

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A6866**

**FLUJOS DE DETRITOS (HUAICOS)  
DEL 21/12/2018. ORIGINADOS  
EN LAS QUEBRADAS SICRE Y CHOQUELLOHUANCA.  
EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS**

Región Cusco  
Provincia La Convención  
Distrito Huayopata  
Paraje Sicre - Choquellohuanca



SEGUNDO JUAREZ NÚÑEZ  
DULIO GÓMEZ VELÁSQUEZ

ENERO  
2019

## CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	2
<b>2. ANTECEDENTES Y TRABAJOS PREVIOS</b> .....	2
<b>3. ASPECTOS GENERALES</b> .....	4
3.1. Ubicación y accesibilidad .....	4
3.3. Objetivo .....	5
<b>4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS</b> .....	5
4.1. Pendiente del terreno.....	6
4.2. Unidades geomorfológicas.....	6
4.2.1. Montañas en roca sedimentaria.....	6
4.2.2. Montañas en roca intrusivas.....	6
4.2.3. Montañas en roca metamórficas.....	6
4.2.4. Vertiente coluvio deluvial.....	7
4.2.5. Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (Proluvial).....	7
4.2.6. Vertiente con depósitos de deslizamientos.....	7
4.2.7. Terraza aluvial .....	7
<b>4. ASPECTOS GEOLÓGICOS</b> .....	9
5.1. Formación Málaga.....	9
5.2. Grupo San José.....	9
5.3. Depósitos aluvial.....	9
Roca intrusiva. ....	9
<b>5. PELIGROS GEOLÓGICOS</b> .....	10
5.1 Huaico de la quebrada Sicre.....	10
5.2 Huaico de la quebrada Choquellohunca.....	16
5.3 Erosión fluvial sector Puente Illape.....	20
<b>6. ZONAS PROPUESTAS PARA LA REUBICACIÓN Y ALBERGUE TEMPORAL</b> 23	
6.1 Sector de Choquellohuanca (reubicación definitiva). (Figura 23).....	23
6.2 Sector Vivero (Albergue temporal). (Figura 24).....	24
6.3 Sector de Ipal 1 (Albergue temporal). (Figura 25).....	25
6.4 Sector Ipal. Centro Educativo (Albergue temporal). Figura 26 .....	26
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	28
<b>REFERENCIAS</b> .....	29



## **FLUJOS DE DETRITOS (HUAICOS) DEL 21/12/2018 ORIGINADOS EN LAS QUEBRADAS SICRE Y CHOQUELLOHUANCA EVALUACIÓN DE PELIGROS**

### **1. INTRODUCCIÓN**

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), el apoyo y/o asistencia técnica a los gobiernos locales, regionales y nacional; su alcance consiste en contribuir con entidades gubernamentales en el reconocimiento, caracterización y diagnóstico de peligros geológicos en territorios vulnerables, con la finalidad de proporcionar una evaluación técnica que incluya resultados y recomendaciones pertinentes para la mitigación y prevención de fenómenos activos en el marco del Sistema de Gestión de Riesgo de Desastre.

El Congresista de la Republica Edgar Ochoa Pezo, solicitó a nuestra institución mediante Oficio N°0201-2018-2019-DC-EAOP/CR, de fecha 04 de enero del presente, la evaluación técnica de peligros geológicos en la quebrada Sicre.

El Alcalde de la Municipalidad Distrital de Huayopata, Saul Olemedo Usca, solicitó al Presidente Ejecutivo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico-INGEMMET, una evaluación geológica del cerro Catarata de Oso

El INGEMMET, por intermedio de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico comisiono a los profesionales Segundo Núñez Juárez y Dulio Gómez Velasquez especialistas en gestión de riesgos geológicos, para realizar la evaluaciones técnica, en el sector previamente mencionado, los trabajos de campo se realizaron entre el 12 al 17 de enero del presente año, previa coordinación con personal del Instituto Nacional de Defensa Civil INDECI y autoridades locales.

La evaluación técnica, se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anterior realizados por el Ingemmet, la interpretación de imágenes satelitales, preparación de mapas para trabajos de campo, toma de datos (fotografía y GPS), cartografiado y redacción de informe preliminar

Este informe, se pone en consideración del Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI, autoridades y funcionarios competentes, para la ejecución de medidas de mitigación y reducción de riesgo, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

### **2. ANTECEDENTES Y TRABAJOS PREVIOS**

- a) Zonas Críticas por peligros geológicos en la región Cusco (Vilchez, M. 2014) determina 75 zonas críticas, de los cuales 16 pertenecen a la provincia La Convención. Estas zonas críticas resaltan las áreas o lugares, que luego del análisis de los peligros identificados, la vulnerabilidad a lo que están expuestos (infraestructuras y centros poblados) por estos peligros, se consideran zonas con peligro potencial de generar desastres y que necesitan que se realicen obras de prevención y/o mitigación.
  - Caso carretera Ollantaytambo-Quillabamba, tramo Amaybamba-Huyro-Santa María. (Huayopata) La Convención. Es afectado por peligros de tipo flujo de detritos y erosión fluvial. (figura 1)

- Tramo de unos 20 km (km 487 – km 707), cortado por flujos de detritos que discurren por las quebradas Choquellohuanca, Yanayacu, Sicre, Calquiña, Aputinya, Quispicanchi y Chuyamayo.
  - Por la quebrada Calquiña discurrió un flujo de detritos (huaico) el 12 de febrero del 2013. El flujo se originó en el tramo superior de la quebrada, y sus mayores consecuencias se produjeron en el tramo medio e inferior, en donde se encuentran asentadas las viviendas del sector denominado antiguo Huyro.
- b) Estudio de riesgos geológicos de la región Cusco, elaborado por el Ingemmet – 2014, realiza el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, donde se determina que los centros poblados de: Ichubamba, Amaybamba, Choquellohuanca, Yanayacu, Sicre, Triunfo, Cuarta etapa, Huyro antiguo, Pedregal y Tablahuasi, se ubican en zona de Alto y Muy Alto grado de susceptibilidad a peligros de tipo: deslizamiento, derrumbes, flujo de detritos y erosión fluvial. (Figura 2).

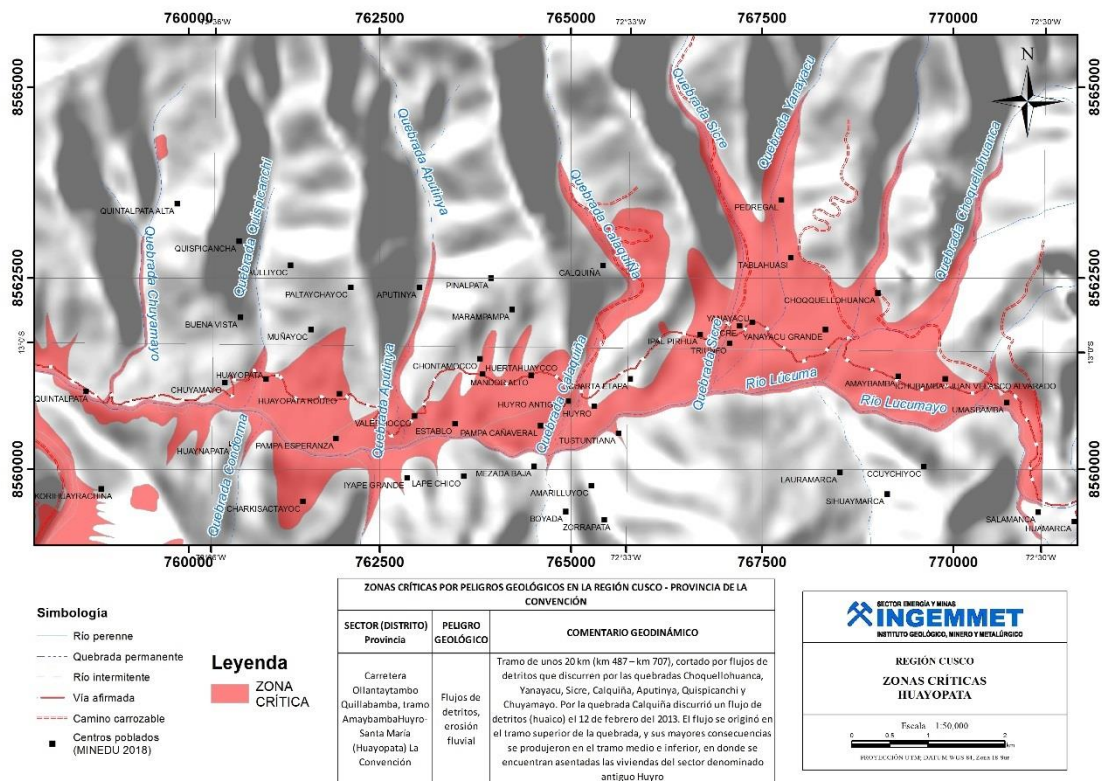
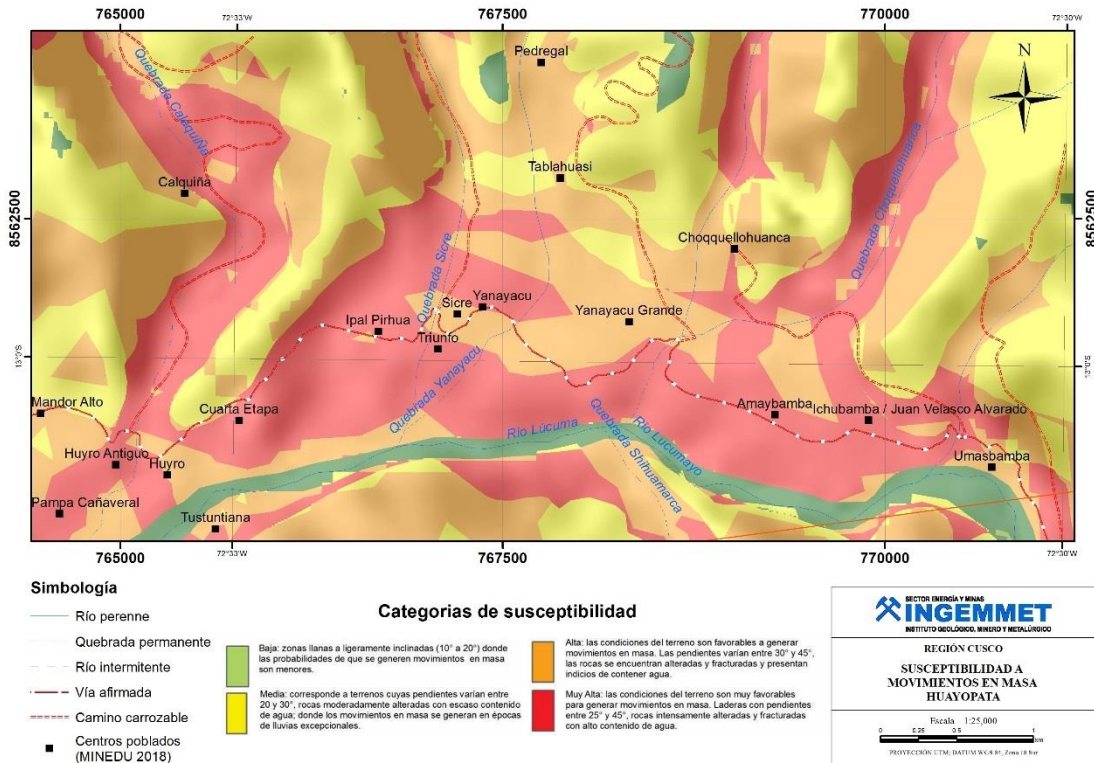


Figura 1. Mapa de zonas críticas, carretera Ollantaytambo-Quillabamba, tramo Amaybamba - Huyro-Santa María. (Huayopata) La Convención



**Figura 2.** Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa de la región Cusco, se observa que los centros poblados de: Ichubamba, Amaybamba, Choquellohuanca, Yanayacu, Sicro, Triunfo, Cuarta etapa, Huyro antiguo, Pedregal y Tablahuasi, se ubican en zona de Alto y Muy Alto grado de susceptibilidad a peligros de tipo: deslizamiento, derrumbes, flujo de detritos y erosión fluvial. (tomado de Ingemmet, 2014).

- c) Informe Técnico N° A6635 “Peligros geológicos en el ámbito de la Mancomunidad Municipal Amazónica (Provincia La Convención-Cusco), realizado por el Ing. Manuel Vilchez, menciona que el sector de Huyro fue afectado por un flujo de detritos que ocurrió el 12 de febrero del 2013.
- d) En el boletín Riesgo Geológico de la Región Cusco, realizado por Vilchez et al, 2019 (inédito), menciona que el sector de Huayro-Amaybamba, se encuentran en una zona crítica, con alto potencial a ser afectados por flujos de detritos.
- e) Informe Técnico N° A6864 “Evaluación Geológica-Geodinámica, para la reubicación de los sectores afectados por los huacos de las quebradas Sicro y Choquellohuanca”, realizado por Núñez y Gomez (2018), donde menciona, que el sector se considera como la **zona crítica, de alta susceptibilidad a huacos y de peligro inminente** ante lluvias intensas y excepcionales.

### 3. ASPECTOS GENERALES

#### 3.1. Ubicación y accesibilidad

La zona evaluada está ubicada entre los centros poblados Pedregal, Tablahuasi, Sicro, del distrito de Huayopata, provincia la Convención, región Cusco. (Figura 3). Las coordenadas geográficas son: 12°59'03.98” Sur, 72°32'08.04” Oeste, y una cota 1808 msnm.

El acceso a la zona de estudio:



Tramo		Km	Tipo de vía	Duración (h)
Lima	Cusco	1102	Asfaltada	19:02
Cusco	Huayopata	173	Asfaltada	4:01

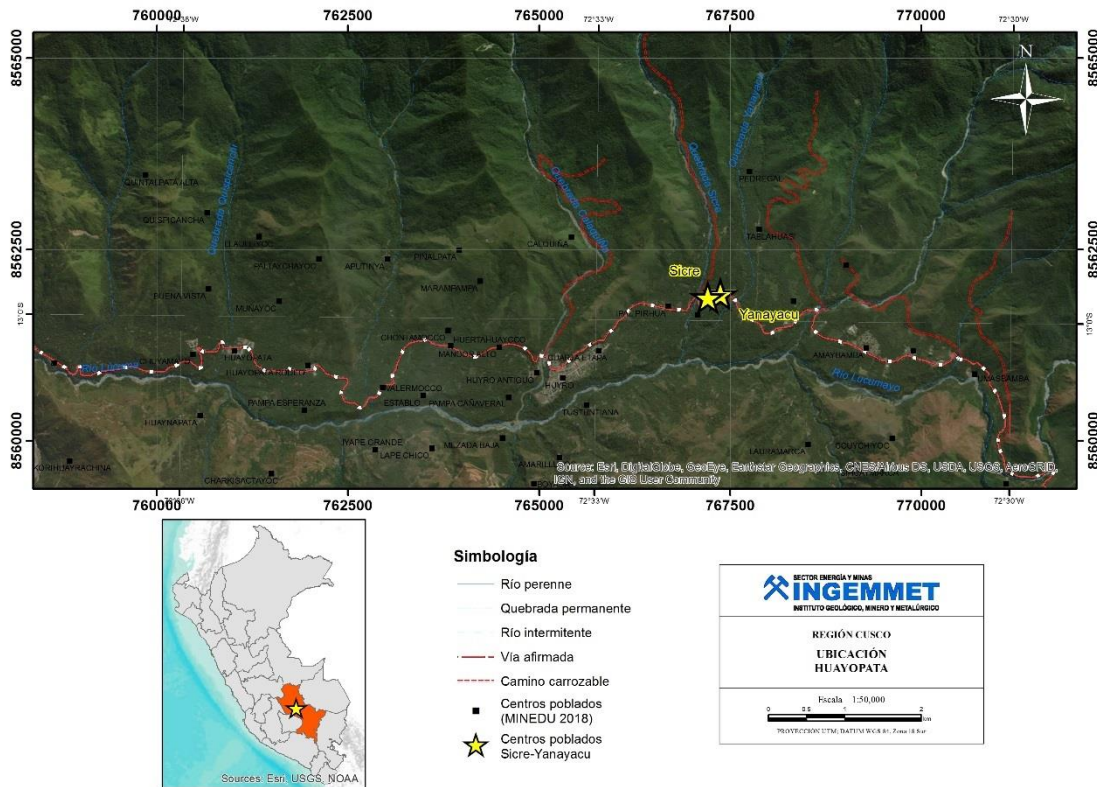


Figura 3. Mapa de ubicación de la zona de estudio.

### 3.3. Objetivo

Identificar y tipificar los peligros geológicos por movimientos en masa y geohidrológicos, que afectaron los sectores de Pedregal, Sicre y Tablahuasi, obras de infraestructura, terrenos de cultivo y vías de comunicación; así como, las causas de su ocurrencia.

Emitir las conclusiones y recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación del riesgo.

## 4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

La zona está constituida geomorfológicamente por montañas en roca sedimentaria, colinas y lomadas en roca sedimentarias e intrusivas, vertiente coluvio-deluviales y terrazas aluviales. Las pendientes es variada, de llano volviéndose escarpados en sus inmediaciones (figura 04).

#### **4.1. Pendiente del terreno.**

Uno de los aspectos importantes en la clasificación de unidades geomorfológicas, aparte del relieve, es la pendiente de los terrenos.

La pendiente es uno de los principales factores dinámicos y particularmente de los movimientos en masa, ya que determina la cantidad de energía cinética y potencial de una masa inestable (Sánchez, 2002). Es un parámetro importante en la evaluación de procesos de movimientos en masa como factor condicionante.

Es fácil que ocurran movimientos en masa en laderas de colinas y montañas como cauces de quebradas, en la primera influye la pendiente que varía entre moderada a fuerte, porque facilita el escurrimiento superficial. En la segunda se tiene material suelto de fácil acarreo.

El caso de las inundaciones y erosión fluvial, además de influir otros factores netamente geomorfológicos y dinámicos, también ocurren en terrenos de suave pendiente.

En la zona de estudio, las laderas de los cerros tienen pendientes comprendidas entre 20° a 45°. Las cuales se le considera como de moderada a fuerte pendiente. Esto facilita el escurrimiento superficial de los material sueltos dispuestos en las laderas.

Se tienen pendientes menores de los 5°, se encuentran situadas en la parte baja de las quebradas Ipal, Sicre y Choquellohuanca.

#### **4.2. Unidades geomorfológicas**

##### **4.2.1. Montañas en roca sedimentaria**

Corresponde a afloramientos de rocas sedimentarias afectados por procesos tectónicos y erosivos conformados por rocas de tipo cuarcitas, meta areniscas grises intercaladas con esquistos, filitas en estratos gruesos a medianos. Presentan laderas de pendiente media a fuertes. Se observa en inmediaciones de la localidad.

##### **4.2.2. Montañas en roca intrusivas**

Corresponde a afloramientos de rocas intrusivas afectados por procesos tectónicos y erosivos conformados por rocas de tipo granitos y granodioritas. Presentan laderas de pendiente fuerte. Se observa en inmediaciones de la localidad.

##### **4.2.3. Montañas en roca metamórficas**

Corresponde a afloramientos de rocas metamórficas afectados por procesos tectónicos y erosivos conformados por rocas de tipo Pizarras gris con contenido de piritas y limolitas intercaladas. Presentan ladera de pendiente media a fuerte. Se observa en inmediaciones del cerro Calquiña.

#### **4.2.4. Vertiente coluvio deluvial**

Corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa del tipo deslizamientos, derrumbes, avalancha de rocas y/o movimientos en masa y/o movimientos complejos. Generalmente su composición litológica es homogénea; son depósitos de corto recorrido relacionados a las laderas superiores adyacentes. Su morfología es usualmente convexa y su disposición semicircular a elongada en relación a la zona de arranque o despegue de movimiento en masa.

#### **4.2.5. Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (Proluvial)**

Esta unidad geomorfológica, ocupan las partes bajas del relieve montañoso y colinoso adyacentes a las referidas zonas; son fragmentos rocosos heterométricos (cantos, bolos y bloques, etc. ), con relleno limo arenoso -arcilloso depositado en el fondo de valles tributarios y conos deyección en la confluencia con el río Lucumayo.

Forman parte de la configuración de esta unidad geomorfológica las terrazas que se encuentran en el fondo de las quebradas Calaquña, Ipal, Sicre y Choquellohuanca, conformando un intenso valle donde actualmente es utilizado como terrenos agrícola.

#### **4.2.6. Vertiente con depósitos de deslizamientos**

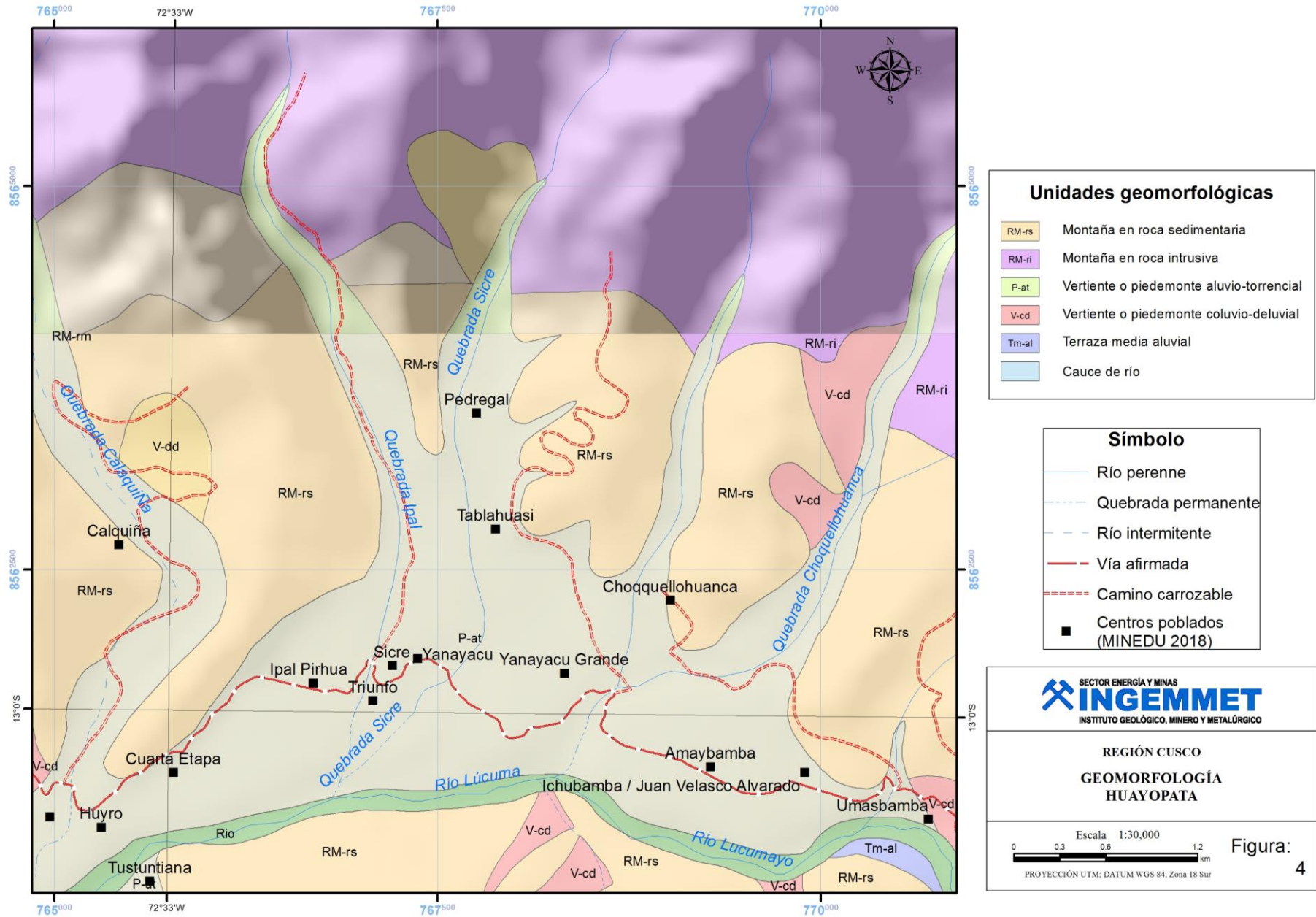
Corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos masa, prehistóricos, antiguos y recientes, que pueden ser del tipo deslizamientos, derrumbes, avalancha de rocas y/o movimientos complejos. Generalmente su composición litológica es homogénea; con materiales inconsolidados a ligeramente consolidados, son depósitos de corto a mediano recorrido relacionados a las laderas superiores de los valles. Su morfología es usualmente convexa y su disposición semicircular a elongada en relación a la zona de arranque o despegue del movimiento en masa.

Esta unidad corresponde a zonas inestables y de fácil erosión en periodos de lluvias, se generan deslizamientos interrumpiendo el curso del caudal (presas naturales) al desembalsar inundan la parte baja de las vertientes.

#### **4.2.7. Terraza aluvial**

Se caracterizan por presentarse dentro del curso de los ríos, sobre todo tienen su mayor extensión en los ríos estacionarios. Litológicamente está compuesta por fragmentos rocosos heterogéneos (bolos, cantos gravas, arenas, etc.), que son transportados por la corriente del río Lucumayo, se depositan formando terrazas bajas en ambos márgenes. Son consideradas susceptible a inundaciones en periodos de lluvias excepcionales.





#### **4. ASPECTOS GEOLÓGICOS**

La geología está constituida por unidades litoestratigráficas con edades que van del Paleozoico inferior como la Formación Málaga y el Grupo San José, (Carlotto *et al* 1999), depósitos aluviales (figura 5).

##### **5.1. Formación Málaga**

Está compuesto principalmente por rocas sedimentarias, formado por cuarcitas, meta areniscas grises intercaladas con esquistos, filitas en estratos gruesos a medianos (Carlotto *et al* 1999). Substrato muy meteorizado, fracturado con grado de saturación medio. De calidad geotécnica mala, de susceptibilidad alta a la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa.

##### **5.2. Grupo San José.**

Aflora en el cerro Calquiña. Está compuesta principalmente por pizarras grises con contenido de piritas diseminada y esquistos se hallan fuerte mente foliadas (Romero & Torres 2003). Substrato meteorizado, fracturado de calidad geotécnica media

##### **5.3. Depósitos aluvial**

Según Carlotto *et al* 1999, Estos depósitos están conformados por bloques y gravas, envueltos por una matriz areno – arcillosa.

En la zona de estudio, se identificó depósitos aluviales importantes, en donde se han edificado poblados, estos depósitos provienen de huaycos antiguos.

##### **Roca intrusiva.**

Macizo de Mesapelada, aflora en el cerro del mismo nombre. Este macizo intruye rocas del Grupo San José, donde la roca macroscópicamente tienen textura fanerítica de grano grueso y son leucócratas. A partir del análisis estructural de fallas podemos distinguir varios eventos tectónicos uno de compresión NE-SO que parece el más importante y afecta a los intrusivos y a rocas del Paleozoico inferior, este evento es relacionado a la evolución Andina, macizo muy fracturado, intemperizado de calidad geotécnica media.

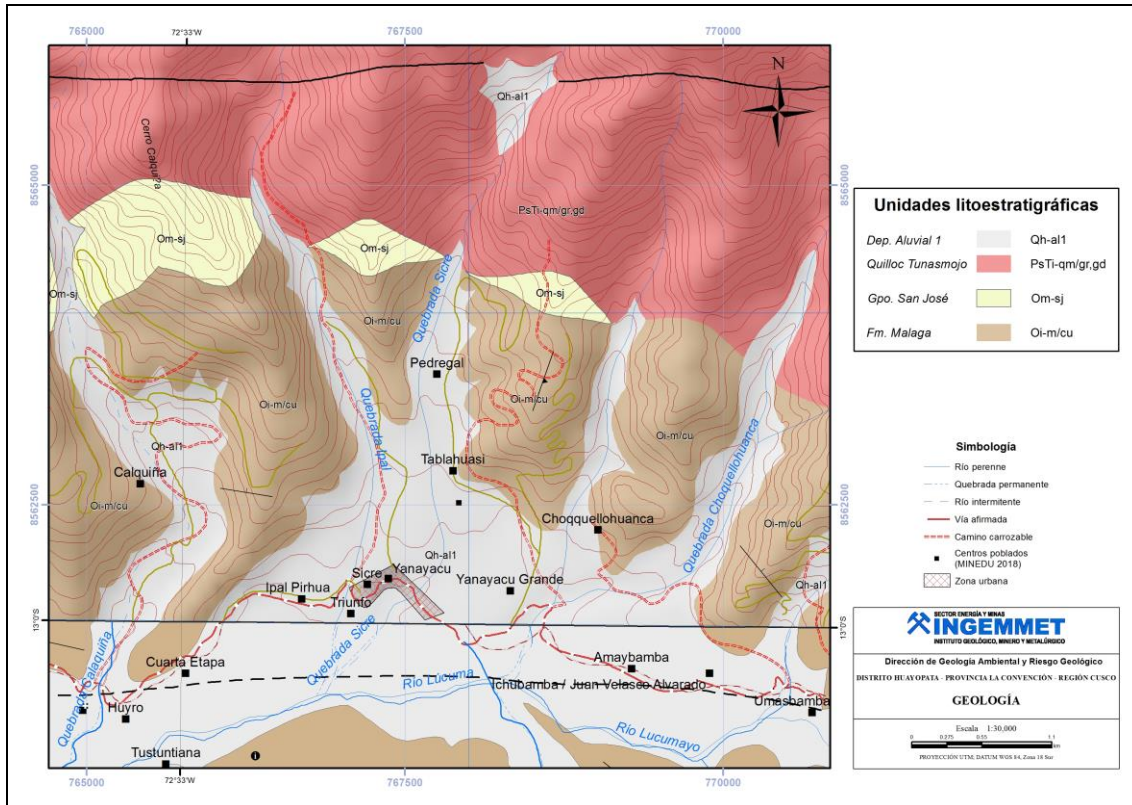


Figura 5. Mapa geológico de la zona de estudio. (Tomado de Ingemmet, 1999).

## 5. PELIGROS GEOLÓGICOS

La zona de estudio, presenta una ladera de montaña en roca intrusivas que instruyen al Grupo San José de pendiente fuerte a muy fuerte ( $25^\circ$  a  $45^\circ$ ), disectados forman quebradas y valles. Litológicamente se tienen pizarras esquistosas, cuarcitas (Grupo San José) y rocas intrusivas (granodioritas).

En las superficies de las laderas colindantes a las quebradas Sicre y Choquellohuanca, se tienen eventos de movimientos en masa antiguos y recientes, que se reactivan con precipitaciones pluviales intensas y excepcionales, generando material suelto, esto alimenta los cauces de las quebradas. (Figura 6).

### 5.1 Huaico de la quebrada Sicre.

El evento ocurrido el 21 de diciembre del año 2018, en la quebrada Sicre, fue condicionado por:

- Laderas de pendiente fuerte ( $25^\circ$  a  $45^\circ$ ).
- Substrato muy fracturado debido a la orogenia andina.
- Roca muy meteorizadas, de mala calidad.
- Depósitos de eventos antiguo como deslizamientos de fácil remoción.
- Pendiente de las laderas, comprendidas entre  $20^\circ$  a  $45^\circ$ , consideradas como laderas inestables, susceptible a la ocurrencia de deslizamientos o derrumbes.
- Represamiento del cauce de la quebrada, su desembalse generó el flujo de detritos (huaico).

El detonante fue las precipitaciones pluviales intensas y/o excepcionales, presentadas en el mes de diciembre.



Dinámica del flujo de detritos (huaico).

Según versiones de los moradores, en el año 1970, se generó un huaico que provino de la quebrada Sicre, el flujo movilizó bloques con diámetros de un metro, que llegaron a sobrepasar la vía Cusco-Huayopata, que en ese entonces no estaba asfaltada.

En cauce de la quebrada se observó bloques con diámetros mayores a 10 m (figura 6), estos son producto de flujos de detritos antiguos; aparentemente estos bloques no fueron removidos por el flujo de detritos ocurrido el 21/12/2018.

El flujo de detritos del 21/12/2018, se originó por un desembalse de un dique natural, generado por un deslizamiento que obturó el cauce de la quebrada. Es muy probable que este se haya originado en la cuenca media de la microcuenca.

El flujo de detritos (huaico), acarreó fragmentos de roca y palizada (figuras 7 y 8); al desplazarse cuesta abajo, adquiere mayor velocidad y capacidad erosiva, en su trayecto erosionó las laderas laterales de la quebrada, generó derrumbes y deslizamientos, con ello incrementó su volumen de transporte. Esto trajo consigo que cauce de la quebrada se ensanchará hasta 120 m (figura 8).

Por el poder erosivo del flujo en algunos sectores, llegó socavar el cauce de la quebrada hasta una profundidad de 4 m (figura) y en otros sobrepasó la altura de la terraza hasta en 3 m y dejó sobre la superficie bloques y material fino (figura 8).

El evento al llegar al sector de Tablahuasi, se bifurco en dos brazos, uno toma dirección suroeste y el otro sigue el cauce de la quebrada Sicre hacia el sur, en ambos brazos tiene bloques con diámetros hasta de 2 m.

El depósito formado está conformado por bloques (diámetros hasta de 6 m), gravas, son de formas angulosos a subangulosos, englobados con arenas, limo y arcilla (figura 10).

El flujo al perder capacidad de transporte, dejó en su camino material grueso (bloques), para luego solamente transportar lodo y palizada el cual se explaya por la terraza.

El evento originó la destrucción de terrenos de cultivo, caminos, viviendas (figura 11) y fallecieron 2 personas. Los sectores afectados fueron Pedregal, Tablahuasi, y Sicre, en el primero y segundo el flujo depositó bloques con matriz arenosa, mientras que en el tercero se depositó lodo.



Figura 6. Bloque de roca, producto de un antiguo flujo de detritos.



Figura 7. Troncos de árboles arrancados de raíz, transportados por el flujo de detritos del 21/12/2018.



Figura 8. Cauce actual de la quebrada Sicre, llega a tener un ancho hasta de 120m.



Figura 9. Socavamiento de la quebrada, llegó hasta 4 m.





Figura 10. El flujo llegó a superar la defensa ribereña, sector de Pedregal.



Figura 11. Viviendas afectadas por el flujo de lodo. Sector Sicre

#### Condiciones de estabilidad de la quebrada

En la cuenca media y alta de la quebrada Sicre se tienen procesos de movimientos en masa, que pueden ser detonados por la precipitaciones pluviales intensas, que se están presentado actualmente.

A la altura de la catarata del Oso, se tienen procesos de movimientos en masa como derrumbes y deslizamientos (figura 12).

Según versiones de los lugareños, la altura de caída de agua de la catarata ha disminuido, mencionan que se reducido en un 30%. Esto se debe, por el depósito generado por el derrumbe que se encuentra en la margen derecha.

El depósito formado está conformado por bloques angulosos, que llegan a tener un diámetro de hasta 2 m

Por lo observado hacia aguas arriba de la catarata, se tienen procesos como derrumbes y deslizamientos antiguos, las coronas y escarpes están entre los 20 a 50 m.

Aguas bajo de la catarata, en la margen derecha se tienen dos deslizamientos, que se han activaron como deslizamientos rotacionales y derrumbes (figuras 13, 14 y 15).



Los deslizamientos rotacionales antiguos tienen coronas comprendidas entre 400m a 450m, no se aprecia el salto por estar cubierto por vegetación.

El paso del flujo de detritos, desestabilizó los pies de los deslizamiento, ocasionando que el material inestable se desplace cuesta abajo, se formaron derrumbes y deslizamientos.

En los cuerpos de los deslizamientos reactivados, se observó restos de troncos de árboles y material suelto.

El cauce de la quebrada se está estrechando, por consecuencia de la movilización de la masa de los deslizamientos. De seguir el avance de la masa del deslizamiento, va a represar a la quebrada Sicre, y su desembalse generaría otro flujo de detritos (figura 14)

En la parte central de uno de los cuerpos de los deslizamientos reactivados, se observó filtraciones de agua (figura 15). Esto es un indicador que la zona es muy inestable, es probable que parte de la masa del deslizamiento se desplace cuesta abajo en forma brusca, esto va obturar la quebrada, lo que generará un proceso similar a lo ocurrido el 21/01/2018. Además se apreció que el cuerpo del deslizamiento reactivado presenta pendiente mayo de  $45^\circ$ , lo cual lo hace inestable.

Por lo tanto, las condiciones de estabilidad de la quebrada es muy precaria, se tienen las condiciones geológicas como roca de mala calidad propensa a generar nuevos movimientos en masa, pendiente del terreno, depósitos de deslizamientos y derrumbes fácilmente de ser removidos (figura 15); factores suficientes para que se generé nuevamente flujos de detritos de similares a lo generado recientemente.

Además se observó que la cuenca media, presenta movimientos en masa, como deslizamientos y derrumbes, sectores muy susceptibles a ser removidos (figura 16 y 17).



Figura 12, catarata del Oso, se aprecia los derrumbes en la margen derecha.



Figura 13. El depósito del deslizamiento (margen derecha de la quebrada Sicre), esta estrechando el cauce de la quebrada.



Figura 14. Deslizamiento ubicado en la margen derecha, se aprecia que su depósito esta cerrando el cauce de la quebrada.

Sobre el cuerpo del deslizamiento se aprecian restos de troncos de árboles.



Figura 15. Se aprecian filtraciones de agua en el cuerpo del deslizamiento.





Figura 16. (1) Derrumbe cerca de la catarata del Oso. (2) Deslizamiento ubicado en la margen derecha, parte media de la quebrada Sicra. Considerada como zona inestable.



Figura 17. Vista panorámica de las quebradas Ipal y Sicre, se aprecia la zona inestable de Sicre y el recorrido del huaico.

### 5.2 Huaico de la quebrada Choquellohunca.

El evento ocurrido el 21 de diciembre del año 2018, en la quebrada Choquellohuanca, esta condicionado por:

- a) Laderas de pendiente fuerte (30° a 45°).
- b) Substrato muy fracturado por la orogenia andina, se tiene fracturamiento abierto, por donde se incrementa la meteorización y filtración de agua.
- c) Roca muy meteorizadas, de mala calidad.
- d) Depósitos de eventos antiguo como deslizamientos y derrumbes, que son de fácil remoción
- e) Pendiente de las laderas, comprendidas entre 30° a 45°, consideradas como laderas inestables, susceptible a la ocurrencia de deslizamientos o derrumbes.
- f) Represamiento del cauce de la quebrada, su desembalse generó el flujo de detritos (huaico).



El detonante principal fue las precipitaciones pluviales intensas y/o excepcionales, presentadas en el mes de diciembre

Este flujo de detritos se inició en la zona de derrumbes, ubicados en la cuenca alta de la microcuenca.

Por la cantidad de material que acarreo el flujo de detritos y la velocidad que se desplazó, este evento ha proveniendo de un represamiento de la quebrada originado en la cuenca alta de la quebrada.

Este flujo afectó severamente al puente Amaybamba (figura 18).



Figura 18. Se muestra el recorrido del flujo de detritos, sector Puente Amaybamba.

#### Dinámica del huaico

Este huaico ha tenido similar origen que el ocasionado en la quebrada Sicre, es decir por un desembalse.

El flujo de detritos, adquiere velocidad conforme se va desplazando agua abajo, en su trayecto va erosionado la laderas laterales, con ello arranca material de las laderas e incorporando material al flujo.

El flujo se inició a 2400 m s.n.m., el puente Amaybamba está a 1700 m s.n.m., es decir, se tiene una diferencia de cotas de 700 m; la distancia del cauce de quebrada desde el sector de donde se originó hasta el puente Amaybamba es de 5000m<sup>1</sup>. con esto datos tenemos que la pendiente de la quebrada es de 8° (figura 19).

---

<sup>1</sup> Dato obtenido del Google Earth

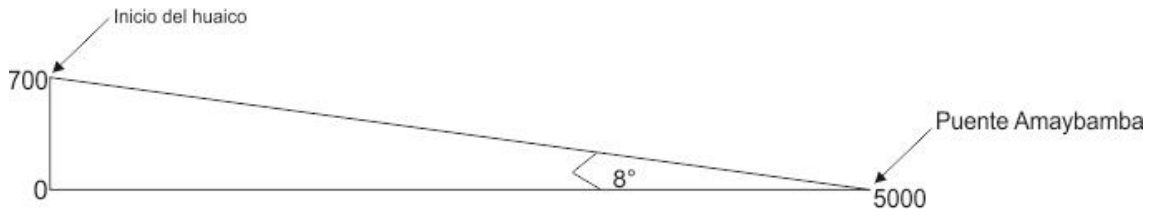


Figura 19. Esquema representativo de la pendiente del terreno

La dirección del desplazamiento del flujo de detritos, tiene cambios bruscos durante su desplazamiento (figura 19), por ello aumenta su poder erosivo y destructivo, al pasar por el puente Amaybamba lo destruye.

Los cambios bruscos del desplazamiento del flujo, al incidir sobre las laderas, genera derrumbes o deslizamientos, el material suelto es incorporado a la masa del flujo (figura 20).

En la margen izquierda se aprecia que el flujo, sobrepasó la terraza hasta en 5 m, en la ladera se aprecian la huella del lodo (figura 21).

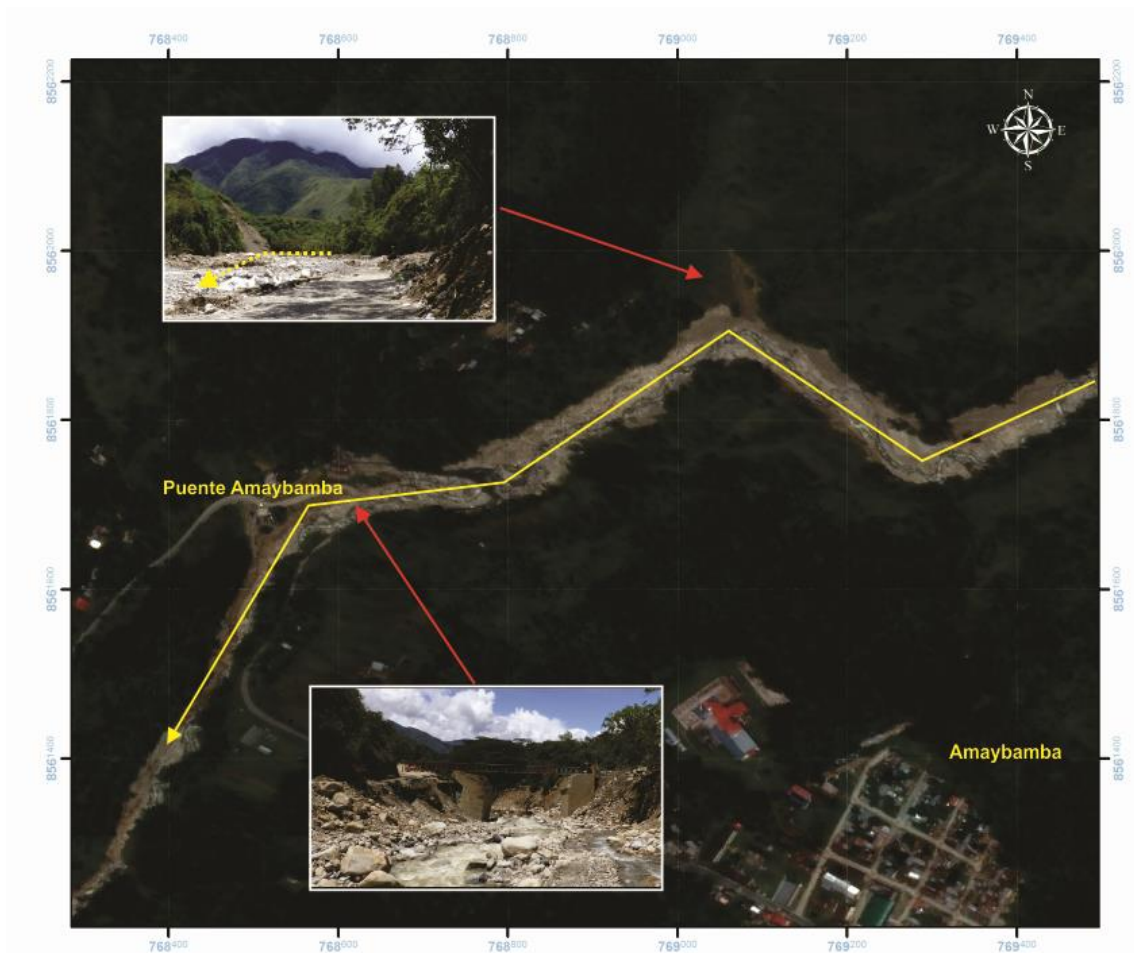


Figura 19. Imagen satelital de enero 2019, (post evento), se aprecia los cambios bruscos del desplazamiento del flujo de detritos (línea amarilla).





Figura 20. Se muestra: (1) derrumbe originado por la erosión del flujo de detritos en la margen derecha. (2), Puente Amaybamba destruido. Se aprecia también los cambios de dirección que ha tenido el flujo durante su recorrido.

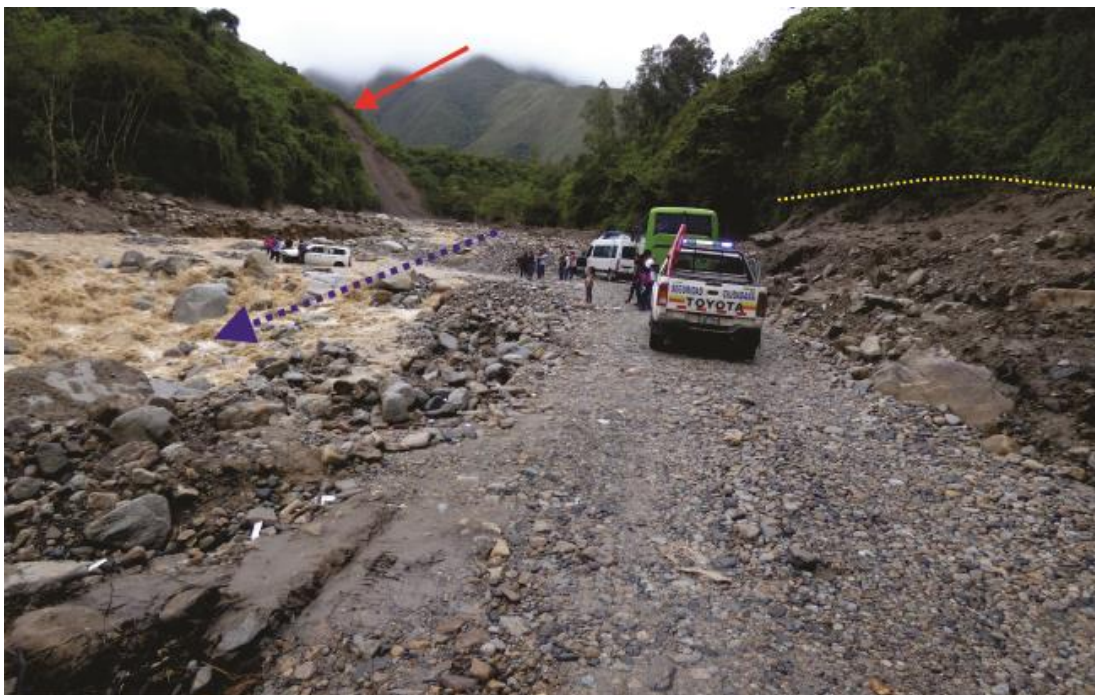


Figura 21. Se aprecia en la margen izquierda el nivel alcanzado por el flujo de detritos (línea amarilla). También se aprecia un derrumbe en la margen derecha generado por erosión del flujo de detritos (línea roja).

Condiciones de estabilidad de la quebrada

En las laderas de la quebrada se tienen derrumbes y deslizamientos reciente y antiguos (reactivados), que alimentan con material suelto al cauce de la quebrada.

Estos eventos, pueden obturar el cauce de la quebrada y generar eventos similares a lo ocurrido el 21/12/2018.



La roca es de mala calidad, se encuentra meteorizada, por el grado de fracturamiento se tienen bloques inestables hasta de 6 m.

A lo largo del cauce de la quebrada se aprecian deslizamientos y derrumbes, que se activaron por el flujo de detritos ocurrido el 21/12/2018.

Se observó que entre la cuenca alta y media de la microcuenca de la quebrada, se tiene una zona inestable, de donde se arrancó el huaico del 2018.

Se tienen las condiciones geológica inestables como roca de mala calidad, pendiente de la laderas y material susceptible a ser removido; a esto hay que aumentarle las condiciones climáticas (lluvias intensas). Por lo tanto, es muy probable que se generen nuevamente eventos similares a lo ocurrido en diciembre del 2018.

### 5.3 Erosión fluvial sector Puente Illape

El río Lúcura, el 21/12/2018, incrementó su caudal, por el aporte principal de la quebrada Choquellohuanca.

La sobrecarga de transporte de material del río aumentó su poder erosivo, afectó al puente Illape, colapsó la estructura.

#### Condiciones geológicas del puente.

El puente Illape se encuentra ubicado entre la desembocadura de dos quebradas; aguas arriba, se encuentra la quebrada Ipal, y aguas abajo la quebrada S/N, ambas distan al puente en 20 m.

En caso de una sobrecarga de la quebrada Ipal, se puede generar un flujo de detritos, que podría afectar las bases del puente.

Se puede dar el caso también que se forme un represamiento del río Lúcura por parte de la quebrada, el desembalse afectaría las bases del puente.

Por lo expuesto es necesario que este puente sea reubicado.

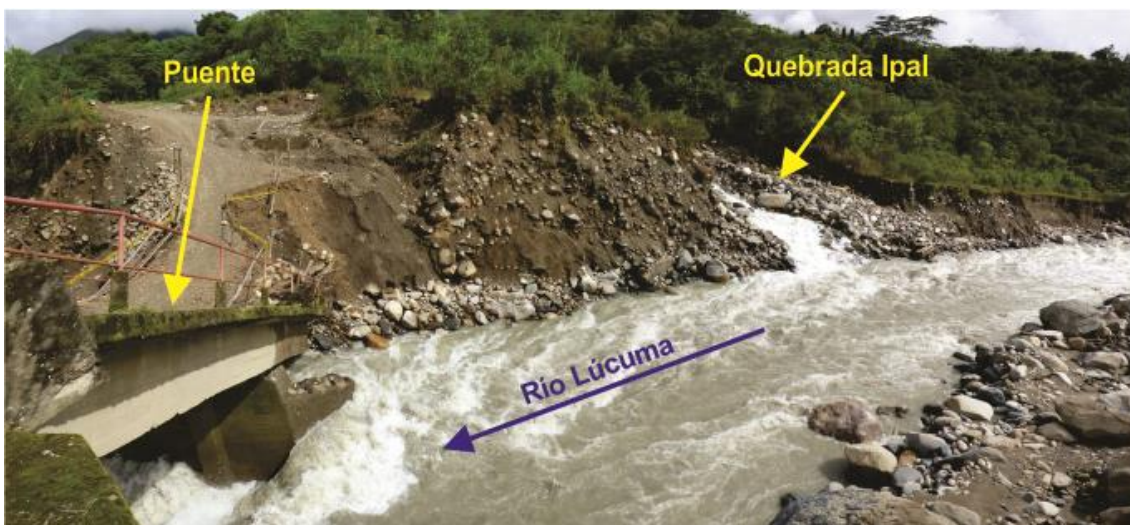


Figura 22. Se aprecia el puente Illape colapsado y la desembocadura de la quebrada Ipal.

Aguas arriba del puente Illape, en la margen derecha se apreció que la erosión fluvial está afectado a la vía alterna Amaybamba-Santa María.

Se apreció, que de seguir el proceso erosivo podría afectar completamente la vía, se apreció agrietamientos en la carpeta, de seguir el proceso de erosión, esta colapsaría.

Es importante anotar que también, que se tiene un poste de tendido eléctrico, el cual podría colapsar por los procesos mencionados.



Figura 23



Figuras 23 y 24. Muestra los procesos de erosión fluvial en la margen izquierda, que está afectando la vía Amaybamba-Santa María.

Es necesario que este último tramo, se refuerce con defensas ribereñas, tipo enrocado.



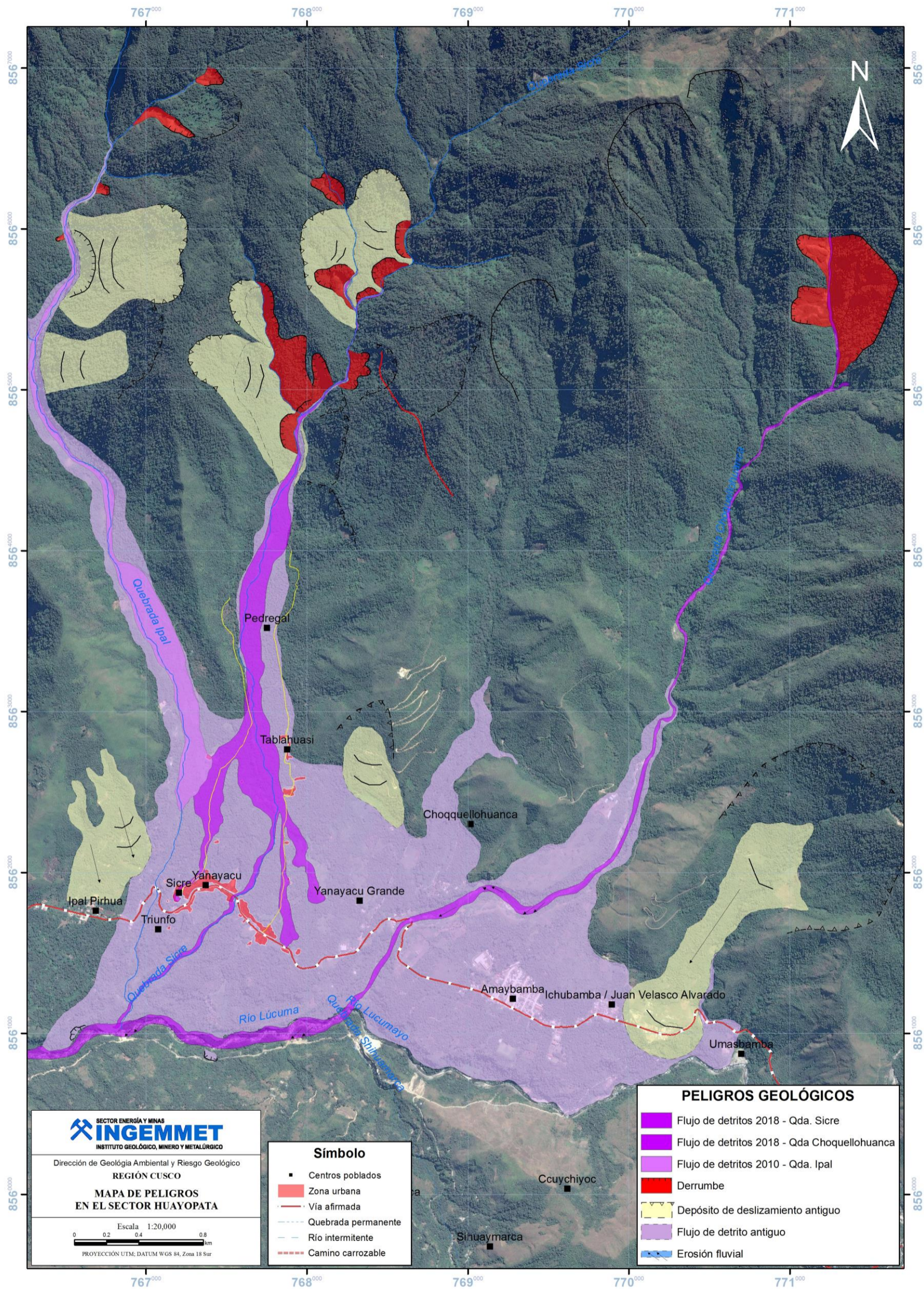


Figura 22. Mapa de peligros de la quebrada Sicre, Choquellohuanca



## 6. ZONAS PROPUESTAS PARA LA REUBICACIÓN Y ALBERGUE TEMPORAL

De los trabajos de campo, se determinaron las siguientes áreas para la reubicación y albergue temporal.

### 6.1 Sector de Choquellohuanca (reubicación definitiva). (Figura 23)

Se encuentra en las siguientes coordenadas geográficas:

- ✓ 769267 E, 8562541 N
- ✓ 769352 E, 8562468 N
- ✓ 769425 E, 8562457 N
- ✓ 769496 E, 8562434 N
- ✓ 769555 E, 8562447 N
- ✓ 769599 E, 8562409 N
- ✓ 769489 E, 8562384 N
- ✓ 769417 E, 8562391 N
- ✓ 769278 E, 8562452 N
- ✓ 769219 E, 8562519 N

Altitud 1970.

Esta zona se encuentra sobre la cresta de una colina sedimentaria, presenta su cumbre es suave, hacia los bordes se tienen laderas con pendientes de 25° a 30°.

Se tienen afloramientos de rocas sedimentarias como lutitas de la Formación San José que se caracterizan por presentar fracturamiento muy intenso.

Actualmente no se tienen evidencias de movimientos en masa que les pueda afectar.

La futura zona urbana deberá ceñirse solamente en la zona de cresta de la colina.

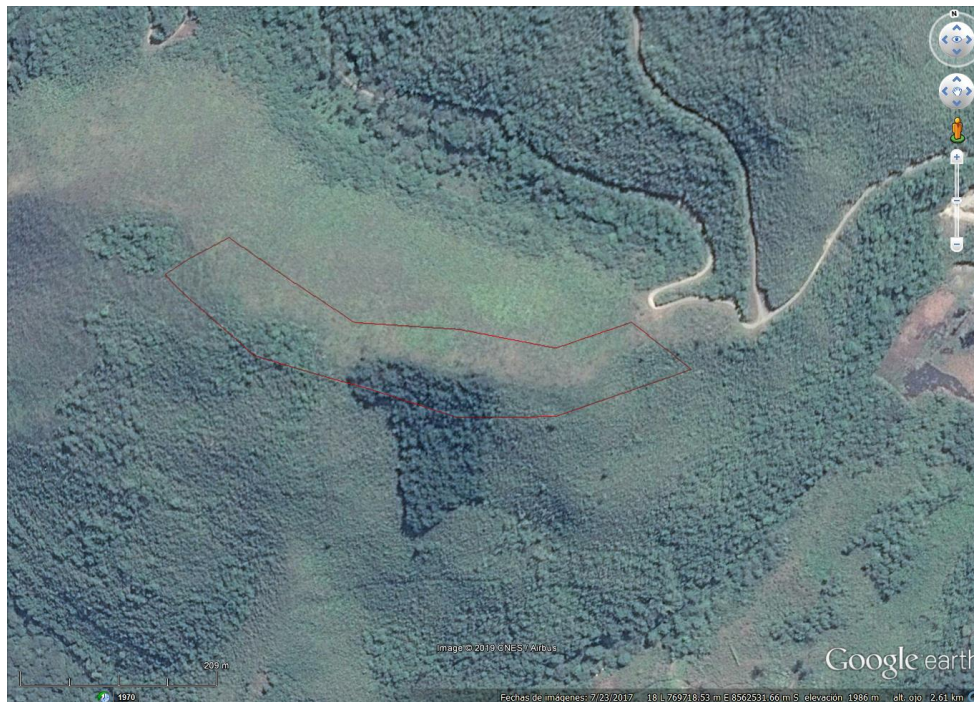


Figura 23. Cima de la colina, sector adecuado para la reubicación de la población.

Para habilitar el área se deben tener las siguientes recomendaciones:

- Estudio de suelo, para determinar las características del suelo, con fines de cimentación.
- Hacer un drenaje pluvial, para evitar la infiltración de agua hacia al subsuelo.
- La expansión urbana por ningún motivo debe realizarse en los bordes de las laderas, se debe ceñir hacia la cumbre.
- Los cortes de ladera tendrán que realizarse con dirección técnica especializada.

## 6.2 Sector Vivero (Albergue temporal). (Figura 24)

Se encuentra en las siguientes coordenadas geográficas:

- ✓ 768560 E, 8561432 N
- ✓ 768472 E, 8561301 N
- ✓ 768593 E, 8561216 N
- ✓ 768678 E, 8561337 N

Esta zona se ubica en la margen izquierda de la quebrada Choquellohuanca, sobre depósitos de flujos de detritos antiguos, que forman una terraza aluvial.

La altura entre el cauce de la quebrada y el depósito del antiguo huaico es de 20 m, para que se forme una terraza similar, tendría que generarse un represamiento en la cuenca alta de la microcuenca de la quebrada.

### Recomendaciones:

- Implementar un sistema de alerta temprana, esto no solo servirá para la zona de albergue temporal, sino también para la población de Amaybamba.
- Arborizar los bordes de la zona de albergue temporal.
- Realizar un sistema de drenaje pluvial.
- Por ningún motivo la zona se a ocupar se debe dirigir hacia el lado de la quebrada.

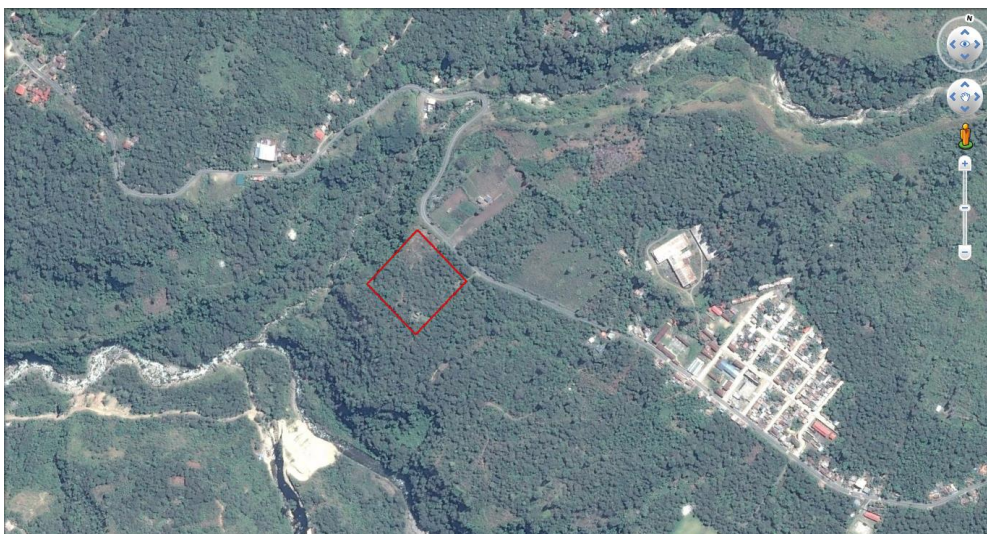


Figura 24. Sector de Vivero, propuesta como albergue temporal.



### 6.3 Sector de Ipal 1 (Albergue temporal). (Figura 25)

Se encuentra en las siguientes coordenadas:

- ✓ 766499 E, 8561689 N;
- ✓ 766580 E, 8561675 N;
- ✓ 766625 E, 8561679 N;
- ✓ 766652 E, 8561722 N;
- ✓ 766704 E, 8561710 N;
- ✓ 766619 E, 8561523 N;
- ✓ 766450 E, 8561591N.

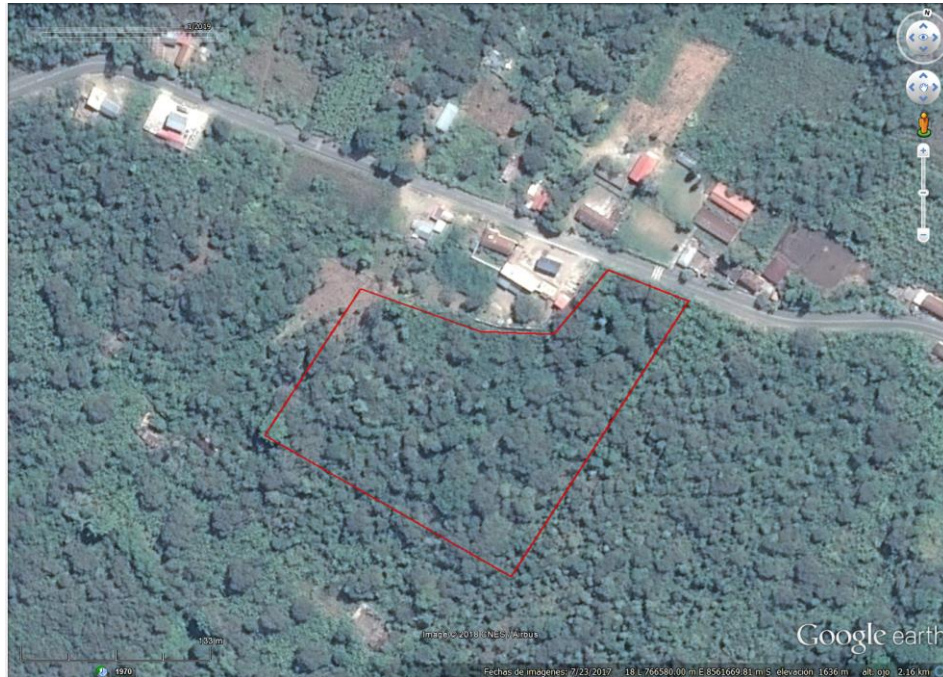


Figura 25. Sector Ipal, propuesto para albergue temporal.

Este sector se encuentra sobre un depósito aluvial antiguo, donde el material proviene de procesos de erosión de las laderas colindantes y parte de la quebrada Ipal.

Hacia el norte de la zona de reubicación, se tiene una colina sedimentaria con laderas de pendientes comprendidas en 20° a 25°, no muestra evidencias movimientos en masa que pudieran afectar a la zona de reasentamiento.

Se pueden presentar flujos de grandes dimensiones provenientes de la quebrada Ipal, que podría afectar la zona de albergue temporal.

#### Recomendaciones:

- Implementar un sistema de alerta temprana, en la quebrada Ipal.
- Realizar un estudio de suelos para determinar el tipo de cimentaciones de las futuras viviendas e infraestructura.
- Arborizar los bordes de la zona de albergue temporal.
- Realizar un sistema de drenaje pluvial.
- El drenaje pluvial de carretera debe estar en óptimas condiciones.
- Por ningún motivo el albergue temporal se debe dirigir hacia el lado de la quebrada.



- Para darle una mejor estabilidad al terreno es necesario construir muros disipadores de energía en la cuenca baja de la quebrada Ipal.
- Realizar estudios geotécnicos, hidráulicos y modelamientos, para determinar el tipo y espaciado que debe tener los muros disipadores.

#### 6.4 Sector Ipal. Centro Educativo (Albergue temporal). Figura 26

Se encuentra en las siguientes coordenadas geográficas:

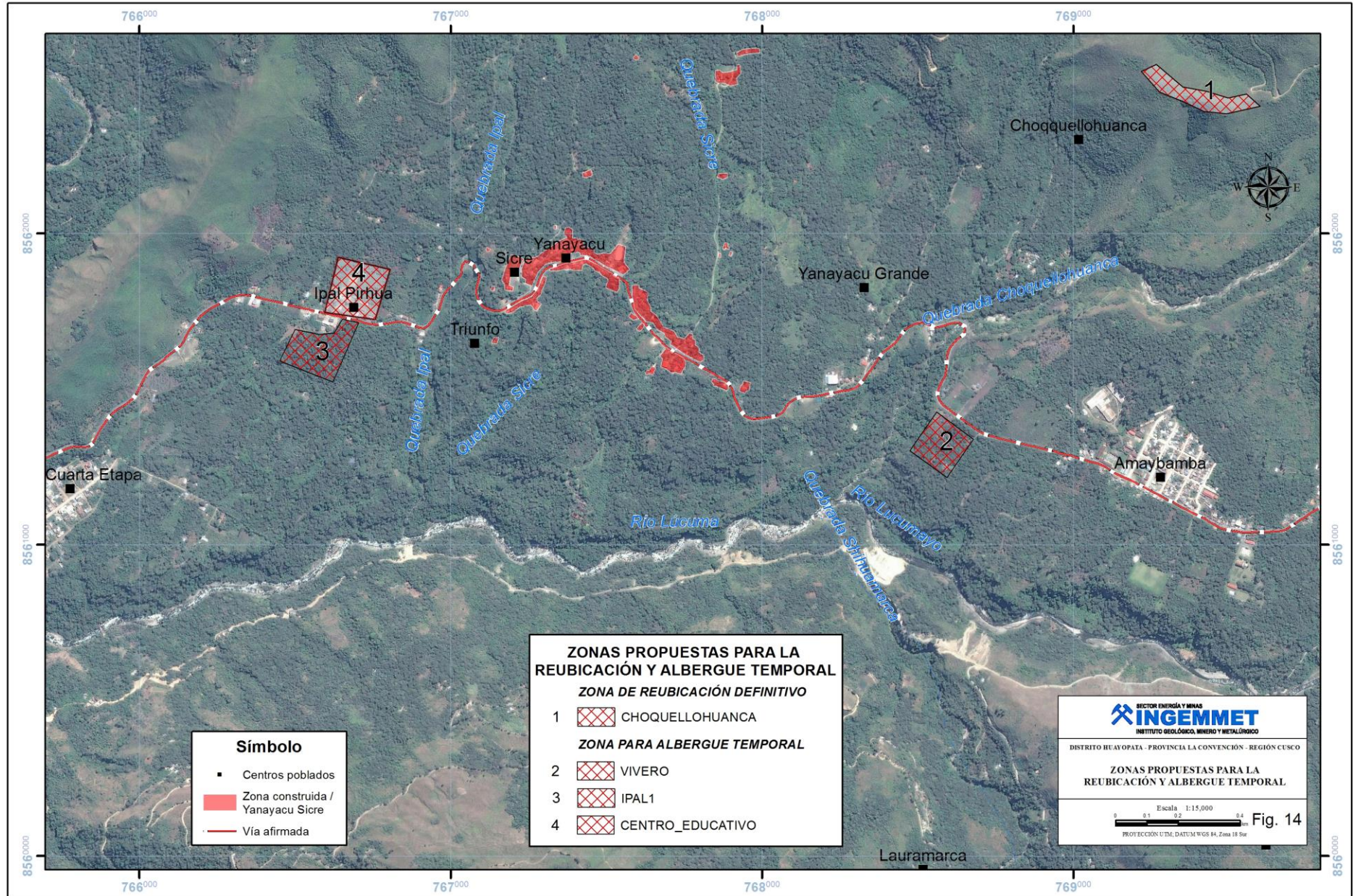
- ✓ 766757 E, 8561723 N
- ✓ 766803 E, 8561883 N
- ✓ 766638 E, 8561921 N
- ✓ 766595 E, 8561748 N

Las condiciones de estabilidad son semejantes a las encontradas en la zona de reubicación Ipal 1.



Figura 26. Sector centro educativo Ipal, propuesto como albergue temporal.







## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- a) Por las condiciones geológicas, como roca muy meteorizada de fácil remoción, pendiente del terreno, depósitos de antiguos deslizamientos y de flujos de detritos, muy susceptibles a ser removidos; los terrenos de los poblados de Sicre, Pedregal y Tablahuasi, se les considera como de **zona crítica, de alta susceptibilidad a huaicos y de peligro inminente** ante lluvias intensas y excepcionales.
- b) Es necesario la reubicación de los sector afectado por los flujos de detritos que ocurrieron en las quebradas Sicre y Choquellohuanca.
- c) Se dan tres alternativas para albergues temporales, en las cuales se deben considerar las recomendaciones de los ítem 6.2, 6.3 y 6.4.
- d) Como zona de **reubicación definitiva, se propone el sector 1 Choquellohuanca\_Huayopata**, es considerado como ideal, para su habilitación se debe considerar lo propuesto en el ítem 6.1.
- e) Los flujos de detritos (huaico) ocurridos el 21 de diciembre del 2018, movilizaron material como bloques hasta de 6 m de diámetro, palizadas, gravas, arena y limo y arcilla, lo que muestra la magnitud del evento.
- f) Realizar un programa integral de la forestación, con árboles de raíces profundas.
- g) Descolmatar y encausar la quebrada Sicre y Choquellohuanca, respetando el cauce natural.
- h) Implementar un estación meteorológica, con la finalidad de tener datos precisos de las precipitaciones pluviales que detonan los movimientos en masa.
- i) El puente Illape, por esta estar ubicado cerca de la desembocadura de una quebrada muy dinámica, es necesario que sea reubicado.



## REFERENCIAS

Cruden, D.M., Varnes, D.J., 1996, Landslide types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247, p. 36–75.

Carlotto V., Gil W., Cárdenas J., Chávez R. & Vallenás V. (1996). - Geología de los cuadrángulos de Urubamba y Calca. Boletín N° 65 Serie A: Carta Geológica Nacional. (Hojas 27r y 27s). INGEMMET. Lima.

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.

Nuñez, S. & Gómez, D. (2019). Evaluación Geológica Geodinámica, para la reubicación de los sectores afectados por el huaico del a quebrada Sicre del 21/12/2018. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico-INGEMMET: Informe Técnico N° A6864. 21 p.

Nuñez, S., Albinez. L.& Medina, L. (2018). Peligros geológico en el sector de Sicre y Alrededores. Informe Preliminar. Distrito de Huayopata, provincia La Convención, Departamento Cusco. Informe Técnico A 6851. 28 p.

Vilchez M. (2015) Zonas Críticas por Peligros Geológicos en la región Cusco, Informe Técnico Geología Ambiental – Ingemmet. Informe Preliminar.

Vilchez, M. & Sosa, N. (2018)- Riesgo geológico en la Región Cusco. Inédito INGEMMET. Proyecto de Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica.

Vilchez, M. & Sosa, N. (2013). Peligros geológicos en el ámbito de la Mancomunidad Municipal Amazónica. Provincia La Convención, Región Cusco. INGEMMET Informe técnico N° A6635. 85 p.