

Informe Técnico N° A6638

Peligros geológicos en los sectores:

C.E. Jorge Basadre Grohmann, Cunía, Higuerón, Catahuas-Laguna Azul y San Ignacio

Región Cajamarca - Provincia San Ignacio

Distritos Chirinos, Huarango y San Ignacio

Paraje C.E. Jorge Basadre Grohmann, Cunía, Higuerón,
Catahuas-Laguna Azul y San Ignacio.



POR:

SEGUNDO NÚÑEZ JUÁREZ

DICIEMBRE 2013

CONTENIDO

RESUMEN.....	1
I. INTRODUCCIÓN.....	2
II. GENERALIDADES.....	2
2.1 ESTUDIOS ANTERIORES:.....	4
2.2 METODOLOGÍA	4
III. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	5
IV. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	9
V. PELIGROS GEOLÓGICOS	12
5.1 PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA IDENTIFICADOS.....	12
5.1.1 Deslizamientos	12
5.1.2 Erosión de Laderas.....	13
5.2 SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA	13
5.3 DESCRIPCIÓN DE LOS EVENTOS.....	14
5.3.1 Centro Educativo Jorge Basadre Grohnam.....	14
5.3.2 Sector de Cunía.....	17
5.3.3 Sector Higuero.....	26
5.3.4 Deslizamiento del sector de Catahuas-Laguna Azul.....	33
5.3.5 Deslizamientos del sector de San Ignacio	45
CONCLUSIONES.....	52
RECOMENDACIONES.....	54
GENERALES.....	54
ESPECÍFICAS.....	54
AGRADECIMIENTOS.....	57
REFERENCIAS	58

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar los peligros geológicos que podrían afectar al Centro Educativo Jorge Basadre Grohmann, los centros poblados de Cunía, Higuierón, Laguna Azul-Catahuas, Higuierón y San Ignacio, con jurisdicción en la provincia San Ignacio, región Cajamarca; del 15 al 17 de setiembre del 2013, se inspeccionaron dichas áreas en compañía de representantes de la gobernación de los respectivos distritos y alcaldes de las respectivas jurisdicciones.

La evaluación de los antecedentes y constatación en campo, permiten señalar que los peligros geológicos que afectan dichas zonas son movimientos en masa del tipo deslizamientos y erosión fluvial. Las principales causas de estos eventos se relacionan a intensas precipitaciones pluviales, mal uso del agua de regadío y alcantarillado en mal estado (filtraciones); así como la inadecuada ubicación física de centros poblados e infraestructura.

En la zona evaluada se ha identificado lo siguiente:

- En las inmediaciones del C. E. Jorge Basadre Grohmann, se generó un deslizamiento – flujo, detonado por intensas precipitaciones del año 2010. Este evento afectó al cerco perimétrico. En la actualidad podría afectar a un pabellón del centro educativo.
- En centro poblado de Cunía, los movimientos en masa han afectado seriamente a terrenos de cultivo y carretera de acceso al mismo. Siendo la causa principal las filtraciones de agua proveniente del sistema de regadío.
- Entre los centros poblados Laguna Azul y Catahuas se muestra un deslizamiento antiguo, que se encuentra en proceso de reactivación, afectando terrenos de cultivo, canales de regadío y viviendas.
- La ciudad de San Ignacio, se encuentra asentado sobre un antiguo deslizamiento de tipo rotacional. Muestra reactivación en el Jr. Jaén, como consecuencia de las filtraciones de agua proveniente de los desagües, como también de la erosión fluvial proveniente de la quebrada Ejército.

Para prevenir los daños causados por estos procesos, se debe considerar la reubicación de las viviendas que se encuentran en sectores críticos por movimientos en masa.

I. INTRODUCCIÓN

Las elevadas precipitaciones pluviales que ocurren en el área de estudio, es un factor desencadenante para generar movimientos en masa (deslizamientos). Sobre todo en aquellas laderas de pendientes fuertes con substratos rocosos de mala calidad y sometidas a deforestación intensa, características que las hacen muy susceptibles a sufrir estos procesos.

Mediante Carta S/N de la Gobernación Provincial de San Ignacio, de fecha 21 agosto 2013, solicita a la Presidenta del Consejo Directivo de INGEMMET, apoyo para evaluar las áreas del Jr. Jaén de San Ignacio, donde se han presentado agrietamientos del terreno afectando a 13 viviendas. En el Caserío de Catahuas-Laguna Azul se presentan agrietamientos del terreno que van de los 10 a 50 cm, que se prolongan a lo largo del terreno.

Para atender dicho pedido, la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico de INGEMMET, dispuso que el Ing. Segundo Nuñez realizara la inspección correspondiente.

El objetivo de este informe es evaluar los peligros geológicos que han afectado y podrían afectar a los siguientes lugares: C.E: Jorge Basadre Gromann, centros poblados de Cunía, Higuerón y Laguna Azul-Catahuas, ciudad de San Ignacio (Jr. Jaén); que pertenecen a la provincia San Ignacio, región Cajamarca. La información servirá para que las autoridades puedan actuar adecuadamente en la prevención y mitigación de desastres de los sectores evaluados.

II. GENERALIDADES

Las áreas de estudio se encuentran entre las siguientes altitudes y coordenadas UTM WGS84:

LUGAR	COORDENADAS
C.E. Jorge Basadre G	9413170N, 732958E; Altitud: 1830 msnm
Cunía	9403000N, 738000E y 9406000N, 742000E; Altitud: 800 msnm.
C.P. Higuerón	9416000N, 735000E y 9420000N, 738500E; Altitud: entre 1050 a 1550 msnm
C.P. Catahuas-Laguna Azul	9422000N, 743000E y 9427000N, 747000E; Altitud: entre 850 a 1150 msnm.
San Ignacio (Jr. Jaén)	9427000N, 718000E y 9433000N y 724500E; Altitud: 1240 msnm.

Políticamente pertenecen la provincia de San Ignacio, región Cajamarca (ver Figura 1).

Se accede a los sectores señalados por:

- El C.E. Jorge Basadre G., se encuentra en el mismo poblado de Chirinos, tomando la ruta Jaén-San Ignacio hasta llegar al desvío a Chirinos, para luego proseguir por una trocha carrozable hasta llegar Chirinos.
- Cunía: Tomando la ruta Jaén-San Ignacio, hasta llegar al desvío a Chirinos, se prosigue por una trocha afirmada, por un tramo de 13 km. Se llega al poblado de Cunía.

- c) C.P. Higuarón: Se toma una trocha afirmada Chirinos-Higuarón, en tramo de 8 Km.
- d) Caserío de Catahuas-Laguna Azul: Tomando la ruta Jaén-San Ignacio, hasta llegar al C.P. Puerto Ciruelo, de donde se cruza el río Chinchipe en balsa cautiva, para luego tomar una trocha carrozable hasta llegar al caserío de Catahuas en un tramo de 11 km.
- e) San Ignacio: Se encuentra en la misma ciudad de San Ignacio, se llega tomando la ruta Jaén-San Ignacio, actualmente esta vía se encuentra en proceso de reconstrucción.

Gran parte de las poblaciones de Chirinos, Cunía y el caserío de Catahuas se dedican a la agricultura (cultivos de café, arrozales y frutales) y en menor proporción a la ganadería. La población de San Ignacio se dedica a diversas actividades y servicios.

El clima es cálido-húmedo. Las precipitaciones son abundantes de diciembre a Abril y el periodo seco con lluvias escasas de mayo a noviembre (SENAMHI, 2003).

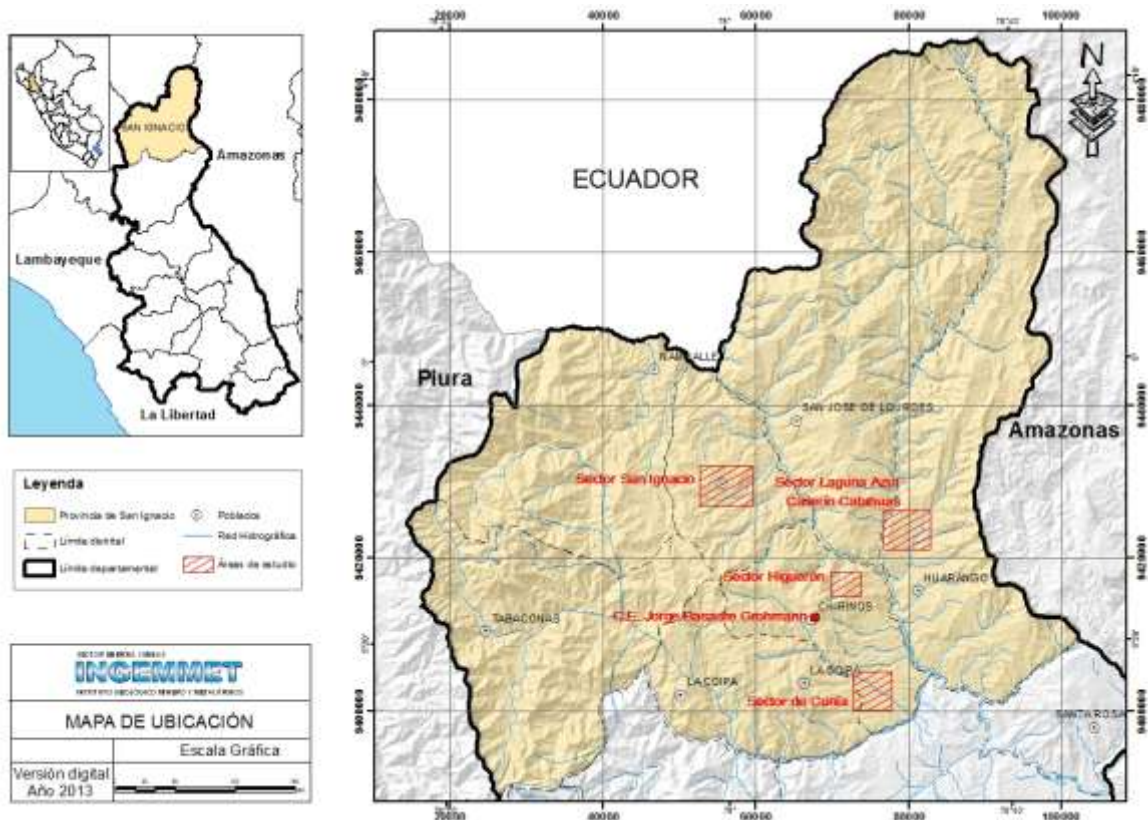


Figura 1. Mapa de zonas Evaluadas en la provincia de San Ignacio

2.1 ESTUDIOS ANTERIORES:

Estudios geológicos efectuados con anterioridad que tratan aspectos señalados en el presente informe son:

- “Geología de los Cuadrángulos de Santa Águeda, San Ignacio y Aramango” (De La Cruz 1995), donde identifican las diferentes unidades geológicas de las áreas de estudio. Identificándose rocas sedimentarias de tipo calizas, lutitas y areniscas.
- “Zonas Críticas por Peligros Geológicos y Geohidrológicos en la Región Cajamarca”. (Zavala y Barrantes, 2007), el cual señala 171 zonas críticas por estos procesos para la región Cajamarca, dentro de las cuales se menciona a sector de San Ignacio.
- “Riesgo Geológico en la Región Cajamarca” (2011) que analiza a escala regional la problemática de los peligros geológicos y presenta el primer mapa de susceptibilidad por movimientos en masa para la región.
- “Evaluación geológica y geotécnica del sector el Tablón respecto a procesos de geodinámica externa (deslizamientos y/o derrumbes) ocurridos entre los años 2005 a 2012. Distrito Chirinos, provincia San Ignacio – Cajamarca” (MAGMA-2012), donde señala que el área de Tablón (Cunía), se han identificado deslizamientos que han afectado a vías de acceso, terrenos de cultivo y a una vivienda.
- “Informe técnico realizado por el Instituto Geofísico del Perú” realizado por el Bachiller Abraham Gamonal Sánchez, Juan Carlos Gómez y Alejandro Lagos (2012), identifican el área de Catahuas un deslizamiento de tipo rotacional.

2.2 METODOLOGÍA

La metodología seguida para elaborar este informe es el siguiente:

- **Etapa previa** donde se realizó el compilado de toda la información base a cerca de la zona de estudio. Incluye la interpretación de fotografías aéreas, imágenes satelitales, mapas preliminares e información bibliográfica de boletines y artículos correspondientes al tema.
- En la **etapa de campo** se procedió a realizar el cartografiado de procesos geológicos y geohidrológicos y la inspección de las zonas afectadas, en compañía de representantes de la Gobernación de San Ignacio, alcalde de Chirinos, y lugareños de cada sector. Los trabajos de campo se realizaron entre los días 14 y 17 de setiembre del 2013.
- **En la tercera etapa**, se procesó la información obtenida en campo, y se elaboró el informe respectivo.

III. ASPECTOS GEOLÓGICOS

De acuerdo al mapa geológico del cuadrángulo de San Ignacio (11-f) realizado por Julio De La Cruz (1995), resumimos lo siguiente:

- **Chirinos:** Afloran rocas volcánicas muy alteradas (foto 1). F. Volcánico Otoyun. Presenta suelos de tipo limo-arenosos (foto 2).
- **Área de Cunía:** Afloramientos de conglomerados en matriz arenosa y areniscas, con intercalaciones de limolitas abigarradas (foto 3), y arcillas, pertenecientes a la Formación Tamborapa. Estas secuencias no se encuentran litificadas, son de fácil erosión.
- **C.P. Higuerón:** Se ubican afloramientos de areniscas cuarzosas que modelan colinas y montañas con escarpas (foto 4), del Grupo Goyllarisquisga.
- **Caserío Catahuas-Laguna Azul:** Afloramientos de calizas y areniscas (foto 5), de las Formaciones Pullicana y Quilquiñan en forma respectiva.
- **San Ignacio:** Se asienta sobre un depósito coluvio-deluvial, conformado por bloques y gravas en matriz arenosa, la roca madre son areniscas del Grupo Goyllarisquisga (foto 6).



Foto 1. Rocas volcánicas, muy alteradas.



Foto 2. Suelo tipo limo-arenoso compacto.



Foto 3. Secuencia sedimentaria del sector de Cunía (A) Suelo arenoso, con algo de limo; (B) Secuencia de arenisca no litificada; (C) Arenisca con algunos clastos; (D) Conglomerado con matriz arenosa; (E) Conglomerado con matriz arenoso



Foto 4. Afloramiento de areniscas del Grupo Goyllarisquisga.



Foto 5. Secuencia de areniscas, color gris amarillenta.



Foto 6. Depósito reciente, conformado por arenas-limosas

IV. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Geomorfológicamente el área, se ubica entre colinas y montañas sedimentarias, volcánicas y depósitos coluvio – deluviales. Se describen a continuación:

- a) **Sector de Chirinos**, se ubica en la parte alta de una ladera de montaña volcánica, se caracteriza por tener una pendiente moderada (foto 7).



Foto 7. Ladera de una montaña volcánica, con pendiente moderada.

- b) **Cunía**, se ubica sobre una planicie disectada. En los bordes de la terraza se presentan procesos de erosiones de ladera y deslizamientos; presentando pendientes variables. La planicie presenta pendientes menores de 5° (foto 8), en la zona de bordes es moderada a fuerte (entre 25° a 35°) y las escarpas de los deslizamientos casi verticales (foto 9).



Foto 8. Planicie, usada para cultivos de frutales.

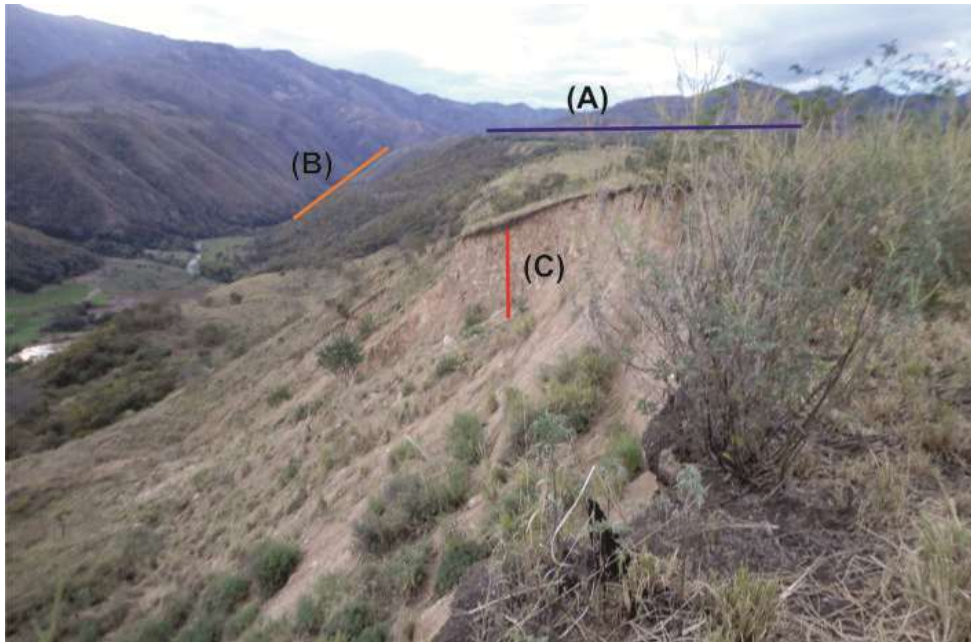


Foto 9. Las diferentes pendientes que presenta el terreno de Cunía. (A) Pendiente suave, menor a 5°; (B) Pendiente moderada, entre 25 a 35°; Y (C) Pendiente muy fuerte (>40°), perteneciente a la escarpa del deslizamiento.

- c) **Higuerón**, este sector se encuentra sobre montañas de tipo sedimentario y depósitos coluvio-deluviales, los últimos formados por los antiguos movimientos en masa. Presenta pendiente moderada y suave (foto 10).

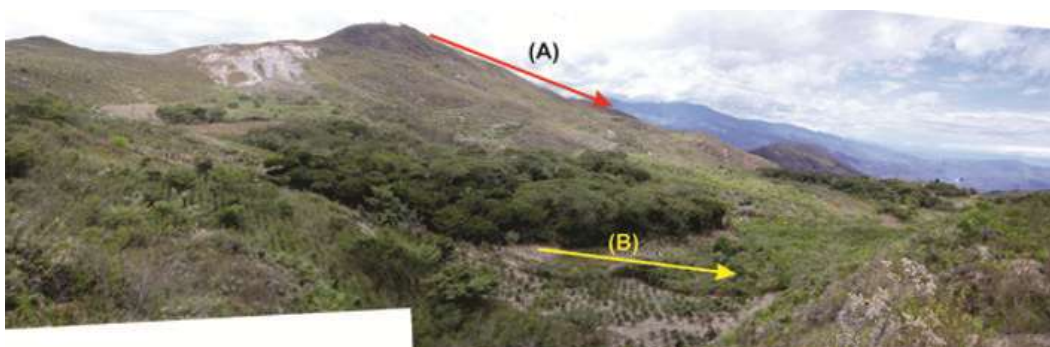


Foto 10. Montaña sedimentaria, presenta dos tipos de pendiente: (A) Pendiente moderada; (B) Pendiente suave.

- d) **Catahuas – Laguna Azul**: Este sector se ubica sobre una montaña sedimentaria de moderada pendiente, en las laderas ubican depósitos coluvio-deluviales. (foto 11).



Foto 11. Se muestra el depósito coluvio-deluvial (A) sobre la falda de la montaña sedimentaria (B).

- e) **San Ignacio:** La ciudad se encuentra sobre un antiguo depósito deslizamiento, las montañas que la rodean son de tipo sedimentario. Presenta pendiente suave a moderada (foto 12).



Foto 12.- Se observa la montaña sedimentaria (B), y el depósito coluvio-deluvial generado por el antiguo deslizamiento.

V. PELIGROS GEOLÓGICOS

Como resultado de los trabajos del estudio de Riesgos Geológicos de la Región Cajamarca (Zavala y Rosado, 2011), se considera que la zona comprendida entre San Ignacio y Jaén (Chirinos, La Coipa, Huarango, Santa Rosa, Bellavista, Las Pirias), es de alta susceptibilidad para que se generen movimientos en masa. Considera también, que la ciudad de San Ignacio se ubica en zona de alto riesgo por encontrarse asentada sobre un depósito de un antiguo deslizamiento. Estos depósitos, por su naturaleza, amplifican las ondas sísmicas; así como pueden generarse reactivaciones del deslizamiento.

Los peligros geológicos identificados en los sectores mencionados se describen a continuación.

5.1 PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA IDENTIFICADOS

5.1.1 Deslizamientos

Son movimientos ladera abajo de una masa de suelo o roca, desplazándose a lo largo de una superficie. Según la clasificación de Varnes (1978), se puede clasificar a los deslizamientos, según la forma de la superficie de la escarpa por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. En rocas competentes las tasas de movimiento son con frecuencia bajas, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas (PMA: GCA, 2007). En la figura 2 se representa las partes principales de un deslizamiento.

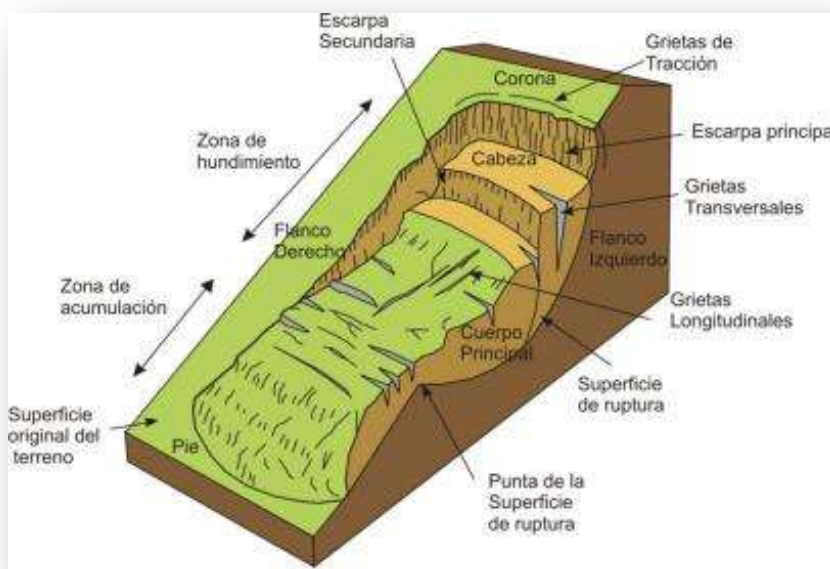


Figura 2. Esquema de un deslizamiento con sus partes principales. (Cruden y Varnes, 1996)

Las causas para la ocurrencia de estos procesos están relacionadas con la litología del substrato, la pendiente del terreno, la presencia de agua entre otros. La acción humana puede favorecer su activación, por ejemplo por deforestación de terrenos.

Es frecuente que deslizamientos antiguos aparentemente ya estabilizados, se vuelvan a reactivar ya sea por factores naturales o antrópicos. Esto se observó en la ciudad de San Ignacio y en el sector de Catahuas-Laguna Azul. Un deslizamiento reciente en el sector de Huarango.

En el área de San Ignacio, el depósito del deslizamiento, presenta procesos de erosión en cárcavas.

El C.E. Jorge Basadre Grohmann (Chirinos), se identificó un deslizamiento que generó después un flujo de detritos.

5.1.2 Erosión de Laderas

Se manifiesta a manera de surcos y cárcavas en los terrenos. Comienza con canales muy delgados que a medida que persiste la erosión, pueden profundizarse a decenas de metros (figura 3). La erosión está relacionada al proceso de escorrentía o arroyada. Normalmente la arroyada posee una profundidad pequeña, pocas veces superior a un centímetro. A partir de allí y con ayuda de la lluvia las partículas se movilizan en el sentido de la máxima pendiente y producen una excavación que tiende a aumentar con la velocidad de la erosión.

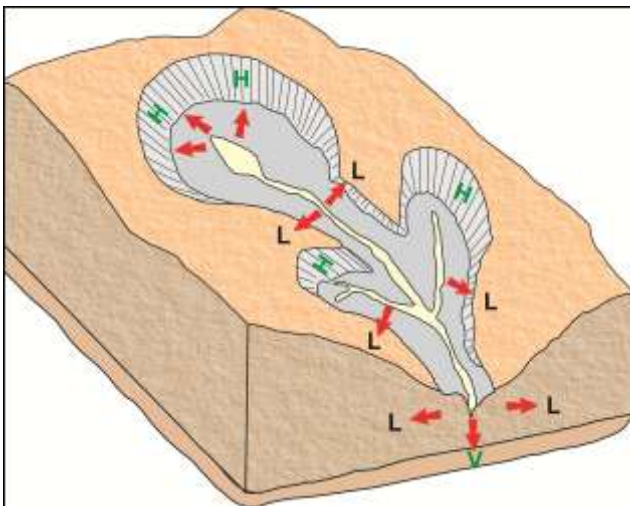


Figura 3. Forma como se manifiesta la erosión de laderas en una ladera de montaña. H: erosión de cabecera, L: erosión lateral y V: erosión vertical (Tomado de: <http://cidta.usal.es>).

Las cárcavas observadas en el cuerpo del deslizamiento de San Ignacio, han contribuido en la reactivación del deslizamiento.

5.2 SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA

El mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, elaborado en base a la superposición de factores intrínsecos (características de las rocas: pendiente y formas del relieve; cobertura vegetal y uso de suelo; y características de retención o flujo de agua subterráneas en las rocas) revela que el sector comprendido entre Cunía – Chirinos – Huarango – San Ignacio, se ubica en una zona de alta a muy alta susceptibilidad a la generación de movimientos en masa (figura 4).

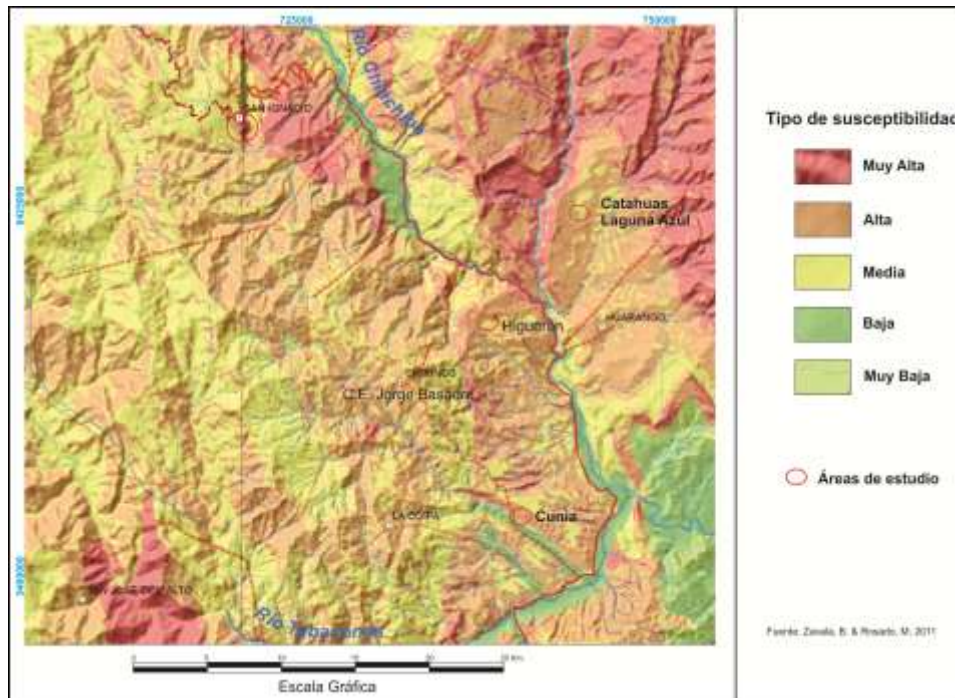


Figura 4. Zonificación de la susceptibilidad a los movimientos en masa para el sector entre Cunía-Chirinos, Higuerón, Catahuas-Laguna Azul y San Ignacio. Fuente: Zavala y Rosado (2011).

5.3 DESCRIPCIÓN DE LOS EVENTOS

En los trabajos de campo de la inspección realizada se han identificado los siguientes movimientos en masa:

5.3.1 Centro Educativo Jorge Basadre Grohnam

En el C.E. Jorge Basadre Grohnam, en el año 2010, se generó un movimiento en masa de tipo deslizamiento – flujo que afectó al cerco perímetro del centro educativo.(foto 13). El fenómeno tiene las siguientes características:

- Distancia desde la escarpa al pie es de 30 m.
- La pendiente de ladera moderada (20° a 25°).
- Escarpa única, tipo rotacional, con longitud de 10 m y un salto de hasta 1 m de altura.
- Deslizamiento de actividad retrogresiva.
- Se muestran agrietamientos del terreno.
- Se muestran árboles ligeramente inclinados.



Foto 13. Se muestra del deslizamiento que afectó al cerco perimétrico del C.E.

Las principales causas para la ocurrencia de este proceso son:

- La saturación con agua al substrato (rocas volcánicas de mala calidad, moderadamente a altamente meteorizadas) que condujo a reducir la resistencia al corte, la presión de poros y por ende la facilidad del terreno a moverse.
- La pendiente de la ladera (20 a 35°) que favorece a la inestabilidad de la ladera.
- La intensa deforestación de la zona, facilita la infiltración de agua proveniente de las lluvias desestabilizando la ladera.
- Erosión lateral de la quebrada Chirinos por la margen derecha.
- Filtraciones de agua proveniente de la canalización de aguas pluviales y servidas.

El factor detonante: intensas precipitaciones que se dieron en el verano del 2010.

En el terreno colindante por el lado izquierdo del deslizamiento, se apreció agrietamientos, con longitudes hasta de 10 m., y aperturas milimétricas (foto 14).



Foto 14. Agrietamientos del terreno.

En ambas áreas colindantes al deslizamiento, se muestran que aún sigue la actividad del deslizamiento (fotos 15 A y B). De seguir el movimiento, por el sector derecho podría afectar el muro actual del cerco perimétrico, por la izquierda el muro del aula.



Fotos 15 A y 15 B. Se muestra la inestabilidad del terreno, los muros están ligeramente inclinados que pueden colapsar. (A) sector cerca al cerco perimétrico. (B) Parte del cerco colindante al aula del C.E.

En la actualidad se apreció filtraciones de agua proveniente de las lluvias y del alcantarillado, humedeciendo el terreno, esto incrementa la inestabilidad del terreno (foto 16).

Por el agrietamiento reciente del terreno, se muestra la inestabilidad (foto 17).



Foto 16. Filtraciones de agua, (A) Alcantarilla sin agua. (B) Filtraciones de agua proveniente de la alcantarilla.



Foto 17. Agrietamientos recientes del terreno.

De seguir el humedecimiento del terreno, más las lluvias que se presentaran en los meses de verano, es muy probable que se incremente la inestabilidad, la cual podría afectar nuevamente al cerco perimétrico e incluso a las aulas colindantes a la quebrada.

Las aulas que colindan con la quebrada Chirinos, deben ser reubicadas.

5.3.2 Sector Cunía

En el Sector de Cunía se observan 04 deslizamientos rotacionales, agrietamientos del terreno y erosiones de ladera (Figura 5).

a) Deslizamiento 1.

Ocurrió en el mes de abril del 2012, se ubica a 170 m de vía que conduce a Chirinos, con la que se lleva al Caserío de Juan Velasco Alvarado. Presenta las siguientes características:

- Escarpa principal con una longitud de 270 m, con salto de 15 a 20 m, de forma casi vertical (foto 18 y 19). Se presentan escarpas secundarias.
- Longitud de la escarpa al pie del deslizamiento: 560 m.
- Avance: retrogresivo (foto 18).



Foto 18. Deslizamiento 1, sector Cunía. En la parte inferior se observa el valle Cunía.



Foto 19. Deslizamiento 1, sector de Cunía, muestra una escarpa casi vertical

En cuerpo del deslizamiento esta surcado por quebrada Sanara seco, también se observó que en su parte media presenta un puquial (afloramiento de agua).

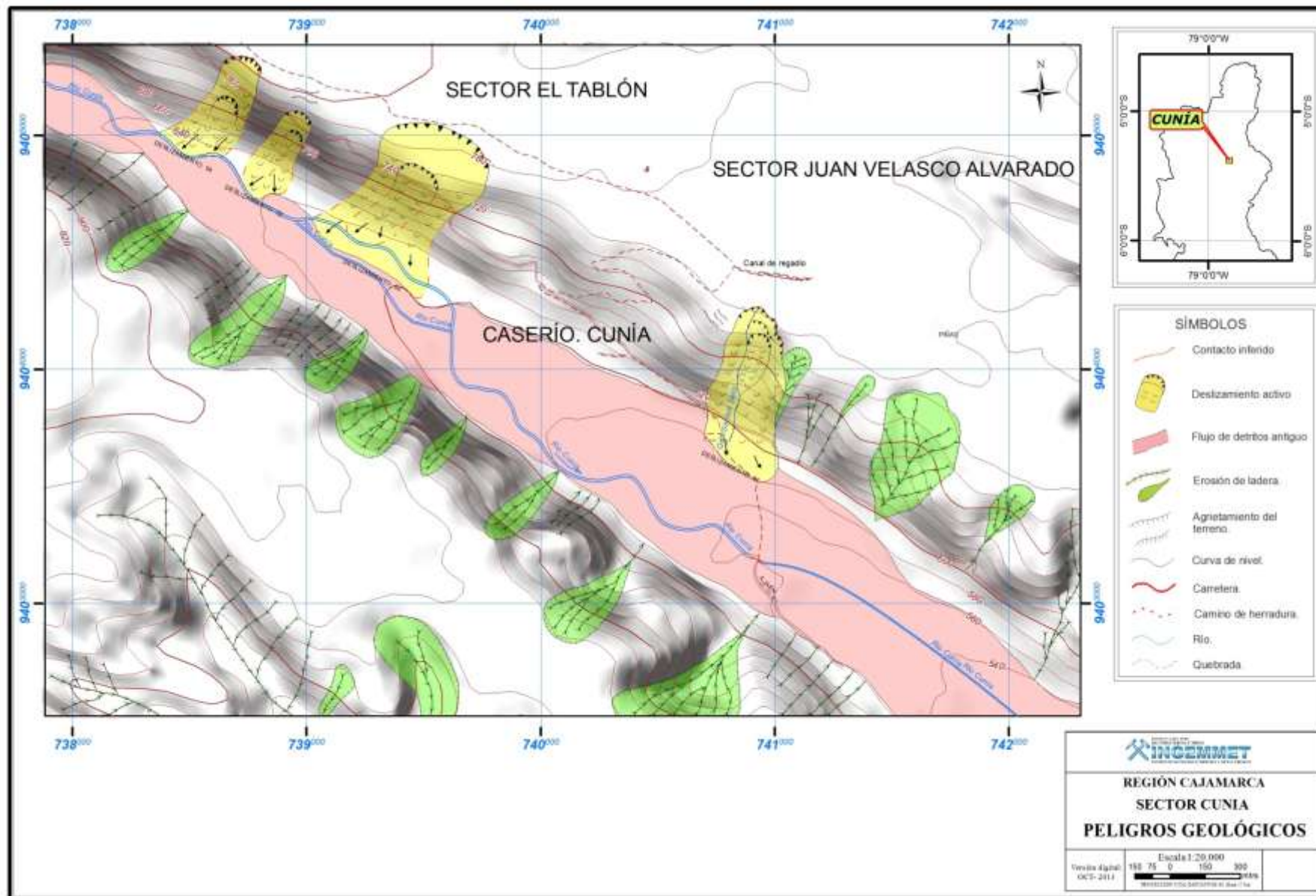


Figura 5. Mapa de peligros geológicos de Cunía

Por lo observado en la imagen satelital, este proceso al parecer comenzó como erosión de laderas, el cual se fue acrecentado hasta generar el deslizamiento (figura 6).

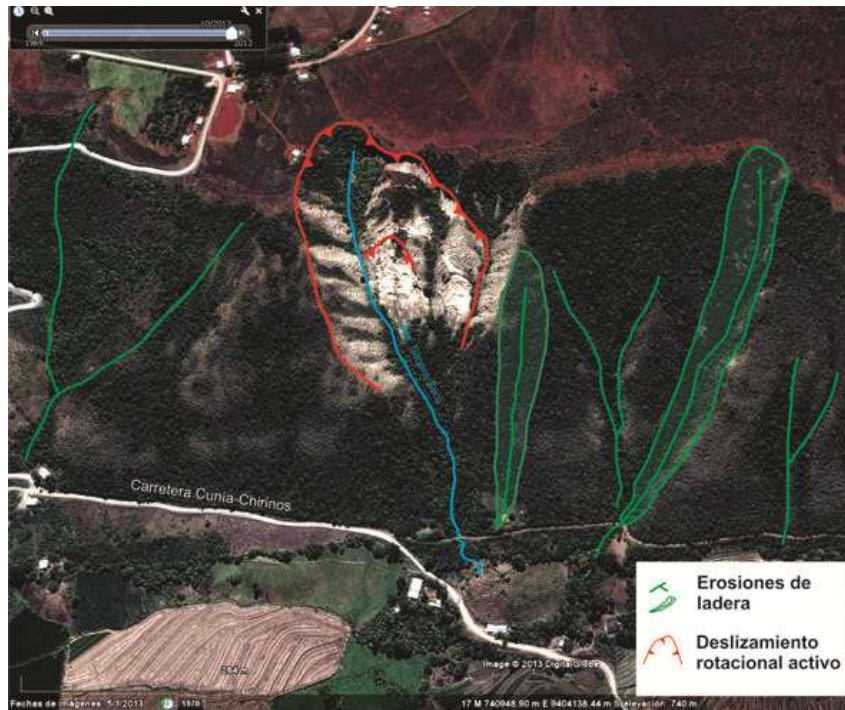


Figura 6. Se muestra el deslizamiento 1 y las erosiones de ladera.

La principal causa de este deslizamiento son las infiltraciones de agua que provienen del canal de regadío sin revestimiento (foto 20). Intervienen también la pendiente del terreno (acantilado) con pendientes entre los 25 a 35°, tipo de material como arenas, gravas con matriz arenosa y limos; intensa deforestación.



Foto 20. Canal de regadío, sin revestimiento.

Por información proporcionada de los lugareños, el caudal del canal de regadío de salida es menor al caudal de recepción, lo que hace suponer que la parte restante se infiltra en el terreno. Este canal tiene un ancho promedio de 1,40 m.

El suelo arenoso, permite una rápida infiltración de las aguas que provienen del canal de regadío y de los terrenos de cultivo. Estas aguas son retenidas en los estratos arcillosos-limosos saturándolos y formando una superficie de falla, en este caso los materiales pierden cohesión, desencadenando el deslizamiento.

b) Deslizamiento 2

Este deslizamiento se originó en febrero del 2005, se ubica en el borde Sur de El Tablón a la altura del tramo intermedio entre el sector Juan Velasco y el Caserío Tablón Colorado. Afectó la carretera Cunía-Chirinos.

Presenta las siguientes características:

- Deslizamiento de tipo rotacional retrogresivo (foto 21 y 22).
- Escarpa principal (foto 23), con una longitud de 540 m, con salto entre 10 a 15 m.
- La longitud de la corona al pie del deslizamiento es de 680 m.
- Presenta escarpas secundarias, con saltos hasta 5 m, esto ha generado un relieve escalonado.
- En la parte inferior, se muestra afloramientos de agua en forma de manantiales o puquios con escaso caudal, incrementándose en periodos lluviosos.



Foto 21.



Foto Municipalidad distrital de Chirinos (2012)

Foto 21 y 22. Se muestra la evolución del deslizamiento, en la foto actual ya no se muestran las escarpas secundarias.



Foto 23. Escarpa principal de forma plana.

Al igual que el caso anterior, la infiltración de agua y el tipo de material involucrado son las principales causas para la generación de los deslizamientos.

Las causas son:

- a) Infiltraciones de agua proveniente de los canales de regadío sin revestimiento, y de los terrenos de cultivos (arrozales). Foto 24.
- b) Uso inadecuado del terreno, cultivos de arrozales.
- c) Roca inconsolidada conformada por arena, grava en matriz arenolimsa, arcilla-limsa, que permite la infiltración de agua y la retención, generando el humedecimiento del terreno, lo que conlleva a la pérdida de cohesión del terreno.
- d) Pendiente del terreno, entre 25 a 35°.



Foto 24. Canales de regadío sin revestimiento, en los terrenos de cultivos de arroz.

c) Deslizamiento 3

Este deslizamiento se originó en julio del 2013. Afectó la carretera Cunía-Chirinos. En la actualidad puede afectar a vivienda ubicada en la parte baja y vía de acceso.

Este deslizamiento tiene las siguientes características:

- Deslizamiento de tipo rotacional.
- Escarpa principal, con un longitud de 160 m.
- Salto principal de 10 a 15 m.
- La longitud de la corona al pie del deslizamiento es de 600 m.
- Presenta escarpas secundarias, con saltos hasta 5 m, esto ha generado un relieve escalonado.
- Su avance es de tipo retrogresivo, se presentan agrietamientos y escarpas con desplazamientos hasta de 40 cm en la parte posterior de la escarpa principal (foto 25).
- En la parte inferior, se muestra afloramientos de agua en forma de manantiales o puquios de escaso caudal, el cual se incrementa en periodos lluviosos.



Foto 25. Se muestra una escarpa con desplazamiento de 40 cm., ubicado en la parte posterior de la escarpa principal.

Como el caso anterior, la causa principal es la infiltración de agua proveniente de los canales de regadío sin revestir y de los terrenos de cultivo (arrozales).

d) Deslizamiento 4

Este deslizamiento se generó en abril del 2012, con características muy similares al segundo deslizamiento, se ubica próximo al sector de Juan Velasco.

Presenta las siguientes características:

- Escarpa principal con una longitud de 170 m, con un salto entre los 15 a 20 m.
- Avance tipo retrogresivo.
- Longitud de la escarpa al pie de la corona 400 m.
- En la parte media se muestra un puquial.

Las principales causas del deslizamiento, como el caso anterior, son infiltraciones de agua proveniente de los canales de regadío y terrenos de cultivo (arrozales).

e) Agrietamientos del terreno

En un sector se observó agrietamientos del terreno (foto 26), indicando movimientos en la ladera todavía incipientes.

Los saltos que presenta el terreno son menores a 5 cm., en futuro, es muy probable que en este sector se genere un deslizamiento.



Foto 26. Agrietamientos del terreno, se muestran saltos hasta de 5 cm.

f) Erosiones de ladera

Estos fenómenos se ubican en ambas márgenes de la quebrada Cunía, se generan a manera de erosiones en surcos y en cárcavas (figura 7 y foto 27).



Figura 7. Sector de Cunía, se muestra un proceso de erosión de ladera.



Foto 27. Procesos de erosión de ladera en la margen derecha del río Cunía

Las causas son:

- Terreno conformado por gravas en matriz areno-limosa, de fácil erosión
- Pendiente del terreno, entre 20 a 30°.
- Deforestación, que permite la infiltración de agua en forma rápida.

El factor desencadenante son las precipitaciones pluviales.

Estos procesos pueden generar flujos de detritos (huaycos), como también deslizamientos.

5.3.3 Sector Higuерón

Se han identificado cuatro sectores con deslizamientos (figura N° 8), uno con actividad reciente del año 2010. Se hace una descripción de ellos.

a) Deslizamiento 1 (reciente)

Este deslizamiento es de tipo rotacional, se ubica en la ladera suroeste del Cerro Huayurco y al norte del poblado de Higuерón (foto 28 y figura 8).



Foto 28. Vista desde el poblado de Higuерón hacia la zona del deslizamiento reciente.

En la zona donde se está formando el nuevo deslizamiento, se encuentra sobre un antiguo deslizamiento.

Las causas son:

- Presencia de agua subterránea que saturan al terreno (foto 29).
- Pendiente de ladera, entre 20 a 30° (foto 30)
- Intensa deforestación del área (foto 31), permite la infiltración de agua proveniente de la lluvia al subsuelo.
- Roca y materiales de mala calidad (arenisca) provenientes de un antiguo deslizamiento.



Foto 29. Afloramiento de agua subterránea en la parte alta del deslizamiento.

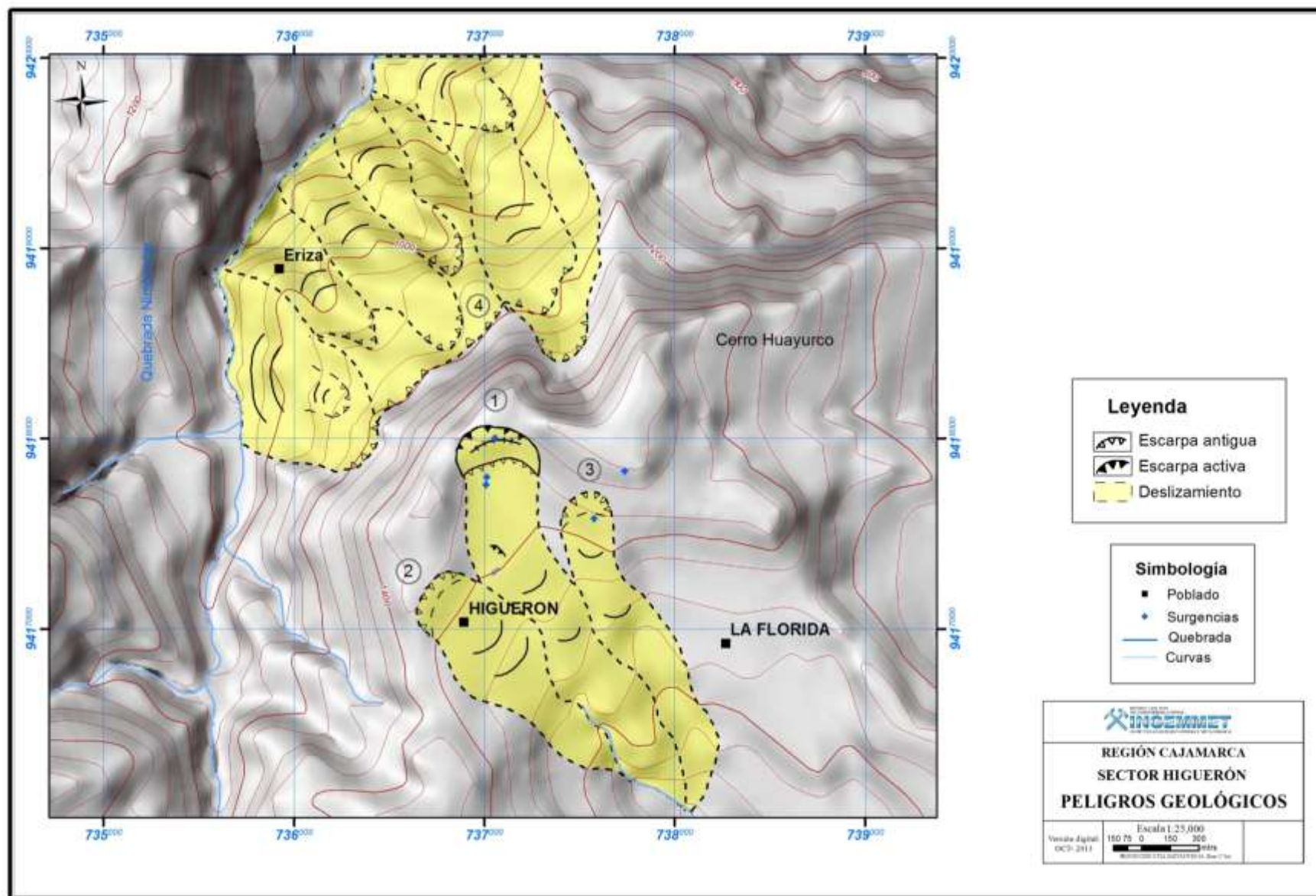


Figura 8. Mapa de Peligros Geológicos del sector de Higuérón



Foto 30. Pendiente en la parte alta del Cerro Huayurco.



Foto 31. Se muestra la zona intensamente deforestada.

Las características del deslizamiento son:

- Escarpa principal con una longitud de 400 m, de forma semicircular, con saltos entre los 5 a 15 m (fotos 32 y 33).
- En la parte alta del deslizamiento se muestra una escarpa secundaria con salto variable entre los 5 a 10 m (foto 31).
- Este nuevo deslizamiento al parecer se ha formado por el avance progresivo del antiguo deslizamiento.
- Este deslizamiento está afectado a roca.



Foto 32. Se muestran escarpas del deslizamiento reciente.

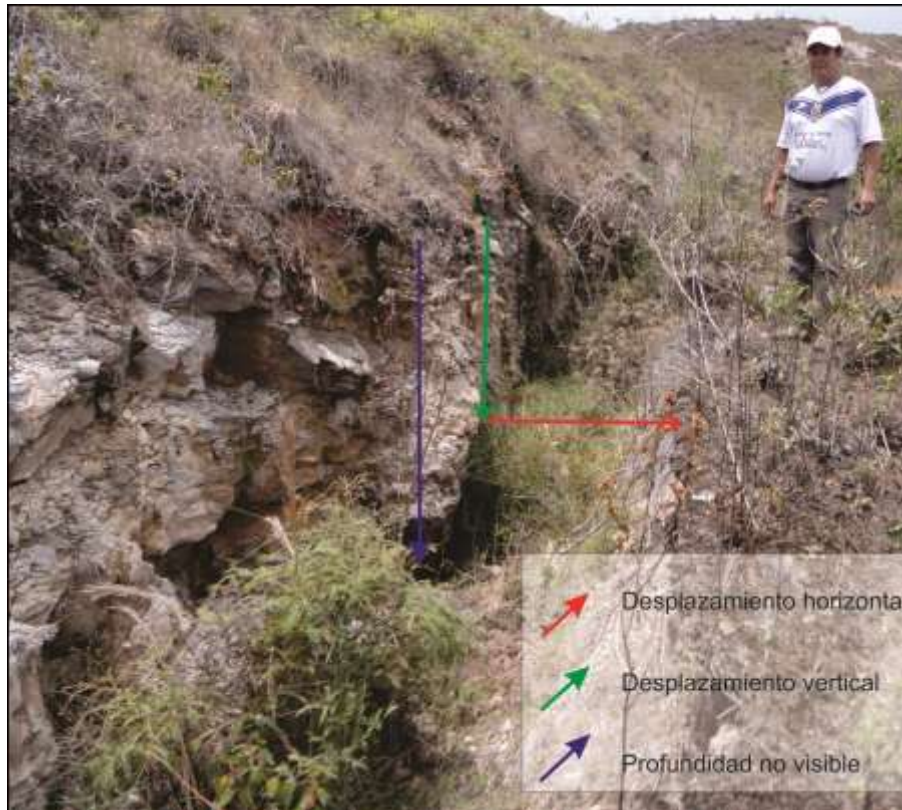


Foto 33. Se muestra el desplazamiento horizontal y vertical.

Por lo observado en campo, si llegara ocurrir un desplazamiento violenta de la masa, esta se desplazaría primeramente en dirección de N-S, para luego cambiar a S40°E, este desplazamiento rellenaría parte de la quebrada y terrenos cultivados (foto 34). Es muy probable que no llegue a afectar al poblado de Higuierón, por estar en una parte alta. Lo que si ocasionaría un represamiento de la quebrada o saturación de su cauce, que podrían generar flujos de detritos.

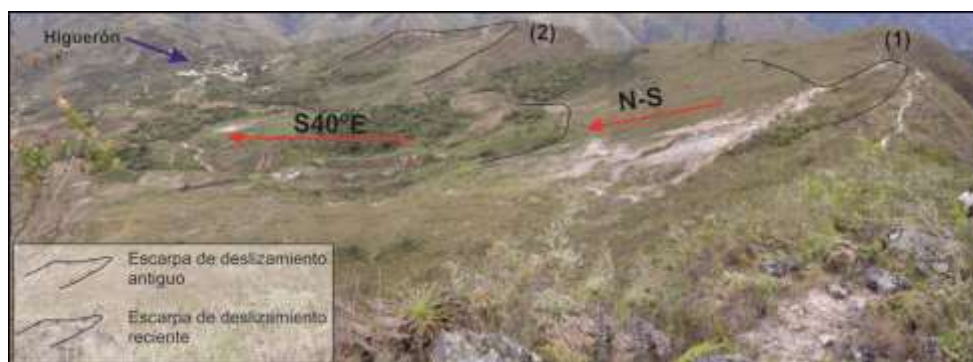


Foto 34. Se muestra las escarpas de los deslizamientos y el sentido del posible desplazamiento de la masa del deslizamiento 1.

En la parte media del deslizamiento antiguo, se observó una reactivación (foto 35), con una escarpa de 20 m y un salto hasta de 5 m, la causa principal es la erosión lateral de la quebrada.

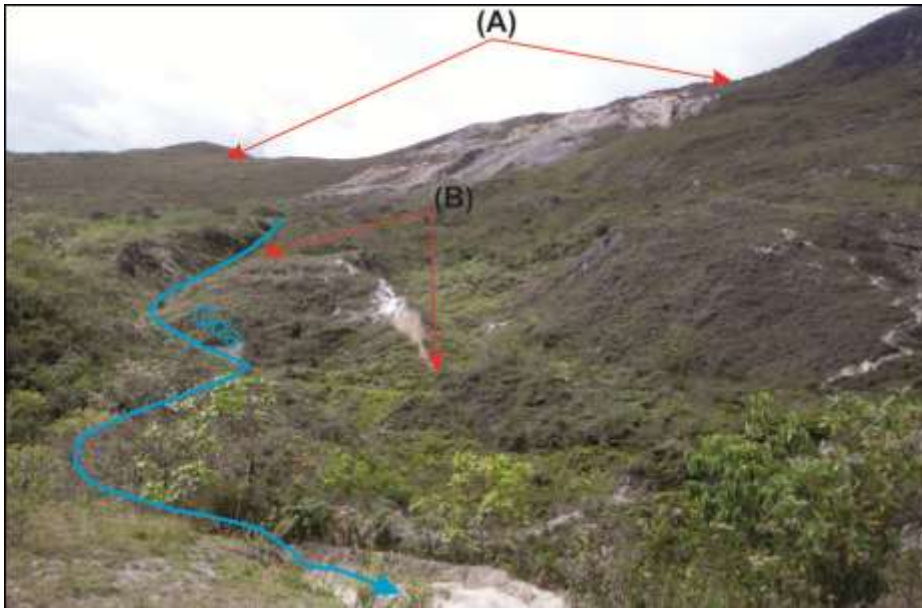


Foto 35. Se muestra la escarpa del deslizamiento activo (A) y la zona reactivada (B).

En el cuerpo de deslizamiento antiguo se muestran dos evidencias de afloramientos de agua, estos solamente se activan en tiempos de lluvia (foto 36). La característica principal de estas aguas es la coloración amarillenta, debido principalmente al contenido de alguna sustancia mineral del agua subterránea.



Foto 36. Antiguo puquial, que solamente se activa en el periodo lluvioso.

Por los movimientos del deslizamiento antiguo, en la parte media del deslizamiento se formó dos lagunas, la de mayor longitud mide hasta 20 m, se encuentra parcialmente cubierta por totorales (foto 37 y 38).



Foto 37. Lagunas formadas por el basculamiento del terreno (desaguarlas).



Foto 38. Laguna ubicada en el cuerpo del deslizamiento antiguo.

En el cuerpo del deslizamiento, parte media, se presentan procesos de erosiones de ladera, formando cárcavas, las cuales tienen amplitudes hasta de 1 m, con profundidades hasta de 0,80 m. (foto 39)



Foto 39. Procesos de erosiones en cárcavas.

b) Deslizamiento 2

Este deslizamiento de tipo rotacional, presenta una escarpa principal con longitud de 450 m, de salto variable entre 10 a 20 m.

Se apreciaron escarpas secundarias, con desplazamientos de hasta 5 a 10 m, formando lomeríos (foto 40).



Foto 40. Se muestran los desplazamientos de la masa deslizada, del deslizamiento 2.

El poblado de Higuerón se encuentra asentado sobre el depósito de este deslizamiento, en su parte media (foto 33).

c) Deslizamiento 3

Deslizamiento rotacional, presenta una escarpa principal de forma semicircular, con una longitud de 250 m, y con saltos entre 10 a 15 m.

En el cuerpo del deslizamiento se observó evidencias de puquiales (foto 41), según versiones de los lugareños en tiempo de lluvia hay emanaciones de agua.



Foto 41. Evidencia de un puquial, que se activa en tiempos de lluvia.

5.3.4 Deslizamiento del sector de Catahuas-Laguna Azul

El sector Catahuas-Laguna Azul, están asentados sobre un deslizamiento antiguo (foto 42 y figura 9), que ha sufrido reactivaciones en 06 sectores, en forma de deslizamientos rotaciones, deslizamiento flujo, así como también se aprecian agrietamientos del terreno. Los eventos mencionados han afectado a dos canales de regadío, terrenos de cultivo, camino de herradura y viviendas.



Foto 42. Se muestra el deslizamiento antiguo del sector de Catahuas-Laguna azul. El terreno deforestado.

Este deslizamiento antiguo presenta una escarpa de 500 m de forma semicircular, el salto principal se encuentra muy erosionado.

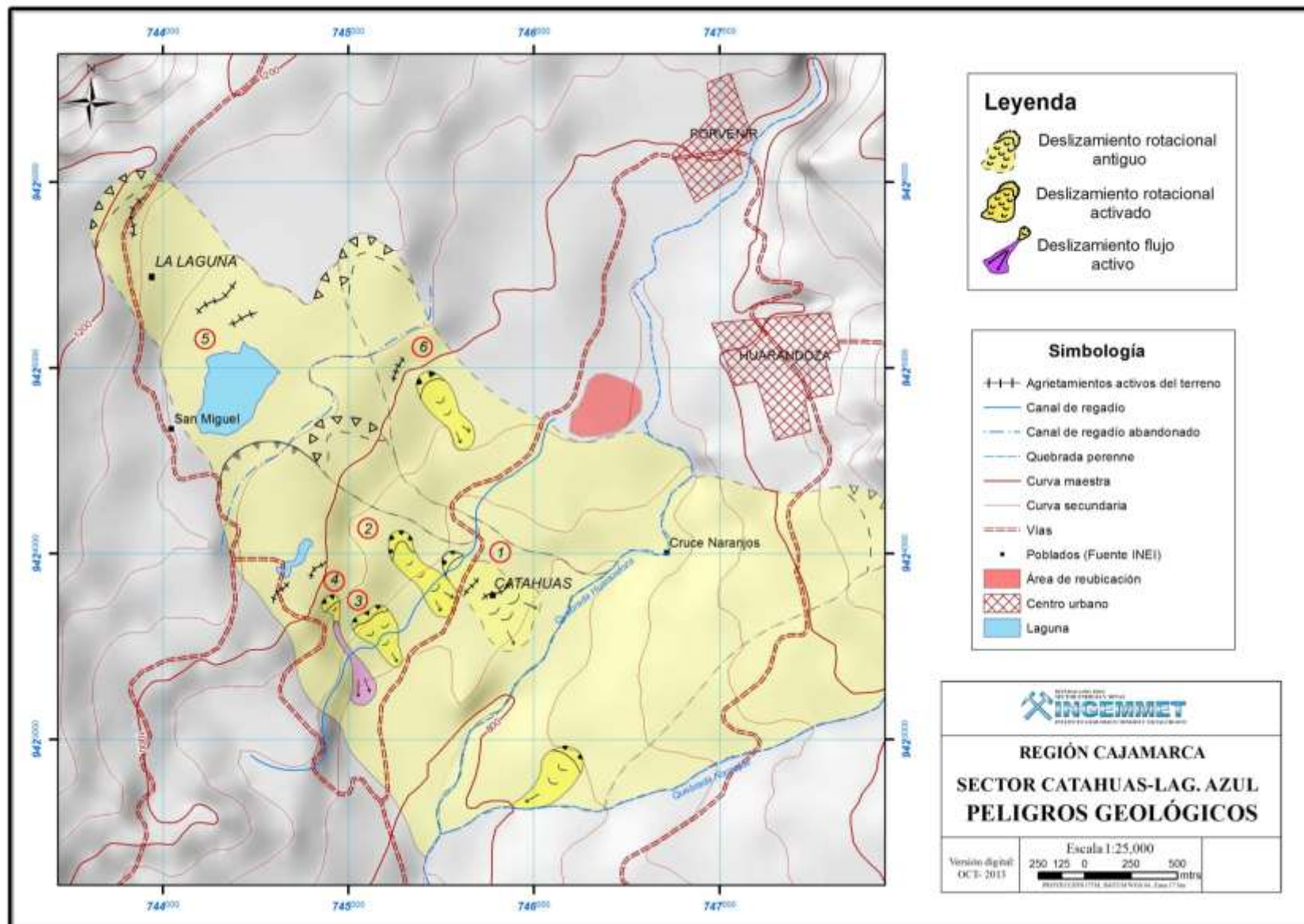


Figura 9. Mapa de peligros geológicos del sector Catahuas-Laguna Azul

Como evidencia del deslizamiento tenemos los lomerios formados a lo largo del cuerpo del deslizamiento (foto 42), escarpas antiguas, puquiales antiguos (foto 43), y formación de dos lagunas.



Foto 43. Puquial, con escaso caudal de agua, pero en tiempos de lluvia se llega a incrementar.

Las causas de las reactivaciones son:

- La principal causa es la infiltración de agua proveniente del canal de regadío y de las lagunas que se encuentran en la parte superior (fotos 44 y 45).
- Terreno conformado por depósito coluvio-deluvial (foto 46), que permite la infiltración del agua y su retención, lo que genera una saturación del terreno.
- Pendiente del terreno comprendida entre 15° a 25° (foto 47).
- Intensa deforestación del área, que permite la infiltración de agua hacia el subsuelo (foto 47).

El factor detonante han sido las precipitaciones pluviales que se han presentado en el año 1982 (fenómeno El Niño), años 2005, 2010 y 2012 (lluvias excepcionales).



Foto 44. Canal de riego sin revestimiento, lo que permite la infiltración de agua al subsuelo.



Foto 45. Laguna ubicada en la parte media del cuerpo del deslizamiento (desaguar).



Foto 46. Depósito coluvio-deluvial, que permite la infiltración de agua hacia el terreno.



Foto 47. Se muestra la pendiente del terreno (20-25°), se observa la ladera deforestada.

A continuación se hace una descripción de las principales reactivaciones ocurridos a partir del año 1982. Para ello se han identificado seis sectores (ver Figura 9).

a) Sector 1.

Según versiones de los lugareños en el año 2012, en el sector de Catahuas, se presentaron agrietamientos del terreno, colapsaron viviendas: Lo observado insitu en el momento de la inspección, se apreció viviendas afectadas (foto 48), los agrietamientos del terreno no se verificaron por estar ya cubiertos por labores de mejora de la cancha de fulbito (foto 49).



Foto 48. Viviendas afectadas por la última reactivación del deslizamiento.



Foto 49. Terreno afectado por la última reactivación del deslizamiento.

b) Sector 2

Se ha reactivado como deslizamiento rotacional, presenta escarpa de 50 m, con salto menor a 5 m, la longitud de la escarpa al pie del deslizamiento es de 500 m.

Este sector se ha reactivado desde el año 1982, posteriormente en los años 2005 y 2010.

Afectó canal de regadío de regadío San Cristóbal-San Miguel-Catahuas, en un tramo de 10 m. Este canal posteriormente fue reparado, cambiando su trazo (foto 50). También fue afectada una vivienda.



Foto 50. Vestigios del antiguo trazo del canal de regadío.

c) Sector 3

Deslizamiento rotacional, presenta una escarpa principal con una longitud de 80 m, con un salto principal de 2 a 5 m, de forma semicircular.

Este evento empezó desde el año 1982 hasta la actualidad, está afectando constantemente al canal de regadío San Miguel-Santo Domingo-Catahuas, en un tramo de 50 m. En el momento de la inspección el canal está siendo obturado por el depósito del deslizamiento (foto 51).



Foto 51. Masa deslizada que ha obturado parte del cauce del canal de regadío.

Se apreció una escarpa secundaria antigua, con salto vertical de 4 m y horizontal de 2 m (foto 52).



Foto 52. Escarpa antigua, se muestran los desplazamientos verticales y horizontales.

d) Sector 4

Se ha generado un deslizamiento-flujo, la escarpa tiene una longitud de 20 m, tiene un recorrido hasta de 360 m. Este evento afectó al canal de regadío en un tramo de 36 m, terrenos de cultivo y camino de herradura (foto 53). El canal fue repuesto con tubos de PVC y mangas plásticas (foto 54).



Foto 53. Deslizamiento-flujo, afectó a canal de regadío.



Foto 54. Vista al detalle de la tubería de tubos de PVC y mangas plásticas, que reemplazan al canal.

En la parte superior de este evento se apreció agrietamientos del terreno con dirección N50°E, esto indica que el evento tiene un avance retrogresivo. En este sector fue afectada por una vivienda (foto 55).

También afectó a tubería de agua potable San Miguel-Santo Domingo, actualmente respuesta (foto 56).



Foto 55. Vivienda afectada por el movimiento del deslizamiento.



Foto 56. Tubería de agua potable San Miguel-Santo Domingo.

En la parte superior de este sector se aprecia una laguna que tiene una longitud máxima de 200 m y un ancho promedio de 30 m. Esta ha migrado hacia el noroeste, y la zona sureste ha quedado invadida de totorales (figura 10). Esta migración se debe al empuje del deslizamiento, la cual es paulatina.



Figura 10. Laguna de Catahuas, se muestra el sentido de la migración.

En la parte superior se aprecia una escarpa de deslizamiento (reactivación), que se originó en el año 1982, tiene una longitud de 400 m y salto comprendido entre 10 a 15 m, como evidencia del movimiento tenemos el desplazamiento del terreno, que ha hecho colapsar al canal de regadío (actualmente abandonado), este canal estaba revestido (foto 57).



Foto 57. Canal de regadío abandonado por el colapso de su estructura.

En esta parte también se apreció inestabilidad, se ven agrietamientos del terreno y reptación de suelos (foto 58).



Foto 58. Se muestra la inestabilidad del terreno, con reptaciones de suelos.

e) Sector 5

Se ubica en el sector del poblado de Laguna Azul y la laguna del mismo nombre.

Según versiones de los lugareños, el terreno donde se asienta la Laguna Azul está en movimiento, prueba de ello es la migración de la laguna hacia el noroeste. En el lado sureste se han formado totorales (figura 11)



Figura 11. Poblado y Laguna Azul, se muestra la zona poblada con totorales

En las inmediaciones del poblado se han apreciado agrietamientos recientes del terreno, los cuales tienen aperturas hasta 25 cm y profundidades visibles

hasta de 1,00 m. El desplazamiento vertical no es muy visible (foto 59) por estar cubierto por vegetación. La dirección predominante N190°.



Foto 59. Agrietamiento del terreno, parte alta del centro poblado La Laguna.

Estos agrietamientos están involucrando parte del substrato rocoso (areniscas calcáreas) y suelo.

f) Área de reubicación del sector de Catahuas.

Este lugar se ubica en la margen izquierda de la quebrada Huarandoza, tiene un área aproximada de 3200 m² (80m X 40 m), área que presenta una topografía plana, es parte de una planicie disectada (foto 60).



Foto 60. Área asignada para la reubicación

En el terreno y en los alrededores, no se observan fenómenos de movimiento en masa, ni problemas de inundaciones y erosiones fluviales.

De ser habilitada se tiene que realizar lo siguiente:

- La población no debe asentarse cerca del cauce de las quebradas.
- El terreno debe tener un sistema de drenaje pluvial, para evitar la infiltración de agua hacia el subsuelo, con ello se evita la pérdida de capacidad portante del suelo.

- En los alrededores de la futura área poblacional, se debe reforestar, con la finalidad de asegurar la estabilidad del terreno.
- Se deben realizar estudios adicionales, como de suelos para cimentaciones, con la finalidad de determinar su capacidad portante.

5.3.5 Deslizamientos del sector de San Ignacio

Se han identificado dos deslizamientos antiguos de tipo rotacional (foto 61 y figura 12), las escarpas principales tienen longitudes entre los 350 y 400 m, los saltos no son visibles por la intensa erosión que han sufrido. Se presentan procesos de erosiones de ladera. Como evidencia del deslizamiento tenemos los lomeríos formados por el movimiento del desplazamiento.

En el deslizamiento ubicado al sector este, se encuentra asentada la ciudad de San Ignacio, donde se ha presentado un proceso de reactivación. (Figura 12)



Foto 61. Se muestra el deslizamiento antiguo, sobre el cual está asentado el poblado de San Ignacio.

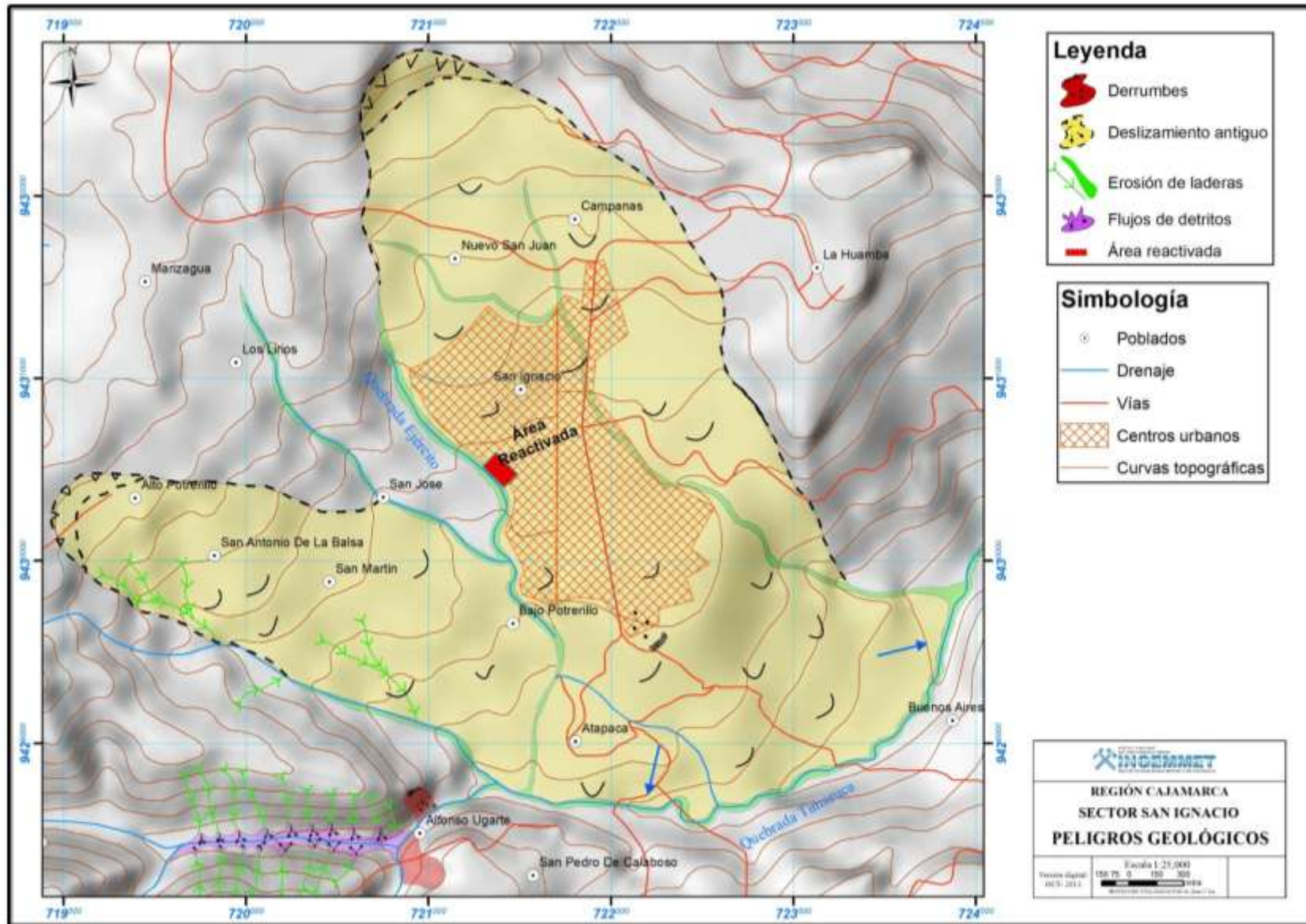


Figura 12

Causas de la reactivación:

- Humedecimiento del terreno, por vertimiento de aguas servidas y desagües hacia el talud (foto 62) y rupturas de tuberías de agua potable (foto 63).
- Pendiente del terreno, entre los 25° a 30° (foto 64)
- Material de fácil remoción, producto de un antiguo movimiento en masa (foto 65).
- Filtraciones de agua, puquiales (foto 66)
- Erosión fluvial, que está afectando al pie del talud.
- Cambio de uso del terreno, cultivos de Café (foto 67).



Foto 62. Tubería de desagüe que vierte aguas servidas al terreno.



Foto 63. Tuberías de agua potable rotas, donde el agua se infiltra al subsuelo.



Foto 64. Pendiente del terreno.



Foto 65. Suelo limo-arcilloso.



Foto 66. Filtraciones de agua.



Foto 67. Plantaciones de café

El área de reactivación se ubica en la margen izquierda de la quebrada Ejército, en el Jr. Jaén de la cuadra N°7 (figura 12 y 13).

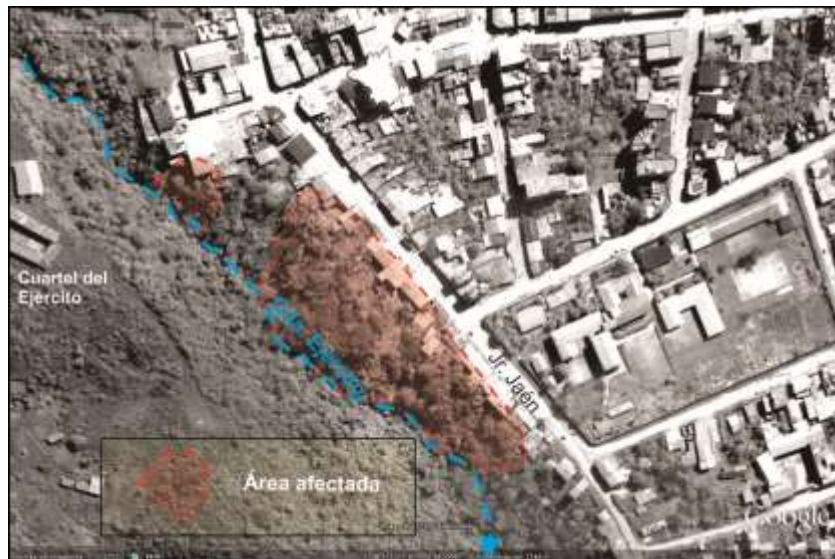


Figura 13. Se muestran las áreas afectadas.

Los procesos de reactivación son a manera de deslizamientos rotacionales con escarpas entre los 20 a 10 m, (fotos 68 y 69).



Foto 68. Se muestra un sector afectado por la reactivación



Foto 69. Zona inestable, la cual puede colapsar.

Como evidencias del movimiento reciente tenemos:

- Árboles inclinados (foto 69), contra la pendiente.
- Agrietamientos del terreno, que afectó viviendas y terrenos de cultivo (foto 70).
- Desplazamientos verticales y horizontales en pisos y paredes de viviendas (fotos 71 y 72).



Foto 70. Se muestra el agrietamiento del terreno y su desplazamiento vertical y horizontal.



Fotos 71 y 72. Paredes agrietadas.

En tiempos de lluvias, este proceso se puede acelerar, por las infiltraciones de agua hacia el subsuelo y la erosión fluvial que se pueda generar en la base del talud.

Estas viviendas deben ser reubicadas, labor que debe ser asumida por la municipalidad provincial de San Ignacio.

CONCLUSIONES

- Para el C.E. Jorge Basadre Grohmann
 1. El factor desencadenante para que formara el deslizamiento-flujo fueron las precipitaciones pluviales del año 2010.
 2. Las causas son: Terreno de fácil remoción, pendiente de terreno comprendida entre 25 a 30°, erosión lateral de la quebrada.
 3. Al generarse el deslizamiento ha desestabilizado la parte del cerco perimétrico del C.E. prueba de ello son agrietamientos que se encuentran en sus inmediaciones.
 4. De seguir la inestabilidad afectaría las aulas colindantes a la quebrada.
 5. Se le considera como de peligro alto.

- Para el sector de Cunía
 1. La principal causa de los deslizamientos son las infiltraciones de agua proveniente de los terrenos de cultivo (arrozales) y del canal de regadío sin revestimiento.
 2. Otra de las causas es el material que conforma el substrato, compuesto por gravas en matriz limo-arenosa, con niveles de arcilla-limosa y arenas. Las arenas y gravas permite la infiltración rápida del agua, las arcillas la retienen, generando el humedecimiento del terreno, sumados la pendiente del terreno, se genera la inestabilidad.
 3. Se han generado hasta 04 deslizamientos de tipo rotacional, han afectado a terrenos de cultivo y caminos de acceso, como también podrían afectar algunas viviendas ubicadas en la parte inferior.
 4. Se apreció unos agrietamientos del terreno, es muy probable que en un futuro, se forme un nuevo deslizamiento.
 5. Se le considera como una zona de peligro muy alto.

- Para Higuerón
 1. La principal causa del deslizamiento de Higuerón fue la infiltración del agua subterránea, influye la litología (areniscas de mala calidad) y la pendiente del terreno.
 2. El factor detonante fueron las intensas precipitaciones que se dieron en el 2010.
 3. También se han diferenciado dos deslizamientos antiguos, sobre uno de ellos se encuentra ubicado el poblado de Higuerón, que no muestran reactivaciones recientes.
 4. Por las condiciones de topografía, de suceder un desplazamiento violento de la masa del deslizamiento que se está formando, es muy probable que el material se canalice por la quebrada.

- Para Catahuas-Laguna Azul
 1. El caserío de Catahuas y el poblado de Laguna Azul se encuentran asentados sobre un deslizamiento antiguo, que ha sufrido reactivaciones como deslizamientos rotaciones, deslizamiento-flujo, como también se apreciado agrietamientos del terreno, lo cual muestra la inestabilidad del lugar. Se le considera como zona de peligro muy alto.
 2. Una de las causas principales es la infiltración de agua proveniente del canal de regadío (sin revestimiento) y de las lagunas que se encuentran dentro del cuerpo del deslizamiento.
 3. Las reactivaciones se han dado desde el año 1982, con la presencia del Fenómeno El Niño, después han seguido las reactivaciones en cada periodo lluvioso de tipo excepcional, como los años 2002, 2005 y 2010. Estas

reactivaciones han afectado viviendas, terrenos de cultivo y al mismo canal de regadío.

4. En el cuerpo del deslizamiento se presentan puquiales, y de evidencias de antiguos, estos últimos se activan solamente en tipos de lluvia. Esto nos muestra que el terreno retiene el agua solamente en forma parcial.
 5. Como evidencia geomorfológica del antiguo deslizamiento tenemos la forma de lomeríos que se presenta en la ladera.
 6. La zona de reubicación, se ubica en una lomada, con baja pendiente, no muestra evidencias de movimientos en masa.
- Para San Ignacio
 1. La ciudad de San Ignacio, se encuentra asentada sobre un deslizamiento antiguo, el cual se ha presentado reactivaciones ubicadas en el Jr. Jaén cuadra 7. Se han formado deslizamientos rotacionales, con escarpas de longitudes entre 5 a 10 m. Esto ha afectado a 16 viviendas, muestra de ello se tienen paredes y pisos agrietados. Se le considera como una zona de alto peligro.
 2. Las viviendas afectadas deben ser reubicadas, labor que debe ser realizada por la Municipalidad Provincial de San Ignacio.
 3. Las causas de la reactivación son:
 - La filtración de agua, provenientes de los desagües de las viviendas ubicadas al borde de talud y de las tuberías de agua potable que han colapsado por el movimiento del terreno, que saturan el terreno.
 - Terreno conformado por material de un antiguo deslizamiento, de fácil remoción.
 - Pendiente del terreno.
 - Erosión lateral de la quebrada Ejército.

RECOMENDACIONES

GENERALES

1. Es necesario reubicar las viviendas ubicadas en los sectores inestables de los siguientes lugares:
 - Cunía: Las viviendas que están en la parte inferior del cuerpo del deslizamiento.
 - Catahuas-Laguna Azul: Las viviendas que se encuentran en la influencia de la zona reactivada, especialmente la de Catahuas.
 - San Ignacio: Las viviendas que han colapsado por la reactivación del deslizamiento.
2. Antes de efectuar cualquier obra de infraestructura en la región, se debe realizar previamente estudios de detalle que sustenten adecuadamente y respalden toda acción a realizar.
3. Tomar en cuenta la información del INGEMMET, “Riesgo Geológico en la Región Cajamarca-Boletín 44 Serie C” para la elaboración de perfiles, expedientes técnicos de proyectos, elaboración de planes y obras de prevención de la región.
4. Se recomienda elaborar un mapa de zonificación de peligros geológicos para los distritos de Chirinos, Huarango y San Ignacio, que incluya la realización de estudios geofísicos, hidrogeológicos, de microzonificación sísmica (instrumental), así como un estudio geotécnico de detalle (que incluya ensayos de mecánica de suelos). Estudios que permitirán obtener datos precisos de la calidad de los suelos de todo el sector, las zonas habitables y las zonas más propensas a los procesos mostrados en este informe.
5. Realizar trabajos que propicien el crecimiento de bosques ribereños con especies nativas; pero evitar la implantación de cultivos en el lecho fluvial para que no interrumpa el libre discurrir de los flujos hídricos.

ESPECÍFICAS

En éste acápite se señalara algunas recomendaciones puntuales que serán útiles para la mitigación y/o prevención de los riesgos geológicos a las cuales se encuentran expuestos los centros poblados evaluados. Sin embargo se recomienda realizar estudios al detalle de cada zona para el correcto diseño de las obras de mitigación sugeridas.

- **C:E: Jorge Basadre Grohmann**

1. Es necesario que las aulas que colindan con el borde de la quebrada, sean usadas para otros tipos de actividades, más no para el dictado de clases.
2. El terreno del C.E. colindante a la quebrada (margen derecha), muestra signos de inestabilidad, como muros del cerco perimétrico desplazados y agrietamientos del terreno.
3. Hacer un muro de contención cimentado en roca, en el área colindante a las aulas.
4. Una de las causas principales es la infiltración de agua proveniente de la alcantarilla, se debe mejorar su sistema de recolección de agua.

- **Cunía:**

1. Cambiar el tipo de cultivo de arrozales, por otro tipo que necesite escasa agua (riego tecnificado por goteo).
2. Revestir el canal de regadío, para impedir la infiltración de agua al subsuelo.
3. Las viviendas que se encuentre en la parte baja de los deslizamientos deben ser reubicadas, con fines preventivos.

4. Drenar los puquiales, con la finalidad de no permitir la infiltración de agua al subsuelo.
 5. Hacer un drenaje tipo espina de pescado en el cuerpo del deslizamiento (figura 14).
- **Higuerón**
 1. Monitorear el desplazamiento del deslizamiento, con instrumentación y topográfica.
 2. Las zonas que presente agrietamientos deben ser selladas, con la finalidad de impedir la infiltración de agua hacia el subsuelo. Esta labor debe ser dirigida por un experto en el tema.
 3. Drenar los puquiales, con la finalidad de no permitir la infiltración del agua al terreno, evitar su saturación.
 4. Implementar un sistema de alerta temprana.
 5. Hacer estudios detallados, con la finalidad de determinar el espesor del deslizamiento, ver su comportamiento hidrogeológico.
 - **Catahuas-Laguna Azul**
 1. Revestir el canal de regadío con la finalidad de evitar la infiltración de agua al subsuelo.
 2. En la parte alta de la localidad de La Laguna, se debe de construir un canal de coronación, con la finalidad de evitar la infiltración de agua hacia la zona que presenta agrietamientos.
 3. Se debe realizar un drenaje subterráneo (figura 15). Labor que debe ser dirigida por un especialista en el tema.
 4. Sellado de las grietas, con la finalidad de impedir la infiltración de agua al subsuelo.
 5. Hacer estudios detallados de geofísica, con la finalidad de determinar el espesor de la masa que se está deslizando.
 6. Monitorear el deslizamiento en forma instrumental y topográfica.
 7. Deben drenarse los puquiales, mediante un sistema de drenaje tipo espina de pescado (Figura 14).
 8. Implementar un sistema de alerta temprana.
 9. Para habilitar la zona de reubicación, se tiene que realizar lo siguiente:
 - Hacer un sistema de drenaje pluvial, con la finalidad de evitar la infiltración de agua al subsuelo.
 - No permitir el crecimiento urbano (viviendas) hacia el borde de la quebrada.
 - Hacer estudio de suelos, para determinar la capacidad portante del suelo, con la finalidad de estipular el tipo de cimentación para las viviendas.
 - Reforestar los alrededores del área a reubicar.
 - **San Ignacio**
 1. Reubicar las viviendas que han sido afectadas por la reactivación del deslizamiento.
 2. Por encontrarse tuberías de agua potable en mal estado (rotas) por el desplazamiento de la masa del deslizamiento, es conveniente cortar este servicio, para evitar la saturación del suelo.
 3. Revisar el sistema de desagüe de las viviendas afectadas y de la calle de la zona afectada, con la finalidad de determinar si han sido daños, de ser así, se tiene que clausurar estos servicios en el área.

4. El área afectada debe quedar como futura área verde o de parque.
5. Reforestar las laderas de la quebrada Ejército, con plantas nativas.

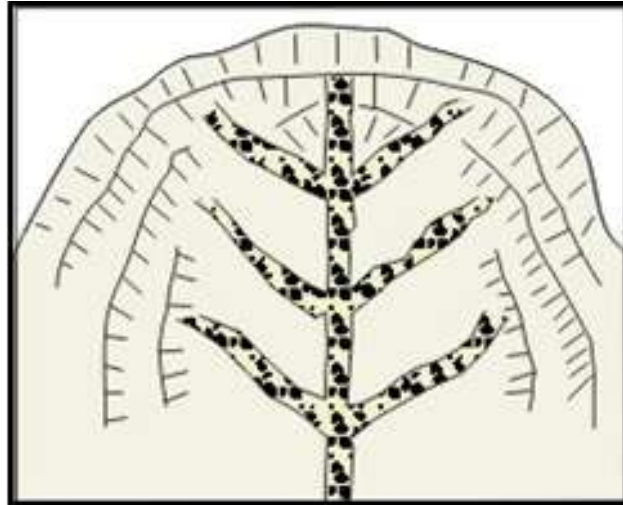


Figura 14. Dren en tipo espina de pez (medida aplicada solo para deslizamiento)

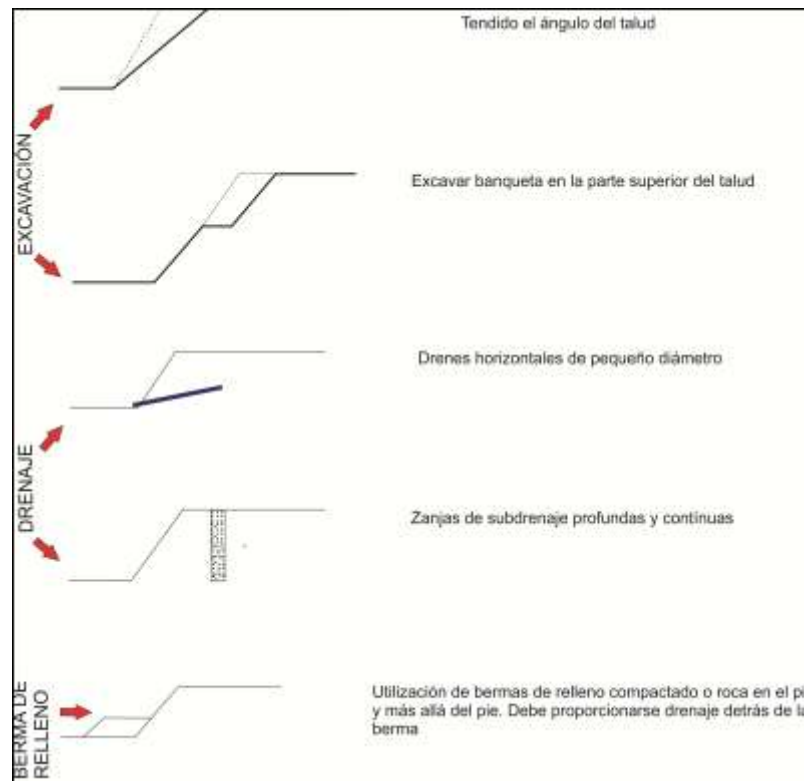


Figura 20. Esquemas de solución que son aplicables a la estabilización de taludes y deslizamientos (Turnbull y Hvorslev, 1967)

AGRADECIMIENTOS

El autor del presente informe agradecen en nombre del INGEMMET el apoyo de la Gobernación Provincial de San Ignacio, la Gobernación de Huarango y al alcalde de Chirinos, por el apoyo brindado durante el desarrollo de la inspección, así como por brindar información para la elaboración de este informe.

REFERENCIAS

CRUDEN, D.M., & VARNES, D.J. (1996). *Landslide Types and Processes*. En: "Landslides. Investigation and Mitigation", Eds Turner, A.K. and Schuster, R.L. Special Report 247, Transport Research Board, National Research Council, Washington D.C. pp. 36-75.

DE LA CRUZ, W. (1998). *Geología de los Cuadrángulos de Santa Águeda, San Ignacio y Aramango*. INGEMMET, Lima – Perú, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional N°57, 147 p., 03 mapas.

HUNGR, O. & EVANS, S.G., 2004, *Entrainment of debris in rock avalanches: an analysis of a long run-out mechanism*: Geological Society of America Bulletin, V.

MAGMA – SERVICIOS GENERALES DE INGENIERÍA SAC. 2012. "*Evaluación geológica y geotécnica del sector el tablón respecto a procesos de geodinámica externa (deslizamientos y/o derrumbes) ocurridos entre los años 2005 a 2012. Distrito Chirinos. Provincia San Ignacio. Cajamarca*". Chirinos-Cajamarca. 24 Págs. 01 mapa.

ZAVALA, B. y ROSADO, M. (2010) - *Riesgos Geológicos en la Región Cajamarca*. INGEMMET, Lima-Perú. Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 44, 200 p., 11 mapas.

ZAVALA, B. y BARRANTES, R. (2009) – *Zonas Críticas por Peligros Geológicos y Geohidrológicos en la Región Cajamarca*. INGEMMET, Informe Técnico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, 106 p., 01 mapas.

PMA: GCA. Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. 2007. *Movimientos en masa en la región Andina: Una Guía para la evaluación de Amenazas*. Publicación geológica multinacional N° 4, 404 p., Canadá.

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ-SENAMHI (2003), *Mapa de Precipitación Anual-Periodo Normal (Septiembre-Mayo)*. En INDECI, Atlas de Peligros Naturales. Lima. Págs. 310-311.

TURNBULL W.J. y HVORSLEV M.J. (1967), "Special Problems in Slope Stability", Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, American Society of Civil Engineers, Vol. 93, SM4, pp. 499-528.

VARNES, D.J. (1978) - Slope movement types and processes. En: Schuster, R.L.& Krizek, R.J., eds., *Landslides, analysis, and control*. Washington, DC: National Research Council, Transportation Research Special Report 176, p. 11-33.