

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7077**

# PELIGROS POR DESLIZAMIENTO EN EL CASERÍO COCA ENRIQUE

Región Amazonas  
Provincia Utcubamba  
Distrito Cajaruro



## CONTENIDO

RESUMEN .....	1
1. INTRODUCCIÓN .....	2
1.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO .....	2
1.2 ÁREA DE ESTUDIO .....	2
1.3 METODOLOGÍA .....	3
2. ESTUDIOS ANTERIORES .....	5
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS .....	5
3.1 UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS .....	5
4. GEOMORFOLOGÍA .....	8
5. PELIGROS GEOLÓGICOS .....	10
6. PROPUESTAS DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN .....	19
7. CONCLUSIONES.....	22
RECOMENDACIONES .....	23
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24

## **PELIGROS POR DESLIZAMIENTO EN EL CASERÍO COCA ENRIQUE**

(Distrito de Cajaruro, provincia de Utcubamba, región Amazonas)

### **RESUMEN**

En los sectores evaluados en el caserío Coca Enrique se identificaron dos deslizamientos originados el año 2019, que afectó la vía carrozable que conduce al distrito de Cajaruro y Bagua Grande; en el primer sector evaluado, el movimiento en masa afectó una vivienda, actualmente se han reconstruido dos paredes de adobe; en este sector también se vio afectando el canal de riego La Pascana, por debajo de este se puede apreciar grietas paralelas al escarpe del deslizamiento.

El movimiento se ubica dentro de la unidad geomorfológica de montaña, se identificó la sub unidad de colinas y lomadas estructurales en roca sedimentaria, representada por colinas y lomadas con diferentes grados de disección; también encontramos la unidad de piedemonte, dentro de la cual se identificó la subunidad de piedemonte aluvial la cual limita con sub unidad de lomadas; sobre estas geoformas se han desarrollado extensas zonas de cultivos.

Los deslizamientos en ambos sectores se presentan sobre suelos limo-arcillosos con poca presencia de clastos de calizas, en el cuerpo del deslizamiento se puede observar agrietamientos de hasta 12 metros de longitud con dirección paralela al escarpe principal.

Los factores condicionantes que han generado el evento son:

- a) Suelos limo-arcillosos con poca resistencia a la ocurrencia de movimientos de masa.
- b) Escasa vegetación, permite la filtración directa del agua de escorrentía al suelo.
- c) Pendiente promedio del terreno (20°).
- d) Presencia de cultivos de arroz en la parte superior a ambos sectores afectados por deslizamientos, los cuales se desarrollan con riego por inundación permanente, que saturan los terrenos ubicados en la parte inferior de la ladera.
- e) Aumento del peso de la masa inestable por la saturación del terreno con agua; al encontrarse en alta pendiente y bajo acción de la gravedad, el terreno se desestabiliza.

Hacia el lado este de las zonas afectadas, se encontró una mayor cantidad de viviendas las cuales se encuentran ubicadas al pie de zonas de cultivos de arroz, estas en el futuro podrían ser afectadas y comprometer infraestructura y integridad física de los pobladores.

Se deben implementar medidas de mitigación, dentro de las cuales una de las principales es realizar el cambio de cultivos por riego por inundación y agua permanente, por cultivos con riego controlado o goteo. Así mismo revestir el canal de riego La Pascana y realizar un monitoreo constante del deslizamiento, si se evidencia el avance del mismo, se tendrá que realizar la reubicación de los pobladores hacia una zona estable.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El INGEMMET como entidad pública competente sobre la evaluación de peligros geológicos que sirven para realizar trabajos de Gestión del Riesgo de Desastres, elabora informes técnicos, los cuales tienen por finalidad contribuir al conocimiento de los diferentes peligros geológicos que afectan a los centros poblados y obras de infraestructura. Esta información contribuye también a mejorar sus condiciones de vida.

La Municipalidad Distrital de Utcubamba a través de su Alcalde el Señor Hildebrando Tineo Díaz, mediante OFICIO N° 329 – 2019 –MDC, solicitó al INGEMMET, realizar una evaluación geológica en el caserío Coca Enrique, zona afectada por aparición de fisuras en sus terrenos.

En atención a esta solicitud se asignó a los Ingenieros Luis León Ordáz y Cristhian Chiroque Herrera, de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico para que ejecuten dicha inspección.

Para realizar la inspección de la zona afectada, se efectuaron coordinaciones con el Alcalde de Cajaruro el señor Hildebrando Tineo Díaz; el trabajo de campo se realizó el día 16 de febrero del 2020.

El presente informe técnico, se pone en consideración del Instituto de Defensa Civil (INDECI) y Municipalidad distrital de Cajaruro. Dicho documento se basa en la inspección realizada en campo, así como la información disponible de trabajos anteriores realizados por el INGEMMET; incluye textos, ilustraciones fotográficas; así como conclusiones y recomendaciones.

### **1.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

#### **GENERAL**

- Evaluar los peligros geológicos por movimientos en masa ubicados en el caserío de Coca Enrique.

#### **ESPECÍFICOS**

- Determinar los factores condicionantes y detonantes de los fenómenos de movimientos en masa.
- Formular recomendaciones y acciones de prevención o mitigación de los peligros identificados.

### **1.2 ÁREA DE ESTUDIO**

#### **a. UBICACIÓN**

El área de estudio está ubicada en el caserío de Cajaruro, distrito de Cajaruro, provincia Utcubamba, región Amazonas, en las siguientes coordenadas UTM WGS-84, Zona 17

S (tabla 1 y figura 1):

Tabla 1: Ubicación del sector de Coca Enrique.

Vértice	Este	Norte
1	791138	9366739
2	791865	9366739
3	791865	9366299
4	791138	9366299

### b. ACCESIBILIDAD

El acceso a la zona de estudio se realizó por vía terrestre desde la ciudad de Cajamarca, siguiendo la ruta que se presenta en la tabla 2, haciendo un recorrido total de 371 km, con una duración de 9 horas con 5 minutos:

Tabla 2: Accesibilidad a la zona de estudio.

Ruta	Tipo de vía	Estado de conservación	Tiempo
Cajamarca - Chota	Asfaltada	Regular	4 h
Chota – Cruce Chiple	Asfaltada	Regular	3 h 15 min
Cruce Chiple – Bagua Grande	Asfaltada	Buena	1 h 15
Bagua Grande – Coca Enrique	Sin Asfaltar	Regular	35 min

## 1.3 METODOLOGÍA

El presente estudio, ha sido desarrollado en tres etapas, indicadas a continuación:

### a) Gabinete I

Se realizó la revisión de la información existente relacionada con la zona de estudio, disponibles en la página web del INGEMMET, correspondiente al cuadrángulo geológico de Chachapoyas hoja 12-g-IV, a escala 1:100 000, también se revisó la bibliografía referente a la zona de estudio.

### a) Investigación en campo

En esta etapa se realizó el reconocimiento en campo de la zona afectada por movimientos en masa en el caserío de Coca Enrique, ubicados a la margen derecha del río Uctubamba; los trabajos se realizaron el día 16 de febrero del 2020.



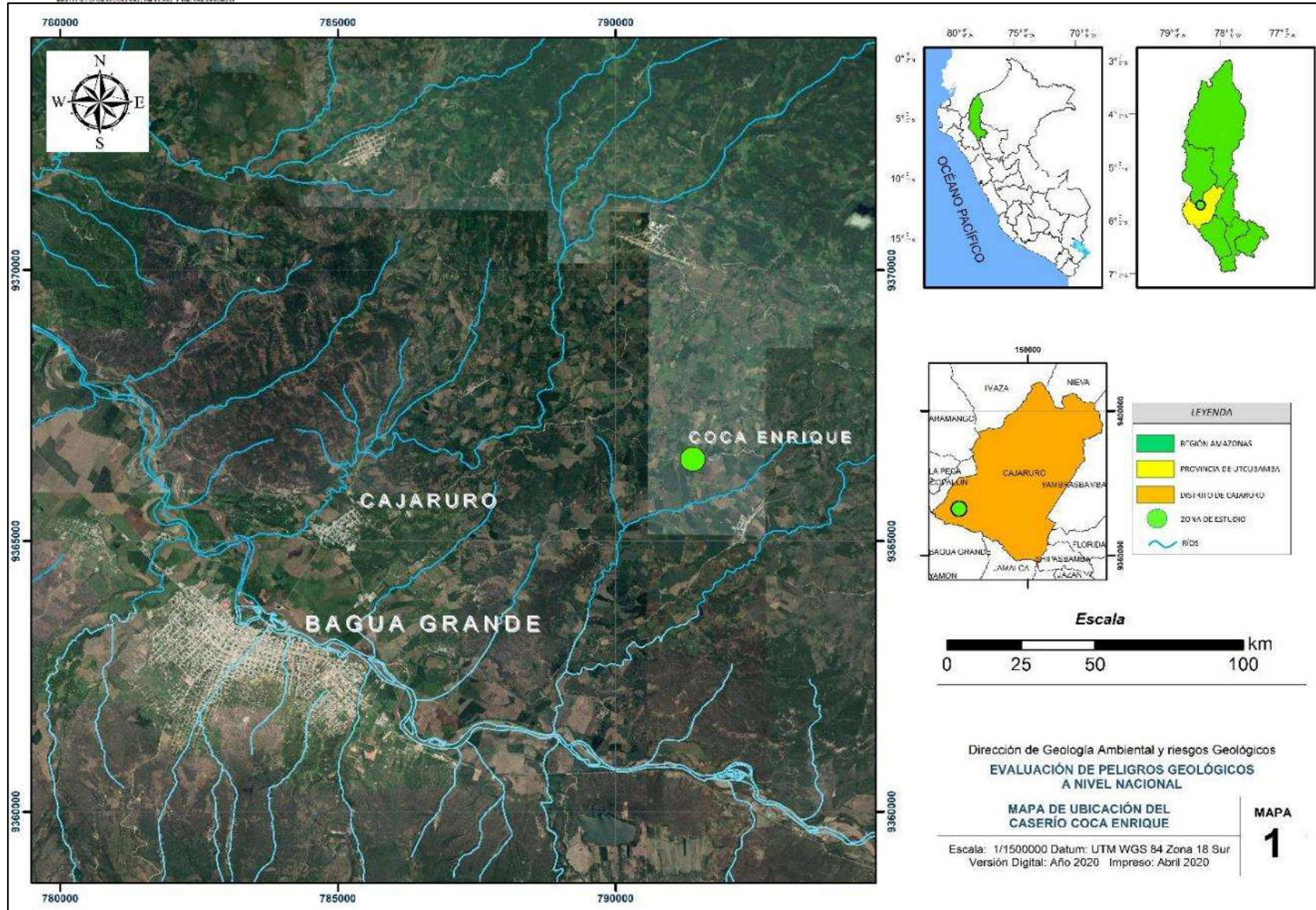


Figura 1. Mapa de Ubicación Caserío Coca Enrique, respecto a la ciudad de Bagua Grande.

## **b) Gabinete II**

Con la información tomada en campo, se realiza el procesamiento en formato SIG y se realiza la redacción del presente informe.

## **2. ESTUDIOS ANTERIORES**

- a) Medina et. al. (2009), en el estudio denominado “Riesgo Geológico en la Región Amazonas”, indican que, por su ubicación geográfica, la Región Amazonas está caracterizada por variedad de climas, complejidad geológico-geomorfológica y sismicidad moderada; está marcada por la ocurrencia de inundaciones, erosiones fluviales, movimientos en masa y sismos. Las zonas de alta y muy alta susceptibilidad a los movimientos en masa son generalmente áreas en las que ocurrieron deslizamientos en el pasado o relativamente poco tiempo atrás, o en las que se reactivaron movimientos antiguos cuando sus taludes fueron modificados, sea por deslizamientos, derrumbes o movimientos complejos. Están concentradas en terrenos cuyo substrato rocoso es de mala calidad y en laderas con pendientes entre 15° y 45°.
- b) Medina & Dueñas (2007), en el Informe titulado “Informe Zonas críticas en la Región Amazonas” (preliminar), señala que en la región Amazonas, se han identificado un total de 1452 peligros (peligros geológicos y geohidrológicos) y se determinaron 105 zonas críticas.
- c) Zonas críticas por peligro geológico, se refieren a lugares que están expuestas a los peligros que pueden afectar a poblaciones u obras de ingeniería, se consideran con mayor posibilidad de generar desastres y se necesita que se realicen en ellas obras de prevención y/o mitigación.

## **3. ASPECTOS GEOLÓGICOS**

En las zonas de evaluación se reconoce una unidad lito-estratigráfica, la cual corresponde a la Formación Sambimera (figura 2).

Esta unidad la encontramos en los dos sectores evaluados con coordenadas UTM WGS – 84:

Sector 1:

Norte: 9366511; Este: 791388

Sector 2:

Norte: 9366551; Este: 791233

### **3.1 UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS**

#### **Formación Sambimera**

Constituido en su base por limoarcilitas, limolitas tobáceas, tobas soldadas con fiames,



areniscas de grano grueso y tobas redepositadas, y algunos niveles conglomeráticos con margas y calizas (figura 3 y 4), también se tienen algunos niveles de yeso rosáceo, que en conjunto presentan una coloración blanco grisácea. La parte superior está constituida por una secuencia detrítica de lutitas y limoarcilitas de color gris brunácea con presencia de yeso laminar y botroidal en capas delgadas. Estas variaciones marcan la evolución de ambientes continentales fluviales a lacustres. (Chacaltana. C et. Al., 2011).

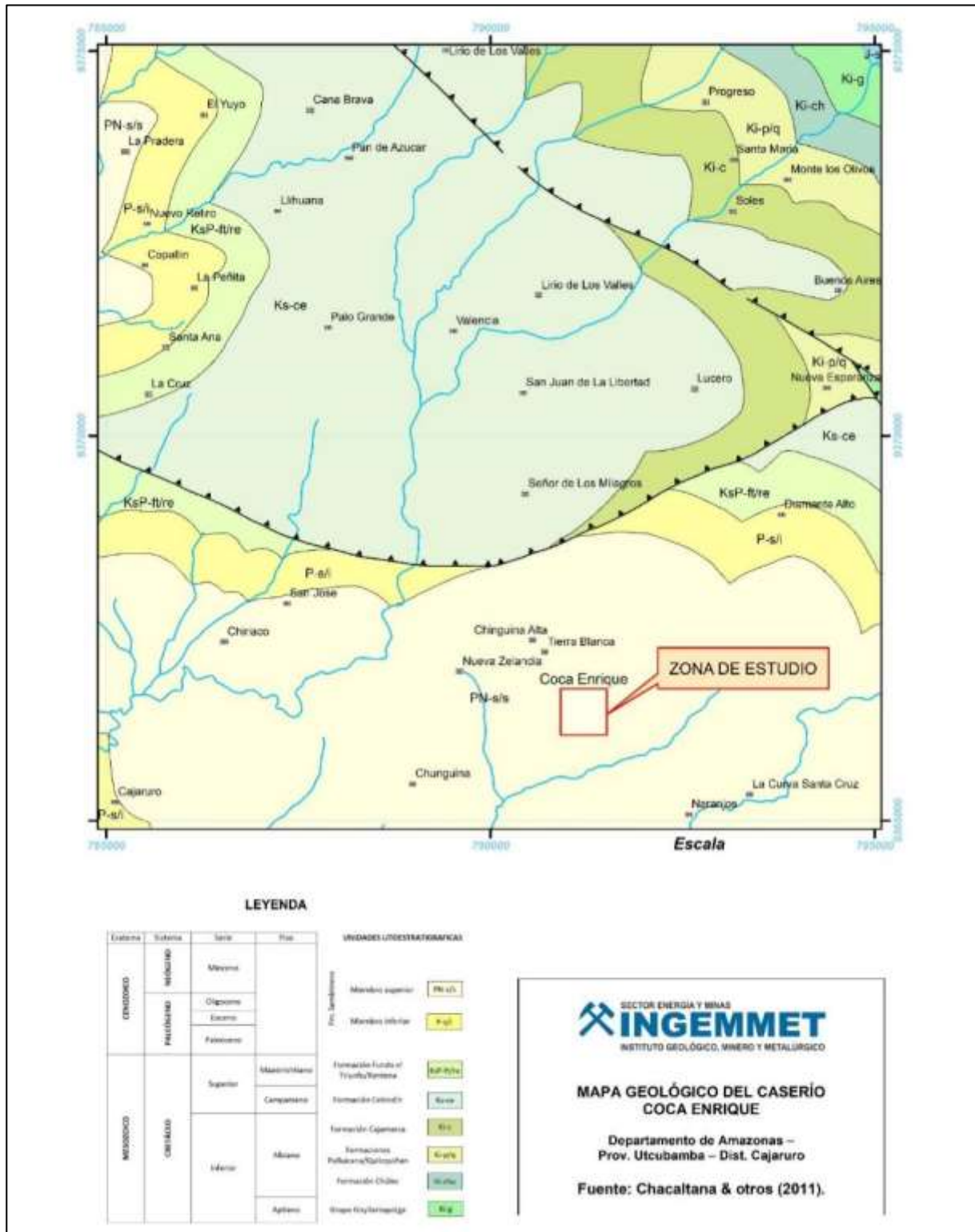


Figura 2. Mapa geológico de la zona de estudio en el caserío Coca Enrique.





**Figura 3.** Foto tomada en la parte baja del Sector 1, se observa margas y calizas de la Formación Sambimera.



**Figura 4.** En el Sector 2, se observa Limo arcillas, de la Formación Sambimera.

#### 4. GEOMORFOLOGÍA

El origen de las geformas observadas en el sector Coca Enrique están relacionadas a la ocurrencia de antiguos procesos de remoción en masa, la interacción de sedimentos y rocas con los agentes atmosféricos los cuales modelaron el relieve de la zona evaluada.

Localmente la zona evaluada se encuentra asentada en la falda de una montaña, que se caracteriza por tener una pendiente promedio entre 10° y 25°, y es afectada por deslizamientos. En la tabla 3, se presentan la unidad principal y subunidad geomorfológica identificada en la zona de estudio.

Tabla 3: Unidades geomorfológicas identificadas.

<b>Unidad Geomorfológica de carácter tectónico degradacional y denudacional</b>	
<b>Unidad</b>	<b>Subunidades</b>
<b>Montaña</b>	Subunidad de colinas y lomadas estructurales en roca sedimentaria (RCL-rs)
<b>Pie de Monte</b>	Subunidad de piedemonte aluvial (P-al)

##### **Unidad de Montaña**

La zona de estudio se asienta sobre la subunidad de montaña en roca sedimentaria; a escala local se han identificado lomadas y abanicos aluviales desarrollados sobre materiales sedimentarios. (Según la geomorfología a escala regional contenida en el GEOCATMIN).

##### **Subunidad de colinas y lomadas estructurales en roca sedimentaria (RCL-rs)**

Están representadas por colinas y lomadas con diferentes grados de disección. Tiene menor altura que una montaña, con inclinación de laderas promedio entre 15° a 20° (figura 5). Esta unidad se ubica próxima a la unidad de montañas. Presentan baja a moderada susceptibilidad a ser afectados por movimientos en masa y se asocian a la ocurrencia de deslizamientos.



**Figura 5.** En la parte superior del deslizamiento en el sector 1, se aprecia las laderas con pendiente promedio de 20°.

### **Unidad de Piedemonte**

El piedemonte aluvial es una geoforma de transición entre las montañas y zonas más llanas o planas, presenta pendientes suavemente inclinadas, su origen está relacionado al emplazamiento de depósitos provenientes de antiguos procesos de remoción en masa.

### **Subunidad de piedemonte aluvial (P-al)**

En el caserío Coca Enrique se presenta la zona de piedemonte aluvial ubicada en la parte baja, limitando con los abanicos aluviales (figura 6), sobre estas geoformas se han desarrollado extensas zonas de cultivos.



**Figura 6.** En la parte inferior del caserío Coca Enrique, podemos apreciar zonas de piedemonte aluvial, utilizadas para desarrollar cultivos agrícolas.



## 5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Para la descripción de los peligros geológicos se ha considerado como base la clasificación de Varnes (1978, 1996) adoptada en la terminología de movimientos en masa estandarizada por el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (PMA: GCA, 2007).

### 5.1 CONCEPTOS BÁSICOS

A continuación, se definen algunos conceptos básicos referentes a peligros geológicos que serán utilizados en el presente informe.

#### 5.1.1 Movimientos en masa

Los movimientos en masa son parte de los procesos denudativos que moldean el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre. La meteorización, las lluvias, los sismos y otros eventos (incluyendo la actividad antrópica) actúan sobre las laderas desestabilizándolas y cambian el relieve a una condición más plana (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las comunidades andinas, 2007).

Los movimientos en masa representan procesos geológicos superficiales, que involucran la remoción de masas rocosas con características inestables, depósitos inconsolidados de diferente origen, competencia y grado de cohesión, o la combinación de ambos, por efecto de la gravedad (Medina, 2014).

#### a) Deslizamiento

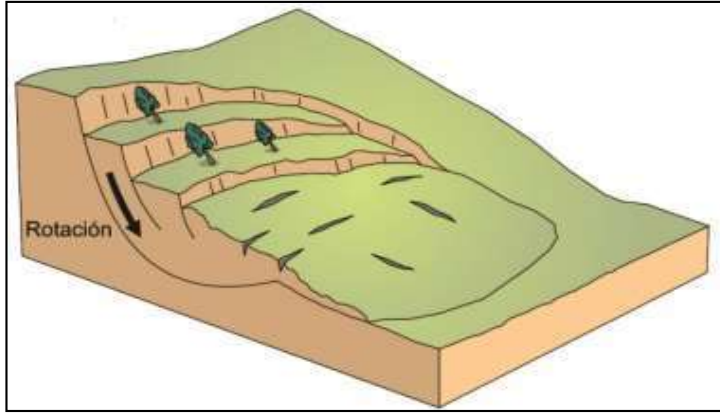
Es un movimiento ladero abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante. Varnes (1978) clasifica los deslizamientos según la forma de la superficie de falla por la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

#### *Deslizamiento rotacional*

Es un tipo de deslizamiento 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 de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca. Debido a que el mecanismo rotacional es auto-estabilizante, y este ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como arcillas sensitivas (figura 7).

Los deslizamientos rotacionales pueden ocurrir lenta a rápidamente, con velocidades menores a 1 m/s. (PMA: GCA, 2007).





**Figura 7.** Deslizamiento rotacional (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las comunidades andinas, 2007)

## 5.2 DESLIZAMIENTO ROTACIONAL EN EL CASERÍO COCA ENRIQUE

La interpretación de la ortofoto generada por el levantamiento de imágenes con el DRON, realizada el día 16/02/2020 y los trabajos de campo en dos sectores ubicados en el caserío Coca Enrique, nos permitió identificar y determinar los tipos de movimientos en masa que ocurren en la zona.

Es muy probable que estos fenómenos se reactiven o se produzcan nuevos eventos, con la presencia de lluvias extraordinarias o un sismo de fuerte intensidad.

A continuación, se presentan las características de los fenómenos identificados en dos sectores de la zona evaluada:

### Características de los deslizamientos.

#### Sector 1

Ubicado en el canal La Pascana, en las coordenadas geográficas UTM WGS84-17S, Este: 791363 y Norte: 9366508; se presenta un deslizamiento rotacional, con las siguientes características:

- Escarpa principal de 40 m., con salto vertical 1.5 m (figura 8 y 9).
- Altura del pie a la corona 35 m.
- Longitud horizontal del pie a la corona 74 m.
- Ancho de masa desplazada 50 m.

Se observan además agrietamientos en la parte media, debajo del canal La Pascana paralelos a la dirección de la escarpa principal, con longitudes de 20 m, con aberturas de entre 0.05 a 0.10 m (figura 10).

En este sector se puede apreciar que el deslizamiento afectó el canal de riego La Pascana, la vía carrozable y una vivienda de adobe (deteriorando la parte superior e inferior de sus paredes, (figura 11 y 12).



**Figura 8.** Escarpe de deslizamiento en el sector 1 de caserío Coca Enrique. Vista con dirección al norte.

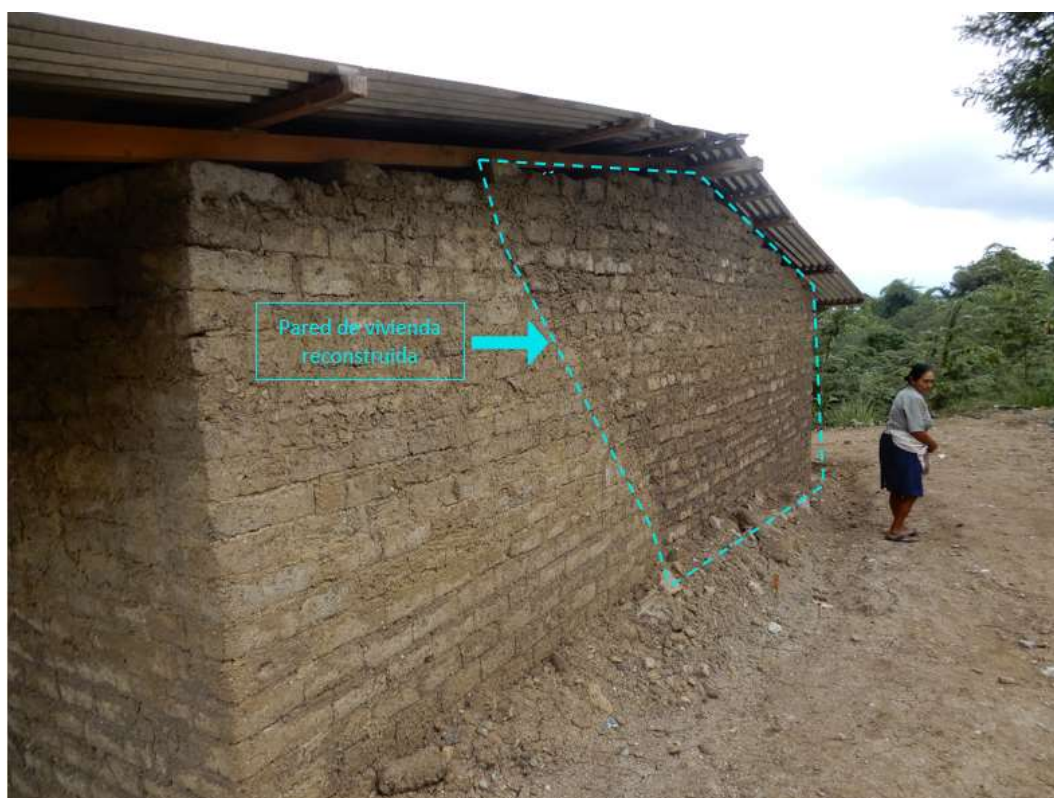


**Figura 9.** Material movilizado por el deslizamiento rotacional, se puede apreciar material limo arcilloso con presencia de clastos y bloques de caliza. Vista con dirección al nor oeste.





**Figura 10.** Agrietamiento con desplazamiento vertical, ubicado debajo del canal de riego La Pasca. Vista con dirección al nor este.



**Figura 11.** Parte superior de la vivienda afectada por el deslizamiento, se muestra la reconstrucción de la pared. Vista con dirección al oeste.



**Figura 12.** Parte inferior de la vivienda afectada por el deslizamiento, se muestra la reconstrucción de la pared.

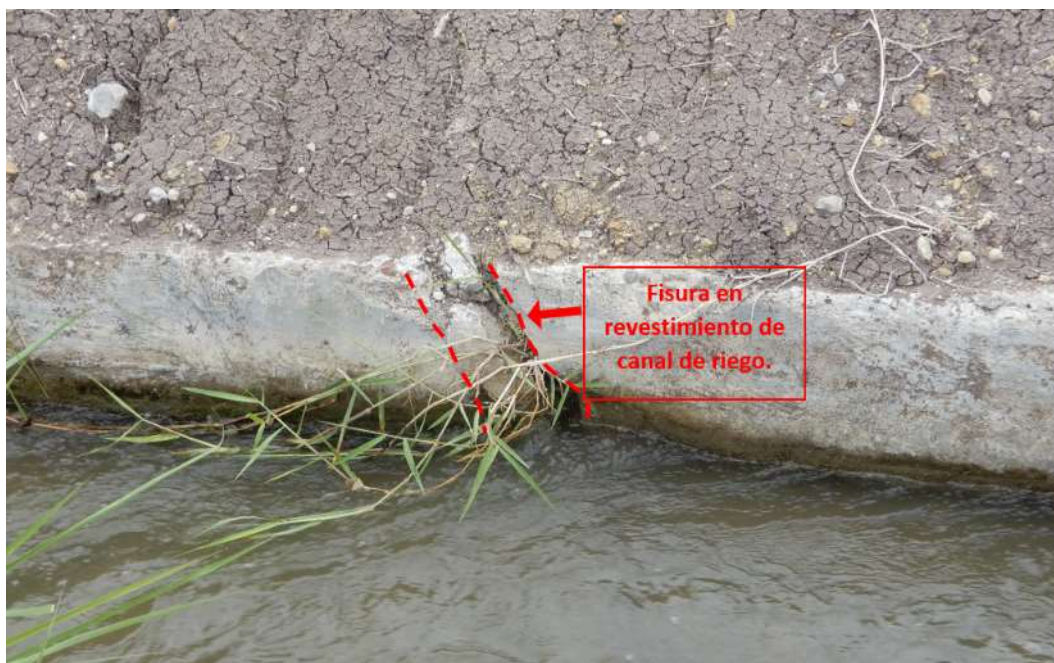
#### **Causas principales:**

- Ladera conformada por gravas y bloques no consolidados, matriz de limos y arcillas, la cual permitió la filtración y retención del agua, esto llegó a saturar al terreno y se originó el deslizamiento.
- La ladera tiene una pendiente con promedio de 20° y escasa vegetación, la presencia de lluvia, permitió la erosión directa de la ladera.
- Tramo del canal no revestido contribuiría a la saturación de los terrenos afectados en la parte baja del deslizamiento; así como también se observó que en la parte revestida del canal la presencia de fisuras. (figura 13 y 14).
- Sobre el área afectada se observa cultivos de arroz (figura15), los cuales para su desarrollo necesitan agua de riego de manera permanente lo cual ocasionaría la saturación de los suelos y como consecuencia el movimiento de los mismos.
- El factor desencadenante las lluvias intensas suscitadas en abril del 2019, llegaron a saturar al terreno no consolidado.





**Figura 13.** Tramo de Canal La Pascana sin revestimiento ubicado por encima de las viviendas afectadas por el deslizamiento, Vista con dirección al nor oeste.



**Figura 14.** Tramo de canal revestido en mal estado de conservación, con presencia de fisuras.



**Figura 15.** En el sector 1, en la parte superior al deslizamiento, encontramos cultivos de arroz con riego permanente, lo que contribuye a la saturación de los terrenos ubicados en la parte baja.

## Sector 2

Ubicado en la vía carrozable que conduce al distrito de Cajaruro, en las coordenadas geográficas UTM WGS84-17S, Este: 791233 y Norte: 9366551, se tiene un deslizamiento rotacional que presenta las siguientes características:

- Escarpe principal de 90 m., con salto vertical 2 m, (figura 16).
- Altura del pie a la corona 40 m.
- Longitud inclinada del pie a la corona 80 m.
- Ancho de masa desplazada 60 m.

Se observan agrietamientos dentro del cuerpo deslizado, con longitudes de 3 a 4 m., con abertura entre 0.05 a 0.10 m.

El cuerpo del deslizamiento al desplazarse por la ladera, afecto la vía carrozable. (figura 17):

### Causas principales:

- Ladera conformada por gravas y bloques no consolidados, matriz de limos y arcillas, la cual permitió la filtración y retención del agua, esto llegó a saturar al terreno.
- Pendiente de ladera mayor a 10° y con escasa vegetación, la presencia de lluvia, permitió la erosión directa de la ladera.





**Figura 16.** Escarpe de deslizamiento en el sector 2 del caserío Coca Enrique.



**Figura 17.** Carretera ubicada dentro del cuerpo deslizado afectada, por desplazamiento vertical.

- Sobre el área afectada se observa cultivos de arroz los cuales para su desarrollo necesitan agua de riego de manera permanente lo cual ocasionaría la saturación de los suelos y como consecuencia el movimiento de los mismos.
- El factor desencadenante las lluvias intensas suscitadas en abril del 2019, que llegaron a saturar al terreno no consolidado.

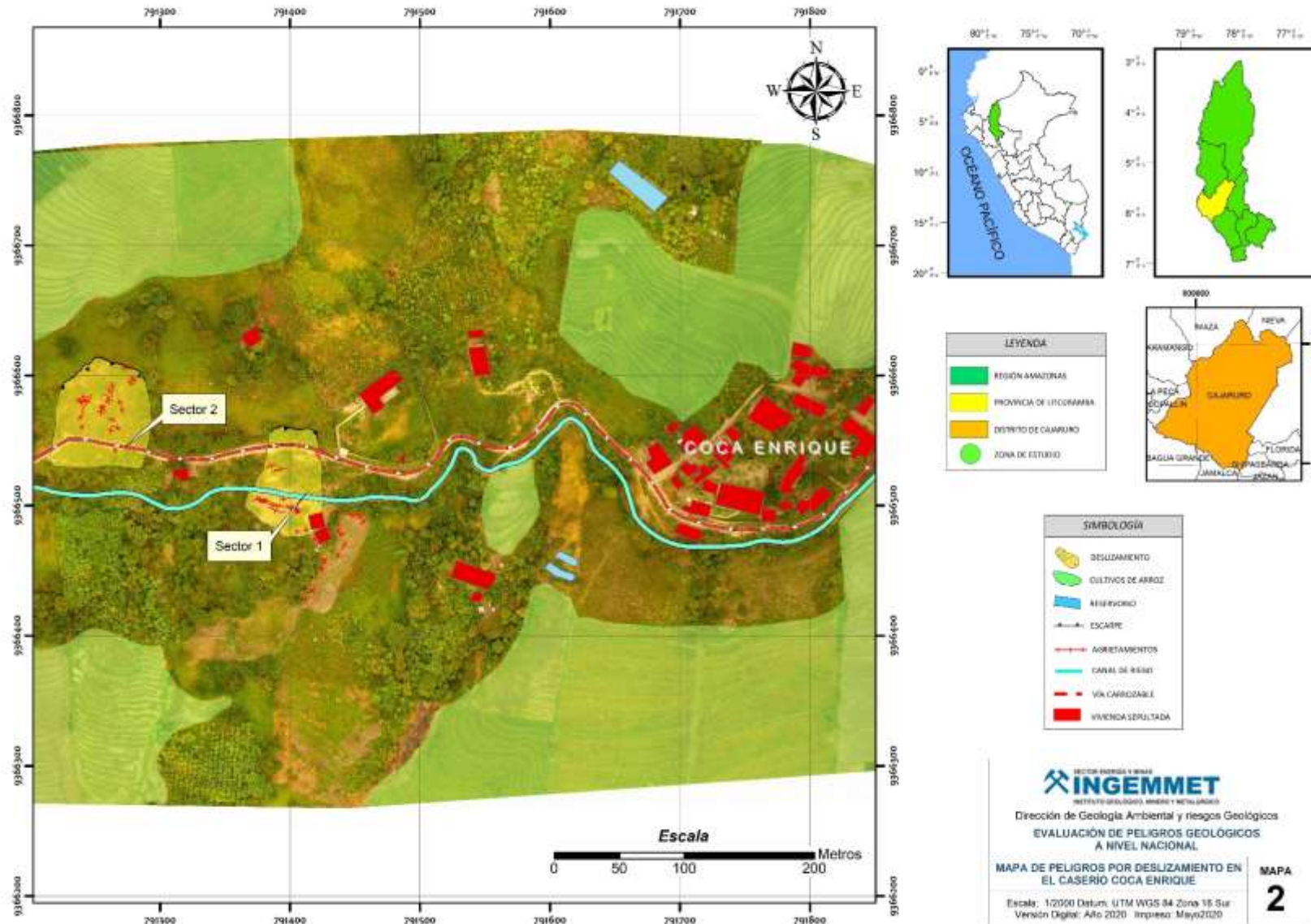


Figura 18. Mapa de peligros por deslizamiento en el caserío de Coca Enrique



## 6. PROPUESTAS DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN

En esta sección se dan algunas propuestas generales de solución para la zona de estudio, con la finalidad de minimizar la ocurrencia de deslizamientos; así como también para evitar la generación de nuevas ocurrencias.

### a) Para deslizamientos

Los deslizamientos ocurren esencialmente de forma natural pero también por la actividad antrópica (agrícola, deforestación) mal desarrollada que acelera el proceso; asimismo por el socavamiento al pie de laderas, la utilización de canales sin revestir, etc. A continuación, se proponen algunas, medidas para el manejo de estas zonas:

#### En los sectores afectados en el caserío Coca Enrique:

- Manejo agrícola: evitar riegos en exceso, estos deben ser cortos y frecuentes, de modo que limiten la infiltración y la retención en la capa superficial del suelo en contacto con los cultivos, cambiar los cultivos que demanden agua permanente como los cultivos de arroz identificados en la parte superior a los sectores afectados.
- Los canales deben ser revestidos (concreto, mampostería, terrocemento, entre otros) para minimizar la infiltración y saturación de los terrenos.
- El sistema de riego de cultivo debe ser tecnificado por aspersión controlada o por goteo.
- El volteo de la tierra para realizar el cultivo debe ser superficial pues una remoción más profunda realizada con maquinaria puede favorecer la infiltración y saturación del terreno.

#### En el cuerpo deslizado:

- Realizar prácticas de conservación y regeneración de la cobertura vegetal natural conformada preferentemente por especies nativas o prácticas de reforestación de laderas con fines de estabilización. En la selección de árboles a utilizarse debe contemplarse las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y portes que alcanzaran versus la pendiente y profundidad de los suelos.

#### Uso de vegetación

El efecto de la vegetación sobre la estabilidad de los taludes es muy debatido; el estado del uso actual deja muchas dudas e inquietudes y la cuantificación de los efectos de estabilización de las plantas sobre el suelo, no ha tenido una explicación universalmente aceptada. Sin embargo, la experiencia ha demostrado el efecto positivo de la vegetación, para evitar problemas de erosión, reptación y fallas subsuperficiales (J. Suárez Díaz, 1998). Para poder analizar los fenómenos del efecto de la vegetación sobre el suelo se requiere investigar las características específicas de la vegetación en el ambiente natural que se esté estudiando. Entre los factores se sugiere analizar los siguientes:

- Volumen y densidad de follaje, tamaño, ángulo de inclinación y aspereza de las hojas, altura total de la cobertura vegetal, presencia de varias capas diferentes de cobertura

- vegetal, tipo, forma, profundidad, diámetro, densidad, cubrimiento y resistencia del sistema de raíces.
- El tipo de vegetación, tanto en el talud como en el área arriba del talud es un parámetro importante para su estabilidad. La vegetación cumple dos funciones principales: En primer lugar, tiende a determinar el contenido de agua en la superficie y, además, da consistencia por el entramado mecánico de sus raíces.
  - Como controlador de infiltraciones tiene un efecto directo sobre el régimen de aguas subterráneas y actúa posteriormente como secador del suelo al tomar el agua que requiere para vivir.

## **Banquetas**

Como se muestra en la figura 8, la inclinación de los taludes depende de los suelos y la litología. Cuando la inclinación cambia, en muchos casos se proporciona una banqueta en el punto de cambio de inclinación.

Generalmente se emplea una pendiente única cuando la geología y los suelos son los mismos en profundidad y en las direcciones transversal y longitudinal. Cuando la geología y los suelos varían considerablemente y de manera complicada, una pendiente única adecuada al suelo de mayor pendiente podría usarse, aunque esto es antieconómico.

Exceptuando el caso indicado en el párrafo anterior, generalmente se instala una banqueta de 1 a 21 m de ancho, a la mitad de un talud de corte de gran altura.

## **Propósito de la banqueta**

En la parte inferior de un gran talud continuo, la descarga y velocidad del agua superficial aumentan, causando el incremento de las fuerzas de socavación. En este caso, la velocidad de la corriente puede reducirse al proporcionar una banqueta casi horizontal a la mitad del talud, o la concentración de agua superficial en la parte inferior del talud puede prevenirse al construir una zanja en la banqueta para drenar el agua hacia afuera del talud. La banqueta también puede usarse como acera para inspección o como andamio para reparación.

Por lo tanto, las banquetas deben diseñarse tomando en cuenta la dificultad de inspeccionar y reparar, la pendiente del talud, la altura de corte, los suelos del talud, los costos y otras condiciones.

## **Inclinación de banqueta**

Cuando no existen facilidades de drenaje, se proporciona a la banqueta un gradiente transversal de 5 a 10%, de modo que el agua drene hacia el fondo del talud (pie de talud). Sin embargo, cuando se considera que el talud es fácilmente descargable o cuando el suelo es fácilmente erosionable, el gradiente de la banqueta debe hacerse en la dirección contraria, de modo que el agua drene hacia la zanja de la banqueta.

## **Localización de banqueta.**

En los taludes de corte, normalmente se diseñan banquetas de 3 metros de ancho cada 5 a 10 metros de altura, dependiendo del suelo y la litología del talud.

Una banquetta más ancha se recomienda cuando el talud es largo y grande o donde se instalarán vallas de protección de caída de rocas.

### **Monitoreo permanente en la zona**

Implementar un sistema de monitoreo de la zona de arranque, que permita determinar la existencia de movimiento en la masa deslizante, este puede estar constituido por estacas de madera o varillas de fierro, las cuales deben estar colocadas tanto dentro del deslizamiento, como en una zona estable (fuera o encima del cuerpo de deslizamiento), realizándose medidas de la distancia entre estacas, cada cierto tiempo, aumentado la frecuencia de medidas durante periodos de lluvia. De detectarse movimientos rápidos, se informará a la población para que pueda realizarse la evacuación de las zonas que pueden resultar afectadas; además debe tenerse en cuenta el monitoreo en la parte posterior al deslizamiento, de presentarse agrietamientos, mantener alerta a la población y evaluar la reubicación de los pobladores.

**Nota:** Los proyectos de mitigación a implementarse deben ser elaborados y supervisados por profesionales especialistas con experiencia en geotecnia y estabilidad de taludes.

## 7. CONCLUSIONES

- a. Los movimientos en masa identificados en el sector de Coca Enrique (sectores 1 y 2) corresponde a deslizamientos de tipo rotacional.
- b. En el sector 1 el escarpe tiene una longitud de 40 metros, con un salto vertical de 1.5 metros, y en el sector 2 el escarpe tiene una longitud de 90 metros con un salto vertical de 2 metros.
- c. Encima de ambos escarpes se tienen cultivos de arroz, ubicados a media ladera, los cuales se mantienen con riego permanente, saturando los terrenos con la probabilidad de reactivar y ampliar los deslizamientos los cuales podrían afectar la Institución Educativa ubicada cerca de las zonas con deslizamientos, la vía carrozable, viviendas y la integridad física de sus moradores.
- d. Los deslizamientos podrían reactivarse por acción antrópica, lluvias extraordinarias o un sismo.
- e. Por las características del evento, daños ocasionados (vivienda y vía carrozable afectada), las condiciones de inestabilidad actual del terreno, se considera como una zona crítica por peligro geológico de tipo deslizamiento rotacional.



## RECOMENDACIONES

- a. Evaluar la construcción de un sistema de drenaje tipo espina de pescado, conduciendo las aguas colectadas fuera del área deslizada.
- b. Disminuir la carga del talud inestable con la construcción de banquetas.
- c. Cambiar el cultivo de arroz por cultivos alternativos que permitan realizar prácticas de riegos por goteo o aspersión.
- d. Los trabajos recomendados deben ser dirigidos y ejecutados por profesionales con conocimiento y experiencia en el tema.
- e. Reubicar las viviendas afectadas a un área fuera del cuerpo de deslizamiento.
- f. Entubar el canal de conducción de agua de riego La Pascana.



Ing. Luis León Ordaz.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chacaltana et. al. (2011), Boletín N° 142, “Geología de los Cuadrángulos de Aramango y Bagua Grande”, Hojas 11-g y 12-g, INGEMMET, 133 P.

Jaime Suarez Díaz (1998), Deslizamientos: Técnicas de Remediación, Volumen 2, 384 p.

Medina y Dueñas (2007), “Informe Zonas críticas en la Región Amazonas”, INGEMMET, 69 p.

Medina et. al. (2009), “Riesgo Geológico en la Región Amazonas”, Boletín N° 39 Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica – INGEMMET, 205 p.

Medina, L. (2014). “Peligros Geológicos en la Comunidad Campesina Jarahuaña”. Distrito Patambuco, Provincia Sandia, Región Puno. INGEMMET. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. Informe Técnico N°A6660. 33p.

Villota, H. (2005) - Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.

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, N°. 4, 432 p.

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