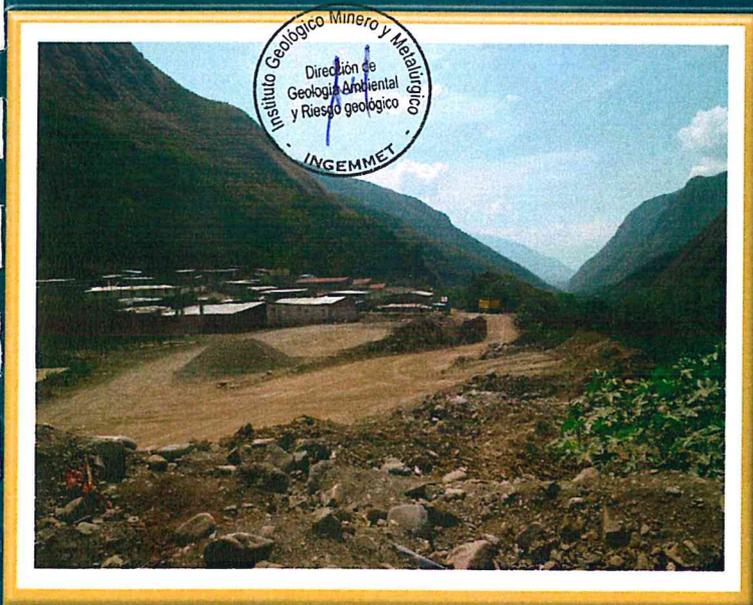


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A6971

EVALUACIÓN GEOLÓGICA EN EL SECTOR DE KELCAYBAMBA-DESLIZAMIENTO DEL AÑO 2013

Región Cusco
Provincia La Convención
Distrito Ocobamba



NOVIEMBRE
2019

INDICE

RESUMEN	3
1. INTRODUCCIÓN	4
2. ANTECEDENTES	4
3. ASPECTOS GENERALES	6
3.1. Ubicación y accesibilidad.....	6
3.2. Objetivos	6
3.3. Clima y vegetación	6
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS Y GEOLÓGICOS	8
4.1. Aspectos geomorfológicos.....	8
4.2. Aspectos geológicos.....	10
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	13
5.1. Evolución del deslizamiento	13
5.2. Estado actual del deslizamiento rotacional del 2013	14
6. FACTORES CONDICIONANTES Y DESENCADENANTES	19
7. MEDIDAS DE MITIGACIÓN	20
CONCLUSIONES	24
RECOMENDACIONES	25
BIBLIOGRAFÍA	26

EVALUACIÓN GEOLÓGICA EN EL SECTOR DE KELCAYBAMBA DESLIZAMIENTO DEL AÑO 2013 (Distrito de Ocobamba, provincia de La Convención, región Cusco)

RESUMEN

El sector Kelcaybamba está ubicado en la margen izquierda del río Ocobamba, sobre un depósito proluvio aluvial. Políticamente pertenece al distrito de Ocobamba, provincia de La Convención, región Cusco.

Desde el punto de vista morfológico, la zona se ubica sobre una terraza proluvio aluvial, disectado por tres quebradas principales y circundadas por el cerro la Florida, la misma que constituye pendientes empinadas (45°).

Litológicamente, la zona está conformado por pizarras, color negro, marrón oscuro y un característico color gris acero por efectos de la meteorización. Las pizarras se disponen en estratos métricos y en paquetes masivos.

A través de imágenes multitemporales del Google Earth, de los años 2000, 2014 y 2017, se pudo analizar la evolución del deslizamiento rotacional. El año 2013 el deslizamiento inició su actividad, formándose grietas tensionales, las cuales fueron evolucionando a saltos en el terreno, las mismas que se desplazaron posteriormente.

En la inspección de campo realizada en la zona, se evidencia la localización de viviendas al borde del acantilado a 10 m aproximadamente del cauce del río Ocobamba, zona susceptible a la ocurrencia de movimientos en masa. De igual modo mencionar que a la altura del deslizamiento la terraza presenta un ancho de 10m, cuyo espaciamiento viene siendo rellenada por depósitos antropogénicos y sobre la cual pasa la vía de conexión principal al poblado, la misma que presenta antecedentes de desplazamientos por el deslizamiento del 2013.

En la zona, la geodinámica externa está condicionada por factores condicionantes como: substrato rocoso de mala calidad, rocas metamórficas con alto grado de meteorización y fuerte fracturamiento, incompetencia de suelos que permiten la infiltración pluvial, terrazas antiguas altas, pendiente promedio del acantilado con cara al talud superior a los 40°, dinámica fluvial y condición geomorfológica del cauce del río Ocobamba, presencia de agua subterránea, con nivel freático alto, ocupación y asentamiento inadecuado de viviendas muy próximas al borde del acantilado y finalmente como factor desencadenante se tiene las precipitaciones pluviales intensas registradas durante el periodo lluvioso de noviembre a marzo.

Debido a las características geológicas, climáticas y de geodinámica externa, el poblado de Kelcaybamba, es considerado como zona de peligro alto, por lo cual se recomienda prohibir y evitar la ocupación en la zona deslizada y sus alrededores, con la construcción de viviendas o algún otro tipo de infraestructura, así mismo se recomienda construir defensa rivereña en la margen izquierda del río Ocobamba, para controlar la erosión fluvial en este punto y drenar las aguas provenientes de la parte alta del cerro Florida.

1. INTRODUCCION

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), como ente técnico-científico, incorpora dentro de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) y la ACT.7: Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional.

Su alcance contribuye con entidades gubernamentales en los diferentes niveles de gobierno (nacional, regional y local), desde el reconocimiento, caracterización y diagnóstico de peligros geológicos en territorios susceptibles a movimientos en masa, inundaciones u otros peligros geológicos asociados a eventos hidroclimáticos, sísmicos o de reactivación de fallas geológicas, o asociados a actividad volcánica.

Mediante esta asistencia técnica el INGEMMET proporciona un informe técnico que incluye resultados de la evaluación geológica-geodinámica realizada, así como recomendaciones pertinentes para la mitigación y prevención en el marco del Sistema de Gestión de Riesgo de Desastres.

Dicho esto, mediante Oficio N° 241-2019-MDO-A, recibido el 14 junio del 2019, la municipalidad distrital de Ocobamba, solicitó una evaluación geológica-geodinámica en el poblado de Kelcaybamba. La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET, comisionó a los profesionales Guisela Choquenaira y Edith Quispe, para realizar la respectiva evaluación técnica.

Para esta evaluación, se realizaron trabajos de recopilación de información y preparación de mapas para trabajos de campo, toma de datos fotográficos, GPS, cartografía, procesamiento de información y redacción del informe.

2. ANTECEDENTES

Entre los principales estudios realizados en la zona se pueden mencionar:

- Informe de emergencia N° 236-17/04/2013, en el cual COEN e INDEI, describe la formación de grietas y posterior deslizamiento en la calle principal de la localidad de Kelcaybamba.
Las grietas en la calle para esa fecha tenían dimensiones de 0,40 m de ancho y 3 m de profundidad aproximadamente, en un tramo de 150 m, desarrollado como un deslizamiento que afectó 31 viviendas, declaradas inhabitables debido al colapso de su estructura, así como el sistema de agua y desagüe.
- Informe técnico N° A6630. Deslizamiento de Ocobamba (Vílchez M., 2013). El poblado de Ocobamba (Kelcaybamba) fue afectado por un deslizamiento rotacional antiguo reactivado; el cual produjo el colapso de parte de la superficie de la terraza aluvio-proluvial, sobre la cual se emplaza el poblado de Ocobamba. Zona considerada como alto peligro (figura 1 y 2).

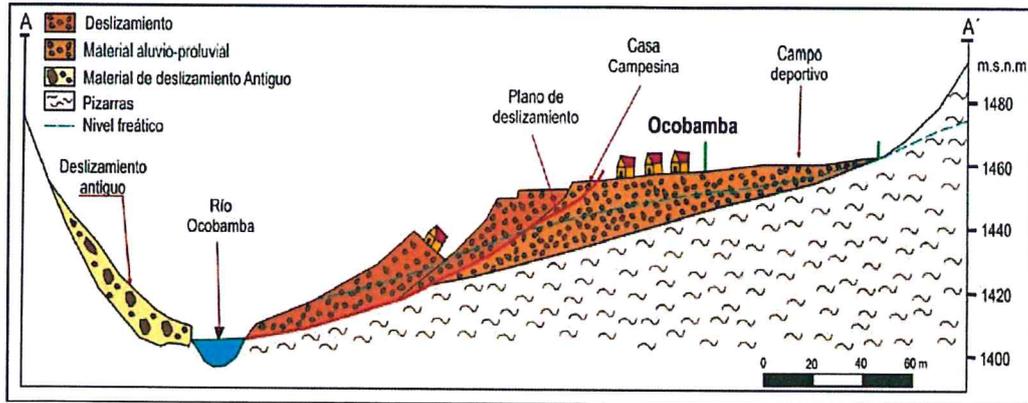


Figura 1: Perfil-Sección Geodinámica A-A' donde se ha graficado el deslizamiento de Ocobamba. Se observa la forma de la escarpa, los límites de contacto entre el substrato rocoso de pizarras y el material aluvio-proluvial que conforma la terraza donde se asienta el poblado; la ubicación del nivel freático es solo referencial.

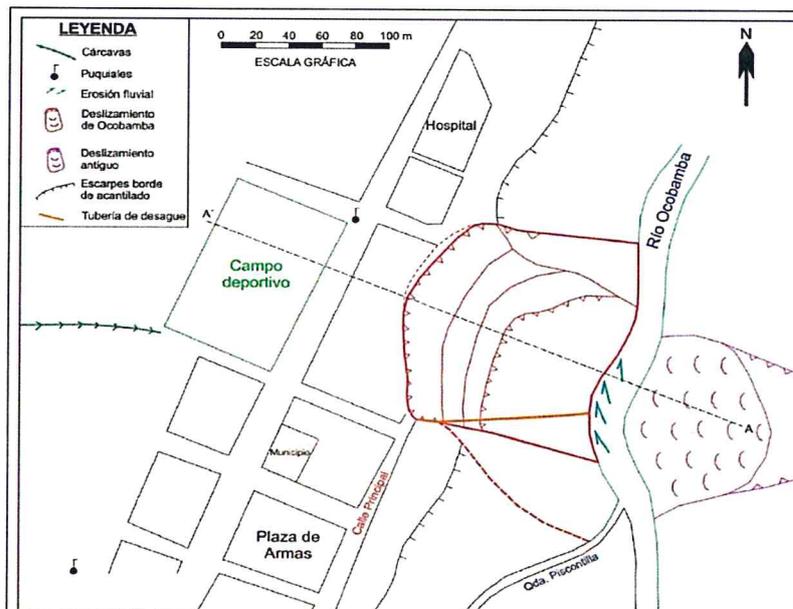


Figura 2: Croquis del deslizamiento, que afecta viviendas del poblado de Ocobamba.

- Informe de estimación de riesgos del poblado de Kelcaybamba 2013 (Municipalidad distrital de Ocobamba 2013). Describe que las viviendas ubicadas en la margen izquierda del río Ocobamba, se encuentran en riesgo alto, ante peligros geológicos por movimientos en masa.
- Estudio Riesgos Geológicos del Perú – Franja N° 3, elaborado por INGEMMET (2003), 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 estudio; de lo cual se tiene:
 - Mapa de peligros geológicos múltiples con ocurrencia predominante de flujos de detritos, seguido por deslizamientos, movimientos complejos y procesos de erosión fluvial. Así también en este estudio, se considera al poblado de Ocobamba (Kelcaybamba) en zona de peligro Muy alto.

3. ASPECTOS GENERALES

3.1. Ubicación y accesibilidad

El área de estudio, se ubica en la margen izquierda del río Ocobamba, políticamente pertenece al distrito de Ocobamba, provincia de La Convención, región Cusco (figura 3). Desde el punto de vista morfológico, la zona se localiza en la Cordillera Oriental cuyas coordenadas centrales UTM (WGS-84) son: N: 8575749; E: 777115 y Z: 1460m.s.n.m.

El acceso hacia el poblado de Kelcaybamba, desde la ciudad del Cusco se realiza por vía terrestre, se toma la ruta Chincheros, Urubamba, Ollantaytambo, de este último se desvía hacia Yanamayo para finalmente llegar al distrito de Ocobamba.

Itinerario

Ruta	Tipo de Vía	km	Tiempo
Cusco-Ollantaytambo	Vía asfaltada	91.3	1.50horas
Ollantaytambo-Yanamayo-Ocobamba	Trocha carrozable	85.7	1.30horas

3.2. Objetivos

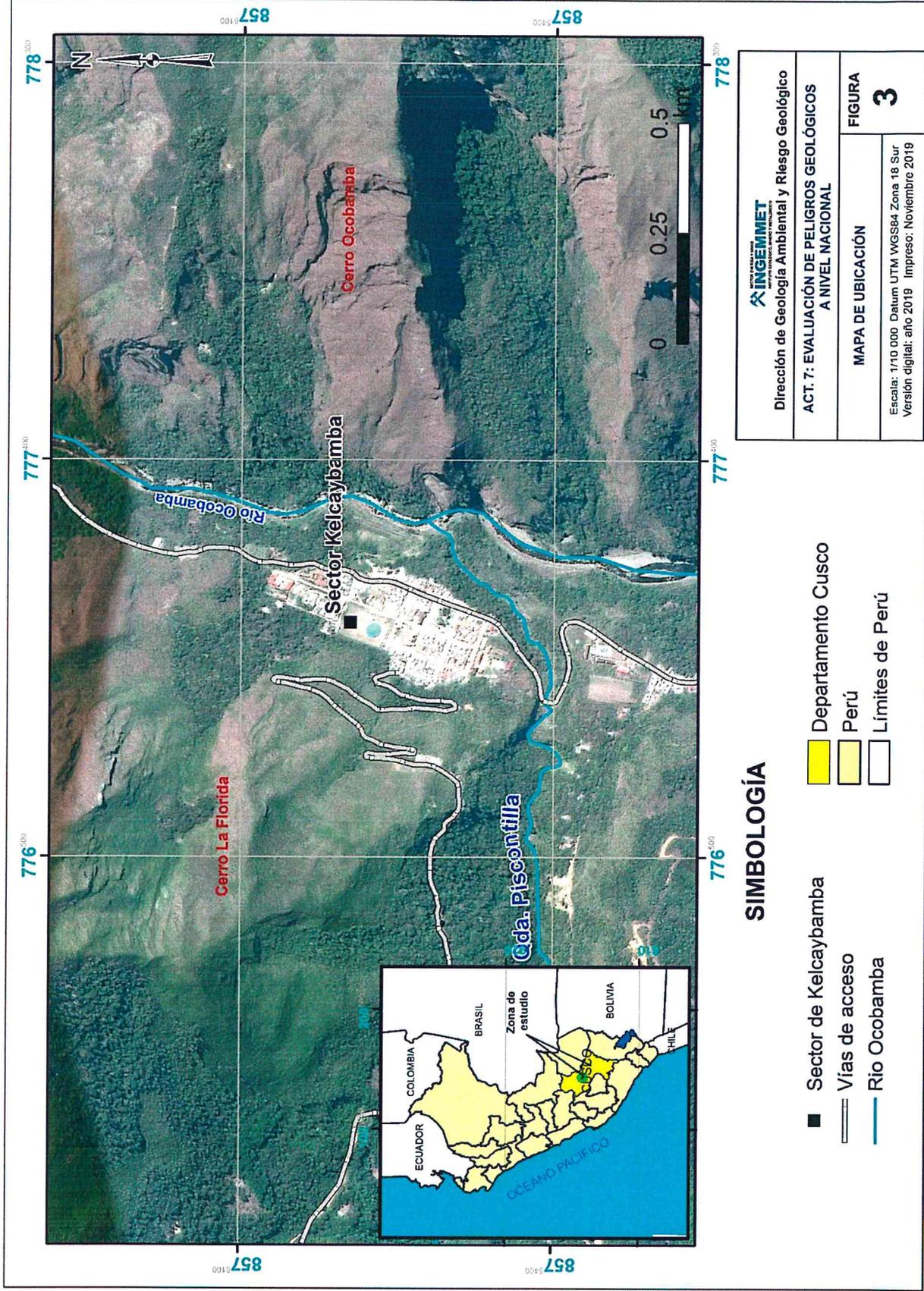
- a) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos en el poblado de Kelcaybamba.
- b) Determinar y describir los principales factores condicionantes y desencadenantes en la ocurrencia de peligros geológicos

3.3. Clima y vegetación

Según SENAMHI, en la zona de estudio la precipitación pluvial acumulada durante el periodo lluvioso normal (setiembre – mayo) alcanza los 500 y 1000 mm; mientras que para el período de precipitación acumulado durante el evento del fenómeno “El Niño” 1997/1998, fue de 600 mm; con temperaturas entre 4 °c a 18 °c de variación anual.

INRENA, 1996, menciona las diferentes zonas y tipos de vegetación a nivel nacional, reconociendo en la zona 02 tipos característicos que se menciona a continuación.

- 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). A mayor altura los bosques cambian de fisonomía, se hacen menos exuberantes; los árboles 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, cultivos anuales y permanentes y pastos en procesos de degradación.



SIMBOLOGÍA

- Sector de Kelcaybamba
- ▬ Vías de acceso
- ▬ Rio Ocobamba
- Departamento Cusco
- ▬ Perú
- ▬ Límites de Perú

 Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico	
ACT. 7: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
MAPA DE UBICACIÓN	FIGURA 3
Escala: 1/10 000 Datum UTM WGS84 Zona 18 Sur Versión digital: año 2019 Impreso: Noviembre 2019	

Figura 3: Mapa de ubicación del sector de Kelcaybamba

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS Y GEOLÓGICOS

4.1. Aspectos geomorfológicos

Kelcaybamba se encuentra ubicado en la margen izquierda del río Ocobamba, en su recorrido disecta la Cordillera Oriental de los Andes en sentido SO-NE (Vilchez M, 2013).

La clasificación geomorfológica y su descripción forman parte de la memoria descriptiva de la región Cusco, elaborado por INGEMMET.

Geoformas de carácter tectónico-degradacional y erosional

Representadas por relieves montañosos modelados en rocas metamórficas, alcanzan pendientes superiores a los 30°.

a. Unidad de montaña

El distrito de Ocobamba representada por una topografía agreste e irregular, presenta rangos altitudinales superiores a los 300 m de base local.

- ✓ **Sub unidad de montaña en roca metamórfica (RM-rm):** El sector de Kelcaybamba esta delimita por montañas de roca metamórfica. Poseen una topografía accidentada, de cimas alargadas, y laderas de pendientes predominantemente empinadas.

Geoformas de carácter deposicional y agradacional

Representadas por las acumulaciones de material proveniente de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas existentes.

b. Unidad de piedemonte

En el área de estudio, se encuentran situados al pie del frente montañoso

- ✓ **Sub unidad de vertiente coluvio deluvial (V-cd):** 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.
- ✓ **Sub unidad vertiente o piedemonte aluvio-torrencales (P-at):** Localizados en las desembocaduras de quebradas hacia los cauces principales. Son el resultado de la acumulación de material movilizado a manera de flujos de detritos (huaicos), modificando localmente la dirección del curso del río Ocobamba. La localidad de Kelcaybamba se encuentra emplazada sobre el abanico proluvial (depositado por la quebrada Piscontilla) (fotografía 1).

c. Unidad de planicie inundable

- ✓ **Sub unidad de terrazas fluviales (T-fl):** Se encuentran localizadas en ambas márgenes del río Ocobamba, zona donde se desarrolla áreas de cultivos.
- ✓ **Sub unidad de llanura de inundación (PL-i).** 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, fácilmente removible (fotografía 2).



Fotografía 1: Vista de geformas existente en la zona de estudio: montañas de roca metamórfica (RM-rm) y vertiente aluvio torrencial (P-at)



Fotografía 2: Terraza baja inundable, margen izquierda del río Ocobamba

4.2. Aspectos geológicos

Regionalmente el substrato rocoso en la zona, está compuesto por rocas metamórficas del Paleozoico inferior y algunos segmentos intrusivos (Salas *et al.*, 1999). También se tienen depósitos cuaternarios (figura 4):

ORDOVÍCICO

a. 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 la localidad solo aflora la Formación Iparo.

- **Formación Iparo (Oi-i):** Aflora en el valle del río Ocobamba, litológicamente está compuesta por pizarras, de color negro, marrón oscuro y un característico color gris acero por efectos de la meteorización. Las pizarras se disponen en estratos métricos y en paquetes masivos. La inclinación de 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 tipo fisurado (fotografía 3).

b. 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.

DEPÓSITOS SUPERFICIALES (RECIENTES)

- c. **Depósitos proluviales (Qh-pr):** Conformado por fragmentos rocosos heterométricos (cantos, bolos, bloques, etc.), inmersos en matriz arcillo-limoso depositados en el fondo de valles tributarios y conos deyección en la confluencia de quebradas, tributarias al curso principal del río Ocobamba. El sector de Kelcaybamba se encuentra asentada sobre este tipo de depósito (fotografía 4).
- d. **Deposito coluvial (Qr-co):** Son depósitos de talud y de ladera, se componen de gravas y bloques subangulosos a angulosos, en matriz arcillo-limosa, nada consolidada, localizados en ambos márgenes del río Ocobamba, al pie de laderas montañosas.
- e. **Depósito aluvial (Qr-al):** Se distribuyen en ambos márgenes del valle del río Ocobamba. Se componen de gravas y bloques, redondeados, envueltos en una matriz limo-arenosa, formando terrazas aluviales.
- f. **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, periódicamente son acarreadas por el curso del río.

Rocas intrusivas

- g. Intrusivo Yanaorcco: Compuesto por granito, color gris claro, aflora en las partes altas del cerro La Florida, sus contactos son discordantes con rocas metamórficas de la Formación Sandía y el Grupo San José.



Fotografía 3: Roca metamórfica del Grupo San José



Fotografía 4: Depósito proluvial sobre la cual está asentado el poblado de Kelcaybamba

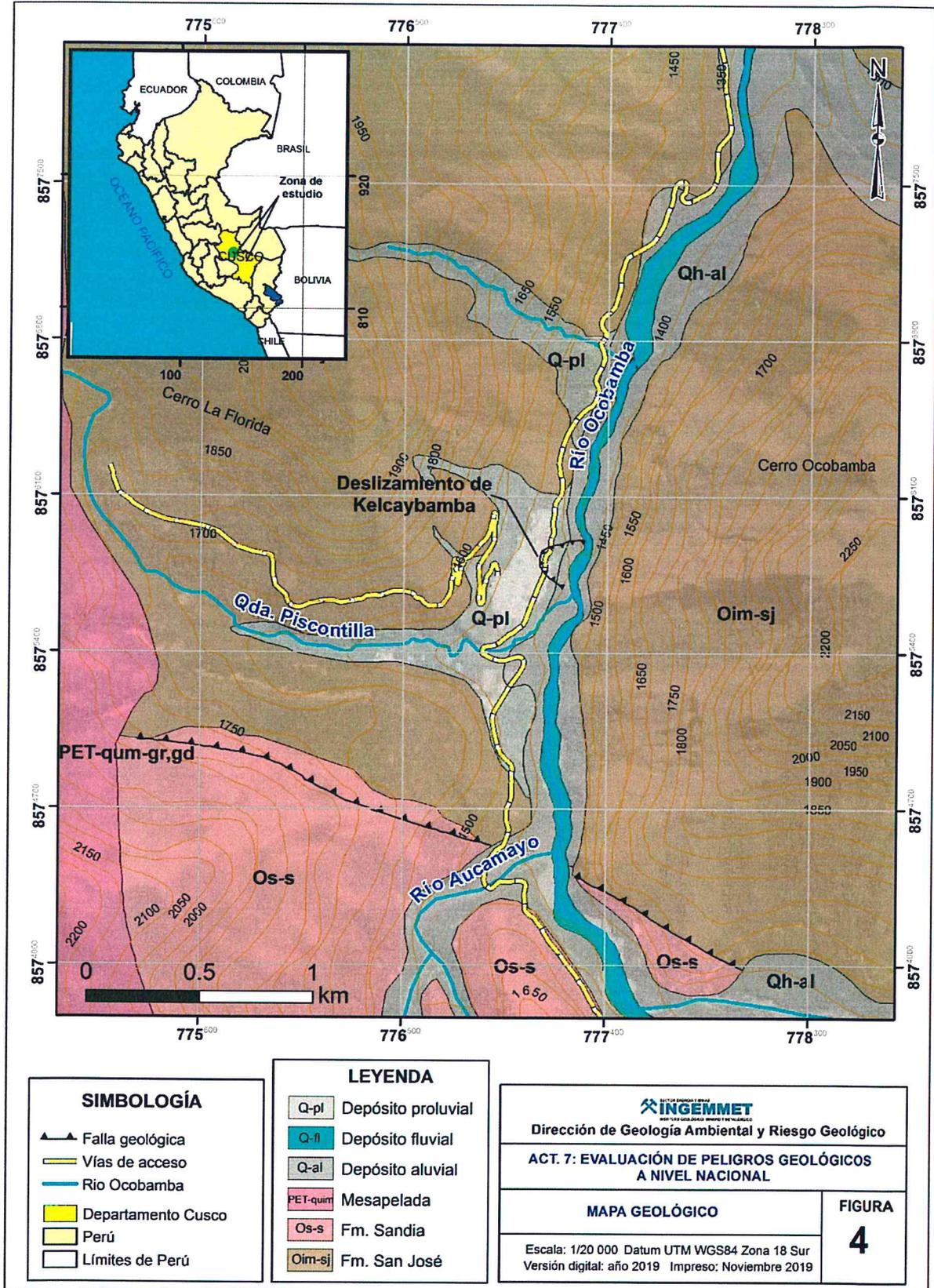


Figura 4: Mapa geológico del sector Kelcaybamba. Modificado de Salas et al., 1999

5. PELIGROS GEOLOGICOS

5.1. Evolución del deslizamiento

La evolución del deslizamiento rotacional en el sector de Kelcaybamba empezó a desarrollarse a partir de grietas tensionales y posterior desplazamientos del suelo (depósito proluvial).

El análisis de imágenes multitemporales del Google Earth, de los años 2000, 2014 y 2017 (figura 5) permite visualizar el desarrollo del deslizamiento rotacional del 2013.

Para el año 2000, el terreno no muestra evidencias de grietas ni desplazamientos, pero si la presencia de viviendas en la cabecera y el flanco derecho del deslizamiento.

El año 2013 el deslizamiento inició su actividad, formándose grietas tensionales de 0,40 m de abertura y 3m de profundidad (Vílchez, M. 2013), las cuales fueron evolucionando a saltos en el terreno, las mismas que se desplazaron inicialmente con un salto de hasta 25m; presentándose los primeros agrietamientos en las paredes de las viviendas.

Sin embargo el año 2014, el cuerpo del deslizamiento se mantuvo estabilizado, debido al desarrollo de terraceo en banquetas.

Finalmente, en la imagen del 2017, no se visualiza el escarpe del deslizamiento, debido a la ubicación de viviendas nuevamente en la cabecera y flanco derecho.

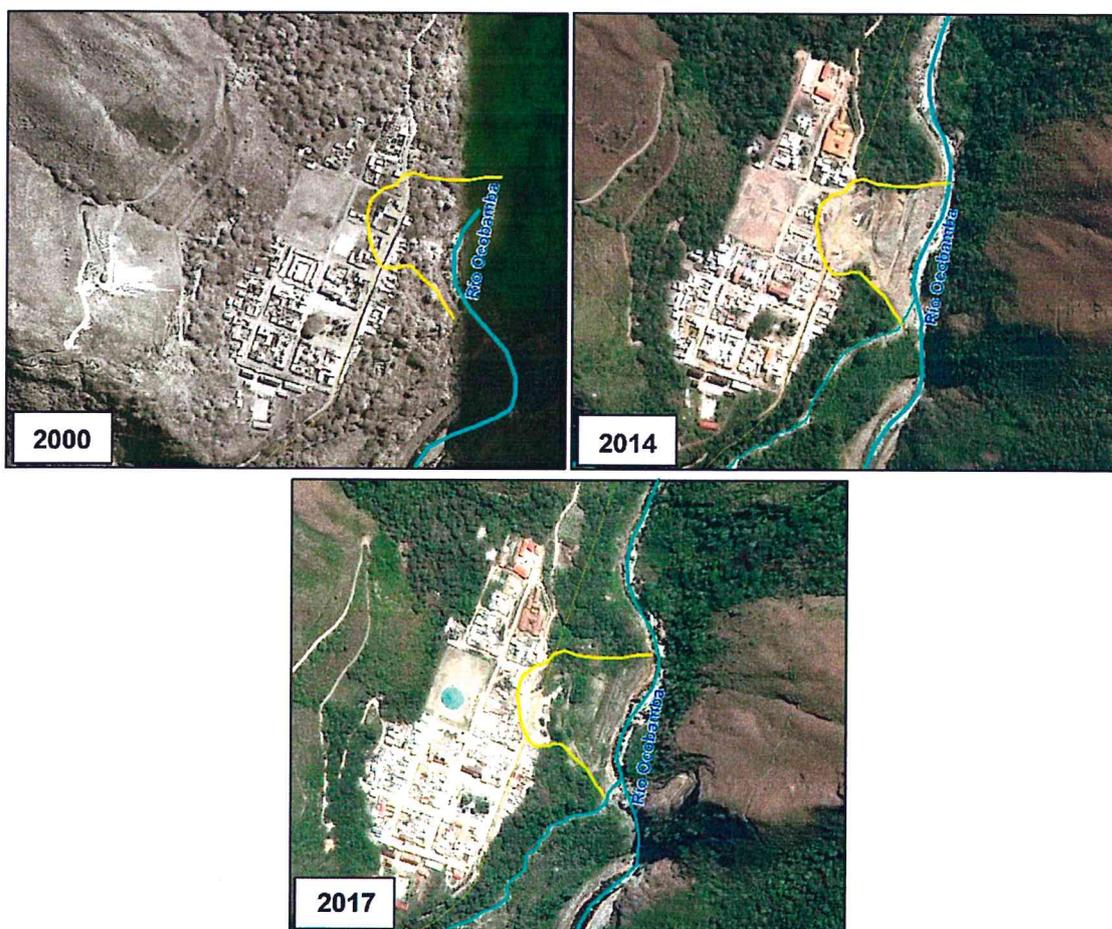


Figura 5: Evolución del deslizamiento rotacional del sector Kelcaybamba

Según datos proporcionados por la municipalidad distrital de Ocobamba, la formación del deslizamiento rotacional (figura 6 a, b) destruyó 30 viviendas y la calle principal del sector, así mismo colapsó el sistema de agua potable y desagüe, y algunas afectaciones en las plantaciones de café.

Por otro lado, en la zona se evidenció la desestabilización y agrietamientos en el local comunal, ya que se encontraba localizado en la corona del deslizamiento, la misma que fue demolida a fin de reducir la carga (peso) que ejercía, según recomendación formulada en el informe de Vílchez M. 2013.



Figura 6: Deslizamiento rotacional del año 2013. a) Vista hacia el sureste donde es posible observar la superficie de ruptura cóncava de deslizamiento y el cuerpo del deslizamiento basculado. b) Vista tomada hacia el noroeste. Fuente: Vílchez M. 2013.

5.2. Estado actual del deslizamiento rotacional del 2013 (figura 8)

El poblado de Kelcaybamba está emplazada sobre terraza alta (fotografía 5), al límite de un acantilado de pendiente empinada ($> 45^\circ$), sobre la cual se identificó derrumbes y deslizamientos antiguos, cubiertos por una densa vegetación arbustiva; que favorecen y marcan la actividad geodinámica a la que está expuesta el poblado referido y la susceptibilidad del terreno a la generación de movimientos en masa.

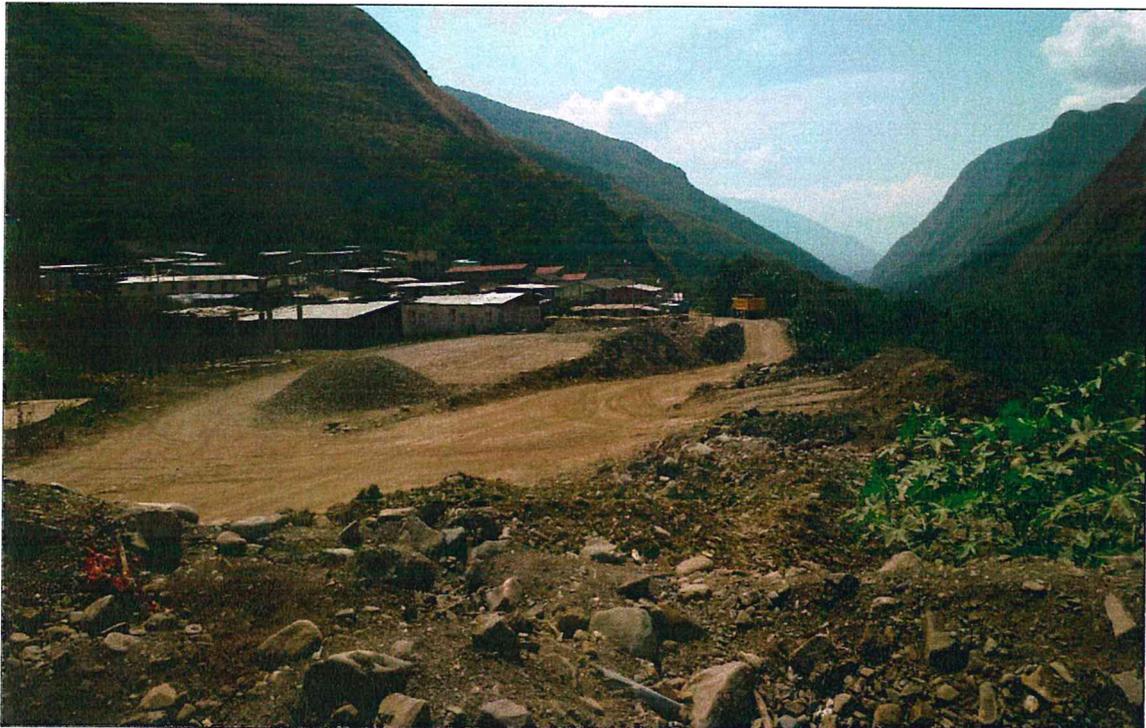
Así mismo se menciona, que el poblado se encuentra circundado por el cerro La Florida, constituido por rocas metamórficas de pizarras y filitas, con alto grado de meteorización y fuertemente fracturadas; cubiertos por suelos gravo arcillo-limoso, los cuales permiten mayor infiltración de agua al terreno.

Por otro lado se han identificado tres quebradas principales que disectan o surcan por partes el poblado, las mismas que con precipitaciones pluviales intensas aportan cantidades considerables de agua al subsuelo, marcando un nivel freático alto y saturación de suelos a diferencia de temporadas secas.

El manejo inadecuado de los torrentes condicionan la desestabilización de los suelos y por consiguiente la formación o reactivación de deslizamientos.

En la inspección de campo realizada en la zona, se evidencia la localización de viviendas al borde del acantilado (fotografía 6), a 10 m aproximadamente del cauce del río Ocobamba. Si bien, al momento se han colocado enrocados en su base de los cimientos, el vertimiento de agua al suelo podría acelerar el desplazamiento del terreno cuesta abajo.

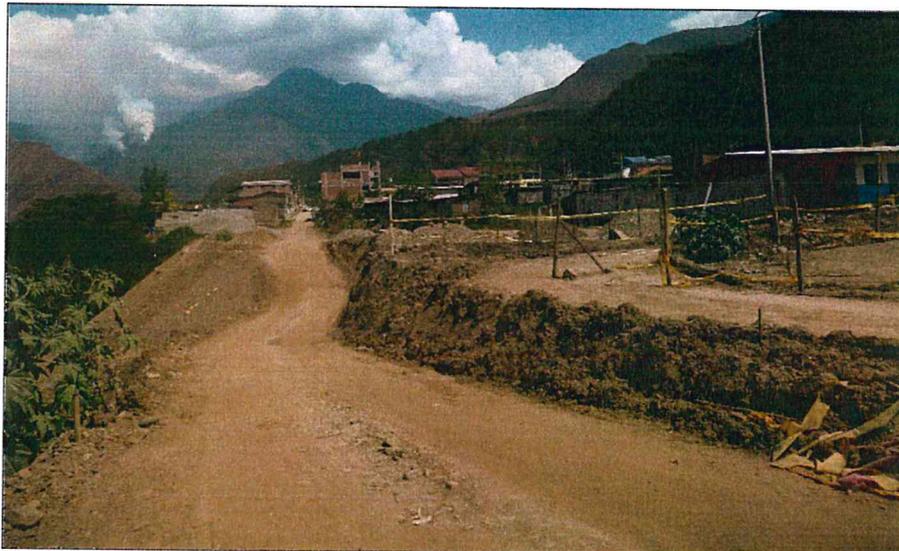
Erosión de terraza baja inundable por crecida de cauce del río Ocobamba con avenidas excepcionales, de igual modo mencionar que a la altura del deslizamiento la terraza presenta un ancho de 10m, cuyo espaciamento viene siendo rellenada por depósitos antropogénicos (fotografía 7 y 8) y sobre la cual pasa la vía de conexión principal al poblado, la misma que presenta antecedentes de desplazamientos por el deslizamiento del 2013 y que está siendo rellenada con fines de asfalto (figura 7).



Fotografía 5: Ubicación del sector Kelcaybamba, zona donde se viene presentando procesos por movimientos en masa.



Fotografía 6: Viviendas ubicadas al borde del acantilado



Fotografía 7: Vista del relleno que se viene realizando en el cuerpo del deslizamiento del 2013



Fotografía 8: Vista de mallas para la construcción de gaviones



Figura 7: Estado actual del deslizamiento rotacional de Kelcaybamba a) Vista tomada hacia el NE b) Vista tomada hacia el SW

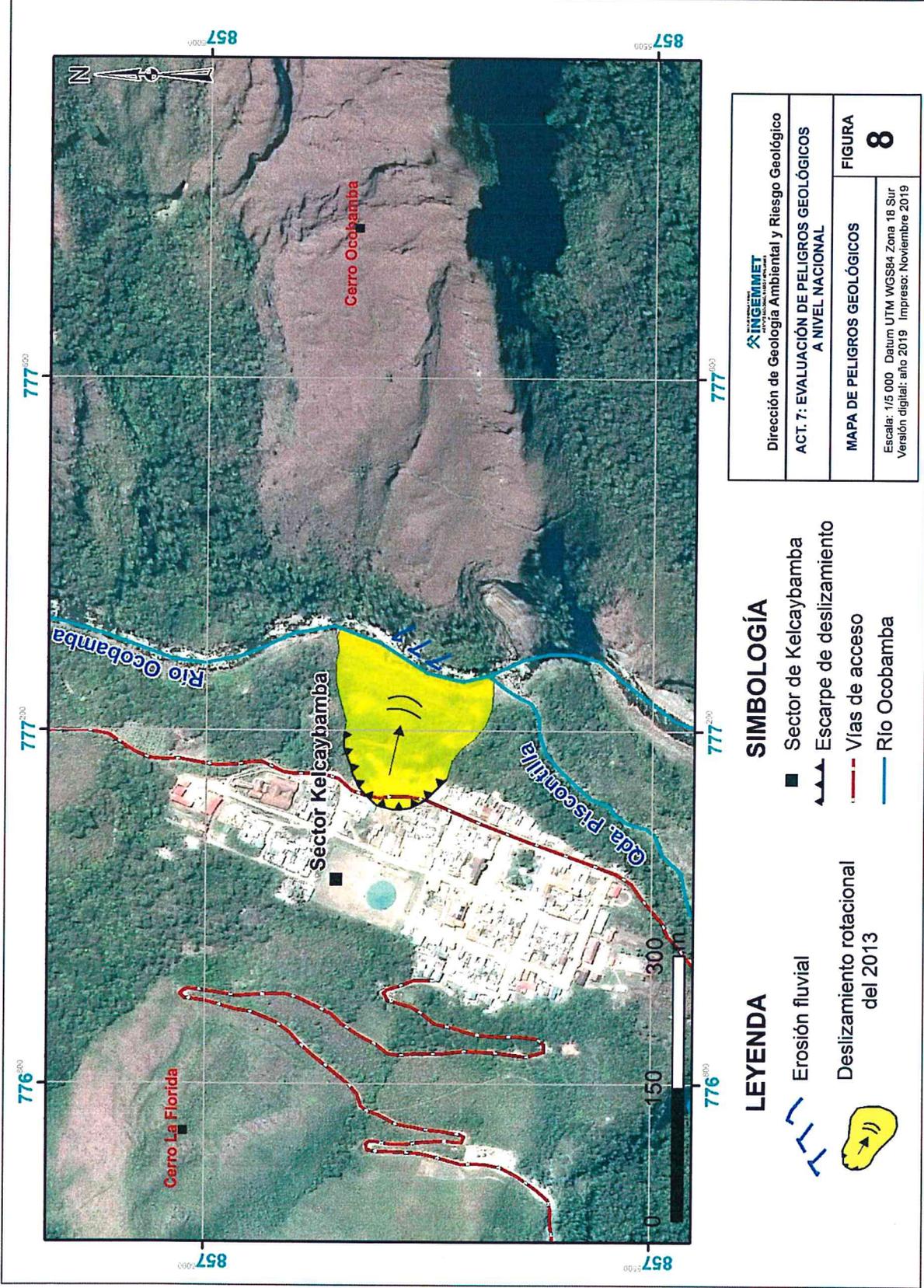


Figura 8: Mapa de peligros geológicos por movimientos en masa del sector Kelcaybamba

6. FACTORES CONDICIONANTES Y DESENCADENANTES

Factores condicionantes

Factor litológico

- Substrato rocoso de mala calidad: Las laderas superiores al poblado de Ocobamba, están conformadas por rocas metamórficas de tipo pizarras y filitas con alto grado de meteorización y fuerte fracturamiento.
- Incompetencia de suelos (terrazza aluvio proluvial) y de pizarras negras alteradas
- Presencia de suelo gravo arcillo-limoso, que permiten la infiltración pluvial.

Factor geomorfológico

- Terrazas antiguas altas de hasta 50m de alto, que conforman el abanico aluvio proluvial de la quebrada Piscontilla, sobre la cual se asienta el poblado.
- Pendiente promedio del acantilado con cara al talud superior a los 40°.
- Dinámica fluvial y condición geomorfológica del cauce del río Ocobamba,

Factor hidrológico-hidrogeológico

- La presencia de agua subterránea, con nivel freático alto; es posible observar afloramientos de agua (manantiales) dentro de las viviendas localizadas cerca de la ladera del cerro (Vilchez, M. 2013).

Factor Antrópico

- La ocupación y asentamiento inadecuado de viviendas muy próximas al borde del acantilado.

Factores desencadenantes

Factor climático – precipitaciones

- Las precipitaciones pluviales intensas registradas durante el periodo lluvioso de noviembre a marzo.

7. MEDIDAS DE MITIGACIÓN

7.1. MEDIDAS PARA DESLIZAMIENTOS

Las medidas correctivas se pueden realizar en: taludes de construcción, laderas que tienen pendientes fuertes y es necesaria su estabilización, para estabilizar fenómenos de rotura y sobre todo en aquellos que pueden trabajarse a nivel de construcción. Información tomada del informe A6765: Evaluación geológica de las zonas críticas afectadas por el niño costero 2017.

A. Corrección por modificación de la geometría del talud

Cuando un talud es inestable o su estabilidad es precaria se puede modificar su geometría con la finalidad de obtener una nueva disposición que resulte estable. Esta modificación busca lograr al menos uno de los dos efectos siguientes:

- Disminuir las fuerzas que tienden al movimiento de la masa.
- Aumentar la resistencia al corte del terreno mediante el incremento de las tensiones normales en zonas convenientes de la superficie de rotura.

Lo primero se consigue reduciendo el volumen de la parte superior del deslizamiento y lo segundo incrementando el volumen en el pie del mismo.

Las acciones que pueden realizarse sobre la geometría de un talud para mejorar su estabilidad son las siguientes:

- Eliminar la masa inestable o potencialmente inestable. Esta es una solución drástica que se aplica en casos extremos, comprobando que la nueva configuración no es inestable.
- Eliminar el material de la parte superior (descabezamiento) de la masa potencialmente deslizante. En esta área el peso del material contribuye más al deslizamiento y presenta menor resistencia, dado que la parte superior de la superficie de deslizamiento presenta una máxima inclinación. Por ello la eliminación de escasas cantidades de material produce aumentos importantes del factor de seguridad.
- Construcción de escolleras en el pie del talud. Puede efectuarse en combinación con el descabezamiento del talud o como medida independiente (figuras 9 y 10). El peso de la escollera en el pie del talud se traduce en un aumento de las tensiones normales en la parte baja de la superficie del deslizamiento, lo que aumenta su resistencia. Este aumento depende del ángulo de rozamiento interno en la parte inferior de la superficie del deslizamiento. Si es elevado, el deslizamiento puede producirse por el pie y es más ventajoso construir la escollera encima del pie del talud, pudiéndose estabilizar grandes masas deslizantes mediante pesos relativamente pequeños de escollera. Si el ángulo de rozamiento interno es bajo, el deslizamiento suele ocurrir por la base y es también posible colocar el relleno frente al pie del talud. En cualquier caso, el peso propio de la escollera supone un aumento del momento estabilizador frente a la rotura. Por último, cuando la línea de rotura se ve forzada a atravesar la propia escollera, esta se comporta además como un elemento resistente propiamente dicho.

Algo que debe tomarse en cuenta constantemente es que la base del relleno debe drenar siempre, en caso contrario su efecto estabilizador puede verse disminuido, especialmente si el relleno se apoya sobre material arcilloso. Puede ser necesario colocar un material con funciones de filtro entre el relleno y el material del talud, para ello puede recurrirse al empleo de membranas geotextiles.

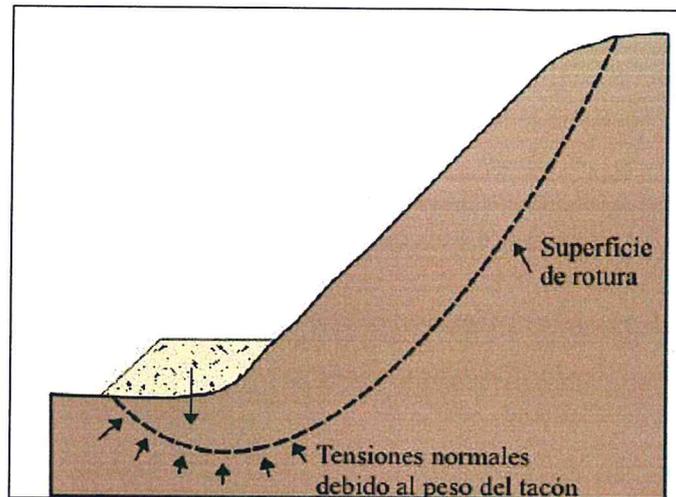


Figura 9: Efecto de una escollera sobre la resistencia del terreno.

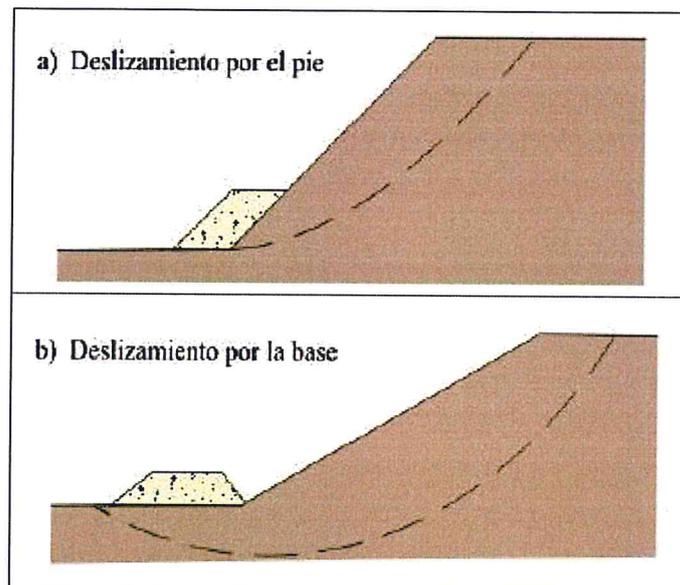


Figura 10: Colocación de escolleras.

Tratamiento de taludes con escalonamiento: Es una medida que puede emplearse tanto cuando un talud está comprometido por un deslizamiento o antes de que este se produzca. Su uso es aconsejable porque facilita el proceso constructivo y las operaciones del talud, retiene las caídas de fragmentos de roca —indeseables en todos los casos— y si se coloca en ellos zanjas de drenaje entonces se evacuará las aguas de escorrentía, disminuyendo su efecto erosivo y el aumento de las presiones intersticiales (figura 11).

Este escalonamiento se suele disponer en taludes de roca, sobre todo cuando la meteorización puede ser intensa y cuando es importante evitar las caídas de fragmentos de roca, como es el caso de los taludes ubicados junto a vías de transporte.

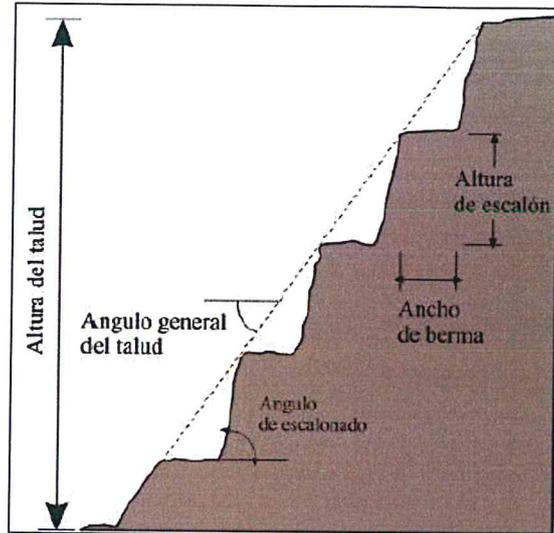


Figura 11: Esquema de un talud con bermas intermedias.

B. Corrección por elementos resistentes

- **Muros.** Los muros se emplean frecuentemente como elementos resistentes en taludes (figura 12).

En ocasiones se emplean para estabilizar deslizamientos existentes o potenciales al introducir un elemento de contención al pie. Esta forma de actuar puede tener varios inconvenientes. En primer lugar, la construcción del muro exige cierta excavación en el pie del talud, lo cual favorece la inestabilidad hasta que el muro esté completamente instalado. Por otra parte, el muro no puede ser capaz de evitar posibles deslizamientos por encima o por debajo del mismo.

Una contención solo puede sostener una longitud determinada de deslizamiento ya que en caso contrario el deslizamiento sobrepasa al muro. Cuando quieran sujetarse deslizamientos más largos, debe recurrirse a un sistema de muros o a otros de los procedimientos expuestos. Por todo ello, en taludes con signos evidentes de inestabilidad puede ser más apropiado realizar el muro con objeto de retener un relleno estabilizador.

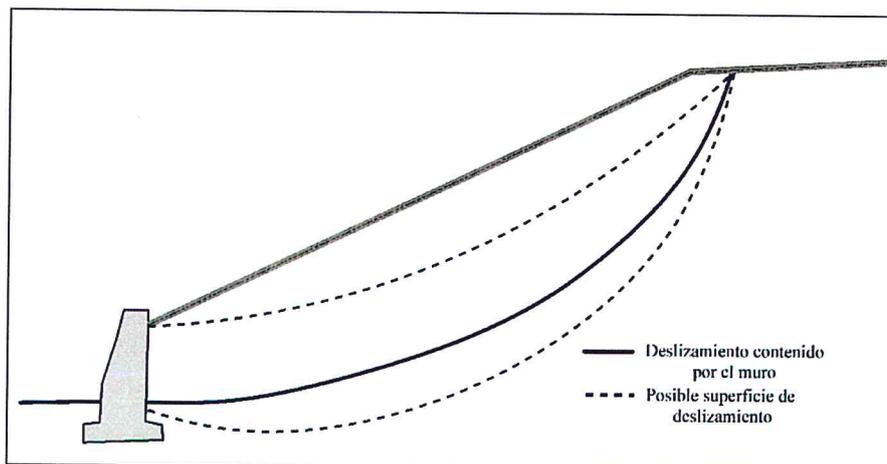


Figura 12: Contención de un deslizamiento mediante un muro.

Muros de gaviones. Los gaviones son elementos con forma de prisma rectangular que consisten en un relleno granular constituido por fragmentos de roca no degradable (caliza, andesita, granitos, etc.), retenido por una malla de alambre metálico galvanizado (figura 13).

Los muros de gaviones trabajan fundamentalmente por gravedad. Generalmente se colocan en alturas bajas, aunque algunas veces se colocan en alturas medianas (hasta 25 m de alto y 10 m de ancho) y funcionan satisfactoriamente. La relación entre la altura del muro y el ancho de la base del mismo es muy variable.

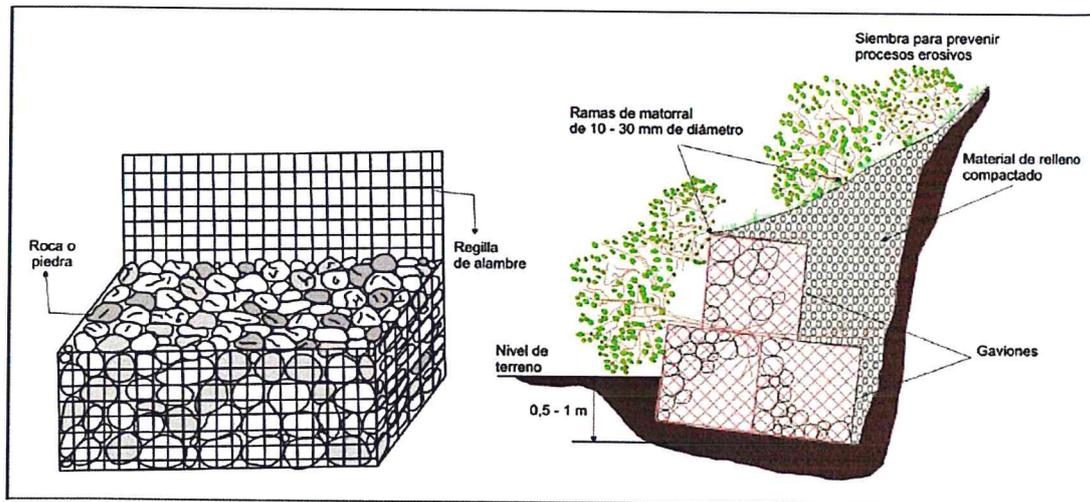


Figura 13: Muro de gavión.

CONCLUSIONES

1. El poblado de Kelcaybamba fue afectado por un deslizamiento rotacional el año 2013, como resultado de la reactivación de un deslizamiento antiguo; generando el desplazamiento del borde de la terraza aluvio-proluvial, zona donde se encuentra asentado parte del poblado referido.
2. Debido a las características geológicas, climáticas y de geodinámica externa, el poblado de Kelcaybamba, es considerado como zona de **alto peligro**.
3. El deslizamiento fue condicionado por:
 - a. Morfología del terreno, la zona presenta terraza alta (50 m de altura) que forma parte del abanico aluvio-proluvial, y la pendiente promedio del acantilado supera los 40°.
 - b. Calidad geotécnica del substrato rocoso presente en la zona conformado por rocas metamórficas de tipo pizarras alteradas y fracturadas. Presencia de un suelo gravo arcillo-limoso, permitiendo mayor infiltración de agua al suelo.
 - c. Presencia de abundante agua subterránea, que mantiene un nivel freático alto, saturando los suelos y las rocas pizarrosas alteradas.
 - d. Condición geomorfológica del cauce del río Ocobamba, el cual se encuentra desviado hacia su margen izquierda por el material depositado de un deslizamiento antiguo.
 - e. Ocupación del territorio sin una debida planificación; es posible encontrar viviendas asentadas al borde del acantilado de la terraza.
 - f. Precipitaciones pluviales intensas, consideradas excepcionales, caídas en la zona durante la temporada lluviosa del 2013. Estas precipitaciones alimentaron el acuífero de la zona y como consecuencia la subida del nivel freático.
4. El deslizamiento rotacional produjo el asentamiento del terreno destruyéndose unas 30 viviendas y la avenida principal (calle Ocobamba), también colapsaron los sistemas de agua potable y desagüe; afectó plantaciones de café; dejando 150 personas damnificadas.

RECOMENDACIONES

1. Prohibir y evitar la ocupación en la zona deslizada y sus alrededores, con la construcción de viviendas o algún otro tipo de infraestructura.
2. Construir defensa riverena en la margen izquierda del río Ocobamba, al pie del deslizamiento, para controlar la erosión fluvial en este punto.
3. Evitar el vertimiento de aguas servidas sobre la terraza proluvial.
4. Drenar las aguas provenientes de la parte alta del cerro Florida.
5. El terreno de 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.
6. Relleno y sellado de nuevas grietas abiertas, que aparezcan sobre la corona y a los costados del deslizamiento, para evitar la infiltración de agua en la siguiente estación de lluvias, que favorecería la saturación de los materiales y aceleraría movimientos o colapsos.
7. Continuar con los trabajos preventivos de drenaje de las aguas subterráneas, por medio de zanjas o trincheras. Se puede usar geotextiles y relleno con material grueso.
8. Realizar 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.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. 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.



.....
Ing. SEGUNDO NÚÑEZ JUÁREZ
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

BIBLIOGRAFÍA

- **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.
- **Salas, G., Chavez, A., y Cuadros, J. (1999).** Geología de los cuadrángulos de Quebrada Honda y Porobamba. Serie A, Boletín N° 128. Lima: INGEMMET.
- **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.
- **Vilchez, M. 2013.** Deslizamiento de Ocobamba. Distrito de Ocobamba, provincia de La Convención, región Cusco. Informe técnico N° A6630.