

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7260

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL CENTRO POBLADO CARMEN PAMPA

Departamento Ayacucho
Provincia Huanta
Distrito Llochegua



EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL CENTRO POBLADO CARMEN PAMPA

(Distrito Llochegua, provincia Huanta, departamento Ayacucho)

Elaborado por la Dirección de
Geología Ambiental y Riesgo
Geológico del INGEMMET

Equipo de investigación:

Ely Milder Ccorimanya Challco

Norma Luz Sosa Senticala

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022) - *Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el Centro Poblado Carmen Pampa. Distrito Llochegua, provincia Huanta, departamento Ayacucho*. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7260, 40 p.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. Objetivos del estudio	5
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	5
1.3.1. Ubicación.....	6
1.3.2. Accesibilidad.....	7
1.3.3. Clima	7
2. DEFINICIONES	8
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	10
3.1. Unidades litoestratigráficas	10
3.1.1. Grupo Ambo (Cm-a2).....	10
3.1.2. Formación Yahuarango (P-y2)	11
3.1.4. Depósito coluvio - deluvial (Q-cd).....	13
3.1.5. Depósito proluvial (Q-pl).....	13
3.1.6. Depósito fluvial (Q-fl).....	14
3.1.7. Depósito aluvial (Q-al).....	14
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	14
4.1. Pendientes del terreno	14
4.2. Unidades geomorfológicas	16
4.2.1. Unidad de montañas	16
4.2.2. Unidad de colinas	17
4.2.3. Unidad de piedemonte	17
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	20
5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa	20
5.1.1. Deslizamiento rotacional reactivado (Centro Poblado Carmen Pampa).....	20
5.1.2. Erosión de laderas en cárcava en el cuerpo del deslizamiento (C.P. Carmen Pampa)	26
5.1.3. Flujo de detritos (C.P. Carmen Pampa)	27
5.1.4. Derrumbes (C.P. Carmen Pampa).....	28
5.1.5. Factores condicionantes	30
5.1.6. Factores desencadenantes	30
6. CONCLUSIONES	31
7. RECOMENDACIONES	32
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
ANEXO 1: MAPAS	34
ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	39

RESUMEN

El presente informe, es el resultado de la evaluación de peligro geológico por movimientos en masa en el centro poblado Carmen Pampa, perteneciente al distrito de Llochegua, provincia Huanta, departamento de Ayacucho. 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 los tres niveles de gobierno (local, regional y nacional).

El substrato rocoso que aflora en la zona evaluada y alrededores, están constituidos por areniscas cuarzosas, intercaladas con lutitas y limolitas muy fracturadas, con espaciamentos próximas entre sí (0.06 – 0.20 m), abiertas (1.0 -5.0 mm) y altamente meteorizadas.

El contexto geomorfológico está definido por montañas modeladas sobre rocas sedimentarias, cuyas laderas poseen una inclinación de 20° a 35° considerado como pendiente fuerte a muy fuerte. El área ocupada por las viviendas del C.P. Carmen Pampa, corresponde a superficies con inclinación de 1° - 15°, de carácter depositacional y agradacional, principalmente originada por procesos denudativos y erosionales que afectan la geoforma anterior, configurando geoformas de piedemonte (vertiente con depósitos de deslizamiento, coluvio – deluvial y aluvio torrencial).

El 20 de enero del año 2018 al noroeste del C.P. Carmen Pampa, ocurrió un deslizamiento rotacional, generando el colapso de 20 viviendas de madera, 3 postes de tendido eléctrico, y un tramo de la trocha carrozable (150 m), además de aproximadamente 02 hectáreas de cultivos (hojas de coca y frutales). Este evento, podría afectar 20 viviendas ubicadas entre 15 a 25 m arriba de la corona del deslizamiento.

La inestabilidad de la ladera está condicionada a factores de sitio como: substrato rocoso muy fracturado y altamente meteorizado, presencia de suelos inconsolidados de fácil erosión y remoción, laderas con pendientes fuertes a muy fuertes (15°-45°); y la presencia de surgencias de aguas subterráneas. Se le atribuye como factor detonante a las lluvias intensas y/o prolongadas registradas en la zona, con umbrales de 38.3 mm por día.

Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas mencionadas anteriormente, el centro poblado Carmen Pampa se considera como **zona crítica** y de **Peligro Muy Alto** a la ocurrencia de deslizamientos y erosión en cárcavas. Eventos susceptibles a ser reactivados con lluvias intensas y/o prolongadas o sismos.

Finalmente, se brinda recomendaciones que se consideran importantes que las autoridades competentes tomadores de decisiones pongan en práctica en el área evaluada con la finalidad de minimizar las ocurrencias de daños que pueden ocasionar el deslizamiento.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico (movimientos en masa) en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud del Gobierno Regional de Ayacucho, según Oficio N° 201-2021-GR/SIREDECI-ST; es en el marco de nuestras competencias que se realizó la evaluación del deslizamiento rotacional reactivado, ocurrido el 20 de enero del 2018, donde colapsaron 20 viviendas de madera, 3 postes de concreto tendido eléctrico, un tramo de 150 m, y afectando aproximadamente 02 hectáreas de cultivos (hojas de coca y frutales). Además, podría afectar 20 viviendas ubicadas entre 15 a 25 m arriba de la corona del deslizamiento. La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designaron a la Ing. Norma Sosa Senticala y geóloga Ely Ccorimanya Chalco realizar la evaluación de peligros geológicos respectivo, llevado a cabo el 24 de abril del 2022, en coordinación con representantes de la Unidad de Gestión del Riesgo de Desastres de la Municipalidad Distrital de Llochegua.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de la información existente de trabajos anteriores realizados por Ingemmet, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS, fotografías terrestres, levantamiento fotogramétrico con dron con el fin de observar mejor el alcance del evento), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realiza la redacción del informe técnico.

Este documento técnico se pone en consideración de la Municipalidad Distrital de Llochegua, Gobierno Regional de Ayacucho y entidades encargadas de la gestión del riesgo de desastres, donde se proporcionan resultados de la evaluación y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo de desastre, a fin de que sea un instrumento para la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos ocurridos en el C.P. Carmen Pampa.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros por movimiento en masa.
- c) Proponer alternativas de prevención, reducción y mitigación ante el peligro geológico identificado en trabajo de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional, que involucra la zona de evaluación, tenemos:

- A) El boletín de **Peligro Geológico en la Región Ayacucho** de la Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, elaborado por Vilchez et al. (2019), a escala de análisis (1:300 000.), localiza el poblado de Carmen Pampa en una zona de susceptibilidad alta a muy alta a la ocurrencia de movimientos en masa (figura 1).
- B) El boletín de Actualización Carta Geológica Nacional de la Serie L: Geología del cuadrángulo de Canaire, hoja 25ñ cuadrante 2, a escala 1/50 000, elaborado por

Machaca & Del Castillo (2021)., indican que en el área de estudio afloran secuencias sedimentarias del Grupo Ambo y Formación Yahuarango.

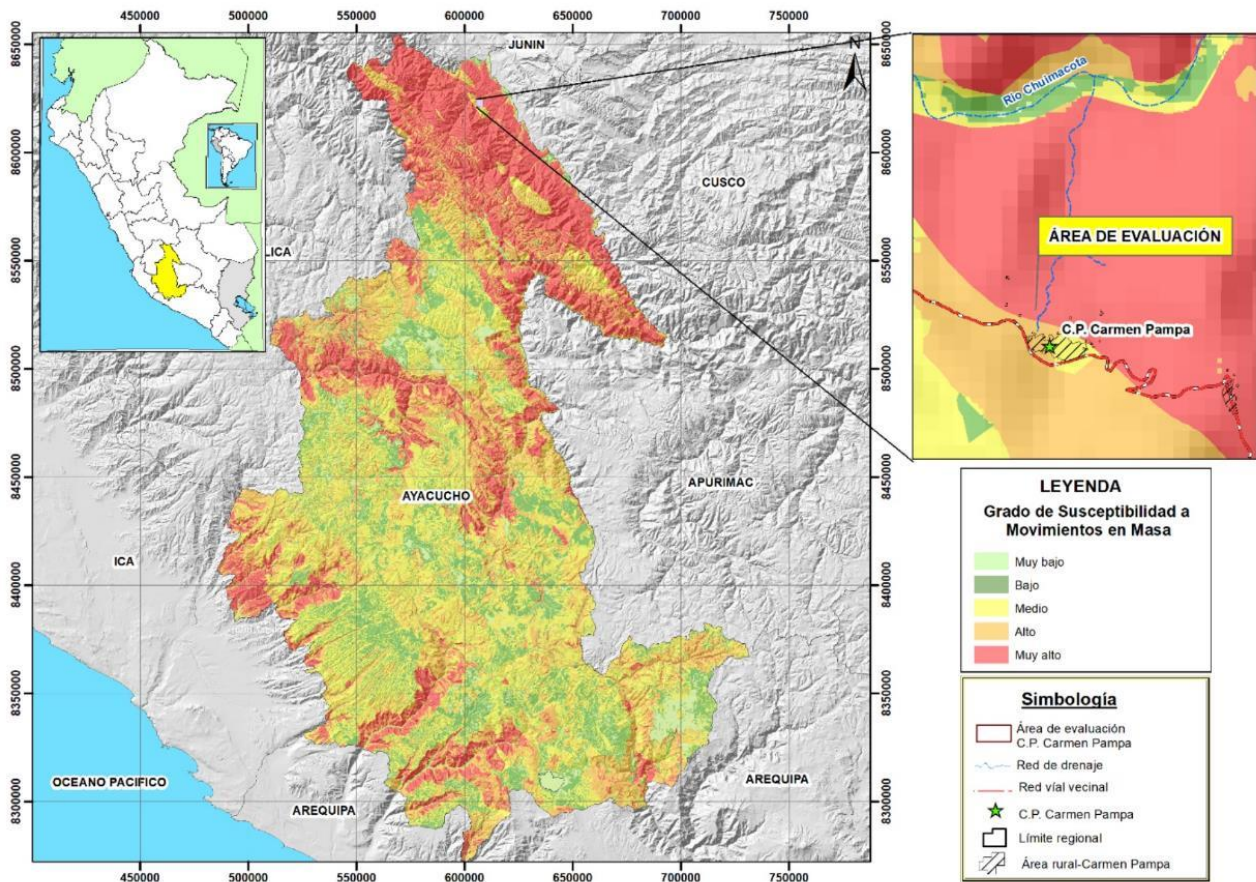


Figura 1. Susceptibilidad a movimientos en masa del centro poblado Carmen Pampa.
Fuente: Vílchez et al., (2019)

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El centro poblado Carmen Pampa, políticamente pertenece al distrito Llochegua, provincia Huanta, departamento de Ayacucho (figura 2). Las coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18 s) se muestran en el cuadro 1:

Cuadro 1. Coordenadas del área de evaluación Centro Poblado Carmen Pampa

N°	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	606500	8623500	-12.444923°	-74.020078°
2	607250	8623500	-12.444898°	-74.013178°
3	607250	8622500	-12.453936°	-74.013143°
4	606500	8622500	-12.453962°	-74.020044°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	606720	8622769	-12.451523°	-74.018029°

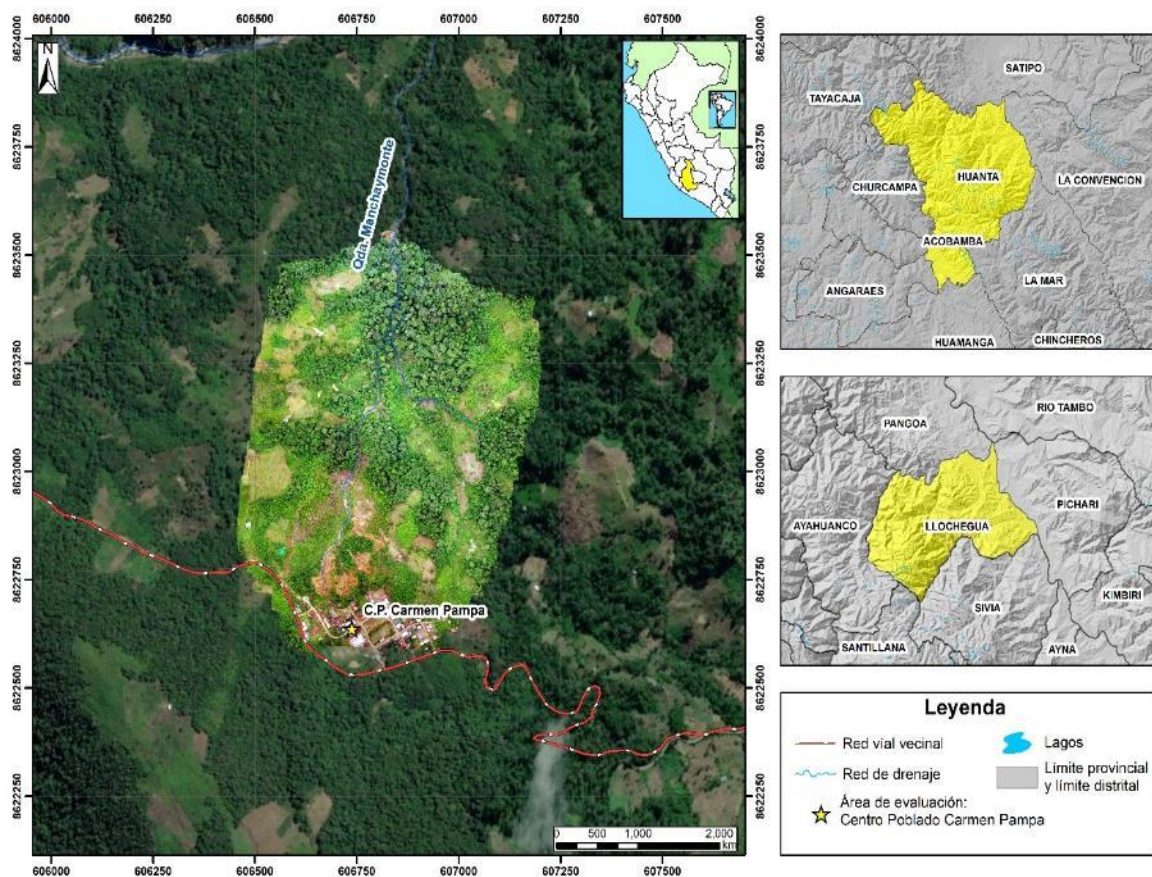


Figura 2. Ubicación del área de evaluación – Centro Poblado Carmen Pampa

1.3.2. Accesibilidad

Para acceder a Carmen Pampa, desde la ciudad de Lima hacia Ayacucho por vía terrestre, siguiendo las siguientes rutas mencionadas en el cuadro 2:

Cuadro 2. Rutas y accesos

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Lima – Ayacucho	Carretera asfaltada	560	10 horas
Ayacucho – Centro Poblado de Quisto Central	Carretera asfaltada y trocha	220	6 horas
Centro Poblado de Quisto Central – Llochehua	Transporte fluvial	0.960	10 minutos
Llochehua – C.P. Carmen Pampa	Trocha Carrozable	35	1 hora y 40 minutos

1.3.3. Clima

Según el Mapa de Clasificación Climática de Thornthwaite (SENAMHI, 2020). el centro poblado Carmen Pampa, se encuentra dentro de climas: lluvioso con precipitación abundante en todas las estaciones, y cálido y muy húmedo.

En cuanto a la cantidad de precipitaciones, según datos meteorológicos y pronóstico del tiempo en el servicio de aWhere (que analiza los datos de 2 millones de estaciones

meteorológicas virtuales en todo el mundo, combinándolos con datos raster y de satélite), nos muestra una la precipitación máxima registrada en el último periodo 2018-2022, de 38.3 mm, (figura 3). Cabe recalcar que las lluvias son abundantes en todas las estaciones.

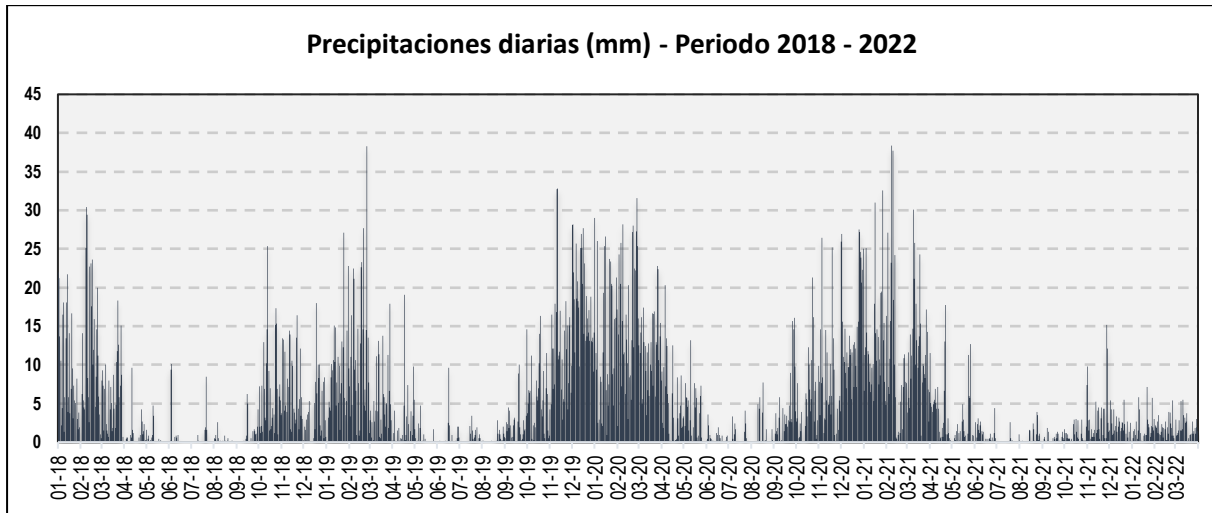


Figura 3. Precipitaciones máximas diarias en mm, distribuidas a lo largo del periodo 2018-2022. La figura permite analizar la frecuencia de las anomalías en las precipitaciones pluviales que inducen a la ocurrencia de procesos de movimientos en masa. **Fuente:** Landviewer, disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/7843428>

La temperatura oscila entre un máximo de 25 °C en verano y un mínimo de 0 °C en invierno (figura 4), con una humedad promedio de 66.04 % durante casi todo el año, (Servicio aWhere).

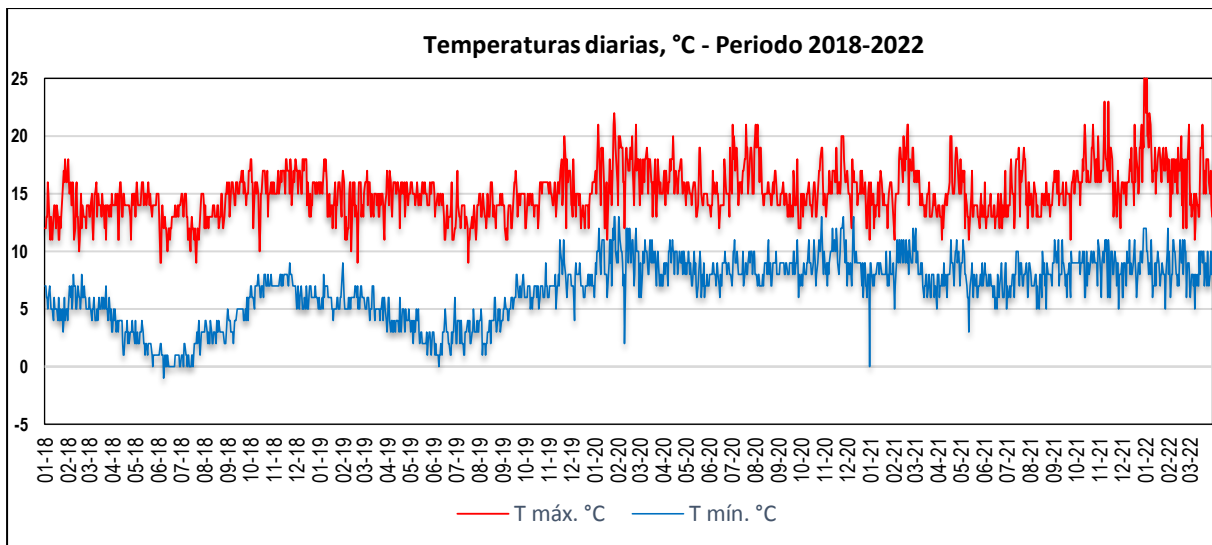


Figura 4. Temperaturas máximas y mínimas diarias, distribuidas a lo largo del periodo 2018-2022. La figura permite analizar a partir de datos históricos, la variedad, saltos extremos de temperatura, duración y regularidad. **Fuente:** Landviewer, disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/7843428>

2. DEFINICIONES

Considerando que el informe de evaluación técnica, está dirigido a las autoridades, personal no especializado y tomadores de decisiones; se alcanza algunas definiciones y terminologías que se usan en el presente.

Activo: Movimiento en masa que actualmente se está moviendo, bien sea de manera continua o intermitente.

Agrietamiento: Formación de grietas causada por esfuerzos de tensión o de compresión sobre masas de suelo o roca, o por desecación de materiales arcillosos.

Aluvial: Génesis de la forma de un terreno o depósito de material debida a la acción de las corrientes naturales de agua.

Canto: Suelo con tamaño de grano entre 75 mm y 300 mm de acuerdo con la Clasificación Unificada de Suelos (USCS).

Corona: Zona adyacente arriba del escarpe principal de un deslizamiento que prácticamente no ha sufrido desplazamiento ladero abajo. Sobre ella suelen presentarse algunas grietas paralelas o semi paralelas conocidas como grietas de tensión o de tracción

Deslizamientos: Movimiento ladera debajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla. Según la forma de la superficie de falla se clasifican en traslacionales (superficie de falla plana u ondulada) y rotacionales (superficie de falla curva y cóncava).

Derrumbe: son desprendimientos de masas de roca, suelo o ambas, a lo largo de superficies irregulares de arranque o desplome como una sola unidad, que involucra desde pocos metros hasta decenas y centenas de metros. Se presentan en laderas de montañas de fuerte pendiente y paredes verticales a subverticales en acantilados de valles encañonados. También 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 diferentes tipos de rocas; así como en depósitos poco consolidados.

Erosión: Parte del proceso denudativo de la superficie terrestre que consiste del arranque y transporte de material de suelo o roca por un agente natural como el agua, el viento y el hielo, o por el hombre. De acuerdo con el agente, la erosión se puede clasificar en eólica, fluvial, glaciar, marina y pluvial. Por su aporte, de acuerdo a las formas dejadas en el terreno afectado se clasifica como erosión en surcos, erosión en cárcavas y erosión laminar.

Escarpe: Superficie vertical o semi vertical que se forma en macizos rocosos o de depósitos de suelo debido a procesos denudativos (erosión, movimientos en masa, socavación), o a la actividad tectónica. En el caso de deslizamientos se refiere a un rasgo morfométrico de ellos.

Formación geológica. Es una unidad litoestratigráfica formal que defino cuerpos de rocas caracterizados por unas propiedades litológicas comunes (composición y estructura) que las diferencian de las adyacentes.

Fractura: Corresponde a una estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan.

Lutita: Roca sedimentaria de grano muy fino, de textura pelítica, es decir integrada por detritos clásticos constituidos por partículas de tamaños de la arcilla y del limo.

Grava: Grano de un suelo cuyo tamaño o diámetro medio está entre 2.0 mm (ó 4.76 mm) a 150 mm.

Inactivo: Estado de actividad de un movimiento en masa en el cual la masa de suelo o roca actualmente no presenta movimiento, o que no presenta evidencias de movimientos en el último ciclo estacional.

Latente: Movimiento en masa actualmente inactivo, pero en donde las causas o factores contribuyentes aún permanecen.

Meteorización: Se designa así a todas aquellas alteraciones que modifican las características físicas y químicas de las rocas y suelos. La meteorización puede ser física, química y biológica. Los suelos residuales se forman por la meteorización in situ de las rocas subyacentes.

Movimientos en masa: Son procesos que incluyen todos aquellos movimientos ladera abajo, de una masa de rocas o suelos por efectos de la gravedad. En el territorio peruano, los tipos más frecuentes corresponden a caídas, deslizamientos, flujos, reptación de suelos, entre otros.

Peligro o amenaza geológica: Es un proceso o fenómeno geológico que podría ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.

Reactivado: Movimiento en masa que presenta alguna actividad después de haber permanecido estable o sin movimiento por algún periodo de tiempo.

Retrogresivo: Tipo de actividad de un movimiento en masa, en el cual la superficie de falla se extiende en la dirección opuesta al movimiento del material desplazado.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La caracterización de los aspectos geológicos (mapa 1) se realizó en base al mapa geológico actualizado del cuadrángulo de Canaire, hoja 25ñ cuadrante 2, a escala 1/50 000, elaborado por Machaca & Del Castillo (2021). Además, se realizó trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotos aéreas y observaciones de campo.

3.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas aflorantes en el área evaluada (mapa 1), están conformadas por secuencias de origen sedimentaria del Grupo Ambo, Formación Yahuarango e intrusivos granitos, depósitos coluvio-deluviales, proluvial y fluvial, los cuales se encuentran cubierto por arbustos propios del ambiente de ceja de selva. La descripción se desarrolló en base a la información de Machaca & Del Castillo (2021).

3.1.1. Grupo Ambo (Cm-a2)

Aflora en el centro poblado Carmen Pampa y ladera baja de la zona de evaluación; caracterizado por areniscas cuarzosas, intercaladas con lutitas y limolitas. Estas rocas se encuentran muy fracturadas (F4), con espaciamientos próximas entre sí (0.06 – 0.20 m) y aberturas abiertas (1.0-5.0mm). Además, se encuentran altamente meteorizadas (A4), es decir más de 50% está descompuesta y/o desintegrada a suelo (fotografías 1 y 2).



Fotografía 1. Afloramiento del Grupo Ambo compuesta por intercalaciones de areniscas, lutitas y limolitas.



Fotografía 2. Vista del afloramiento de limolitas muy fracturadas y altamente meteorizadas del Grupo Ambo.

3.1.2. Formación Yahuarango (P-y2)

Aflora principalmente en la ladera media de la zona de estudio, compuesta de areniscas de grano fino de color gris blanquecinas y limolitas arcillosas, muy fracturadas muy próximas entre sí y altamente meteorizada más del 50% está descompuesta a suelo (figura 5).



Figura 5. Vista de contacto Grupo Ambo (Cm-a2) conformado por areniscas cuarzosas, intercaladas con lutitas y limolitas y la Formación Yahuarango (P-y2) conformado por areniscas gris blanquecinas y limolitas arcillosas.



Fotografía 3. Vista del afloramiento de la Formación Yahuarango conformado por areniscas de grano fino, gris blanquecinas y limolitas arcillosas, muy fracturadas.

3.1.3. Granito (N-3-gr).

Cuerpo de naturaleza granítica con cristales de cuarzo y feldespatos, y en menor proporción máficos, a su vez intruye al Grupo Ambo, aflora en la cima de la montaña ubicada al sur de la zona de estudio.

3.1.4. Depósito coluvio - deluvial (Q-cd)

Agrupar depósitos de origen gravitacional, acumulado en la vertiente o márgenes del valle; constituye escombros de laderas que cubren parcialmente a los afloramientos del Grupo Ambo y la Formación Yahuarango.

Se origina por depositaciones de deslizamientos antiguos y pequeños derrumbes. Este depósito está compuesto por fragmentos de roca comprendidos entre 1 a 25 cm, son de formas angulosos a subangulosos, conformados por areniscas y limolitas; en matriz limo-arcillosa, poco consolidado. Sobre esta unidad ocurren derrumbes y deslizamientos. (fotografía 4).



Fotografía 4. Depósitos coluvio-deluviales ubicados en el C.P. Carmen Pampa, con coordenadas UTM (WGS 84): 606571 E; 8622722 N.

3.1.5. Depósito proluvial (Q-pl)

Los depósitos proluviales se originan a partir de los depósitos de los flujos, generados por el acarreo de material detrítico suelto acumulado, ante precipitaciones pluviales intensas, movilizados como torrentes por las quebradas. El material está conformado por fragmento de rocas con diámetros que varían de 5 cm – 20 cm, son de formas subangulosos a subredondeados, envueltos en una matriz fina, permeable limo arcilloso (figura 6); se encuentra inconsolidado.



Figura 6. Vista del depósito proluvial (Q-pl), ubicado en el cuerpo del deslizamiento, este depósito es producto del arrastre del material acumulado por el proceso de erosión de laderas.

3.1.6. Depósito fluvial (Q-fl)

Constituyen los materiales ubicados en el cauce del río Chuimacota y terrazas fluviales. Están constituidos por cantos y gravas subredondeadas en matriz arenosa, limosa y arcillosa; son depósitos inconsolidados a poco consolidados hasta sueltos, fácilmente removibles.

3.1.7. Depósito aluvial (Q-al)

Están compuestos por una mezcla de fragmentos heterométricos y heterogéneos (bolos, gravas, arenas, etc.), de regular a buena selección; son muy subangulosos a subredondeados transportados por la corriente de los ríos y quebradas a grandes distancias, y conforman terrazas.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

La pendiente del terreno es un parámetro importante en la evaluación de procesos por movimientos en masa; ya que actúa como uno de los factores condicionantes y dinámico en la generación de movimientos en masa.

En el anexo 1, mapa 02, se presenta el mapa de pendientes de la zona de estudio y alrededores elaborado en base a la información producto de ALOS PALSAR DEM con 12.5 de resolución. Y en la figura 7, muestra el mapa de pendientes del área de estudio C.P. Carmen Pampa, elaborado en base al Modelo de Elevación Digital (con 0.096 m/píxel de resolución) resultado del levantamiento fotogramétrico con Dron en la zona de estudio.

Se consideraron 6 rangos de pendientes como son: de 0°-1° considerados terrenos llanos; 1°a 5° terrenos inclinados con pendiente suave; 5°a 15° pendiente moderada; 15°a 25° pendiente fuerte; 25°a 45° pendiente muy fuerte a escarpado; finalmente, mayor a 45° terreno como muy escarpado.

A nivel general, la pendiente del terreno en el área del deslizamiento varía de 30° a > 45°, los cuales se categorizan desde pendiente muy fuerte hasta muy escarpado (mapa 2).

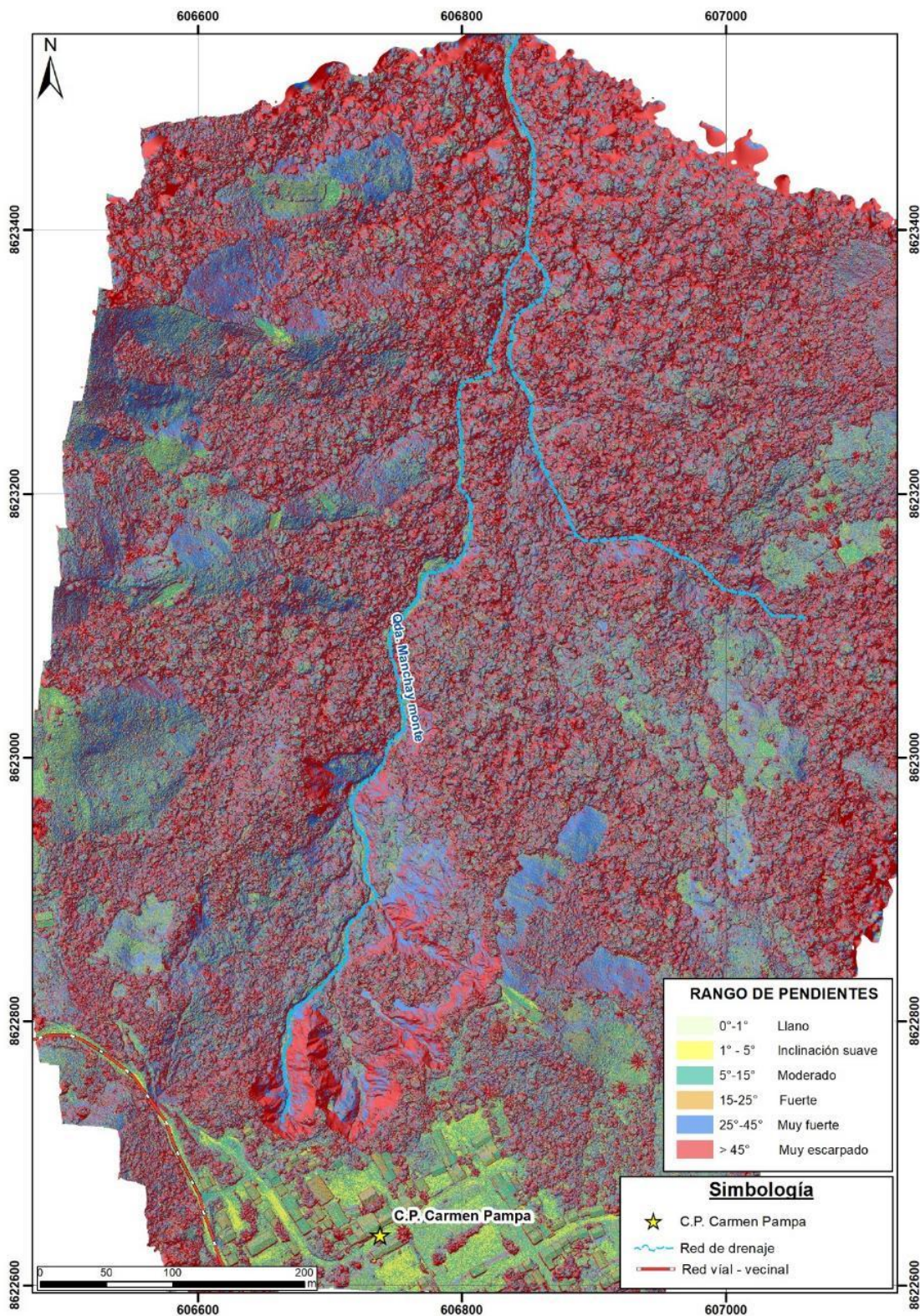


Figura 7. Pendiente del terreno que condicionan el deslizamiento en alrededores del Centro Poblado Carmen Pampa.

Fuente: Elaborada en base al modelo de elevación digital, resultado del levantamiento fotogramétrico con Dron.

4.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades y subunidades geomorfológicas en el área de estudio se realizó utilizando el criterio principal de homogeneidad relativa y la caracterización de aspectos de origen del relieve.

Asimismo, para la delimitación de las subunidades geomorfológicas, se consideró los límites de las unidades litoestratigráficas (substrato rocoso y depósitos superficiales).

En el mapa 3, se presentan las subunidades geomorfológicas modeladas y conformadas en el área de evaluación.

4.2.1. Unidad de montañas

Las montañas, presentan la mayor distribución en la zona de evaluación; son geoformas que alcanzan alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de base local (citado por Villota, 2005) donde se reconocen cumbres y estribaciones producto de las deformaciones sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza. Se encuentran conformadas por alineamientos constituidos principalmente de rocas intrusivas y sedimentarias (fotografía 5).

Dentro de esta unidad se tienen las siguientes subunidades.

Montaña en roca sedimentaria (RM-rs)

Esta subunidad geomorfológica corresponde a relieve moldeado sobre roca sedimentaria del Grupo Ambo, y la Formación Yahuarango cuyas pendientes de la ladera varían principalmente de 20° a 35° considerado como pendiente fuerte a muy fuerte.

Geodinámicamente condicionan la ocurrencia de movimientos en masa de tipo deslizamiento, derrumbes y erosión en cárcavas.



Fotografía 5. Subunidades geomorfológicas conformadas por montaña en roca sedimentaria (RM-rs)

Fuente: Imagen tomada con dron.

Montaña en roca intrusiva - Granito (N-3-gr)

Corresponde a relieve moldeado sobre roca intrusiva de granito; cuyas laderas de montaña varían principalmente de 20° a >45° considerado como pendiente fuerte a muy escarpado. Esta subunidad geomorfológica se encuentra al sur de la zona de estudio.

4.2.2. Unidad de colinas

Las colinas son geformas que alcanzan alturas menores a los 300 m respecto al nivel de base local (citado por Villota, 2005) donde se reconocen cumbres y estribaciones producto de las deformaciones sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza. Esta unidad se ubica próxima a la unidad de montañas. Dentro de esta unidad se tienen las siguientes subunidades.

Colina en roca sedimentaria (RC-rs)

Esta subunidad geomorfológica corresponde a relieve moldeado sobre roca sedimentaria del Grupo Ambo y Formación Yahuarango, a diferencia de la montaña, esta subunidad alcanza alturas menores a 300 m respecto al nivel de base local. Esta subunidad se encuentra al noroeste de la zona de estudio.

4.2.3. Unidad de piedemonte

Corresponde a la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afecta las unidades de montaña, generalmente se encuentran en las laderas y piedemontes, aquí se tienen:

Piedemonte o vertiente coluvio-deluvial (V-cd)

Corresponde a los paisajes originados por procesos gravitacionales, varían de pequeños a grandes dimensiones, probablemente detonados por lluvias excepcionales. Agrupa depósitos de piedemonte de origen gravitacional y fluvio-gravitacional, acumulado en las vertientes o márgenes del valle; en muchos casos, son resultado de una mezcla de ambos, constituyendo escombros de laderas que cubren parcialmente los afloramientos del Grupo Ambo y Formación Yahuarango.

En la figura 8 se muestra estas acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa antiguos y recientes. Se componen de depósitos inconsolidados a ligeramente consolidado; muestran una composición litológica homogénea, tratándose de depósitos con corto a mediano recorrido, relacionados a laderas superiores adyacentes.

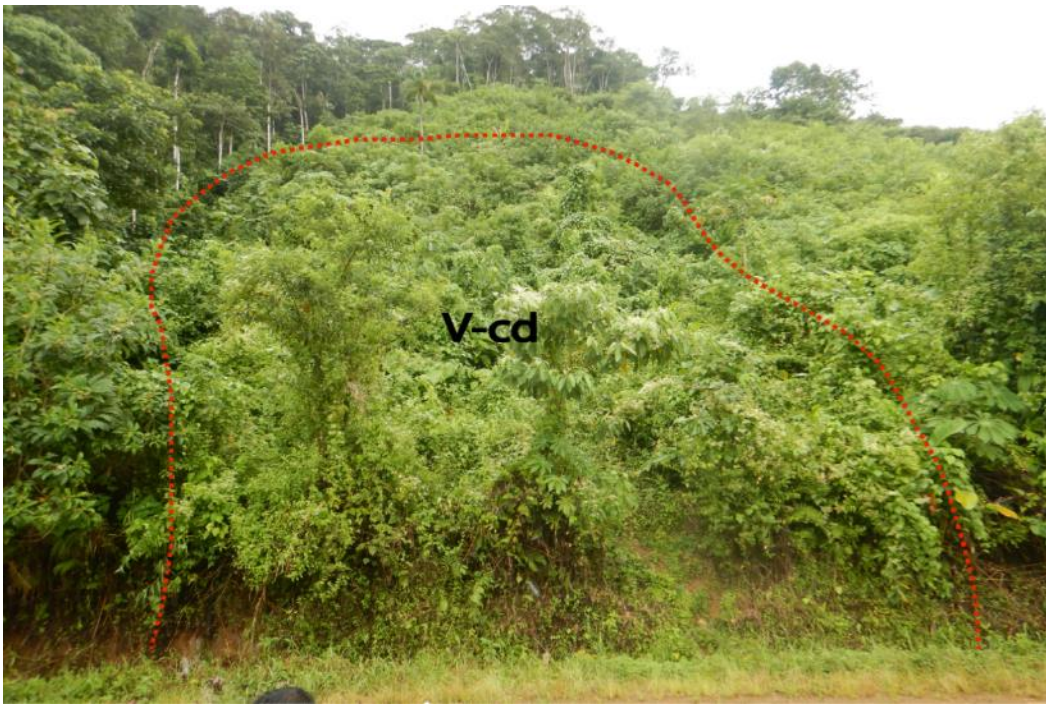


Figura 8. Vista de la subunidad geomorfológica de piedemonte o vertiente coluivio-deluvial (V-cd).

Vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)

Corresponde a zonas de acumulaciones en laderas originadas por procesos de movimientos en masa de tipo deslizamientos antiguos y recientes. Generalmente su composición litológica es heterogénea; con materiales poco consolidados de corto a mediano recorrido; su morfología es usualmente convexa y su disposición es semicircular en relación con la zona de arranque del deslizamiento (figura 9).

Estas geoformas se observaron como cuerpos de deslizamientos antiguos y reciente en laderas alrededores del Centro Poblado Carmen Pampa, donde las pendientes van desde muy fuerte a muy escarpado.



Figura 9. Subunidades geomorfológicas vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd).

Fuente: Imagen tomada con dron.

Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at)

Son el resultado de la acumulación de material movilizado a manera de flujos, modifican localmente la dirección de los cursos de ríos y se ubican en las desembocaduras de quebradas hacia los ríos principales. En la zona de estudio, dentro del cuerpo del deslizamiento se genera flujo de detritos, el cual se deposita en el cauce del río Chuimacota en forma de un pequeño cono deyeectivo (figura 10).

Vertiente aluvial (V-al)

Son porciones de terreno plano que se encuentran dispuestos a los costados de la llanura de inundación del río Chuimacota. La altura a la que se encuentran estas terrazas representa niveles antiguos de sedimentación fluvial (figura 10).

4.2.4. Unidad de Planicie

Son superficies que no presentan un claro direccionamiento, ya que provienen de la denudación de antiguas llanuras agradacionales o del aplanamiento diferencial de anteriores cordilleras, determinado por una acción prolongada de los procesos denudacionales.

Terraza fluvial (T-fl)

Se ubican en el curso del río Chuimacota. Su composición litológica es resultado de la acumulación de limos, arenas, gravas y arcillas. Son transportados por la corriente actual del río Chuimacota, a grandes distancias, se depositan formando terrazas bajas, esta subunidad se encuentra al Norte del área de evaluación (figura 10).

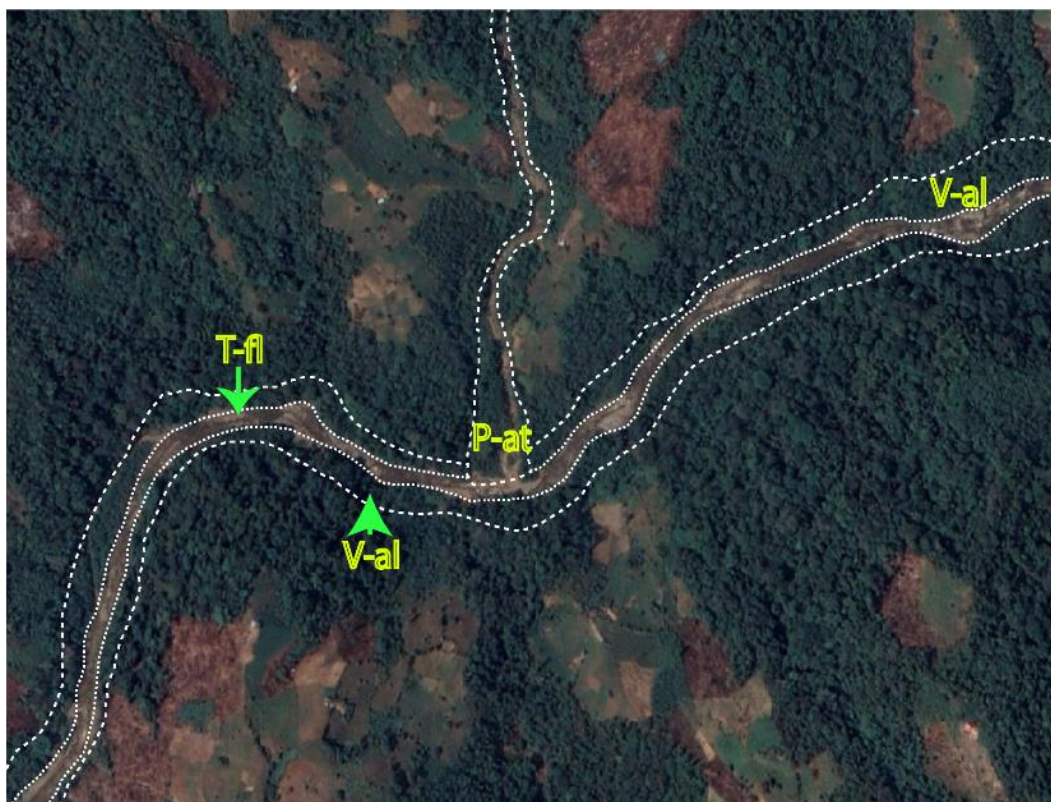


Figura 10. Subunidades geomorfológicas conformadas por Vertiente aluvio-torrencial (P-at), Vertiente aluvial (V-al) y Terraza fluvial (T-fl), ubicado al Norte del C.P. Carmen Pampa.

Fuente: Imagen satelital disponible en Google Earth.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

Los peligros geológicos identificados corresponden a los movimientos en masa de tipo deslizamiento reactivado, derrumbes antiguos y flujo de detritos.

La caracterización de los mismos y la determinación de factores condicionantes, se realizó en base a la información recabada durante los trabajos de campo, observación y descripción morfométrica in situ; de igual modo se toma puntos GPS, fotografías del terreno y el levantamiento fotogramétrico con dron, a partir del cual se obtuvo un modelo digital de terreno y un ortomosaico con una resolución de 0.096 y 0.048 m/pixel respectivamente, complementada con la fotointerpretación de las imágenes satelitales.

Cabe mencionar, que (Vílchez et al.,2019), refiere que el Centro Poblado Carmen Pampa presenta una susceptibilidad alta a muy alta a la ocurrencia de movimientos en masa. A continuación, se describen los peligros descritos y evaluados:

5.1.1. Deslizamiento rotacional reactivado (centro poblado Carmen Pampa)

Con la evaluación de campo del 24 de marzo del 2022, se identificó 01 deslizamiento reactivado de tipo rotacional, ubicado en el centro poblado Carmen Pampa.

Según el testimonio de los pobladores, este proceso ocurrió el 20 de enero del año 2018, donde colapsaron 20 viviendas de madera, 3 postes de concreto tendido eléctrico, y un tramo de 150 m, afectando aproximadamente 02 hectáreas de cultivos (hojas de coca y frutales). Además, podría afectar 20 viviendas ubicadas entre 15 a 25 m arriba de la corona del deslizamiento.

Es importante mencionar que, el deslizamiento presenta una actividad retrogresiva, evidenciado por la presencia de grietas de tracción distribuidos sobre la corona principal del deslizamiento, afectando la infraestructura de una iglesia evangélica, centro educativo de nivel primario y el campo deportivo.

Para el análisis multitemporal del estado de la actividad del movimiento del evento se realizó una comparación de fotografías de setiembre del 2019 y 24 de marzo del 2022, donde se muestra el desplazamiento, ensanchamiento y avance retrogresivo (figura 11).

El área afectada por el deslizamiento está ocupada por área rural, pastizales, cultivos (hojas de coca y frutales).



Figura 11. Muestra la comparación del avance retrogresivo de 20 metros aproximadamente del escarpe principal del deslizamiento, setiembre 2019 y marzo 2022.
 Fuente: Imagen satelital adquirida de Google Earth (setiembre del 2019) y fotografía capturada por el dron el día de inspección en el sector Huaylla (24/03/2022).

Características visuales del evento

El deslizamiento rotacional a noroeste del centro poblado Carmen Pampa presenta las siguientes características y dimensiones:

- Corresponde a una reactivación de deslizamiento de tipo rotacional.
- La forma de la escarpa principal es semicircular y elongada (figura 12).
- El salto del escarpe principal es de 21 m (figura 12).
- El escarpe principal del deslizamiento es reciente, presenta erosión de ladera en el cuerpo y 03 surgencias de agua (figura 13).
- La longitud del escarpe principal es de 669 m.
- La distancia entre el escarpe y el pie del deslizamiento es de 175 m.
- El deslizamiento rotacional tiene una distribución o actividad retrogresiva y con proceso de ensanchamiento.
- Parte del escarpe antiguo del deslizamiento afecta 52 m de la trocha carrozable C.P. Carmen Pampa – C.P. Capote (figura 14).
- Presencia de grietas en la vereda del puesto de salud del C.P. Carmen Pampa con abertura de 0.5 cm y 60 cm de longitud (figura 15).
- Se observa agrietamientos en la infraestructura de la iglesia evangélica, tanto en las paredes como en el piso que varían desde los 2.5 m a 7 m de longitud con una separación de 2 cm a 4 cm con profundidades visibles de hasta 17 cm (figura 16).
- Presencia de grietas en la vereda de la I.E. N° 389 1/Mx.U.Chongos Carmen Pampa (fotografía 6).
- Presencia de grietas en el campo deportivo del C.P. Carmen Pampa, con un salto de 10 cm (figura 17).
- Se observa puntos de acumulación de desmonte y basura sobre la corona del deslizamiento, incrementando el peso en la corona (fotografía 7).
- Se identificó erosión de laderas en cárcava sobre el cuerpo del deslizamiento con avance retrogresivo.

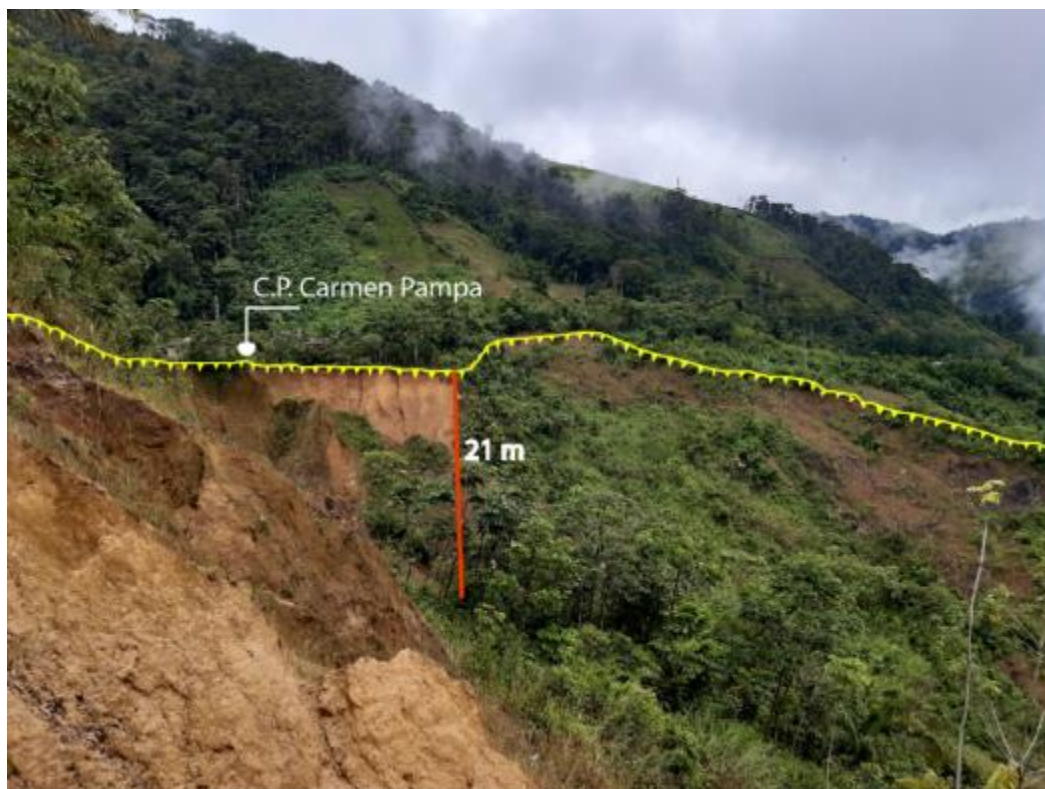


Figura 12. Muestra parte de la corona principal del deslizamiento (línea dentada amarilla) con un escarpe principal de 21 m, ubicado al noroeste del C.P. Carmen Pampa.



Figura 13. Se observa erosión de ladera en cárcava en el cuerpo del deslizamiento y una surgencia de agua subterránea, con coordenadas UTM (WGS 84): 606758 E; 8622745 N.



Figura 14. Se observa la corona del deslizamiento, el cual afecta 52 m de la trocha carrozable C.P. Carmen Pampa – C.P. Capote, con coordenadas UTM (WGS 84): 606576 E; 8622738 N.

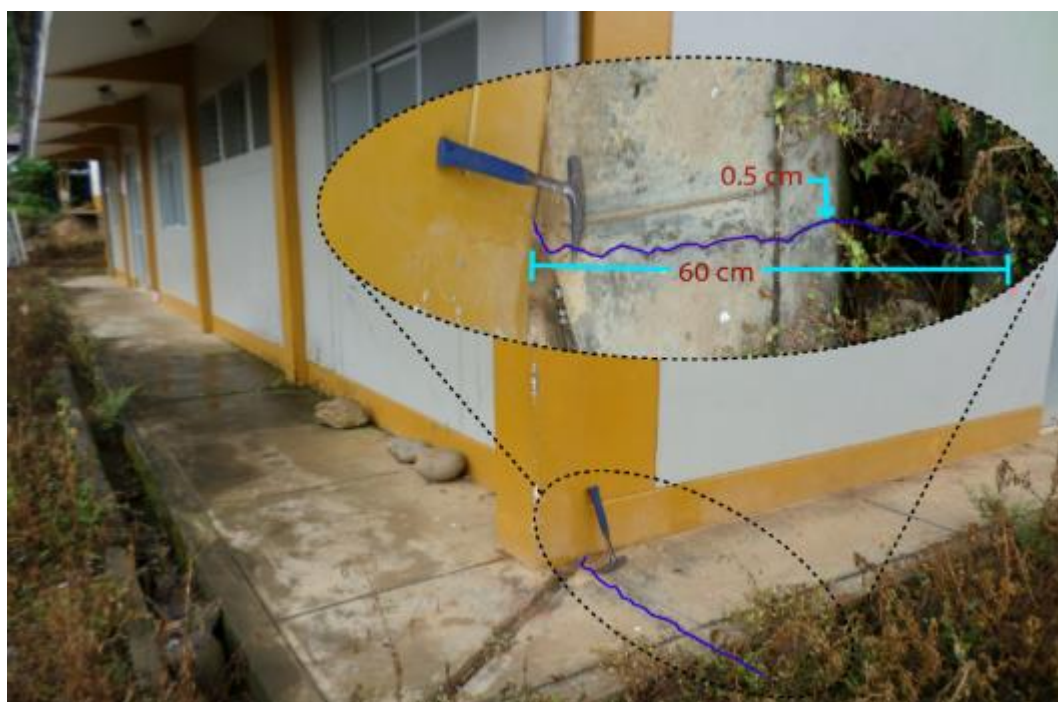


Figura 15. Se observa grietas en la vereda del puesto de salud del C.P. Carmen Pampa con abertura de 0.5 cm y 60 cm de longitud (figura 16) y en la I.E. N° 389 1/Mx.U.Chongos Carmen Pampa con coordenadas UTM (WGS 84): 606644 E; 8622607 N.



Iglesia Evangélica del C.P. Carmen Pampa presenta grietas en las paredes desde el año 2014, donde algunas grietas fueron selladas por concreto, sin embargo las grietas continúan ensanchándose con dirección hacia la corona del deslizamiento.



Figura 16. Se observa agrietamientos en la infraestructura de la iglesia evangélica, tanto en las paredes como en el piso que varían desde los 2.5 m a 7 m de longitud con una separación de 2 cm a 4 cm.



Fotografía 6. Se observa grietas en la vereda de la I.E. N° 389 1/Mx.U.Chongos Carmen Pampa, con coordenadas UTM (WGS 84): 606765 E; 8622591 N.



Figura 17. Presencia de grietas en el campo deportivo del C.P. Carmen Pampa, con un salto de 10 cm, con coordenadas UTM (WGS 84): 606718 E; 8622589 N.



Fotografía 7. Vista de acumulación de desmote y basura, ubicada a solo metros de la corona del deslizamiento, incrementando el peso en el cuerpo.

5.1.2. Erosión de laderas en cárcava en el cuerpo del deslizamiento (C.P. Carmen Pampa)

Las cárcavas son incisiones en terreno producto de la erosión que genera el agua; al profundizarse y ampliarse estos se convierte en cárcavas, las cuales actúan como cauces de concentración y transporte de agua y sedimento.

Cabe mencionar que este proceso se desarrolla por la erosión del agua superficial, y las surgencias de aguas subterráneas.

Estas cárcavas en el cuerpo del deslizamiento tienen profundidades variables de hasta 20 m aproximadamente, cuya erosión retrogresiva de sus márgenes ha generado un ancho de hasta 42 m en la zona más amplia (figura 18).

Finalmente, el material acumulado por la erosión de ladera, es susceptible a saturarse y movilizarse torrente abajo en forma de flujo de detritos (figura 18).



Figura 18. Vista de erosión en cárcava que se desarrollan sobre el cuerpo del deslizamiento, esta erosión avanza con dirección SE, hacia el C.P. Carmen Pampa; cabe mencionar que este proceso se desarrolla por la erosión del agua superficial y surgencias de agua subterránea.

5.1.3. Flujo de detritos (C.P. Carmen Pampa)

Las precipitaciones pluviales intensas, acarrear el material acumulado por la erosión de ladera en el cuerpo del deslizamiento, saturándose y perdiendo la estabilidad, para luego moverse torrencialmente abajo en forma de flujo de detritos (huaico) (figura 19).



Figura 19. Se muestra erosión de laderas, donde el material acumulado al pie es arrastrado torrencialmente abajo por las precipitaciones pluviales.

5.1.4. Derrumbes (C.P. Carmen Pampa)

Al sur del C.P. Carmen Pampa, se identificaron derrumbes antiguos y recientes, los cuales se distribuyen en la ladera de la montaña. Estos eventos ocurren sobre depósitos coluvió-deluviales (figuras 20 y 21).



Figura 20. Se observa en líneas rojas derrumbes recientes, ubicado en la ladera del cerro al sur del C.P. Carmen Pampa.



Figura 21. Se delimitó el derrumbe con línea de color rojo, evento que ocurrió el año 2012, abarca 200 m², ubicado en la ladera del cerro al sur del C.P. Carmen Pampa, con coordenadas UTM (WGS 84): 606583 E; 8622666 N.



Figura 22. Cartografía de peligros por deslizamiento, erosión de laderas en cárcava y procesos asociados (flujo de detritos), donde se muestra con fotografías algunos puntos de interés.

5.1.5. Factores condicionantes

Factor litológico-estructural

- Substrato rocoso compuesto por areniscas cuarzosas, intercaladas con lutitas y limolitas del Grupo Ambo y areniscas de grano fino con limolitas arcillosas de la Formación Yahuarango, muy fracturadas y altamente meteorizadas, lo que permite mayor infiltración y retención de agua de lluvia al terreno, originando inestabilidad en las laderas.
- Presencia de suelos inconsolidados (depósitos coluvio-deluviales), dispuestos en laderas, compuestos por fragmentos líticos de areniscas, lutitas y limolitas, con diámetros que varían entre 1 cm a 25 cm, de formas angulosos a subangulosos, envueltos en una matriz limo-arcillosa, que, al ser poco consolidados, son de fácil erosión y remoción ante precipitaciones pluviales intensas.

Factor geomorfológico

- Presencia de montañas modeladas en rocas sedimentarias, con laderas de pendiente fuerte (15°- 25°) a muy fuerte (25°- 45°), permiten que el material suelto disponible se erosione y se remueva fácilmente pendiente abajo por efecto de la gravedad y acción de las aguas de escorrentía.

Factor hidrogeológico

- Presencia de agua subterránea (ojos de agua y manantiales), los cuales saturan el terreno.

Factor antropogénico

- Presencia de canales que vierten aguas servidas directamente al talud o cuerpo del deslizamiento, provocando sobresaturación e inestabilidad del terreno.
- Presencia de canales no impermeabilizados que discurren de S-N con dirección al cuerpo del deslizamiento, generando erosión de laderas en cárcava.
- Además, se observan acumulaciones de desmontes de residuos sólidos sobre el talud, que incrementan el peso en el cuerpo.

5.1.6. Factores desencadenantes

- PRECIPITACIONES: Intensas precipitaciones pluviales y/o excepcionales, que alcanzó un máximo de 38.3 mm, en el periodo de 2018 – 2022.
- SISMOS

6. CONCLUSIONES

1. El centro poblado Carmen Pampa, se encuentra asentado sobre rocas de origen sedimentario, correspondientes al Grupo Ambo constituida por areniscas cuarzosas, intercaladas con lutitas y limolitas y areniscas de grano fino, limolitas arcillosas de la Formación Yahuarango. Estas rocas se encuentran muy fracturadas y altamente meteorizadas, lo que permite mayor infiltración y retención de agua de lluvia al terreno, originando inestabilidad en las laderas.
2. El deslizamiento rotacional, al noroeste del C.P. Carmen Pampa, ocurrido el 20 de enero del año 2018, ha generado el colapso de 20 viviendas de madera, 3 postes de concreto tendido eléctrico, y un tramo de 150 m, además de aproximadamente 02 hectáreas de cultivos (hojas de coca y frutales). También podría afectar 20 viviendas ubicadas entre 15 m a 25 m arriba de la corona del deslizamiento.
3. El deslizamiento presenta una actividad retrogresiva, debido a la presencia de grietas de tracción distribuidos sobre la corona principal del deslizamiento, afectando la infraestructura de una iglesia evangélica, centro educativo de nivel primario y el campo deportivo.
4. La ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa en la zona evaluada está condicionada por los siguientes factores:
 - Presencia de suelos inconsolidados (depósitos coluvio-deluviales), adosados a las laderas de las montañas.
 - Laderas con pendientes fuertes a muy fuertes
 - Acción de las aguas de escorrentía que saturan el terreno.
 - Presencia de desmonte sobre el talud, provocando una sobrecarga en la corona.
5. El factor desencadenante para la ocurrencia de movimientos en masa en el C.P. Carmen Pampa, se atribuye a las lluvias intensas registradas, con umbrales de 38.3 mm por día.
6. Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas mencionadas anteriormente, el centro poblado Carmen Pampa, se considera como **Zona Crítica** y de **Peligro Muy Alto** por deslizamientos; susceptibles a ser reactivados con lluvias intensas y/o prolongadas o sismos.

7. RECOMENDACIONES

1. Reubicar las 20 viviendas ubicadas próximas al deslizamiento, la zona de reubicación previamente tiene que contar con una evaluación de peligros geológicos, geotécnica y estudio de suelos para determinar su capacidad portante con fines de cimentación a futuro.
2. Prohibir cortes de talud, y la práctica de cultivo próximo a las viviendas, para evitar remoción de suelos y desestabilización de laderas, ubicadas próximas al escarpe del deslizamiento.
3. Restringir la construcción de nuevas viviendas y/o algún tipo de infraestructura alrededores y sobre la corona y cuerpo del deslizamiento.
4. Prohibir el depósito de basura y/o desmonte sobre el talud.
5. Monitorear los terrenos que presentan erosión en cárcava, ya que son precedentes de otros eventos de movimientos en masa (deslizamientos). Si se observa un avance hacia el sur, debe evacuarse a las familias asentadas en zonas cercanas a este proceso.
6. Sensibilizar a la población a través de talleres o charlas con el objetivo de concientizar en gestión de riesgos para evitar asentamientos de viviendas o infraestructura en zonas de riesgo.



Segundo A. Núñez Juárez
Jefe de Proyecto-Act. 11



Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL
Director
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Datos meteorológicos y pronóstico del tiempo del Servicio aWhere, Landviewer, disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/7843428>

Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (2009) - *Terminología sobre reducción del riesgo de desastres*. Ginebra: Naciones Unidas, UNISDR, 38 p. https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf

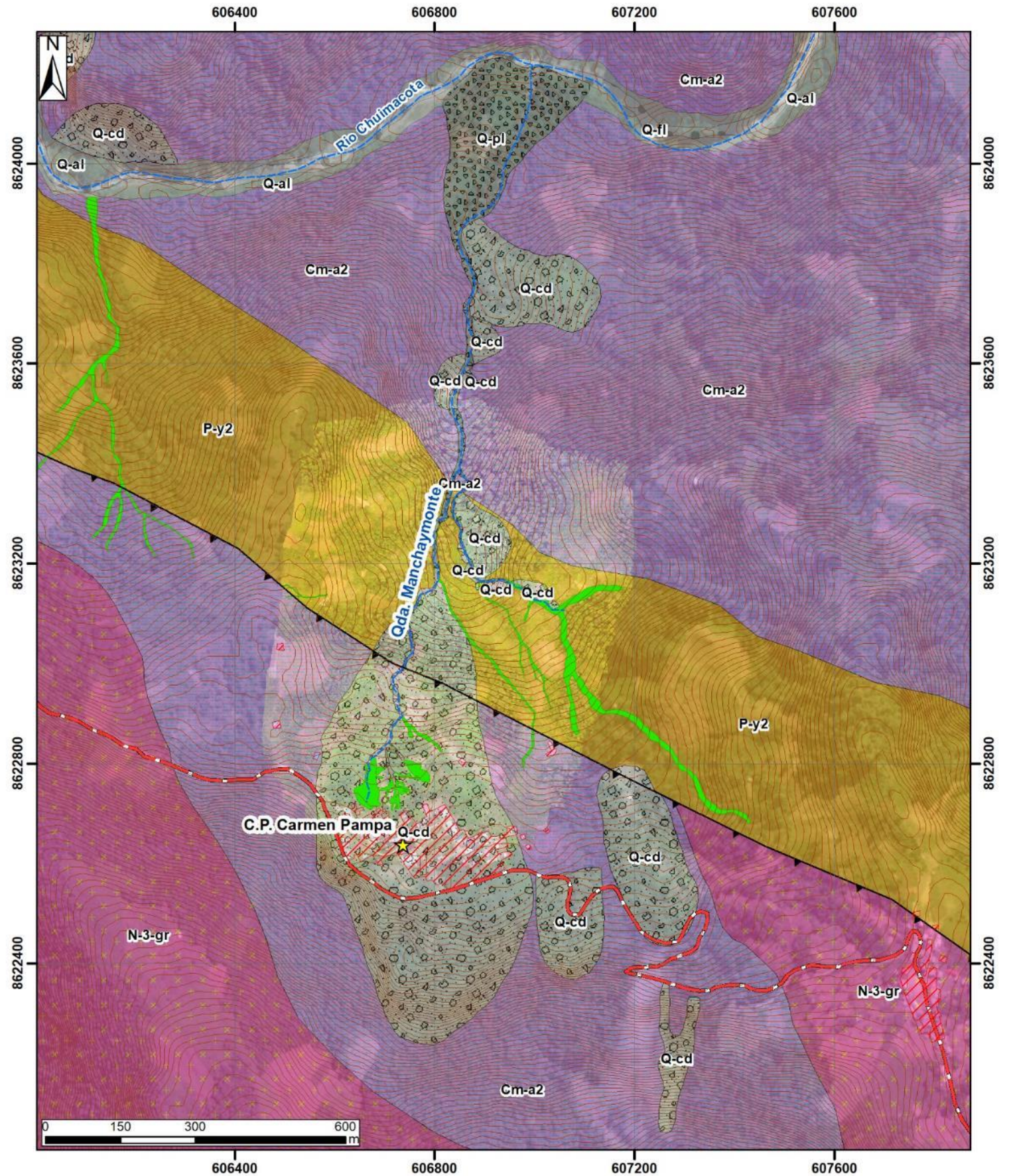
Machaca & Del Castillo. (2021) – Actualización Carta Geológica Nacional: Boletín N° 41, Serie L: Geología del cuadrángulo de Canaire (25ñ) y Quiteni (24ñ3), Escala 1:50 000. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3299>

Vílchez, M., Ochoa, M., & Pari, W. (2019). Peligro geológico en la región Ayacucho. INGEMMET. Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica; N° 70. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2480>

Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) - *Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas*. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 432 p., Publicación Geológica Multinacional, 4. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>

Villota, H. (2005) - *Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras*. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.

ANEXO 1: MAPAS



LEYENDA

Q-al	Depósito aluvial
Q-fl	Depósito fluvial
Q-cd	Depósito coluvio-deluvial
Q-pl	Depósito proluvial
Cm-a2	Grupo Ambo
P-y2	Fm. Yahuarango
N-3-gr	Granito

Simbología

★	C.P. Carmen Pampa
—	Red vial vecinal
—	Red de drenaje
▨	Área rural
—	Curvas de nivel
■	Erosión en cárcava
▲	Falla inversa



DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Región Ayacucho
Provincia Huanta
Distrito Llochegua
Centro Poblado Carmen Pampa

MAPA GEOLÓGICO

Escala: 1/10000

Elaborado por : Ely Ccorimanya

MAPA

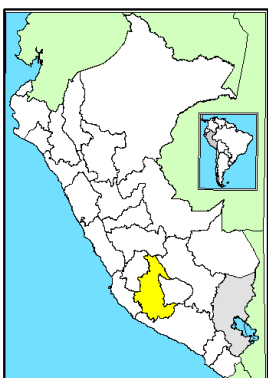
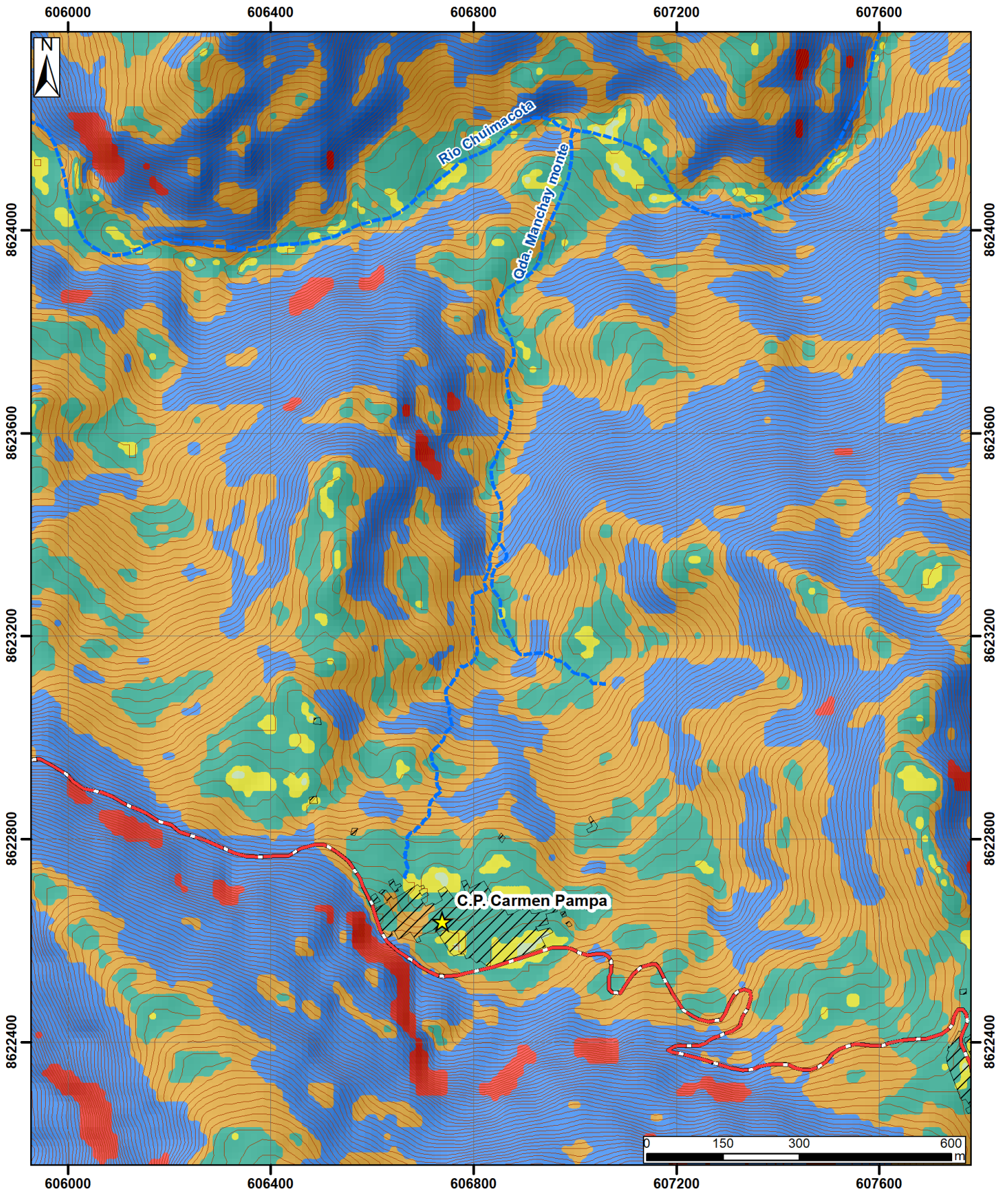
Proyección: UTM Zona 18 Sur

Datum: WGS 84

Versión digital 2022

Impreso: Abril 2022

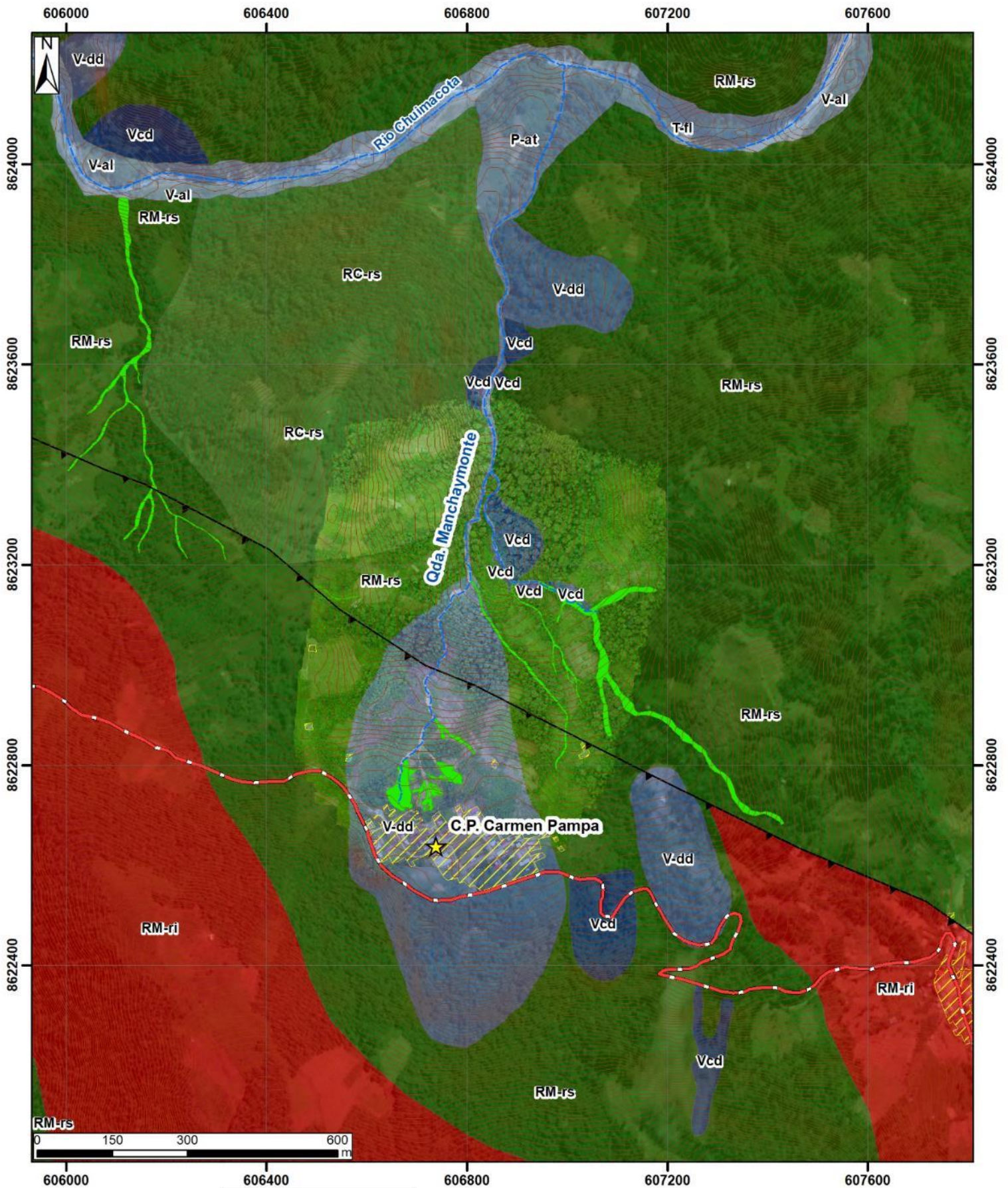
01



RANGO DE PENDIENTES	
	0°-1° Llano
	1° - 5° Inclinación suave
	5°-15° Moderado
	15-25° Fuerte
	25°-45° Muy fuerte
	> 45° Muy escarpado

Simbología	
	C.P. Carmen Pampa
	Red vial vecinal
	Red de drenaje
	Área rural
	Curvas de nivel

<p>SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO</p>		
<p>DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO</p> <p>Región Ayacucho Provincia Huanta Distrito Llochegua Centro Poblado Carmen Pampa</p>		
<p>MAPA DE PENDIENTES</p>		
Escala: 1/10000	Elaborado por : Ely Ccorimanya	<p>MAPA</p> <p>02</p>
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2022	Impreso: Abril 2022	



LEYENDA

RC-rs	Colina en roca sedimentaria
RM-ri	Montaña en roca intrusiva
RM-rs	Montaña en roca sedimentaria
T-fl	Terraza fluvial
V-dd	Vertiente con depósito de deslizamiento
P-at	Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial
V-cd	Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial
V-al	Vertiente aluvial

Simbología

★	C.P. Carmen Pampa
—	Red vial vecinal
—	Red de drenaje
—	Área rural
—	Curvas de nivel
—	Erosión en cárcava
—	Falla inversa

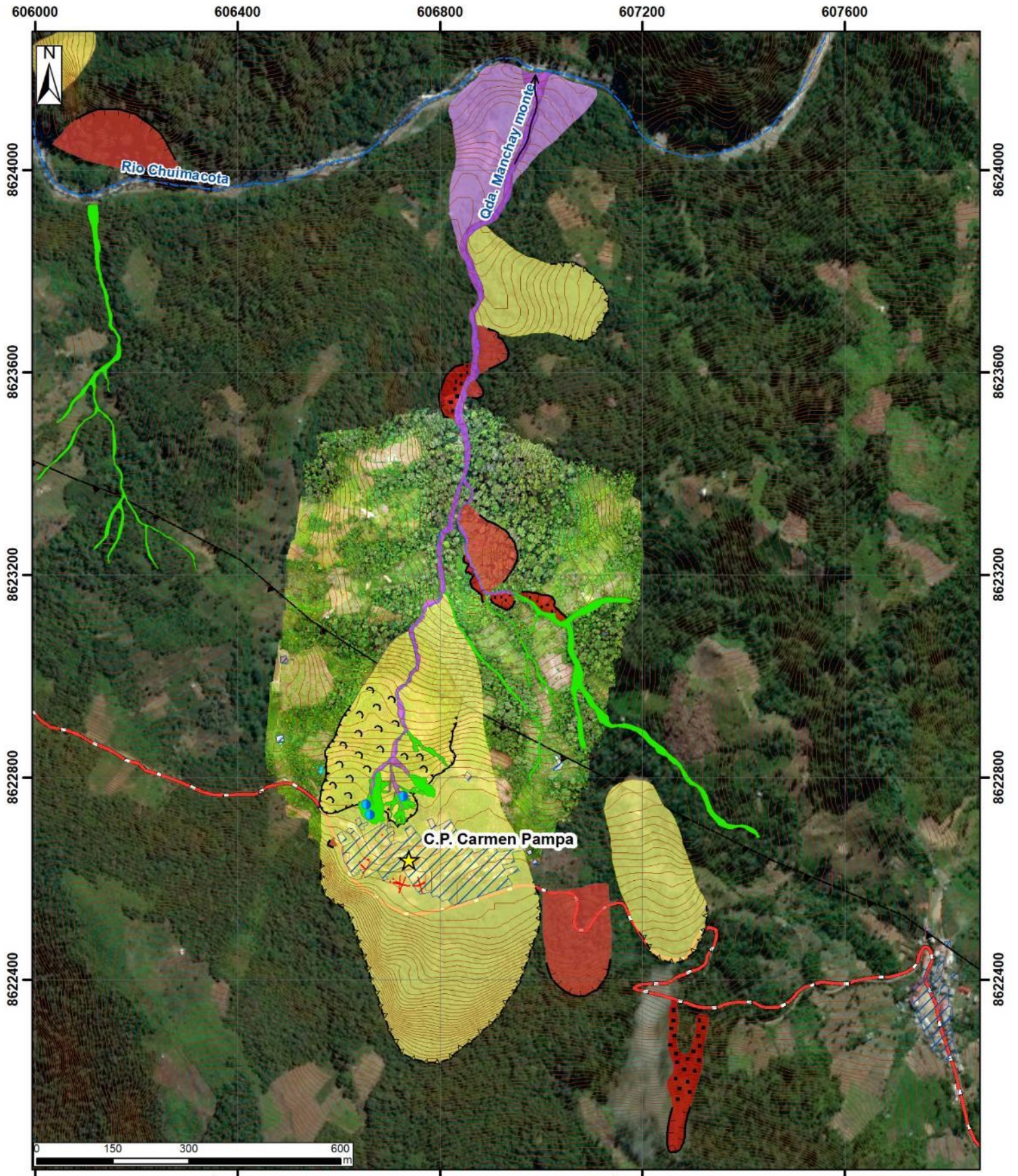

INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Región Ayacucho
 Provincia Huanta
 Distrito Liochegua
 Centro Poblado Carmen Pampa

MAPA GEOMORFOLÓGICO

Escala: 1/100000 Proyección: UTM Zona 18 Sur Versión digital 2022	Elaborado por : Ely Ccoorimanya Datum: WGS 84 Impreso: Abril 2022	MAPA 03
---	---	------------------------------



606000 606400 606800 607200 607600



Trama

Leyenda

- Derrumbe Activo
- Derrumbe Inactivo latente
- Deslizamiento rotacional reactivado
- Deslizamiento rotacional Inactivo latente
- Flujo de detritos activo
- Flujo de detritos antiguo

Simbología

- C.P. Carmen Pampa
- Red vial vecinal
- Red de drenaje
- Área rural
- Curvas de nivel
- Erosión en cárcava
- Falla inversa
- Surgencia de agua

607200 607600

<p>DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO</p> <p>Región Ayacucho Provincia Huanta Distrito Liohegua Centro Poblado Carmen Pampa</p>		
MAPA DE PELIGROS		
Escala: 1/10000	Elaborado por : Ely Ccorimanya	MAPA
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	04
Versión digital 2022	Impreso: Abril 2022	

ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

En la zona evaluada para la mitigación de los peligros geológicos, se debe controlar la infiltración del agua hacia afuera del cuerpo de deslizamiento. Los métodos de estabilización de los deslizamientos, que contemplan el control del agua, tanto superficial como subterránea, son muy efectivos y generalmente más económicos que la construcción de grandes obras de contención, desactivan y disminuyen la presión de los poros, considerada el principal elemento desestabilizante en laderas. El drenaje reduce el peso de la masa y al mismo tiempo aumenta la resistencia de la ladera (Suarez, 1998). Las medidas de drenaje recomendadas son:

Drenaje Superficial: Su fin es recoger las aguas superficiales o aquellas recogidas por los drenajes y evacuarlas lejos del talud, evitándose la infiltración y la erosión.

El sistema de recolección de aguas superficiales debe captar la escorrentía tanto de la ladera, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y llevar el agua a un sitio seguro lejos del deslizamiento.

Las aguas de escorrentía se evacuan por medio de zanjas de drenaje, impermeabilizadas o no y aproximadamente paralelas al talud. Estas deben situarse a poca distancia de la cresta del talud y detrás de la misma, de manera que eviten la llegada del agua a las grietas de tensión que podrían existir o no.

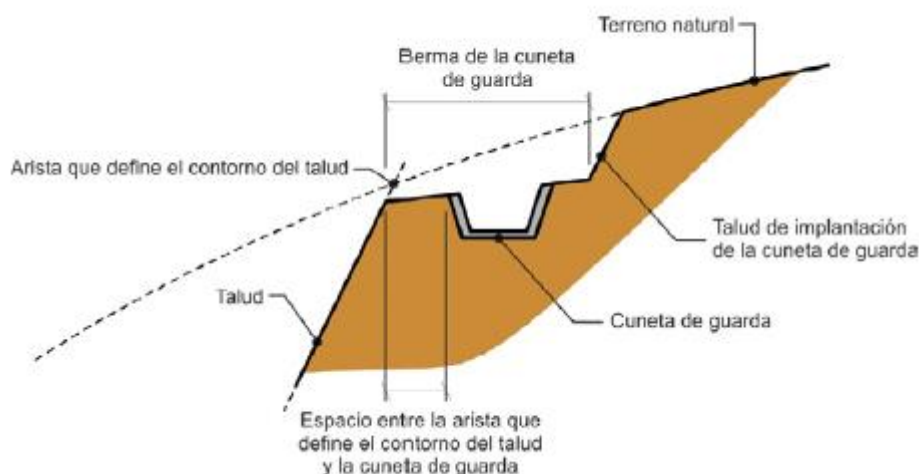


Figura 1: Detalle de una canaleta de drenaje superficial (Zanjas de coronación). Fuente: http://www.carreteros.org/normativa/drenaje/5_2ic2016/apartados/3.htm

Canales o zanjas de corona

Las zanjas en la corona o parte alta de un talud son utilizadas para interceptar y conducir adecuadamente las aguas de lluvias, evitando su paso por el talud.

La zanja de coronación no debe construirse muy cerca al borde superior del talud, para evitar que se conviertan en el comienzo y guía de un deslizamiento en cortes recientes o de una nueva superficie de falla (movimiento regresivo) en deslizamientos ya producidos; o se produzca la falla de la corona del talud o escarpe.

Se recomienda que las zanjas de coronación sean totalmente impermeabilizadas, así como debe proveerse una suficiente pendiente para garantizar un rápido drenaje del agua captada. La recomendación de impermeabilizar se debe adicionar con un correcto mantenimiento. Se sugiere que al menos cada dos años se deben reparar las zanjas de coronación para impermeabilizar las fisuras y grietas que se presenten (Figura 2)

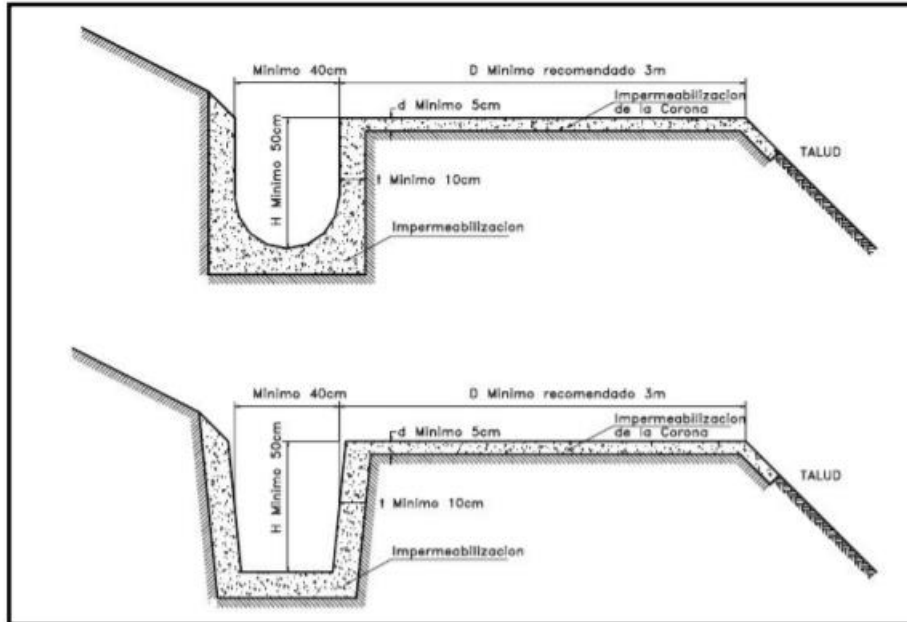


Figura 2. Detalle de zanjas de coronación para el control de aguas superficiales en un talud. (Suarez, J. 2010)