendo su efecto erosivo y el aumento de las presiones intersticiales. Este escalonamiento se suele disponer en taludes en roca, sobretodo cuando es fácilmente meteorizable y cuando es importante evitar las caídas de fragmentos de roca, cómo es el caso de los taludes ubicados junto a vías de transporte. Ver Figura 09.

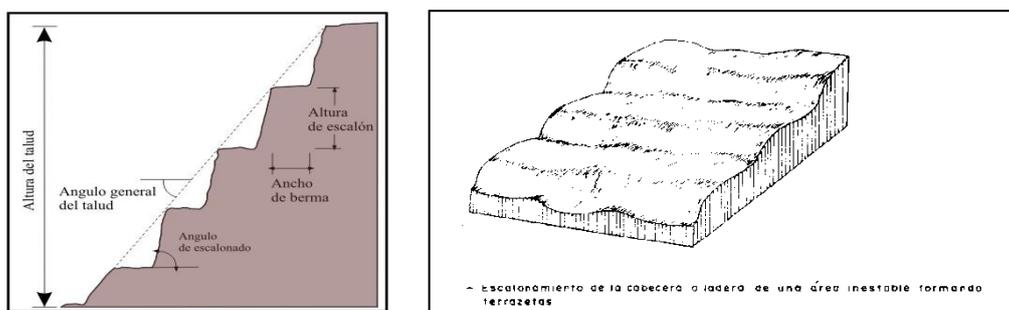


Figura 09: Esquema de un talud con bermas intermedias (Tomado de INGEMMET, 2000). A la derecha se muestra un escalonamiento de la cabecera de un área inestable.

b) Corrección por elementos resistentes

Muros, se emplean frecuentemente como elementos resistentes en taludes, para estabilizar deslizamientos existentes o potenciales al introducir un elemento de contención al pie. Los muros se pueden clasificar en tres grupos (Figura 10):

- Muros de sostenimiento, se construyen separados del terreno natural y se rellenan posteriormente.

- Muros de revestimiento, su misión consiste esencialmente en proteger el terreno de la erosión y meteorización además de proporcionar un peso estabilizador.
- Muros de contención, generalmente van excavados y se construyen para contener un terreno que sería probablemente inestable sin la acción del muro (como gaviones). Foto 20.

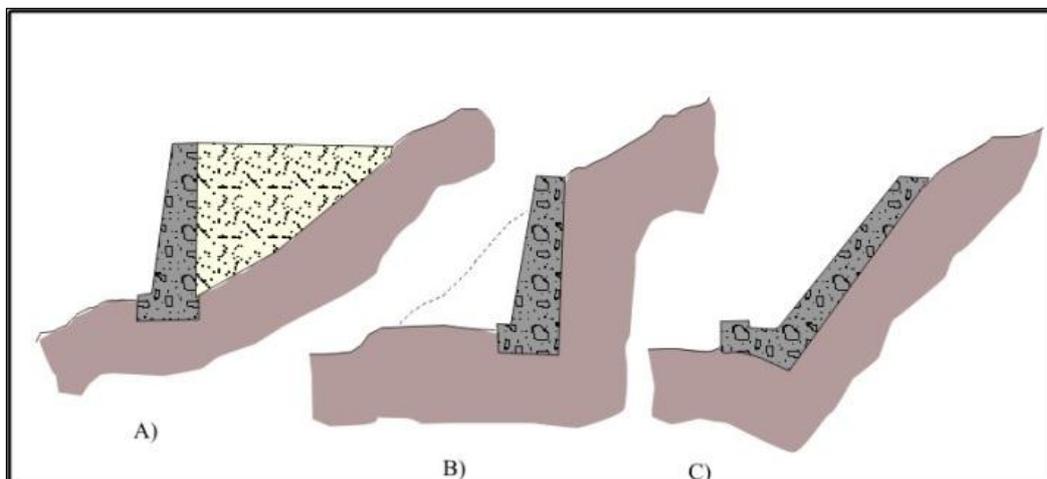


Figura 10: Tipo A) Sostenimiento B) Contención C) Revestimiento (INGEMMET, 2000).



Foto 20. Ejemplo de construcción de muro de gaviones al pie del talud.

Descabezamiento y construcción de tacones de tierra o escollera. La extracción de material de la coronación, disminuye el peso en la parte superior del talud y en consecuencia disminuyen las fuerzas que favorecen la rotura del talud. La eliminación de escasas cantidades de terreno produce aumentos apreciables del coeficiente de seguridad. Al acumular material en el pie del talud se crea un tacón cuyo peso hace que las tensiones normales aumenten, y como consecuencia de ellas aumenta la resistencia del talud. (Figura 11).

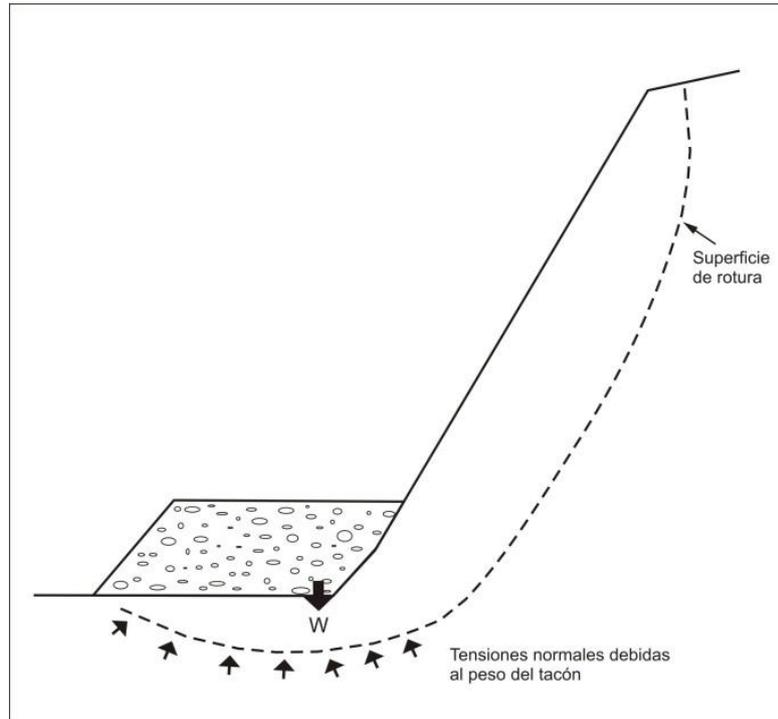


Figura 11. Tacón de tierra o escollera en el pie de un talud

c) Correcciones Superficiales

Las medidas de corrección superficiales se aplican en la superficie de un talud, con una acción que afecta sólo a las capas más superficiales del terreno con el fin de evitar la erosión y meteorización de la superficie de la ladera:

Sembrado de taludes, mantener una cobertura vegetal en un talud produce indudables efectos beneficiosos (foto 21), 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, ya que las raíces de las plantas aumentan la resistencia al esfuerzo cortante en la zona del suelo que ocupan y la absorción de agua por estas produce un drenaje de las capas superficiales del terreno.
- 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.



Foto 21. Ladera reforestada en parte y terraceo para control de deslizamiento, erosión y reptación de suelos.

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 desmorte. 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.

d) Corrección por drenaje

Con el drenaje se trata de reducir las presiones intersticiales que actúan sobre la posible superficie del deslizamiento. Ello hace que las presiones efectivas sean mayores, y en consecuencia que aumenten las fuerzas de fricción, que se oponen al deslizamiento de la masa de terreno. El drenaje se puede diseñar en superficie o en profundidad. (Figura 12).

El propósito del drenaje en superficie es recoger las aguas superficiales o las aguas bombeadas procedentes de los drenajes profundos y evacuadas lejos del talud, evitándose su infiltración.

Con el drenaje en profundidad se pretende deprimir el nivel freático con objeto de disminuir las presiones intersticiales.

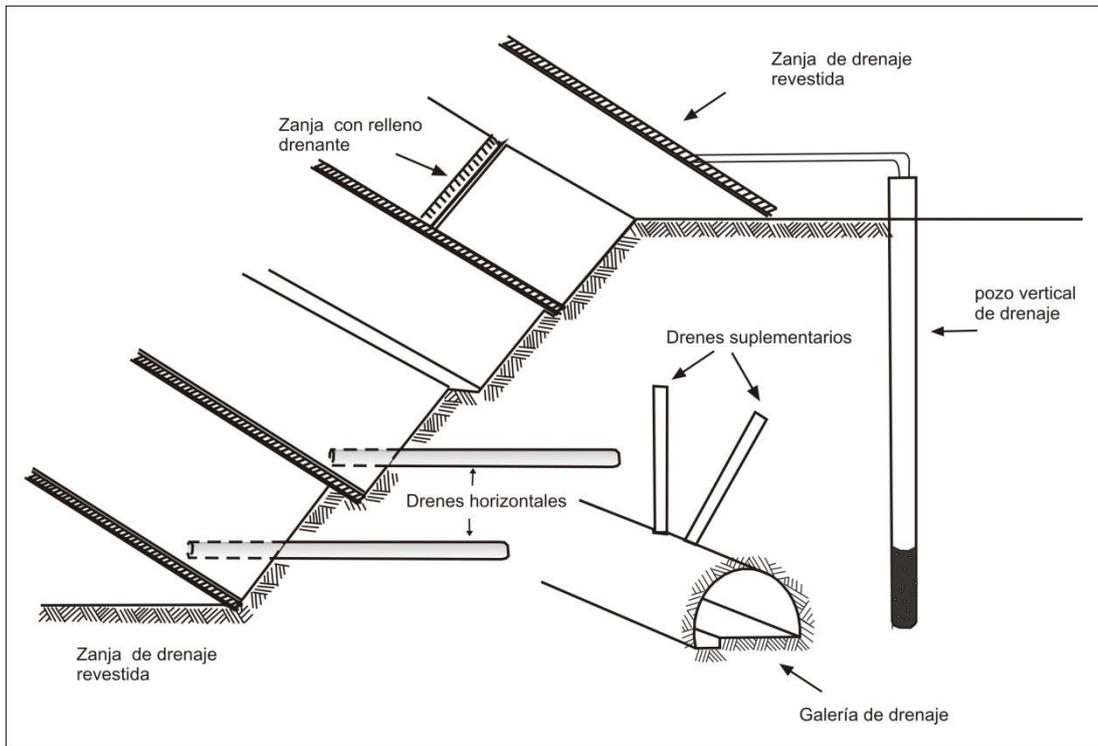


Figura 12. Diversos procedimientos de drenaje de talud.

Dren longitudinal

Consiste en un tubo poroso o perforado, paralelo al muro situado sobre el talón del mismo.

Se pueden llevar a cabo medidas complementarias con la instalación de capas de drenaje longitudinales o inclinadas detrás del muro, muy útil para evitar los efectos de las heladas y para reducir significativamente las presiones de filtración que se desarrollan después de lluvias intensas (figura 13).

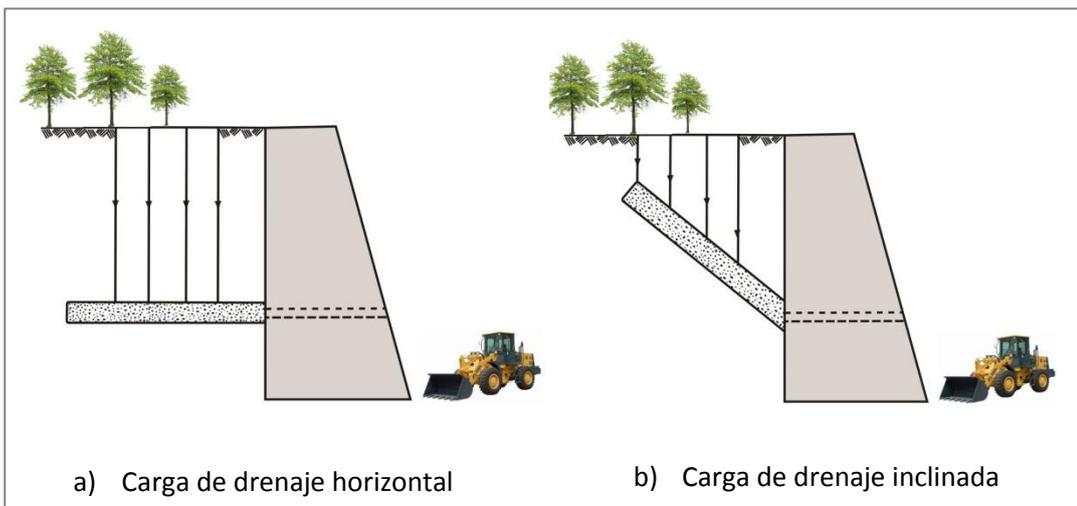


Figura 13. Instalación de capas de drenaje detrás de un muro.

5.2 Medidas de control para zonas de flujos y cárcavas

Las erosiones en cárcavas generan abundantes materiales sueltos que son llevados a los cauces de las quebradas. Muchos de estos cauces tienen suficiente material como para la generación de flujos. Para el control físico del avance de cárcavas se propone un conjunto de medidas, principalmente de orden artesanal, entre las que cabe destacar:

- Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización. En la selección de árboles debe contemplarse las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y portes que alcanzarán versus la pendiente y profundidad de los suelos. También se recomienda que las plantaciones se ubiquen al lado superior de las zanjas de infiltración (Figura 14), con el objetivo de captar el agua y controlar la erosión.
- Permitir el crecimiento de la cobertura vegetal nativa a lo largo de la cárcava y en las zonas circundantes a ellas (figura 15), y de esta manera asegurar su estabilidad, así como la disipación de la energía de las corrientes concentradas en los lechos de las cárcavas (figura 16).
- El desarrollo de programas de control y manejo de cárcavas sobre la base de diques o trinchos transversales construidos con materiales propios de la región como troncos, ramas, etc. (Figuras 17, 18, 19, 20 y foto 22).

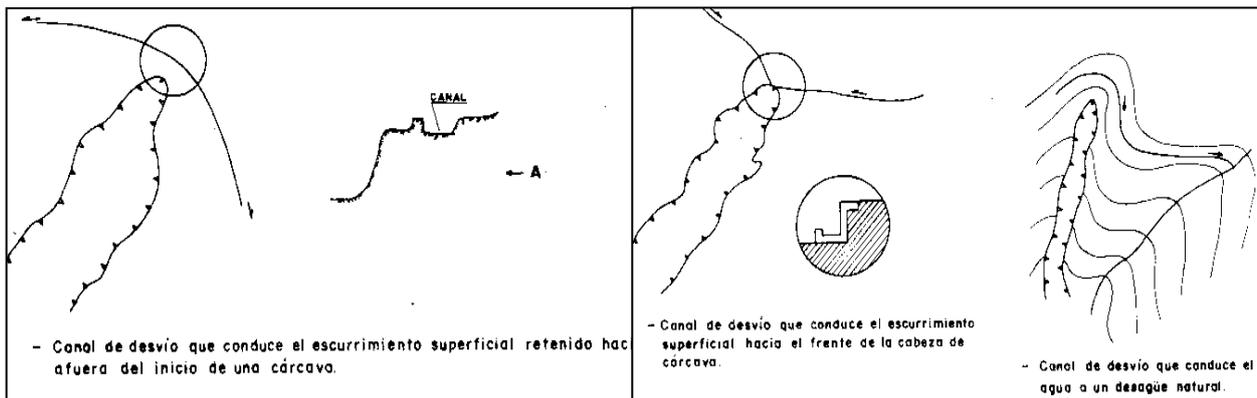


Figura 14. Canales de desvío

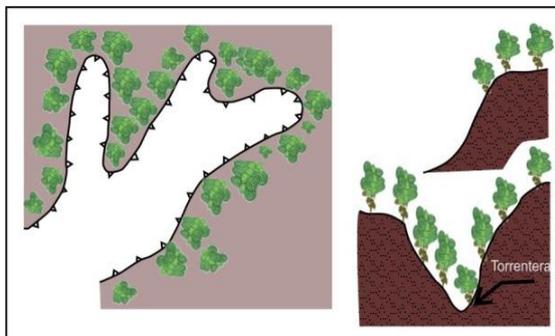


Figura 15. Vista en planta y en perfil de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes de las áreas inestables.

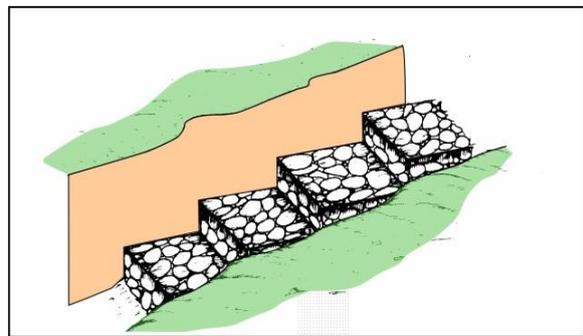


Figura 16. Protección del lecho de la quebrada con muros escalonados (andenes), utilizando bloques de roca o concreto armado.

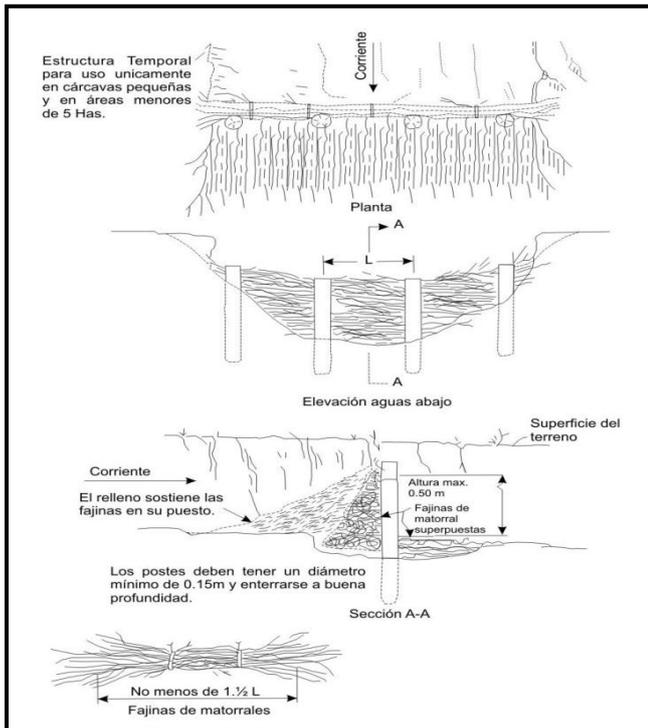


Figura 17. Trincho de matorral (tipo una hilera de postes). Adaptado de Valderrama et al. (1964).

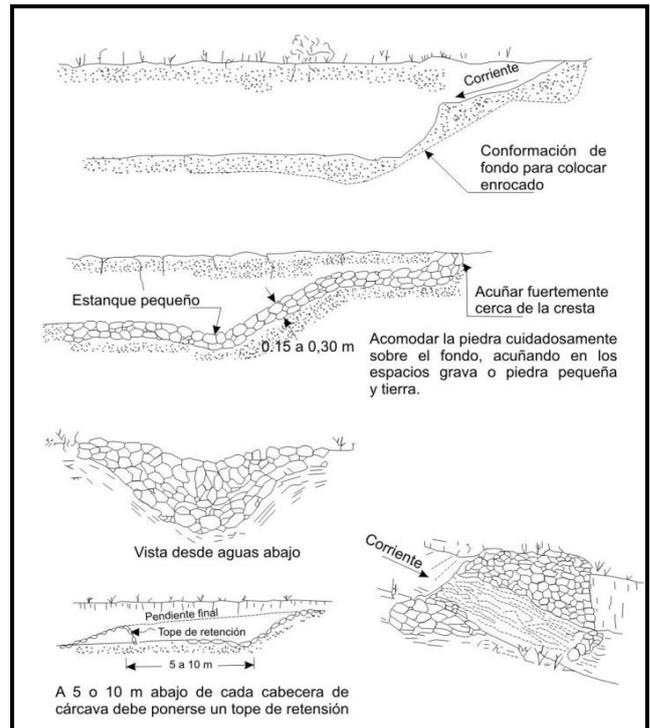


Figura 18. Trincho de piedra para cabecera de cárcava en zona de mina. Adaptado de Valderrama et al. (1964).

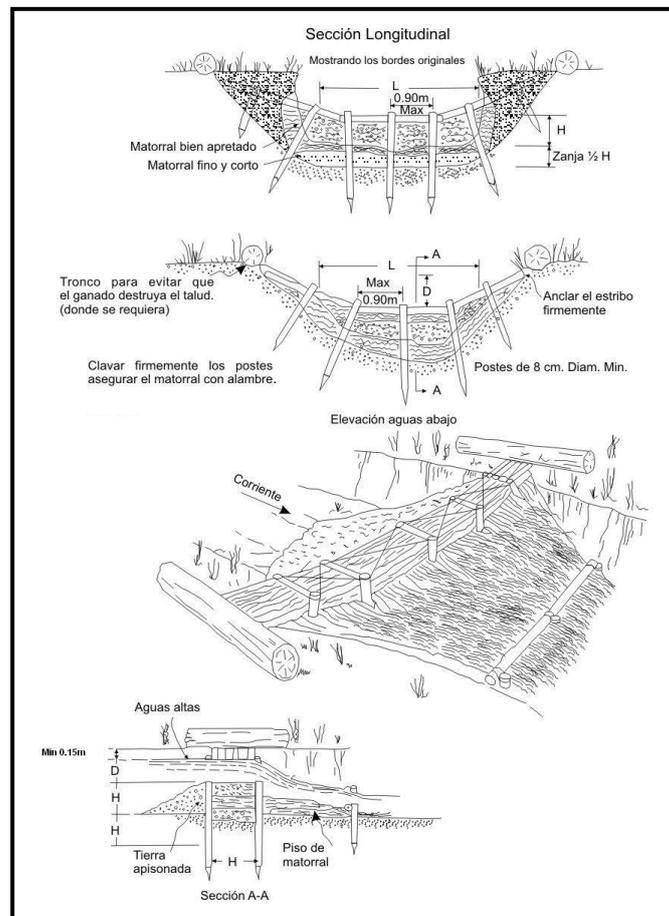


Figura 19. Trincho de matorral tipo doble hilera de postes. Adaptado de Valderrama (1964).

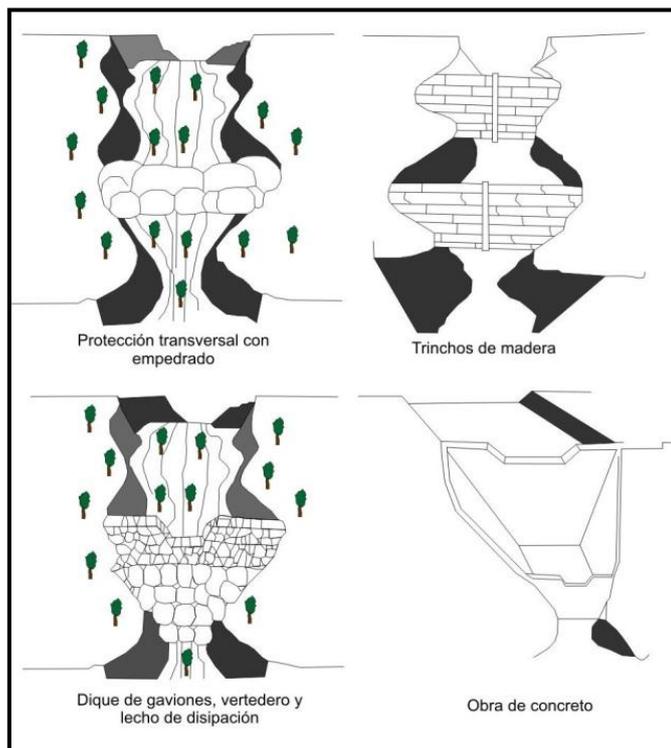


Figura 20. Obras hidráulicas transversales para control de erosión en cárcavas (Tomado de S. Nuñez).



Foto 22. Ejemplo de evacuación de aguas superficiales y control de erosión en cárcavas, mediante trinchos escalonados.

CONCLUSIONES

1. El deslizamiento traslacional de Yauya es activo y de recurrencia periódica, el cual se comportó como un flujo, con escarpas sucesivas de forma irregular y superficie plana, el cual afectó un tramo de la trocha carrozable Yauya-San Nicolás. Se presenta en lutitas carbonosas y limolitas muy meteorizadas con presencia de asentamientos, desviación del cauce de la quebrada Maribamba y aporte de material de remoción a la quebrada para generar flujos o huaycos. Se ha realizado como medida de prevención solo una leve reforestación por encima del flanco izquierdo y parte del cuerpo principal del deslizamiento.
2. En el sector Tambo se producen emanaciones de gases generados por la fricción de rocas sedimentarias bituminosas, producto de un deslizamiento compuesto o deslizamiento por flujo, por lo tanto no tiene un origen volcánico.
3. Las emanaciones de humo han sido muy intensas, luego de ocurrido el movimiento en masa (diciembre, 2011) hasta la actualidad, se han direccionado en el sentido de la cresta del deslizamiento (noreste a suroeste). Es posible que continúen las emanaciones de gases por cierto tiempo hasta que se consuma en su totalidad la materia orgánica contenida en las lutitas bituminosas que sirve como combustible, en el cuerpo del material deslizado. La activación podría continuar periódicamente por largo tiempo, si prevalece un empuje originado por este movimiento en masa y por la fricción natural entre las capas de lutitas carbonosas.
4. Ambos movimientos en masa fueron condicionados por las características del material rocoso muy meteorizado y fracturado, alternancias de rocas de muy mala calidad, pendiente y retenciones de agua (rocas que almacenan agua y la transmiten lentamente, saturándolas); esto último ayudado por el mal uso de las aguas de regadío en los terrenos colindantes superiores. Sin embargo es importante considerar también como otro factor desencadenante las altas precipitaciones pluviales características de los meses Noviembre-Marzo en esta área, así como también a las precipitaciones excepcionales (F. El niño) que pueden acelerar el proceso. Estos deslizamientos afectaron severamente los terrenos de cultivo, trochas carrozables y caminos de herradura.
5. Dadas las observaciones de campo e interpretaciones geológico-geodinámicas, la necesidad apremiante de uso de los tramos de la carretera carrozable Tambo – Gollgapunco y Yauya-San Nicolás, así como viviendas del poblado Yauya de persistir dicho deslizamiento y la salud de los habitantes en el caso de Tambo, vulnerables a los efectos de estos deslizamientos en los sectores de Tambo Real y Yauya, hacen que estas zonas sean consideradas de **PELIGRO INMINENTE**, tanto en temporadas de lluvias, como de la ocurrencia de un eventual movimiento sísmico. La zona del deslizamiento de Yauya por las condiciones de susceptibilidad descritas, es considerada una zona crítica (Zavala et al, 2009), con espacios vulnerables en parte de la carretera, terrenos de cultivos y viviendas de Yauya.

RECOMENDACIONES

1. Debido a las condiciones de inestabilidad de ladera se debe colocar trinchos u obras hidráulicas transversales para el control de erosión en cárcavas. Así como sistemas de drenaje para la evacuación de aguas superficiales, en el sector de Yauya.
2. La estabilización de la ladera se puede alcanzar tras un sistema de drenaje combinado con muros, gaviones o escollera al pie del talud. Esta labor debe ser realizada por personal técnico especializado en el tema. En cuanto al tramo Yauya-San Nicolás, se recomienda cambiar el trazo.
3. No talar, ni quemar árboles para ganar terrenos para la agricultura, porque esto facilita la generación de deslizamientos, derrumbes y erosión de suelos en las zonas evaluadas.
4. Drenar las surgencias de agua para reducir la saturación de agua en el subsuelo en ambas zonas (Yauya y Tambo).
5. Realizar drenajes a lo largo de los terrenos de cultivo, para así controlar el flujo de las aguas de regadío, con esto se evitará la infiltración excesiva y la erosión superficial. Cambiar el método de riego (riego por aspersión).
6. En el caso de Tambo, se recomienda evitar los cultivos de cualquier índole, en áreas aledañas a la zona de emanación de gases porque pueden ser afectados

REFERENCIAS

Núñez, S. & Rivera, M. (2001). *Inspección Geológica del área Kimbiri*. Informe Técnico, INGEMMET.

Proyecto Multinacional Andino, Geociencias para las Comunidades Andinas, PMA: GCA (2007) - *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas*.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía del Perú, SENAMHI (2003). *Mapa de Precipitación Anual, Periodo Normal (Septiembre – Mayo)*.

Wilson, J, Reyes, L., Garagay, J. (1995). *Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari (hojas: 17-h, 17-i, 18-i, 19-g y 19-i)*. INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional, n. 16, 64 p.

Zavala, B., Valderrama, P., Luque, G. (2007). Zonas críticas por peligros geológicos y geohidrológicos en la región Ancash. Informe técnico de la Dirección Ambiental. INGEMMET. 15 p.

Zavala, B., Valderrama, P., Pari, W., Luque, G. & Barrantes, R. (2009). Riesgos Geológicos en la Región Ancash, Boletín INGEMMET Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 38 p.