

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A6910

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CENTRO POBLADO DE CHIPIPATA

Región Pasco
Provincia Daniel A. Carrión
Distrito Yanahuanca



**JUNIO
2019**

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. OBJETIVOS	3
1.2. ANTECEDENTES	3
2. ASPECTOS GENERALES	5
2.1. Ubicación y accesibilidad	5
2.2. Clima	5
2.3. Hidrografía	5
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	6
3.1. Unidades Litoestratigráficas	7
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	11
4.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO - DEGRADACIONAL Y EROSIONAL	11
4.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSICIONAL Y AGRADACIONAL	13
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	14
5.1. Movimiento complejo (Derrumbe - Flujo de lodo)	15
5.2. Reptación	17
5.3. Deslizamientos	18
5.4. Derrumbes	22
6. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y/O MITIGACIÓN EN LAS ZONAS EVALUADAS	25
6.1. Mitigación de peligros por deslizamientos y reptación	25
6.2. Mitigación de peligros por derrumbes	27
7. CONCLUSIONES	30
8. RECOMENDACIONES	30
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CENTRO POBLADO DE CHIPIPATA

(Departamento Pasco, Provincia Daniel A. Carrión, Distrito Yanahuanca)

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), dentro de sus distintas funciones brinda asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología; que permite identificar, caracterizar, evaluar y diagnosticar aquellas zonas urbanas o rurales, que podrían verse afectadas por fenómenos geológicos que pudiera desencadenar en desastres. Estos estudios, concebidos principalmente como herramientas de apoyo a la planificación territorial y la gestión del riesgo (planes de emergencia), son publicados en boletines y reportes técnicos. Esta labor es desarrollada, principalmente, por la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico a través de la ACT.7: Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional.

La municipalidad del centro poblado de Chipipata, mediante Oficio N° 0063-2019-GRP-GOB/ORGRSC, de fecha 11 de abril del 2019, solicitó al INGEMMET, una evaluación técnica por peligros geológicos en la jurisdicción del centro poblado de Chipipata, distrito Yanahuanca, provincia Daniel A. Carrión, región Pasco.

Para la evaluación de peligros geológicos en el centro poblado mencionado, el INGEMMET, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, dispuso una brigada especializada en peligros geológicos para que evaluara la zona afectada. La brigada estuvo conformada por los geólogos Norma Sosa y Julio Lara. La inspección técnica se realizó el día 28 de abril del 2019, donde identificaron las condiciones geológicas del centro poblado de Chipipata. Los trabajos de campo se realizaron previa coordinación con el Ing. Juan Gonzales Huere de la oficina regional de Gestión de Riesgos y Seguridad Ciudadana y el apoyo del Ing. Teófilo Rivera, jefe de la Oficina de Gestión de Riesgo de la región Pasco. Se realizaron adicionalmente sobrevuelos en dron obteniendo imágenes de la zona afectada.

Finalmente, con la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por INGEMMET, la interpretación de imágenes satelitales y Fotografías aéreas de la zona, los datos obtenidos en campo (fichas técnicas, Fotografías, etc.) y la cartografía geológico-geodinámica realizada en campo, se proporciona una evaluación técnica que incluye resultados y recomendaciones para la mitigación y prevención de daños ocasionados por procesos activos en el marco de la Gestión del Riesgo de Desastres (GRD).

1.1. OBJETIVOS

- Identificar, delimitar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se presentan en las inmediaciones del centro poblado de Chipipata, que puedan comprometer la seguridad de personas, obras de infraestructura y vías de comunicación.
- Plantear las recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación de los daños que pueden causar los peligros geológicos identificados.

1.2. ANTECEDENTES

Existen trabajos previos, que incluyen el centro poblado de Chipipata, relacionados a temas de geología y geodinámica externa, de los cuales destacan las publicaciones hechas por el INGEMMET:

- *“Estudio Geodinámico de la Cuenca del Río Mantaro”* (INGEMMET, 1980). El estudio concluye que los fenómenos geodinámicos más importantes en la cuenca corresponden a deslizamientos producto de las reactivaciones de antiguos deslizamientos.
- *“Geología de los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquián y Yanahuanca”* (INGEMMET, 1996). El boletín muestra las unidades litoestratigráficas cartografiadas en la zona de estudio, las cuales se tomaron como base para la elaboración del presente informe.
- *“Evaluación de peligros geológicos en la provincia Daniel A. Carrión”* (Luque, 2012). El informe técnico N°A6602 permitió establecer grados de susceptibilidad por movimientos en masa en la provincia de Daniel A. Carrión y considera que la pendiente, es uno de los principales factores dinámicos de los movimientos en masa, debido a esto es un parámetro importante en el análisis de susceptibilidad a los movimientos en masa.
- *“Zonas críticas por peligros geológicos en la región Pasco”* (Luque & Rosado, 2013). En el estudio se identificó una zona crítica (N°2), muy cercana al área afectada por movimientos complejos (flujos de lodo y deslizamientos) de Chipipata, 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.

En el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, escala 1: 250 000 (escala regional) elaborado por INGEMMET, 2018; el sector de Chipipata se localiza en una zona de susceptibilidad alta a muy alta por la ocurrencia de movimientos en masa (Figura 1).

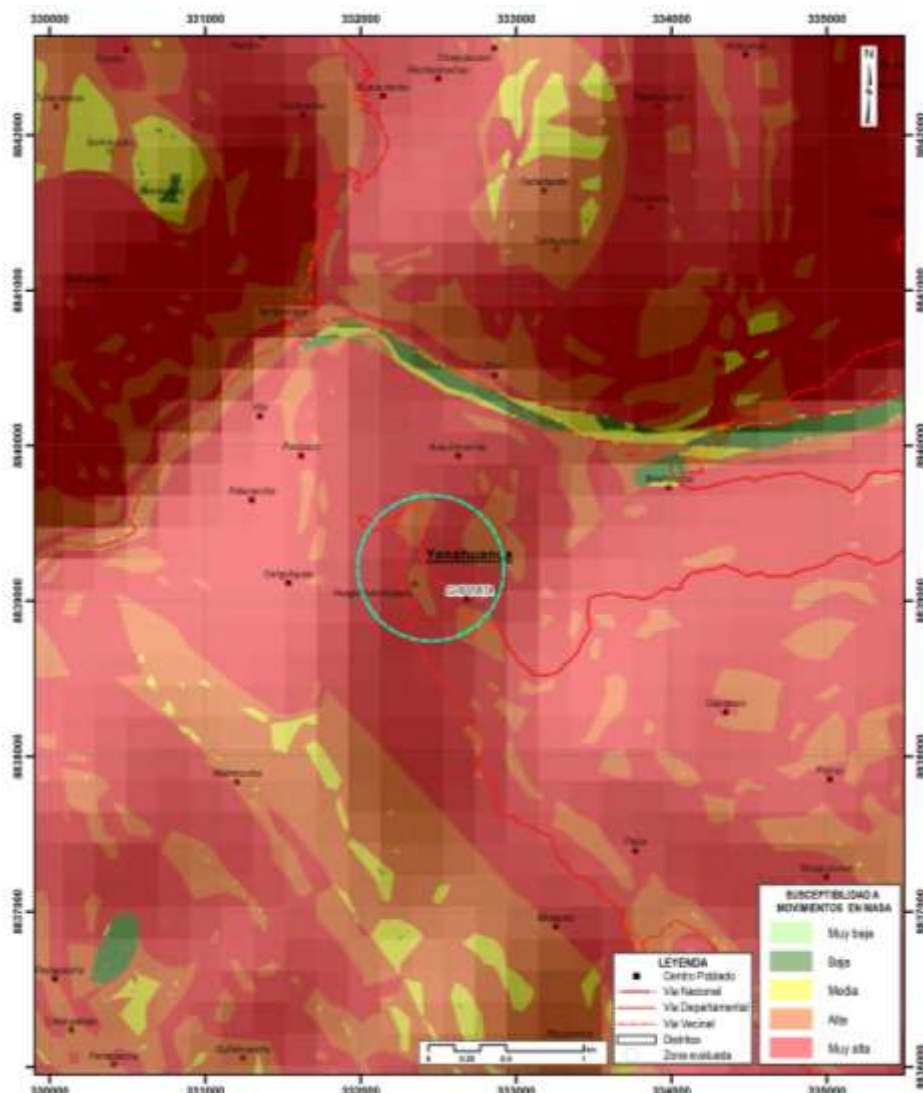


Figura 1: Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa para la región Pasco, donde se puede encontrar al centro poblado de Chipipata en zonas de alta a muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa

Susceptibilidad Alta: Zonas en donde la mayoría de condiciones del terreno son favorables para generar movimientos en masa, cuando se modifican sus taludes. Comprenden substratos rocosos de limolitas, limoarcillitas, areniscas, capas rojas y conglomerados, pizarras y areniscas, y carbón, rocas intrusivas. Los relieves que presentan susceptibilidad alta son las montañas de moderada y fuerte pendiente, montañas y colinas estructurales, terrenos presentan pendientes que varían entre 20° y 35° (algunos casos hasta 45°), piedemontes de valle, acumulaciones glaciofluviales y morrenas.

Susceptibilidad Muy Alta: Zonas en donde todas las condiciones del terreno son muy favorables para generar movimientos en masa. Principalmente son áreas donde ocurrieron deslizamientos en el pasado o recientes (inventariados en el presente estudio), o reactivaciones de los antiguos al modificar sus taludes, ya sea como deslizamientos,

derrumbes o movimientos complejos. Están concentrados donde el substrato rocoso es de mala calidad, comprende: rocas metamórficas (esquistos, pizarras y filitas), sedimentarias (limolitas, limoarcillitas, areniscas y yeso) y depósitos de vertiente (coluvio-deluviales), laderas con pendiente entre 20° y 35°, morfologías de montañas de moderada a fuerte pendiente y piedemontes (detritos de vertiente, depósitos de deslizamientos antiguos, abanicos deluvio-coluviales, entre otros).

2. ASPECTOS GENERALES

2.1. Ubicación y accesibilidad

El centro poblado de Chipipata, políticamente se ubica en el distrito de Yanahuanca, provincia Daniel A. Carrión, departamento Pasco (Figura 2). En las coordenadas centrales UTM (WGS84, Zona 18S):

Chipipata		
Norte	Este	Cota
8 839 487	332 212	3745 m.s.n.m.

Para el acceso a la zona de estudio, desde la ciudad de Lima, se debe seguir la siguiente ruta:

Desde	Vía	Kilómetros	Tiempo estimado
Lima a Pasco	Terrestre	271 km	6 h y 50 min
Pasco a Chipipata		98 km	5 h y 48 min

2.2. Clima

De acuerdo con los datos climáticos (clasificación climática por el método de Thornthwaite), la zona evaluada presenta un clima lluvioso, con precipitaciones abundantes en todas las estaciones, además es frío a semifrío. Las precipitaciones pluviales para el periodo lluvioso normal pueden variar de 2200mm a 3000mm y la temperatura fluctúa entre los 20 °C a 22.7 °C.

2.3. Hidrografía

La red hidrográfica en la zona evaluada, tiene como curso principal el río Yanahuanca formado por la confluencia del río Blanco y el río Pucamayo. El río Yanahuanca recibe en su recorrido el aporte de numerosas quebradas (Ranracancha, Bacuri, Huarautumbo, Coyas, Yurac Yacu, entre otras) desde ambas márgenes.

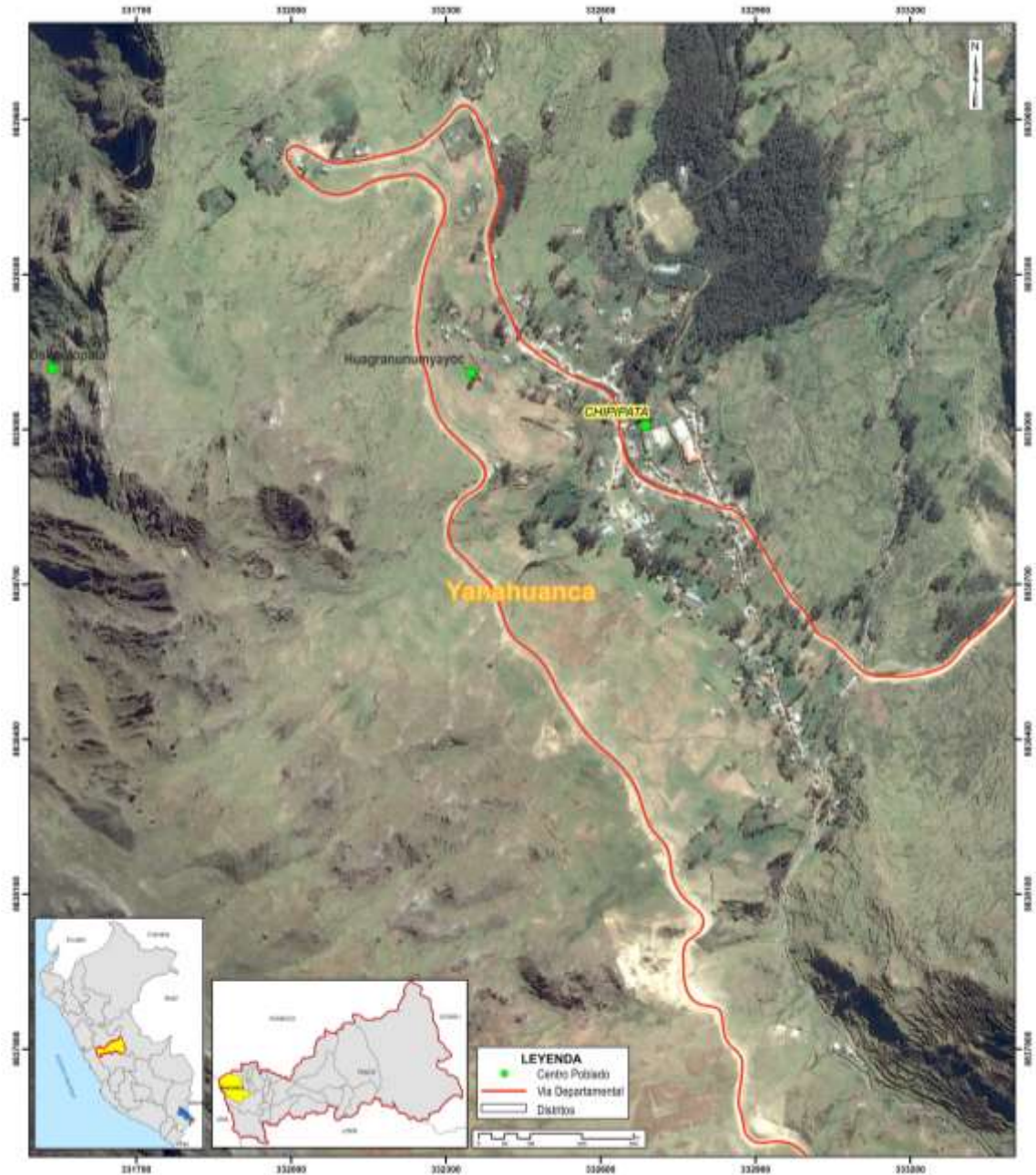


Figura 2. Mapa de ubicación del centro poblado de Chipipata

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico del área de estudio, se desarrolló teniendo como base el Boletín N° 76-Geología de los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquián y Yanahuanca, Hojas: 20-h, 20-i, 20-j ,21-j, (Cobbing et al. 1996), dónde en la zona de estudio afloran rocas sedimentarias (Grupo Pucará y Grupo Goyllarisquizga), así como depósitos aluviales y coluvio-deluviales del Cuaternarios (Figura 3). También se trabajó en base a la interpretación de imágenes de satélite y observaciones de campo.

3.1. Unidades Litoestratigráficas

Para la delimitación de las unidades litoestratigráficas, se tomó como patrón la litología, el grado de homogeneidad de sus propiedades geotécnicas (rocas y suelos), grado de fracturamiento, grado de meteorización y su resistencia a la erosión.

Depósitos Cuaternarios

Depósitos aluviales (Q-al)

Los depósitos aluviales mejor desarrollados se encuentran en las estribaciones andinas de la Cordillera Occidental y en ambos márgenes de los cauces fluviales, como el río Yanahuanca.

Los materiales que constituyen estos depósitos son clastos redondeados a subredondeados envueltos en una matriz arenosa o limo arcillosa.

Depósitos coluvio-deluviales (Q-cl)

Esta unidad agrupa depósitos de piedemonte de diferente origen (gravitacional y fluvio-gravitacional), que se acumulan en vertientes o márgenes de los valles como también en laderas; en muchos casos son resultado de una mezcla de ambos.

Por su naturaleza son susceptibles a la erosión pluvial, remoción y generación de flujos de detritos (huaicos) y cuando son el resultado de antiguos movimientos en masa son susceptibles a reactivaciones, al realizar modificaciones en sus taludes naturales.

Geomorfológicamente, están asociados a las unidades de depósitos de vertiente, depósitos de deslizamientos y abanicos deluvio-coluviales.

En el centro poblado de Chipipata se identificaron depósitos coluvio-deluviales producidos por las precipitaciones extraordinarias ocurridas en este sector (Fotografía 1).



Fotografía 1. Se observa material fino que cubre parte de la ladera, producto de las precipitaciones pluviales

Sustrato rocoso

Grupo Pucará (JTr-p)

El Grupo Pucará correspondiente al Triásico-Jurásico; es una de las unidades estratigráficas más importantes en el centro del Perú. Está compuesto por calizas extremadamente macizas de color gris azul pero con superficie de meteorización de color amarillo crema.

Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)

Definido por Jenks (1951), correspondiente al Jurásico superior-Cretácico inferior, aflora en la cuenca Cretácica Occidental del centro y norte andino del Perú.

En la zona de estudio este grupo está compuesto por areniscas rojas (Fotografía 2) con laminación cruzada intercaladas con arcillitas y limolitas masivas (Fotografía 3). También se encontraron nódulos (formados por precipitación o segregación de minerales), Fotografía 4.



Fotografía 2. Areniscas del Grupo Goyllarisquizga identificadas en la zona de estudio que corresponden al substrato rocoso.



Fotografía 3. Arcillitas de color gris pertenecientes al Grupo Goyllarisquizga



Fotografía 4. Se identificaron nódulos de coloración beige formados por precipitación o segregación de minerales

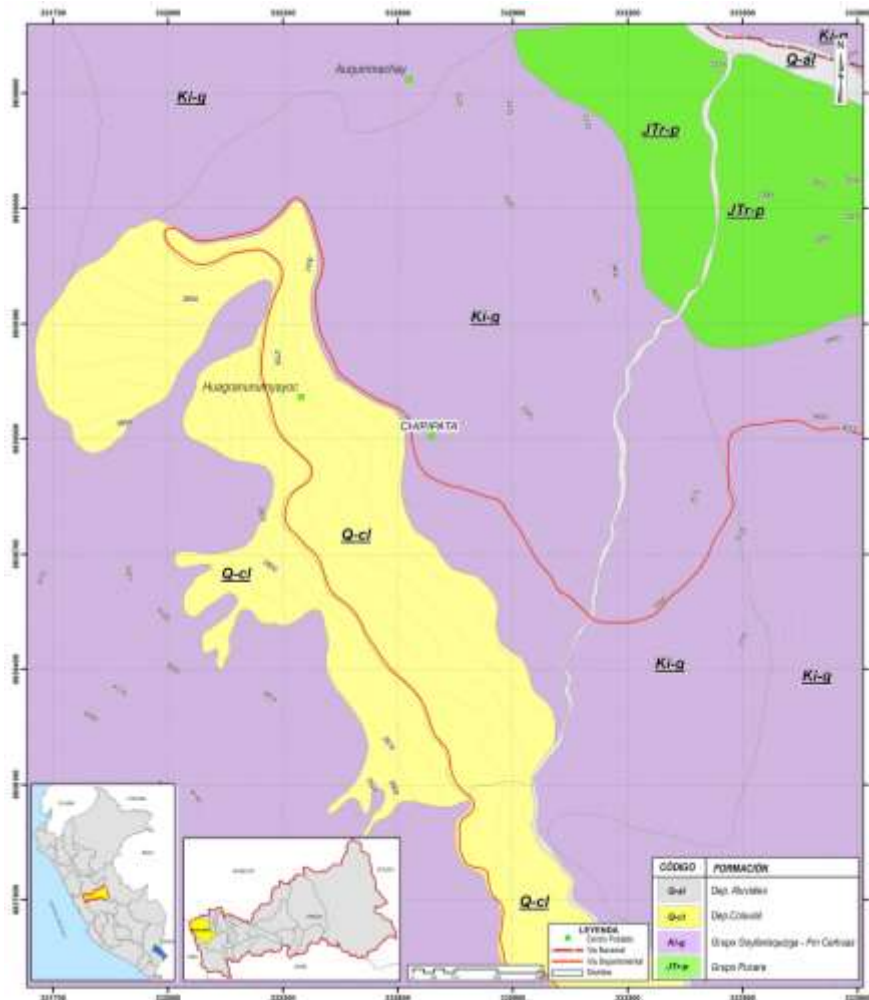


Figura 3. Mapa geológico de la zona de estudio. Modificado de Cobbing et al. 1996

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Desde el punto de vista morfoestructural, la zona de estudio se ubica en la parte central del Perú, comprendida entre la cordillera Occidental y Oriental; la cual se encuentra disectada por varios ríos y quebradas, entre los principales se tienen los ríos Yanahuanca y Chaupihuaranga.

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en la zona de estudio, se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y las caracterizaciones conceptuales en base a aspectos del relieve en relación a la erosión, denudación y sedimentación.

Un aspecto importante en la clasificación de las unidades geomorfológicas, además del relieve, es la pendiente del terreno. El centro poblado de Chipipata presenta laderas con pendiente media a fuerte (25-45°), lo cual facilita la erosión de las mismas.

Las geofomas particulares individualizadas, se agruparon según su origen:

Geofomas de carácter tectónico-degradacional y erosional	
Unidad	Sub unidad
Montaña	Montañas de roca sedimentarias (RM-rs)
Unidades geomorfológicas de carácter depositacional o agradacional	
Unidad	Subunidad
Piedemonte	Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd)
	Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (V-at)
Planicie	Cauce del río (Río)

4.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO - DEGRADACIONAL Y EROSIONAL

Resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

Los paisajes morfológicos, resultantes de los procesos denudativos forman parte de las cadenas montañosas, colinas, altillanuras, superficies onduladas y lomadas. Dentro de este grupo se tiene la siguiente unidad:

Unidad de montaña

Se consideran dentro de esta unidad a las geoformas que alcanzan alturas mayores a los 300m respecto al nivel de base local, se reconocen como cumbres y estribaciones producto de las deformaciones sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza (levantamiento, glaciación, etc.).

a) Montaña en rocas sedimentarias (RM-rs).

En el contexto general se encuentran conformadas por alineamientos alargados, constituidos por rocas de tipo metamórfica, intrusiva, volcánica, volcánico-sedimentaria y sedimentaria, con un moderado a fuerte estado de meteorización superficial y de erosión.

Corresponde a afloramientos de rocas sedimentarias, afectados por procesos tectónicos y erosivos, conformados por rocas de tipo areniscas, lutitas, lodolitas, calizas y cuarcitas, de edad Cretácica.

En la zona de estudio se identificaron montañas con pendientes media a fuerte (Fotografía 5).



Fotografía 5. Montañas en rocas sedimentarias compuestas por areniscas, identificadas en la zona de estudio

4.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSICIONAL Y AGRADACIONAL

Estas geoformas son resultado del conjunto de procesos geomorfológicos constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía, los glaciares, y los vientos, los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultantes de la denudación de terrenos más elevados.

Unidad de Piedemonte

Estas geoformas son resultado del conjunto de procesos geomorfológicos constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía, los glaciares, las corrientes marinas, las mareas y los vientos, los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultantes de la denudación de terrenos más elevados.

a) Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd).

Corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa del tipo deslizamientos, derrumbes, avalancha de rocas y/o movimientos complejos. Generalmente su composición litológica es homogénea. Son depósitos de corto recorrido relacionados a las laderas superiores adyacentes. Su morfología es usualmente convexa y su disposición semicircular a elongada en relación la zona de arranque o despegue del movimiento en masa (Fotografía 6).



Fotografía 6. Vista de los depósitos inconsolidados de tipo coluvial, que se encuentra en las laderas del centro poblado de Chipipata

b) Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (V-at).

Esta unidad se encuentra asociada a los depósitos dejados por los flujos de detritos y de lodo de tipo excepcional. Compuesta por fragmentos rocosos heterométricos (bloques,

bolos y detritos) en matriz limo-areno-arcilloso, depositados en forma de cono en la confluencia entre la quebrada Ranracancha y el río Yanahuanca (Figura 4).



Figura 4. Quebrada Ranracancha que atraviesa el centro poblado de Chipipata (Fuente: Google Earth Pro)

Unidad de geformas particulares

Dentro de esta unidad se reúne a todos los cuerpos de agua de origen natural (lagunas) y artificial (represamientos), los cuales tienen dimensiones representables a la escala de trabajo.

a) Cauce del río (Río).

Esta unidad se caracteriza por estar compuesta de bolos, gravas, arenas, etc. transportadas por las corrientes del río Yanahuanca y Chaupihuaranga, los que se encuentran al noreste de la zona de estudio. Corresponden al lecho reciente de los ríos mencionados.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona de estudio, corresponden a los de tipo movimientos en masa (flujo de lodo, reptación, deslizamiento y derrumbe) (PMA: GCA, 2007).

Los movimientos en masa son originados por la combinación de factores condicionantes y detonantes. Los factores condicionantes o intrínsecos (la geometría del terreno, el tipo de suelo, el drenaje superficial y subterráneo y la cobertura vegetal), combinados con

factores detonantes o extrínsecos (lluvias, corte de carretera, canales, tala de árboles, etc.). El “detonante” de estos eventos son las precipitaciones pluviales que caen en la zona entre los meses de noviembre a febrero y la ocurrencia de sismos.

Finalmente, se presenta como resultado, el mapa de peligros geológicos del centro poblado de Chipipata (Figura 12). El mapa fue elaborado en base a la inspección técnica, datos tomados en campo, uso de imágenes de satélite y apoyo con sobrevuelo de un vehículo aéreo no tripulado.

5.1. Movimiento complejo (Derrumbe - Flujo de lodo)

Flujo canalizado muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados plásticos, cuyo contenido de agua es significativamente mayor al del material fuente (Índice de plasticidad mayor al 5%) (Figura 5). La dinámica de este tipo de movimiento en masa es similar al de un fluido con abundante contenido de material fino. En algunos países de Sudamérica se denomina flujo o torrentera de barro.

En el extremo noroeste del centro poblado de Chipipata, específicamente en las laderas del cerro Gashuagaga, se identificaron flujos de lodo no canalizados (figura 5). Estos peligros geológicos se originaron a partir de deslizamientos recientes, cuyo material fino (arcillas y limos) se comportaron como un fluido y transportaron por la ladera hasta llegar a la carretera de acceso al centro poblado. El recorrido desde su origen fue de 120 metros aproximadamente, figura 6.

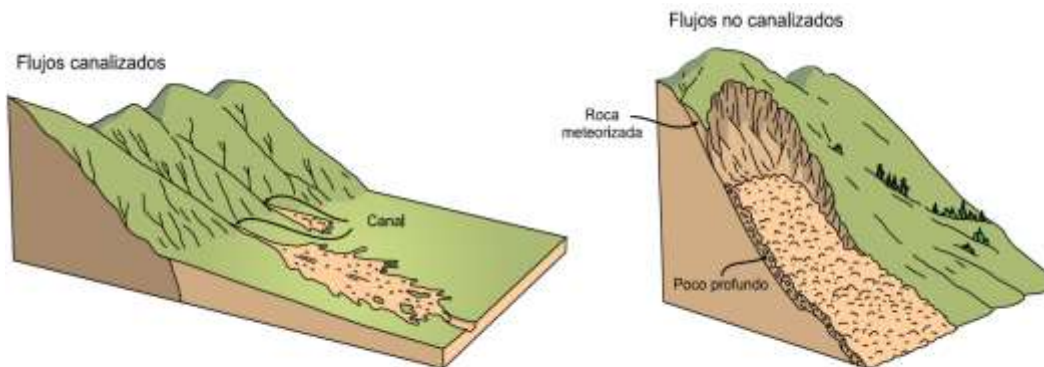


Figura 5. Esquema de flujos canalizados y no canalizados (Cruden & Varnes, 1996)



Figura 6. Cartografía de Flujo de lodo en la zona de estudio (polígono morado), deslizamientos que se encuentran en la parte alta (líneas amarillas) y reptación (Líneas anaranjadas) originados por las fuertes lluvias del mes de febrero. Imagen tomada con un vehículo aéreo no tripulado (dron).

5.2. Reptación de Suelo

Se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera, cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo (Figura 7).

La reptación en el terreno es importante en la formación de delgadas capas de suelo coluvial a lo largo de las laderas con pendiente alta. Estas capas pueden ser subsecuentemente la fuente de deslizamientos y avalanchas.

A consecuencia de las lluvias intensas y extraordinarias, en la zona de estudio, se incrementó la saturación del suelo, ocasionando reptaciones en todo el terreno (Fotografía 7).

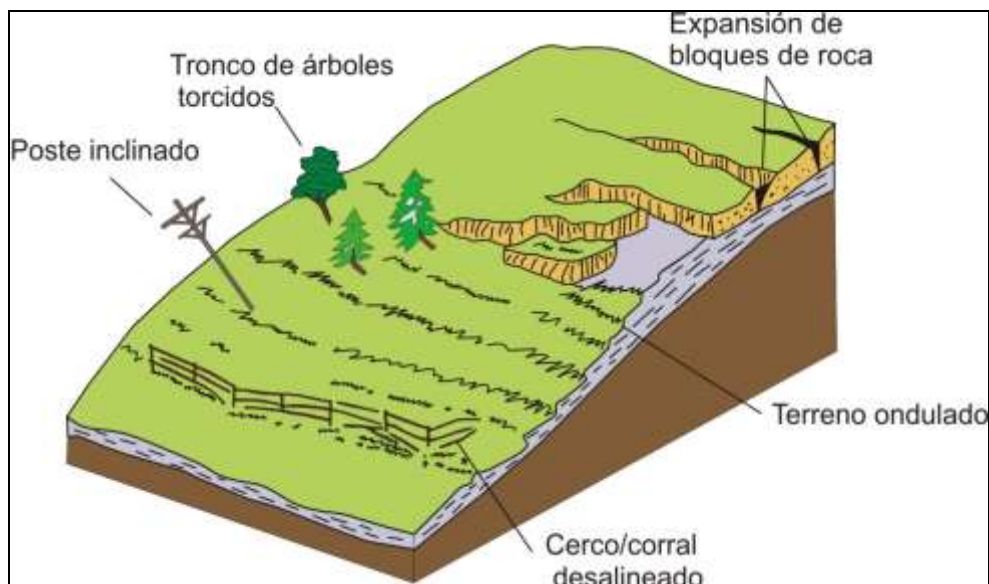


Figura 7. Esquema de reptación (Corominas & García, 1997)



Fotografía 7. Procesos de reptación en el extremo noroeste del centro poblado de Chipipata

5.3. Deslizamientos

Los deslizamientos son movimientos ladera abajo de una masa de suelo o roca, desplazándose a lo largo de una superficie. Según la clasificación de Varnes (1978), se clasifica a los deslizamientos por la forma de la superficie de deslizamiento por donde se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. En rocas competentes las tasas de movimiento son con frecuencia bajas, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas (PMA: GCA, 2007).

Los deslizamientos rotacionales son un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava (Figura 8). Los movimientos en masa rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado, y una contra-pendiente en la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca. Debido a que el mecanismo rotacional es auto-estabilizante, y este ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas.

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

En la figura 9, se representa las partes principales de un deslizamiento rotacional.

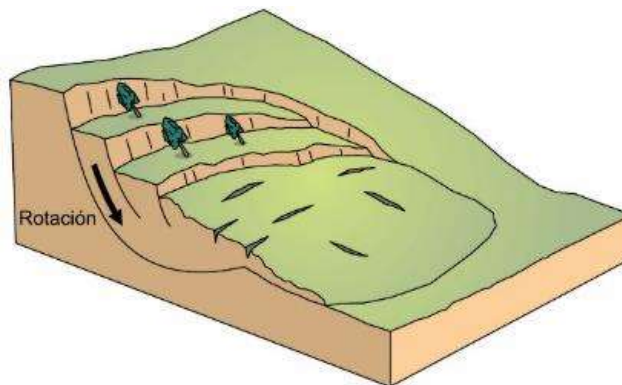


Figura 8. Esquema de un deslizamiento rotacional (tomado del Proyecto Multinacional Andino, 2007)

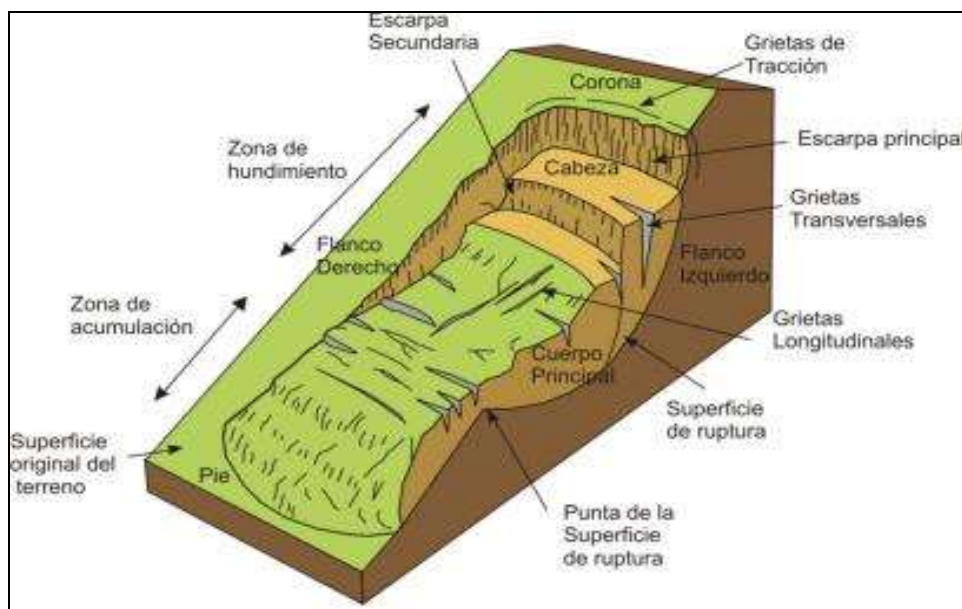


Figura 9. Esquema de un deslizamiento rotacional dónde se muestra sus partes principales

En las laderas cerro Gashuagaga se identificaron deslizamientos antiguos y recientes. Los deslizamientos recientes son de tipo rotacional y se originaron debido a las lluvias intensas y extraordinarias en la zona de estudio.

Se identificaron y delimitaron escarpas de deslizamientos recientes, con longitudes de hasta 25m y saltos verticales de hasta 0.5m (Figura 10).

Las escarpas presentan formas semicirculares a circulares continuas (Figura 11). El material deslizado se depositó en las laderas del cerro Gashuagaga.

Causas:

- a) Laderas con pendiente mayor a 30° que favorecen la ocurrencia de escorrentía pluvial, esto origina mayor erosión de la cobertura del suelo y roca.
- b) Sustrato rocoso conformado por areniscas y lutitas que se encuentra con intensa meteorización, son rocas de mala calidad y de fácil remoción.
- c) Se tienen depósitos coluvio-deluviales no consolidados producto de un deslizamiento antiguo.
- d) Filtraciones de agua al subsuelo.

El factor detonante son las precipitaciones pluviales (lluvias) intensas y extraordinarias ocurridas durante los meses de noviembre a febrero.



Figura 10. Vista de la escarpa del deslizamiento rotacional, que tiene una longitud de 25 m y un salto vertical de 0.50 m



Figura 11. Escarpa de deslizamiento de forma semicircular

5.4. Derrumbes

Son fenómenos asociados a la inestabilidad de las laderas de los cerros, consisten en el desprendimiento y caída repentina de una masa de suelo o rocas o ambos, que pueden rodar o caer directamente en forma vertical con ayuda de la gravedad. Son producidos o reactivados por sismos, erosión (socavamiento de la base en riberas fluviales o acantilados rocosos), efecto de la lluvia (saturación de suelos incoherentes) y la actividad humana (acción antrópica: cortes de carreteras o áreas agrícolas). Estos movimientos tienen velocidades muy rápidas a extremadamente rápidas.

En la zona de estudio estos fenómenos se dan a lo largo de la carretera Chipipata-Huanca, afectando hasta 2.5 km de la carretera asfaltada, Fotografía 8. Cabe mencionar que se han construido muros de contención como medida de mitigación antes este tipo de peligro geológico (Fotografía 9).

Causas:

- a) Laderas con pendiente mayor a 30°.
- b) Substrato rocoso de mala calidad y de fácil remoción.
- c) Depósitos coluvio-deluviales no consolidados producto de deslizamientos antiguos.
- d) Filtraciones de agua al subsuelo.

Los factores detonantes son la actividad antrópica (cortes de carretera) y las lluvias intensas ocurridas en la zona de estudio.



Fotografía 8. Derrumbes a lo largo de la carretera Chipipata-Huanca



Fotografía 9. Muro de contención en un tramo de la carretera Chipipata-Huanca como medida de mitigación ante derrumbes

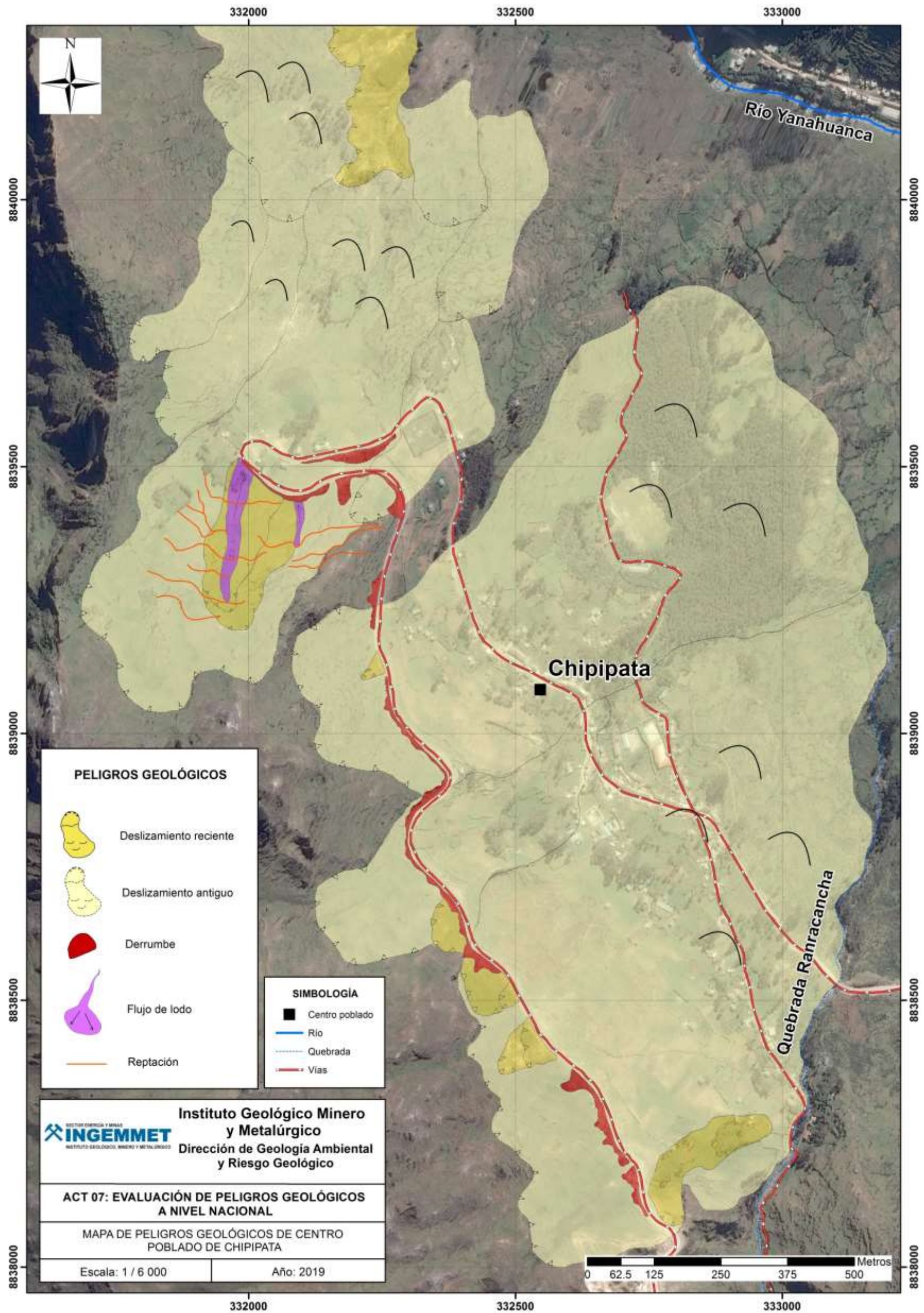


Figura 12. Mapa de peligros geológicos del centro poblado de Chipipata

6. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y/O MITIGACIÓN EN LAS ZONAS EVALUADAS

A partir de las condiciones geomorfológicas, geológicas, y de sitio identificadas, que caracterizan la susceptibilidad de los peligros geológicos identificados en el caserío de Chipipata, se requieren de medidas estructurales para poder mitigar y prevenir futuros desastres.

Con ello, se pueden resumir y describir algunas medidas que pueden considerarse para reducir la vulnerabilidad y por tanto el riesgo a estos procesos naturales. En esta sección se dan algunas propuestas de solución de forma general para las zonas evaluadas con la finalidad de minimizar las ocurrencias de los procesos identificados; así como también evitar la generación de nuevas ocurrencias o eventos futuros que causen daños.

6.1. Mitigación de peligros por deslizamientos y reptación

Los deslizamientos ocurren esencialmente de forma natural pero también por la actividad antrópica (agrícola, deforestación) mal desarrollada que acelera el proceso; asimismo por el socavamiento al pie de los deslizamientos, la utilización de canales sin revestir, etc.

A continuación, se proponen algunas medidas para el manejo de las zonas afectadas:

- Manejo agrícola: evitar riegos en exceso, estos deben ser cortos y frecuentes, de modo que limiten la infiltración y la retención en la capa superficial del suelo en contacto con los cultivos.
- Los canales deben ser revestidos (concreto, mampostería, terracemento, entre otros) para minimizar la infiltración y saturación de los terrenos.
- No debe construirse reservorios de agua sin revestimiento, ya que esto favorece la infiltración y saturación del terreno.
- El sistema de riego de cultivo debe ser tecnificado por aspersión controlada o por goteo.
- La remoción de la tierra para realizar el cultivo debe ser superficial pues una remoción más profunda realizada con maquinaria puede favorecer la infiltración y saturación del terreno.
- El desarrollo de vegetación natural (pastos, malezas, arbustos, árboles) contribuye a atenuar el proceso de incisión rápida de las masas deslizantes; no obstante, este seguirá produciéndose en forma lenta hasta alcanzar el equilibrio natural entre el suelo y la vegetación nativa.
- Realizar prácticas de conservación y regeneración de la cobertura vegetal natural conformada por pastos, malezas y arbustos.

- Evitar el sobrepastoreo que produzca deterioro y destrucción de la cobertura vegetal, se debe realizar un manejo de las zonas de pasturas mediante el repoblamiento de pasturas nativas, empleando sistemas de pastoreo rotativo, evitar la quema de pajonales.
- Construir zanjas de coronación: Las zanjas en la corona o en la parte alta de un talud, son utilizadas para interceptar y conducir adecuadamente las aguas lluvias y evitar su paso por el talud. La zanja de la corona no debe construirse muy cerca del borde superior del talud para evitar que se convierta en activadora de un deslizamiento en cortes recientes; o en una nueva superficie de falla (movimiento regresivo) en deslizamientos activos; o se produzca la falla de la corona del talud o escarpe (Figura 13).
- Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización. En la selección de árboles a utilizarse debe contemplarse las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y portes que alcanzaran versus la pendiente y profundidad de los suelos, se recomienda que las plantaciones forestales se ubiquen al lado de las zanjas de infiltración con el objeto de captar el agua y controlar la erosión

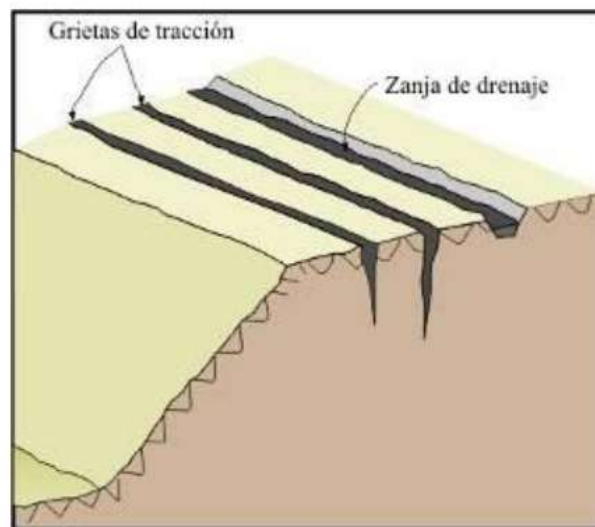


Figura 13. Canales de coronación

- Construir un sistema de drenaje tipo *Espina de pescado*: Para disminuir la infiltración de agua en la parte alta del talud, se construyen canales colectores en forma de Espina de pescado, los cuales conducen las aguas colectadas fuera de las áreas vulnerables del talud, entregándolas generalmente a los canales en gradería o torrenteras (Figura 14). Estos canales deben impermeabilizarse adecuadamente para evitar la reinfiltración del agua
- Monitoreo permanente en la zona durante el periodo lluvioso: Implementar un sistema de monitoreo de la zona de arranque, que permita determinar la existencia de movimiento en la masa deslizante, este puede estar constituido por estacas de madera o varillas de fierro, las cuales deben estar colocadas tanto dentro del deslizamiento, como en una zona estable (fuera o encima del cuerpo de deslizamiento), realizándose medidas de la

distancia entre estacas, cada cierto tiempo, aumentado la frecuencia de medidas durante periodos de lluvia. De detectarse movimientos rápidos, se informará a la población para que pueda realizarse la evacuación de las zonas que pueden resultar afectadas.

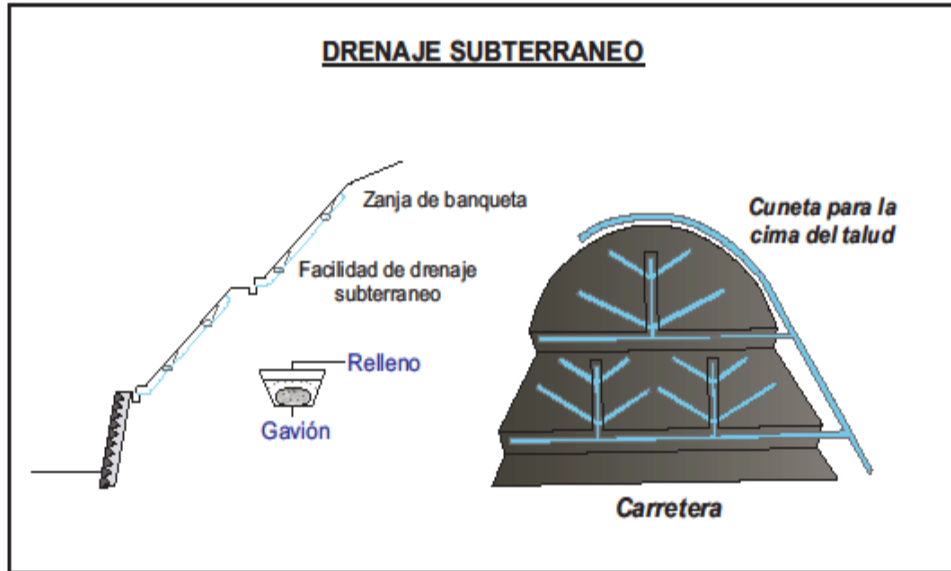


Figura 14. Sistema de drenaje tipo Espina de pescado

6.2. Mitigación de peligros por derrumbes

a) Corrección por muros

Los muros se emplean frecuentemente como elementos resistentes en taludes (Figura 15).

En ocasiones se emplean para estabilizar deslizamientos existentes o potenciales al introducir un elemento de contención al pie (Figura 16). Esta forma de actuar puede tener varios inconvenientes. En primer lugar, la construcción del muro exige cierta excavación en el pie del talud, lo cual favorece la inestabilidad hasta que el muro esté completamente instalado. Por otra parte, el muro no puede ser capaz de evitar posibles deslizamientos por encima o por debajo del mismo.

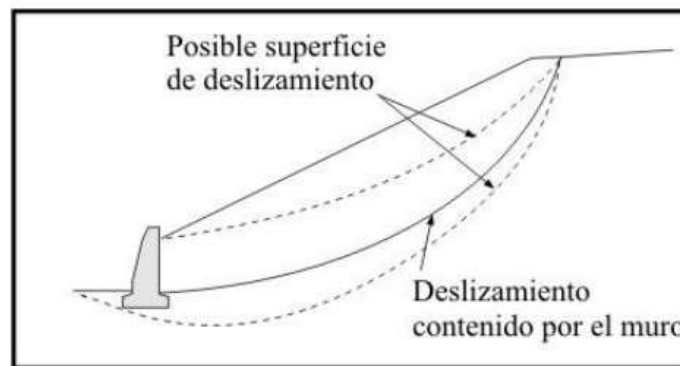


Figura 15. Contención de un deslizamiento mediante un muro (INGEMMET, 2000)

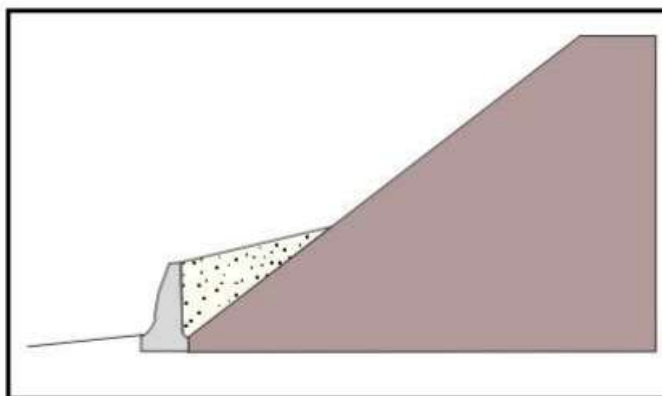


Figura 16. Relleno estabilizador sostenido por el muro (INGEMMET, 2000)

Una contención solo puede sostener una longitud determinada de deslizamiento ya que en caso contrario el deslizamiento sobrepasa al muro. Cuando quieran sujetarse deslizamientos más largos, debe recurrirse a un sistema de muros o a otros de los procedimientos expuestos.

Por todo ello, en taludes con signos evidentes de inestabilidad puede ser más apropiado realizar el muro con objeto de retener un relleno estabilizador.

En desmontes y terraplenes en los que la falta de espacio impone taludes casi verticales, el empleo de muros resulta casi obligado. Este es un caso frecuente en la construcción de vías de transporte. En ocasiones, como en el caso de un desmonte en una ladera, puede resultar más económica la construcción de un muro, frente al coste de sobre excavación requerido si aquel no se realiza. La construcción de un muro es generalmente una operación cara. A pesar de ello, los muros se emplean con frecuencia pues en muchos casos son la única solución viable.

Los muros se pueden clasificar en tres grupos (Figura 17):

Muros de sostenimiento: Se construyen separados del terreno natural y se rellenan posteriormente.

Muros de contención: Generalmente van excavados y se construyen para contener un terreno que sería probablemente inestable sin la acción del muro.

Muros de revestimiento: Su misión consiste esencialmente en proteger el terreno de la erosión y meteorización además de proporcionar un peso estabilizador. Cuando se proyecta un muro deberán determinarse las cargas a las que va a estar sometido y su distribución, lo que permitirá planificar una estructura capaz de resistirlas.

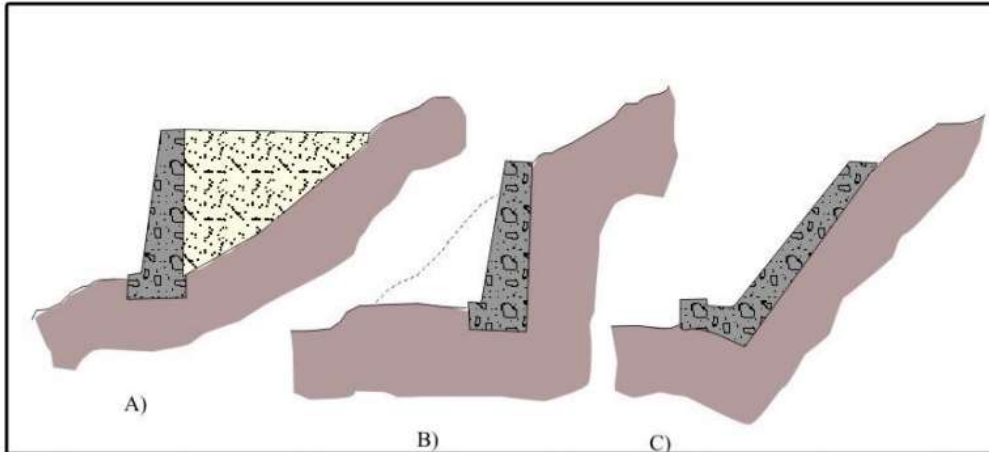


Figura 17. a) Muro de sostenimiento b) Muro de contención c) Muro de revestimiento (INGEMMET, 2000)

Las comprobaciones que deben efectuarse en un caso típico son las siguientes:

- Estabilidad general del sistema muro-terreno al deslizamiento; la estabilidad general del muro incluye la estabilidad al vuelco y al deslizamiento.
- Resistencia del terreno del cimiento.
- Ausencia de tracciones en la base del muro.
- Resistencia estructural: Se ha de comprobar que las tensiones máximas en el muro no superasen los valores admisibles.

7. CONCLUSIONES

1. El caserío de Chipipata se encuentra asentado en la margen derecha del río Yanahuanca, en zonas susceptibles a deslizamientos.
2. Geomorfológicamente, el caserío se encuentra sobre piedemontes coluvio-deluviales, formados por deslizamientos antiguos y en los alrededores se encuentran montañas en rocas sedimentarias.
3. Los depósitos coluvio-deluviales, sobre los cuales está asentado el caserío de Chipipata, son el resultado de antiguos movimientos en masa y son susceptibles a reactivaciones. El sustrato rocoso corresponde a rocas sedimentarias tipo areniscas, lutitas y limolitas.
4. El caserío de Chipipata es afectado por peligros geológicos de tipo deslizamientos, flujos de lodo, reptaciones y derrumbes, que son detonados por lluvias intensas y/o extraordinarias.
5. Los movimientos en masa afectan la carretera Chipipata-Huanca y podrían afectar a las viviendas del centro poblado de Chipipata.
6. Por las condiciones geológicas y geodinámicas, el caserío de Chipipata es considerado como Zona Crítica de peligro muy alto por deslizamientos, flujo de lodo y derrumbes; y se encuentra en Peligro Inminente ante la presencia de lluvias intensas y/o extraordinarias.

8. RECOMENDACIONES

- a. Implementar un sistema de alerta temprana, que sea utilizada en temporadas de lluvias intensas para informar a la población involucrada de la actividad de los eventos que comprometen su seguridad física y ante la ocurrencia de un evento de gran magnitud, pueda realizarse la evacuación de las zonas que resulten afectadas.
- b. Implementar un sistema de señalización de rutas de evacuación ante la amenaza de inundaciones por lluvias intensas.
- c. Las obras de prevención y/o mitigación sugeridas deben ser dirigidas y ejecutadas por profesionales con conocimiento y experiencia en el tema.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cobbing, J.; Quispesivana, L. & Paz, M. (1996). Geología de los cuadrángulos de Ambo, Cerro de Pasco y Óndores (21-k, 22-k, 23-k). INGEMMET, *Boletín Serie A: Carta Geológica Nacional*, 77, 244 p.

Cobbing, J.; Sánchez, A.; Martínez, W. & Zárate, H. (1996). Boletín N°76 Serie A: Carta Geológica Nacional, "Geología de los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquián y Yanahuanca.

Cruden, D.M. & Varnes, D.J., Landslides Types and Processes in Turner, A.K and Schuster, R.L. Editores (1996). Landslides Investigation and Mitigation, Special Report 247, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 672 p.

Hungr, O. & Evans, S.G. (2004). Entrainment of debris in rock avalanches: an analysis of a long run-out mechanism: Geological Society of America Bulletin.

Luque, G. & Rosado, M. (2013). Zonas críticas por peligros geológicos en la región Pasco. Informe Técnico preliminar. INGEMMET, 59 p.

Luque, G. & Rosado, M. (*Inédito*). Riesgo Geológico en la región Pasco. *Boletín inédito Serie C*. INGEMMET, 195 p.

Varnes, J. (1978). Slope movements types and processes. En: SCHUSTER, L. y KRIZEK, J. Ed, Landslides analysis and control. Washington D.C. National Academy Press Transportation Research Board Special Report 176, p.