

Informe Técnico N° A6663

Peligros Geológicos en el Sector de Pampamarca

Región Huánuco, Provincia Yarowilca,
Distrito Pampamarca



POR:
SEGUNDO NÚÑEZ JUÁREZ
NORMA SOSA SENTICALA

ENERO 2015

CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	ANTECEDENTES	1
1.2	METODOLOGÍA	2
1.3	ESTUDIOS ANTERIORES	2
II.	ASPECTOS GENERALES	3
III.	ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS	4
3.1	MONTAÑA METAMÓRFICA	4
3.2	DEPÓSITOS DE PIEDEMONTE	7
IV.	PELIGROS GEOLÓGICOS.....	9
4.1	DESLIZAMIENTOS	9
4.2	CAÍDA	19
4.3	FLUJOS	22
V.	ÁREAS PROPUESTAS PARA LA REUBICACIÓN.....	26
5.1	SECTOR CONQUIE	26
5.2	SECTOR DE CASHUACRO.....	28
VI.	MEDIDAS CORRECTIVAS	29
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	33
	BIBLIOGRAFÍA	34

PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR DE PAMPAMARCA

(DISTRITO PAMPAMARCA, PROVINCIA YAROWILCA, REGIÓN HUÁNUCO)

I. INTRODUCCIÓN

El Perú por su ubicación en la parte central de los Andes, es uno de los países con mayor incidencia en peligros naturales. Esto debido al origen o reactivación de diversos peligros geológicos, que obedecen a una gran diversidad de procesos geológicos que se dan en la corteza terrestre (Benavente, 2007).

Las elevadas precipitaciones pluviales que ocurren en la zona de cordillera, son factores desencadenantes para generar movimientos en masa (deslizamientos, derrumbes, desprendimiento de rocas y flujos de detritos). Sobre todo en aquellas laderas de pendientes fuertes, con substratos rocosos de mala calidad o depósitos de procesos de movimientos en masa antiguos, características que las hacen muy susceptibles a sufrir estos procesos.

El objetivo de este informe es evaluar los peligros geológicos que han afectado y podrían seguir afectando al poblado de Pampamarca (distrito de Pampamarca, provincia Yarowilca, región Huánuco); así como las causas de su ocurrencia. La información servirá para que las autoridades puedan actuar adecuadamente en la prevención y mitigación de desastres del sector evaluado.

En este informe se presentan los hallazgos y conclusiones de la visita de campo, así como recomendaciones con el fin de reducir la vulnerabilidad y evitar consecuencias lamentables futuras para la población Pampamarca.

1.1 ANTECEDENTES

Mediante Oficio N°040-2014-ONAGI-GOB-DP-PY-R/HCO de fecha 16/05/2014, el Gobernador de Pampamarca, Sr. Mario Solis Calixto, se dirige a la presidente del Consejo Directivo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico-INGEMMET, Ing. Susana Vilca Achata, solicitando la elaboración de un informe técnico de la ciudad del Pampamarca.

Con Oficio N° 366-2014-CENEPRED, de fecha 10 junio 2014, la Jefa (e) Mercedes de Guadalupe Masana Garcia, se dirige a la Presidenta del Consejo Directivo del INGEMMET, Ing. Susana Vilca Achata, solicitando que se realice un informe del nivel de susceptibilidad a peligros geológicos de la ciudad de Pampamarca, distrito Pampamarca, provincia Yarowilca, región Huánuco.

Con Oficio N° 385-2014-CENEPRED, de fecha 18 junio 2014, la Jefa (e) Mercedes de Guadalupe Masana Garcia, se dirige a la Presidenta del Consejo Directivo del INGEMMET, Ing. Susana Vilca Achata, solicitando que se realice un informe de susceptibilidad a peligros geológicos de la ciudad de Pampamarca, distrito Pampamarca, provincia Yarowilca, región Huánuco.

Atendiendo estas sendas peticiones, el Director de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, comisionó al Ing. Segundo Núñez Juárez y al Bach. Norma Sosa Senticala para realizar trabajos de campo en este sector, los cuales se realizaron entre el 18 al 20 de junio del 2014. Durante los trabajos de campo, estuvieron presentes el gobernador de Pampamarca, el Juez de Paz, así como algunos pobladores del lugar.

1.2 METODOLOGÍA

La metodología seguida para elaborar este informe ha consistido de una **etapa previa** donde se realizó una compilación de la información base acerca de la zona de estudio. Incluye la interpretación de imágenes satelitales disponibles del Google Earth, mapas preliminares e información bibliográfica de boletines e informes técnicos existentes.

En la **etapa de campo** se realizó el cartografiado de procesos geológicos y la inspección de los sectores afectados.

En la **tercera etapa**, se procesó la información obtenida en campo, y se elaboró los mapas e informe respectivo.

1.3 ESTUDIOS ANTERIORES

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

- “Geología de los Cuadrángulos de Huaraz (20-h), Recuay (20-i), La Unión (20-j), Chiquian (21-i) y Yanahuanca (21-j) – 1996, realizados por Cobbing J., Sánchez, A., Martínez, W. y Zarate, H., donde señalan las unidades geológicas regionales del área, diferencian los tipos de rocas y depósitos superficiales.
- “Informe de Zonas Críticas Región Huánuco”. Realizado por Zavala & Vilchez 2004, en el cual se señalan 60 procesos, comprendidos entre deslizamientos, flujos de detritos, erosiones de ladera, inundaciones y erosiones fluviales.
- En el “Estudio de Riesgos Geológicos en la Región Huánuco” realizado por Zavala, & Vilchez, M. en el 2006, en el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, señala al área de estudio dentro de una zona de muy alta susceptibilidad.
- En el “Informe de Emergencia sobre el Derrumbe de Infraestructura Educativa N° 32234 Illatupa de Pampamarca”, realizado por Picón, L. en el 2013, menciona los daños que sufrió dicha institución por efecto de las lluvias.
- “Informe de Evaluación del I.E. N° 32234 PAMPAMARCA”, realizado por Calderón, R. en marzo 2014, hace una evaluación de daños que sufrió la institución educativa por efectos de las lluvias.
- Informe “Geológica y Geodinámica – Mejoramiento de la Capacidad Operativa de la Posta de Salud de Pampamarca Micro Red de Yarowilca-Huánuco”, realizado por Mendoza, J. en 2014, menciona la problemática del Centro de

Salud y de poblado de Pampamarca, frente al deslizamiento que se está generando.

- “Informe Verificación Geológica y Geodinámica – Mejoramiento de la Capacidad Operativa de la Posta de Salud de Pampamarca Micro Red de Yarowilca-Huánuco”, realizado por Mendoza, J. en 2014. Realiza un Resumen Ejecutivo, en donde menciona que el deslizamiento de Pampamarca puede provocar:
 - a) Embalsamiento del río Marañón.
 - b) Afectaría directamente al pueblo de Pampamarca,
 - c) Interrumpiría la carretera Huánuco-La Unión.

II. ASPECTOS GENERALES

El poblado de Pampamarca, se encuentra en el distrito de Pampamarca, provincia de Yarowilca, región Huánuco (figura 1). Se localiza entre las coordenadas UTM 313100 E N y 8926700 N, a una altitud de 3 430 m.s.n.m, en la margen izquierda del río Marañón, colector principal del área de estudio.

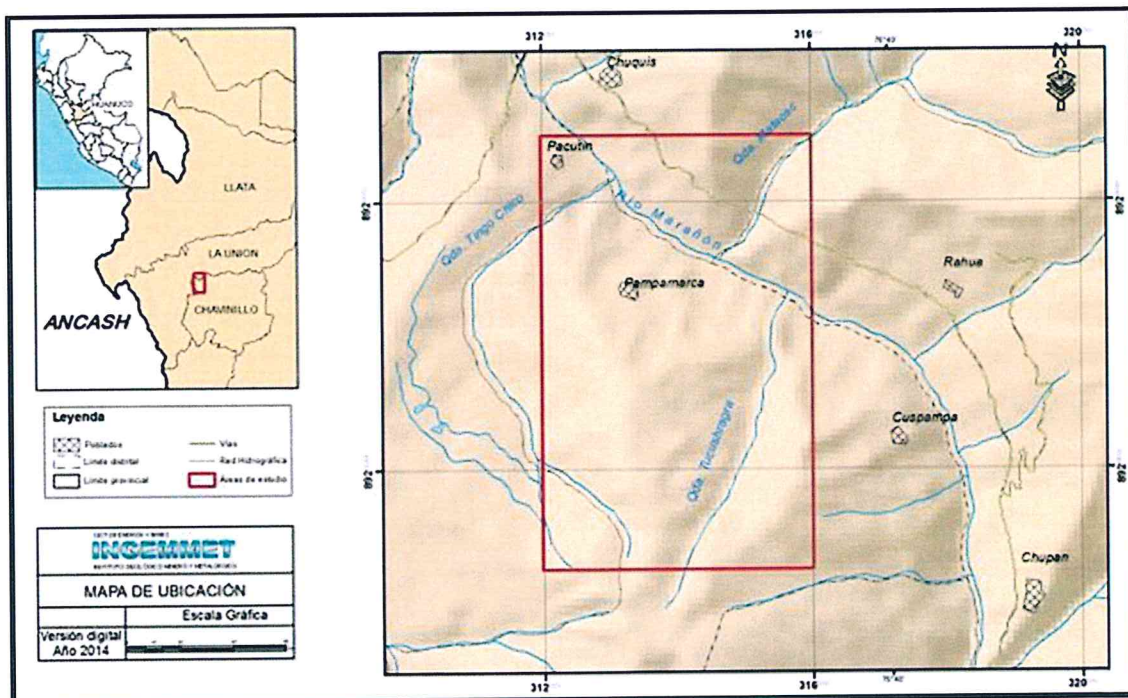


Figura 1

Se accede desde Lima, tomando la Carretera Central hasta llegar al desvío a la ciudad de Huánuco, para luego tomar la vía asfaltada que conduce de Huánuco a La Unión, hasta llegar a la altura del km 313+500, para luego cruzar el puente Tingo y proseguir por una trocha carrozable por un tramo de 5 km, llegando al poblado de Pampamarca.

Según el Reporte de Situación N° 72-COE-SALUD (2013), la población de Pampamarca alcanza los 2153 habitantes, con un total de 150 viviendas; no cuentan

con red de desagüe, pero cuentan con letrinas. La población se dedica a la ganadería y agricultura.

Las viviendas están dispuestas ordenadamente, por medio de calles, pero no cuentan con un drenaje pluvial.

El clima es semiseco, con presencia de lluvias entre los meses de Diciembre-Marzo. Según el SENAMHI (2000), en el período lluvioso normal setiembre-mayo, alcanzan entre 200 a 500 mm; en presencia del fenómeno El Niño del año 1997/98 entre 800 a 1 000 mm.

III. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Según la descripción geológica en el cuadrángulo de La Unión, realizado por Cobbing J., Sánchez, A., Martínez, W. y Zarate, H. (1996). En el área se presentan afloramientos de rocas metamórficas y cobertura de depósitos recientes superficiales (figura 2).

Geomorfológicamente se observan montañas, terrazas bajas y depósitos de piedemonte.

3.1 MONTAÑA METAMÓRFICA

Presenta rangos de pendientes variables entre moderada a fuerte, muy susceptible a la formación de movimientos en masa, como deslizamientos.

En esta unidad se encuentran afloramientos de rocas metamórficas conocidas como Complejo Maraón. Se trata de esquistos gris azulados plateados, con abundantes vetas de cuarzo, destacan por su coloración y menor resistencia a la erosión, los que tentativamente se consideran formados a partir de una secuencia pelítica pre-metamórfica.



Foto 1 y 2. Afloramiento de esquisto, en ambas vistas se aprecia la esquistosidad paralela

En la margen derecha del río Marañón, se observa otra montaña conformada por esquistos resistentes a la erosión, con esquistosidad paralela y que a la distancia asemejan estratos intercalados. En esta unidad se presentan procesos de movimiento en masa, como deslizamientos y erosiones de ladera (foto 3).

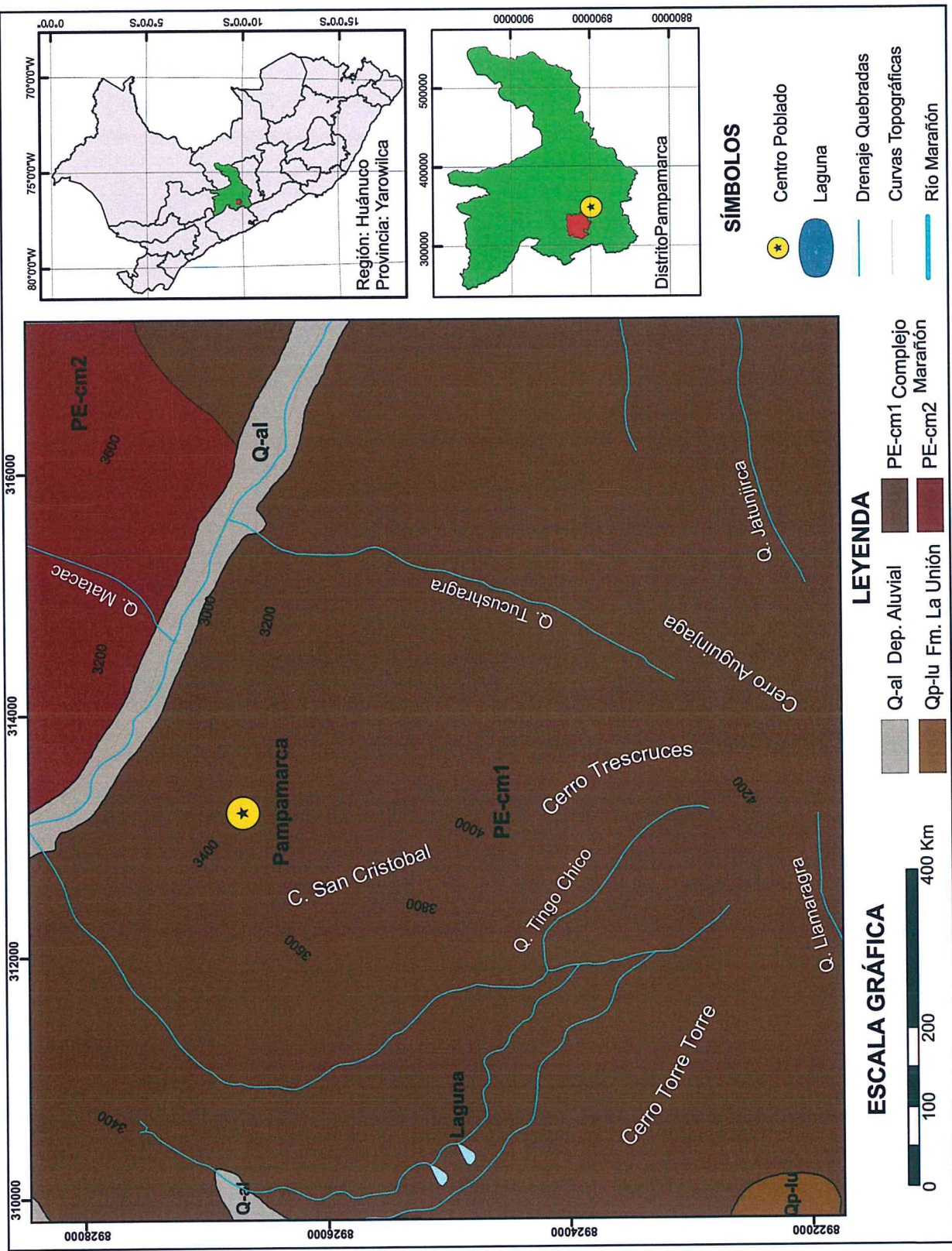


Figura 2. Mapa Geológico en el área de Pampamarca y alrededores



Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
Ing° Geólogo
Reg. CIP N°. 80512



Foto 3. Montaña en roca metamórfica, con forma convexa, con proceso de erosión de ladera (línea de color rojo).

Según Cobbing et. al. (1997), en el extremo sur oeste del área de estudio, se presentan afloramientos de conglomerados polimícticos gruesos en matriz arenosa. Ocasionalmente se observan estratos de areniscas gris a pardo claras, de grano grueso, líticas. Conforman una terraza alta.

3.2 DEPÓSITOS DE PIEDEMONTE

a) Terrazas bajas

Se encuentran en áreas aledañas al río Marañón (foto 4), en ambas márgenes, caracterizadas por estar conformados por clastos de diferente naturaleza (metamórfica y sedimentaria) de formas redondeados.



Foto 4. Se muestra la terraza baja y la montaña metamórfica adyacente.

b) Depósitos coluvio-deluviales:

Son los generados por los antiguos movimientos en masa como deslizamientos (foto 5). Como ejemplo tenemos el sector Pampamarca. Estos depósitos se caracterizan por estar conformados por gravas, escasos bloques, englobados en matriz limo-arenosa.



Foto 5. Depósito generado por deslizamiento (enmarcado con línea amarilla).

c) Depósitos proluviales:

Se encuentran en la desembocadura de las quebradas, se caracterizan por tener formas de abanico, el material que lo conforman son clastos subangulosos. Estos depósitos en ocasiones han llegado a obturar temporalmente al río Marañón (foto 6).



Foto 6. Se muestran depósitos proluviales, se diferencian hasta dos secuencias. La más reciente resaltada con línea de color rojo y la amarilla la más antigua.

IV. PELIGROS GEOLÓGICOS

En el estudio de Riesgos Geológicos en la Región Huánuco, realizado por Zavala & Vilchez en el 2006, muestran que el área de Pampamarca es de muy alta susceptibilidad a movimientos en masa (figura 3). Principalmente por presentar una roca de mala calidad, terrenos con pendiente moderada y estar saturado de agua.

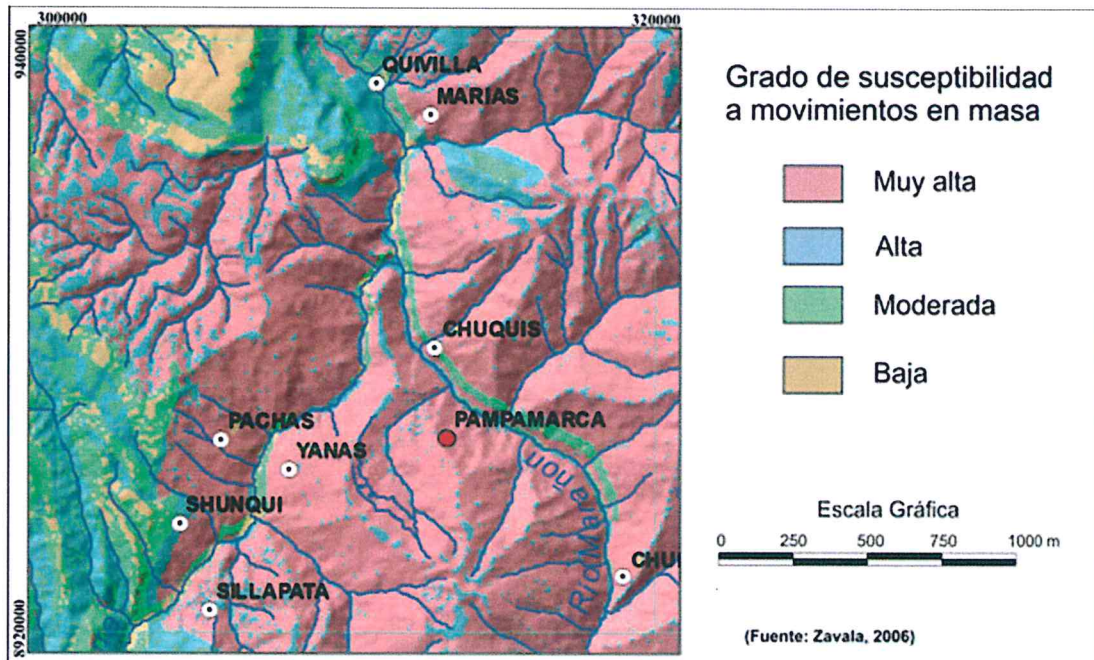


Figura 3. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa en los alrededores de Pampamarca.

De los trabajos de campo realizados en el poblado de Pampamarca y sus alrededores, se han identificado: deslizamientos, flujos de detritos, caída de rocas / derrumbes y erosiones de ladera (figura 4); siendo el deslizamiento de Pampamarca el proceso de mayor importancia. Todo este sector se considera como **zona crítica**.

4.1 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 5 se representa las partes principales de un deslizamiento.

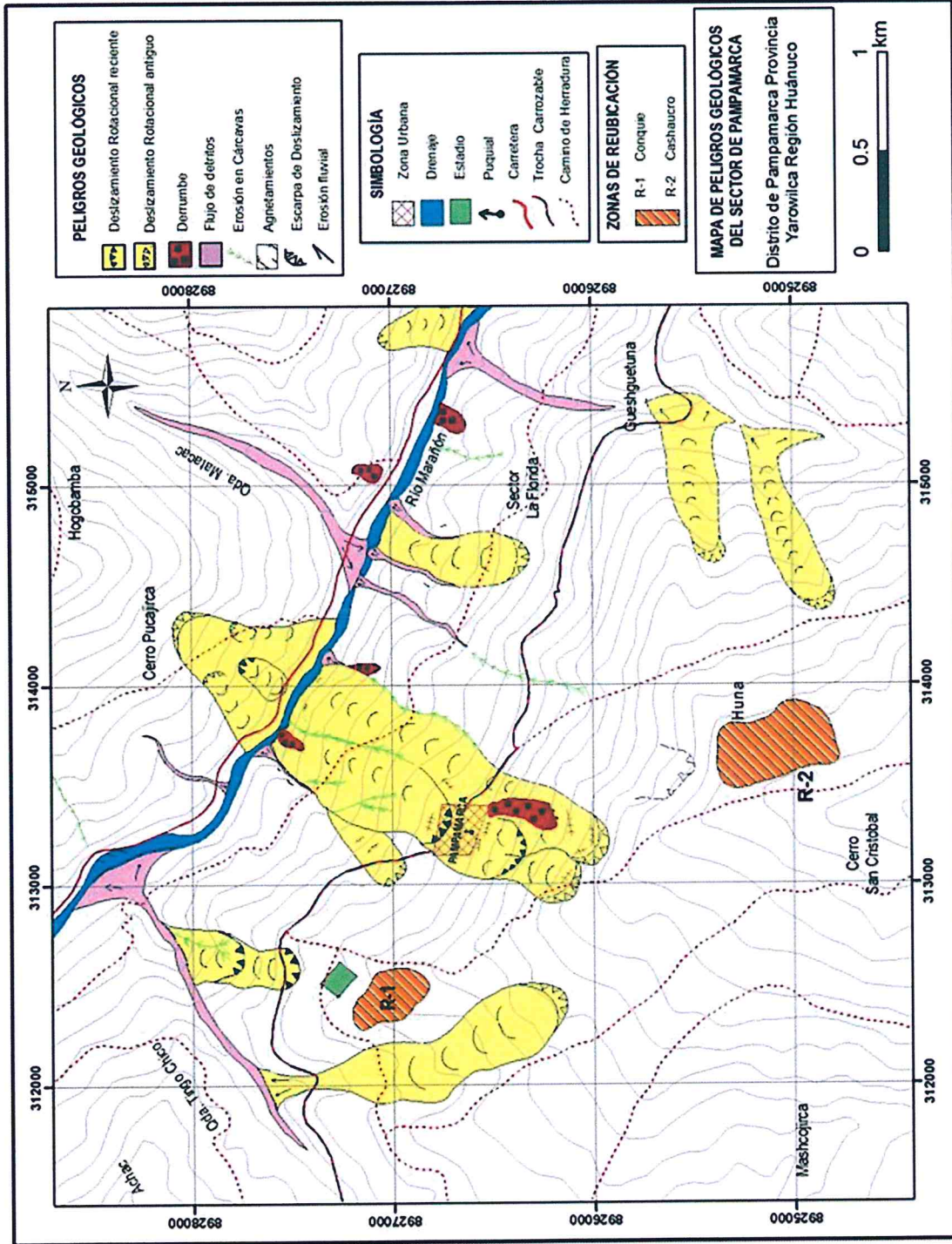


Figura 4. Mapa de Peligros Geológicos en Pampamarca y alrededores

[Signature]
 Ing. CIP SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
 Geólogo
 reg. CIP N° 80812

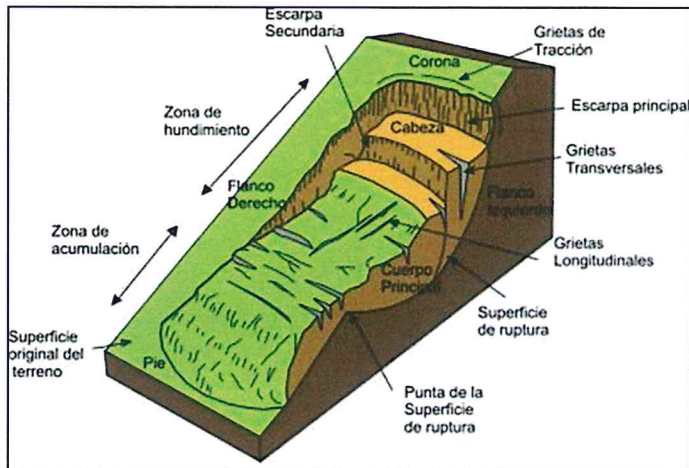


Figura 5. Esquema clásico de un deslizamiento donde se señala sus partes principales. (Cruden y Varnes, 1996)

Las causas para la ocurrencia de estos procesos, se relacionan con la litología del substrato, la pendiente del terreno, la presencia de agua entre otros. La acción humana ha favorecido con su activación, por ejemplo por deforestación de terrenos y/o escasa cobertura vegetal existente.

Es frecuente que deslizamientos antiguos, aparentemente ya estabilizados, se vuelvan a reactivar ya sea por factores naturales o antrópicos. Esto se observó en el poblado de Pampamarca, las causas principales de la reactivación son filtraciones de agua subterránea.

DESLIZAMIENTO DE PAMPAMARCA

Según versiones de los antiguos lugareños, hace años atrás (?), se generó un deslizamiento que enterró al antiguo pueblo de Pampamarca juntamente con una laguna.

Pasados los años (?), después del deslizamiento, nuevamente la población se instaló sobre la parte plana del antiguo deslizamiento.

Características del deslizamiento

El deslizamiento antiguo (foto 7), parte de la escarpa antigua con una longitud de 600 m, el escarpe se encuentra erosionado, se estima que debe tener un salto de entre 10 a 20 m



Foto 7. Se muestra parte del cuerpo del deslizamiento antiguo.

La superficie del terreno, de los alrededores de Pampamarca se muestra lomeríos (foto 8), formadas por las escarpas sucesivas.



Foto 8. Se aprecia parte de la escarpa principal y lomeríos (indicados con flechas de color rojo).

El cuerpo del deslizamiento en la parte inferior, se encuentra disectado por erosiones de ladera (cárcavas). Este proceso genera un ensanche lateral de las quebradas formando derrumbes y deslizamientos, lo cual contribuye con material suelto al cauce de la quebrada. En tiempos de lluvias, este material es removido generando flujos de detritos (se tratará este punto más adelante). Foto 9.



Foto 9. Se muestran varios procesos como flujos de detritos, derrumbes, deslizamientos y erosiones de ladera.

Reactivaciones del deslizamiento de Pampamarca:

Las reactivaciones del deslizamiento se están dando desde el año 2008, en forma de agrietamientos y pequeños deslizamientos. Actualmente se está enmarcando un deslizamiento rotacional que involucra al poblado de Pampamarca.

En una escarpa secundaria del deslizamiento, se identificó un derrumbe que afectó una vivienda.

Estas reactivaciones se intensificaron durante el periodo lluvioso del año 2014.

Causas de las reactivaciones:

- Filtraciones de agua proveniente del subsuelo, se presentan puquiales los cuales no están canalizados adecuadamente (foto 10)
- Pendiente del terreno, entre 20 a 30°, permite la desestabilización del terreno (foto 11).
- Material de fácil remoción, el suelo de Pampamarca está conformado por material suelto producto del deslizamiento antiguo (foto 12).
- Presencia de letrinas, que permite la saturación del terreno (foto 13).
- Área urbana, sin drenaje pluvial, permite la filtración de agua al terreno.



Foto 10. Tubería que ha captado el agua proveniente de un puquial, el cual la vierte al terreno en forma inadecuada.

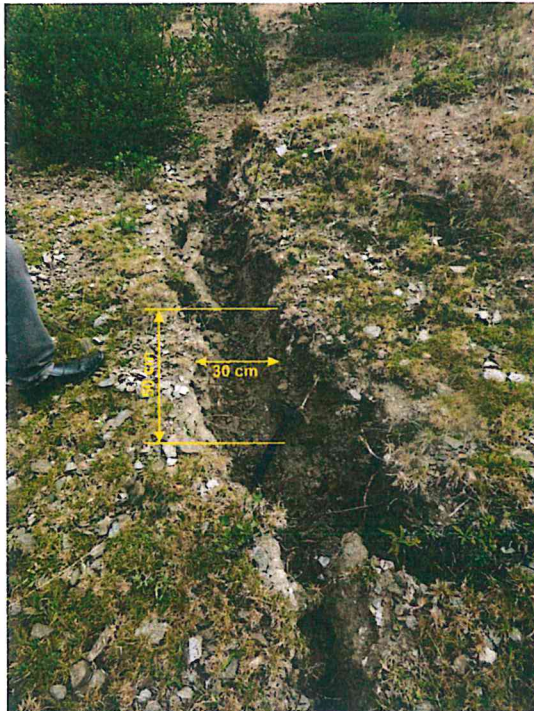


Foto 11. Se muestra la pendiente del terreno.



Foto 12. Material suelto, limo-arenoso, proveniente del antiguo deslizamiento.

A lo largo del deslizamiento antiguo se apreció escarpes recientes, con longitudes entre 100 a 200 m, con saltos desde milimétricos hasta de 50 cm, con aperturas entre 40 a 50 cm. (fotos13, 14 y15), como también agrietamientos del terreno



Fotos 13 y 14. En vista de la izquierda se muestra el desplazamiento horizontal y vertical que tiene el terreno, en la derecha, los agrietamientos del terreno



Foto 15. Agrietamiento del terreno, ubicado sobre el poblado de Pampamarca

Los agrietamientos del terreno se muestran a lo largo de la parte superior del deslizamiento, tienen aperturas milimétricas con longitudes hasta de 100 m.

Sectores afectados

- a) Centro Educativo N° 32234 – Illathupa: este local fue abandonado en el año 2008, por presentar asentamientos y agrietamientos en el piso, las paredes están rajadas, las losas deportivas y tribunas se encuentran agrietadas (fotos 16, 17).
- b) Nuevo Centro Educativo: este local en la actualidad está siendo afectado, se observan las paredes del cerco perimétrico que están colapsando (foto 18), como también paredes inclinadas sostenidas por los árboles (foto 19).
- c) El antiguo local de la posta médica fue abandonado en el año 2010, por presentarse agrietamientos en las paredes y pisos. En el actual local está pasando lo mismo (fotos 20 y 21).
- d) En el reservorio de agua potable su cerco perimétrico esta colpazando (foto 22)
- e) Viviendas en diferentes sectores del sector de Pampamarca, han colapsado (fotos 23 y 24), se aprecian nuevos agrietamientos en la parte superior del terreno (foto 23).



Foto 16. Se aprecia la escarpa en la parte posterior del centro educativo



Foto 17. Agrietamientos en loza deportiva y tribuna colapzada.



Foto 18 y 19 Pared inclinada del nuevo centro educativo y sostenida por los arboles de eucalipto.



Fotos 20 y 21. En la vista de la izquierda, piso con agrietamiento. Vista de la derecha, la loza está deformándose.



Foto 22. Perímetro del reservorio de agua potable colapsado.



Foto 23. Agrietamiento del terreno (A), y viviendas afectadas por el movimiento del deslizamiento (B).



Foto 24. Viviendas afectadas por el deslizamiento, se aprcia agrietamientos en las paredes (A), como también muro de contención inclinado (B), por efectos del empuje del terreno.

Entre el sector de las calles San Cristobal-Huánuco-2 de Mayo-28 de Julio (sector norte del poblado), no se observan movimientos del terreno en la actualidad, pero de darse el deslizamiento, por la acción mecánica del mismo movimiento va a tender a inestabilizar este sector.

De originarse un deslizamiento, la masa deslizada podría formar un flujo de detritos que llegaría represar al río Marañón.

DESLIZAMIENTO TINGO CHICO

El deslizamiento de Tingo Chico es de tipo rotacional, antiguo, presenta una escarpa de forma semicircular e irregular, con una longitud de 250 m. Se ha reactivado en el 2013.

Características del deslizamiento.

Como evidencia del deslizamiento antiguo tenemos la formación de lomeríos en el cuerpo del deslizamiento (foto 25) y escarpa antigua erosionada. Presenta escarpas secundarias con alturas entre 1 a 2 m (foto 26) y agrietamientos del terreno, en el cuerpo del deslizamiento se presentan bloques hasta de 1 m (foto 27).



Foto 25. Formación de lomeríos (A), escarpas secundarias (B) y agrietamientos (A).

Este deslizamiento ha afectado a la trocha de acceso a Pampamarca en un tramo de 250, por sectores se observan desniveles (foto 26).



Foto 26. Desnivel en la vía de acceso a Pampamarca (A) por efecto del movimiento del deslizamiento, se aprecia también el material suelto en la superficie del terreno.

En el periodo lluvioso del año 2014, el material suelto fue acarreado al cauce de la quebrada, alimentándola con material suelto. Por lo que se formó un flujo de detritos (se detalla posteriormente el flujo de la quebrada Tingo Chico).

4.2 CAÍDA

La caída es un tipo de movimiento en masa en el 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. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978). El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden y Varnes, 1996), es decir con velocidades mayores a 5×101 mm/s. (figura 6 a, b). Los acantilados de roca son usualmente la fuente de caídas de roca, sin embargo también puede presentarse el desprendimiento de bloques de laderas en suelo de pendiente alta.

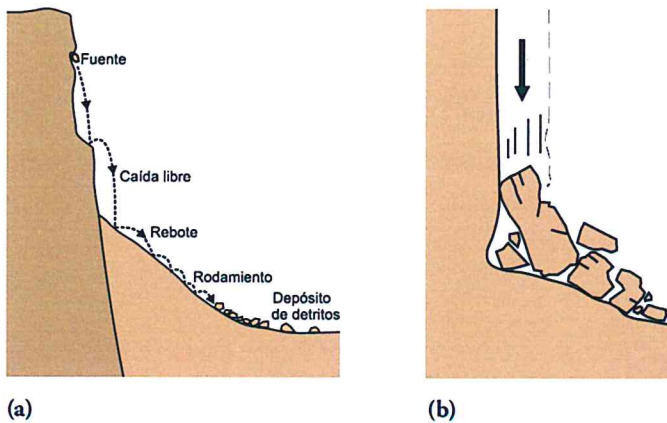


Figura 6. a) Esquema de la caída de rocas (b) Corominas y Yague (1997) denominan a este movimiento "colapso".

En el poblado de Pampamarca se apreció un evento tipo colapso o derrumbe, este evento se identificó en la parte superior del poblado de Pampamarca. Se caracteriza por presenta en una escarpa con una longitud de 20 m de forma irregular, con una altura de 10 m (foto 27).

Según versiones de los lugareños, en este sector se han presentado hasta tres eventos en los años 1975, 1986, y 2013, a raíz del evento 1986 se realizó forestación con eucaliptos con la finalidad de proteger al poblado (foto 28).

Durante el último evento de derrumbe, los fragmentos de roca presentaron tamaños predominantes entre 20 a 50 cm, llegando a tener hasta 3 m (foto 29).

Por versiones de los moradores, un bloque de roca proveniente del derrumbe, al momento de desplazarse, sobrepaso el área forestada y llegó hasta la zona urbana, afectando una vivienda, el bloque al impactar en la pared de la vivienda le ocasionó un agujero, este bloque de roca fue destruido después por los moradores (foto 30). La mayor cantidad de material proveniente del derrumbe fue retenido por los árboles (foto 31), que actuaron como una barrera natural.

En la actualidad, la pared de la escarpa aún muestra inestabilidad, apreciándose un substrato rocoso con poco fracturamiento, juntas abiertas, terreno con pendiente fuerte entre 50 a 60° (foto 32) que pueden ceder ante movimientos sísmicos o lluvias intensas.



Foto 27. Escarpa del derrumbe, hacia abajo se aprecia el poblado de Pampamarca.



Foto 28. Área forestada, sirvió como protección al poblado.



Foto 29. Tamaños de bloques de roca originados por el derrumbe.



Foto 30. Área de impacto del bloque de roca, proveniente del derrumbe, sobre la pared de una vivienda.



Foto 31. Material proveniente del derrumbe, retenido por los árboles de eucalipto.



Foto 32. Parte de la escarpa del derrumbe, en su talud se observan bloques de roca sueltos inestables.

4.3 FLUJOS

Se les denomina así porque durante su desplazamiento presentan un comportamiento semejante al de un fluido. Pueden ser rápidos o lentos, saturados o secos. Existen casos en que se originan a partir de otros tipos de procesos, como deslizamientos o desprendimientos de rocas (Varnes, 1978). Pueden transportar grandes volúmenes de fragmentos rocosos de diferentes tamaños. Pueden alcanzar grandes extensiones de recorrido, más aun si la pendiente es más elevada.

Según Hungr & Evans (2004) los flujos se pueden clasificar de acuerdo al tipo y propiedades del material involucrado, la humedad, la velocidad, el confinamiento lateral (canalizado o no canalizado, figura 7) y otras características que puedan hacerlos distinguibles. Por ejemplo se tienen flujos de detritos (huaycos), de lodo, avalanchas de detritos, de roca, etc. Las avalanchas de detritos son flujos de grandes dimensiones. Sus depósitos están usualmente compuestos por bloques grandes (métricos), aun cuando se puede encontrar en su matriz material fino derivado parcialmente de roca fragmentada e incorporada en la trayectoria (Hungr et al, 2001).

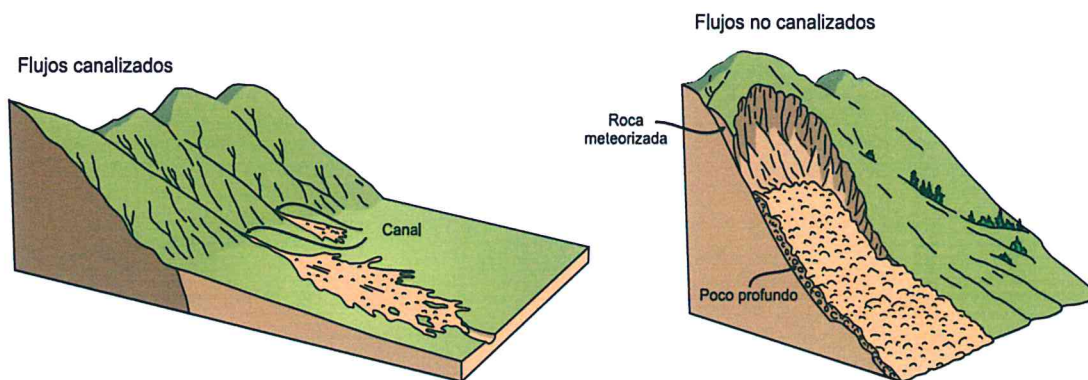


Figura 7. Esquema de flujos canalizados y no canalizados (Cruden y Varnes, 1996)

El potencial destructivo de los flujos está dominado por su velocidad y la altura alcanzada por el material arrastrado (Rickerman, 2005) siendo muy importante una caracterización detallada de los eventos, dato importante que nos dará una idea del grado de peligro al que está expuesta un área determinada.

En el área circundante al río Marañón, se han presentado flujos de detritos en ambas márgenes, se caracterizan por presentarse en forma de abanicos (fotos 9 y 33), los materiales que lo conforman son fragmentos de naturaleza metamórfica de formas subredondeadas a subangulosas.



Foto 33. Depósito de flujo de detritos en forma de abanico, margen derecha del río Marañón.

Los flujos circundantes al deslizamiento de Pampamarca son de menores dimensiones, que los provenientes de las quebradas Matacac (margen izquierda del río Marañón), y Tingo Chico (margen derecha). Los últimos han llegado a desviar al cauce del río de una margen a la otra, han estrechado el cauce del río (foto 34), como también han llegado en una ocasión a represar al río en forma temporal.



Foto 34. Abanico del flujo de detritos proveniente de la quebrada Tingo Chico, que hizo migrar al cauce del río Marañón de la margen izquierda a la derecha, en un tramo de 160 m (marcado líneas azules), estrechando al cauce del río. Se aprecia también el abanico antiguo marcado con líneas rojas que tiene una longitud de 370 m.

En la parte media-inferior de la quebrada Tingo Chico, se identificó un deslizamiento que aporta material suelto al cauce de la quebrada. Al generarse el flujo, en la desembocadura de la quebrada, formó un abanico de longitud de 200

m, que hizo desviar el cauce del río Marañón de derecha a izquierda. Ello ocasionó que las aguas del río erosionen la terraza de la margen derecha (foto 35). Esto afectó la carpeta asfáltica de la carretera La Unión-Huánuco en un tramo de 40 m.



Foto 35. Desembocadura de la quebrada Tingo Chico, se aprecia el depósito en forma de abanico, el estrechamiento del cauce del río, erosión fluvial en la margen derecha y parte del tramo de carretera afectado.

La quebrada Matacac, se ubica en la margen derecha del río Marañón, en ella se generó un flujo de detritos en marzo 2014 (foto 36), llegó a represar al río por un lapso de 4 días (según versiones de los lugareños), se formó una laguna, interrumpió el paso vehicular de la vía Huánuco-La Unión durante 4 días y destruyó dos viviendas (foto 36). El material al llegar a la desembocadura de la quebrada, llega a cubrir el puente hasta en una altura de 50 cm.



Foto 36. Se observa la desembocadura de la quebrada Matacac, y el abanico formado.

El material del flujo, está conformado mayormente por gravas, con es casos bloques de hasta de 1 m, en matriz arcillo-limosa, se muestra también restos de troncos de árboles. El material en la desembocadura tiene la forma de un abanico. En los lados laterales de la quebrada se observan varios derrumbes que alimentan con material suelto al cauce de la quebrada (foto 37).



Foto 37. Vista panorámica de la quebrada Matacac.

V. ÁREAS PROPUESTAS PARA LA REUBICACIÓN

En los trabajos de campo se realizó las evaluaciones de dos áreas propuestas para la reubicación. Estas áreas fueron designadas por las autoridades de Pampamarca.

5.1 SECTOR CONQUIE

Este sector se encuentra cerca de las inmediaciones del poblado de Pampamarca, a una altitud de 3500 m.s.n.m.

Morfológicamente se encuentra en la ladera de una montaña metamórfica. En este sector la ladera tiene pendiente baja 15° (foto 38) comprende un área de $75,800 \text{ m}^2$. Se aprecian afloramientos de roca metamórfica tipo esquistos (fotos 38 y 39).

El suelo está compuesto por arcillas, limos con algunas gravas, su espesor es variable llegando hasta de 30 cm (foto 39).

En la superficie del terreno se apareció una acequia sin revestimiento el cual debe ser replanteado (foto 40).

No se aprecian procesos de movimientos en masa en los alrededores, que pudieran afectar al sector.



Foto 38. Se muestra con círculos de color amarillo, los sectores donde se encuentran afloramientos de rocas metamórficas.

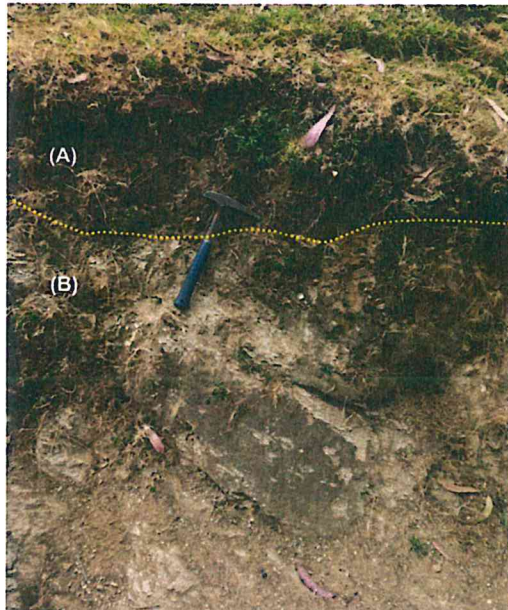


Foto 39. Dos imágenes de afloramientos de roca en el sector de Conque, en la izquierda no se muestran suelo, en la imagen derecha se muestra el suelo con espesor de 30 cm.



Foto 40. Acequia (A), sin revestimiento, que satura al terreno.

5.2 SECTOR DE CASHUACRO.

Se encuentra en la cima del cerro San Cristóbal a una altitud 4 025 m.s.n.m., comprende un área de 182,550 m². Para acceder al área es por camino de herradura, usando acémilas se llega en un tiempo de 30 minutos.

Morfológicamente se encuentra en la parte plana de la cima de una montaña metamórfica. Este sector presenta una pendiente muy baja, menor a 5° (Foto 41). Se aprecian afloramientos de roca metamórfica tipo esquistos (foto 42).

El suelo está compuesto por arcillas, limos con algo de grava, su espesor es variable llegando hasta de 20 cm.



Foto 41. Cima de la montaña del Cerro San Cristóbal, se muestra el terreno de baja pendiente.



Foto 42. Afloramiento de roca metamórfica

No se apreció procesos de movimientos en masa que pudieran afectar al sector.

5.2.1 Recomendaciones antes de habilitar las futuras área de reubicación:

- Reforestar los linderos del área a ocupar.
- Realizar un sistema de drenaje pluvial, para evitar las infiltraciones de agua al subsuelo.
- Hacer un sistema de alcantarillado adecuado, para no permitir la infiltración de agua al subsuelo. No debe arrojarse aguas servidas al terreno.
- Hacer un estudio de suelo para determinar el tipo de cimentaciones que van a tener las futuras viviendas.

VI. MEDIDAS CORRECTIVAS

Para fines preventivos de la población ubicada dentro del cuerpo del deslizamiento reactivado, tiene que ser reubicar en las áreas seleccionadas.

Con la finalidad de controlar los movimientos del deslizamiento y no llegue a represar al río Marañón se tiene que realizar lo siguiente:

- Monitorear permanentemente el deslizamiento con método topográfico, de ser necesario se haría el instrumental, con el proposito de saber su tasa de movimiento.
- Reforestar con plantas nativas toda el área.
- Hacer estudios de geofísica, con la finalidad de determinar el verdadero espesor de la masa inestable o masa móvil y la posible agua subterránea. Con ello se podrán realizar los drenajes subterráneos.
- Hacer un canal de coronación, para evitar la infiltración de agua proveniente de la parte alta. Para ello se debe realizar un estudio según corresponda.
- En el cuerpo del deslizamiento hacer un drenaje en tipo espina de pescado con la finalidad de evitar la infiltración de agua hacia el cuerpo del deslizamiento (figura 8).
- Realizar un sellado de grietas, en forma técnica, con la finalidad de evitar la infiltración de agua pluvial hacia el subsuelo.

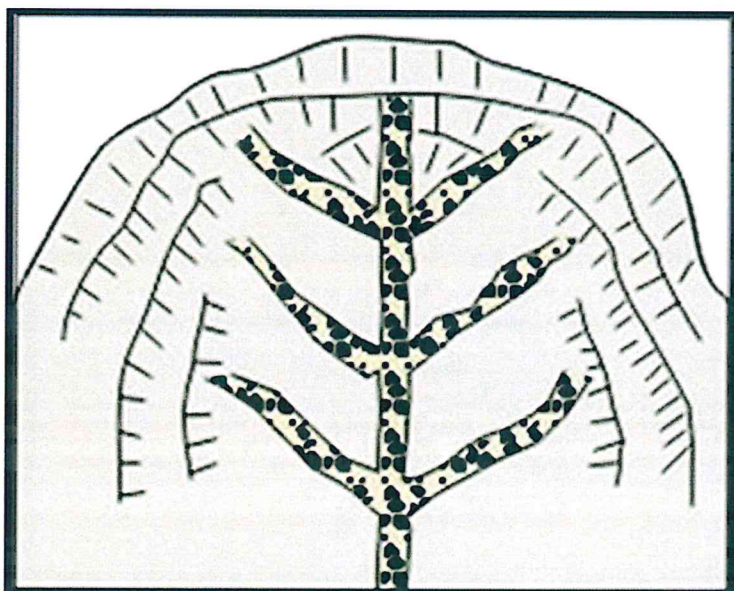


Figura 8. Dren en tipo espina de pez (medida aplicada solo para deslizamiento)

Para los flujos de detritos y erosiones de ladera

- Se debe reforestar con la finalidad de detener la erosión retrogresiva del proceso de erosión en cárcavas que conllevan a la generación de deslizamientos y derrumbes de pequeña escala, como también a generación de flujos. Figura 9.
- En el cauce de las quebradas se deben construir muros disipadores, con el objetivo de reducir el volumen y atenuar la velocidad del flujo que se pueda dar (figura 10 y 11).
- No permitir el crecimiento urbano en las terrazas formadas por las quebradas.
- Construcción de barrera, rellenos y cortacorrientes. Construir obras complementarias hidráulicas y control, mediante diques transversales como trinchos de madera, de enrocado o gaviones (figura 10). El objetivo de estas medidas, es disminuir la energía del agua, retener sedimentos para estabilizar la cárcava y proceder a sembrar vegetación.

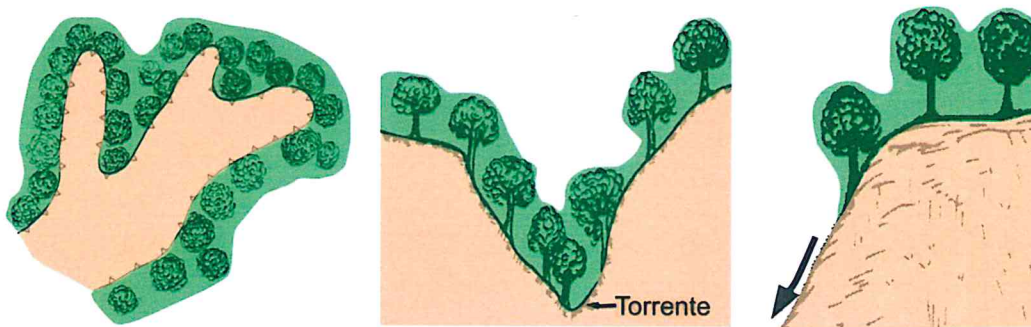


Figura 9. Obras de forestación en zonas de carcavamiento.

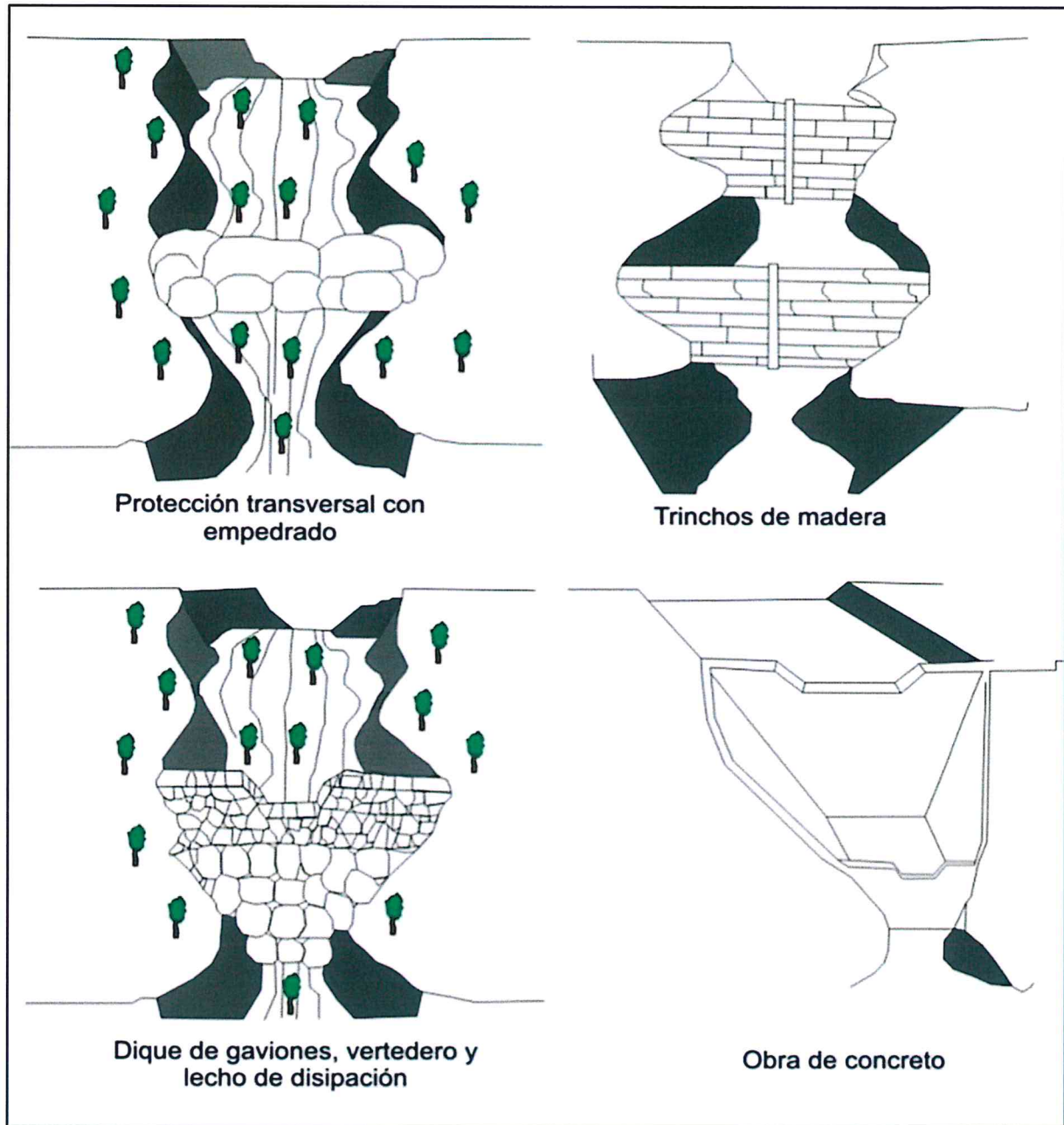


Figura 10. Obras hidráulicas transversales para cárcavas, fijación de sedimentos y protección de desaguaderos naturales (Tomado de Instituto Nacional de Vías-Colombia-1998).

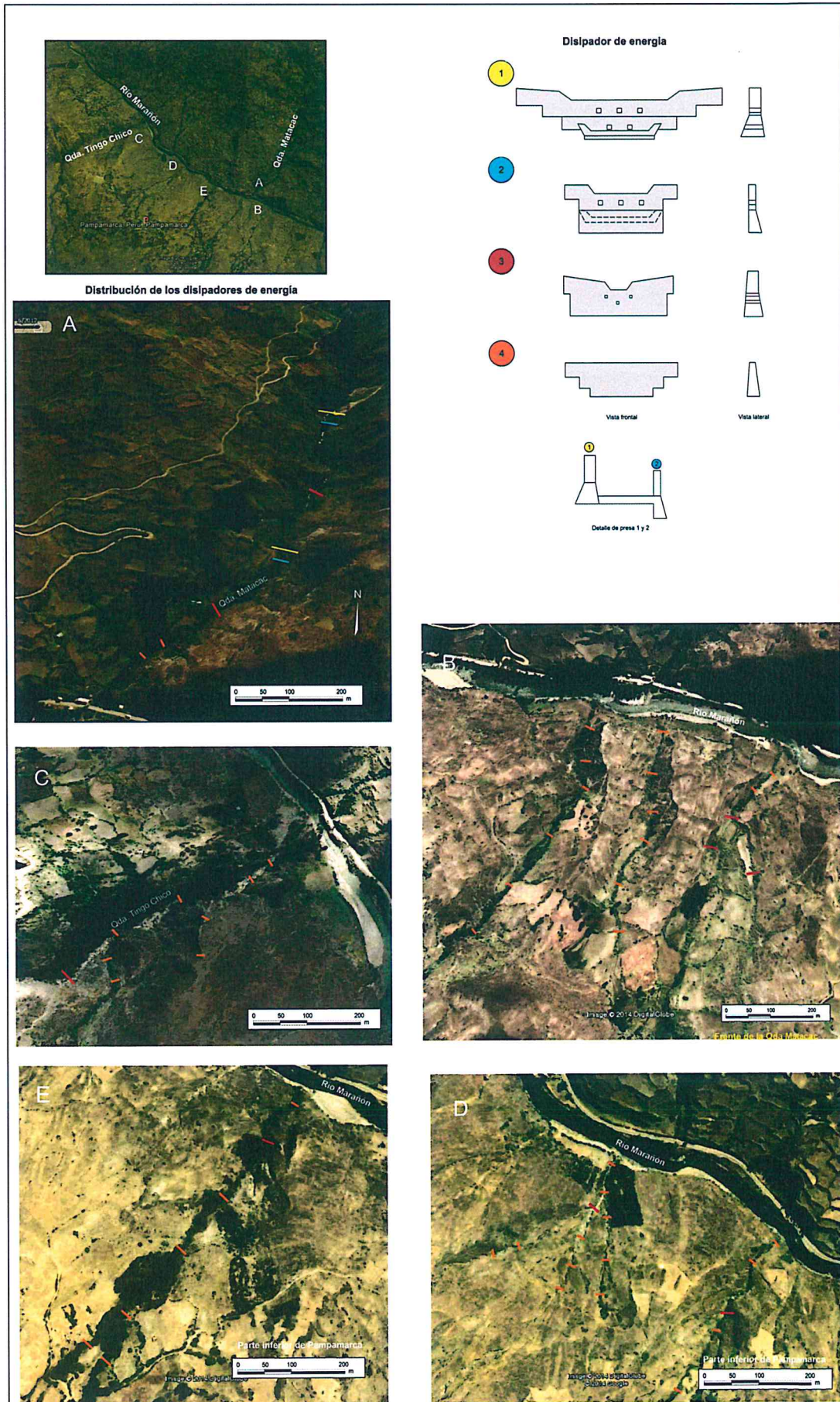


Figura 11. Esquema ilustrativo para construcción de muros disipadores de energía.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- a) En el sector de Pampamarca, se han generado reactivaciones de un deslizamiento antiguo, que están afectando viviendas, infraestructura educativa, salud y vial. Por fines de prevención es necesario que la población sea reubicada.
- b) Se realizaron las evaluaciones de los sectores propuestos para la reubicación de la población, sector de Conque y Cashaucro, en los cuales no se mostraron movimientos en masa. Para ser habilitadas se tienen que tener en cuenta las recomendaciones dadas en el ítem 5.2.1.
- c) Las reactivaciones del deslizamiento se están manifestando a manera de deslizamientos rotacionales. La forma mecánica es de avance retrogresivo, manifestado por los agrietamientos del terreno ubicados en la parte superior del área reactivada.
- d) De darse el deslizamiento, aparte de afectar al poblado, podría represar al río Marañón e interrumpiría la vía principal Huánuco-La Unión.
- e) Se identificó un derrumbe, que llegó a afectar a una vivienda, el área de arranque aún sigue inestable, se muestran bloques sueltos que pueden ceder ante un movimiento sísmico o lluvias intensas. Es necesario desatar o desquinchar los bloques sueltos.
- f) Las rocas aflorantes en los alrededores de Pampamarca son de tipo metamórficas como esquistos, se encuentran medianamente fracturadas y meteorizadas, son de mala calidad.
- g) Para evitar la infiltración de agua al subsuelo es necesario:
 - Construcción de un canal de coronación.
 - Sellado de grietas.
 - Canalizar los puquiales.
- h) Hacer un estudio geofísico con la finalidad de determinar el espesor de la masa inestable, como también la posible presencia de agua subterránea. De acuerdo a esto se podrá programar un drenaje subterráneo.
- i) Reforestar con plantas nativas o de raíces profundas.
- j) En las quebradas se tienen que construir muros disipadores de energía, con la finalidad de aminorar la carga y energía del flujo. Esto debe ser diseñado por un especialista.

BIBLIOGRAFÍA

Benavente, C. (2007). *Evaluación de Peligro Geológico en el sector de Challa*. Provincia Tarata-Tacna. INGEMMET. Informe Técnico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. 12 Págs.

Calderón, R. (2014). *Informe de Evaluación del I.E. N° 32234 PAMPAMARCA*. Informe N°059-201-PR/OCD Y SC_SADAM-D_BAPV/ER. Gobierno Regional de Huánuco. 22 Págs.

Cobbing, J., Sánchez, A., Martínez, S. y Zarate, H. (1996). *Geología de los Cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquián y Yanahuanca*. INGEMMET. Serie A: Carta Geológica Nacional. Boletín N° 76. Págs. 292

Corominas Dulcet, J., y García Yagué A., (1997), *Terminología de los movimientos de laderas*, en Memorias, IV Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables, Granada, España, p. 1051–1072.

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.

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.

Hungr, O., Evans, S. G., Bovis, M., y Hutchinson, J. N., (2001), *Review of the Classification of landslides of the flow type: Environmental and Engineering Geoscience*, v. 7, p. 221–238.

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS - COLOMBIA (1998). *Manual de estabilidad de taludes – Geotécnia Vial*. Ministerio de Transportes – Instituto Nacional de Vías. Colombia. 340 Págs.

Mendoza, A. (2014), Verificación Geológica y Geodinámica – Mejoramiento de la Capacidad Operativa de la Posta de Salud de Pampamarca Micro Red de Yarowilca-DISA-Huánuco. Resumen Ejecutivo. Gobernación de Pampamarca. 14 Págs.

Mendoza, A. (2014), Evaluación Geológica y Geodinámica – Mejoramiento de la Capacidad Operativa de la Posta de Salud de Pampamarca Micro Red de Yarowilca-DISA-Huánuco. Gobernación de Pampamarca. 31 Págs.

Picón, L. (2013) Informe de Emergencia sobre el Derrumbe de Infraestructura Educativa N° 32234 Illatupa de Pampamarca". Municipalidad distrital de Pampamarca-Yarowilca-Huánuco. 14 Págs.

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.

Rickenmann, D. (2005). *Debris flows and risk assessment*. Report for the Swiss Federal Office for Water and Geology. University of Natural Resources and Applied Life Sciences and Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (WSL). Birmensdorf

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.

Zavala, B., Vilchez, M., R. (2006). **Estudio de Riesgos Geológicos en la Región Huánuco**. INGEMMET. Dirección de Geología Ambiental. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica. Boletín N° 34. 174 Págs.

http://www.ingemmet.gob.pe/Documentos/Geologia/ZonasCriticas/Regiones/Zonas_Criticas_Huanuco.pdf

Zavala, B., Vilchez, M., R. (2006). **Zonas Críticas por peligros geológicos en la Región Huánuco**. Reporte Preliminar. INGEMMET. Dirección de Geología Ambiental. 39 págs.

http://www.ingemmet.gob.pe/Documentos/Geologia/ZonasCriticas/Regiones/Zonas_Criticas_Huanuco.pdf