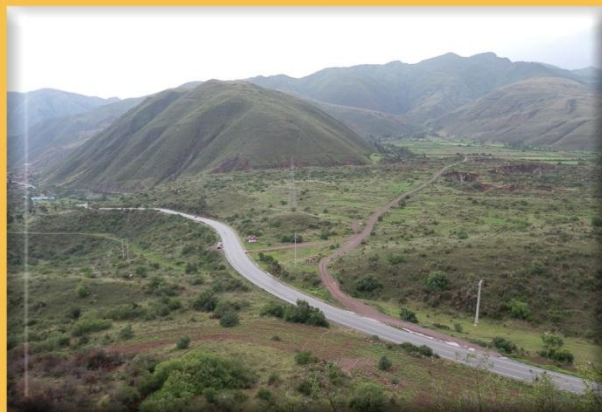


Informe Técnico N° A6706

PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA ZONA DE ACOGIDA DEL CENTRO POBLADO DE PIÑIPAMPA

Región Cusco
Provincia Quispicanchi
Distrito de Andahuaylillas
Paraje Piñipampa



POR:

DULIO GÓMEZ VELÁSQUEZ

FEBRERO 2016

CONTENIDO

| | | |
|-----|--|----|
| 1. | INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1 | OBJETIVO..... | 1 |
| 1.2 | TRABAJOS ANTERIORES..... | 2 |
| 2. | ASPECTOS GENERALES..... | 4 |
| 3. | ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS..... | 6 |
| 3.1 | GEOLOGÍA..... | 6 |
| 3.2 | GEOMORFOLOGÍA..... | 9 |
| 4. | PELIGROS GEOLOGICOS..... | 12 |
| 4.1 | PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA..... | 12 |
| 4.2 | PELIGROS HIDROMETEOROLÓGICOS..... | 21 |
| 4.3 | PELIGROS GEOLOGICOS DE LA ZONA DE ACOGIDA..... | 23 |
| 4 | CONDICIONES ACTUALES DE LA ZONA DE ACOGIDA..... | 26 |
| 5.1 | CONDICIONES GENERALES PARA SU HABILITACIÓN..... | 27 |
| | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 29 |
| | REFERENCIAS..... | 30 |

PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA ZONA DE ACOGIDA DEL CENTRO POBLADO DE PIÑIPAMPA

Distrito Andahuaylillas, provincia Quispicanchi, departamento de Cusco

1. INTRODUCCIÓN.

Según el informe técnico N° A6700 “Evaluación de Peligros Geológicos en el centro poblado de Piñipampa”, distrito de Andahuaylillas, provincia de Quispicanchi, departamento de Cusco. Elaborado por Vílchez M. (2015) INGEMMET, concluye que el centro poblado se encuentra en **“Muy alto peligro”** no mitigable, debido a que se produzcan nuevos colapsos o asentamientos de terrenos en las zonas afectadas por derrumbe y deslizamientos, así como de nuevos flujos de detritos (huaicos), lo cual dependerá de la presencia de precipitaciones pluviales.

Según la Ley de reasentamiento poblacional para zonas de muy alto riesgo no mitigable (Ley N° 29869) tiene por fines principales proteger la vida y el bienestar público, contribuir a la sostenibilidad de la inversión pública en infraestructura social y económica, así como a prevenir y disminuir los riesgos de desastre.

El Sr. Claudio Pacho Mamani Curasi, Alcalde de la Municipalidad del Centro Poblado de Piñipampa, del distrito de Andahuaylillas; mediante Oficio N° 001-2016-MCPP/A-Q, de fecha 07 de enero del 2016, se dirige al presidente del Concejo Directivo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), solicitando el Estudio de Susceptibilidad a Peligros Geológicos de la Zona de Acogida, para reasentamiento del poblado de Piñipampa.

Luego de las respectivas coordinaciones, se comisiona al Ing. Hugo Dulio Gómez Velásquez de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgos Geológicos, para realizar la visita técnica a la zona de acogida.

Este informe, se sustenta en la inspección efectuada, datos obtenidos en las observaciones de campo, versiones de los pobladores y así como información disponible de trabajos anteriores realizados por INGEMMET en la zona de acogida incluye textos, ilustraciones fotográficas, interpretación de fotos aéreas e imágenes satelitales del área, así como conclusiones y recomendaciones

1.1 OBJETIVO

El objetivo principal del estudio es identificar y tipificar los peligros geológicos por movimientos en masa y peligros hidrogeológicos, que se encuentran en las inmediaciones de la Zona de acogida¹, para reasentamiento del poblado de Piñipampa.

¹ Ley N° 29869, Ley de reasentamiento poblacional para zonas de muy alto riesgo no mitigable. Artículo 4 Definiciones: **5. Zona de acogida**. Aquella que, como resultado del estudio técnico y dadas sus mejores condiciones de seguridad frente al riesgo de desastre, es adecuada para la recepción de población en el marco de procesos de reasentamiento

1.2 TRABAJOS ANTERIORES

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, muestra 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 de 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 movimientos 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); 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), elaborado por Vilchez, M. (2015), determina como zona crítica N° 41, al Centro Poblado de Piñipampa y sus alrededores, describe los procesos que ocurren en la zona y se dan algunas recomendaciones generales para mitigar y reducir posibles daños que pudieran causar.
- El informe técnico N° A6700 “Evaluación de Peligros Geológicos en el Centro Poblado de Piñipampa”, distrito de Andahuayllillas, provincia de Quispicanchi, departamento de Cusco. Elaborado por Vilchez M. (2015) INGEMMET, describe los procesos de movimiento en masa que ocurren en el centro poblado de Piñipampa como son caídas, derrumbes, deslizamientos y flujo de detritos; como también los peligros hidrometeorológicos como inundación y erosión fluvial. Daños ocasionados y las medidas correctivas que podrían realizarse.

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.

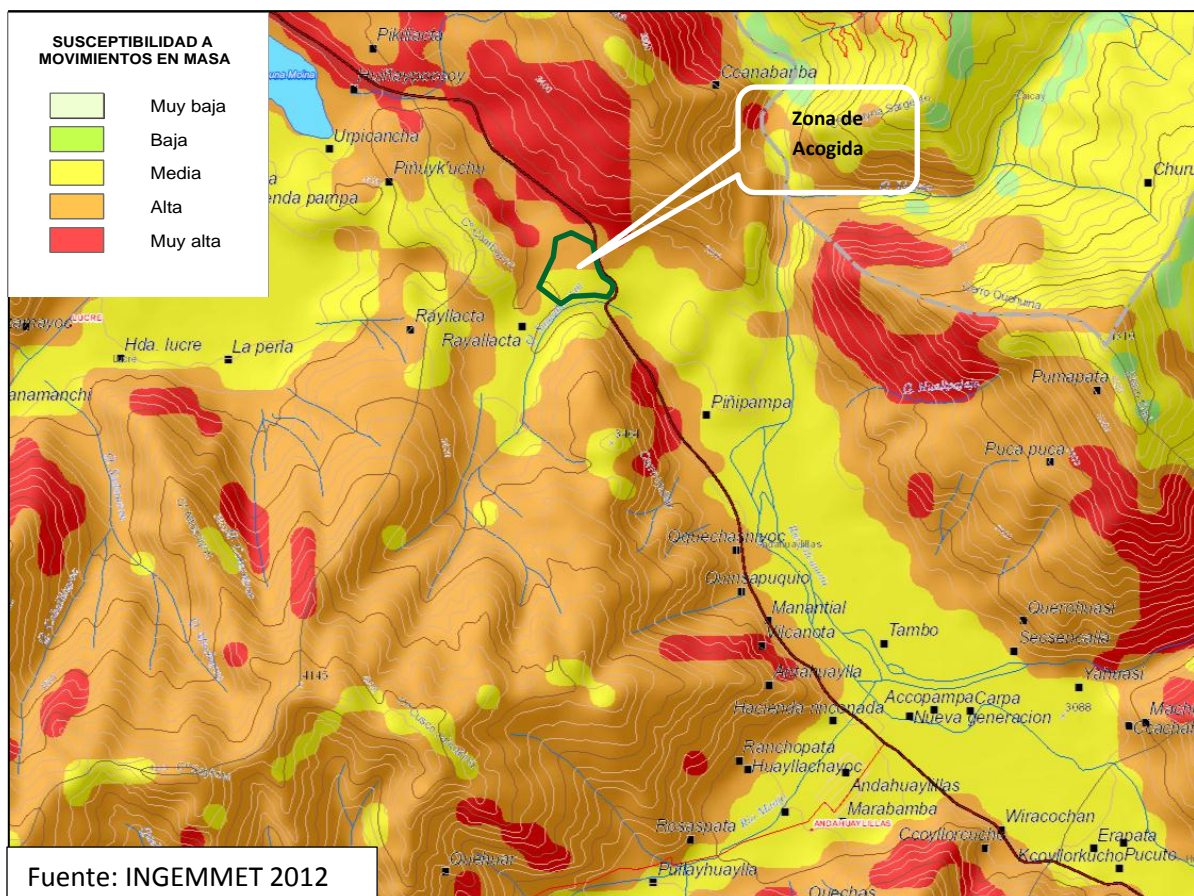


Figura 1. Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del Perú, la zona de acogida se ubica bajo el dominio de media a alta susceptibilidad por movimientos en masa

2. ASPECTOS GENERALES

El área propuesta como zona de acogida, se ubica en el distrito de Andahuaylillas, provincia de Quispicanchis, departamento Cusco, predio que cuenta con un área de 43,7718 Ha, entre las coordenadas UTM (WGS 84):

Este 856818 – 857468
Norte 8489980 – 8490764
Cota 3185 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. Vilchez 2015.

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, Chalhuanca, 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. 6

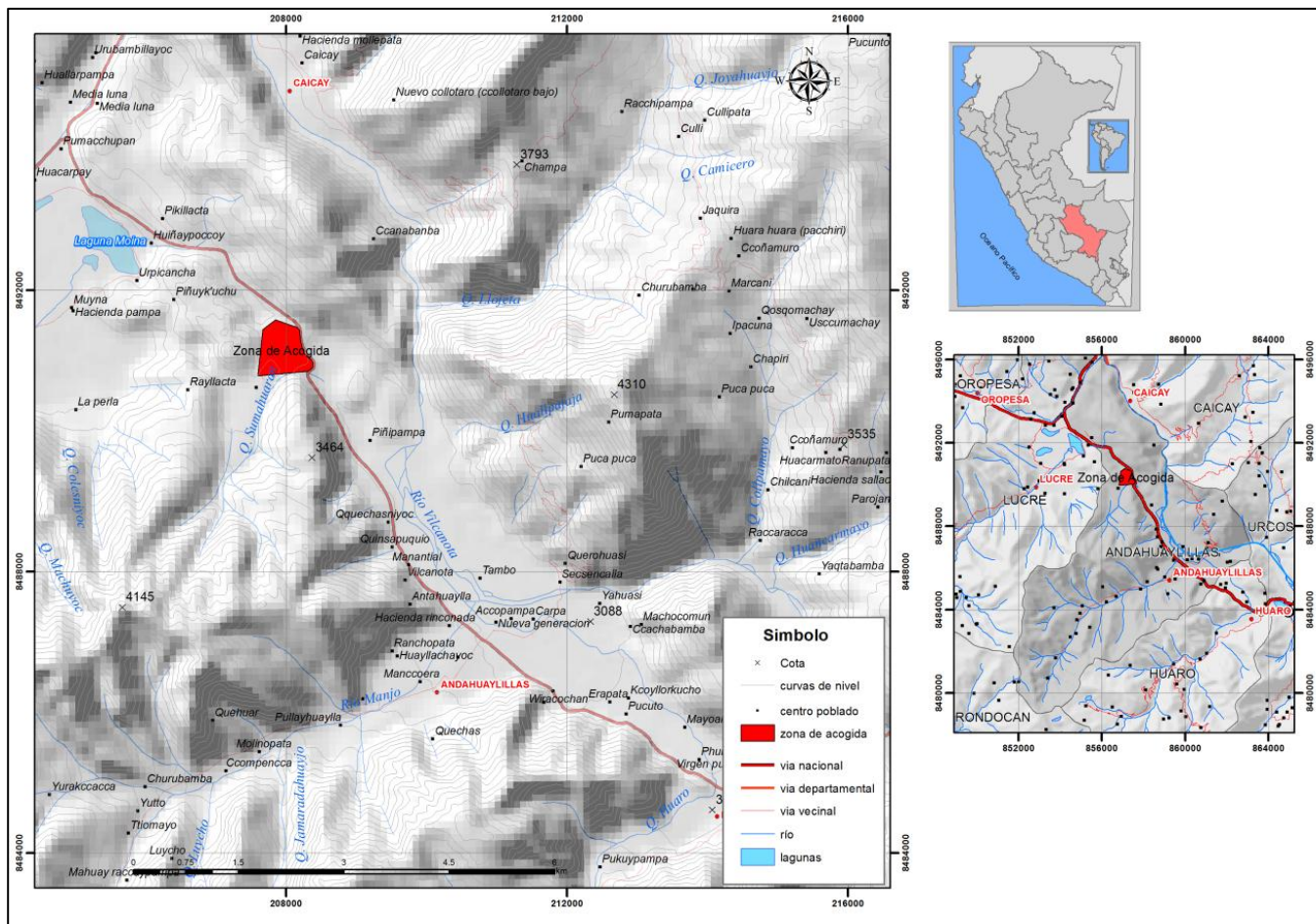


Figura 2. Mapa de ubicación de la zona de acogida.

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 Huallpajaja 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, el cauce tiene un ancho de 45 m con dirección general sur - norte, posteriormente se abre en un valle amplio, con un ancho máximo de 1,4 km, y cambia su dirección a la altura de la quebrada Huallpajaja (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.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

3.1 GEOLOGÍA

A nivel regional, en la zona de estudio afloran rocas de origen sedimentario y metamórfico; la base de la secuencia está conformada por la Formación Huancané del Mesozoico; las formaciones Kayra y Soncco, del Cenozoico-Paleógeno; finalmente se tiene a la Formación Rumichaca y los depósitos fluviales, aluviales y coluviales del cuaternario (figura 3) (Carlotto et al., 2003).

A continuación, de manera resumida se presenta una descripción de las principales formaciones geológicas que afloran en la zona de acogida y alrededores.

A. MESOZOICO

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 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.

B. CENOZOICO

Formación Soncco (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 km²) y raros conos de escoria, de andesitas. Se le asigna una edad Plio-Cuaternaria.

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, 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 que se encuentran en las laderas, muchas veces colgados, en ellos se incluyen los deslizamientos. Foto 1.



Foto 1. Imagen de depósito coluvial tomado en la quebrada Sacrayochuaycco conformado de clastos angulosos y matriz arenoso.

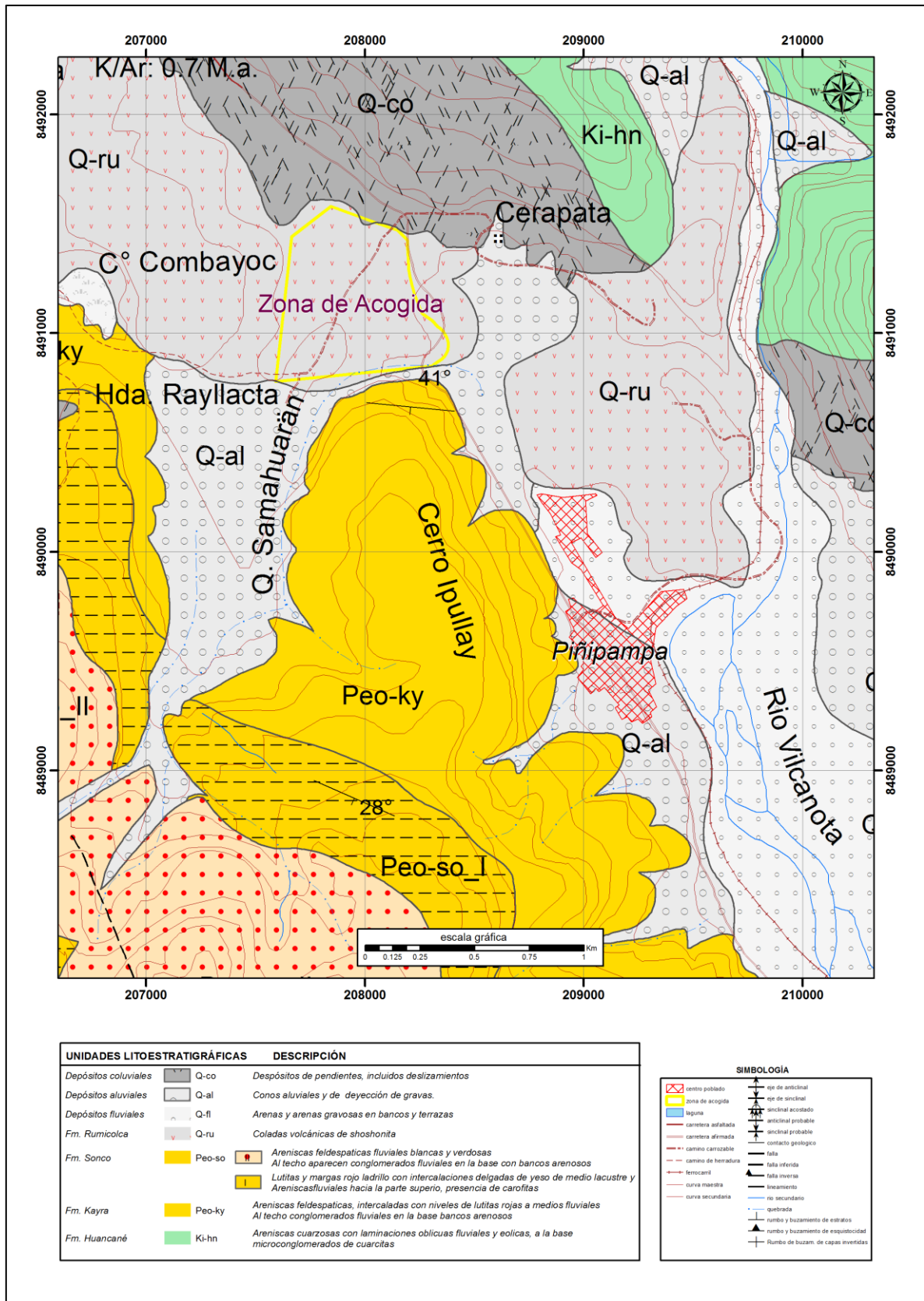


Figura 3: Mapa geológico del sector de la zona de acogida y alrededores. Fuente: INGEMMET 2003.

3.2 GEOMORFOLOGÍA

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

a) Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Unidad de montañas

Relieve montañoso en rocas sedimentarias (RM-rs):

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. 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).

Relieve montañoso en rocas volcánicas sedimentarias (RM-rvs):

Amplia zona de distribución de relieve, expuesta al norte de la zona de acogida entre los cerros Suchuccata y Pucaccasa. Incluyen laderas de montañas, cuya asociación litológica es principalmente volcánica sedimentaria de la Formación Mitu. Geoformas que alcanzan alturas mayores a los 300 m respecto al nivel del valle aluvial. Sus pendientes varían desde moderadas a fuertes.

Estas geoformas se asocian a la ocurrencia de caída de rocas y derrumbes en acantilados o corte de taludes para la tocha afirmada, también se presentan deslizamientos, erosión de laderas y avalancha 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 originadas en el Neógeno de composición andesítica, dacítica, traquítica y shoshonítica,. 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:

Vertiente aluviotorrencial - proluviales (P-at)

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 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-cd)

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.

Terraza baja (Tb)

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

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

Llanura o planicie inundable (LI-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 ambas márgenes del río Vilcanota.

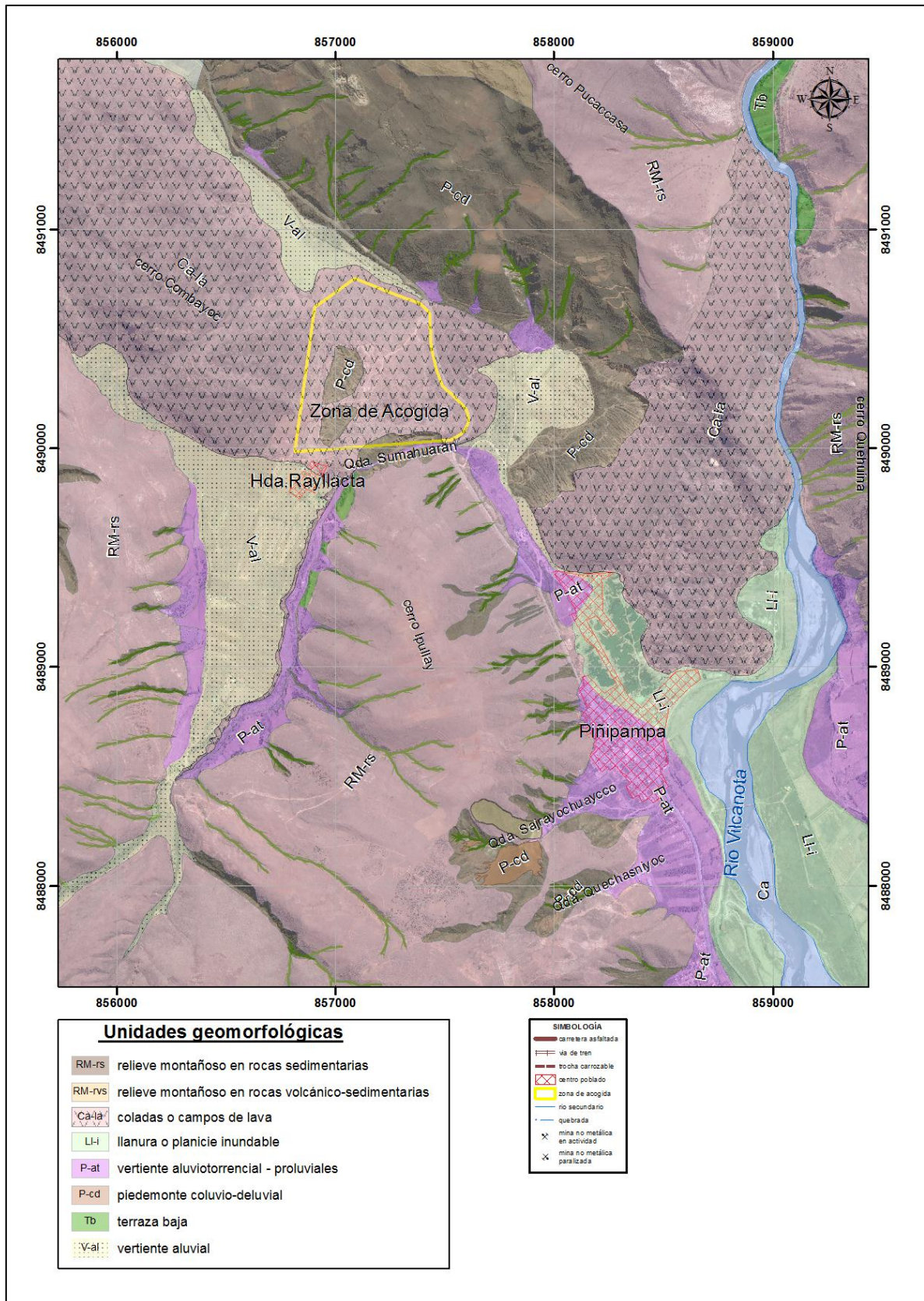


Figura 4. Mapa geomorfológico de la zona de acogida y alrededores.

4. PELIGROS GEOLOGICOS

4.1 PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA

Los peligros geológicos reconocidos en las zonas de acogida (inspeccionada), corresponden a movimientos en masa de tipo caídas, deslizamiento 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, fue posible observar movimientos del terreno en los alrededores de la zona evaluada, encontrándose zonas de arranque de derrumbes y conos de flujos de detritos en un primer estado 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.

a) 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 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 2) 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 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 (por fallas activas).

Actividad antrópica:

Actividad extractiva de minería no metálica (agregados de construcción), que contribuye a la inestabilidad de la ladera.

Daños

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



Foto 2: Vista panorámica de la quebrada Sacrahuaycco, es posible observar la zona de derrumbes y caída de rocas localizados por encima del poblado de Piñipampa.

b) 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 y corroborado en campo, 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 (foto 3).

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 al pie del deslizamiento: 250 m
- Longitud horizontal corona al pie de deslizamiento: 360 m
- Dirección (azimut) del movimiento: N 200°
- Área del deslizamiento: 32 600 m²
- 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 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 (por fallas activas).

Actividad antrópica:

- Ocupación inadecuada del terreno (áreas vulnerables), parte baja de ladera donde se presentan problemas por movimientos en masa.
- Actividad extractiva de minería no metálica (agregados de construcción), que contribuye a la inestabilidad de la ladera y podría generar la reactivación del deslizamiento

Daños

- No se han registrado daños por el momento, porque la actividad del deslizamiento es incipiente

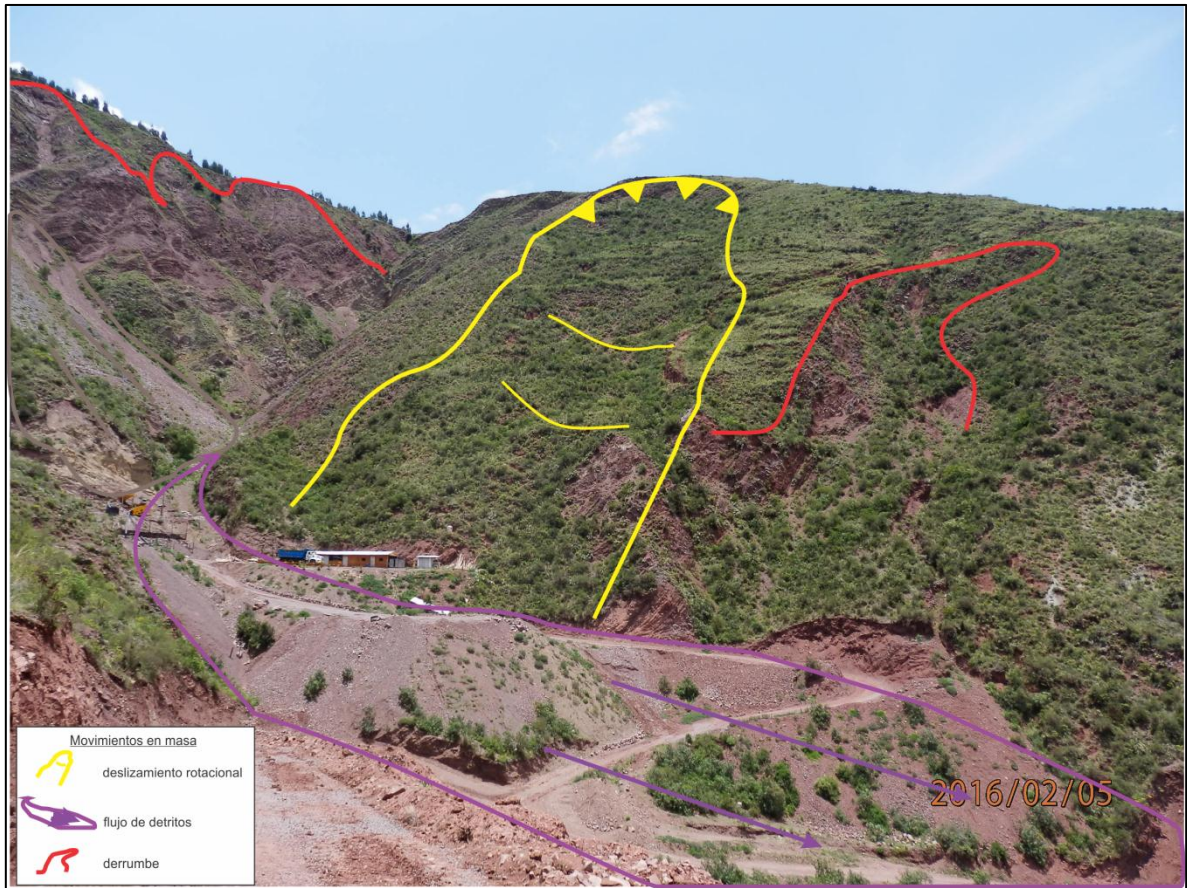


Foto 3 Vista de la quebrada Sacrayochuaycco donde se observa los movimientos en masa que se están generando y podrían afectar el poblado de Piñipampa que se encuentra aguas abajo de la quebrada.

c) 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 4, figuras 5); así se tiene como antecedente más reciente, el huaico ocurrido el cinco de diciembre de 1996, que dejó como saldo 32 personas damnificadas y siete viviendas afectadas (INDECI, 1997).



Foto 4. 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 cuenta alta de la quebrada, Vilchez (2015)

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 (foto 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.



Foto 5. Vista del encausamiento y captación de escorrentía superficial, de tres canales paralelos (línea amarilla) que vierten sus aguas a un canal principal que se encuentra en la margen derecha del abanico.

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 5 fotos 6).



Foto 6. Vista de la quebrada Sacrahuaycco aguas abajo desde la parte alta de la cuenca donde se observa la falta y definición y profundidad del cauce principal de la quebrada.

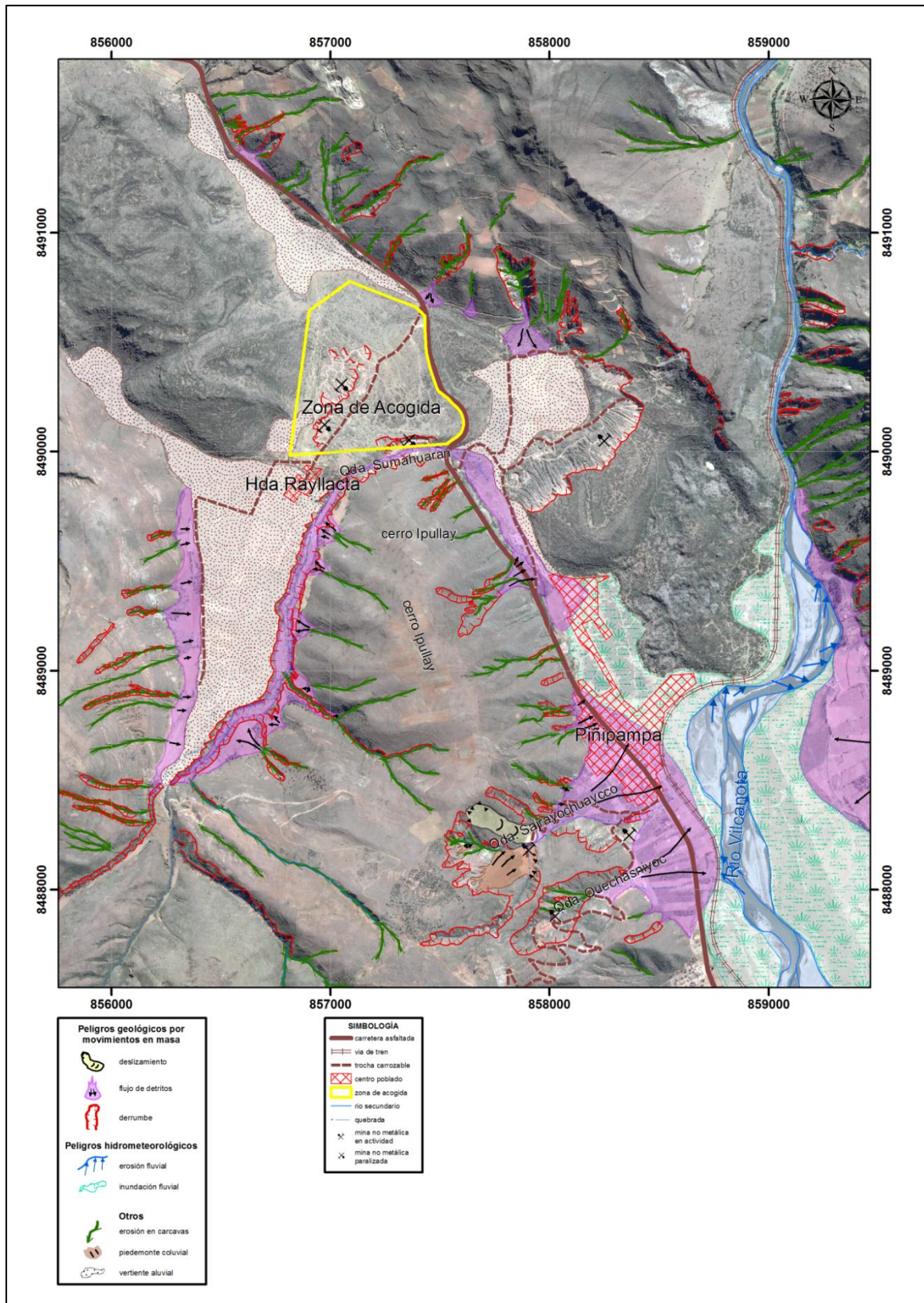


Figura 5. Mapa de peligros geológicos por movimientos en masa y peligros hidrometeorológicos en el sector de acogida y alrededores

4.2 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:

a) 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 7).

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 7. Vista de la llanura inundable (line amarillo) y zona de erosión fluvial en ambas márgenes del río Vilcanota en las inmediaciones del poblado de Piñipampa (línea Azul).

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 8



Foto 8. 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 proluvio-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 proluvio-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 proluvio-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.

4.3 PELIGROS GEOLOGICOS DE LA ZONA DE ACOGIDA

En la zona de acogida y sus alrededores se han podido identificar los siguientes peligros geológicos por movimientos en masa:

a) Derrumbes:

Se puede observar derrumbes en las laderas de los cerros Ipullac y Pucaccasa, (foto 9 figura 6), también ocurre en ambas márgenes de la quebrada Sumahuaran (foto 10).

Causas

- 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 Sonco; 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 rojo ladrillo.
- Los planos de estratificación de las rocas sedimentarias que se inclinan en dirección contraria a 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 y la profundización de quebradas.
- Actividad sísmicas (profunda o por fallas activas).

Daños

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



Foto 9. Vista tomada con dirección noreste, cerro Pucaccasa, donde se observa derrumbes que generan pequeños flujos de detritos (huaico) y también se genera erosión de ladera

b) Flujo de detritos

Se observó pequeños abanicos al pie de la ladera de los cerros Ipullac y Pucaccasa, como también un depósito dejado por flujo de detrito (huaico) en la quebrada Sumahuaran, que se encuentra en el perímetro sur de la zona de acogida (figura 6 y foto 10 y 11).

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 Sonco; se tienen intercalaciones de areniscas feldespáticas 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 rojo ladrillo.
- 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 las laderas de los cerros, la cual provee material detrítico suelto que puede ser acarreado como huaico

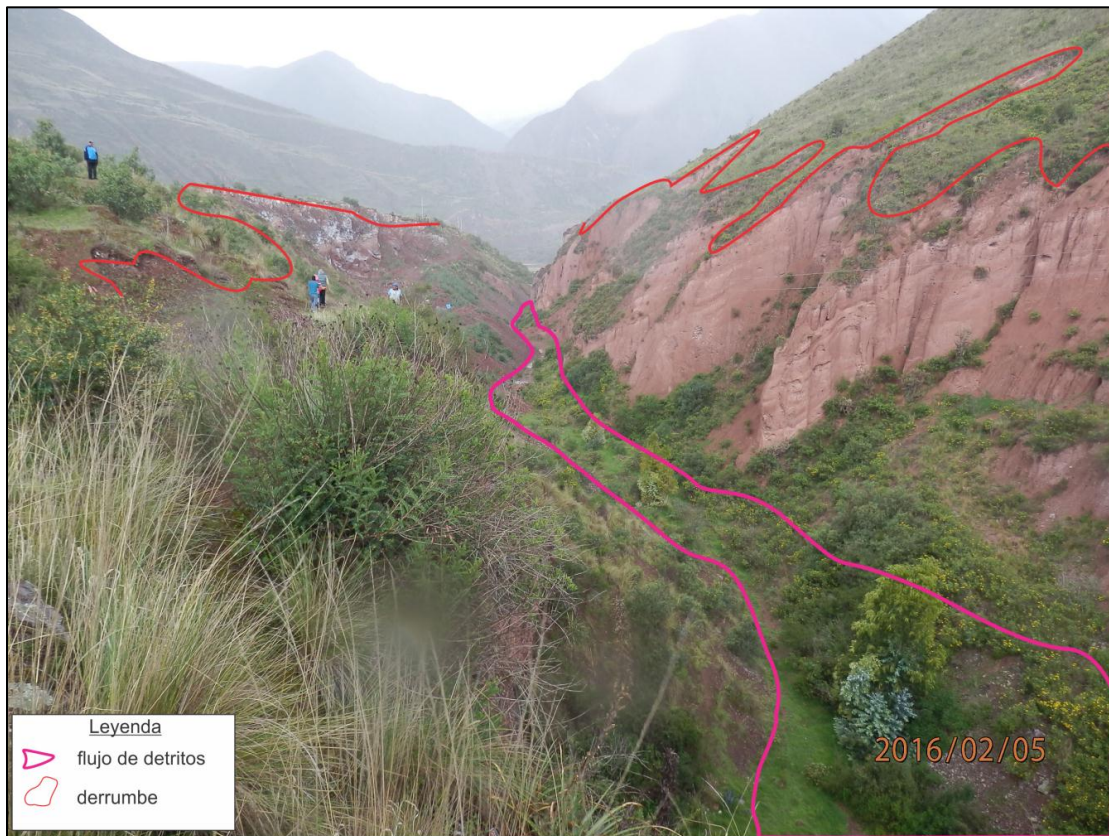


Foto 10. Vista tomada con dirección este, quebrada Sumahuaras, donde se observa derrumbes en ambas márgenes y con presencia de lluvias estos generan flujos de detritos (huaico).



Foto 11. Vista panorámica con dirección suroeste tomada desde la zona de acogida donde se puede observar en la ladera de los cerros flujo de detritos (huaico) y otros peligros (erosión de ladera).

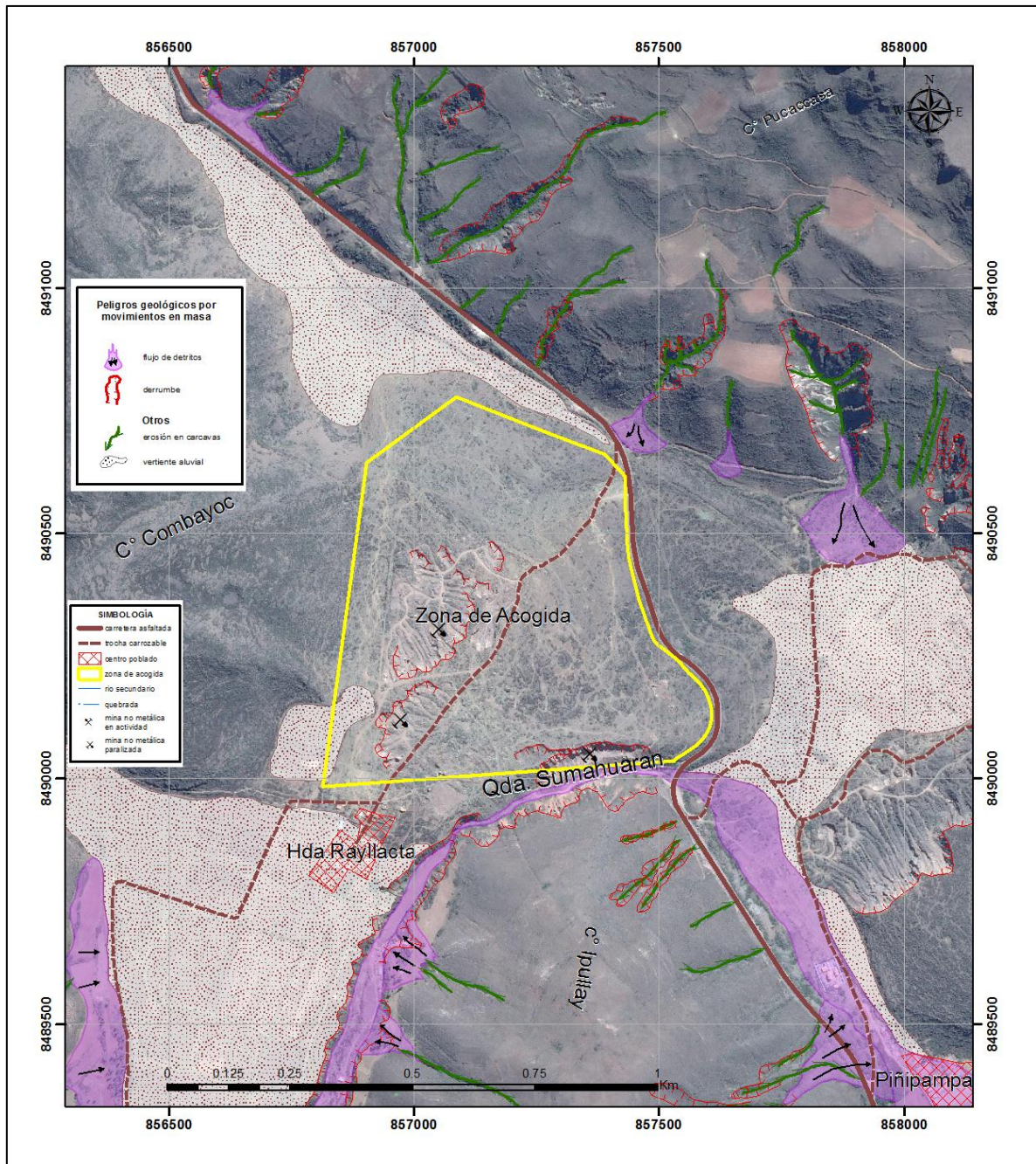


Figura 6. Peligros geológicos por movimientos en masa en la zona de acogida y alrededores

4 CONDICIONES ACTUALES DE LA ZONA DE ACOGIDA

La superficie de la zona de acogida para reasentamiento del centro poblado de Piñipampa abarca un área de 437,718.43 m², terreno erazío, que fue utilizado como cantera, en la extracción de agregado. También se observar que en algunos sectores es utilizado como terreno de cultivos, presenta una pendiente menor a 5°. Geomorfológicamente se encuentra sobre una superficie conformada por coladas de lavas, litológicamente presenta rocas volcánicas (lavas) de composición (andesitas, dacitas, traquitas y shoshonitas) y cobertura vegetal escasa, que ofrece poca protección del suelo y roca.

El área recomendada para reubicación si reúne las condiciones de seguridad física requerida.

Al noreste de la zona de acogida, en las laderas del cerro Pucaccasa, se observa derrumbes que con la presencia de lluvias generarían flujos, formando abanico al pie de la ladera. (Figura 6).

Al sur y suroeste de la zona de acogida en la ladera del cerro Ipullay, se observa derrumbes y erosión en cárcavas; en la quebrada Sumahuaran presenta derrumbes en ambas márgenes. El perímetro que colinda con la margen izquierda de la quebrada Sumahuaran presenta derrumbes que tiene un arranque de forma irregular y discontinua con longitud de 350 m. una altura aproximada de 30 m. (Figura 6) (Foto 12)



Foto 12. Vista panorámica tomada con dirección suroeste de la zona de acogida, para reasentamiento.

5.1 CONDICIONES GENERALES PARA SU HABILITACIÓN

- Reforestar la zona aledaña a la reubicación, para evitar el ensanchamiento de la cárcava y detener la erosión retrogresiva ya que estos procesos conllevarían a la generación de nuevos derrumbes de pequeña escala (figura 10, 11 y 12).
- Tomar acciones en el sector de la quebrada Sumahuaran que colinda con la zona de acogida, donde se tienen derrumbes. Se tiene que evitar el avance retrogresivo. Se puede usar “muro de gaviones” (Figura 13). Labor que debe ser realizada por un especialista.
- Las áreas circundantes a las quebradas no se deben habitar como zona urbana.
- Realizar estudios de suelos con la finalidad de determinar los tipos de cimentaciones que se van a tomar las futuras edificaciones.
- El área de reasentamiento, para la zona urbana, debe contar con un drenaje pluvial, para evitar la infiltración de agua al subsuelo.}

- Los sistemas agua y desagüe, deben implementarse en lo más antes posible.

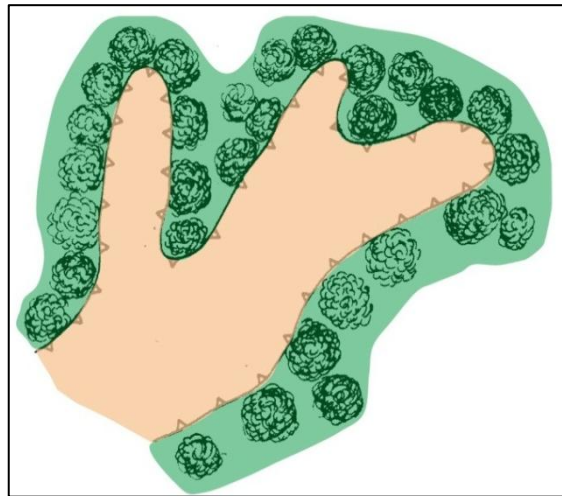
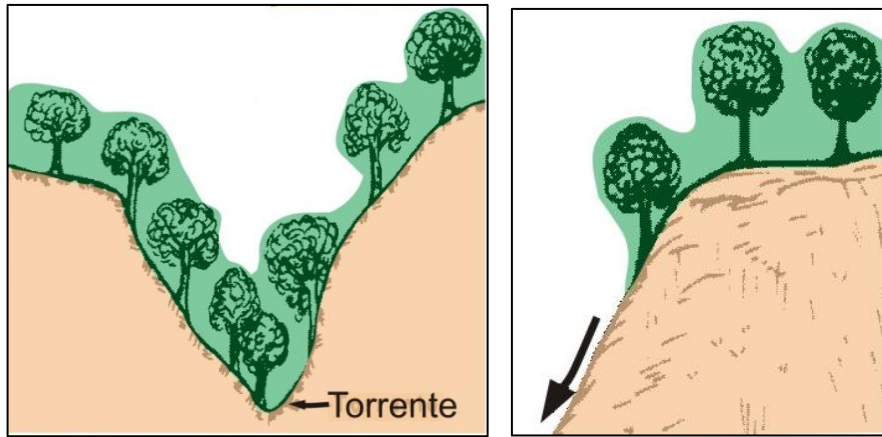


Figura 10.



Figuras 11 y 12 Obras de forestación en zonas de cárcavamiento.

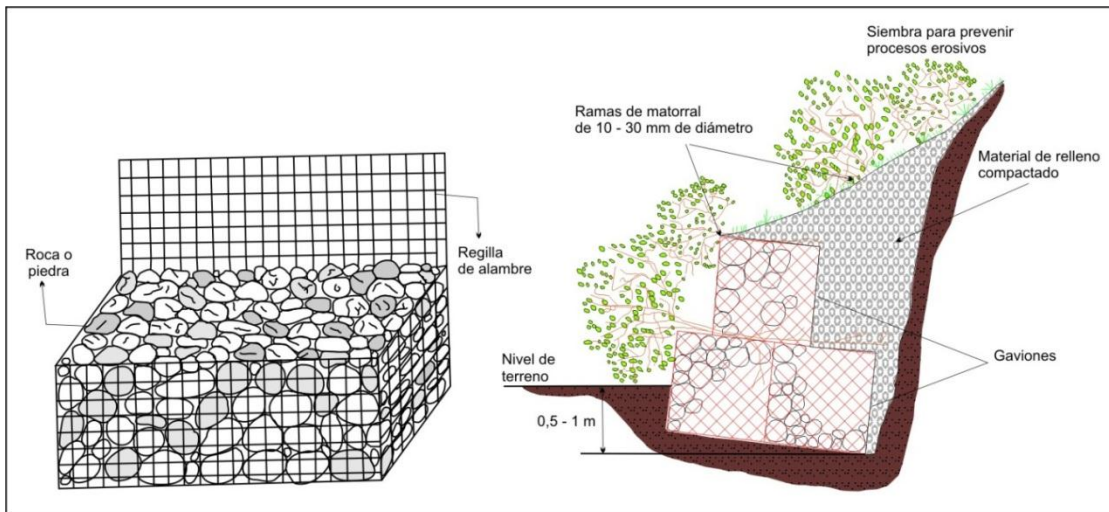


Figura 13. Muro de gavión.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- a. La zona de acogida en sus alrededores presenta los siguientes peligros geológicos por movimientos en masa (derrumbes, flujos de detritos) y dentro de otro peligro presenta erosión de ladera que generan flujos con presencia de lluvias intensas.
- b. Litológicamente se encuentra ubicada sobre cuerpos volcánicos de la Formación Rumicolca formada de lavas andesítica, dacítica, traquitica y shoshonítica.
- c. Según el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, escala 1:2 000 000 (regional) elaborado por el INGEMMET (2012). El área se encuentra dentro de Susceptibilidad Media a Alta.
- d. **La zona de acogida propuesta para la reubicación del centro poblado de Piñipampa, se encuentra estable**, reúne las condiciones de seguridad física requerida. Se deben tener en cuenta las recomendaciones del ítem 5.1.

REFERENCIAS

- 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.
- 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/OGRSE/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.
- 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).
- Vilchez, M. (2015) “Evaluación de Peligros Geológicos en el centro poblado de Piñipampa”, informe técnico N° A6700. Dirección de Geología Ambiental y Riesgos Geológico INGEMMET.
- CONGRESO DE LA REPÚBLICA DEL PERÚ (2012). LEY N° 29869 “Ley de reasentamiento poblacional para zonas de muy alto riesgo no mitigable”. Diario Oficial El Peruano.