

Informe Técnico N° A6630

Deslizamiento de Ocobamba

Distrito de Ocobamba
Provincia de la Convención, Región Cusco



POR:
MSC. MANUEL VILCHEZ MATA

MAYO-2013

DESLIZAMIENTO DE OCOBAMBA

Distrito de Ocobamba, Provincia de la Convención, Región Cusco

CONTENIDO

1.0	INTRODUCCIÓN	3
2.0	ANTECEDENTES	3
3.0	ASPECTOS GENERALES	4
4.0	ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS	6
5.0	PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA	12
5.1	DESLIZAMIENTOS	12
	5.1.1 Deslizamiento rotacional de Ocobamba	13
	5.1.2 Deslizamiento en el sector de Pirhua	22
	5.1.3 Deslizamiento en el sector de Toccoapuquio	23
6.0	CONDICIONES ACTUALES DEL SITIO	25
7.0	CONCLUSIONES	26
8.0	RECOMENDACIONES	27
9.0	REFERENCIAS	31

DESLIZAMIENTO DE OCOBAMBA

Distrito de Ocobamba, Provincia de la Convención, Región Cusco

1. INTRODUCCIÓN

El Sr. Alex Curi León Alcalde de la Municipalidad distrital de Ocobamba, mediante Oficio N° 037/2013-A-MDO-LC, de fecha 20 de marzo del 2013, se dirige a la Presidenta del Consejo Directivo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), solicitando con carácter de urgencia la presencia de un profesional evaluador de riesgos, para que estime el riesgo geológico en la capital el distrito de Ocobamba (Kelcaybamba), debido a que el suelo y las viviendas presentan agrietamientos. El Director del área de Geología Ambiental y Riego Geológico (DGAR), designó al Msc. Manuel Vilchez Mata, para que realice los trabajos de evaluación del peligro geológico en dicha zona.

Los trabajos de campo se realizaron los días 23 y 24 de abril, donde se contó con la presencia y colaboración del Ing. Huilberto Parihuana García (Secretario Técnico de Defensa Civil de Ocobamba), los Ingenieros Pepe Guzmán Ballena, Ernesto Ticona, Juan Coritomay Oviedo y el señor Anselmo García Gobernado de Ocobamba.

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Distrital de Ocobamba. Se basa en las observaciones realizadas en campo, la interpretación de fotos aéreas e imágenes satelitales de diferentes años, así como de la información disponible en el "Estudio de Riesgos Geológicos del Perú, Franja N° 3" del año 2003.

2. ANTECEDENTES

Dentro de los estudios anteriores de peligros geológicos por movimientos en masa que incluyen el área de Ocobamba, se tiene:

- "Estudio Riesgos Geológicos del Perú – Franja N° 3, elaborado por INGEMMET (2003), donde se describe a escala regional la geología, los rasgos geomorfológicos y los peligros geológicos de tipo movimientos en masa y geohidrológicos, que ocurren en la zona de estudiada; así se tiene:

En el mapa de peligros geológicos múltiples (estudio realizado a escala regional), el poblado de Ocobamba (Kelcaybamba) se encuentra dentro del área denominada como de grado de peligro Muy Alto. En estas áreas se conjugan numerosos peligros geológicos; principalmente huaicos, caídas, deslizamientos, movimientos complejos, inundaciones, erosión fluvial y en algunas áreas aluviones. Terrenos con fuerte a muy fuerte pendiente. Áreas propensas a sufrir eventos naturales severos, en las cuales debe evitarse actividades de desarrollo. De implementarse estas actividades, por el requerimiento de la población, deberán tener estudios geológicos-geotécnicos al detalle, previos.

toma el desvío hacia Cusco, que pasa por Puquio, Chalhuanca, Abancay, Anta, se desvía antes de llegar a la ciudad de Cusco hacia Cachimayo, Chinchero, Urubamba, Ollantaytambo, Yanamayo y finalmente Ocobamba (figura 1).

El acceso también se puede hacer desde Lima por vía aérea hasta la ciudad de Cusco, desde donde se continúa por vía terrestre hacia Chincheros, Urubamba, Ollantaytambo, Yanamayo y Ocobamba (figura 1).



Figura 1: Accesibilidad y ubicación de la zona de estudio.

Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), en la zona estudiada la precipitación pluvial acumulada durante el periodo lluvioso normal (setiembre – mayo) alcanza los 500 y 1000 mm; y para el período de precipitación acumulado durante el evento del fenómeno “El Niño” 1997/1998, fue de 600 mm.

A partir del mapa de clasificación climática del Perú (SENAMHI, 1988), se puede ver que el valle del río Ocobamba, donde se encuentra la zona de estudio tiene un

clima lluvioso, semicálido y muy húmedo, con precipitación abundante en las estaciones; en las cabeceras de esta cuenca, se presenta un clima muy lluvioso, templado y húmedo con precipitación abundante en las estaciones.

Los tipos de vegetación presentes en la zona son (INRENA, 1996):

- Bosque Húmedo de Montañas (Bh mo): el relieve en donde se desarrollan es montañoso escarpado, se caracteriza por su complejidad florística (epifitas, hierbas, lianas, arbustos y árboles). Los bosques cambian de fisonomía según se asciende, y se hacen menos exuberantes; los árboles son más delgados, retorcidos y de menor altura.
- Áreas deforestadas (Df): estas áreas, inicialmente constituían bosques primarios, que sufrieron daños irreversibles por efectos de la agricultura migratoria. En estos terrenos se encuentran centros poblados urbanos y rurales, con cultivos anuales y permanentes, pastos y en el peor de los casos en procesos de degradación. Esta zona la podemos encontrar a lo largo del valle del río Ocobamba.

4. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

4.1 Geología

Regionalmente el substrato rocoso en la zona, está compuesto esencialmente por rocas del Paleozoico inferior y en menor proporción se tiene rocas del Paleozoico superior, de naturaleza metamórfica (Salas *et.al.*, 1999). También se tienen algunos depósitos cuaternarios; así se tienen las siguientes formaciones geológicas (Figura 2):

PALEOZOICO

a) Ordovícico

Grupo San José: Conformado por una gruesa sucesión de pizarras en las que se presentan intercalaciones de areniscas finas cuarzosas, la cuales se encuentran plegadas y afectadas por esquistosidad. En este grupo se pueden diferenciar las siguientes formaciones:

Formación Iparo (Oi-i): Aflora en el valle del río Ocobamba, su litología está compuesta por pizarras, de color negro, marrón oscuro y un característico color gris acero por efectos de la meteorización. La estructura interna es de laminación centimétrica plana y paralela, a manera de bandas, algunas veces se aprecia piritita muy fina diseminada.

Las pizarras se disponen en estratos métricos y en paquetes masivos de más de 10 m de grosor en los que es difícil distinguir capas o estructura interna, presenta un aspecto masivo.

Localmente esta formación se presenta en los alrededores del Poblado de Ocobamba (Kelcaybamba), conformando las vertientes de montañas hacia ambos márgenes del río Ocobamba.

Litológicamente se tienen lutitas pizarrosas y pizarras de color negro y gris; muy fracturadas, en algunos sectores se puede considerar el substrato como triturado, donde se ha tomado una dirección de buzamiento promedio de 185 y una inclinación de las capas de 52° (foto 1).



Foto 1: Imagen donde es posible observar el substrato conformado por pizarras, muy fracturadas, con inclinación superior a los 52°.

Esta inclinación en las capas rocosas, así como el grado de fracturamiento y laminación, favorecen la infiltración del agua de precipitación pluvial hacia el subsuelo, dando lugar a la formación de un acuífero de tipo fisurado.

La circulación de las aguas subterráneas por las fracturas y la laminación que presenta las rocas, hacen que se produzcan reacciones químicas con la pirita, generando óxidos de hierro, los cuales le dan una característica coloración amarillenta y anaranjada a la roca (foto 2).



Foto 2: Vista en la que es posible observar la coloración anaranjada producto de la oxidación de las piritas presentes en las pizarras.

Formación Purumpata (Oi-p): se encuentra sobre la Formación Iparo. Comienza en la base con pizarras negras muy duras en capas métricas, encima se tiene alternancias de areniscas muy finas de color gris y pizarras de colores negro, marrón, en capas centimétricas. Su estructura interna es una laminación interna de pizarras, en algunos lugares también presenta planos de esquistosidad. Por meteorización toma coloraciones rosadas y amarillentas.

Hacia arriba se compone de una gruesa sucesión de pizarras de colores negro y marrón oscuro, que forman un relieve abrupto.

Formación Sandia (Os-s): conformado por una secuencia de cuarcitas y pizarras. En la zona de estudio se les localiza en el tramo superior del curso del río Ocobamba.

b) Depósitos superficiales (recientes)

Este tipo de depósitos no han sido representados en el mapa geológico realizado por INGEMMET, sin embargo se les localizan de manera local en la zona estudiada.

Deposito coluvial (Qr-co): son depósitos de talud y de ladera, se componen de gravas y bloques subangulosos a angulosos, con una matriz arcillo-limosa, nada consolidada, localizados al pie de las laderas de montañas, hacia ambos márgenes del río Ocobamba.

Depósito aluvial (Qr-al): corresponde a los depósitos del cuaternario, que se distribuyen en ambas márgenes a lo largo de valle del río Ocobamba. Se componen de gravas y bloques, redondeados, envueltos en una matriz limo-arenosa, formando terrazas aluviales.

Depósitos fluviales (Qr-fl): se encuentran formando parte del curso actual del río Ocobamba, se tienen bolos, gravas, arenas y limos, con formas redondeadas a subredondeadas, que son periódicamente acarreadas por el curso del río.

Depósitos proluviales (Qh-pr): Conformado por fragmentos rocosos heterométricos (cantos, bolos, bloques, etc.), con relleno arcillo-limoso depositados en el fondo de valles tributarios y conos de deyección en la confluencia de quebradas, tributarias al curso principal del río Ocobamba.

c) Rocas intrusivas

Intrusivo Yanaorcco: Se encuentra conformando las partes altas del cerro La Florida, sus contactos son discordantes con las rocas metamórficas de la Formación Sandía y el Grupo San José. Se encuentra conformado por un granito (P-gr), de color gris claro, de grano grueso.

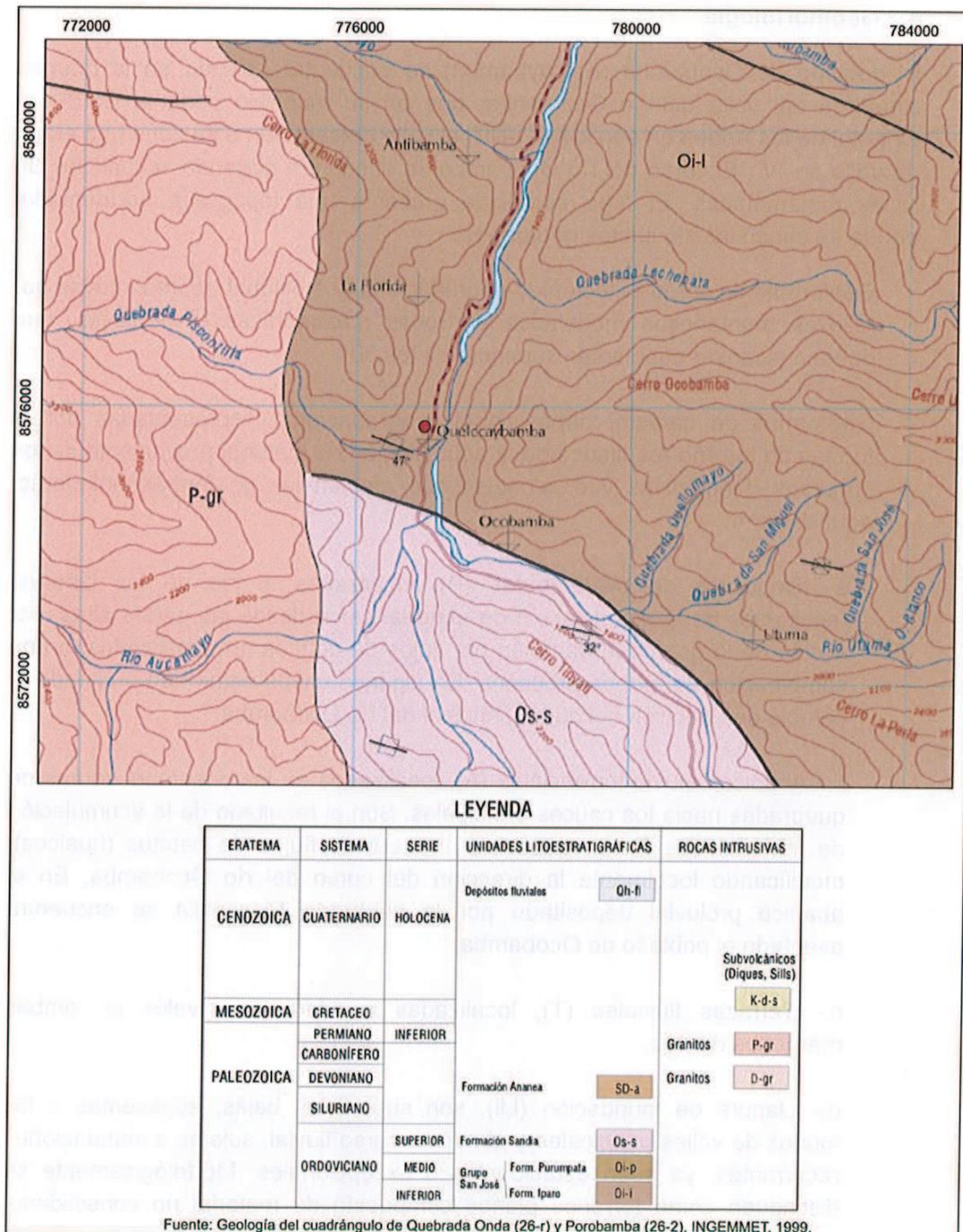


Figura 2: Mapa geológico del área estudiada.

4.2 Geomorfología

El poblado de Ocobamba (Kelcaybamba) se encuentra ubicado en la margen izquierda del valle del río Ocobamba, que en su recorrido corta la Cordillera Oriental de los Andes en sentido SO-NE; el valle presenta en esta zona una etapa de valle en "V". El curso del río Ocobamba se encuentra cortando secuencias de rocas metamórficas. El área estudiada presenta una topografía accidentada, donde se tienen las siguientes geoformas:

- Geoformas de carácter tectónico-degradacional y erosional, representadas por relieves montañosos modelados en rocas metamórficas e intrusivas, que pueden alcanzar pendientes superiores a los 30°.
- Geoformas de carácter deposicional y agradacional, representadas por la formas de terreno resultados de la acumulación de material proveniente de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas anteriores, aquí se tiene:
 - a.- Depósitos de piedemontes (P), localizados al pie de las laderas, resultantes de la acumulación de material caído desde las partes altas, por acción de la gravedad, también por flujos de detritos no canalizados, o una combinación de ambos procesos. En algunos casos estos han originado el cambio de dirección del curso principal del río Ocobamba.
 - b.- Abanicos aluvio-torrenciales (A), localizados en las desembocaduras de quebradas hacia los cauces principales. Son el resultado de la acumulación de material que fue movilizadado a manera de flujos de detritos (huaicos), modificando localmente la dirección del curso del río Ocobamba. En el abanico proluvial depositado por la quebrada Piscontilla se encuentra asentado el poblado de Ocobamba.
 - c.- Terrazas fluviales (T), localizadas a diferentes niveles en ambas márgenes de ríos.
 - d.- Llanura de inundación (Lli), son superficies bajas, adyacentes a los fondos de valles principales y el mismo curso fluvial, sujetas a inundaciones recurrentes, ya sean estacionales o excepcionales. Morfológicamente se distinguen como terrenos planos compuesto de material no consolidado, removible.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA

La información disponible en estudios anteriores de ocurrencias de movimientos en masa, así como el análisis de información obtenida durante los trabajos de campo en los sectores de Ocobamba (Kelcaybamba) y Pirhua, nos permitió determinar que los peligros geológicos por movimientos en masa que ocurren en la zona son de tipo deslizamiento y flujos de detritos (huaicos) (ver figuras 3, 4 y 5), asociados a procesos de erosión fluvial.

5.1 DESLIZAMIENTOS

Es un movimiento ladera bajo de una masa de suelo o roca, cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de un delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante. Varnes (1978), clasifica los deslizamientos, según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. Los deslizamientos traslacionales a su vez pueden ser planares y o en cuña.

Deslizamiento rotacional

En este tipo de deslizamiento, la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla, curva y cóncava. Los deslizamientos rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. Pueden ocurrir lenta a rápidamente, con velocidades menores a 1 m/s.

Deslizamiento traslacional, deslizamiento en cuña

La masa se mueve a lo largo de una superficie de falla plana u ondulada. En general, estos movimientos suelen ser más superficiales que los rotacionales y el desplazamiento ocurre con frecuencia a lo largo de discontinuidades como fallas, diaclasas, planos de estratificación o planos de contacto entre la roca y el suelo residual o transportado que yace sobre ella (Cruden y Varnes, 1996). En un macizo rocoso, este mecanismo de falla ocurre cuando una discontinuidad geológica tiene una dirección aproximadamente paralela a la de la cara del talud y buza hacia ésta con un ángulo mayor que el ángulo de fricción (Hoek y Bray, 1981).

En los casos en que la traslación se realiza a través de un solo plano se denomina deslizamiento planar (Hoek y Bray, 1981). El deslizamiento en cuña (wedge slide), es un tipo de movimiento en el cual el cuerpo del deslizamiento está delimitado por dos planos de discontinuidad que se intersectan entre si e intersectan la cara de la ladera o talud, por lo que el cuerpo se desplaza bien siguiendo la dirección de la línea de intersección de ambos planos, o el buzamiento de uno de ellos.

Los trabajos de campo recientes en las zonas de Ocobamba y Pirhua, permitieron identificar varios deslizamientos antiguos en la margen derecha del río Ocobamba y dos deslizamientos activos, en la margen izquierda, uno de estos causó daños severos en las viviendas del poblado de Ocobamba, los cuales se describen a continuación.

5.1.1 Deslizamiento rotacional de Ocobamba

Deslizamiento de tipo rotacional, localizado en coordenadas centrales UTM, WGS-84, 8575798 N y 777110 E, a 1459 m.s.n.m., al cual se ha denominado como "deslizamiento de Ocobamba" y se encuentra localizado a la margen izquierda del río Ocobamba, en las inmediaciones del poblado.

Antecedentes del evento: En base a la interpretación de fotos aéreas del año 1963 y 1993 y las imágenes satelitales disponibles en el Google Earth de los años 2005 y 2010 (no se tiene buena cobertura de toda la zona estudiada), se puede identificar la presencia de una terraza proluvio-aluvial donde se encuentra asentado el poblado de Ocobamba. La terraza está limitada por un acantilado que tiene un ángulo de $> 45^\circ$, donde se pueden apreciar derrumbes y deslizamientos antiguos, cubiertos por vegetación de tipo árbol; estos eventos marcan la actividad geodinámica a la que está expuesta la zona y la susceptibilidad de ésta a estos tipos de movimientos en masa.

El deslizamiento inició su actividad aproximadamente el 13 de marzo del 2013. Las primeras grietas fueron evolucionando (alcanzaron los 0,40 m de abertura y 3 m de profundidad), se produjeron saltos en el terreno, los cuales se hicieron notorios en la avenida principal y en algunas viviendas que comenzaron a agrietarse. Posteriormente, casi después de un mes, el día 13 de abril a las 3:45 pm se produjo el deslizamiento en toda la zona involucrada por grietas y asentamientos.

Debido a que no se dispone de mapas topográficos de detalle de la zona, utilizando un croquis elaborado a partir de los datos de puntos GPS tomados durante los trabajos de campo describe a continuación las características morfométricas del deslizamiento:

- Tipo: Deslizamiento rotacional, con superficie de rotura cóncava (fotos 3 y 4).
- Forma de la escarpa: Elongada y recta (foto 5).
- Ancho de la escarpa: 135 m
- Salto principal: 25 m (foto 6)
- Saltos secundarios: No se observan
- Diferencia de altura de la corona a la punta del deslizamiento: 50 m
- Dirección (azimut) del movimiento: N 110°
- Longitud horizontal de la corona a la punta: 125 m
- Longitud total (inclinada): 145 m
- Área del deslizamiento aproximada: 16 900 m²
- Espesor estimado del deslizamiento: 15 m
- Volumen de material: Se estima un volumen aproximado de 253 500 m³ de material comprometido en el deslizamiento.
- Sistema de fracturas: Presencia de grietas detrás de la corona (información proporcionada por trabajadores del municipio de Ocobamba), las cuales no fueron vistas durante los trabajos de inspección, ya que estas fueron cubiertas con los trabajos de perfilado del cuerpo del deslizamiento (ver foto 7).

- Depósito conformado por material gravo arcillo-limoso; clastos de pizarra subredondeados, de coloración amarillo-anaranjada en la parte superior (foto 8). En la base se tiene un substrato de pizarras muy fracturado y alterado, de color gris claro, saturado. En esta zona de debilidad es donde se localizaría el plano de falla del deslizamiento (foto 9).
- Estado del evento: Se considera como un deslizamiento antiguo, reactivado, con estado de latencia media.
- Presencia de grietas abiertas de hasta 0,50 m, en el costado izquierdo del deslizamiento, fuera de la zona asentada.
- Estilo: presencia de escarpa única.
- El cuerpo del deslizamiento se presenta basculado hacia adentro, formando una concavidad donde se puede acumular agua de precipitación pluvial, que resultaría perjudicial para estabilidad de terreno asentado. Se debe procurar evitar la acumulación de agua (formación de charcos) en esta zona.
- Distribución: Ensanchándose
- No ha represado el río Ocobamba.

El deslizamiento Ocobamba es de difícil identificación en las fotos aéreas de junio de 1963 y agosto de 1993, debido a la escala de las fotos (1:56 000), sin embargo se diferencia claramente el depósito dejado por la quebrada Piscontilla, que formó la terraza en donde se encuentra asentado en la actualidad el poblado de Ocobamba. También es posible diferenciar el acantilado formado al borde de esta terraza, modelada constantemente por los derrumbes que se deben haber producido en sus bordes.

Estas fotos áreas, permiten además identificar claramente el contexto geodinámico cambiante del valle joven del río Ocobamba, el cual es sometido como parte de su proceso de evolución, a la ocurrencia deslizamientos, derrumbes y flujos de detritos (Huaicos), los cuales modelan el terreno y configuran el curso del río (ver figura 3).

Factores condicionantes y detonantes: Usualmente, en los Andes, los movimientos en masa son detonados por las variaciones climáticas (fuertes lluvias), movimientos sísmicos o por causas antrópicas (malas técnicas en riego, cortes inadecuados, deforestación, etc.). Las condiciones naturales del terreno (suelo o roca), expresadas en su grado de fracturamiento, alteración o meteorización y pendiente de las laderas, 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 (Zavala, 2011).

El deslizamiento de Ocobamba se asume que fue condicionado por:

- La morfología o forma del terreno de una terraza alta (50 m de altura), que forma parte del abanico aluvio-proluvial antiguo depositado por la quebrada Piscontilla.
- La pendiente promedio del acantilado formado al borde de la terraza, desde donde se inició el deslizamiento, supera los 40° (foto 5).

- El substrato rocoso presente en la zona: Las laderas superiores al poblado de Ocobamba, están conformadas por rocas metamórficas de tipo pizarras y filitas, que se inclinan con un ángulo superior a los 50°. El substrato rocoso que se encuentra debajo de la terraza aluvio-proluvial, son pizarras negras muy alteradas. (fotos 1, 2 y 9).
- Presencia de un suelo de fundación gravo arcillo-limoso, por donde se infiltra rápidamente el agua de precipitación pluvial (Foto 8).
- El fracturamiento presente en las rocas pizarrosas, permite la infiltración de la precipitación pluvial y de esta forma alimentar el acuífero formado en esta zona (Foto 1).
- La presencia de abundante agua subterránea, que mantiene un nivel freático alto, saturando los suelos y las rocas pizarrosas alteradas; es posible observar afloramientos de agua (manantiales) dentro de las viviendas localizadas cerca de la ladera del cerro (foto 10). Estas aguas subterráneas son alimentadas en la parte alta del cerro La Florida.
- La condición geomorfológica del cauce del río Ocobamba, el cual se encuentra desviado hacia su margen izquierda por el material depositado por un deslizamiento antiguo que se produjo en la margen izquierda (fotos 11 y 12).
- La ocupación del territorio sin una debida planificación ya que es posible encontrar viviendas asentadas a tan solo 1 m del borde del acantilado de la terraza, condición que presentaban las viviendas afectadas por el deslizamiento.
- Entre los detonantes del deslizamiento se tienen:
 - Las precipitaciones pluviales intensas, consideradas excepcionales, caídas en la zona durante la presente temporada de lluvias.
 - Como consecuencia de las intensas precipitaciones, el caudal del río Ocobamba aumentó considerablemente. Al presentarse el curso del río a la altura del poblado de Ocobamba, obstruido y desviado hacia su margen izquierda, se incrementó el proceso de erosión fluvial en la base de la terraza, que le resto estabilidad y produjo su colapso posterior.



Foto 3: Vista hacia el Noreste donde es posible observar la superficie de ruptura cóncava de deslizamiento y el cuerpo del deslizamiento basculado.



Foto 4: Otra vista hacia el sur-oeste, donde también se puede apreciar la superficie de ruptura cóncava del deslizamiento.

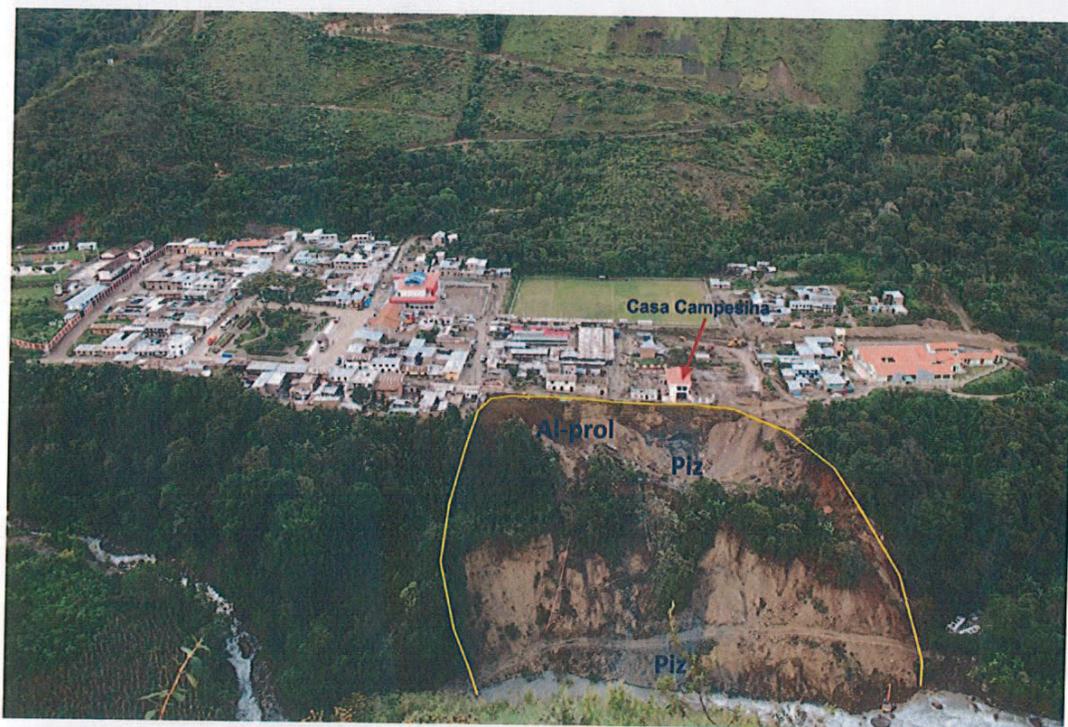


Foto 5: Vista panorámica del deslizamiento de Ocobamba en donde se señala con línea amarilla la escarpa del deslizamiento. También es posible ver el local de la Casa Campesina, el cual quedó ubicado al borde de la corona del deslizamiento; tomada antes de que esta edificación sea demolida. Se señala el material aluvio-proluvial (Al-prol) y el substrato de pizarras fracturadas y alteradas (Piz).

Daños causados:

- El deslizamiento rotacional produjo el asentamiento del terreno, con ello destruyó unas 30 viviendas y la calle de la avenida principal. También colapsaron los sistemas de agua potable y desagüe.

- Afectó plantaciones de café.
- Dejó un saldo de 150 personas damnificadas.
- Al producirse el asentamiento del terreno, el local de la Casa Campesina quedó ubicado al borde de la corona del deslizamiento. Al presentar, estas grietas en su estructura, así como también grietas en los terrenos circundantes, fue demolido y de esta manera se buscó quitarle carga (peso) en la corona del deslizamiento y estabilizar la zona.



Foto 6: Se puede apreciar el salto principal de unos 25 m de alto, el cuerpo del deslizamiento asentado y basculado hacia adentro, se observan las viviendas destruidas dentro del material deslizado.

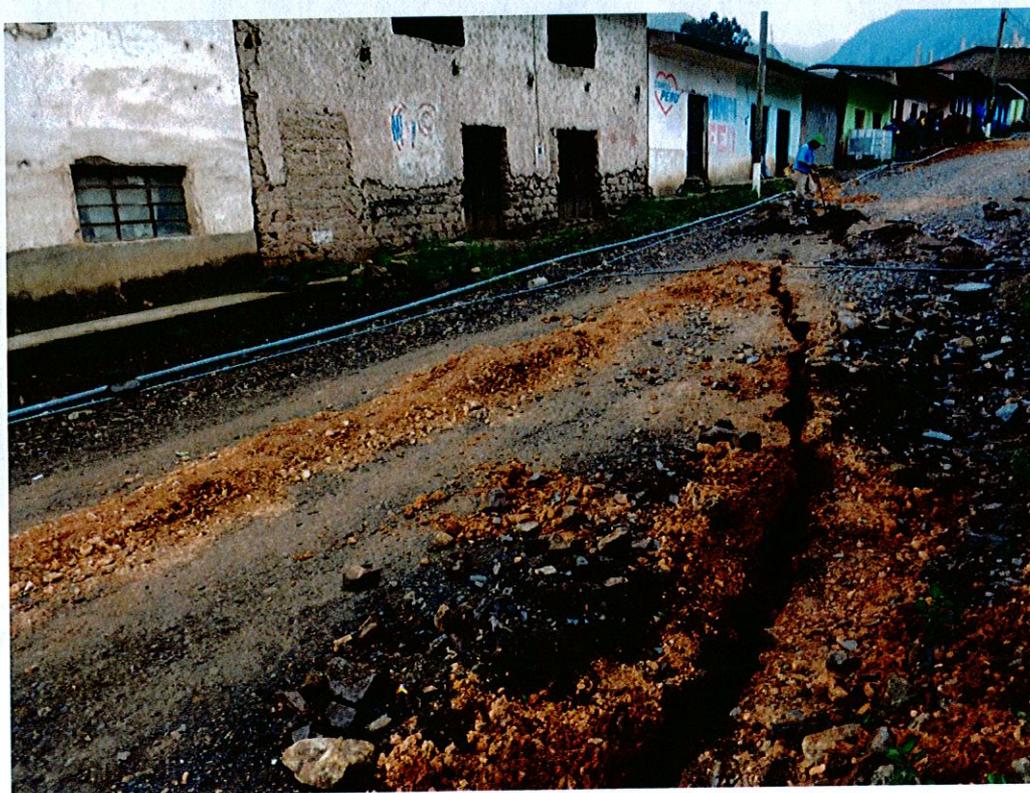


Foto 7: Grietas abiertas en la avenida principal de Ocobamba, que a la postre se convertirían en la zona de arranque del deslizamiento posterior (Foto: Municipalidad de Ocobamba).



Foto 8: Suelo aluvio-proluvial gravo arcillo-limoso, de coloraciones crema, amarillo, marrón y anaranjado, depositado por la quebrada Piscontilla, clastos con formas subredondeadas, constituidos por pizarras.



Foto 9: Substrato localizado en la base del deslizamiento, conformado por pizarras grises, alteradas y fracturas, saturadas con agua subterránea.

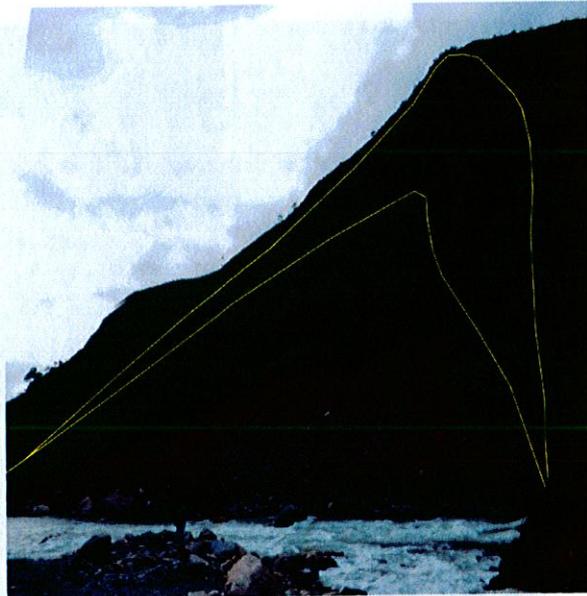
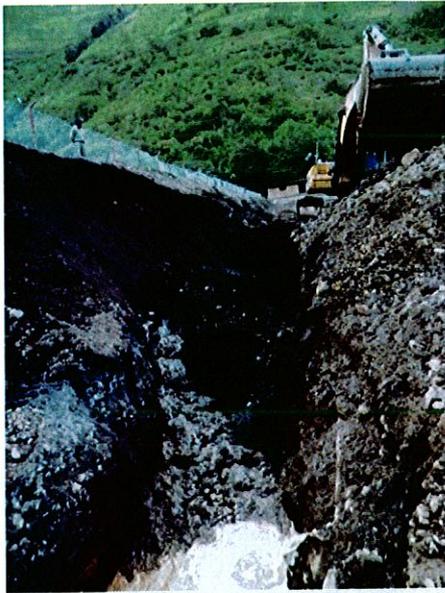


Foto 10: Aguas subterráneas que son captadas por medio de zanjas de drenaje, a la altura del campo deportivo (derecha).

Foto 11: Vista del deslizamiento localizado en la margen derecha del río Ocobamba, cuyo material caído desvió el cauce hacia su margen izquierda y provocó la erosión fluvial en la base de la terraza, que posteriormente desencadenó en el deslizamiento de Ocobamba.

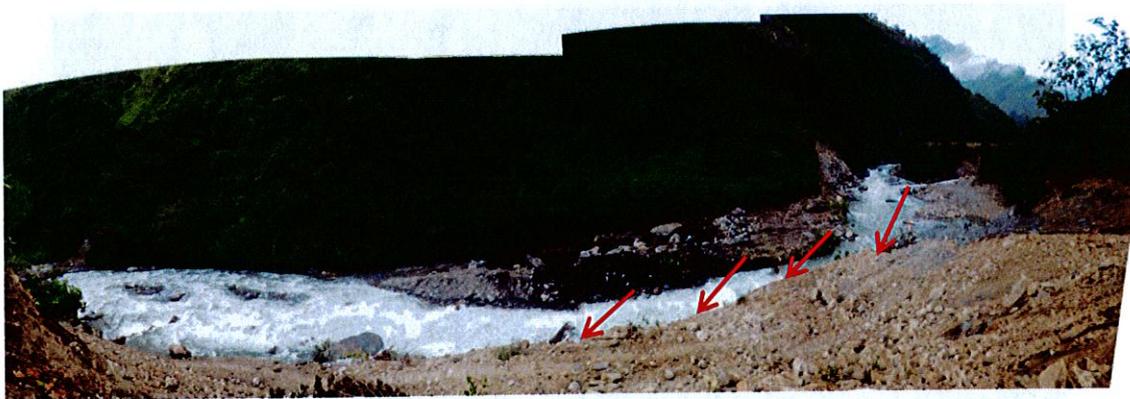


Foto 12: Vista aguas arriba del curso del río Ocobamba, desviado hacia su margen izquierda por el material del deslizamiento.

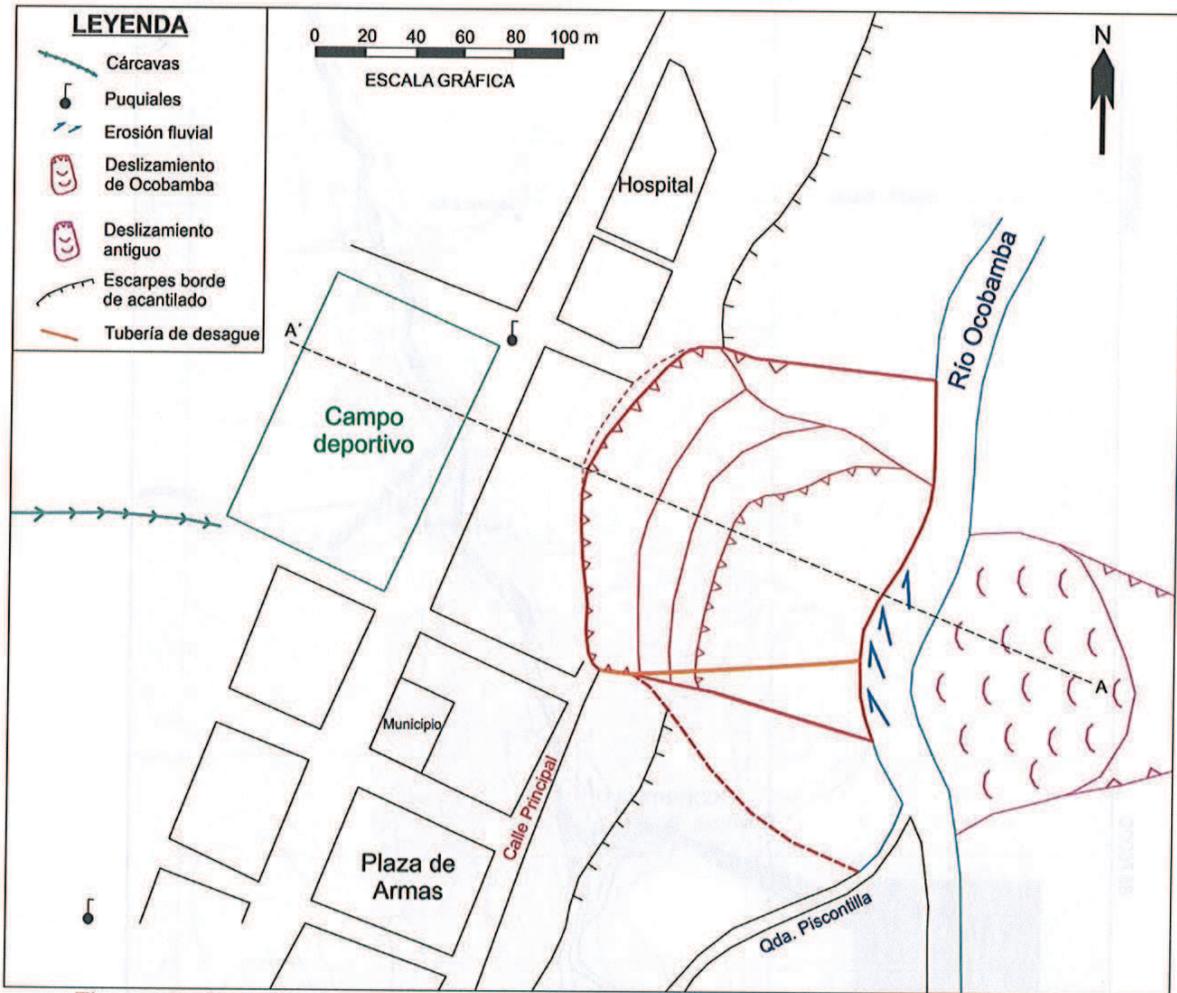


Figura 3: Croquis del deslizamiento de Ocobamba que afectó varias viviendas del poblado.

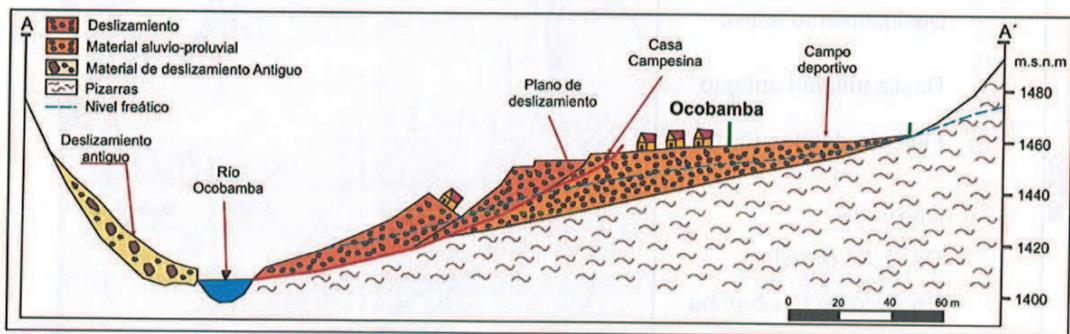


Figura 4: Perfil-Sección Geodinámica A-A' donde se ha graficado el deslizamiento de Ocobamba. Se observa la forma de la escarpa, los límites de contacto entre el substrato rocoso de pizarras y el material aluvio-proluvial que conforma la terraza donde se asienta el poblado; la ubicación del nivel freático es solo referencial.

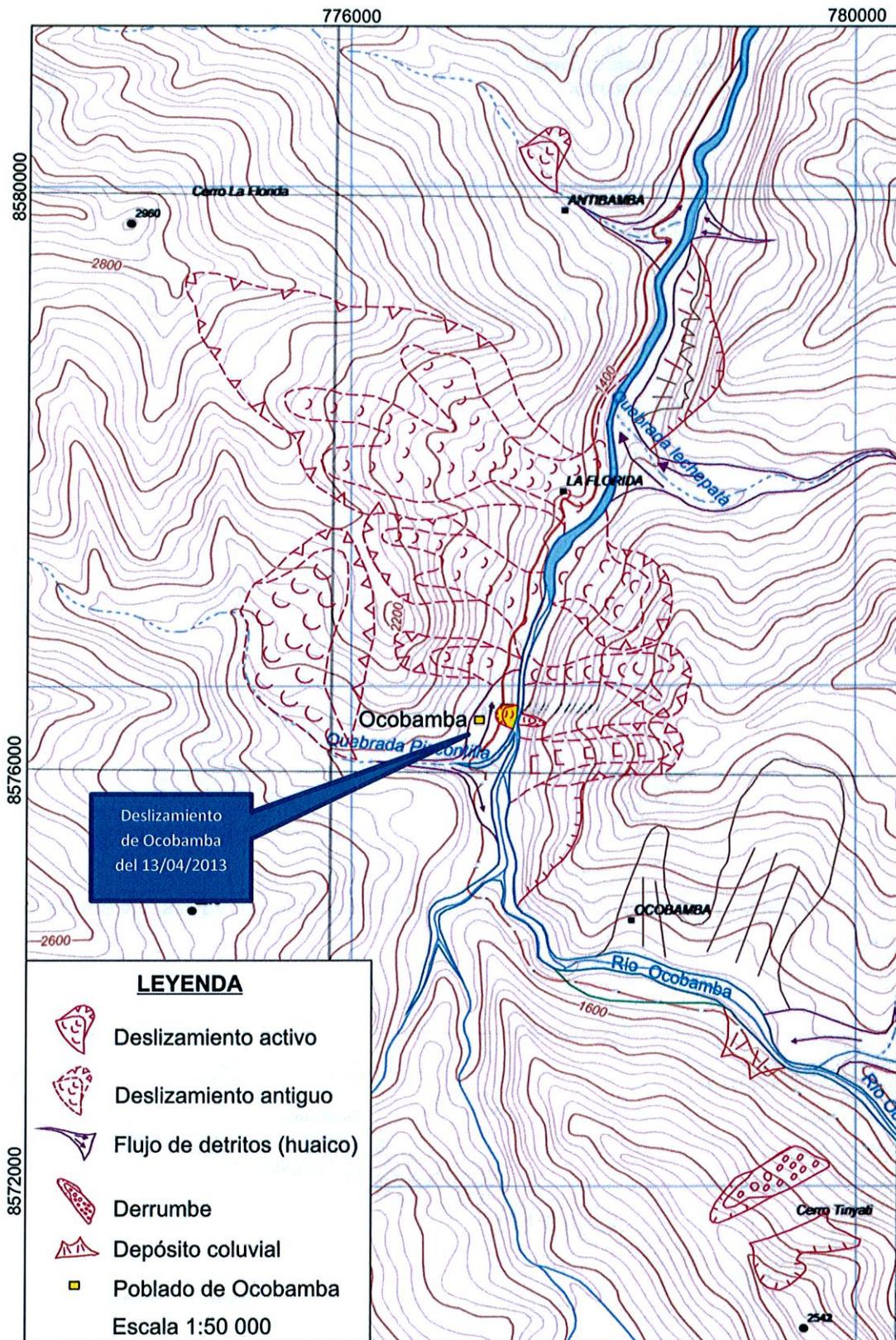


Figura 5: Mapa de peligros geológicos del área de Ocobamba, es posible observar la existencia de varios deslizamientos antiguos, derrumbes y flujos de detritos (huaicos).

5.1.2 Deslizamiento en el sector de Pirhua

Deslizamiento de tipo rotacional, ubicado en coordenadas centrales UTM, WGS-84, 8574937 N y 776998 E, a 1466 m.s.n.m., se encuentra localizado también en la margen izquierda del río Ocobamba, en las inmediaciones del poblado de Pirhua.

Antecedentes del evento: Como resultado de los trabajos de campo en el sector de Ocobamba, también se inspeccionó de manera rápida la zona de Pirhua, en donde se presenta un deslizamiento que ha producido el asentamiento del borde de una terraza aluvio-proluvial. Este evento según versión de los moradores de la zona se produjo el año 2012 y es resultado de la actividad geodinámica a la que está expuesta la zona.

En la actualidad el deslizamiento tiene un ancho promedio de unos 125 m, con un salto principal superior a los 10 m y se encuentra a aproximadamente 20 m de la carretera que permite el acceso hacia el poblado de Ocobamba (Foto 13).

En este sector, las causas que condicionan la formación del deslizamiento al parecer son las mismas que en sector de Ocobamba, ya que las viviendas se encuentran asentadas sobre la terraza aluvio-proluvial depositada por la quebrada Piscontilla, esta presenta en sus bordes acantilados con fuertes pendientes (45°), con proceso de erosión en su base; existe en la zona abundante agua subterránea la cual aflora a manera de manantiales dentro de viviendas y en la carretera (Foto 14).

Este evento hasta el momento solo ha afectado terrenos de cultivo con plantaciones de café.

Es preciso que se trabaje en acciones de prevención para evitar que resulten afectadas tanto las viviendas del poblado, así como la carretera.



Foto 13: Vista de la escarpa y salto principal del deslizamiento del sector de Pirhua.

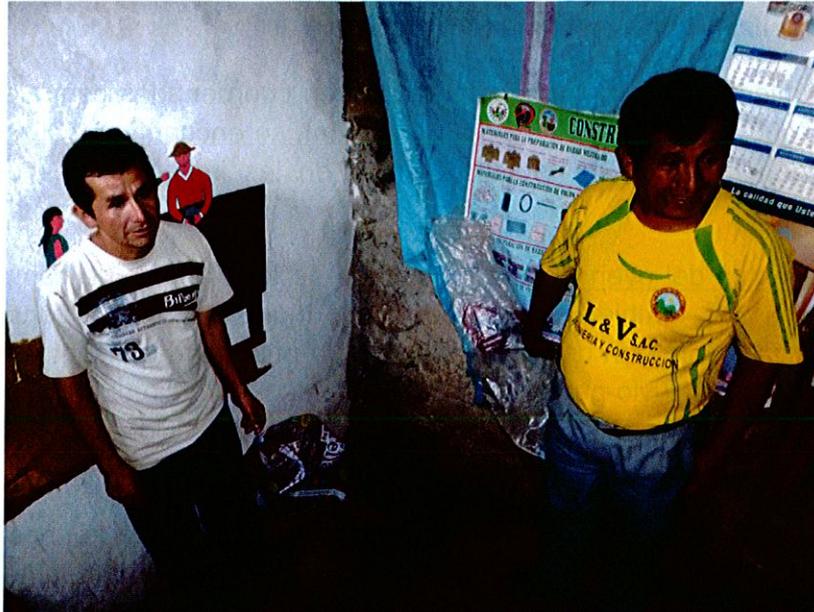


Foto 14: Manante de agua dentro de una vivienda en Pirhua.

5.1.3 Deslizamiento en el sector de Toccopuquio

Durante el viaje hacia el distrito de Ocobamba, se tuvo la oportunidad de realizar una rápida inspección de la cabecera del río Ocobamba y de sus tributarios. Así se pudo apreciar que las últimas precipitaciones pluviales han detonado la ocurrencia de varios deslizamientos, derrumbes y flujos de detritos en ambos márgenes del cauce principal del río, incluso algunos de ellos han llegado a represar de manera parcial al cauce del río Ocobamba, debido a que el volumen de material colapsado no fue lo suficientemente grande como para embalsarlo y el caudal transportado por el río erosionó rápidamente los diques formados.

De todos estos eventos ocurridos a lo largo del curso del río Ocobamba, se describe a continuación el deslizamiento Ocurrido en el sector de Toccopuquio.

Es un deslizamiento de tipo rotacional antiguo, localizado en coordenadas centrales UTM, WGS-84, 8555653 N y 793413 E, a 3126 m.s.n.m., en el cerro Cuchillachocho, en la margen izquierda de la quebrada Yanamayo, tributario del río Ocobamba por su margen izquierda, a una distancia aproximada de 30 km del poblado de Ocobamba.

Antecedentes del evento: Se trata de un deslizamiento antiguo, de unos 850 m de ancho de escarpa y 800 m de diferencia de altura de la punta a la corona, cuyo material movilizado desvió el curso del río Ocobamba. Este evento, según versión de los pobladores de la zona, se reactivó por primera vez el año 2005, como consecuencia de la construcción del tramo de la carretera que permite la comunicación con los poblados Ollantaytambo y Cusco; el eje de la carretera pasaba por el cuerpo del deslizamiento y al realizar los cortes en el talud para la construcción de la plataforma se produjeron los primeros asentamientos del terreno, que obligaron al cambio del trazo hacia la ladera de la margen derecha de la quebrada Yanamayo.

El deslizamiento se mantuvo en un estado de latencia, hasta esta última temporada de lluvias, en la cual se produjo un nuevo asentamiento del material que conforma el cuerpo del deslizamiento y es posible observar una escarpa con un pequeño salto. A su vez el cuerpo del deslizamiento aparece cortado por una cárcava, que tiene un avance retrogresivo, que desestabiliza el material deslizado y genera flujos de detritos (huaicos), como se muestra en la foto 15.

Las acciones tomadas por los representantes de defensa civil del distrito de Ocobamba, como son: 1) la instalación de una caseta de monitoreo visual del deslizamiento desde la ladera del frente y 2) la comunicación constante por medio de radio con el poblado de Ocobamba, son oportunas. Sin embargo es necesario pensar en la realización de trabajos de detalle que incluyan la simulación de un posible flujo de detritos generado por el desembalse violento de una laguna formada por la obstrucción del curso del río con el material colapsado desde un deslizamiento, así como también la realización de trabajos de mitigación en el cauce del río Ocobamba, como podría ser la construcción de diques disipadores transversales al cauce.



Foto 15: Vista del deslizamiento de Toccoquiquio, en donde se ha señalado con líneas amarillas entrecortadas la escarpa y depósito del antiguo deslizamiento, con línea roja la escarpa de reactivación.

6. CONDICIONES ACTUALES DEL SITIO

Los profesionales (ingenieros geólogos y civiles) que conforman equipo técnico de defensa civil del distrito de Ocobamba (Kelcaybamba), tomaron las previsiones del caso y evitaron a tiempo la pérdida de vidas humanas, por el deslizamiento. Sin embargo este deslizamiento destruyó varias viviendas, donde los damnificados fueron trasladados actualmente un sitio seguro.

Entre los trabajos realizados por la municipalidad de Ocobamba, que buscan mitigar y detener el avance del deslizamiento se tienen:

- Construcción de zanjas rellenas con material permeable (arena y grava) que funcionan como drenajes de las aguas subterráneas.
- Perfilado del deslizamiento por medio de la construcción de banquetas, para darle un ángulo de reposo al material deslizado.
- Sellado de grietas abiertas con arcilla.
- Demolición de las construcciones de material noble (Casa Campesina) que quedaron al borde de la corona del deslizamiento, para quietarle carga al deslizamiento y evitar que se sigan agrietando los terrenos ubicados detrás de la corona.

En la actualidad, algunas de las características intrínsecas que condicionaron la ocurrencia del deslizamiento rotacional persisten, por lo que se debe tener presente la posibilidad de nuevos colapsos y asentamiento del terreno en este y otros sectores; esta apreciación se sustenta en las siguientes condiciones observadas:

- El ángulo fuerte (40°) de la pendiente del acantilado donde se produjo el deslizamiento.
- Presencia de suelos gravo arcillo-limosos, que conforman la terraza aluvio-proluvial en donde se encuentra asentado el poblado de Ocobamba, los cuales permiten la infiltración rápida del agua proveniente de precipitaciones pluviales, que saturan el suelo, restándole estabilidad y haciéndolo susceptible a que se movilice ladera abajo.
- Presencia de un nivel freático alto, se observan manantiales dentro de las viviendas y a muy poca profundidad del suelo.
- Presencia de grietas con aberturas de hasta 0,50 m, en el lado izquierdo del deslizamiento, fuera del área afectada por el deslizamiento actual; por donde se puede infiltrar las aguas de precipitación pluvial, que sature el terreno, altera y debilita el substrato.
- Presencia de un substrato rocoso metamórfico de tipo pizarras, fracturadas, por donde se infiltra rápidamente las aguas de precipitación pluvial.
- En la base de la terraza donde se asienta el poblado de Ocobamba, estas rocas se presentan muy saturadas, fracturadas y alteradas, se consideran de mala calidad geotécnica.

- Presencia de viviendas construidas muy cerca del borde de la terraza aluvio –proluvial.

7. CONCLUSIONES

- 1) El poblado de Ocobamba (Kelcaybamba) fue afectado por un deslizamiento rotacional, como resultado de la reactivación de un deslizamiento antiguo; este afectó el borde de la terraza aluvio-proluvial donde se encuentra asentado el poblado de Ocobamba.
- 2) El deslizamiento fue condicionado por:
 - Morfología o forma del terreno de una terraza alta (50 m de altura), que forma parte del abanico aluvio-proluvial depositado por la quebrada Piscontilla.
 - Pendiente promedio del acantilado formado al borde de la terraza, desde donde se inició el deslizamiento, que supera los 40°.
 - Calidad geotécnica del substrato rocoso presente en la zona conformado por rocas metamórficas de tipo pizarras, que se inclinan con un ángulo superior a los 50°. Por debajo de la terraza aluvio-proluvial, son pizarras negras muy alteradas.
 - Presencia de un suelo de fundación gravo arcillo-limoso, por donde se infiltra rápidamente el agua de precipitación pluvial.
 - Fracturamiento presente en las rocas pizarrosas, permite la infiltración de la precipitación pluvial y de esta forma alimenta el acuífero formado en esta zona.
 - Presencia de abundante agua subterránea, que mantiene un nivel freático alto, saturando los suelos y las rocas pizarrosas alteradas; es posible observar afloramientos de agua (manantiales) dentro de las viviendas localizadas cerca de la ladera del cerro.
 - Condición geomorfológica del cauce del río Ocobamba, el cual se encuentra desviado hacia su margen izquierda debido al material depositado por un deslizamiento antiguo producido en la margen izquierda.
 - Ocupación del territorio sin una debida planificación; es posible encontrar viviendas asentadas a tan solo 1 m del borde del acantilado de la terraza.
- 3) Entre los detonantes del deslizamiento se tienen:
 - Precipitaciones pluviales intensas, consideradas excepcionales, caídas en la zona durante la presente temporada de lluvias. Estas precipitaciones alimentaron el acuífero de la zona y como consecuencia la subida del nivel freático.
 - Debido a las intensas precipitaciones, el caudal del río Ocobamba aumentó considerablemente. Al presentarse el curso del río a la altura del poblado de Ocobamba, obstruido y desviado hacia su margen izquierda, se incremento el proceso de erosión fluvial en la base de la terraza, que le restó estabilidad y produjo su colapso posterior.
- 4) El deslizamiento rotacional produjo el asentamiento del terreno destruyéndose unas 30 viviendas y la avenida principal, también colapsaron los sistemas de

agua potable y desagüe; afecto plantaciones de café. 150 personas fueron damnificadas.

- 5) El deslizamiento no produjo el represamiento del río Ocobamba. Se acumuló material en parte del cauce, el cual fue removido por el caudal incrementado del río. La formación de un represamiento y que además forme una laguna dependerá de la cantidad de material que se colapse de la terraza y del caudal que discurra en esos instantes por el río.
- 6) Al momento de realizar la inspección no se observó la presencia de nuevos agrietamientos dentro del cuerpo, así como detrás de la corona del deslizamiento. Si se observaron grietas en el lado izquierdo del deslizamiento.
- 7) Las posibilidades de nuevos colapsos o asentamientos de terreno en la zona deslizada dependerá de que persistan los condicionantes, entre estas la presencia de abundante agua subterránea (nivel freático alto); borde de la terraza con una pendiente alta; el curso del río desviado hacia su margen izquierda que produce erosión fluvial y la presencia de precipitaciones pluviales de igual o mayor intensidad que las ocurridas en la presente temporada de lluvias. Esta zona puede ser considerada con un **peligro alto**.
- 8) En el sector de Pirhua se encontró un deslizamiento de tipo rotacional, que la parecer tiene las mismas condicionantes que ocasionaron el deslizamiento de Ocobamba, éste ha afectado hasta el momento solo terrenos de cultivo.
- 9) A una distancia de 30 km aguas arriba, en la cabecera del río Ocobamba, (sector Toccopuquio), se identificó un deslizamiento antiguo de gran magnitud (850 m de ancho de escarpa y 800 m de diferencia de altura de la punta a la corona). El material movilizado desvió el curso del río Ocobamba. Este evento se reactivó recientemente el año 2005, como consecuencia de la construcción del trazo de un tramo de la carretera que permite la comunicación con los poblados Ollantaytambo y Cusco. Es importante realizar el monitoreo constante de este deslizamiento, puesto que el asentamiento de una gran masa de suelo podría producir el represamiento de la quebrada Yanamayo.

8. RECOMENDACIONES

Dentro de las recomendaciones que deben de tomarse en cuenta a corto y mediano plazo se tienen:

1. Debido a que el deslizamiento se ha producido recientemente, la condición de inestabilidad de la zona afectada se considera que aún continúa. Como primera medida se debe de reducir o prohibir el paso de personas por el área afectada por el deslizamiento, ya que nuevas reactivaciones pueden poner en riesgo su seguridad física. Esto puede realizarse señalizando el lugar, con la colocación de un aviso o letrero que adviertan el peligro.
2. Relleno y sellado de nuevas grietas abiertas, que aparezcan sobre la corona y a los costados del deslizamiento, para evitar la infiltración de agua

[Faint handwritten notes and illegible stamps]

 **COLEGIUM DE INGENIEROS DEL PERU**
CONSEJO DEPARTAMENTAL DEL CALLAO
[Signature]
Ing. CIP. Manuel Salomón Vilchez Mata
ING. GEOLOGO
Reg. N° 0121

en la siguiente estación de lluvias, que favorecería la saturación de los materiales y aceleraría movimientos o colapsos.

3. Continuar con los trabajos de perfilado del cuerpo del deslizamiento, iniciado por la municipalidad de Ocobamba, por medio de la construcción de terrazas. Estas terrazas deben contemplar el manejo de la escorrentía superficial, que deriven las aguas de precipitación pluvial fuera del deslizamiento, evitando así la formación de charcos y reducir la infiltración de agua en la masa deslizada.
4. Continuar con los trabajos preventivos de drenaje de las aguas subterráneas, por medio de zanjas o trincheras drenantes. Se puede usar geotextiles y relleno con material grueso.
5. Considerar las siguientes alternativas de drenaje superficial y subterráneo:

Medidas para realizar el drenaje del agua superficial

- Construcción de cunetas, canales y zanjas superficiales.
- Sellado de grietas y fracturas.
- Explanación del terreno para eliminar estancamientos.

Medidas para realizar el drenaje subterráneo

- Pozos verticales.
- Trincheras drenantes.
- Construcción de galerías o túneles de infiltración.

6. Si bien los trabajos realizados hasta el momento por la Municipalidad Distrital de Ocobamba en la zona deslizada han sido oportunos, se debe tener en cuenta que para la realización de un sistema de drenaje efectivo es necesario un estudio hidrogeológico detallado del sitio. El método geofísico de Sondajes Eléctricos Verticales (SEV) ayudará a determinar la profundidad del nivel freático, así como permitirá determinar la conformación del subsuelo. Un estudio que incluya la simulación de un posible flujo de detritos generado por la rotura de un embalse producido por un deslizamiento, serviría como referente para que INDECI de Ocobamba, realice sus tareas de prevención.
7. Considerar la posibilidad de instrumentar la zona de deslizamiento y sus alrededores, para medir movimientos superficiales y profundos por medio de levantamientos topográficos e inclinómetros y determinar la posición y fluctuaciones del nivel freático en pozos de observación y con piezómetros, que se colocaran en la corona del deslizamiento. Las mediciones topográficas deben realizarse desde puntos estables hacia puntos de control localizados en el cuerpo del deslizamiento.
8. Realizar trabajos de perfilado en el cuerpo del deslizamiento con cuidado, ya que se ha producido recientemente y podría continuar inestable la zona,

esto representaría un peligro muy alto para la seguridad física de las personas que realizan estos trabajos.

9. Evitar arrojar aguas servidas. Se recomienda conducir la tubería de desagüe del poblado fuera de la zona deslizada, ya que roturas en el sistema contribuiría a saturar el terreno removido.
10. Prohibir y evitar la ocupación de la zona deslizada y sus alrededores, con la construcción de viviendas o algún otro tipo de infraestructura. En general se debe de reducir, incluso eliminar la proliferación de construcción de viviendas localizadas cerca del borde de la terraza aluvio-proluvial que ocupa el poblado de Ocobamba.
11. Mantenerse alerta y en constante vigilancia ante la aparición de nuevos agrietamientos en la zona deslizada, sus alrededores y en otros sectores que se ubican cerca del borde de la terraza, para realizar las acciones de evacuación de personas, de ser necesarias.
12. Solicitar a la entidad pertinente los datos de precipitación pluvial registrados durante la última temporada de lluvias en las estaciones pluviométricas cercanas a Ocobamba; los datos servirán para tener un valor referencial de lluvias críticas, es decir el valor que se necesitó para que se detonen los deslizamientos, derrumbes y flujos de detritos (incluido el de Ocobamba), observados en la cuenca del río Ocobamba. Estos valores de precipitación pueden servir para mantener alerta a la población en caso se vuelvan a producir valores de precipitación iguales o superiores.
13. Construir una defensa rivereña en la margen izquierda del río Ocobamba, al pie del deslizamiento, para controlar la erosión fluvial en este punto, esto puede ser por medio del arrimado de material y enrocado, o colocando gaviones (figura 6).
14. Recuperar el curso natural del río Ocobamba, por medio de la remoción del material acumulado por el deslizamiento ocurrido en margen derecha, que desvió el curso del río hacia su margen izquierda favoreciendo la erosión fluvial en este punto (figura 6).
15. Los pobladores de Ocobamba, deben organizarse y poner en práctica un sistema de alerta temprana, que les permita informarse rápidamente de la ocurrencia de deslizamientos, flujos de detritos (huaicos), etc., que puedan generarse en el río Ocobamba. Este sistema de alerta, puede estar constituido por radios de comunicación, campanas, silbatos, etc., donde los pobladores deben estar muy bien habituados con el significado de su sonido.
16. Se debe de realizar en el poblado de Ocobamba un trabajo de identificación y señalización de rutas de evacuación hacia las zonas altas, así como de las zonas de refugio de producirse algún evento de tipo movimiento en masa (deslizamiento, derrumbe, flujo de detritos, etc.) que ponga en peligro su seguridad.
17. Tener presente la mejora de la estación de monitoreo colocada por INDECI de la Municipalidad de Ocobamba en el sector de Toccoquiquio; en la figura 7 se muestran los equipos que se requieren, esta estación servirá para monitorear flujos de detritos posteriores.

18. Construir diques disipadores transversales al cauce principal del río Ocobamba, estos servirán para contener y reducir los efectos de los materiales acarreados por los flujos de detritos aguas abajo, originados en las cabeceras del río Ocobamba.
19. Finalmente, los sectores identificados como posibles terrenos para realizar la reubicación o reasentamiento de las viviendas destruidas por el deslizamiento de Ocobamba, deben poseer previamente estudios geotécnicos de detalle, de peligros geológicos, entre otros, que garanticen la seguridad física de edificaciones y pobladores que los ocupen.

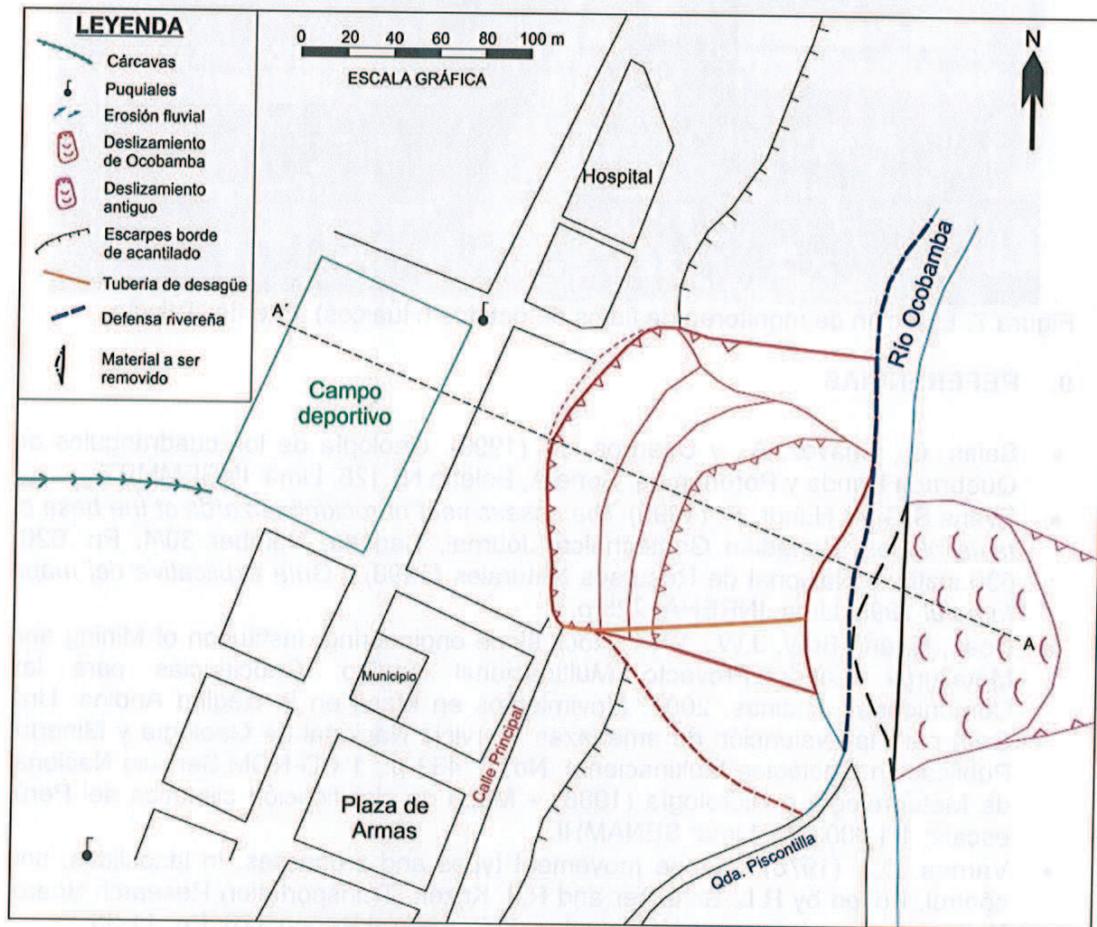


Figura 6: Recuperación del cauce natural del río Ocobamba, por medio de la remoción de material acumulado por deslizamiento de la margen derecha.

MINISTERIO DE VIVIENDA Y CONSTRUCCIÓN DEL PERÚ
 CONSEJO DEPARTAMENTAL DEL CALLAO
 Ing. Manuel Salomón Vilchez Mata
 0511 441 0000

INSTITUTO NACIONAL DE INGENIEROS DEL PERÚ
 CONSEJO DEPARTAMENTAL DEL CALLAO
 Ing. Manuel Salomón Vilchez Mata
 ING. GEOLOGO
 Reg. N.º 0511



Figura 7: Estación de monitoreo de flujos de detritos (Huaicos). Fuente: Taiwán.

9. REFERENCIAS

- Salas, G., Chavez, A., y Cuadros, J. (1999). Geología de los cuadrángulos de Quebrada Honda y Porobamba. Serie A, Boletín N° 128. Lima: INGEMMET.
- Evans S.G., & Hungr, R. (1993) *The assessment of rockfall hazards at the base of talus slopes*. Canadian Geotechnical Journal, Canadá. Number 30/4. Pp. 620-636. Instituto Nacional de Recursos Naturales (1996) - *Guía explicativa del mapa forestal 1995*. Lima: INRENA. 225 p.
- Hoek, E. and Bray, J.W., 1981. Rock slope engineering. Institution of Mining and Metallurgy, London. Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. 2007. Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (1988) – Mapa de clasificación climática del Perú, escala: 1:1'000.000. Lima: SENAMHI.
- Varnes, D.J. (1978) – Slope movement types and processes. In landslides, and control, Edited by R.L. Schuster and R.J. Krizek. Transportation Research Board, National research Council, Washington, D.C. Special Report 176. Pp. 11-33.
- Zavala, B. (2011) - *Inspección técnica del derrumbe en la localidad de Tuti. Distrito de Tuti, provincia de Cailloma, región Arequipa*. Lima: INGEMMET, 14 p. (Disponible A.T. Ingemmet A6579).


CONSEJO DE MINISTROS DEL PERÚ
CONSEJO DEPARTAMENTAL DEL CALLAO
 ng° CIP. Manuel S. Domón Vilchez Mata
 ING. GEOLOGO
 Reg N° 01212