

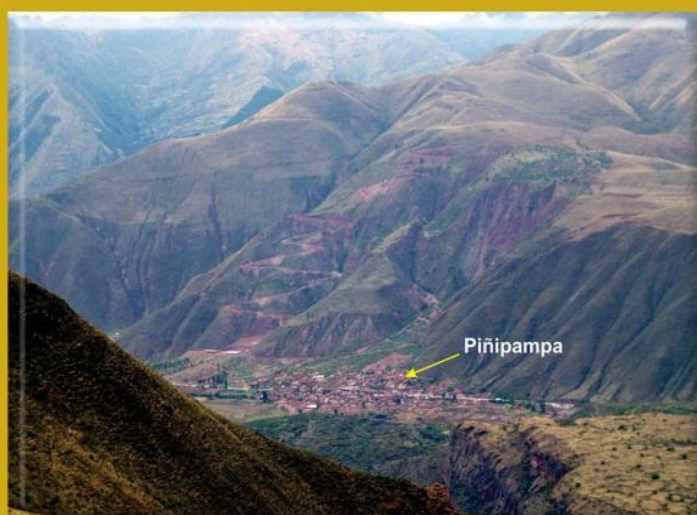
Informe Técnico N° A6700

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CENTRO POBLADO DE PIÑIPAMPA

Paraje de Piñipampa

Distrito de Andahuaylillas

Provincia de Quispicanchi - Región Cusco



POR:

MANUEL VILCHEZ MATA

ENERO 2016

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CENTRO POBLADO DE PIÑIPAMPA

(DISTRITO DE ANDAHUAYLILLAS, PROVINCIA DE QUISPICANCHI, REGIÓN CUSCO)

## CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	3
2.	OBJETIVOS	5
3.	ASPECTOS GENERALES	5
4.	GEOLOGÍA	7
5.	GEOMORFOLOGÍA	10
6.	PELIGROS	12
	6.1 Peligros geológicos por movimientos en masa	12
	6.2 Peligros hidrometeorológicos	21
7.	CONDICIONES ACTUALES DEL SITIO	23
	CONCLUSIONES	24
	RECOMENDACIONES	26
	GLOSARIO DE TÉRMINOS RELATIVOS A MOVIMIENTOS EN MASA	27
	BIBLIOGRAFÍA	28

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CENTRO POBLADO DE PIÑIPAMPA

(DISTRITO DE ANDAHUAYLILLAS, PROVINCIA DE QUISPICANCHI, REGIÓN CUSCO)

## 1. INTRODUCCIÓN

El Sr. Claudio Pacho Mamani Curasi, Alcalde de la Municipalidad del centro poblado de Piñipampa, del distrito de Andahuaylillas; mediante Oficio N° 037-2015-MCPP/A-Q, de fecha 21 de diciembre de 2015, se dirige al Presidente del Consejo Directivo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), solicitando el informe técnico de peligros geológicos del centro poblado de Piñipampa, del distrito de Andahuaylillas, afectados por procesos de geodinámica externa. Es por estos motivos que el Director de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) del INGEMMET, designó al Ing. Geólogo Manuel Vilchez Mata, para que elabore el informe técnico por peligros geológicos del sitio mencionado.

El informe fue elaborado con los datos recopilados durante los trabajos de campo realizados en la región Cusco, en marco del proyecto GA-44: Mapas de riesgos geológicos-regiones Cusco y Puno, realizado por la DGAR del INGEMMET; también se apoyó en información geológica existente en la bibliografía, así como también en trabajos de gabinete que consistieron en la interpretación de imágenes satelitales y fotos aéreas de la zona.

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Centro Poblado de Piñipampa, distrito de Andahuaylillas, provincia de Quispicanchis, región Cusco.

Existen trabajos previos realizados en el distrito de Andahuaylillas, relacionados a temas de geología y geodinámica externa, de los cuales destacan las publicaciones hechas por INGEMMET:

- Boletín N° 52 serie A: Geología de los cuadrángulos de Cusco y Livitaca. Carta geológica nacional (1994). Se describe la geología de la zona estudiada.
- Boletín N° 138 serie A: Geología del cuadrángulo de Cusco. Carta geológica nacional (2011). Se realiza una actualización de la geología de la zona estudiada.
- Boletín N° 28 Serie C: Estudio de Riesgos Geológicos del Perú – Franja N° 3. Geodinámica e ingeniería geológica (2003). Se determina en el mapa de zonas de peligros múltiples e infraestructura, que el Centro poblado de Piñipampa se encuentra en una zona de peligro muy alto; en esta área se conjugan numerosos peligros geológicos; con prioridad de ocurrencia de inundaciones y procesos de erosión fluvial; así como erosión de laderas por las que se pueden encauzar flujos de detritos (huaicos).
- En mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, escala 1:2 000 000 (regional) elaborado por el INGEMMET (2012), el sector de Piñipampa se localiza en una zona susceptibilidad media, y las laderas inmediatamente superiores al poblado presentan una alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa (figura 1).

Susceptibilidad Media: Laderas con algunas zonas de fallas, erosión intensa o materiales parcialmente saturados, moderadamente meteorizados, laderas con pendientes entre 20° y 30°, donde han ocurrido algunos movimiento en masa y no existe completa seguridad de que no ocurran. Estos pueden ser detonados por sismos o lluvias excepcionales.

Susceptibilidad Alta: Laderas que tienen zonas de falla, masas de roca con meteorización alta a moderada, fracturas con discontinuidades desfavorables, depósitos superficiales inconsolidados, también parcialmente a muy saturados, laderas con pendientes entre 25° a 45°, donde han ocurrido movimientos en masa o existe la posibilidad de que ocurran.

- En el informe de evaluación de riesgos del sector de Piñipampa-Andahuaylillas (N° 030-2005-CRDC/DR) (Zamalloa & Quispe, 2015), se describe las características de la microcuenca de la quebrada Sacrahuaycco de corto recorrido, en cuyo cono proluvial se asienta el poblado de Piñipampa, que manifiesta la existencia de material coluvial en la cuenca media. Describe los antecedentes de eventos que afectaron al poblado de Piñipampa (inundación fluvial); se describen los peligros potenciales actuales; da algunas nociones de vulnerabilidad y califica a la zona con un riesgo moderado a alto. Finalmente se dan una serie de recomendaciones que buscan reducir los efectos de deslizamientos futuros ocurridos en la zona.
- En el informe de evaluación del riesgo geológico Centro Poblado Piñipampa-Andahuaylillas (Informe N° 070-2015-GR CUSCO/OGRSE/JPC) (Pinares, 2015); se describen los sectores afectados, dando referencias sobre la toponimia de la zona, se mencionan los peligros a los que se encuentra expuesto el poblado de Piñipampa. También se describe el mal estado en el que se encuentran las obras de defensa ribereña en la margen derecha del río Vilcanota.  
Finalmente se dan recomendaciones para reducir y mitigar los efectos de los movimientos en masa e inundaciones fluviales que pudieran afectar al Centro Poblado de Piñipampa.
- El informe de zonas críticas por peligros geológicos en la región Cusco (2014), determina como zona crítica N° 41, al Centro Poblado de Piñipampa y sus alrededores, en este documento se describen los procesos que ocurren en la zona y se dan algunas recomendaciones generales para mitigar y reducir posibles daños que pudieran causar.

Estos trabajos de carácter técnico, en los cuales existe valiosa información geológica, de peligros por movimientos en masa e hidrometeorológicos, han sido utilizados para la elaboración del presente informe.



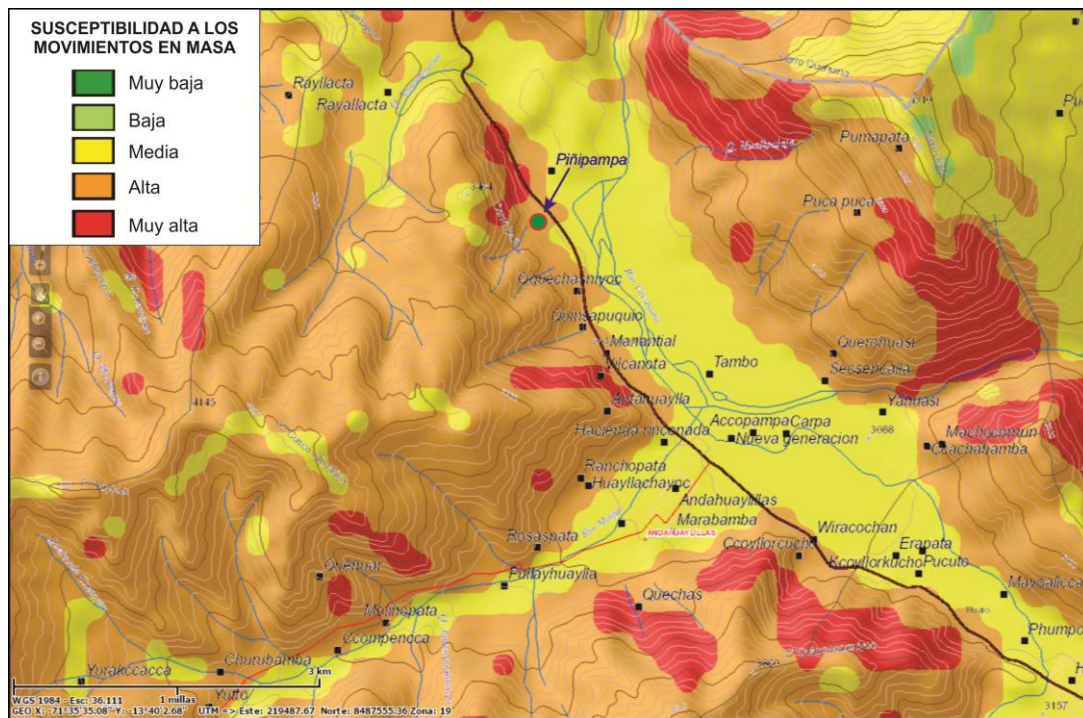


Figura 1: Mapa de susceptibilidad a los movimientos de masa del Perú, en donde se ha ubicado al poblado de Piñipampa.

## 2. OBJETIVOS

El presente trabajo tuvo como objetivo:

- Identificar y tipificar los peligros geológicos por movimientos en masa y peligros hidrometeorológicos, que se encuentran en las inmediaciones del Centro Poblado de Piñipampa, que pueden comprometer la seguridad física de sus habitantes, viviendas y obras de infraestructura.

## 3. ASPECTOS GENERALES

Políticamente el sector inspeccionado se ubica en la región Cusco, con coordenadas centrales UTM (WGS-84) (figura 2):

- Centro Poblado de Piñipampa (distrito de Andahuaylillas, provincia de Quispicanchi): Norte: 8489435 y Este: 209158, a 3105 msnm

El sector inspeccionado morfológicamente se ubica en un valle interandino (río Vilcanota) que separa la Cordillera Occidental de la Oriental. El Centro Poblado de Piñipampa se ubica en las laderas de la vertiente de la margen derecha del río Vilcanota, al pie de la quebrada Sacrahuaycco.

El acceso hacia la zona de estudio se realiza por vía terrestre desde Lima, utilizando la carretera Panamericana Sur hasta la Ciudad de Nazca, de ahí se desvía hacia el este y se continua por la carretera interoceánica del sur, que pasa por las localidades de Puquio, Chahuanca, Abancay y Cusco. Del Cusco se continúa hacia las sur por la vía Cusco-Puno, y se pasa por las localidades de San Sebastián, San Gerónimo, Saylla, Oropesa, hasta llegar a Piñipampa, ubicada aproximadamente a la altura del km 1007 de esta vía.

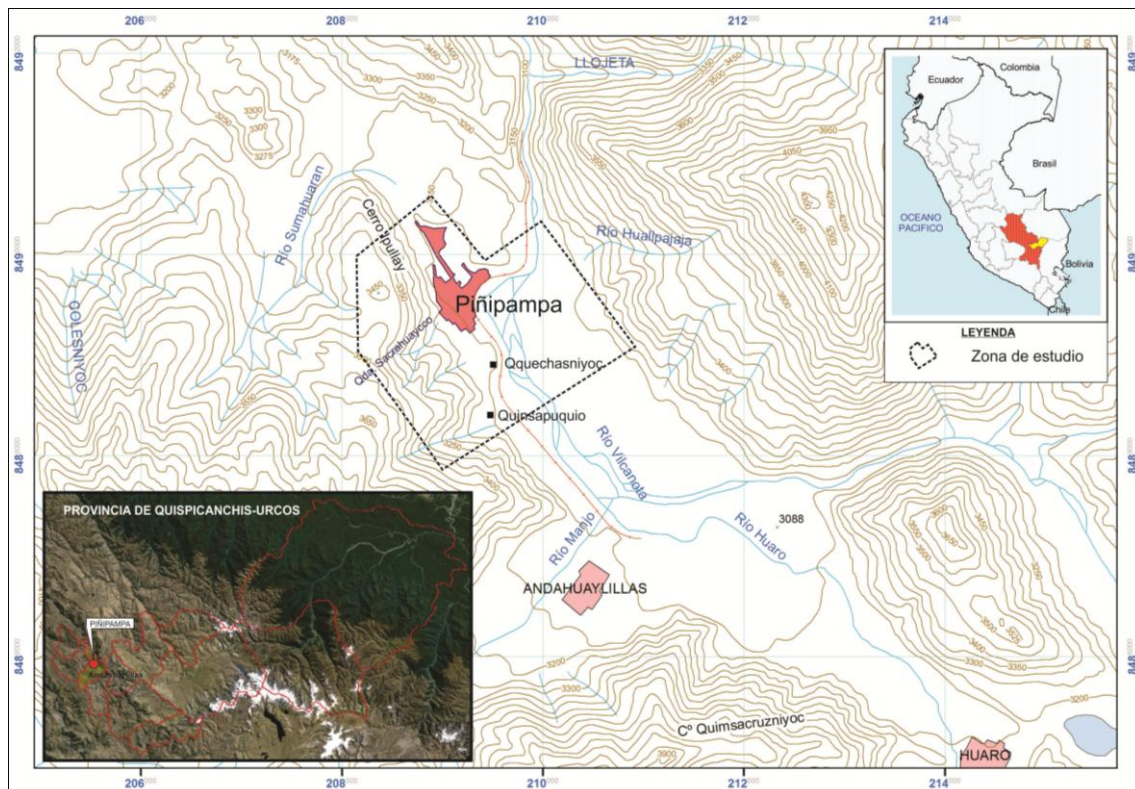


Figura 2: Mapa de ubicación de la zonas evaluada (Centro Poblado de Piñipampa).

También se puede acceder desde Lima a la zona de trabajo por vía aérea hasta Cusco y desde ahí se sigue por la vía Cusco-Puno hasta llegara a Piñipampa.

Según el Servicio Nacional de Metrología e Hidrología (SENAMHI), en la zona estudiada la precipitación pluvial acumulada durante el periodo lluvioso normal (setiembre – mayo) es de 500 a 700 mm, y para el evento del fenómeno “El Niño” 1997/1998, la precipitación acumulada estuvo entre el rango de los 400 a 600 mm.

La red hidrográfica de la zona estudiada, tiene como curso principal al río Vilcanota, el cual tiene como afluentes principales a los ríos Sumahuarán, Manjo y Huaro por la margen derecha, y al río Hualpajaja por la margen izquierda, además se tiene un gran número de quebradas y torrenteras de corto recorrido hacia ambas márgenes del río Vilcanota.

El río Vilcanota llega a la zona de estudio como un valle encañonado de 45 m de ancho de cauce, con una dirección general de drenaje de norte-sur, y se abre en un valle amplio, con un ancho máximo de 1,4 km, y cambia su dirección a la altura de la quebrada Hualpajaja (tributario del río Vilcanota por su margen izquierda) por la presencia de un cono proluvial, hacia el oeste por un trayecto de unos 600 m de longitud, hasta la altura del poblado de Piñipampa; para nuevamente cambiar a una dirección norte-sur y noroeste-sureste, por trayecto de unos 2,8 km hasta llegar a la altura de la comunidad de Acopampa, en donde cambia a una dirección hacia el este, también por la presencia de grandes abanicos aluviales, y sigue en esta dirección cortando la Cordillera Oriental formando nuevamente un valle estrecho, con un ancho de cauce de 70 m.

#### 4. GEOLOGÍA

A nivel regional, en la zona de estudio afloran rocas de origen sedimentario y metamórfico; la base de la secuencia está conformada por las formaciones Ananéa y Ccatca del Paleozoico; sobre ella se tiene a las formaciones Huambutío, Huancané y Maras del Mesozoico; las formaciones Kayra y Soncco, del Cenozoico-Paleógeno; finalmente se tiene a la Formación Rumichaca y los depósitos glaciares, fluviales, aluviales y coluviales del cuaternario (figura 3) (Carlotto et al., 203).

A continuación, de manera resumida se presenta una descripción de las principales formaciones geológicas que afloran en el Centro Poblado de Piñipampa y alrededores.

##### A. PALEOZOICO

**Formación Ananea (SD-a)**: Conformado por pizarras y esquistos pizarrosos grises a negros, sin estratificación visible; pueden presentar intercalación de bancos pequeños de cuarcita. Se le atribuye una edad Siluro-Devoniana. Se considera a esta secuencia como rocas de mala calidad, muy alteradas, fracturadas, muy deleznable que se rompen fácilmente.

**Formación Ccatca (Ds-cat)**: Caracterizado por la presencia de diamictitas, cuarcitas y pizarras, depositados en un medio de plataforma sílico-clástico, con procesos de resedimentación y sedimentación glaciomarina. Se le asigna una edad devónico terminal.

##### B. MESOZOICO

**Formación Huanbutío (JsKi-hm)**: Conformada por tres miembros, se tiene como miembro inferior unos conglomerados aluviales, constituidos por clastos de rocas volcánicas, que provienen de la erosión del Grupo Mitu; en algunos niveles se han encontrado clastos de cuarcitas y pizarras paleozoicas. El miembro medio está representado por lutitas rojas y niveles delgados de calizas. El miembro superior se encuentra compuesto por limolitas y areniscas fluviales rojas. Se le atribuye a esta formación una edad Jurásico-Cretácico.

**Formación Huancané (Ki-hn)**: Está dividida en dos miembros; el inferior está compuesto por conglomerados, areniscas conglomerádicas y areniscas cuarzosas de color blanco; el miembro superior está constituido localmente, por niveles calcáreos o por niveles finos de lutitas de color rojo a negro. Se le asigna una edad Cretácico.

**Formación Maras (Ki-ma)**: Se encuentra compuesta por mezclas de yesos y lutitas rojas, en menor proporción lutitas verdes y algunos niveles de calizas. Se considera a esta secuencia como una unidad litológica de baja calidad geotécnica por la presencia del yeso. Se le asigna una edad Albiana del Cretáceo.

**Formación Kayra (Peo-ky)**: Constituida por areniscas feldespáticas, intercaladas con niveles de lutitas rojas. En la parte media superior de la secuencia es más gruesa y está compuesta por areniscas y microconglomerados con clastos volcánicos y cuarcíticos. En la base se encuentran bancos arenosos.

## C. CENOZOICO

**Formación Sonco (Peo-so)**: Se encuentra dividida en dos miembros; el Miembro "I" o inferior está constituido por lutitas rojas de llanura de inundación, intercalada con niveles de areniscas finas. El Miembro "II" o superior está compuesto por areniscas y conglomerados. Se le asigna una edad Eoceno superior-Oligoceno inferior (Paleógeno).

**Formación Rumicolca (Q-ru)**: Conjunto de cuerpos volcánicos de dimensiones pequeñas que afloran a lo largo de los límites entre la Cordillera Oriental y las Altiplanicies. Este volcanismo está caracterizado por presentar coladas de lavas de dimensiones pequeñas (0,5 a 5 km<sup>2</sup>) y raros conos de escoria, de andesitas, dacitas, traquitas y shoshonitas. Se le asigna una edad Plio-Cuaternaria.

**Depósitos glaciares (Q-gl)**: Los depósitos glaciares (morrenas), se ubican principalmente al pie de las Montañas y se hallan afectados por fallas activas. Se trata de gravas y bloques de diferentes tamaños con matriz variable, con limos arenosos y arcillas.

**Depósitos fluviales (Q-flu)**: Se considera dentro de esta clase, al material que es constantemente movilizado por las aguas de los ríos, conformado por bolos, arenas, gravas y limos, que no presentan consolidación.

**Depósitos aluviales (Q-al)**: Se considera dentro de este grupo a los materiales que conforman las terrazas de ríos y quebradas, conos aluviales y de deyección (depósitos proluviales), que en muchos de los casos es difícil de representar gráficamente en los mapas por efectos de escala.

Los depósitos de terrazas pueden presentar cierto grado de consolidación y están sujetos a procesos de erosión fluvial. Conformados por mezclas de bolos, gravas, arenas y limos, con formas redondeadas a subredondeadas. Las formas más o menos redondeadas de los fragmentos de roca dependen de las distancias que han sido transportados.

**Depósitos coluviales (Q-co)**: Corresponde a los depósitos de pendiente donde se incluyen los deslizamientos.



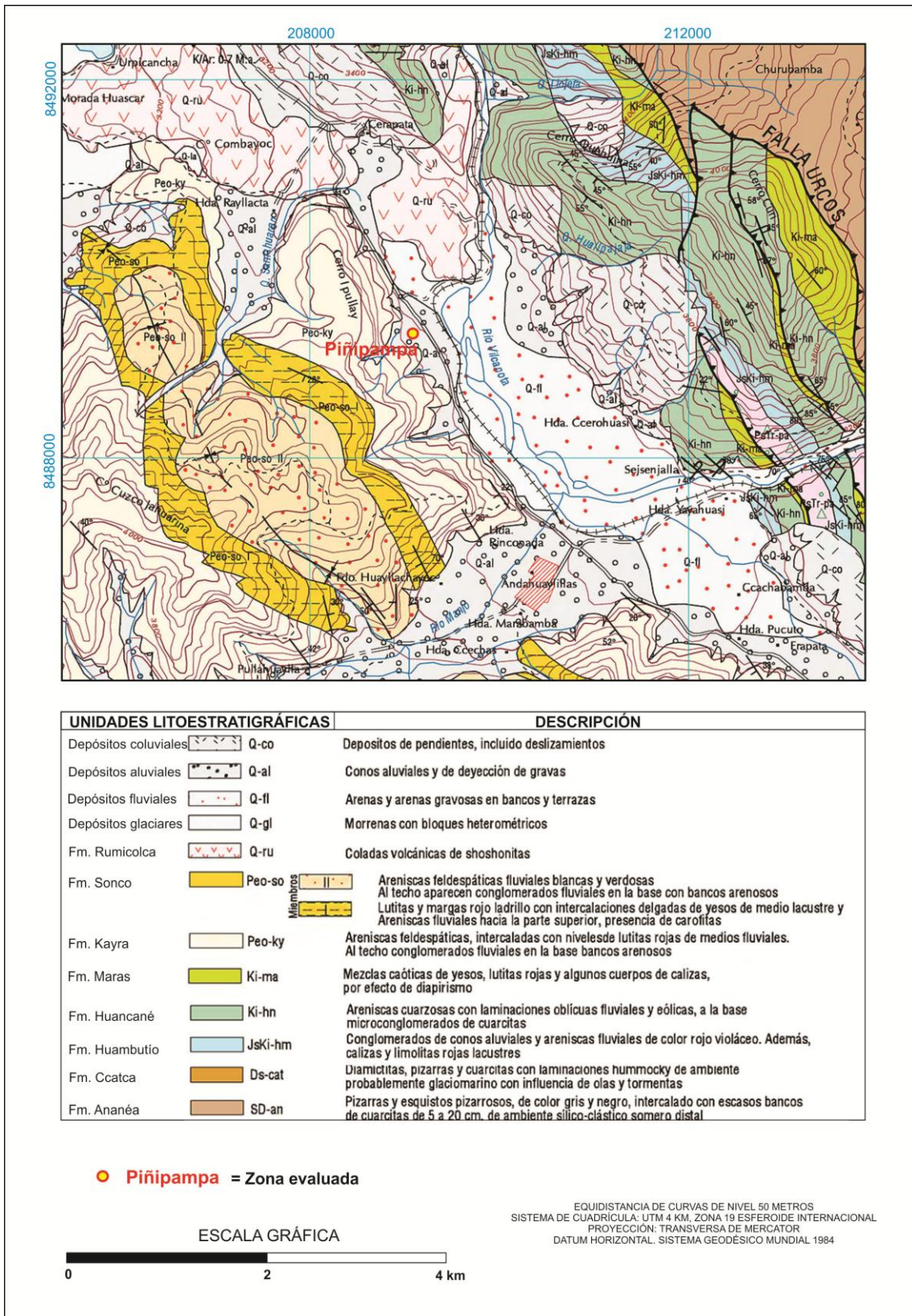


Figura 3: Mapa geológico del sector de Piñipampa y alrededores.

## 5. GEOMORFOLOGÍA

En la zona evaluada y sus alrededores se han identificado las siguientes geoformas (figura 4):

### a) ***Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional***

#### ***Unidad de montañas***

Relieve montañoso en rocas sedimentarias y metamórficas (RM-rsm):

Amplia zona de distribución de relieve, expuesta en ambos márgenes del río Vilcanota, que conforman los cerros Ipullay y Quinsacruzniyoc por la margen derecha, y los cerros Quehuina, Curi y Huirajoccham por la margen izquierda. Incluyen laderas de montañas, cuya asociación litológica es principalmente sedimentaria, con presencia de rocas metamórficas (pizarras) de las Formaciones Ananea y Ccatca. Geoformas que alcanzan alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de base local (fondo de valle del río Vilcanota). Sus pendientes varían desde moderadas a fuertes.

Estas geoformas se asocian a la ocurrencia de caída de rocas y derrumbes en acantilados o taludes de corte de carretera, también se producen deslizamientos, erosión de laderas y flujo de detritos (huaicos).

#### ***Unidades volcánicas***

Coladas o campos de lavas (Ca-la)

Subunidad que configura paisajes de forma de lenguas alargadas, relativamente estrechas y delgadas, con varios lóbulos frontales empinados (frentes de lava), cuya altura está en función de la viscosidad y volumen de la lava. Localizados en los valles de los ríos Vilcanota y Huatanay; formadas por el enfriamiento lavas de composición andesítica, dacítica, traquitica y shoshonítica, originadas en el Neógeno. Estas coladas son las responsables del cierre del valle del río Huatanay que drenaba y confluía en el Vilcanota con una dirección noroeste-sureste, el cual tuvo que buscar una nueva zona de confluencia ya con una dirección suroeste-noreste, en el sector de Huambutío.

### b) ***Geoformas de carácter depositacional y agradacional***

Representadas por las formas de terreno resultados de la acumulación de material proveniente de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas anteriores, aquí se tiene:

Valle fluvial (V)

Se consideran dentro de esta subunidad, a los terrenos planos de ancho variable, ubicados en el cauce o en la llanura de inundación del río Vilcanota. Este valle presenta la particularidad de tener un cauce que ha sido modificado en el tiempo por abanicos aluviales y proluviales, así como también por efectos de vulcanismo, que se manifestó como cuerpos volcánicos de dimensiones pequeñas que se emplazaron en el valle.

### Abanicos proluviales (Ap)

Conos y abanicos con ligera pendiente hacia el valle, desde suave (2°) hasta moderadas (10°-15°), formados por acumulaciones en la desembocadura de quebradas o ríos tributarios. Están compuestos por depósitos de detritos clásticos de tamaños variados. Originados por eventos individuales de diferente magnitud, muestran depósitos de extensiones y altura variable, así como ligera pendiente hacia el valle, confundiendo en algunos casos con terrazas aluviales. Sus principales exposiciones se pueden apreciar en la desembocadura de la quebrada Huallpajaja y las torrenteras de corto recorrido que bajan de los cerros Ipullay y Cusco Jahuarina; estas se activan ocasionalmente.

Están asociados a flujos de detritos (huaicos) ocasionales y excepcionales, y proceso de erosión de laderas.

### Vertiente o piedemonte aluvial (V-al)

Es una planicie inclinada a ligeramente inclinadas y extendidas, posicionadas al pie de estribaciones andinas o los sistemas montañosos, formadas por la acumulación de sedimentos acarreados por corrientes de agua estacionales, que pueden formar abanicos debido al movimiento lateral-cíclico del curso de los ríos o quebradas que los originan; la pendiente de estos depósitos son suaves a moderadas (1°-15°). Es posible observarlos en las desembocaduras de los ríos Manjo y Sumahuaran en el río Vilcanota.

### Piedemontes coluvio-deluviales (P-co, de)

Corresponde a las acumulaciones de laderas originadas por procesos de movimientos en masa (deslizamientos, derrumbes, caídas de rocas, avalanchas de rocas y/o movimientos complejos), así como también por la acumulación de material fino y detrítico, caídos o lavados por escorrentía superficial, los cuales se acumulan sucesivamente al pie de laderas. Generalmente son gravas y bloques cuya composición litológica es heterogénea; son depósitos de corto recorrido, relacionados a laderas superiores adyacentes, su morfología es esencialmente convexa y su disposición semicircular a alargada en relación a la zona de arranque o despegue del movimiento en masa. Asociada a procesos de tipo deslizamientos, derrumbes y flujos no canalizados.

### Terrazas (T)

Planicies adyacentes a la llanura de inundación principal de un río, diferenciables a escala de trabajo. Pendiente suave entre 1° y 2°, localizadas hacia ambos márgenes del río Vilcanota, de ancho variable, su extensión está limitada al valle.

Estas geoformas se asocian a procesos de erosión fluvial en los márgenes de ríos por socavamiento, con generación de derrumbes, áreas con ocurrencia de inundaciones y flujos de detritos.

### Llanura o planicie inundable (PI-i)

Son superficies bajas, adyacentes a los fondos de valles principales y al mismo curso fluvial, sujetas a inundaciones recurrentes, ya sean estacionales o excepcionales. Morfológicamente se distinguen como terrenos planos compuestos de material gravo-arenoso con limos, no consolidado y removible. En

la zona evaluada se observa la amplia llanura inundable hacia ambos márgenes del río Vilcanota.

## 6. PELIGROS

### 6.1 PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA

Los peligros geológicos reconocidos en las zonas inspeccionadas, corresponden a movimientos en masa de tipo deslizamientos, caídas y flujo de detritos (huaicos) (PMA: GCA, 2007). El proceso de modelamiento de terreno, así como la incisión de las quebradas en la Cordillera de los Andes, conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los valles y los deposita formando los llamados “pie de montes”.

Durante los trabajos de campo realizados el año 2013 en marco del proyecto GA-44, fue posible identificar movimientos del terreno en el sector evaluado, encontrándose zonas de arranque de derrumbes, conos de flujos de detritos y deslizamiento en un primer estadio de formación.

Estos movimientos en masa, tienen como causas factores intrínsecos: la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de suelos, el drenaje superficial-subterráneo y la cobertura vegetal; combinados con factores extrínsecos: construcción de viviendas en zonas no adecuadas, construcción de carreteras, explotación de canteras. Se tiene como “detonantes” de estos eventos las precipitaciones pluviales extraordinarias a excepcionales que caen en la zona.

A continuación se presenta una breve descripción de los movimientos en masa identificados en los alrededores del Centro Poblado de Piñipampa, para poder tener una visión más clara de lo que viene ocurriendo.

#### **Caídas**

La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques (fragmentos mayores a 300 mm) de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra un desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978).

Se identificó en las laderas superiores del Centro Poblado de Piñipampa (figuras 4 y 5), dos subtipos de caídas:

- Caída o desprendimiento de rocas: Involucra la caída de uno o varios bloques de roca; ocurre en laderas de montañas y colinas de moderada a fuerte pendiente, frentes rocosos escarpados, montañas estructurales asociadas a litologías de diferente naturaleza (sedimentarias, ígneas y metamórficas), sujetas a fuerte fracturamiento, así como, en taludes al efectuarse cortes en laderas para obras civiles (carreteras y canales).
- Derrumbes: Son desprendimientos de masas de roca, suelo o ambas, a lo largo de superficies irregulares de arranque o desplome como una sola unidad, desde pocos metros, hasta decenas y centenas de metros. Se presentan a lo largo de taludes de corte realizados en laderas de montaña de moderada a fuerte pendiente, con afloramientos fracturados y alterados de rocas sedimentarias, esquistos y depósitos poco consolidados.



Las caídas identificadas en la zona evaluada se localizan en la cabecera de la quebrada Sacrahuaycco, de corto recorrido, en cuyo tramo final se encuentra asentado el poblado de Piñipampa; estas caídas se producen hacia la cara libre de la quebrada (foto 1) y aportan material suelto al cauce, muy susceptible de ser acarreado como la fracción sólida de un flujo de detritos (huaico).

## Causas

### *Factores de sitio:*

- Configuración geomorfológica del área (montañas sedimentarias), disectadas por quebradas y torrenteras.
- Pendiente promedio de la ladera de la montaña entre los 30° y 40°.
- Características litológicas del área (afloramiento de roca de diferente competencia, conformado por secuencias de la formación Kayra; se tienen intercalaciones de areniscas y lutitas. Se considera a esta secuencia como una roca de calidad media a mala, fracturada; la calidad de la roca se ve reducida por la presencia de las lutitas rojas.
- Los planos de estratificación de las rocas sedimentarias que se inclinan en dirección contraria a la inclinación de la ladera, favoreciendo la caída de rocas por el mecanismo de vuelco.
- Presencia de familias de discontinuidades (grupos de fracturas con diferentes orientaciones e inclinación).
- Cobertura vegetal de tipo pastizal y matorrales dispersos, que ofrecen poca protección al suelo y la roca.

### *Del entorno geográfico:*

- Precipitaciones pluviales intensas, que saturan los terrenos y los desestabilizan, también forman escorrentía superficial que erosiona las laderas, formando cárcavamiento y la profundización de quebradas.
- Actividad sísmicas (profunda o por fallas activas).

## Daños

- No se registran daños por derrumbes y caídas de rocas directamente, pero constituyen la principal fuente de aporte de material suelto que después es acarreado como flujo de detritos (huaico).



Foto 1: Vista panorámica de la quebrada Sacrahuaycco, es posible observar la zona de derrumbes y caídas de rocas localizados por encima del poblado de Piñipampa.

## **Deslizamiento**

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

En la parte media de la quebrada Sacrahuaycco, en su margen izquierda, se identificó por medio de la interpretación de imágenes satelitales, la presencia de un deslizamiento de tipo rotacional en formación; el evento se desarrolla en una ladera de pendiente media, y se manifiesta como irregularidades en el terreno (figuras 4 y 5).

El deslizamiento compromete secuencias de areniscas y lutitas rojas de la formación Kayra, consideradas como rocas de calidad geotécnica media a baja.

El evento en formación presenta una zona de arranque irregular, con un cuerpo alargado, cuyas dimensiones son:

- Ancho de escarpa: 100 m
- Forma de la superficie de rotura: rotacional probablemente
- Salto principal: no presenta
- Saltos secundarios: no presenta
- Diferencia de altura de la corona a la punta del deslizamiento: 250 m
- Longitud horizontal corona a punta: 360 m
- Dirección (azimut) del movimiento: N 200°
- Área del deslizamiento: 32 600 m<sup>2</sup>
- No hay presencia de fracturas abiertas localizadas dentro del cuerpo del deslizamiento.

### **Causas**

#### *Factores de sitio:*

- Configuración geomorfológica del área (montañas sedimentarias), disectadas por profundas quebradas.
- Pendiente promedio de la ladera de la montaña entre los 30° y 40°.
- Características litológicas del área (afloramiento de roca de diferente competencia, conformado por secuencias de la formación Kayra; se tienen intercalaciones de areniscas y lutitas. Se considera a esta secuencia como una roca de calidad media a mala, fracturada; la calidad de la roca se ve reducida por la presencia de las lutitas rojas.
- Los planos de estratificación de las rocas sedimentarias que se inclinan en dirección contraria a la inclinación de la ladera.
- Presencia de familias de discontinuidades.
- Cobertura vegetal de tipo pastizal y matorrales dispersos, que ofrecen poca protección al suelo y la roca.

*Del entorno geográfico:*

- Precipitaciones pluviales intensas, que saturan los terrenos y los desestabilizan, también forman escorrentía superficial que erosiona las laderas a manera de surcos y cárcavas.
- Actividad sísmicas (profunda o por fallas activas).

*Actividad antrópica:*

- Ocupación inadecuada del terreno (áreas vulnerables), parte baja de ladera donde se presentan problemas por movimientos en masa.

**Daños**

- No se han registrado daños por el momento, debido a que la actividad del deslizamiento es incipiente.

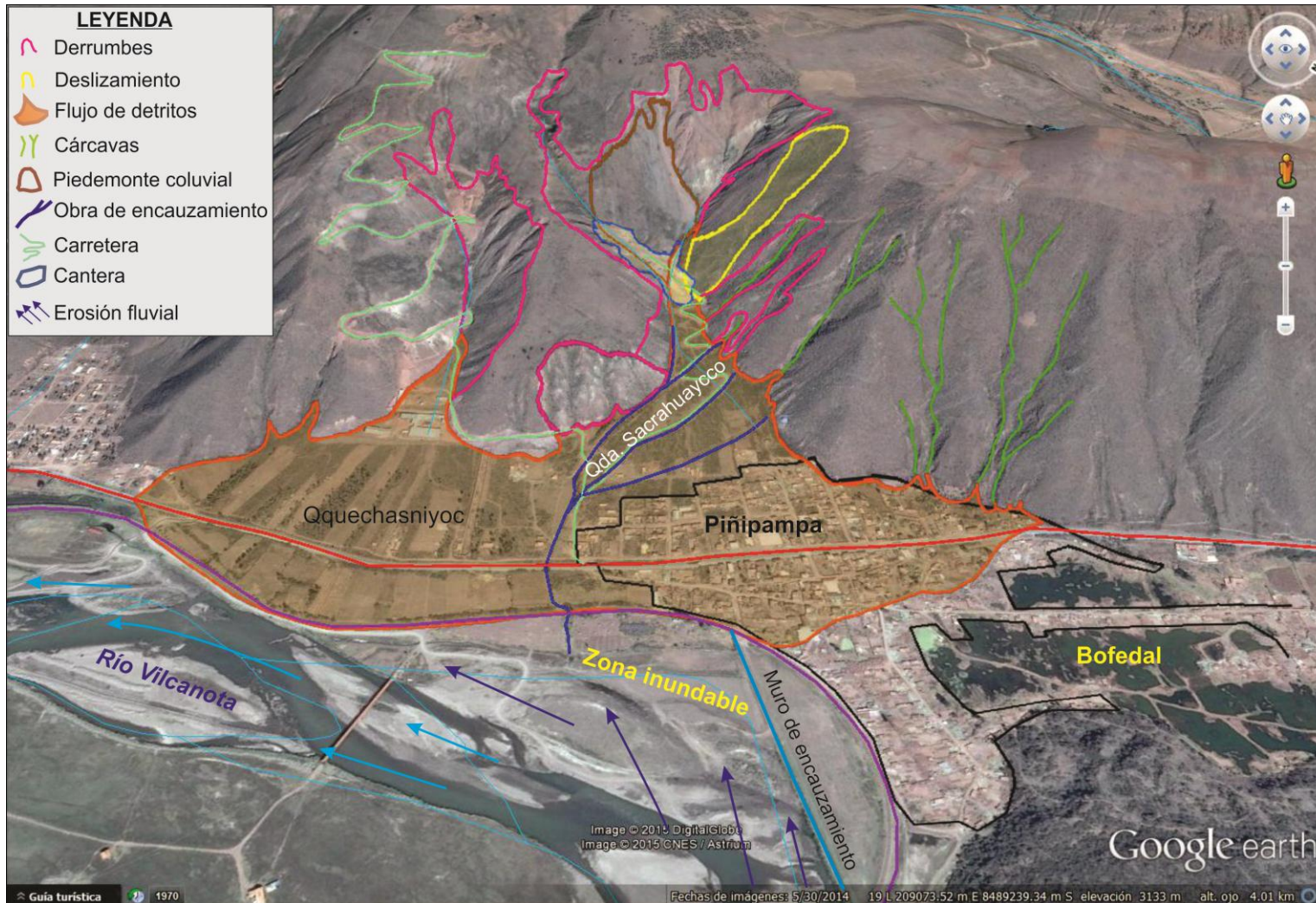


Figura 4: Imagen Google Earth (mayo 2014), donde se ha identificado los peligros geológicos e hidrometeorológicos en Piñipampa.



### **Flujo de detritos (huaico)**

Es un flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos (índice de plasticidad menor al 5 %), que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Se inician como uno o varios deslizamientos superficiales de detritos en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes. Los flujos de detritos incorporan gran cantidad de material saturado en su trayectoria al descender en el canal y finalmente los depositan en abanicos de detritos.

La mayoría de los flujos de detritos alcanzan velocidades en el rango de movimiento extremadamente rápido, y por naturaleza son capaces de producir la muerte de personas (Hung, 2005).

Este tipo de eventos ha ocurrido y viene ocurriendo en la microcuenca de la quebrada Sacrahuaycco, en cuyo cono proluvial se encuentra asentado las viviendas del poblado de Piñipampa (foto 2, figuras 4 y 5); así se tiene como antecedente más reciente, el huayco ocurrido el cinco de diciembre de 1996, que dejó como saldo 32 personas damnificadas y siete viviendas afectadas (INDECI, 1997).



Foto 2: Vista panorámica donde se puede observar las viviendas del poblado de Piñipampa asentadas sobre el cono proluvial de la quebrada Sacrahuaycco; también se observa la zona de derrumbes activos en la cuenca alta de la quebrada.

Se realizaron trabajos de encauzamiento y captación de escorrentía superficial en la quebrada Sacrahuaycco, por medio de tres canalizaciones paralelas, que confluyen en una sola (figuras 4 y 5), cuya función es desviar los flujos de detritos, de lodo y agua hacia el lado izquierdo del cono proluvial, y de esta forma dar protección a las viviendas del poblado de Piñipampa.

Este flujo de detritos se produce por las siguientes causas o condicionantes:

## **Causas**

### *Factores de sitio:*

- Configuración geomorfológica del área (montañas sedimentarias), disectadas por profundas quebradas.
- Pendiente promedio de la ladera de la montaña entre los 35° y 40°.
- Presencia de un substrato considerado de mala calidad: características litológicas del área (afloramiento de roca de diferente competencia, conformado por secuencias de la formación Kayra; se tienen intercalaciones de areniscas y lutitas. Se considera a esta secuencia como una roca de calidad media a mala, fracturada; la calidad de la roca se ve reducida por la presencia de las lutitas rojas.
- Los planos de estratificación de las rocas sedimentarias que se inclinan en dirección contraria a la ladera y la presencia de familias de discontinuidades que fragmenta el macizo rocoso.
- Cobertura vegetal de tipo pastizal y matorrales dispersos, que ofrecen poca protección al suelo y la roca.

### *Del entorno geográfico:*

- Precipitaciones pluviales intensas, que saturan los terrenos y los desestabilizan, también forman escorrentía superficial que erosiona las laderas.
- Otros peligros geológicos: la ocurrencia de derrumbes activos en cuenca alta de la quebrada Sacrahuaycco, la cual provee material detrítico suelto que puede ser acarreado como huaico ante la presencia de lluvias copiosas. Se tiene procesos de erosión de laderas a manera de surcos y cárcavas las cuales tienen avances retrogresivos, de ensanchamiento y profundización y desde los cuales se generan pequeños flujos de lodo y detritos, que también aportan material suelto al cauce principal de la quebrada Sacrahuaycco.  
Presencia de un gran cono proluvial en el cual se asienta el Centro Poblado de Piñipampa, que es evidencia de la intensa actividad que puede llegar a tener la quebrada Sacrahuaycco.

### *Actividad antrópica:*

- Trabajos de excavación en la cuenca media de la quebrada Sacrahuaycco, para la extracción de áridos de construcción, en donde se acumula material suelto.
- Cortes realizados en la ladera y cono proluvial para habilitar carretera de acceso hacia la cantera.
- Ocupación inadecuada del terreno por el hombre (áreas vulnerables), asentamiento de viviendas del poblado de Piñipampa en el cono proluvial de la quebrada Sacrahuaycco.
- Construcción de canales de encauzamiento y derivación del cauce principal de la quebrada Sacrahuaycco hacia su margen derecha, cuyo tramo final no está bien definido y su cruce por la carretera Cusco-Sicuani hacia el río Vilcanota, es por medio de una alcantarilla, que solo permitiría el paso de flujos de agua (figura 4 y 5; fotos 3 y 4).

## Daños

- Por el momento no se han registrado daños personales importantes, pero sí daños en al menos siete viviendas de Piñipampa durante el evento sucedido el año 1996.

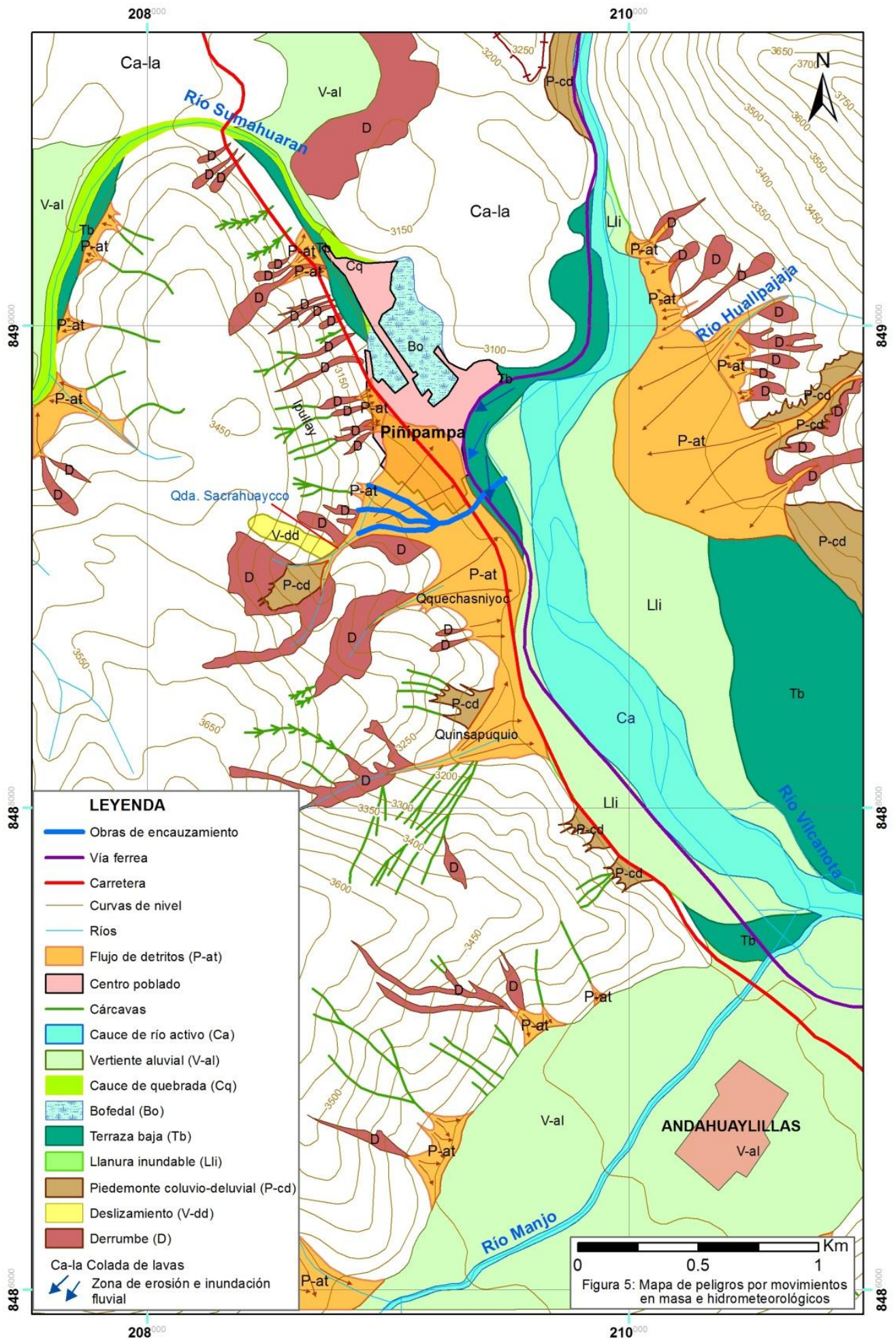


Foto 3. Vista de la quebrada Sacrahuaycco aguas arriba desde la carretera Cusco-Sicuani; en donde se puede observar la falta de definición y profundización del cauce principal de la quebrada, esta atraviesa la vía por una alcantarilla que también es posible observar en el extremo inferior derecho de la imagen. En la cuenca alta se puede observar los derrumbes activos.



Foto 4: Vista del tramo final de la quebrada Sacrahuaycco desde la vía Cusco-Sicuani, la cual confluye en el río Vilcanota después de atravesar la vía por una alcantarilla.







## 6.2 PELIGROS HIDROMETEOROLÓGICOS

En el poblado de Piñipampa, específicamente las viviendas e infraestructura que se encuentra asentados sobre la parte distal del cono proluvial de la quebrada Sacrahuaycco, la terraza baja y la llanura de inundación del río Vilcanota (margen derecha), se identificaron los siguientes peligros:

### ***Inundación y erosión fluvial***

La inundación es un peligro natural que ha sido evidenciado y se produce hacia ambas márgenes del río Vilcanota (figura 5), cuando se presenta lluvias estacionales periódicas de carácter extraordinario o lluvias relacionadas al fenómeno El Niño; debido a que la gran cantidad de precipitación caída en zonas de montaña, al concentrarse en los cursos de ríos y quebradas sobrepasan sus capacidades de carga, provocando desbordes e inundación de tierras adyacentes a los cauces principales.

La erosión fluvial se asocia a las inundaciones, se encuentra relacionado también con la acción hídrica de los ríos, que socava los valles, los profundiza, los ensancha y los alarga. Los procesos de erosión fluvial se identificaron en la margen derecha del río Vilcanota, en las inmediaciones del poblado de Piñipampa, en donde el río cambia su dirección de este-oeste a norte-sur (foto 5 y figura 5).

Se tiene como antecedente de este tipo de eventos que causó más daños, el ocurrido el tres de marzo de 1997, en donde el río Vilcanota se desbordó y produjo la inundación de las viviendas en la parte baja de Piñipampa. Las inundaciones se producen todos los años en la parte baja de Piñipampa (Zamalloa & Quispe, 2005).



Foto 5: Vista de la llanura de inundación (Lli) y zona de erosión en la margen derecha del río Vilcanota en las inmediaciones del poblado de Piñipampa.

Se aprecia que en la zona baja, al norte de Piñipampa es posible que se produzcan inundaciones de tipo pluvial, por el anegamiento de áreas que no tienen buen drenaje, como son los agujeros dejados por la extracción de arcilla;

así también las inundaciones en esta zona pueden estar relacionadas a la presencia de un nivel freático alto, cercano a la superficie, que produce el afloramiento de agua subterránea (foto 6).



Foto 6: Zona de extracción de arcilla en Piñipampa donde se observa anegamiento de agua.

Se tiene como principales condicionantes o causas de este evento:

*Factores de sitio:*

- Presencia de un valle fluvial con morfología cambiante, que ingresa como valle encañonado y se abre en el área de Piñipampa a un valle amplio, donde el río Vilcanota está relleno y cambia de dirección por la presencia de abanicos proluvial-aluviales, para nuevamente cortar la Cordillera Oriental formando un valle de ancho reducido. Esta condición de cauce amplio favorece la acumulación de material fluvial en el río.
- Formación de terrazas bajas, llanuras de inundación y abanicos proluvial-aluviales en las márgenes del río Vilcanota.
- La pendiente del terreno, en este caso una pendiente baja que favorece los desbordes.

*Del entorno geográfico:*

- La ocurrencia de precipitaciones pluviales intensas.
- Presencia de aguas subterráneas, por encontrarse el nivel freático cerca de la superficie del suelo.
- La dinámica fluvial, que produce socavamiento de márgenes.
- Colmatación del cauce, con los materiales que arrastra el mismo río Vilcanota y los procedentes de los abanicos proluvial-aluviales.

#### *Factores antrópicos:*

- Excavaciones realizadas en el terreno para la extracción de arcilla, que dejó agujeros en los cuales se acumula el agua de precipitación pluvial, o por el afloramiento de aguas subterráneas.
- Ocupación inadecuada del suelo por el hombre, algunas de las viviendas del Centro Poblado de Piñipampa se encuentran asentadas sobre terrazas bajas y la llanura de inundación del río Vilcanota.
- Presencia de un muro de defensa ribereño en mal estado, en la margen derecha del río Vilcanota.

#### **Daños**

- Se tiene registrado como el evento que más daño ocasionó al Centro Poblado de Piñipampa, al ocurrido en marzo de 1997, en donde se inundaron más de 100 viviendas localizadas cerca al cauce del río Vilcanota. Se sabe que la zona es inundada todos los años en periodos de lluvia (diciembre-marzo).
- Los procesos de erosión e inundación fluvial pueden afectar terrenos de cultivo y la vía férrea Cusco-Puno, trazada en la llanura de inundación del río Vilcanota.

### **7. CONDICIONES ACTUALES DEL SITIO**

En la actualidad, las características del terreno (intrínsecas) que favorecen la ocurrencia de los procesos de derrumbes, deslizamiento, flujos de detritos, erosión de laderas, inundación y erosión fluvial en el sector de Piñipampa persisten; motivo por el cual se debe tener presente que con lluvias periódicas y/o excepcionales, los derrumbes pueden seguir produciendo la caída de material al cauce de la quebrada; la actividad del deslizamientos identificado en la margen izquierda de la quebrada Sacrahuaycco puede incrementarse, movilizand material ladera abajo; por otro lado, si las lluvias fueran muy intensas se podrían generar flujos de detritos (huaicos) que acarrearían todo el material suelto disponible en el cauce de la quebrada. Por otro lado, se sigue teniendo viviendas localizadas en terrenos bajos muy próximos al río Vilcanota que pueden ser fácilmente erosionados e inundados. Todas estas apreciaciones se sustentan en las siguientes condiciones observadas:

- La pendiente media a fuerte (30°-40°) de las laderas superiores al poblado de Piñipampa.
- La morfología de zona que conforma montañas modeladas en rocas sedimentarias, disectadas por torrenteras y quebradas.
- Presencia de una cobertura vegetal de tipo pastizales y matorrales que le proveen poca protección al suelo frente a la precipitación y erosión pluvial.
- Características litológicas del substrato conformado por rocas de diferente competencia; se tienen areniscas intercaladas con lutitas menos competentes.
- Ocupación inadecuada del terreno: El poblado de Piñipampa, ocupa y desarrolla sus actividades económicas sobre un cono proluvial (huaico), en cuyas cabeceras se presentan derrumbes y deslizamientos activos.
- Pendientes muy bajas en el valle del río Vilcanota, que favorece la inundación de terrenos bajos.
- Ubicación de viviendas en terrenos bajos localizados a la margen derecha del río Vilcanota, correspondientes a la llanura de inundación y terrazas bajas del mismo.

## CONCLUSIONES

1. En las laderas superiores del Centro Poblado de Piñipmapa se vienen produciendo derrumbes activos y un deslizamiento que presenta un movimiento insipiente.
2. Los materiales sueltos provenientes de derrumbes, caída de rocas y procesos de erosión de laderas, que son dispuestos en el cauce de la quebrada Sacrahuaycco, son muy susceptibles de ser acarreados como flujos de detritos (huaico).
3. El deposito proluvial (de huaico) que forma un cono en la desembocadura de la quebrada Sacrahuayco en el río Vilcanota, abanico en el cual se asienta las viviendas del poblado de Piñipampa, son el resultado de la ocurrencia sucesiva de flujos de detritos que tuvieron diversas magnitudes.
4. Los derrumbes, el deslizamiento y flujo de detritos que comprometen la seguridad física del Centro Poblado de Piñipampa presentan las siguientes condicionantes:
  - Configuración geomorfológica del área (montañas sedimentarias), disectadas por quebradas y torrenteras.
  - Pendiente promedio de la ladera de la montaña entre los 30° y 40°.
  - Características litológicas del área (afloramiento de roca de diferente competencia, conformado por secuencias de la formación Kayra; se tienen intercalaciones de areniscas y lutitas. Se considera a esta secuencia como una roca de calidad media a mala, fracturada; la calidad de la roca se ve reducida por la presencia de las lutitas rojas.
  - Los planos de estratificación de las rocas sedimentarias que se inclinan en dirección contraria a la inclinación de la ladera, favoreciendo la caída de rocas por el mecanismo de falla de tipo vuelco.
  - Presencia de familias de discontinuidades.
  - Cobertura vegetal de tipo pastizal y matorrales dispersos, que ofrecen poca protección al suelo y la roca.
  - Trabajos de excavación en la cuenca media de la quebrada Sacrahuaycco, para la extracción de áridos de construcción, en donde se acumula material suelto.
  - Cortes realizados en la ladera y cono proluvial para habilitar carretera de acceso hacia la cantera.
  - Ocupación inadecuada del terreno por el hombre (áreas vulnerables), asentamiento de viviendas del poblado de Piñipampa en el cono proluvial de la quebrada Sacrahuaycco.
  - Construcción de canales de encauzamiento y derivación del cauce principal de la quebrada Sacrahuayco hacia su margen derecha, cuyo tramo final no está bien definido y su cruce por la carretera Cusco-Sicuani hacia el río Vilcanota, es por medio de una alcantarilla, que solo permitiría el paso de flujos de agua.
5. Los daños registrados en el Centro Poblado de Piñipampa por peligros geológicos de tipo movimientos en masa son:
  - Hasta el momento los daños, son solo de tipo estructural, manifestado como daños en siete viviendas, que dejaron 32 damnificados, durante el evento producido en diciembre de 1996.



6. Otro tipo de peligro identificado y que afecta al Centro Poblado de Piñipampa es el de tipo hidrometeorológico (inundación y erosión fluvial).
7. Las condicionantes que favorecen la ocurrencia de procesos de erosión e inundación fluvial son las siguientes:
  - Presencia de un valle fluvial con morfología cambiante, que ingresa a la zona de Piñipampa con un cauce estrecho, el cual se abre a un amplio valle que favorece la acumulación de material fluvial que acarrea el río Vilcanota.
  - Formación de terrazas bajas, llanuras de inundación y abanicos proluvio-aluviales en las márgenes del río Vilcanota.
  - La pendiente del terreno, en este caso una pendiente baja que favorece los desbordes.
  - Presencia de aguas subterráneas, por encontrarse el nivel freático cerca de la superficie del suelo.
  - La dinámica fluvial, que produce socavamiento de márgenes.
  - Excavaciones realizadas en el terreno para la extracción de arcilla, que dejó agujeros en los cuales se acumula el agua por la carencia de drenajes.
  - Ocupación inadecuada del suelo por el hombre; algunas de las viviendas del Centro Poblado de Piñipampa se encuentran asentadas sobre terrazas bajas y la llanura de inundación del río Vilcanota.
  - Presencia de un muro de defensa ribereño en mal estado, en la margen derecha del río Vilcanota.
8. Los daños registrados en el Centro Poblado de Piñipampa por los peligros hidrometeorológicos son:
  - Se produjo la inundación de más de 100 viviendas localizadas cerca del cauce del río Vilcanota, en el mes de marzo del año 1997. Las inundaciones se producen en esta zona todos los años en periodos de lluvia (entre los meses de diciembre y marzo).
9. Se puede considerar como los detonantes de estos eventos a las precipitaciones pluviales periódicas y/o excepcionales que saturan y desestabilizan los terrenos; y también a los movimientos sísmicos que pueden producir la aceleración del movimiento de materiales inestables en derrumbes y el deslizamiento.
10. Se considera que la susceptibilidad a los peligros geológicos de tipo movimientos en masa en las zonas evaluadas **es media a alta** y está condicionada por la naturaleza litológica de la zona, la pendiente de las laderas, la configuración geomorfológica, la presencia de material de remoción antiguo, presencia de eventos antiguos reactivados y las precipitaciones pluviales extraordinarias y/o excepcionales.
11. Por otro lado, también se considera al valle del río Vilcanota (llanuras de inundación y terrazas bajas), con una susceptibilidad alta a las inundaciones y erosión fluvial.
12. La actividad antrópica (humana), la cual ocupa áreas que no son recomendables para la construcción de viviendas o para el desarrollo de infraestructura importante, contribuye a aumentar la vulnerabilidad de la zona.

13. El informe de zonas críticas por peligros geológicos en la región Cusco (2014), realizado por INGEMMET, cataloga al Centro Poblado de Piñipampa y sus alrededores, como una zona crítica; en la cual se deben realizar trabajos de prevención y mitigación de daños causados por peligros geológicos por movimientos en masa y peligros hidrometeorológicos (inundación y erosión fluvial).
14. La posibilidad de que se produzcan nuevos colapsos o asentamientos de terreno en las zonas afectadas por derrumbes y deslizamientos, así como la formación de nuevos flujos de detritos (huaycos), dependerá de la presencia de precipitaciones pluviales intensas, considerándose en esas condiciones a la zona en **“Muy alto peligro”** no mitigable.

## RECOMENDACIONES

1. Prohibir la construcción de nuevas viviendas en el cono proluvial (huaico) de la quebrada Sacrahuaycco; en lo posible reubicar todas las viviendas que se encuentra ocupando esta zona.
2. Reforestar la ladera con vegetación nativa de la zona.
3. Realizar trabajos de limpieza permanente y descolmatación de las obras de encauzamiento de la quebrada Scrahuacco; y la profundización y definición del cauce en el tramo final de la quebrada, la cual es poco profunda, cruza la carretera Cusco-Puno por medio de una alcantarilla, que solo permitiría el paso de la fracción líquida de flujos, ocasionando atoros con la fracción sólida que acarren nuevos flujos de detritos.
4. Realizar el monitoreo de las zonas de derrumbes y el deslizamiento que se está formando en la cuenca media de la quebrada Sacrahuaycco; por medio de la observación del comportamiento de la ladera en periodos secos y de lluvia, la aparición de nuevas grietas en el terreno evidenciaría la inestabilidad de la zona; por lo que será necesario evacuar las zonas comprometidas con los nuevos desplazamientos de terreno.
5. Los pobladores de Piñipampa, deben organizarse y poner en práctica un sistema de alerta temprano, que les permita informarse rápidamente de la ocurrencia de huaicos o deslizamientos, este sistema de alerta, puede estar constituido por radios de comunicación, campanas, silbatos, etc., donde los pobladores deben estar muy bien habituados con el significado de su sonido.
6. Mientras se sigan habitando las viviendas del centro poblado de Piñipampa, se debe realizar trabajos de identificación y señalización de rutas de evacuación hacia zonas seguras, así como de las zonas de refugio de producirse nuevos flujos de detritos (huaicos), o si una inundación por subidas del caudal del río Vilcanota, pongan en riesgo la seguridad física de los pobladores.
7. Para controlar los efectos de posibles flujos de detritos (huaycos), se puede construir diques de gaviones, concreto o de mampostería, transversales al curso de la quebrada. El diseño de los diques debe incluir orificios que permitan el paso del agua y de materiales finos.
8. Realizar trabajos de encauzamiento del río Vilcanota (principalmente en la margen derecha), a la altura del poblado de Piñipampa, mediante la utilización

de dique de gaviones o de arrimado de material del río; este puede ubicarse en el sitio que actualmente ocupa el muro de encauzamiento de rocas, que está muy deteriorado por los efectos de la erosión fluvial.

9. Considerar la colocación de espigones junto con los diques de encausamiento, que reduzcan los efectos erosivos del río.
10. Evitar o prohibir la construcción de nuevas viviendas en las zonas susceptibles a inundaciones y procesos de erosión fluvial, como son la llanura de inundación y las terrazas bajas del río Vilcanota.

## **GLOSARIO DE TERMINOS RELATIVOS A MOVIMIENTOS EN MASA**

- **Peligro Múltiple:** Estilo de actividad en el cual se presentan movimientos repetidos del mismo tipo, siguiendo frecuentemente un agrandamiento de la superficie de falla (Cruden y Varnes, 1996).
- **Ensancho:** Tipo de distribución de actividad en la cual la superficie de falla se está extendiendo en uno o ambos flancos de un movimiento en masa (Cruden y Varnes, 1996).
- **Retrogresivo:** Tipo de actividad de un movimiento en masa, en el cual la superficie de falla se extiende en la dirección opuesta al movimiento del material desplazado (Cruden y Varnes, 1996).

## BIBLIOGRAFÍA

Carloto, V., Cardenas, J. & Carlier, G. (2011) Geología del cuadrángulo de Cusco escala 1:50 000. Boletín N° 138 serie A: Carta geológica nacional. Lima: INGEMMET. 258 p., 6 mapas

Cruden, D. M., Varnes, D. J., (1996) Landslide types en 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.

EIRD/ONU (2004) Vivir con el riesgo. Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres versión 2004. Secretaría Interinstitucional de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres, Naciones Unidas.

Hungr, O. (2005) classification and terminology, en Jakob, M., y Hungr, O., ed., debris flow hazard and related phenomena: Chichester, Springer\_Praxis, p. 9-23.

Instituto Nacional de Defensa Civil (1997) Estadística de las emergencias producidas en el Perú durante 1996. Lima: INDECI. 112 p.

Instituto Nacional de Recursos Naturales (1996)- *Guía explicativa del mapa forestal 1995*. Lima: INRENA. 225 p.

Pinares, J. (2015) “Informe de evaluación de riesgos Centro Poblado de Piñipampa-Andahuaylillas“. Informe N° 070-2015-GR CUSCO/OGRESE/JPC.

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.

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 movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ed, Landslides analysis and control: Washington D.C, national Academy Press, Transportation Research Board Spatial report 176, p. 9-33.

Villacorta, S., Fidel, L., Zavala, B. (2012) Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa del Perú. Revista de la Asociación Geológica Argentina 69 (3): Argentina. P. 393-399.

Zamalloa, J. & Quispe, W. (2005) “Informe de evaluación de riesgos del sector Piñipampa-Andahuaylillas“. Evaluación de riesgos N° 030-2005-CRDC/DR (18.0.4).