

Informe Técnico N° A6589

Inspección Técnica:  
**Deslizamiento - Flujo  
de tierra en la  
Comunidad Campesina  
Astobamba**

Distrito de Cajatambo, Provincia de Cajatambo, Región Lima



POR:

ING. GRISELDA LUQUE P.  
ING. MALENA ROSADO S.

ENERO 2012

## **CONTENIDO**

<b>1.0</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2.0</b>	<b>ASPECTOS GENERALES</b>	<b>1</b>
<b>3.0</b>	<b>ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS Y GEOLÓGICOS</b>	<b>5</b>
	3.1 Aspectos Geomorfológicos	<b>5</b>
	3.2 Aspectos geológicos	<b>6</b>
<b>4.0</b>	<b>PELIGROS GEOLÓGICOS:</b>	<b>10</b>
	4.1 Deslizamiento	<b>10</b>
	4.2 Flujo de tierra	<b>16</b>
<b>5.0</b>	<b>CONDICIONES ACTUALES EN LA LADERA DEL CERRO YURAJIRCA QUE AFECTA CANAL Y MEDIDAS CORRECTIVAS</b>	<b>32</b>
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>37</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>38</b>



# **INSPECCIÓN TÉCNICA DEL DESLIZAMIENTO-FLUJO DE TIERRA EN LA COMUNIDAD CAMPESINA ASTOBAMBA**

**Distrito de Cajatambo, Provincia de Cajatambo, Región Lima**

## **1.0 INTRODUCCIÓN**

El Presidente de la Comunidad Campesina de Astobamba Sr. Edwin Vivar Camacho, solicitó el apoyo al Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), en relación a los peligros geológicos que viene ocurriendo en dicha zona. Pedido que fue, formalizado por la Municipalidad Distrital de Cajatambo, con Oficio N°025-2011-P-CCA.

Luego de las coordinaciones con la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, se dispuso que las Profesionales Griselda Luque y Malena Rosado (quienes se encontraban cerca de la zona afectada), realizaran una evaluación técnica del evento (movimiento en masa) ocurrido en el cerro Yurajirca, localidad de Astobamba y Distrito de Cajatambo, Provincia de Cajatambo, Lima. Dicha inspección de campo se realizó conjuntamente con el Presidente de la comunidad campesina y algunos regidores, los días 03 y 04 de Diciembre del 2011.

Este informe se pone en consideración de las Autoridades regionales y locales con injerencia en el ámbito de la Municipalidad Distrital de Cajatambo. Se basa en las observaciones de campo realizadas durante la inspección, interpretación de fotos aéreas e imágenes satelitales, versiones de los lugareños, así como de la información disponible de trabajos realizados anteriormente en el área de estudio.

## **2.0 ASPECTOS GENERALES**

La zona de estudio se ubica en la parte occidental de la cordillera de los Andes, a 3350 m.s.n.m. a 800 m. al sur del poblado de Cajatambo. El sector donde se presenta el movimiento en masa, se localiza en la comunidad campesina Astobamba, jurisdicción del distrito de Cajatambo, provincia de Cajatambo, región Lima (Figura 01).

El acceso desde Lima hasta la zona evaluada, se realiza por la Panamericana Norte (vía asfaltada) hasta Pativilca (Km 202), tomando el desvío, hacia el Este, hasta el poblado de Huayto (tramo asfaltado) a 16 km de Pativilca. De este punto hasta Astobamba, se sigue por carretera afirmada (aproximadamente 125 km), bordeando el río Pativilca y Cuchichaca. El viaje dura alrededor de 8 horas. También se puede llegar a Astobamba por Cerro de Pasco, por la trocha carrozable hasta Andacancha, para continuar hacia el oeste por carretera afirmada, pasando por el Abra Uchuc Chacua hasta Oyon. De Oyon. Se continúa por la trocha carrozable hasta Cajatambo, con un recorrido de aproximadamente 7 horas.

La comunidad campesina de Astobamba, habitan más de 116 familias. Según el plano Catastral elaborado por COFOPRI el año 2006, cuenta con 13 Manzanas y 127 lotes, ocupando un área total de 47,743.72 m<sup>2</sup>. Según el Censo, 2007 (INEI) esta comunidad posee una población aproximada de 234 habitantes en 92 viviendas. Cuenta con servicios básicos de luz, agua potable y teléfono público.

El anexo de Astobamba, accede a servicios médicos, policiales y legales desde la capital provincial Cajatambo. Foto 01.

La población en un 90% se dedica a actividades agrícolas, como cultivos de maíz, papa y otros, principalmente en las partes altas del anexo de Astobamba y Cajatambo. El otro 10% se dedica a labores de ganadería como la crianza de ganado vacuno.

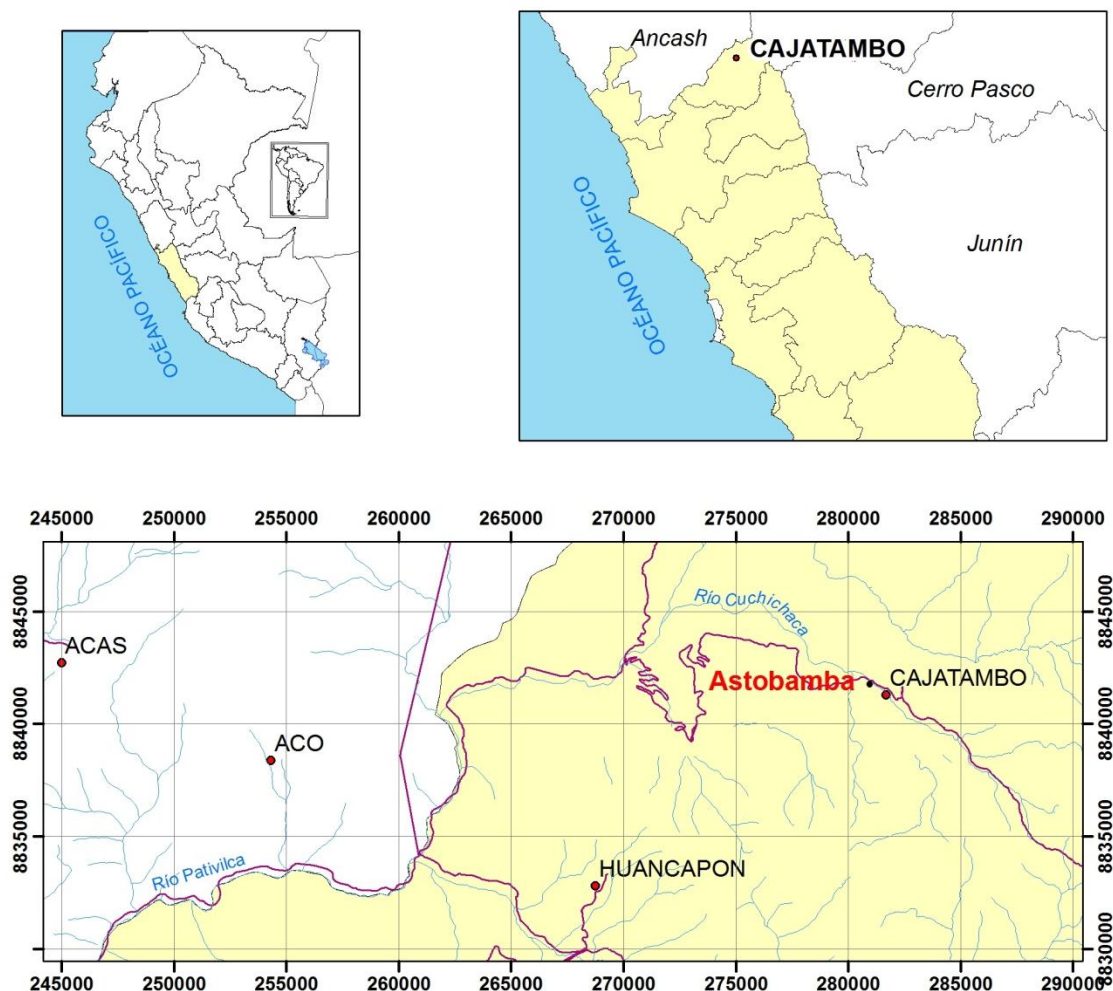


Figura 01. Ubicación de la comunidad campesina Astobamba



Foto 01: Vista del poblado Astobamba, en la margen izquierda de la quebrada Shapil, al frente el poblado Cajatambo.

Las precipitaciones pluviales en la zona son de tipo estacional, con mayor intensidad entre los meses de diciembre a abril. Según el mapa de precipitaciones de SENAMHI (2003), las lluvias acumuladas para el período lluvioso normal setiembre-mayo (alcanzan entre 400 a 700 mm por año). Mientras que en presencia del fenómeno El Niño varía entre 600 a 800 mm por año. Figura 02.

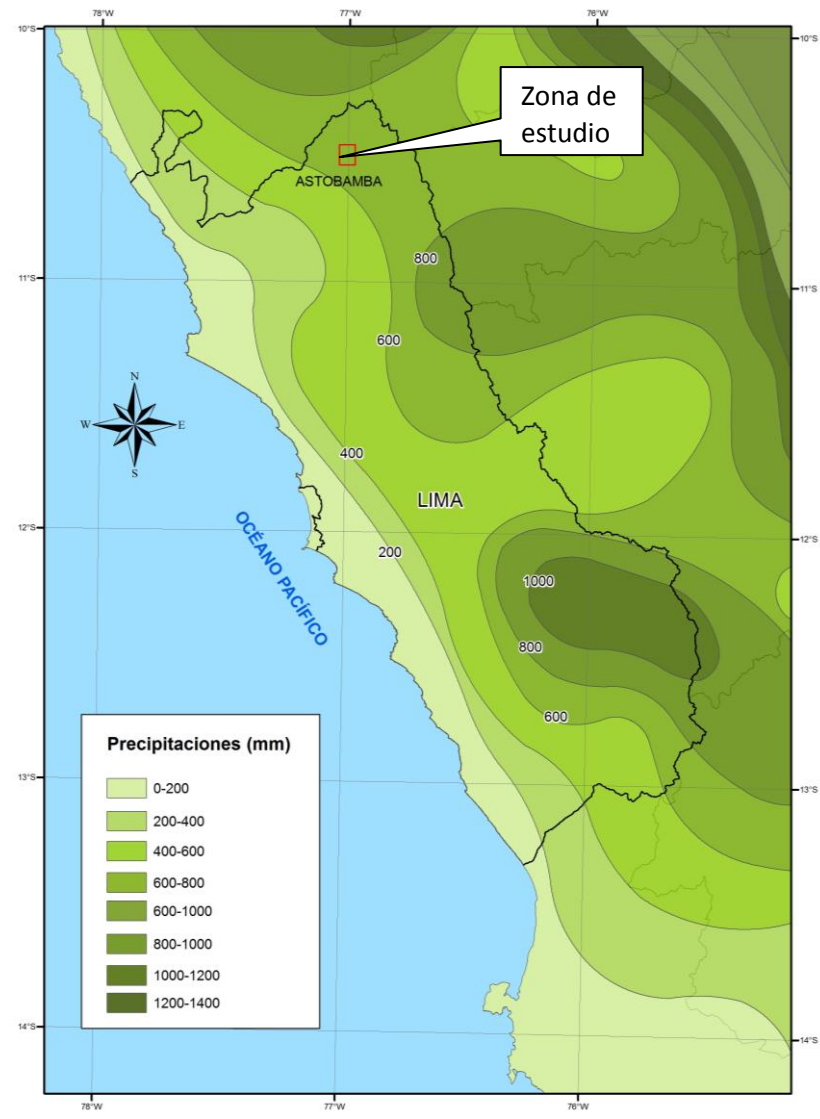
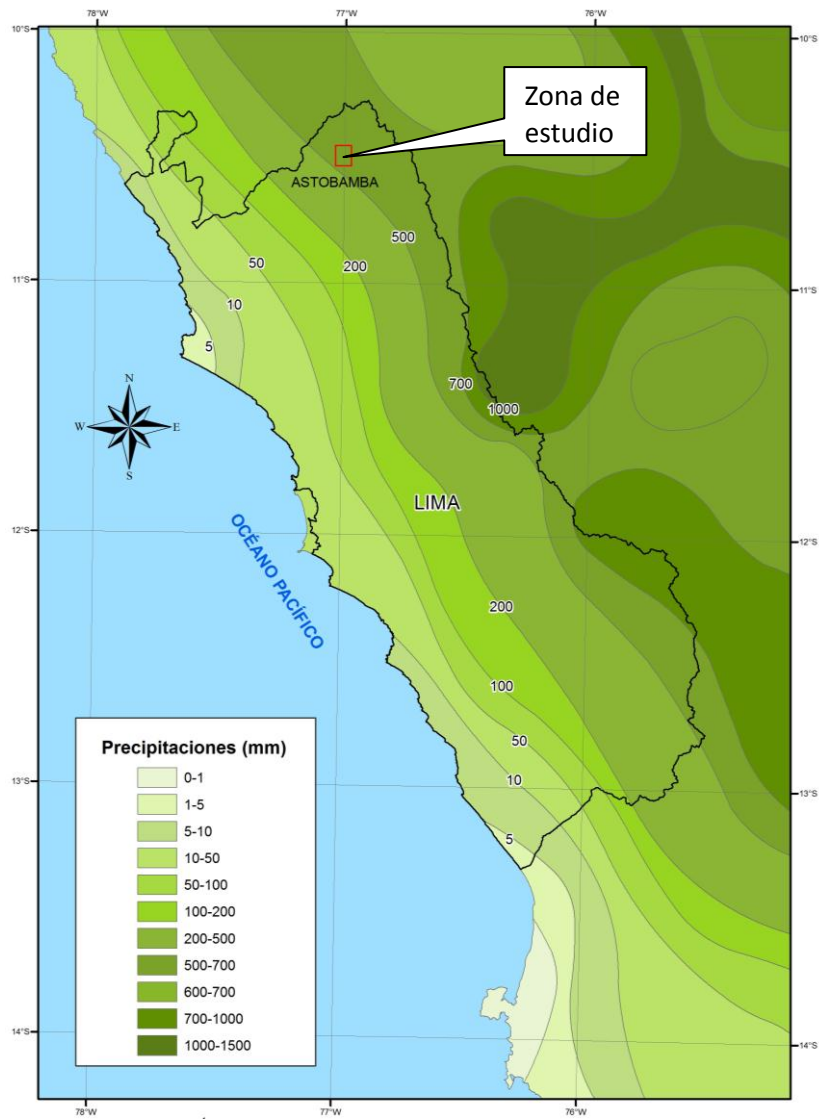


Figura 02. Isoyetas de precipitación en años normales (izquierda) y en presencia de El Niño 1998 (derecha). Fuente SENAMHI, 2003.



### 3.0 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS Y GEOLÓGICOS

#### 3.1 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

La comunidad campesina Astobamba se ubica arriba de los 3350 m.s.n.m., en la margen izquierda del río Shapil, sobre depósitos superficiales recientes de origen aluvial y rodeada de alineamientos montañosos y colinosos formados en rocas volcánicas y con pendientes mayores a 35°. El estrecho cauce del río Shapil discurre con pendientes bajas menores a 5°, presentando procesos erosivos sobre las laderas y terrazas en ambas márgenes de la quebrada.

La ladera afectada presenta escarpas irregulares, escalonadas y paralelas; que vienen siendo modificadas por las actividades agrícolas (chacras). Es importante mencionar, que su morfología es típica de un deslizamiento antiguo (depósito deluvio - coluvial). Esta geoforma es cruzada por un canal de irrigación, de sección transversal 50 x 40 cm que discurre de norte a sur (Ver Foto 02).



Foto 02: Vista del poblado Astobamba, Mo: relieve de montañas en rocas volcánicas del grupo Calipuy, T: Terraza aluvial, D-Co: depósito coluvio-deluvial.

### 3.2 ASPECTOS GEOLÓGICOS

A nivel regional afloran rocas de origen sedimentario y volcánico (Figura 03), que vienen desde el Jurásico superior al Cuaternario reciente. También se puede observar, en los alrededores de la zona afectada, rocas intrusivas (Riodacita). A continuación presentamos de manera resumida, una descripción de las principales formaciones geológicas que afloran en el sector de Astobamba:

Formación Carhuaz: Secuencias areniscas cuarzosas de color rosáceo intercaladas con limoarcillitas, afloran en la margen izquierda de la quebrada Shapil.

Formación Casapalca (KsP-ca): Consiste de areniscas y margas de colores rojo y verde, con algunos lechos de conglomerados y ocasionales calizas grises. Esta secuencia de areniscas se encuentra de moderada a altamente meteorizada en ambas márgenes de la quebrada Shapil, por encima del poblado Cajatambo; susceptible a la ocurrencia de derrumbes y erosión de laderas. Ver Foto 03.



Foto 03: Vista del relieve conformado por rocas sedimentarias de la formación Casapalca, en ambas márgenes de la quebrada Shapil.

Grupo Calipuy: Compuesta por tobas litoclásticas (presenta líticos subangulosos de 5 a 8 cm) y pómez. Es de composición principalmente andesítica (Foto 04). Tiene una topografía irregular, las rocas se encuentran ligeras a moderadamente alteradas y medianamente fracturadas. Afloran en el cerro Yurajirca,





Foto 04: Vista del afloramiento de rocas volcánicas del Grupo Calipuy, cerca de la cima del cerro Yurajirca (izquierda). En la vista derecha bloque aislado de aproximadamente 1,2 m de diámetro.

Deposito Aluvial: Son depósitos semiconsolidados, compuestos de bloques y gravas, de forma subredondeadas a redondeadas, heterogéneas, englobados en matriz areno-limosa, se encuentran erosionados por el cauce actual de la quebrada Shapil. Conforman terrazas en ambas márgenes de la quebrada.

Deposito Coluvio-deluvial: Son depósitos de piedemonte de diferente origen (gravitacional y fluvio-gravitacional), que se acumulan en vertientes o márgenes de los valles como también en laderas superiores; en muchos casos son resultado de una mezcla de ambos. Su distribución mayormente es caótica al pie de los taludes, constituyen talus de escombros, detritos de ladera, pie de monte. En antiguas áreas de movimientos en masa y al realizar modificaciones en sus taludes son susceptibles a reactivaciones, como es el caso de Astobamba (foto 05).



Foto 05: Vista de depósitos coluvio-deluviales en ladera NE del cerro Yurajirca.

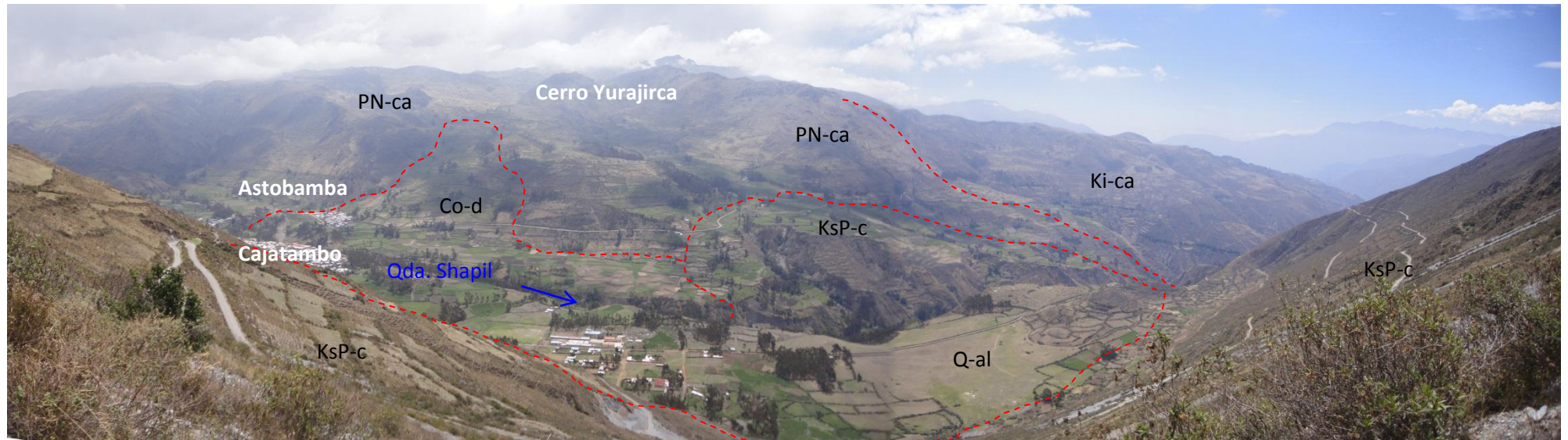


Foto 06: Vista panorámica, donde se observa la geología de la zona evaluada, PN-ca: Grupo Calipuy, Co-d: Depósito coluvio-deluvial donde se ha reactivado el deslizamiento-flujo de tierra, KsP-c: Formación Caspalca, Ki-ca: Formación Carhuaz, las secuencias de areniscas sobreyacen a las tobas del Grupo Calipuy, Q-al: Depósitos aluviales, en ambas márgenes de la quebrada Shapil, forman terrazas que han sido ocupadas por terrenos de cultivo y viviendas del poblado Cajatambo y Astobamba.



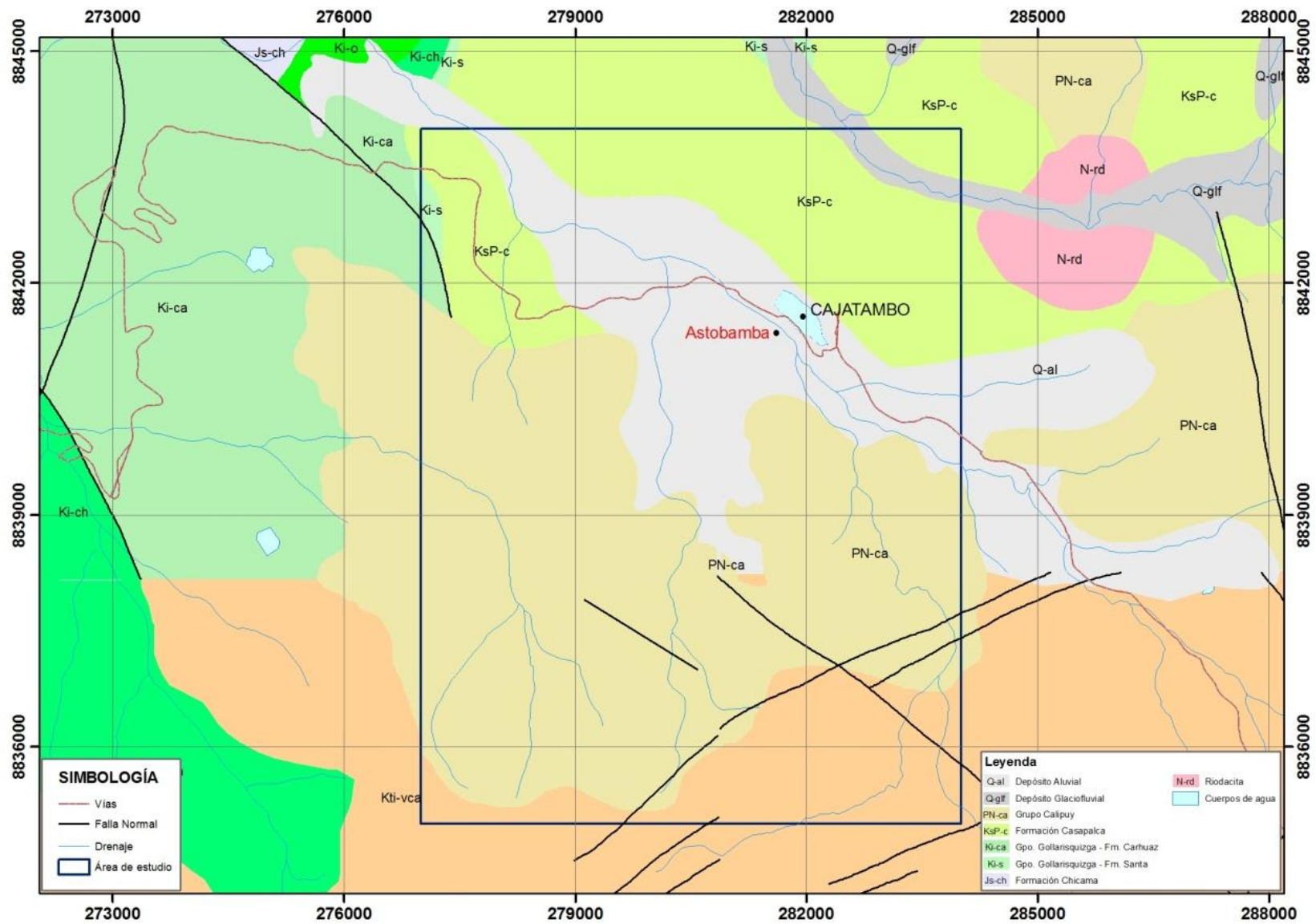


Figura 03: Mapa Geológico de la comunidad campesina Astobamba. Fuente: INGEMMET, 1996.



## 4.0 PELIGROS GEOLÓGICOS

Durante la inspección técnica en la zona de Astobamba, se pudo determinar la ocurrencia de un movimiento en masa de tipo deslizamiento - flujo, con origen en la ladera noreste del cerro Yurajirca (Figura 05). Las características de avance sugieren, que este se comporta como un **flujo de tierra** lento, principalmente en el cuerpo y pie del deslizamiento – flujo. Se ha cartografiado, en la cabecera del deslizamiento, una antigua avalancha de rocas, también erosión fluvial en ambos márgenes de la quebrada Shapil, y cárcavas en las cabeceras de las quebradas Shapil y Tabin, evidenciando gran actividad geodinámica en la zona.

### 4.1 DESLIZAMIENTO DE ASTOBAMBA

Un deslizamiento es un movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante. En la clasificación de Varnes (1978), se diferencian los deslizamientos, según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en dos tipos: traslacionales y rotacionales.

Para el caso de Astobamba, se trata, en un inicio, de un deslizamiento rotacional (Figura 04), en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. Los movimientos en masa rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una contrapendiente en la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal y ocurren en rocas poco competentes. Las tasas de movimiento son con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas. Los deslizamientos rotacionales pueden ocurrir lenta a rápidamente, con velocidades menores a 1 m/s. (PMA:GCA, 2007).

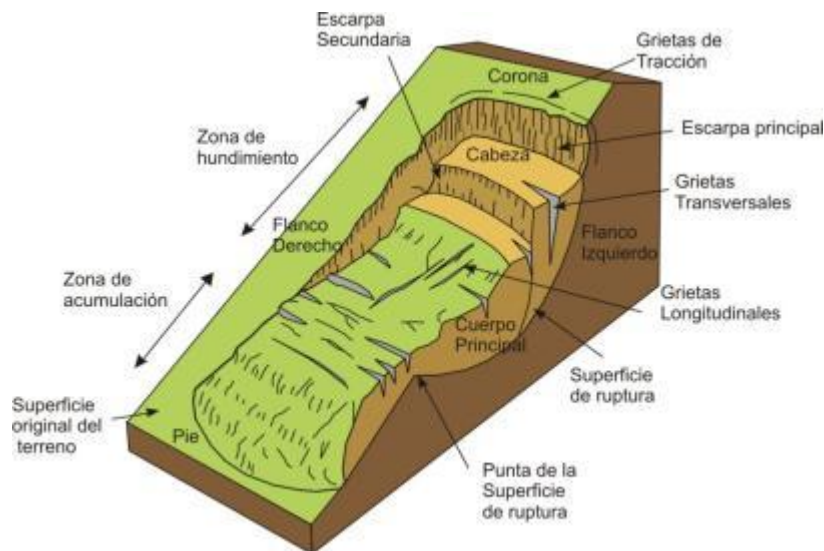


Figura 04. Esquema típico de un deslizamiento rotacional (USGS, 2007).

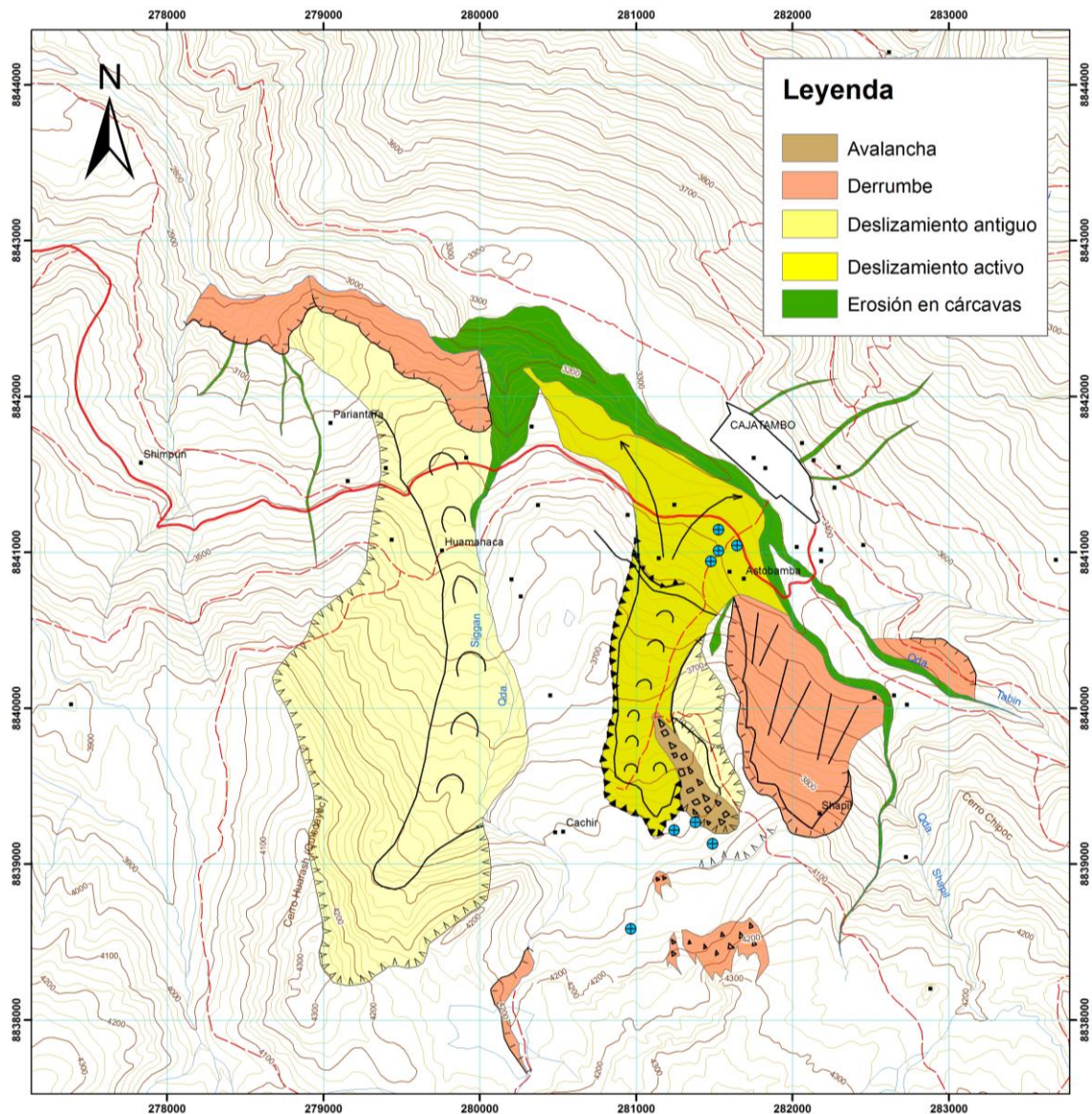


Figura 05: Geodinámica y procesos activos en la comunidad campesina Astobamba.

Como ya se determinó, el movimiento en masa inicial, que afecta Astobamba es de tipo deslizamiento rotacional antiguo, reactivado hace más de 10 años en la margen izquierda de la quebrada Shapil, en una ladera de pendiente variable ( $25^{\circ}$  a  $35^{\circ}$ ). Su actividad es progresiva, de velocidad lenta e involucra suelos de tipo grava – arcillosa, producto de la meteorización de rocas volcánicas (Grupo Calipuy) removidos por el deslizamiento antiguo. La ladera afectada presenta escarpas irregulares, paralelas y escalonadas. Los materiales del deslizamiento antiguo sobrepasaron el cauce antiguo de la quebrada Shapil, extendiéndose hacia una terraza en la margen derecha donde se encuentra ubicado el poblado de Cajatambo (Fotos 07, 08, 09, 10 y 11).

El deslizamiento – flujo, en la actualidad, está desviando el cauce de la quebrada Shapil hacia el NE, pudiendo ocasionar problemas en la margen derecha de la quebrada.

Testimonios de los pobladores aseguran que en el pie del deslizamiento se localizaba un antiguo bofedal u oconal, presencia que corrobora que

una de las causas principales del movimiento es el agua (lluvias y filtraciones). Evidencias de movimiento reciente se observan en la plataforma de la carretera, en forma de irregularidades y asentamientos.

Este sector es ocupado principalmente por áreas de cultivo, abarca una extensión de aproximadamente 2000 m de longitud en la base y 900 m, en la parte superior, entre 3900 y 3300 m.s.n.m.

#### Factores Condicionantes y Detonantes:

Usualmente, en los Andes, los movimientos en masa son detonados por el clima (intensas precipitaciones, movimientos sísmicos y por causas antrópicas (malas técnicas en riego, modificación de pendiente en laderas, deforestación, etc.). De esta manera las condiciones naturales del terreno (suelo o roca), expresadas en su grado de fracturamiento, alteración o meteorización y pendiente; se ven afectadas por lluvias cortas e intensas, o prolongadas; por la vibración sísmica originada por sismos (locales o por subducción), o la modificación del talud para efectuar un corte para un canal o carretera.

En el caso particular de Astobamba, el deslizamiento fue condicionado por:

- La fuerte pendiente del talud en ladera del cerro Yurajirca. Visto de perfil muestra una ladera con 25 - 35° de pendiente.
- El fracturamiento en las rocas volcánicas existentes, y su grado de alteración.
- Presencia de manantiales en la parte alta de la ladera.

Como evento detonante se puede señalar, las fuertes precipitaciones, que saturaron los materiales involucrados e incrementando el caudal de las filtraciones.

En el cuerpo del deslizamiento reactivado, se han identificado agrietamientos recientes en el costado nororiental. Así mismo, la masa deslizada continúa moviéndose hacia el valle, como un flujo de tierra y/o reptación de suelos, debido a la sobresaturación de los mismos. Además en el pie del deslizamiento antiguo, se presenta socavación lateral del río y reptación de suelos, que causan pequeños deslizamientos que podrían represar el río.





Foto 07: Deslizamiento rotacional en la margen izquierda de la quebrada Shapil.



Foto 08: Escarpa del deslizamiento (D) reactivado junto al depósito de una avalancha de rocas antiguo (A).

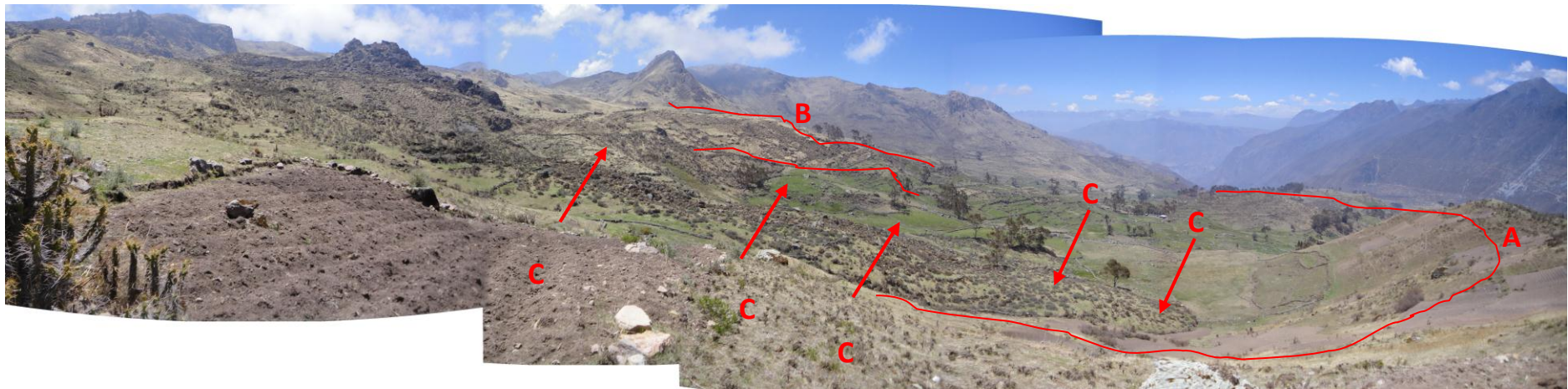


Foto 09: Vista panorámica que evidencia la intensa actividad geodinámica en las partes altas de Astobamba. Se observa el escarpe de un deslizamiento antiguo de fuerte declive (A); al fondo, una superficie escalonada del terreno (escarpes), que reflejan un antiguo deslizamiento (B); y un depósito de avalancha – flujo de rocas (C).





Foto 10: Vistas de la escarpa antigua del deslizamiento, junto al depósito de avalancha de rocas



Foto 11: Vista de asentamiento y grietas transversales en la parte alta de la comunidad Astobamba.



## 4.2 FLUJOS DE TIERRA

Son movimientos en masa intermitentes, rápidos o lentos, de suelo arcilloso plástico. Los flujos de tierra desarrollan velocidades moderadas, con frecuencia de centímetros por año, sin embargo, pueden alcanzar valores hasta de metros por minuto. El volumen de los flujos de tierra puede llegar hasta cientos de millones de metros cúbicos. Las velocidades medidas en flujos de tierra generalmente están en el intervalo de  $10^{-5}$  a  $10^{-8}$  mm/s, y por tanto son generalmente lentos o extremadamente lentos. (PMA: GCA, 2007).

En la actualidad, viviendas, infraestructura y terrenos de cultivo, de la comunidad campesina de Astobamba, están afectadas por un movimiento en masa denominado **Flujo de tierra**. Cuyos movimientos se relacionan a la temporada de lluvias, así como el mal uso de la aguas de regadíos posiblemente en los terrenos de cultivo de las partes altas.

Este movimiento viene ocurriendo desde el año 2007 y manifestaciones de los pobladores, mencionan que empezaron con agrietamientos en algunas viviendas de la comunidad, a partir del sismo de Pisco (2007).

Se observa en el cuerpo del deslizamiento antiguo, una escarpa semicircular con un salto vertical entre 4-6 m que continúa en forma irregular, el cual es reactivado en forma de flujo de tierra.

El cuerpo del deslizamiento – flujo de tierra, engloba material vegetal (cultivos, pastizales y arbustos), suelo coluvial - deluvial que incluye fragmentos de roca de diferentes tamaños entre cantos, bloques y fragmentos angulosos de roca volcánica (25-30%) en una matriz areno arcillosa (70-75%), parcialmente saturado por sectores, con algunos “ojos” de agua.

El movimiento es activo y latente, con actividad progresiva. Este deslizamiento - flujo es de velocidad muy lenta; pero lluvias intensas puede acelerar el evento y en su proceso podría embalsar la quebrada Shapil. En el cuerpo se pueden distinguir procesos combinados de asentamientos de terreno, saltos en la corona principal y escarpas secundarias, agrietamientos, reptación en la parte media e inferior del depósito afectando un 80 % de las viviendas de la comunidad Astobamba. (Fotos 12, 13 y 14).

La pendiente promedio del área es de 30° y el desnivel entre la zona de arranque (3900 m.s.n.m.) y la zona del depósito o pie (3300 m.s.n.m.) es de 600 m.

Localmente está cubierta por un manto coluvial delgado de 2 a 3 m de espesor y restos de antiguos deslizamientos.



Foto 12: Vista panorámica del flujo de tierra que afecta viviendas de la comunidad Astobamba.



Foto 13: Vista panorámica del flujo de tierra que afecta viviendas y terrenos de cultivo de la comunidad Astobamba.



Foto 14: En la vista se aprecia el asentamiento de 60 cm, nótese detalle en el cerco de piedra.

De acuerdo con versiones de habitantes del lugar, el movimiento se viene presentando de manera muy lenta (aprox. desde el 2006). Parece que el más alto porcentaje de la masa que se movilizó proviene de la parte alta de la ladera situada sobre la cota 3550 y por debajo de un canal no revestido situado en la cota 3500 la que se relaciona con los factores detonantes de este evento. En base a los datos tomados en la inspección, las grietas se presentan principalmente al pie del fenómeno afectando gran parte de viviendas de Astobamba. Si en el año 2008 afectó aprox. el 20 % de estas viviendas (Valderrama, P., 2008) actualmente el 80% de viviendas de este sector presentan grietas y/o asentamientos de hasta 1 m de profundidad (Fotos 15 - 24). El detalle de las grietas identificadas en las viviendas de Astobamba se aprecia en el Mapa de Daños y Agrietamientos (Figura 06).



Foto 15: Vistas de grieta de 60 cm de profundidad y 12 cm de ancho, en el piso de la vivienda Lote 09, Manzana 12 de la comunidad Astobamba

En la inspección también se identificó evidencias de desplazamiento horizontal, donde se aprecia los listones de madera, que sostienen el segundo piso, desplazados 10 centímetros hacia el NE a favor de la pendiente, además de aberturas entre las juntas de las paredes en la misma dirección en el Lote 8, Manzana 12 propiedad de la Familia Retuerto (Valderrama, 2008). Actualmente el listón de madera se encuentra 10 cm dentro de la pared externa de la vivienda. Fotos 10A y 10B.



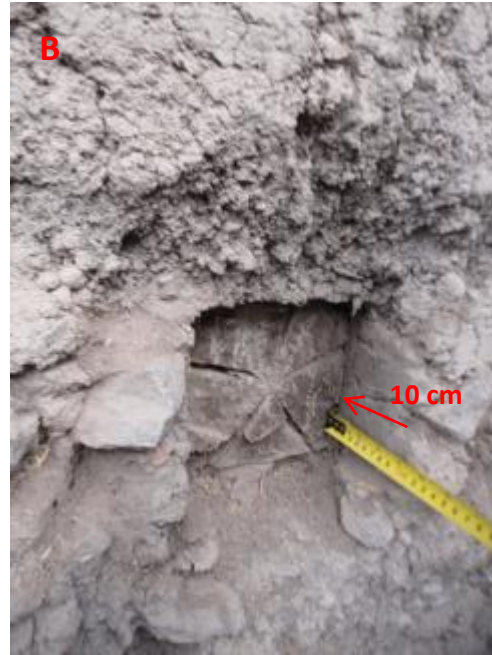


Foto 16: A) Desplazamiento de los listones de madera, el listón de la foto se encontraba 8 cm. fuera de la pared, en el 2008 se encuentra 2 cm dentro de la pared. (Valderrama, 2008). B). Actualmente el listón de madera se encuentra 10 cm dentro de la pared, es decir se ha desplazado 8 cm más desde el año 2008.



Foto 17: Presencia de grietas de 20 cm de profundidad y 10 cm de ancho, también presenta asentamiento en la vivienda del lote 07, manzana 12 de la comunidad Astobamba.



Foto 18: Presencia de grietas en la pared externa de la vivienda del lote 07, manzana 12, propiedad de la Sra. Peregrina Vega.



Foto 19: A lo largo de la calle, se hace evidente la presencia de una grieta principal que atraviesa las viviendas, llegando a su mayor afectación en la esquina de la Calle Hipólito Unánue con Jr. Republica en el Templo de la Iglesia Adventista, afecta viviendas de los lotes 06, 07, 08, 09 y 10 de la manzana 12.



Foto 20: Grieta de 35 cm de ancho en las paredes, con presencia de asentamiento de aprox. 40 a 70 cm de profundidad en la vivienda del lote 05 manzana 09, propiedad del sr. Cirilo Arias Camacho.



Foto 21: Asentamiento de 15 cm de profundidad, terreno escalonado, con presencia de grietas de 7 cm de ancho en la vivienda del lote 04, manzana 08, propiedad de la familia Castillo Soto.





Foto 22: Asentamiento de aproximadamente 0,4 m en el Jr. Belaunde.



Foto 23: A) Asentamiento de la pared externa de la vivienda del lote 04, manzana 02, propiedad de la Sra. Alejandrina Quinteros: aquí funcionaba la panadería Milagros. B) En esta vista se puede apreciar la separación de las juntas de las paredes por una grieta de aprox. 0,4 m.



Foto 24: A) En la vista se aprecia el asentamiento aproximadamente de 40 cm de profundidad del canal y el pequeño puente rústico en el Jr. Belaunde. B) En esta vista se aprecia el desplazamiento horizontal del canal producto del empuje del suelo o terreno.

Especial es el caso de la vivienda propiedad de la familia Fuentes Rivero (Lote 03, Manzana 08), la cual está fuertemente agrietada, no solo en la parte exterior de la vivienda (fachada, foto 25), sino también interiormente. En las habitaciones y áreas comunes, además se observa fuertes desniveles en el suelo con rotura del piso de cemento. Actualmente INDECI ha declarado vivienda no habitable por seguridad (fotos 26 y 27).



Foto 25: Fachada de la vivienda de la familia Fuentes Rivero, nótese el gran agrietamiento horizontal y el “descuadre” de la puerta principal. (Valderrama, 2008)



Foto 26: En esta vista se puede apreciar el sentido de dirección del empuje del suelo, producto del flujo de tierra que afecta el sector.



Foto 27: En esta vista se puede apreciar el sentido de dirección del empuje del suelo (arrastre), producto del flujo de tierra que afecta el sector

Hacia el borde del río, se distingue en una gran extensión del borde del río (1750 m), reptación de suelos, con saltos de terreno del orden de 1 m de alto, afectando terrenos de cultivo (Fotos 28, 29, 30 y 31).





Foto 28: En la vista del lado izquierdo se observa asentamiento de casi un metro en la margen izquierda de la quebrada Shapil; en la vista de lado derecho un pequeño salto, y grietas transversales al flujo de tierra.



Foto 29: Vista de la zona afectada por reptación de suelos en la margen izquierda de la quebrada Shapil, al pie del flujo de tierra.



Foto 30: Vista del puente carrozable Cajatambo – Astobamba afectado por el flujo de tierra, nótese algunas grietas y asentamientos.



Foto 31: Vista de la zona afectada por reptación de suelos en la margen izquierda de la quebrada Shapil. En el lado izquierdo grietas muy cerca al cauce de la quebrada. En la vista derecha una vivienda afectada por agrietamientos producto del empuje de suelos.



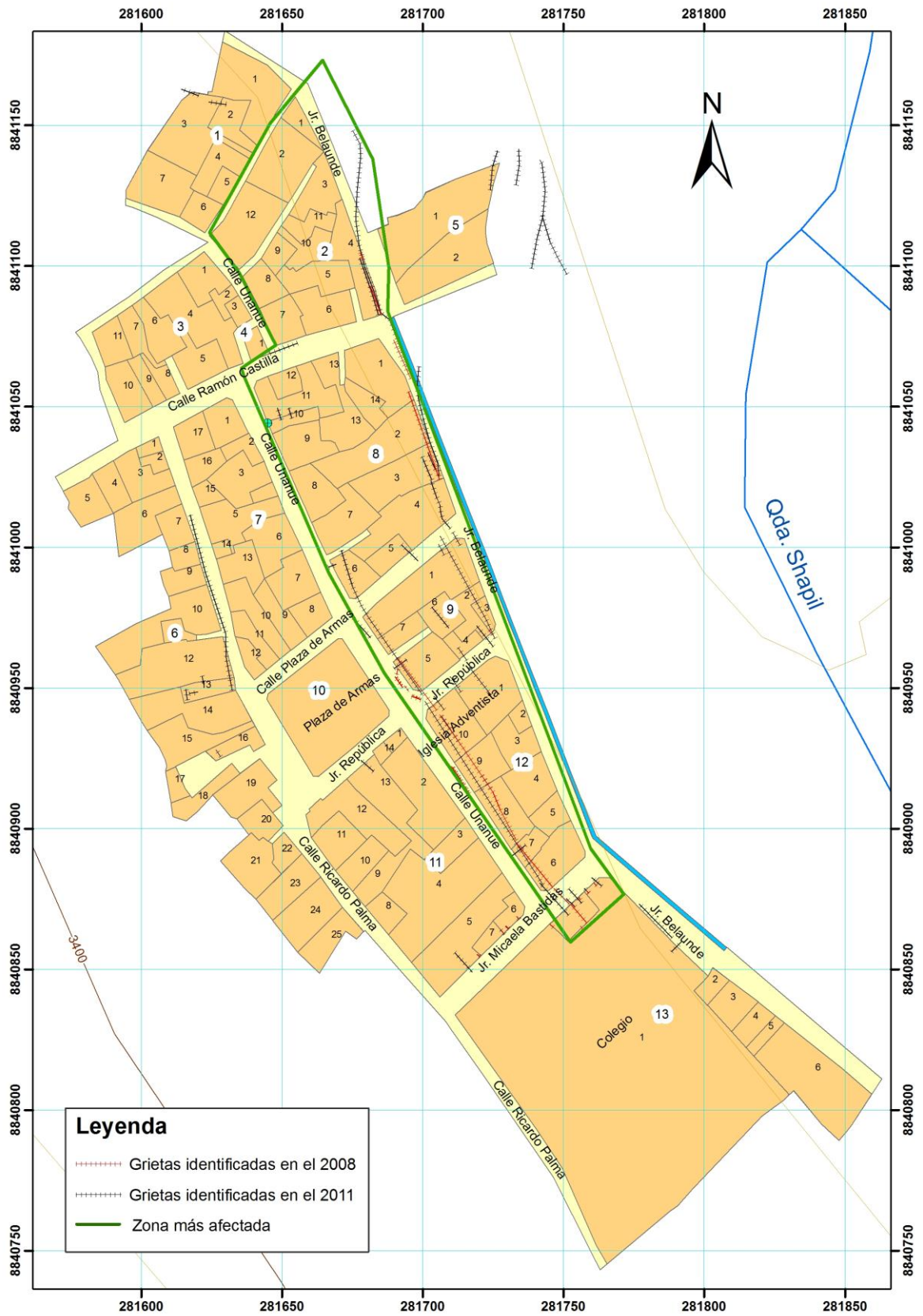


Figura 06: Agrietamientos en la comunidad campesina Astobamba.



## Factores detonantes y condicionantes

De acuerdo a las características del movimiento de masa y observaciones de campo, los detonantes y condicionantes del movimiento en masa son:

- Filtraciones de agua que ayudan a humedecer y/o saturar el suelo detrítico acumulado en sus laderas, provocando su sobresaturación y pérdida de cohesión. Esto ocasiona un arrastre o empuje de terreno superficial. El movimiento de masa, se acentúa posterior al período de alta pluviosidad (período de estiaje), donde se observan filtraciones de agua. En la inspección se inventarió 08 manantiales, de los cuales 06 son permanentes e incluso uno estacional se encuentra dentro de una vivienda del lote 11, manzana 08 (Figura 07).
- Factores antrópicos: en la zona superior del deslizamiento se ha construido un canal de captación de las aguas; se trata de un canal en tierra que conduce agua para riego, es muy posible que el agua que conducía, se infiltra por la ladera hacia las viviendas de la comunidad Astobamba. En la zona inferior, en el mismo poblado, existe otro canal que ha sido encofrado con cemento en el 2009; actualmente este canal es afectado por el empuje de tierras en la parte baja, provocando asentamientos y agrietamientos en algunos tramos del canal e incluso rompe las tuberías de agua que cruzan el cuerpo de este movimiento. Fotos 32, 33 y 34.
- Retención de agua en los depósitos coluvio-deluviales y suelo que se infiltra durante las fuertes precipitaciones entre Noviembre y Marzo.

Los factores condicionantes son:

- Existencia de una escarpa de deslizamiento antigua que circunda toda la ladera del cerro Yurajirca, que fue aprovechada como zona de ruptura o debilidad; así como de una ladera afectada por un deslizamiento aún más antiguo, cuyo depósito de remoción ha sido sujeto a un nuevo proceso de movimiento en masa.
- Naturaleza del suelo detrítico (coluvio – deluvial), inconsolidado, heterogéneo, con matriz areno arcillosa, acumulado en la ladera del cerro Yurajirca, con pendiente natural suave, al encontrarse aparentemente saturado (aguas de lluvia y riego), que favorecieron su movimiento.
- Pendiente pronunciada del material en la zona de arranque, que involucra una ladera coluvio – deluvial. Existe un proceso progresivo, manifestado en la cabecera del deslizamiento, con asentamientos y hundimientos de tierras, agrietamientos en la plataforma de carretera carrozable Astobamba – Huayto.

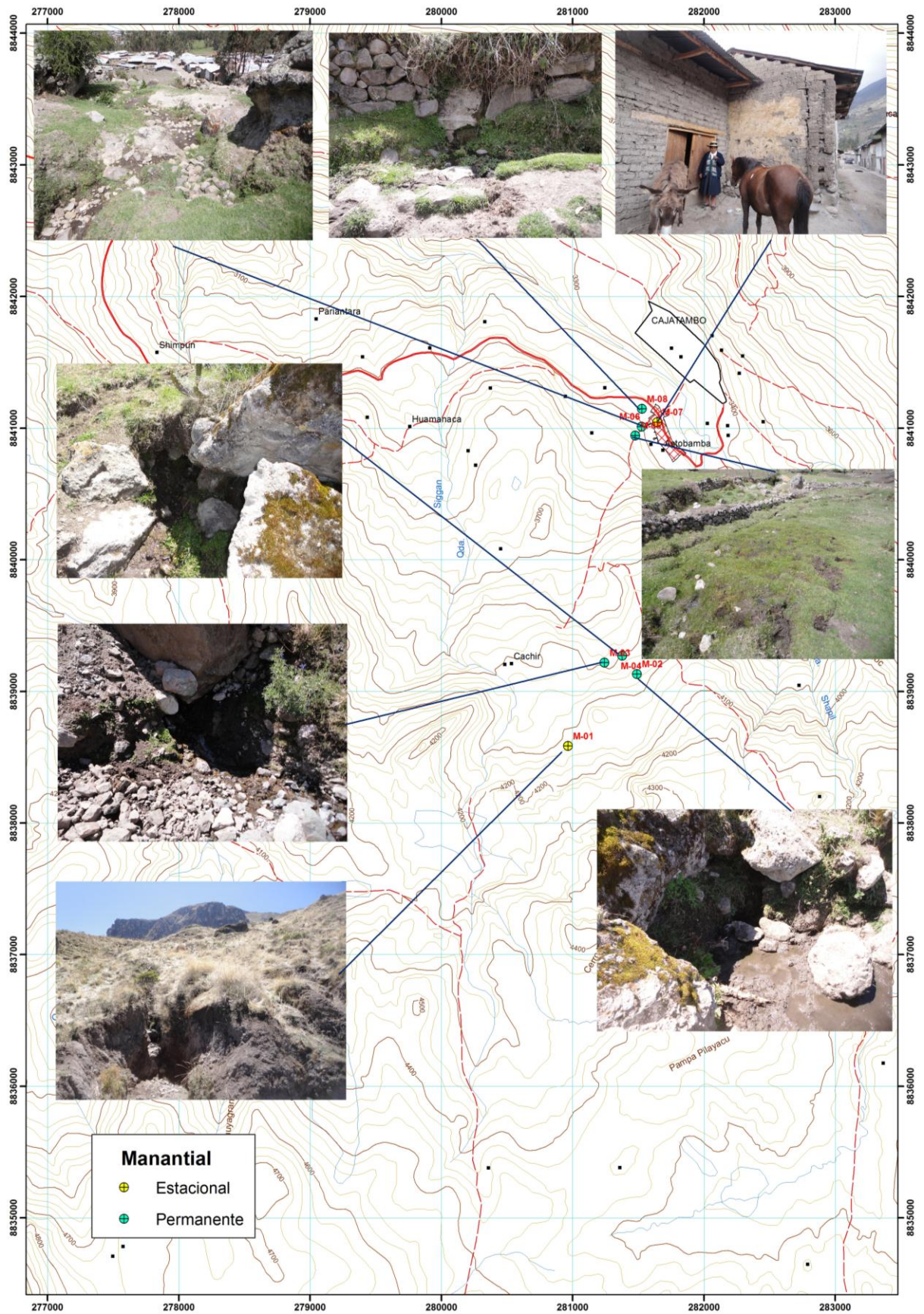


Figura 07: Ubicación de manantiales en el sector Astobamba.





Foto 32: Canal pobremente revestido y mal uso de la pileta pública, son también factores que aceleran el proceso en la calle Ramón Castilla.



Foto 33: El canal no revestido y el mal uso de las aguas de regadío en los terrenos altos, ubicados encima del anexo de Astobamba, podría también influenciar el comportamiento del flujo de tierra, de ser así se generaría un gran plano de debilidad que comprometería todo el anexo de Astobamba.





Foto 34: En estas vistas se aprecian el mal uso del agua de regadío, en la parte inferior del fenómeno geodinámico, el cual acelera el proceso.

## 5.0 CONDICIONES ACTUALES EN LA LADERA DEL CERRO YURAJIRCA QUE AFECTA CANAL Y MEDIDAS CORRECTIVAS

La inestabilidad y características condicionantes existentes en la ladera (expuestas en las páginas anteriores), hacen suponer la ocurrencia de deslizamientos, flujos de tierra y reptación. Esto podría acelerarse con la ocurrencia de movimientos sísmicos y/o lluvias intensas. Las condiciones geológicas y geodinámicas para establecer un control de la inestabilidad de la ladera.

Una de las principales medidas de estabilidad, a aplicar en este tipo de fenómenos, es la instalación de drenaje. Estos se efectúan con el objeto de reducir las presiones intersticiales que actúan sobre la superficie de deslizamiento (sea potencial o existente), lo que aumenta su resistencia y disminuye el peso total, y por tanto las fuerzas desestabilizadoras.

Las medidas de drenaje son de dos tipos:

### Drenaje superficial

Su fin es recoger las aguas superficiales o aquellas recogidas por los drenajes profundos y evacuarlas lejos del talud, evitándose su infiltración (Figura 08).

Las aguas de escorrentía se evacuan por medio de zanjas de drenaje, impermeabilizadas o no y aproximadamente paralelas al talud. Estas deben situarse a poca distancia de la cresta del talud y detrás de la misma, de manera que eviten la llegada del agua a las grietas de tensión que podrían existir o no. El cálculo de la sección debe hacerse con los métodos hidrológicos.

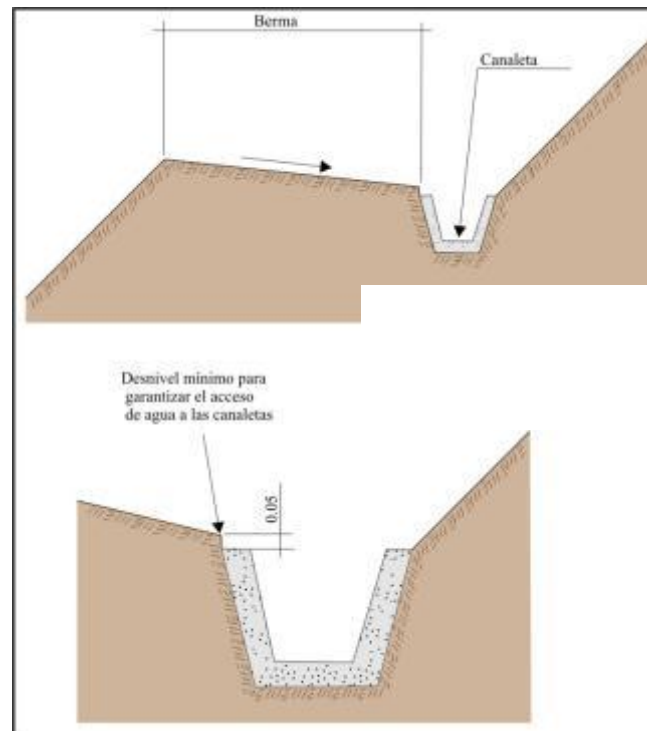


Figura 08: Detalle de una canaleta de drenaje superficial (tomado de INGEMMET, 2000).

## Drenaje profundo

La finalidad es deprimir el nivel freático con las consiguientes disminuciones de las presiones intersticiales. Para su uso es necesario conocer previamente las características hidrogeológicas del terreno. Se clasifican en los siguientes grupos:

**Drenes horizontales.** Perforados desde la superficie del talud, llamados también drenes californianos. Consisten en taladros de pequeño diámetro, aproximadamente horizontales, entre  $5^{\circ}$  y  $10^{\circ}$ , que parten de la superficie del talud y que están generalmente contenidos en una sección transversal del mismo (Figuras 09 y 10).

Sus ventajas son:

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

Sus desventajas son:

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

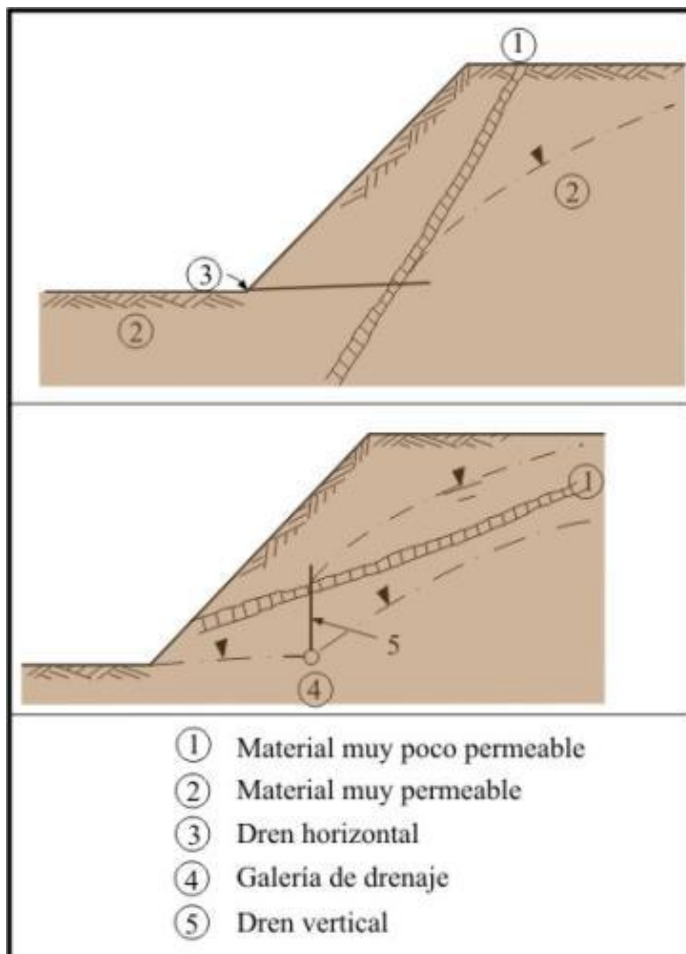


Figura 09: Disposición de sistema de drenaje en taludes no homogéneos (CANMET, 1997).



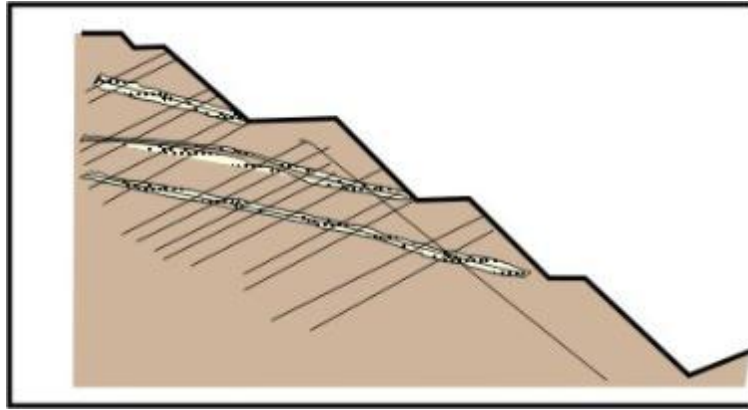


Figura 10: Esquema de drenaje de un talud por medio de drenes californianos (López García, 1984).

**Galerías de drenaje**, ubicadas generalmente paralelas al talud y a bastante profundidad.

Son galerías excavadas en el terreno a una distancia considerable de la superficie. Constituye un sistema bastante efectivo pero muy caro, por lo que su uso solo es recomendable en situaciones críticas y en taludes de gran altura. Para aumentar su radio de acción es necesario instalar drenes perforados desde la galería, aumentando así su radio de acción y la efectividad del sistema de drenaje (figuras 11 y 12).

Dentro de sus ventajas se cuentan las siguientes:

- Tienen mayor capacidad drenante debido a su gran sección transversal.
- Son apropiadas para operaciones a largo plazo dado que el drenaje se realiza por gravedad.
- Sirven para determinar la calidad del terreno.
- No afectan a la superficie del terreno.
- Son apropiadas para zonas de climas fríos debido a que se ubican a gran profundidad.

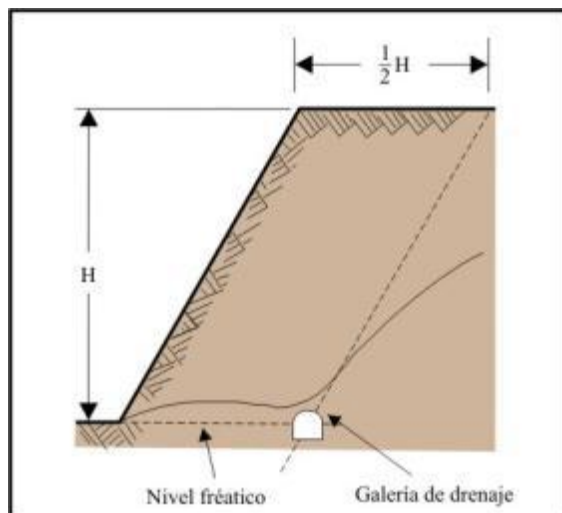


Figura 11: Posición óptima de una galería de drenaje (HOEK Y BRAY, 1997).

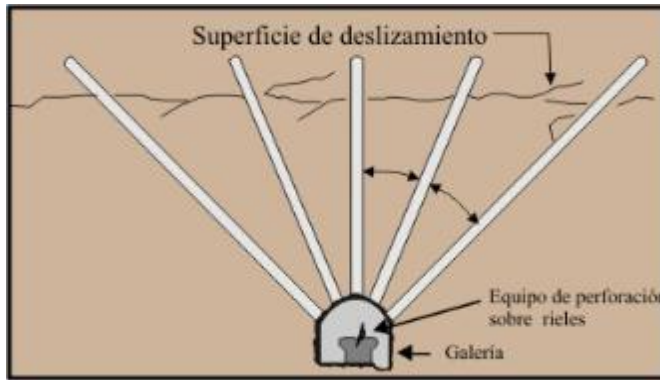


Figura 12: Drenaje de superficie de deslizamiento desde una galería de drenaje (CANMET, 1997).

**Zanjas con relleno drenante**, dispuestas en la superficie del talud o al pie de él. Consisten en zanjas rellenas de material drenante, excavadas en el talud o más allá del pie del mismo y cuya acción drenante se limita a profundidades pequeñas (Figura 13).



Figura 13: Disposición de zanjas de drenaje en un talud (tomado de INGEMMET, 2000).

Pueden ser de dos tipos:

**Zanjas de talud:** Son las que siguen la línea de máxima pendiente del talud y son aplicables cuando los deslizamientos están situados a poca profundidad (Figura 14).

**Zanjas horizontales:** Son paralelas al talud y se sitúan al pie del mismo.

Son útiles los drenes en forma de «espinas de pescado» (Figura 15), que combinan una zanja drenante según la línea de máxima pendiente con zanjas secundarias (espinas) ligeramente inclinadas que convergen en la espina central. Su construcción y mantenimiento en zonas críticas debe tener buena vigilancia.

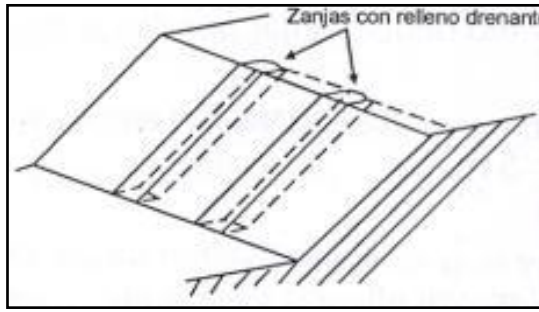


Figura 14: Zanjas de talud (tomado de INGEMMET, 2000).

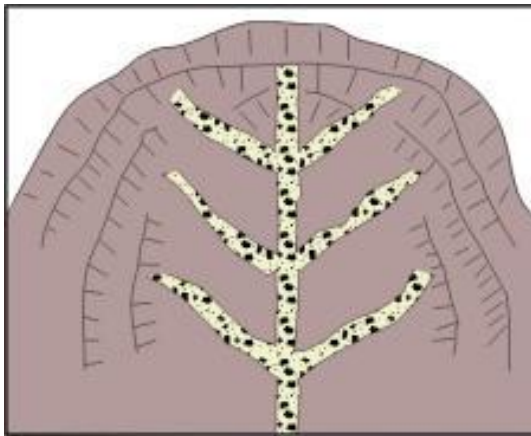


Figura 15: Drenaje tipo espina de pescado (tomado de INGEMMET, 2000).



## CONCLUSIONES

1. La comunidad campesina Astobamba se encuentra asentada sobre un depósito de deslizamiento antiguo, el cual ha sido reactivado como *flujo de tierra*. Según versión de los pobladores, algunos agrietamientos se manifestaron después del sismo del 15 de agosto del 2007. El proceso después de la inspección realizada en el 2008 por INGEMMET (Valderrama, 2008), se ha acelerado y avanzado considerablemente.
2. Se identificó como zona crítica, las viviendas ubicadas entre la calle Unanue y el Jr. Belaunde, dado por el sistema de grietas paralelas a estas calles que atraviesan las viviendas debilitando sus estructuras. De la inspección del 2008 hasta la actualidad las viviendas afectadas se han incrementando en más de un 80%, además han aparecido nuevas grietas por encima de la calle Ricardo Palma, y asentamientos de hasta 1 m de profundidad en la parte inferior.
3. Se atribuye como el papel desencadenante principal la presencia de un canal no revestido para riego, localizado en el cuerpo del deslizamiento, encima del poblado de Astobamba y el mal uso de las aguas de regadío en los terrenos colindantes al Jr. Belaunde en el límite del anexo. Estos terrenos son constantemente inundados por un canal de regadío de flujo permanente, así como posibles filtraciones de las tuberías de agua y desagüe afectadas por el empuje del movimiento. Sin embargo es importante considerar también como otro factor desencadenante las altas precipitaciones pluviales características de los meses Noviembre-Marzo en esta área, así como también a las precipitaciones excepcionales (F. El niño) que pueden acelerar el proceso.
4. Dadas las observaciones de campo e interpretaciones geológico-geodinámicas, la necesidad apremiante de uso y revestimiento del canal de agua en Astobamba, así como de un tramo de la carretera carrozable Astobamba - Huayto y más del 80% de viviendas de la comunidad, vulnerables a los efectos del flujo de tierra en la ladera del cerro Yurajirca, hacen que esta zona sea considerada de **PELIGRO INMINENTE**, tanto en temporadas de lluvias, como de la ocurrencia de un eventual movimiento sísmico.

## RECOMENDACIONES

1. Revestir el canal de regadío ubicado en la parte alta de la comunidad Astobamba para controlar la infiltración de agua al subsuelo.
2. Drenar los manantiales y realizar mantenimiento y/o cambio si lo requiere de la red de tuberías de agua y desagüe para reducir la saturación de agua en el subsuelo.
3. Terrenos de cultivo, paralelos al Jr. Belaunde, son regados por inundación, esta actividad debe ser detenida inmediatamente.
4. Realizar drenajes a lo largo de los terrenos de cultivo, para así controlar el flujo de las aguas de regadío, con esto se evitará la infiltración excesiva y la erosión superficial. Cambiar el método de riego (riego por aspersión).
5. Las condiciones críticas expuestas en los sectores de Astobamba, implican la reubicación inmediata de las viviendas que se encuentran entre la calle Unanue y Jr. Belaunde.
6. El sistema de drenaje recomendado y la localización del área de reubicación, deben ser realizados por especialistas.

Si luego de efectuar estas recomendaciones, el movimiento persiste, tomar en cuenta:

7. Los costos elevados de estudios de ingeniería indicados, para estabilizar la ladera y el movimiento en masa en proceso, sugieren la reubicación paulatina de la población a un lugar seguro que puede estar localizado en las partes altas de la zona.

## **BIBLIOGRAFIA**

Cobbing J; Sánchez A.; Martínez W.; Zárate H. (1996)- Geología de los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquián y Yanahuanca (hojas: 20-h, 20-i, 20-j, 21-j). INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional, n. 76, 297 p.

Proyecto Multinacional Andino, Geociencias para las Comunidades Andinas, PMA: GCA (2007) - Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas, 404p.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía del Perú, SENAMHI (2003) - Mapa de Precipitación Anual, Periodo Normal (Septiembre – Mayo). En INDECI, Atlas de Peligros Naturales. 310-311 p, Lima.

Valderrama, P. (2008) - Informe técnico “Evaluación geológica en el anexo Astobamba”. Dirección de Geología Ambiental y riesgo Geológico. INGEMMET, 20p.