



SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INGEMMET

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A6947

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL CENTRO POBLADO DE CARAMPA

Región Huancavelica

Provincia Tayacaja

Distrito Pazos



SEPTIEMBRE

2019

ÍNDICE

RESUMEN	2
1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	3
1.2. ESTUDIOS ANTERIORES	3
2. GENERALIDADES	5
2.1. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD.....	5
2.2. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	6
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	8
3.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL	8
3.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL O AGRADACIONAL.....	9
4. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	11
4.1. UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS.....	11
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	16
5.1. CONCEPTOS BÁSICOS	16
5.1.1. DESLIZAMIENTOS	16
5.1.2. DERRUMBES	17
5.1.3. FLUJOS	18
5.1.4. CÁRCAVAS.....	20
6. CÁRCAVAS EN EL CENTRO POBLADO DE CARAMPA	20
6.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS CÁRCAVAS	25
7. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y/O MITIGACIÓN EN LA ZONA EVALUADA.....	31
CONCLUSIONES.....	35
RECOMENDACIONES.....	36
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL CENTRO POBLADO DE CARAMPA (Distrito Pazos, provincia Tayacaja, departamento Huancavelica)

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el centro poblado de Carampa. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología.

En el centro poblado de Carampa se identificaron movimientos en masa de tipo deslizamientos, flujos de detritos, derrumbes, así como erosión de laderas a manera de cárcavas, están últimas transportan material que es canalizado hasta su desembocadura en el río Acocra; los flujos de detritos, generados en los meses de lluvias, podrían represar el río en mención.

Entre los factores condicionantes que originaron los peligros geológicos identificados, se tienen: la morfología de las montañas, la pendiente del terreno, la composición litológica y calidad del substrato rocoso, así como el tipo de suelo que es de fácil remoción por acción hídrica. Las precipitaciones pluviales extraordinarias son el factor desencadenante que originan dichos eventos. También es importante considerar la exposición de personas y todos sus bienes por la ocupación urbana no planificada.

Por las condiciones geológicas-geodinámicas y los antecedentes históricos, el centro poblado de Carampa es considerado como Zona Crítica, de peligro muy alto por deslizamientos, derrumbes y flujos de detritos, ante la presencia de lluvias intensas y/o extraordinarias.

Finalmente, se brindan las recomendaciones viables técnica y económicamente por la población y sus autoridades, para reducir la vulnerabilidad y por tanto el riesgo a los peligros geológicos. Estas propuestas de solución se plantean 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.

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.

El alcalde de la Municipalidad Distrital de Pazos, Walter Linares Quilca, mediante Oficio N° 200-2019-MDP/A de fecha 29 de mayo, solicitó al INGEMMET la actualización del estudio de peligros geológicos del centro poblado de Carampa, ubicado en el distrito de Pazos, provincia Tayacaja, región Huancavelica. Dicho centro poblado fue declarado en riesgo el año 2013.

Para la evaluación de los peligros geológicos en el centro poblado de Carampa, el INGEMMET, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, dispuso una brigada especializada para que evalúe las zonas afectadas. La brigada estuvo conformada por los profesionales Manuel Vílchez y Julio Lara para realizar la inspección técnica. Los trabajos de campo se realizaron el día 28 de junio del presente año.

La evaluación técnica, se basó en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por el INGEMMET y otras instituciones competentes, la interpretación de imágenes satelitales de la zona de estudio, preparación de mapas temáticos preliminares para trabajos de campo, toma de datos en campo (fotografías y puntos de control con GPS), cartografiado geológico y geodinámico en campo, y finalmente la redacción del informe técnico.

Este informe, se pone en consideración del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), autoridades y funcionarios competentes, para la ejecución de medidas de mitigación y reducción del riesgo, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

- Realizar la evaluación geológica-geodinámica del centro poblado de Carampa ubicado en el distrito de Pazos, provincia Tayacaja, región Huancavelica.
- Determinar las causas de origen de los peligros geológicos.
- Recomendar acciones viables técnica y económicamente que permitan mitigar los peligros identificados.

1.2. ESTUDIOS ANTERIORES

Entre los estudios realizados con anterioridad y que se tomaron como base para la realización del presente informe, se tienen:

- "Estudio de riesgos geológicos del Perú-Franja N° 3" (Dirección de Geología Ambiental, 2003). Según este estudio, el centro poblado de Carampa se ubica sobre áreas sujetas a caídas, derrumbes, deslizamientos y movimientos complejos, con un riesgo moderado-alto a estos peligros. Las características de estas áreas son la presencia de laderas de pendientes medias a fuertes,

zonas con rocas fracturadas a muy fracturadas y alteradas, donde han ocurrido o existe una alta posibilidad de que ocurran estos fenómenos. Finalmente, plantean medidas de prevención y mitigación para las zonas afectadas por los diferentes peligros geológicos.

- "Zonas críticas por peligros geológicos en la región Huancavelica" (Vilchez & Ochoa, 2014). En la región Huancavelica identificaron 1740 ocurrencias de peligros geológicos, entre las que destacan con un mayor número de ocurrencias los derrumbes, flujos de detritos, caídas de rocas, deslizamientos, etc. También identificaron 45 zonas críticas en toda la región Huancavelica, de las cuales 13 se encuentran en la provincia de Tayacaja. Según este informe el sector de Carampa (Distrito Pazos) es considerado una zona crítica por deslizamiento rotacional y cárcavas. En este sector identificaron incisión intensa en el terreno en forma de cárcavas con avance retrogresivo, a manera de deslizamientos rotacionales que producen la pérdida de terrenos de cultivo, y que han afectado algunas viviendas, así como la iglesia de Carampa. El deslizamiento principal tiene un ancho promedio de 250 m, con presencia de agrietamientos transversales. Finalmente, recomiendan monitorear los deslizamientos activos, el control de la erosión de laderas por medio de reforestación o colocando trinchos de retención de sedimentos en las quebradas, torrenteras y cárcavas, así como la limpieza de cunetas y derivación de aguas hacia quebradas vecinas.
- "Evaluación geodinámica del centro poblado de Carampa, distrito de Pazos, provincia de Tayacaja, región Huancavelica" (Gómez, Ortiz & Lavado, 2013). Concluyen que la litología de la zona (limoarcillitas y lodolitas fuertemente fracturadas y plegadas), la pendiente de la ladera y la intensa escorrentía superficial predisponen a la ocurrencia de deslizamientos recurrentes en la zona. También recomiendan realizar estudios geofísicos-geotécnicos a fin de caracterizar geotécnicamente el subsuelo de Carampa y las zonas afectadas por las cárcavas y deslizamientos; realizar un levantamiento topográfico de detalle del centro poblado de Carampa para delimitar adecuadamente las zonas afectadas por el deslizamiento y zonas potenciales a ser afectadas, con lo cual se pueden diseñar adecuadas medidas de mitigación.

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

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, conglomerados, pizarras, areniscas y rocas intrusivas. Los relieves que presentan susceptibilidad alta son las montañas de moderada y fuerte pendiente, montañas y colinas estructurales, los terrenos que presentan pendientes que varían entre 20° y 35° (algunos casos hasta 45°), entre otros.

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), así como laderas con pendiente entre 20° y 35°, morfologías de montañas de moderada a fuerte pendiente y piedemontes (depósitos de deslizamientos antiguos, entre otros).

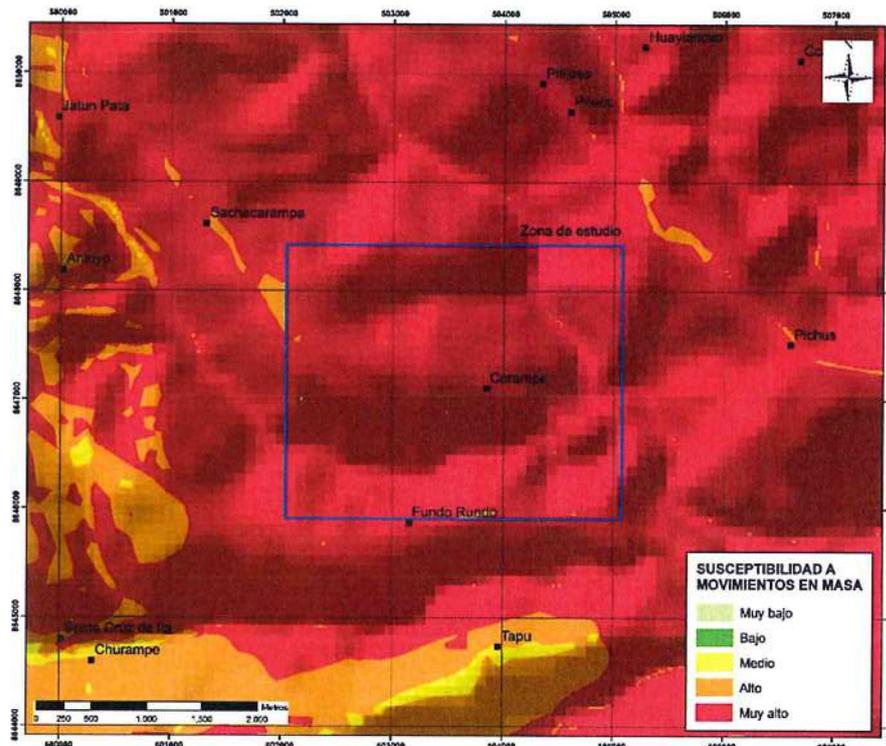


Figura 1. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa en la zona de estudio, donde se puede encontrar al centro poblado de Carampa en zonas de muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa.

2. GENERALIDADES

2.1. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

El centro poblado de Carampa se encuentra ubicado en la margen derecha del río Acocra. Políticamente pertenece al distrito de Pazos, provincia Tayacaja, región Huancavelica; en las coordenadas centrales UTM (WGS 84-Zona 18 Sur), figura 2:

Centro poblado	Coordenada N	Coordenada E	Altitud
Carampa	8 647 056.53	504 087.84	3 072 m s.n.m.

El acceso a la zona de estudio, desde la ciudad de Lima, es por vía terrestre, para ello se debe seguir la siguiente ruta: Lima-Matucana-La Oroya-Jauja-Huancayo-Pazos-Carampa por un tiempo estimado de 8 h 36 min, a través de 370.5 km aproximadamente.

Desde la ciudad de Huancavelica, el recorrido se realiza también por vía terrestre, considerando la ruta: Huancavelica-Pampas-Pazos-Carampa.

El itinerario que se siguió fue el siguiente:

Desde	Vía	Kilómetros	Tiempo estimado
Lima a Huancayo	Terrestre	304 km	6 h 46 min
Huancayo a Pazos		53 km	1h 15 min
Pazos a Carampa		13.5 km	35 min

2.2. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio está situada en el piso altitudinal entre 2 300 a 3 500 m s.n.m.

Se ubica en la margen derecha del río Acocra que forma parte de la cuenca del río Mantaro. Cabe mencionar que este río se encuentra erosionando y desestabilizando las laderas de las montañas sobre las cuales se ubica el centro poblado de Carampa.

En los alrededores del centro poblado en mención se encuentran quebradas tributarias al río Acocra, como la quebrada Huayaray que se ubica la sur del centro poblado de Carampa.

Presenta un clima templado, muy lluvioso, con precipitaciones abundantes en todas las estaciones del año y humedad relativa que calificada como húmeda (SENAMHI, 2002).

La precipitación anual promedio es de 700 mm, mientras que la temperatura media anual se encuentra en 12 °C.

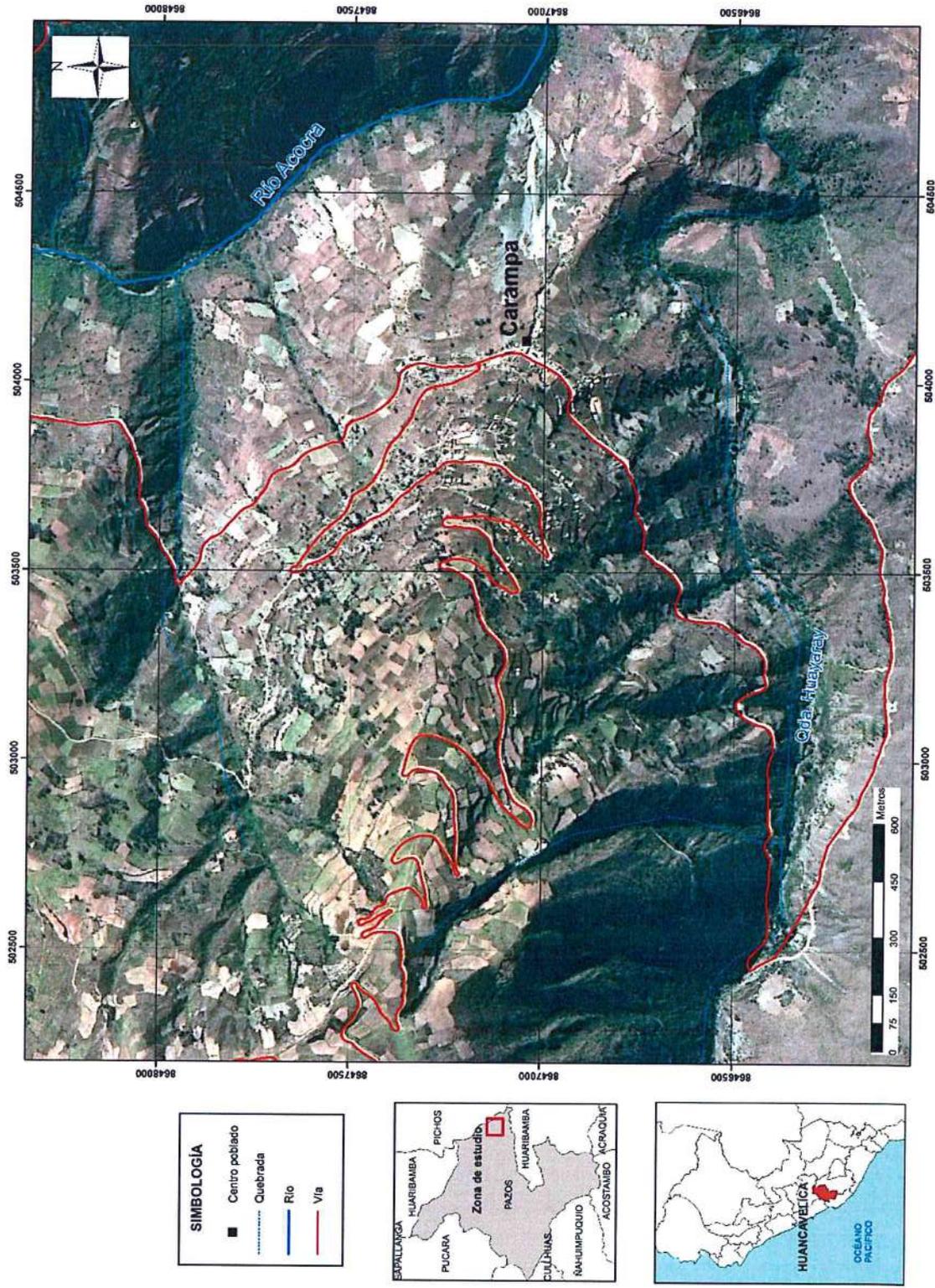


Figura 2. Ubicación del centro poblado de Carampa.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Para poder caracterizar las unidades geomorfológicas identificadas en la zona de estudio, se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y la caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación a la erosión (denudación) y sedimentación (acumulación).

Las geoformas particulares individualizadas se agrupan en tres tipos generales del relieve en función a su altura relativa, donde se diferencian: 1) Montaña, 2) Piedemonte y 3) Geoformas particulares. Ver cuadro 1.

Se tomó en cuenta, para la clasificación de las unidades geomorfológicas, la publicación de Villota (2005).

Cuadro 1. Unidades geomorfológicas identificadas

Unidades geomorfológicas de carácter tectónico degradacional y erosional	
Unidad	Sub unidad
Montaña	Montaña en roca metamórfica (RM-rm)
Unidades geomorfológicas de carácter depositacional o agradacional	
Unidad	Sub unidad
Piedemonte	Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at)
	Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd)
Geoformas particulares	Cauce del río (Río)

3.1. 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, superficies onduladas y lomadas. Dentro de este grupo se tiene la siguiente unidad:

Unidad de montaña

Es la unidad o componente de cualquier cadena montañosa y se define como una gran elevación natural del terreno, de diverso origen, con más de 300 metros de desnivel, cuya cima puede ser aguda, sub aguda, semiredondeada, redondeada

o tabular y cuyas laderas regulares, irregulares a complejas y que presenta un declive promedio superior al 30% (FAO, 1968).

Relieve de montañas en rocas metamórficas (RM-rm)

Estas formas del relieve están conformadas por substratos rocosos metamórficos tipo filitas y esquistos, reducidos por procesos denudativos y que se encuentran conformando elevaciones alargadas y de pendiente moderada a alta (30° a 45°).

Sobre estas geoformas se ubica el centro poblado de Carampa (fotografía 1).



Fotografía 1. Montañas en rocas metamórficas sobre las cuales se ubica el centro poblado de Carampa. Vista al suroeste.

3.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL O AGRADACIONAL

Estas geoformas son resultado del conjunto de procesos geomorfológicos a los que se puede denominar constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía 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.

Las geoformas de carácter depositacional, identificadas en la zona de estudio, son:

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.

Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at)

Esta subunidad geomorfológica corresponde a los depósitos dejados por los flujos de detritos (huaicos) y de lodo de tipo excepcional. Se caracteriza por tener una pendiente suave (menor a 5°).

Está compuesto por fragmentos rocosos heterométricos (bloques, bolos y detritos), subangulosos, en matriz limo-arenosa, transportados por las quebradas y depositados en forma de cono.

Se identificaron estos piedemontes al este del centro poblado de Carampa, en la margen derecha del río Acocra (figura 3).

Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd)

Esta subunidad corresponde a las acumulaciones de laderas originadas por procesos de movimientos en masa (deslizamientos y derrumbes), 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.

Se identificaron estas geoformas en las laderas de las montañas en rocas metamórficas (figura 3).

Unidad de Geoformas particulares

Estas geoformas también son resultado de procesos geomorfológicos constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía, las corrientes marinas y los vientos, los cuales tienden a depositar materiales sólidos resultantes de la denudación de terrenos más elevados.

Cauce del río (Río)

Corresponden a cauces con fondos sinuosos con algunas depresiones y con cambios de pendiente relativamente bruscos; a pesar de que la corriente trata de divagar, las pendientes altas y los controles geológicos y topográficos condicionan a mantener un cauce relativamente recto. En ambos lados de la corriente de agua se producen sedimentaciones en forma de playones y barras (Suárez, 1992). En general los ríos rara vez son rectos por tramos superiores a unas diez veces la amplitud de su canal (Villota, 1991). Esta geoforma corresponde al cauce del río Acocra (figura 3).



Figura 3. Piedemontes aluvio-torrenciales y coluvio-deluviales ubicados al este del centro poblado de Carampa, así como el cauce del río Acocra. Vista al noreste.

4. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico del área de estudio, se desarrolló teniendo como base el Boletín N° 12-Geología del cuadrángulo de Pampas-Hoja: 25-n (Guizado & Landa, 1964) y la Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Pampas (25-n) (Cerrón & Ticona, 2003), donde indican que en la zona de estudio afloran rocas metamórficas tipo pizarras, rocas sedimentarias tipo limoarcillitas y rocas intrusivas tipo dacitas, así como depósitos Cuaternarios (aluvio-torrenciales, coluviales y coluvio-deluviales).

También se trabajó en base a la interpretación de imágenes de satélite y observaciones de campo para realizar un cartografiado a mayor detalle.

4.1. UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

Las unidades litoestratigráficas que afloran en el área de estudio, corresponden a rocas metamórficas y depósitos Cuaternarios (figura 5), diferenciándose las siguientes:

Grupo Cabanillas (D-ca)

Las rocas de este grupo se distribuyen ampliamente a manera de franja alargada con dirección NO-SE. Litológicamente, está compuesto en sus niveles más inferiores por una secuencia monótona de limoarcillitas pizarrosas, filitas (fotografía 2), esquistos y pizarras oscuras de color negro, con algunas intercalaciones de areniscas oscuras y gris verdosas de grano grueso en capas delgadas del Devónico.



Fotografía 2. Filitas identificadas en el centro poblado de Carampa. Las rocas se presentan muy fracturadas. Vista al oeste.

Dacita Carampa (PTR-ca/da)

Las rocas de esta unidad litoestratigráfica afloran al oeste del centro poblado de Carampa, de forma irregular se encuentra emplazado en rocas del Grupo Cabanillas. La roca presenta un color, gris claro con tonalidad verde clara, equigranular y grano medio. Macroscópicamente presenta plagioclasas, cuarzo, y en menor proporción minerales máficos (hornblenda y biotita). En la fotografía 3 se observan afloramientos de dacitas muy meteorizadas.



Fotografía 3. Rocas dacíticas identificadas en la localidad de Sachacarampa, los afloramientos se encuentran muy meteorizados y fracturados.

Depósitos aluvio-torrenciales (Qh-at)

Los depósitos aluvio-torrenciales se encuentran conformados por fragmentos rocosos heterométricos (guijarros, gravas y bloques) con relleno limo arenoso-arcilloso, depositado en el fondo de valles tributarios y conoides deyectivos, en la confluencia de las quebradas. Ocupan las partes bajas del relieve montañoso y adyacente a las referidas zonas.

Corresponden a depósitos de flujos de detritos antiguos y recientes identificados al este del centro poblado de Carampa.

Depósitos coluviales (Qh-co)

Los depósitos coluviales se encuentran en las laderas, constituyendo depósitos de piedemonte, producto de caídas de rocas o derrumbes de corto recorrido. Están conformados por material heterométrico, de dimensiones milimétricas a centimétricas, que soportan bloques decimétricos e incluso métricos. Los bloques son normalmente angulosos a sub-angulosos y de litología diversa. Posee espesor variable, dependiendo de la pendiente y morfología de las laderas de las montañas.

Se identificaron estos depósitos en las laderas de las montañas sobre las cuales se ubica el centro poblado de Carampa (figura 4).

Depósitos coluvio-deluviales (Qh-cd)

Esta unidad litoestratigráfica 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 superiores; en muchos casos son resultado de una mezcla de ambos. En conjunto, 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 detonadas por precipitaciones pluviales o al realizar modificaciones en sus taludes naturales.

Se identificaron depósitos coluvio-deluviales, producidos por las precipitaciones extraordinarias ocurridas en la zona de estudio, al este del centro poblado de Carampa.

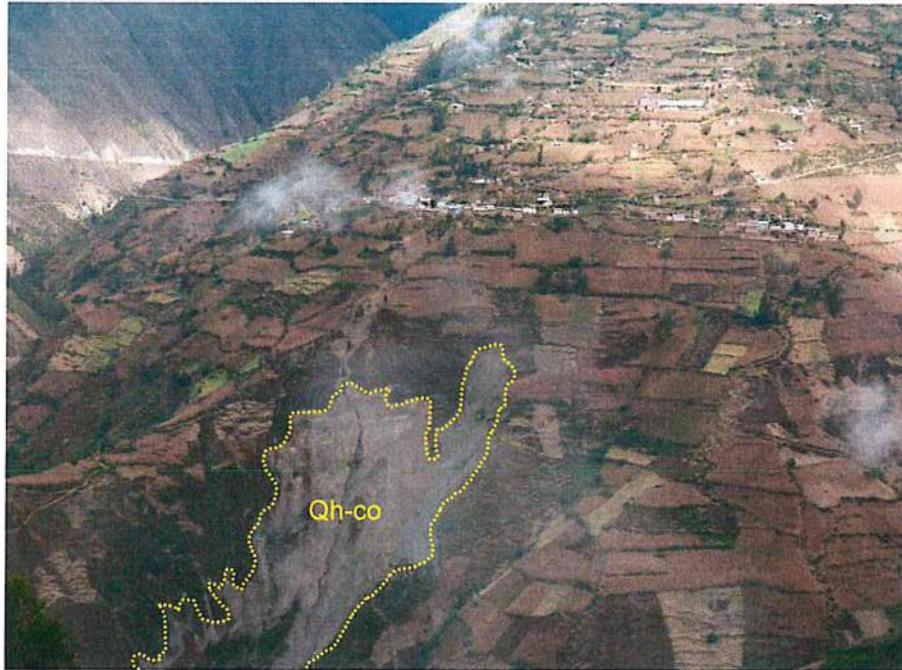


Figura 4. Depósitos coluviales (Qh-co) ubicados en la parte baja del centro poblado de Carampa, formados por derrumbes recientes. Vista al suroeste.

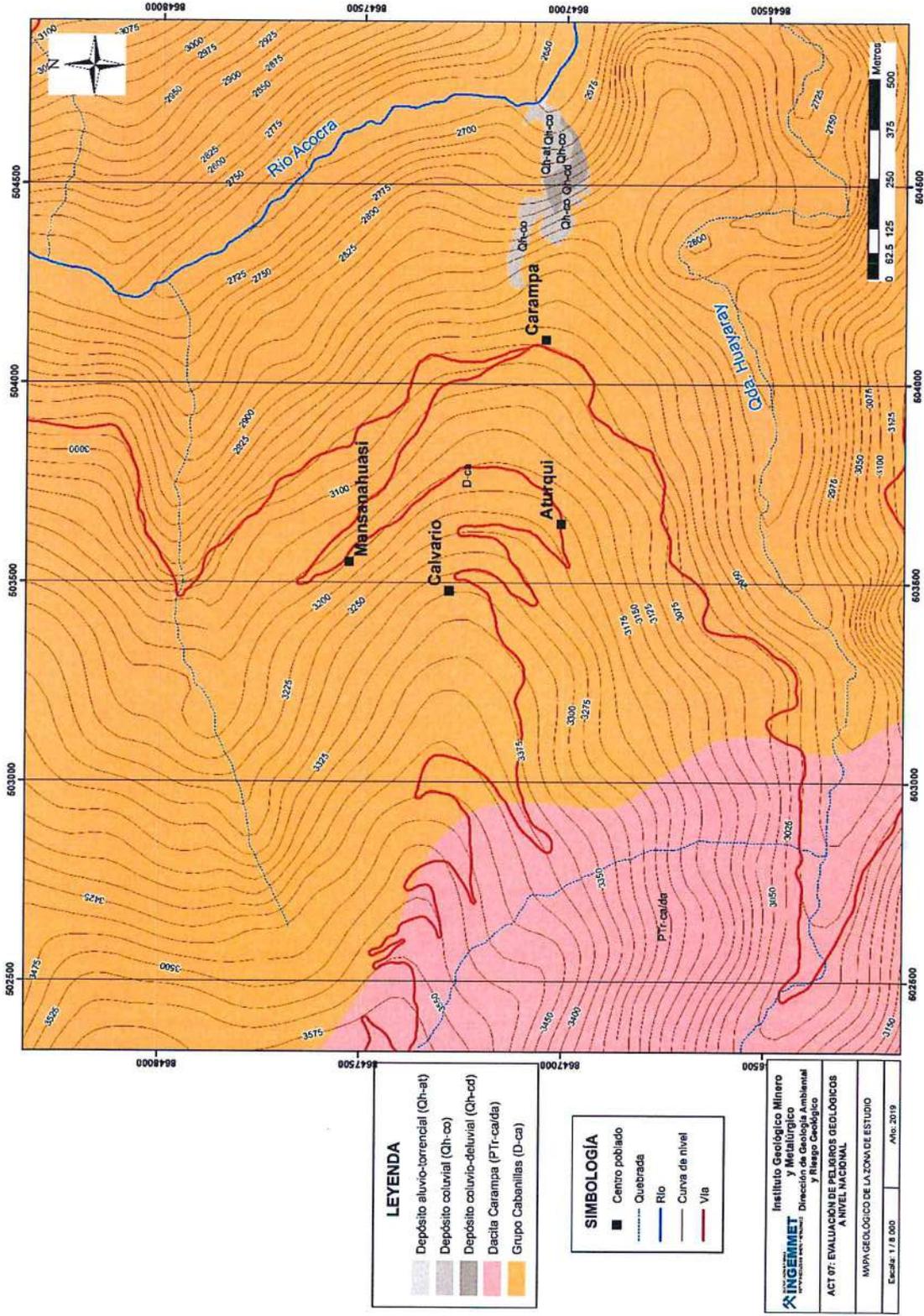


Figura 5. Mapa geológico de la zona de estudio.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos identificados en el centro poblado de Carampa, corresponden a movimientos en masa de tipo deslizamientos, derrumbes y flujos de detritos (PMA: GCA, 2007), así como erosión de laderas en forma de cárcavas.

Estos procesos son resultado del modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida por los cursos de agua en la Cordillera Occidental, que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos y quebradas.

Estos movimientos en masa, tienen como causas o condicionantes factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de roca, el tipo de suelo, el drenaje superficial-subterráneo, la cobertura vegetal, entre otros. Se tiene como “desencadenantes” de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona.

5.1. CONCEPTOS BÁSICOS

A continuación, se describen algunos términos referentes a peligros geológicos y que serán utilizados en el presente informe técnico.

5.1.1. DESLIZAMIENTOS

Los deslizamientos son movimientos ladera abajo de una masa de suelo o roca, desplazándose a lo largo de una superficie. Según Varnes (1978), se clasifica a los deslizamientos por la forma de la superficie de falla o ruptura 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 6). Los deslizamientos 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 7, se representa las partes principales de un deslizamiento rotacional.

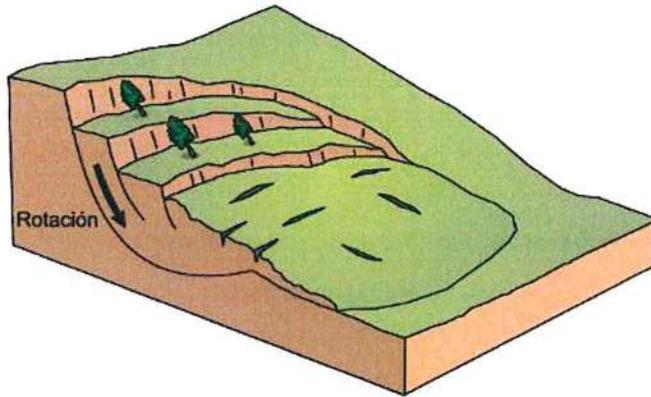
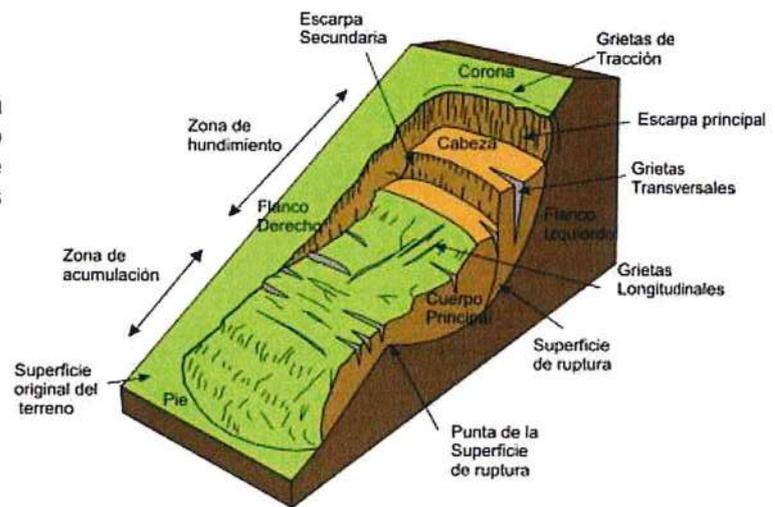


Figura 6. Esquema de un deslizamiento rotacional (tomado del Proyecto Multinacional Andino, 2007).

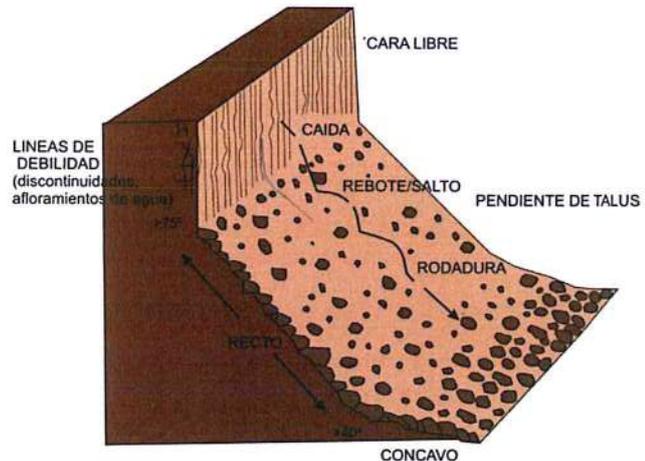
Figura 7. Esquema de un deslizamiento rotacional dónde se muestra sus partes principales.



5.1.2. DERRUMBES

Los derrumbes son caídas violentas de material que se puede dar tanto en macizos rocosos como depósitos de cobertura, desarrollados por: heterogeneidad litológica, meteorización, fracturamiento, fuertes pendientes, humedad y/o precipitaciones, sismos y erosión generada en las márgenes. Estos fenómenos suelen producirse en taludes verticales en suelos inconsolidados a medianamente consolidados, rocas muy fracturadas y en el corte de carreteras, canteras, acantilados marinos, taludes de terraza, etc., figura 8.

Figura 8. Esquema de un derrumbe (Vílchez, 2015).



5.1.3. FLUJOS

Son movimientos en masa que durante su desplazamiento exhiben un comportamiento semejante al de un fluido; pueden ser rápidos o lentos, saturados o secos. En muchos casos se origina a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978).

Según la proporción de las fracciones sólidas y líquidas que conforman el flujo, así como por el mecanismo de movimiento y la velocidad del movimiento se pueden diferenciar hasta siete tipos diferentes de eventos: flujo seco, flujo de detritos, inundación de detritos, flujo de lodo, flujo de tierra, avalancha de rocas y avalancha de detritos (Varnes, 1978; Hungr et al. 2001 y Hungr, 2005).

a) *Flujo de detritos (huaicos)*

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.

Los flujos de detritos pueden ser rápidos o lentos, saturados o secos y originarse a partir de otros procesos, como deslizamientos o desprendimientos de rocas (Varnes, 1978).

Son capaces de transportar grandes volúmenes de fragmentos rocosos de diferentes tamaños y alcanzar grandes extensiones de recorrido, más aún si la pendiente es mayor.

Se refieren a movimientos en masa que durante su desplazamiento se comportan como un fluido; pueden ser lentos, saturados o secos, canalizados y no canalizados.

Según Hungr & Evans (2004) los flujos se pueden clasificar de acuerdo al tipo y propiedades del material involucrado, la humedad, la velocidad, el

confinamiento lateral (canalizado o no canalizado) y otras características que puedan hacerlos distinguibles. Por ejemplo, se tienen flujos de detritos (huaicos), flujos de lodo, avalanchas de detritos o de rocas, etc. (figura 9).

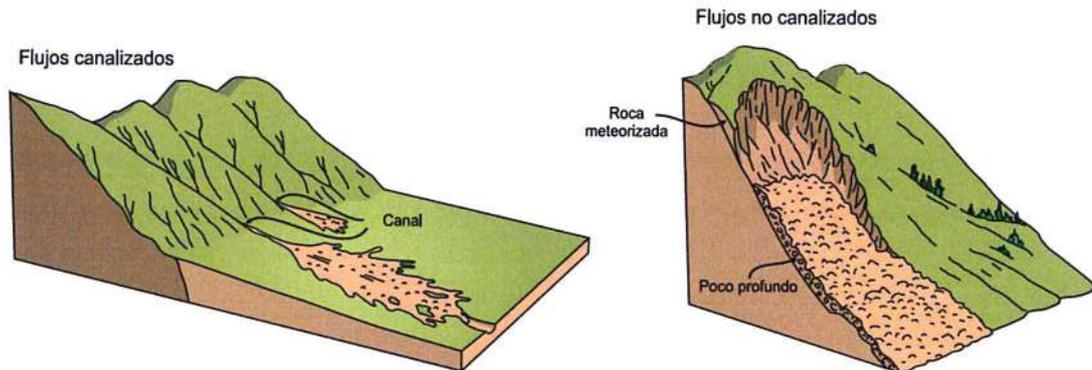


Figura 9. Esquema de flujos canalizados y no canalizados (Cruden & Varnes, 1996).

En este tipo de procesos se muestra una zona de inicio que forma un embudo, una zona de transición o tránsito y una zona de depositación en abanico como se muestra en la figura 10 (Bateman *et al*, 2006).

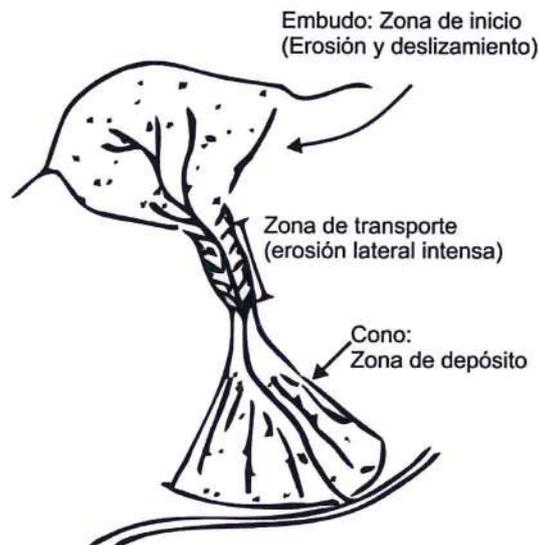


Figura 10. Esquema de generación de un flujo (Modificado de: Bateman *et al*, 2006).

Normalmente los flujos canalizados buscan retomar su lecho natural. El potencial destructivo de estos procesos está dominado por su velocidad y la altura alcanzada por el material arrastrado. 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 (Hungry, 2005).

Por ello, estos eventos son muy violentos y tienen una gran cantidad de energía que destruye todo lo que encuentran a su paso. Por tanto, es muy importante una caracterización geológica detallada de los eventos, asociada al grado de peligro al que está expuesta un área determinada.

5.1.4. CÁRCAVAS

Según Poesen (1993) una cárcava es un canal resultante de la erosión causada por un flujo intermitente de agua durante o inmediatamente después de fuertes lluvias.

La FAO (1967) describe el crecimiento de las cárcavas como el resultado de la combinación de diferentes procesos, los cuales pueden actuar de manera aislada. Estos procesos comprenden:

- Erosión en el fondo o en los lados de la cárcava por la corriente de agua y materiales abrasivos (fragmentos de roca o partículas de suelo).
- Erosión por el agua de escorrentía que se precipita en la cabecera de la cárcava y que ocasiona la regresión progresiva de ésta.
- Derrumbes en ambos lados de la cárcava por erosión de las aguas de escorrentía.

Las cárcavas inicialmente tienen una sección transversal en forma de "V" pero al presentarse un material más resistente a la erosión o interceptar el nivel freático, se extienden lateralmente, tomando una forma en "U" (figura 11).

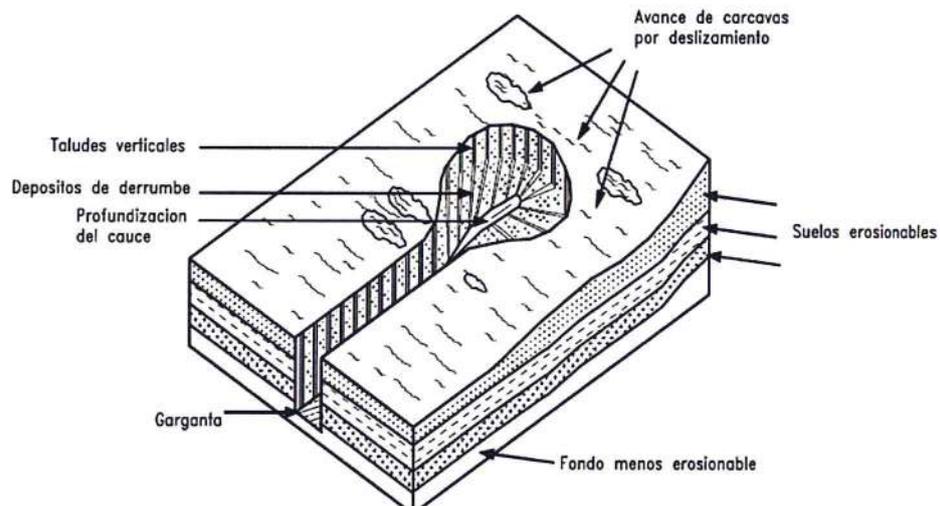


Figura 11. Esquema general de una cárcava. Tomado de Suárez (1998).

6. CÁRCAVAS EN EL CENTRO POBLADO DE CARAMPA

La inspección técnica realizada en el centro poblado de Carampa permitió la identificación de erosiones de ladera tipo cárcavas, las cuales se encuentran afectando viviendas y áreas de cultivo. También se hizo uso de imágenes de satélite disponibles, así como informes técnicos y estudios realizados anteriormente sobre los peligros geológicos en el centro poblado en mención.

Las cárcavas identificadas y caracterizadas atraviesan el centro poblado de Carampa, el origen de estos peligros geológicos va a depender de las condiciones propias del terreno y de las precipitaciones pluviales que ocurren en esta zona.

Las cárcavas presentan diferentes dimensiones y afectan viviendas y terrenos de cultivo. Hacia la parte baja del centro poblado de Carampa, la erosión es mayor lo que ha originado derrumbes y deslizamientos, generando mayor pérdida de terrenos de cultivo. Estos peligros geológicos podrían afectar al centro poblado de Carampa, debido a que inestabilizan el terreno; ya se han identificado algunas viviendas que presentan daños y terrenos de cultivo afectados.

La ocurrencia de cárcavas en las laderas, sobre las cuales se ubica el centro poblado de Carampa, es favorecida por la morfología de las montañas metamórficas, la pendiente de las laderas que pueden superar los 35°, el substrato rocoso de mala calidad (muy fracturado y meteorizado) y la naturaleza del suelo (incompetente), figura 12.

Durante los periodos de precipitaciones intensas y/o extraordinarias, la escorrentía superficial aumenta significativamente, generando el aumento progresivo de la capacidad de erosión en las paredes de las cárcavas (figura 13), así como la ocurrencia de otros peligros geológicos como derrumbes y deslizamientos.

Cabe mencionar, que el manejo inadecuado del agua de escorrentía (figura 14) y el mal sistema de riego aumentan la ocurrencia de cárcavas. Las aguas de escorrentía son drenadas hacia las laderas, como se observa cerca de la Municipalidad del centro poblado de Carampa, las cuales generan mayor erosión e inestabilidad en el terreno (figura 15). Se observaron daños en algunas viviendas, y se podrían afectar otras, así como la municipalidad del centro poblado.

La erosión en el fondo o en los lados de la cárcava por el agua de escorrentía y los materiales abrasivos (fragmentos de roca o partículas de suelo) generan derrumbes en ambos lados de las cárcavas, lo que ocasiona el avance retrogresivo de las cárcavas y el ensanchamiento de éstas (figura 16).

Se identificaron cárcavas con un estado evolutivo maduro que afectan zonas de cultivo y el área urbana del centro poblado de Carampa. Las cárcavas inestabilizan el terreno generando deslizamientos y derrumbes, los cuales originan material que es transportado hacia la parte baja del centro poblado a manera de flujos de detritos o huaicos. Estos flujos llegan hasta la margen derecha del río Acocra (figura 17).



Figura 12. La pendiente del terreno, el substrato rocoso muy fracturado y meteorizado, la naturaleza del suelo (incompetente), entre otros son condicionantes para la ocurrencia de erosión de laderas tipo cárcavas en el centro poblado de Carampa. Vista al oeste.



Figura 13. La escorrentía superficial aumenta significativamente la capacidad de erosión en las paredes de las cárcavas, generando su ensanchamiento. Las flechas indican la dirección del ensanchamiento de las cárcavas. Vista al noreste.



Figura 14. El manejo inadecuado del agua de escorrentía en el centro poblado de Carampa aumenta la ocurrencia de las cárcavas: a) Ausencia de canaletas, b) desagüe del agua de escorrentía hacia las laderas, c) y d) Capacidad insuficiente del drenaje superficial.



Figura 15. Cárcavas próximas a la Municipalidad del centro poblado de Carampa que han ocasionado daños en algunas viviendas y podría afectar a la municipalidad en mención. Vista al sureste.

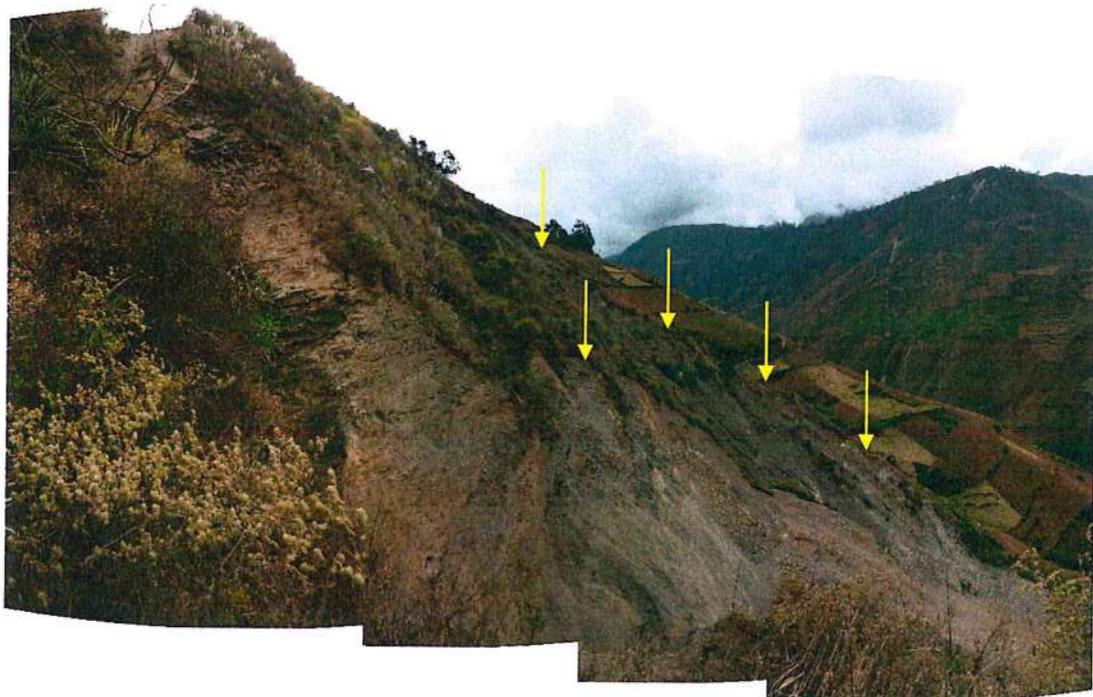


Figura 16. Derrumbes generados en ambas márgenes de las cárcavas que afectan terrenos de cultivo y podrían afectar el centro poblado de Carampa. Vista al noroeste.

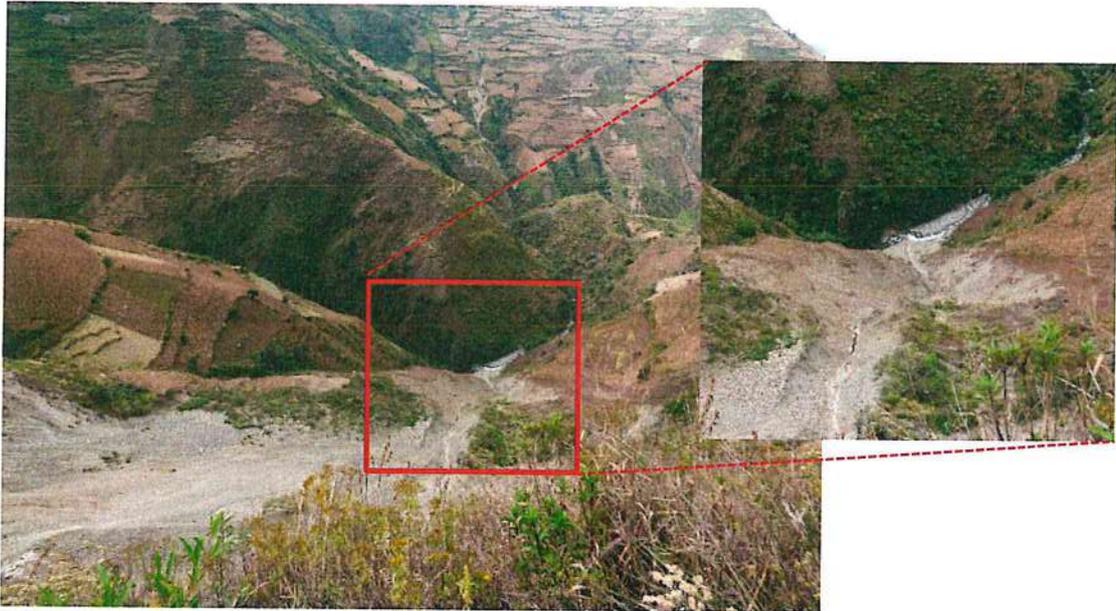


Figura 17. Flujos de detritos identificados en la margen derecha del río Acocra, el material transportado es generado por los derrumbes y deslizamientos que se encuentran en la parte baja del centro poblado de Carampa. Vista al noreste.

6.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS CÁRCAVAS

Las cárcavas identificadas en el centro poblado de Carampa se originan a consecuencia de las lluvias extraordinarias e intensas que ocurren en la zona de estudio.

Entre los factores condicionantes se tienen: la morfología de las montañas, la pendiente del terreno, el tipo de suelo que es de fácil remoción por acción hídrica, entre otros. Mientras que el factor desencadenante son las precipitaciones pluviales intensas que ocurren en la zona.

Causas:

Factores condicionantes

- a) Configuración geomorfológica de la zona de estudio (montañas modeladas en rocas metamórficas).
- b) Pendiente promedio de la ladera de la montaña entre los 25° y 45°.
- c) Características litológicas del área (afloramiento de rocas metamórficas tipo filitas y esquistos. Se consideran a estas secuencias como rocas de calidad regular a mala, muy fracturada y meteorizada. La calidad de las rocas se ve reducida por la presencia de pliegues.
- d) Substrato rocoso de mala calidad con un grado de meteorización moderado a alto.
- e) Presencia de afloramiento rocoso fracturado.
- f) Suelos de tipo limo-arcilloso.

- g) Presencia de agua subterránea como ojos de agua que saturan los suelos.
- h) Cobertura vegetal de tipo cultivos, pastos y arbustos, que ofrecen poca protección al suelo y la roca.

Factor desencadenante

Las precipitaciones pluviales intensas son el factor desencadenante que originaron las cárcavas en el centro poblado de Carampa, las cuales saturan los terrenos y los desestabilizan.

Daños:

Las cárcavas identificadas en el centro poblado de Carampa inestabilizan el terreno generando daños en las viviendas y áreas de cultivo.

Durante los trabajos de campo se identificaron algunos daños en las paredes de la iglesia del centro poblado de Carampa, ubicada en la plaza del centro poblado en mención. También se observaron daños en algunas viviendas, sobre todo las que se encuentran próximas a la zona de derrumbes y cárcavas, cerca de la Municipalidad del centro poblado de Carampa (figura 18). Las viviendas de adobe presentan agrietamientos en las paredes y también se han generado daños en el sistema de alcantarillado de agua y luz eléctrica (figura 19).

En algunos sectores del centro poblado, las viviendas se encuentran próximas a las cárcavas y podrían ser afectadas (figura 20), así como postes de alumbrado público (figura 21).

Cabe mencionar que los derrumbes y deslizamientos, ubicados al este del centro poblado de Carampa, podrían represar el río Acocra, afectando los centros poblados aguas abajo, así como el centro poblado de Carampa. Por ello, se recomienda realizar la reubicación de la población que se encuentra en un riesgo muy alto ante este tipo de peligros geológicos.

En la figura 22, se muestra el cartografiado de los peligros geológicos identificados en el centro poblado de Carampa y alrededores. Dicho mapa se elaboró con el uso de imágenes satelitales, antecedentes históricos y datos tomados (fotografías y puntos de control GPS) en los trabajos de campo.

El mapa de peligros geológicos es una herramienta de apoyo a la planificación territorial y la gestión del riesgo (planes de emergencia) en el centro poblado de Carampa.

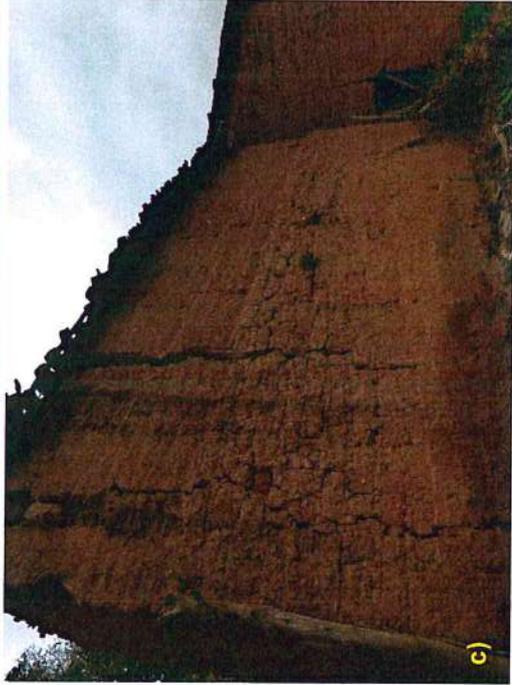


Figura 18. Daños identificados en el centro poblado de Carampa: a) Grietas y rajaduras en las columnas de la iglesia, b) Grietamientos en las columnas de la iglesia, c) Grietas en las paredes próximas a cárcavas y d) Grietas y rajaduras en las viviendas próximas a cárcavas y que podrían colapsar.

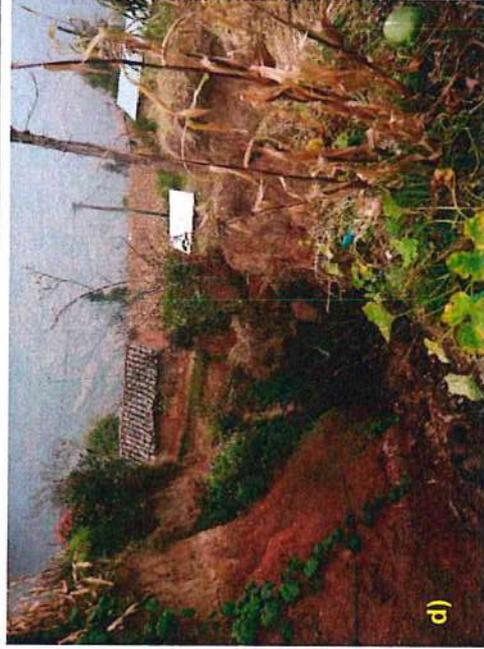
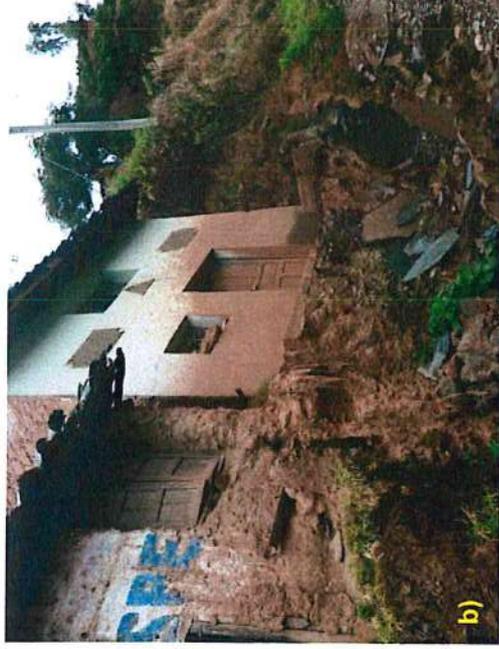
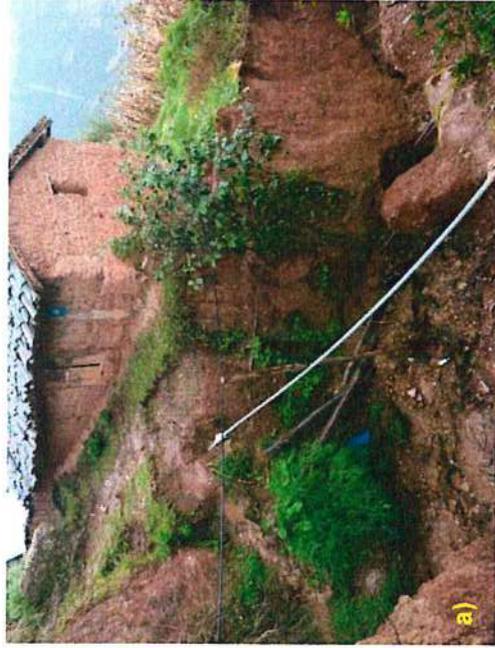


Figura 19. Daños identificados en el centro poblado de Carampa: a) Las cárcavas generan daños en el sistema de alcantarillado de agua potable y eléctrico b) Las viviendas próximas al drenaje pluvial fueron inundadas y pueden colapsar debido a la erosión de las aguas de escorrentía, c) Las cárcavas cercanas a las viviendas pueden colapsar debido a la inestabilidad en sus bases por el ensanchamiento de las cárcavas y d) Terrenos de cultivo destruidos por el ensanchamiento de las cárcavas.

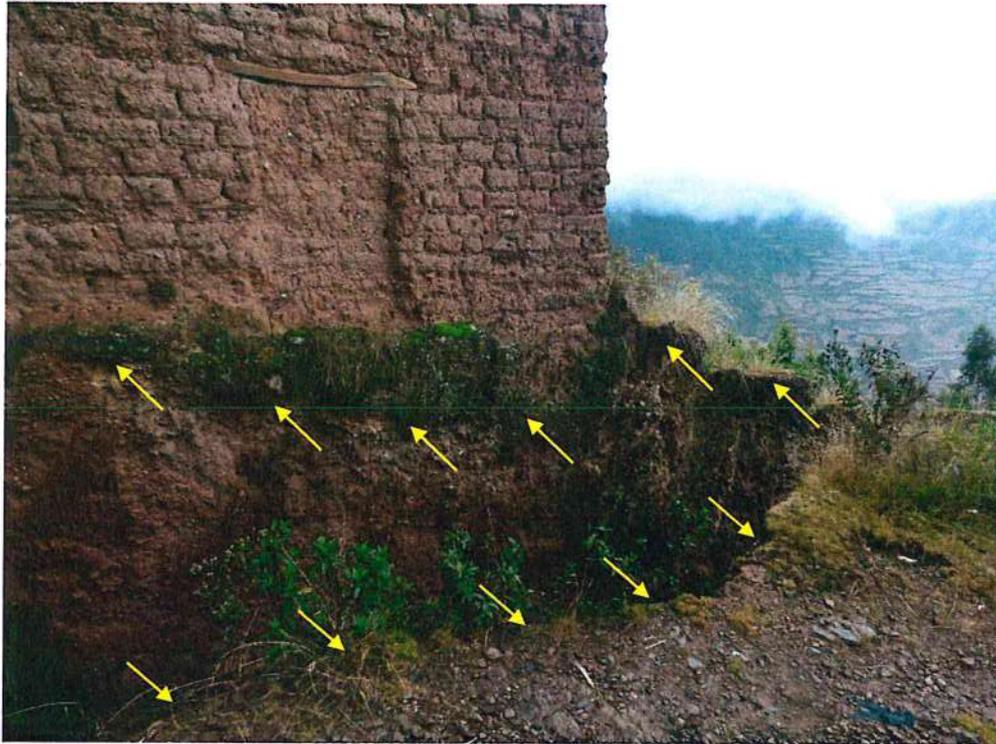


Figura 20. Viviendas de adobe ubicadas próximas al borde de las cárcavas que podrían ser afectadas por el ensanchamiento de éstas, las flechas indican la dirección del ensanchamiento. Vista al noreste.



Figura 21. Poste de alumbrado público ubicado a 50 cm de la cárcava y que podría ser afectado por el ensanchamiento de ésta. También se observan terrenos de cultivo que podrían ser afectados. Vista al oeste.

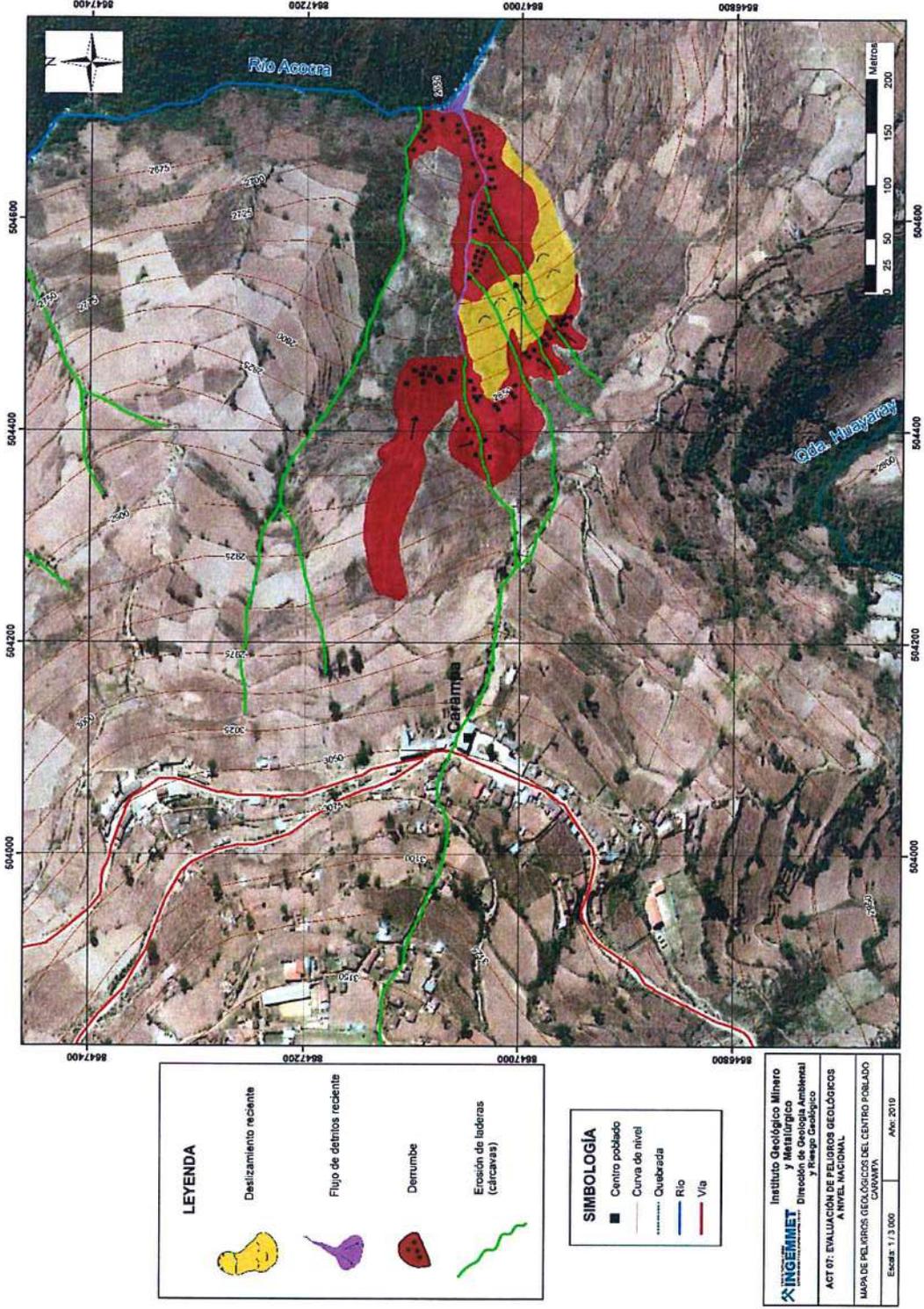


Figura 22. Mapa de peligros geológicos del centro poblado de Carampa

7. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y/O MITIGACIÓN EN LA ZONA EVALUADA

Considerando las condiciones geomorfológicas, geológicas y geodinámicas, que caracterizan la susceptibilidad de los peligros geológicos en el centro poblado de Carampa, se requieren de medidas para poder mitigar y prevenir futuros desastres.

Las medidas de prevención y mitigación, son las siguientes:

- Mejorar el sistema de drenaje de aguas pluviales del centro poblado, evacuando sus aguas hacia otras quebradas.
- Permitir el crecimiento de la cobertura vegetal nativa a lo largo de la cárcava y en las zonas circundantes a ella (figura 23), y de esta manera asegurar su estabilidad, así como la disipación de la energía de las corrientes concentradas en los lechos de las cárcavas.
- Promover el desarrollo de programas de control y manejo de cárcavas sobre la base de diques o trinchos transversales construidos con materiales propios de la región como troncos, ramas, etc. (figuras 24, 25 y 26).
- 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. Lo recomendable es evitar todo tipo de cultivo en las laderas.
- En las partes altas se debe favorecer el cultivo de plantas que requieran poca agua y proporcionen una buena cobertura del terreno para evitar el impacto directo de la lluvia sobre el terreno.
- El desarrollo de vegetación natural (pastos, malezas, arbustos, árboles) contribuye a atenuar el proceso de incisión rápida del terreno; no obstante, este seguirá produciéndose en forma lenta hasta alcanzar el equilibrio natural entre el suelo y la vegetación nativa.
- Evitar el sobrepastoreo que produzca deterioro y destrucción de la cobertura vegetal.
- Realizar un monitoreo diario del movimiento de los deslizamientos y ocurrencia de derrumbes, con el fin de estar prevenidos.
- Reubicar a la población del centro poblado de Carampa, debido a que se encuentran en un riesgo muy alto ante los peligros geológicos identificados en la zona de estudio.

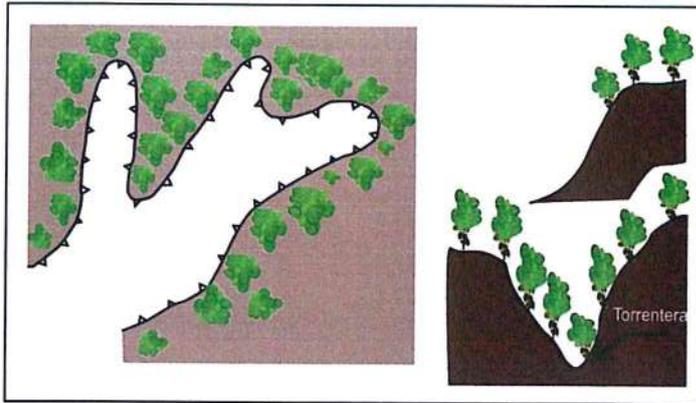


Figura 23. Vista en planta y en perfil de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes de las áreas inestables

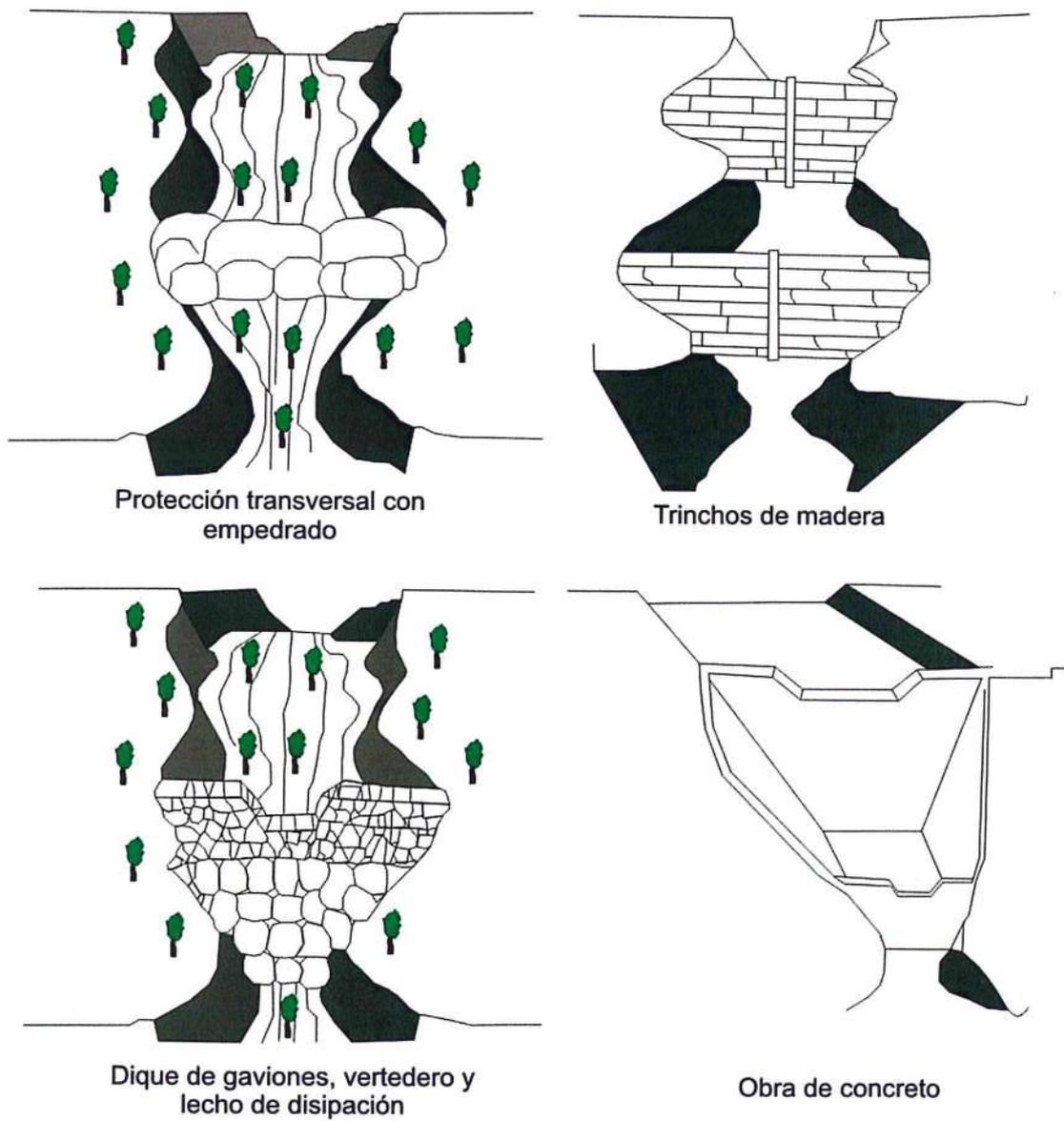


Figura 24. Obras hidráulicas transversales para el control de la erosión en cárcavas

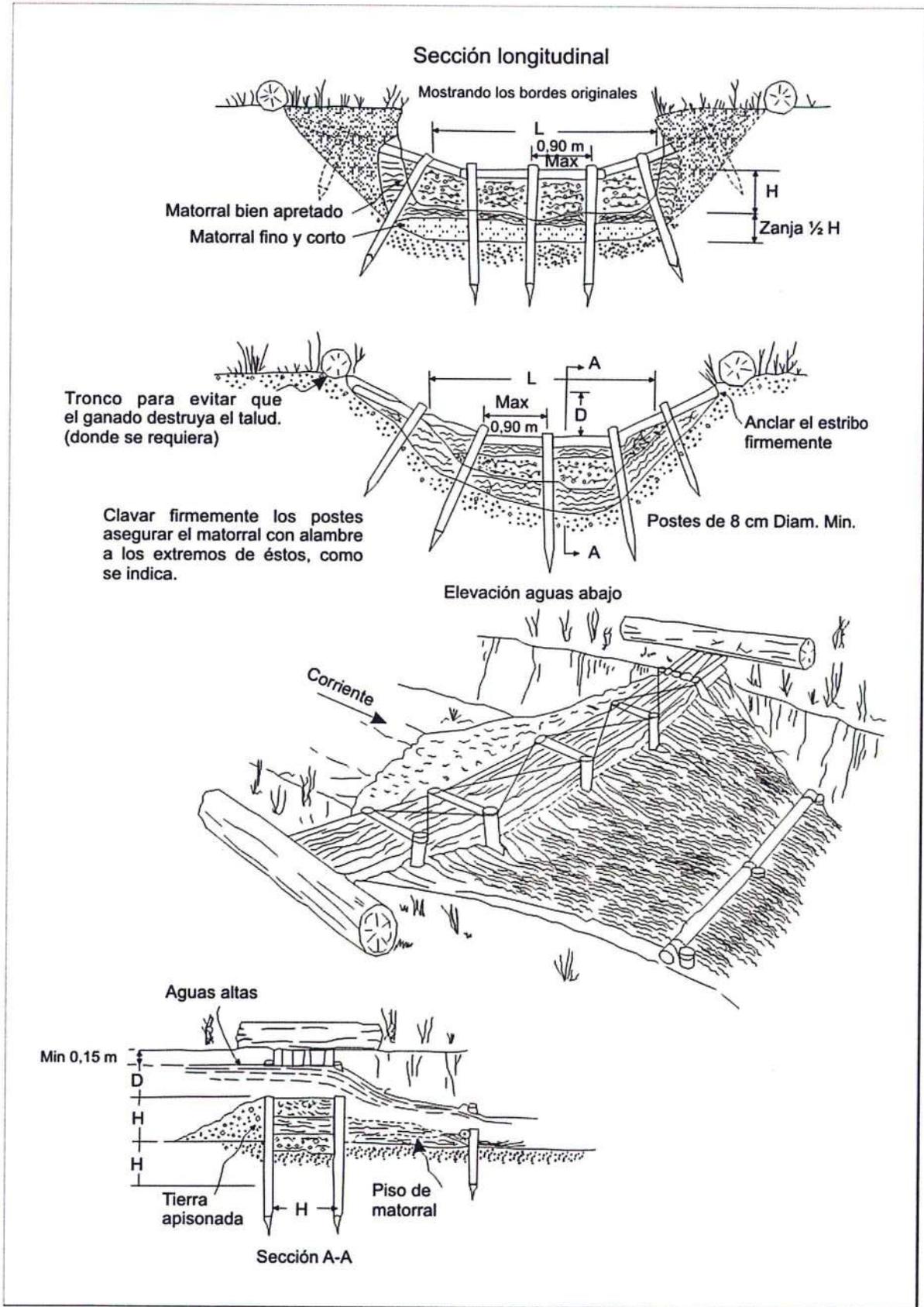


Figura 25. Presa de matorral tipo doble hilera de postes

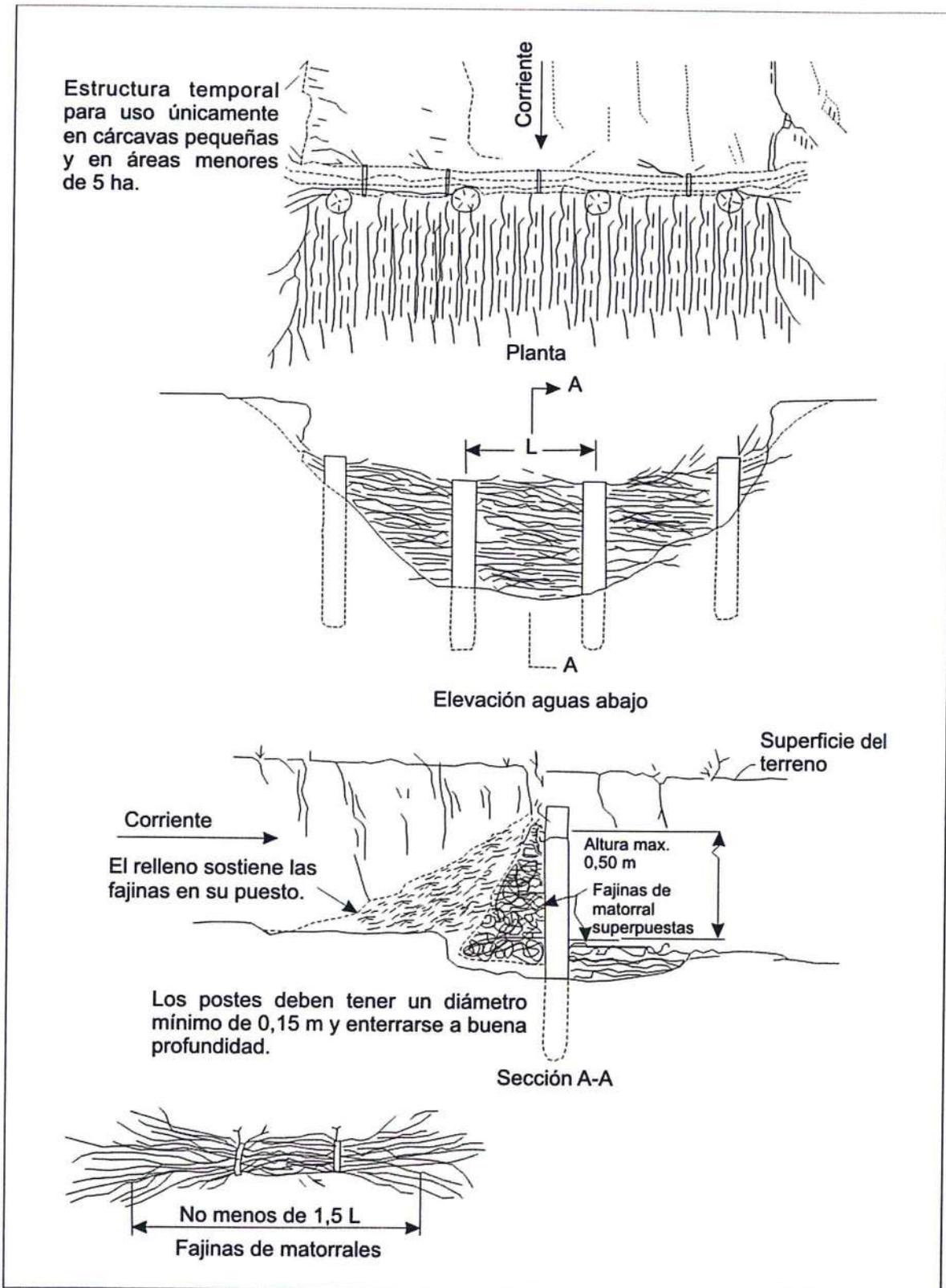


Figura 26. Presas de matorral tipo una hilera de postes (adaptado de Valderrama et al., 1964)

CONCLUSIONES

- a) El centro poblado de Carampa se encuentra ubicado en la margen derecha del río Acocra, en zonas de susceptibilidad muy alta a movimientos en masa.
- b) Geomorfológicamente, la población del centro poblado de Carampa se encuentra ubicada sobre las laderas de montañas metamórficas con pendiente promedio de la ladera entre los 30° y 45°.
- c) El substrato rocoso, sobre el cual se ubica el centro poblado en mención, corresponde a rocas del Grupo Cabanillas compuesto por limoarcillitas pizarrosas, filitas, esquistos y pizarras oscuras de color negro, con algunas intercalaciones de areniscas oscuras y gris verdosas de grano grueso en capas delgadas. Se consideran a estas secuencias como rocas de calidad regular a mala, muy fracturada y meteorizada; la calidad de la roca se ve reducida por la presencia de pliegues.
- d) En centro poblado de Carampa se identificaron movimientos en masa tipo deslizamientos, derrumbes y flujos de detritos, así como erosión de laderas en forma de cárcavas. El material removido es canalizado por una cárcava principal hasta su desembocadura en el río Acocra.
- e) Los peligros geológicos identificados en la zona de estudio son originados por factores condicionantes como: la morfología de las montañas, la pendiente del terreno, el tipo de suelo que es de fácil remoción por acción hídrica, mientras que el factor desencadenante son las precipitaciones pluviales intensas que ocurren en la zona. También se debe considerar la exposición de las personas y sus bienes por la ocupación urbana no planificada.
- f) Por las condiciones geológicas-geodinámicas y los antecedentes históricos, el centro poblado de Carampa es considerado como Zona Crítica, de peligro muy alto por deslizamientos, derrumbes, flujos de detritos y cárcavas, ante la presencia de lluvias intensas y/o extraordinarias.

RECOMENDACIONES

- a) Mejorar el sistema de drenaje de aguas pluviales en el centro poblado, se recomienda evacuar las aguas hacia otras quebradas.
- b) No permitir la construcción de viviendas en las cárcavas o en zonas aledañas.
- c) Realizar la limpieza y profundización de las cárcavas.
- d) Cambiar el sistema de riego en las laderas.
- e) Realizar la limpieza de cunetas y alcantarillas.
- f) Implementar un sistema de alerta temprana y un sistema de señalización de rutas de evacuación, en temporadas de precipitaciones pluviales intensas para informar a la población involucrada y que pueda realizarse la evacuación de las zonas que pueden resultar afectadas.
- g) Reubicar a la población del centro poblado de Carampa, debido a que se encuentran en un riesgo muy alto ante los peligros geológicos identificados en la zona de estudio.
- h) Como zona de reubicación se considera al sector de Sachacarampa, pero es importante considerar que en dicha zona de encuentran restos arqueológicos.
- i) Las obras de rehabilitación deben ser dirigidas y ejecutadas por profesionales con conocimiento y experiencia en el tema.

Ing. CÉSAR A. CHACALTANA BUDIEL
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cerrón, F. & Ticona, P. (2003) - Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Pampas (25-n). INGEMMET, 18 p.

Cruden, D. & Varnes, D. (1996) - Landslides types and processes. In Turner, A.K & Schuster, R.L. Editores (1996). Landslides Investigation and Mitigation, Special Report 247, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 672 p.

Dirección de Geología Ambiental (2003) - Estudio de riesgos geológicos del Perú- Franja N° 3. INGEMMET, *Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 28, 373 p.

FAO (1967) - La erosión del suelo por el agua. Cuadernos de fomento agropecuario. N° 81 Roma. 207 p.

Guizado, J. & Landa, C. (1964) - Geología del cuadrángulo de Pampas-Hoja: 25-n. INGEMMET, *Boletín Serie A: Carta Geológica Nacional*, 12, 72 p.

Hungr, O.; Evans, S. G.; Bovis, M. & Hutchinson, J. N. (2001) - Review of the classification of landslides of the flow type. *Environmental and Engineering Geosciences*, 7, 1-18.

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*, v. 116:1240-1252.

Mc Laughlin, D. H. (1925) - Notas sobre la geología y fisiografía de los Andes Peruanos en los dptos. de Junín y Lima (Traducción). *Inf. y Mem. Bol. Soc. Ing. del Perú*, Vol. 27, No. 2.

Poesen, J. (1993) - Gully typology and gully control measure in the european loess belt, en S. Wicherek, ed., *Farm Land Erosion. In temperature plains environment and hills*. 222-239.

Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) - Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, *Publicación Geológica Multinacional*, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.

Suárez, J. (1998) - Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Bucaramanga: Instituto de Investigación sobre Erosión y Deslizamientos, 282 p.

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

Vílchez, M. & Ochoa, M. (2014) - Zonas críticas por peligros geológicos en la región Huancavelica. Informe Técnico. INGEMMET, 56 p.