

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7392

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CENTRO POBLADO DE POMABAMBA

Departamento Áncash
Provincia Pomabamba
Distrito Pomabamba



JUNIO
2023

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CENTRO POBLADO DE POMABAMBA

Distrito Pomabamba, provincia Pomabamba, departamento Áncash

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

Equipo de investigación:

Richard Remy Huayta Pacco

Marlon Ccopa Alegre

Freddy Córdova Castro

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). - Evaluación de peligros geológicos en el centro poblado de Pomabamba, distrito Pomabamba, provincia Pomabamba, departamento Áncash. Lima: INGEMMET, Informe técnico A7392. 40 p.

INDICE

RESUMEN.....	4
DEFINICIONES	5
1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1. Objetivos del estudio	7
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	8
1.3. Aspectos generales	8
1.3.1. Ubicación.....	8
1.3.2. Accesibilidad.....	9
1.3.3. Clima	9
1.3.4. Zonificación Sísmica	11
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	13
2.1. Unidades litoestratigráficas.....	13
2.1.1. Formación Chicama (Js-chic)	13
2.1.2. Formación Chimú (Ki-chi)	14
2.1.3. Depósitos cuaternarios	15
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	17
3.1. Pendientes del terreno	17
3.2. Unidades geomorfológicas.....	17
3.2.1. Subunidad de montañas en rocas sedimentarias (RM-s)	18
3.2.2. Subunidad de vertiente coluvio-deluvial (V-cd).....	19
3.2.3. Subunidad de vertiente o coluvial (V-co)	19
3.2.4. Subunidad de abanico de piedemonte (Ab)	20
3.2.5. Subunidad de terraza tectónica (T-ad)	20
4. PELIGROS GEOLÓGICOS	21
4.1. Reptación entre Jr. Huaraz intersección Jr. Lima y aledaños ocurrido el 08/11/2022	21
4.2. Deslizamiento rotacional entre Jr. Huaraz intersección Jr. Lima ocurrido el 6 de febrero 2023.	24
4.3. Otras ocurrencias.....	26
5. CONCLUSIONES.....	29
6. RECOMENDACIONES.....	30
7. BIBLIOGRAFÍA.....	31
ANEXO 1: MAPAS	32
ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN.....	37

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizado en el centro poblado de Pomabamba, distrito y provincia de Pomabamba, departamento Áncash. 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 geología en los tres niveles de gobierno.

Las unidades litológicas (rocas) en el área evaluada se componen principalmente por una serie sedimentaria: Ladera arriba se evidencia una secuencia constituida por lutitas y areniscas oscuras, de estratos medianos; componen además areniscas y limoarcillitas piríticas, las lutitas se encuentran altamente meteorizadas. El grado de meteorización según la clasificación de la ISRM corresponde a MUY METEORIZADAS (IV). Es visible en la base de la montaña depósitos superficiales coluvio-deluviales, coluviales (bloques, gravas, clastos de naturaleza litológica heterogénea, subangulosos a angulosos, envueltos en una matriz limo-arcillosa) no consolidados

Las unidades geomorfológicas identificadas son: montañas en rocas sedimentarias y piedemontes (vertiente con depósito de deslizamiento, depósitos coluvio-deluviales, y depósitos coluviales); así como planicies (terrazas tectónicas abanicos). Se considera, que los factores condicionantes que originan la ocurrencia de movimientos en masa, son: pendiente del terreno que van desde moderadas (5°-15°) a muy fuerte (25°-45°); presencia de agua en los suelos; suelos o depósitos inconsolidados.

En el centro poblado de Pomabamba, se identificaron movimientos en masa de tipo reptación y deslizamientos, eventos que afectaron viviendas y campos de cultivo, además de la posibilidad de afectación a vías vecinales. Así mismo se pudo evidenciar la socavación, por el río Cañarí, del pie de la ladera donde se ubica la ciudad de Pomabamba.

Por las condiciones geológicas (tipo de rocas y suelos), configuración geomorfológica (terrenos con pendiente moderada a muy fuerte), así como la presencia de movimientos en masa y procesos geohidrológicos; el centro poblado de Pomabamba se considera con **Peligro Muy Alto**. De igual forma, ese sector es considerado como **Zona Crítica**. Estos movimientos en masa pueden ser detonados por lluvias intensas y/o prolongadas, movimientos sísmicos, actividad antrópica: filtraciones de agua al subsuelo por la actividad agrícola y mal estado del alcantarillado.

Finalmente, en este informe, se brinda algunas recomendaciones que se consideran importante tomar en cuenta, como reubicar algunas viviendas, realizar trabajos de sensibilización a los pobladores en temas de peligros geológicos y gestión de riesgo a fin de minimizar las ocurrencias y daños que pueden ocasionar los procesos identificados. Realizar la EVAR correspondiente.

DEFINICIONES

El presente informe técnico tiene como objetivo ser comprensible para entidades gubernamentales de los tres niveles de gobierno y para el personal no especializado, sin necesidad de ser geólogos. En este informe se presentan diversas terminologías y definiciones relacionadas con la identificación, clasificación y descripción de los peligros geológicos.

Para lograr una mayor comprensión, nos basamos en el libro *"Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas" del Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007)* y presentamos algunas definiciones importantes en términos sencillos.

AGRIETAMIENTO: Abertura profunda del suelo causada por esfuerzos de tensión o de compresión sobre masas de suelo o roca, o por desecación de materiales arcillosos.

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

DERRUMBE: Desplome de una masa de roca, suelo o ambos por gravedad, sin presentar una superficie o plano definido de ruptura, y más bien una zona irregular. Se producen por lluvias intensas, erosión fluvial; rocas muy meteorizadas y fracturadas.

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

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.

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.

METEORIZACIÓN: Se designa así a toda alteración que modifica 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 (Cruden, 1991). Los tipos más frecuentes son: caídas, deslizamientos, flujos, vuelcos, expansiones laterales, reptación de suelos, entre otros. Existen movimientos extremadamente rápidos (más de 5 m por segundo) como avalanchas y/o deslizamientos, hasta extremadamente lentos (menos de 16 mm por año) a imperceptibles como la reptación de suelos.
PELIGROS GEOLÓGICOS	Son procesos o fenómenos geológicos que podrían ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, daños a la propiedad, pérdida de medios de sustento y servicios, trastornos sociales y económicos o daños materiales. Pueden originarse al interior (endógenos) o en la superficie de la tierra (exógenos). Al grupo de endógenos pertenecen los terremotos, tsunamis, actividad y emisiones volcánicas; en los exógenos se agrupan los movimientos en masa (deslizamientos, aludes, desprendimientos de rocas, derrumbes, avalanchas, aluviones, huaicos, flujos de lodo, hundimientos, entre otros), erosión e inundaciones (INGEMMET, 2004).
RETROGRESIVO:	Tipo de actividad de un movimiento en masa, en el cual la superficie de falla se extiende en la dirección opuesta al movimiento del material desplazado (Cruden y Varnes, 1996).
SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA	La susceptibilidad está definida como la propensión o tendencia de una zona a ser afectada o hallarse bajo la influencia de un proceso de movimientos en masa determinado. La estimación de la susceptibilidad se basa en la correlación de los principales factores (intrínsecos) que contribuyen en la formación de movimientos en masa.
TALUD:	Superficie artificial inclinada de un terreno que se forma al cortar una ladera, o al construir obras como por ejemplo un terraplén.
ZONA CRÍTICA	Las zonas o áreas consideradas como críticas (Fidel et al., 2006), presentan recurrencia en algunos casos periódica a excepcional de peligros geológicos y geohidrológicos; alta susceptibilidad a procesos geológicos que puede causar desastres y alto grado de vulnerabilidad.

1. INTRODUCCIÓN

El INGEMMET, ente técnico-científico que 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 en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Defensoría del Pueblo, según Oficio N° 0608-2023-DP/OD-ANC, en el marco de nuestras competencias, se realiza una evaluación de los movimientos en masa ocurridos el día 6 de febrero del 2023 en el Jr. Huaraz con la intersección del Jr. Lima, distrito y provincia de Pomabamba, departamento Áncash. Este evento condujo al colapso de cuatro viviendas, que afectó campos de cultivo del poblado, generando daños y zozobra entre los pobladores.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó al Mag. Richard Remy Huayta Pacco, Ing. Marlon Ccopa Alegre y Bach. Freddy Córdova Castro, para realizar la evaluación de peligros geológicos en el sector previamente mencionado, el día 23 de mayo del 2023. Los trabajos fueron realizados en coordinación con representantes de los afectados y la Oficina de Gestión del Riesgo de Desastres de la Municipalidad Provincial de Pomabamba.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por INGEMMET, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS, fotografías terrestres y aéreas), la cartografía geológica y geodinámica, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración para la Defensoría del Pueblo, Gobierno Regional de Áncash, la Municipalidad Distrital de Pomabamba y entidades encargadas en la gestión de riesgo de desastres, donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo de desastres, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos ocurridos en el centro poblado de Pomabamba, eventos que comprometen la seguridad física de la población, viviendas y sus medios de vida en la zona de influencia del evento.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes de la ocurrencia de peligros geológicos
- c) Emitir las recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación de los daños que pueden causar los peligros geológicos identificados.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del INGEMMET, que sirven de referencia, tales como informes técnicos y otros estudios regionales relacionados a temas de geología y geodinámica externa (boletines), de los cuales destacan los siguientes:

- A) Boletín N° 38, Serie C, Riesgos Geológicos en la Región Áncash: “Geodinámica e Ingeniería Geológica” (Zavala, B., et. al, 2003), citando que *“En la región dominan unidades de montañas, en menor proporción colinas y lomadas, piedemontes y planicies. Los afloramientos del substrato rocoso con mayor distribución son rocas intrusivas en el lado occidental y central de la región. Depósitos inconsolidados se distribuyen en valles fluviales y glaciares, laderas y planicies costaneras. Rocas sedimentarias componen en substrato del lado central y oriental, unidades volcánico-sedimentarias y volcánicas ocupan la cordillera occidental y escasas rocas metamórficas en el lado oriental”*. La frecuencia de peligros en la región está relacionada con la complejidad geológico-geomorfológica, la presencia de cobertura de glaciares y lagunas, alta sismicidad y existencia de fallas activas.
- B) Boletín N° 60, Serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari” (Wilson, J., Reyes, L. & Garayar, J., 1995). En este boletín se muestran las unidades litoestratigráficas identificadas en la zona de estudio y alrededores conformada por rocas sedimentarias de las formaciones Chicama y Chimú, entre otras.
- C) “Movimientos en masa detonados por sismos en la región Áncash: Tipología y distribución” (Zavala, B., Fidel, L., & Valderrama, M., 2003), en el cual se abordan los movimientos en masa detonados por sismos, estos generan grandes desastres y generalmente son avalanchas de rocas, deslizamientos y avalanchas-flujos de detritos (aluviones). Estos generan morfológicamente represamientos de valles fluviales o glaciares, formación de lagunas y grandes conos de deyección.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El distrito de Pomabamba, políticamente es la capital de la provincia de Pomabamba y departamento de Áncash (figura 1), el cual se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18S) Tabla 1:

Tabla 1. Coordenadas del área de estudio.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	229226.56	9019292.69	-8.86	-77.46
2	234069.88	9023164.49	-8.82	-77.41
3	229710.91	9028491.36	-8.78	-77.45
4	225421.86	9024940.33	-8.81	-77.49
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	229438.16	9023899.32	-8.82	-77.45

Según el Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, la población censada del centro del distrito de Pomabamba es de 5667 habitantes, distribuidos en un total de 1 656 viviendas.

1.3.2. Accesibilidad

El acceso a la zona de estudio se realizó por vía terrestre desde la oficina central de INGEMMET (Lima), hasta el centro poblado de Pomabamba (Áncash), mediante la siguiente ruta (Cuadro 1):

Cuadro 1. Ruta de acceso

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Conococha	Asfaltada	338	6 horas 30 min
Conococha – Huaraz	Asfaltada	80	1 hora 30 min
Huaraz - Carhuaz	Asfaltada	35	1 hora
Carhuaz - Pomabamba	Afirmada	167	5 horas 30 min

A continuación, en la figura 1 observamos el mapa de ubicación de la zona afectada.

1.3.3. Clima

En el marco de SENAMHI. (2009). “Escenarios Climáticos en la Cuenca del Río Santa para el año 2030” - Resumen Ejecutivo. Recuperado de <http://www.senamhi.gob.pe>

Pomabamba se encuentra a una altitud de aproximadamente 2,980 m.s.n.m, el clima en este distrito sigue las características generales de la cuenca del río Santa, donde se encuentra.

Según la Clasificación Climática de Werren Thorntnwaite desarrollada por SENAMHI en 1988, en el distrito de Pomabamba y otras zonas de la cuenca del río Santa, por encima de los 3,500 metros sobre el nivel del mar, predomina un clima frío, húmedo, pero a la vez seco en invierno.

En la cuenca del río Santa, donde se encuentra Pomabamba, hay una variación de climas dependiendo de la altitud. A una altitud entre 1,800 y 2,800 metros sobre el nivel del mar, que corresponde al valle interandino o Callejón de Huaylas, el clima es seco en otoño, invierno y primavera, y templado y húmedo en verano.

El centro poblado de Pomabamba, ubicado en la cuenca del río Santa en Áncash, muestra una tendencia positiva en la precipitación anual. A nivel general, las demás localidades en la cuenca también muestran incrementos en la precipitación, aunque inferiores al 30%. Los patrones estacionales revelan similitudes en verano y otoño, pero diferencias opuestas en primavera e invierno. La influencia del fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) tiene un efecto inverso entre las regiones norte y sur de la cuenca, afectando la ocurrencia de sequías. Los periodos positivos del Índice del Pacífico Decadal (PDO) favorecen la ausencia de sequías en toda la cuenca, especialmente en la región norte.

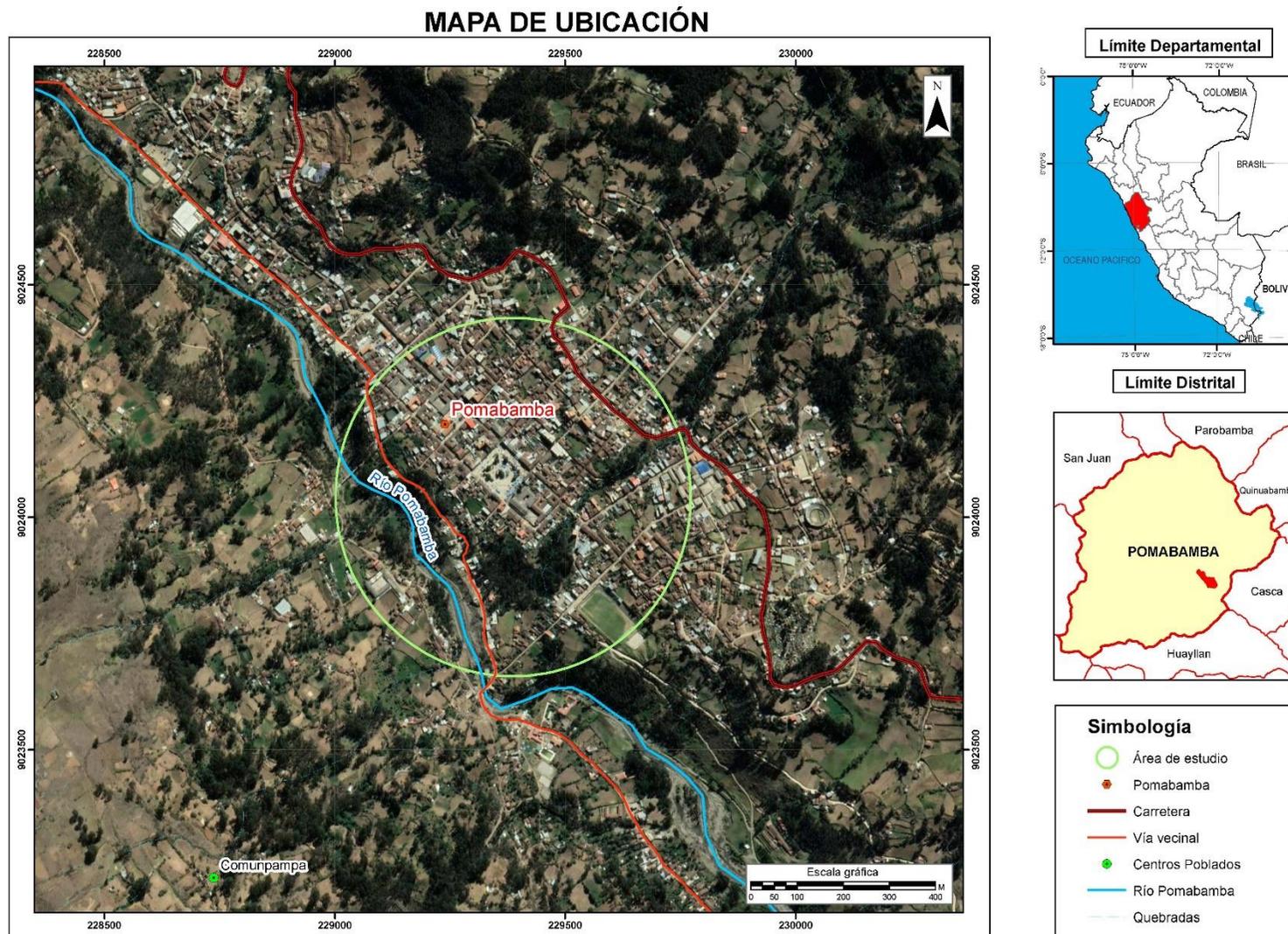
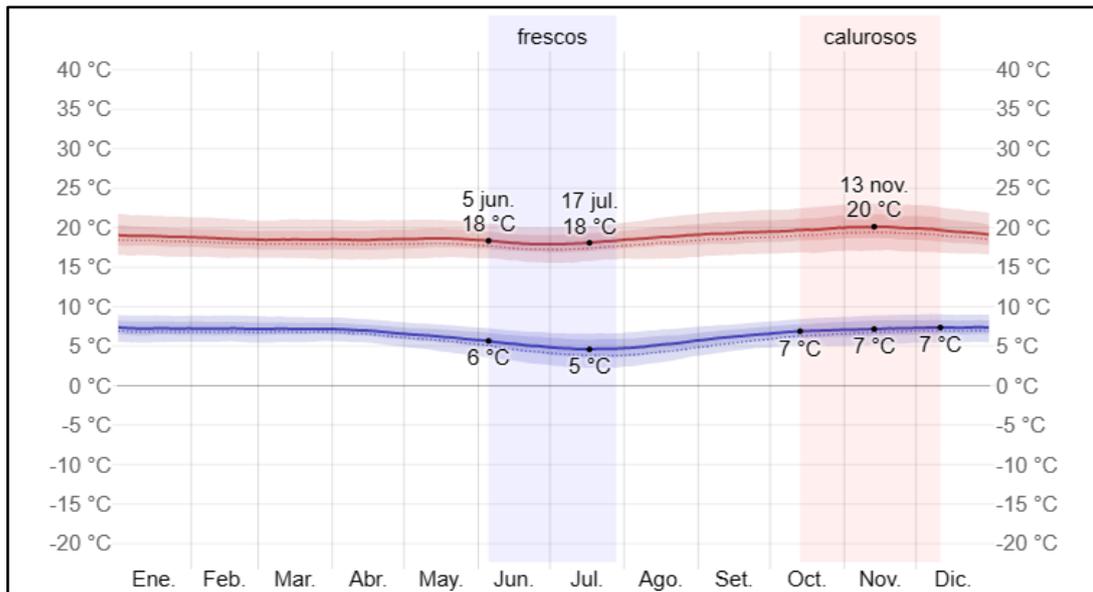
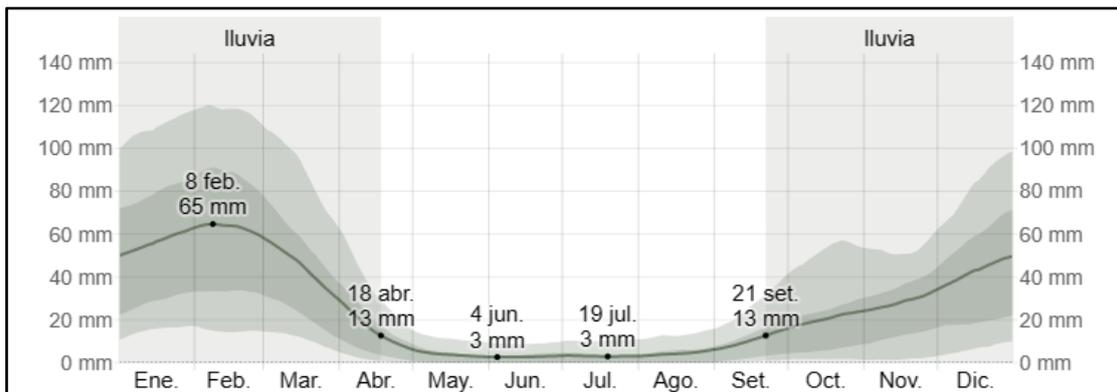


Figura 1: Ubicación del distrito de Pomabamba y alrededores.



Fuente: Weather Spark, 2022.

Figura 2. Temperaturas máximas (línea roja) y mínimas diarias (línea azul), promedio diario, para el distrito de Pomabamba



Fuente: Weather Spark, 2022.

Figura 3. Precipitación promedio anual 2022.

1.3.4. Zonificación Sísmica

El territorio nacional se encuentra dividido en tres zonas, como se muestra en la figura 4. A cada zona se asigna un factor Z según se indica en la Tabla 2. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad (DS No. 003-2016-VIVIENDA).

Tomando como referencia ese mapa, el área de estudio, se ubica en la Zona 3 (sismicidad Alta), localizada desde la línea de costa hasta el margen occidental de la Cordillera de los Andes, determinándose aceleraciones de 0.35 g.

Tabla 2. Factores de zona Z. Norma E-030

Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

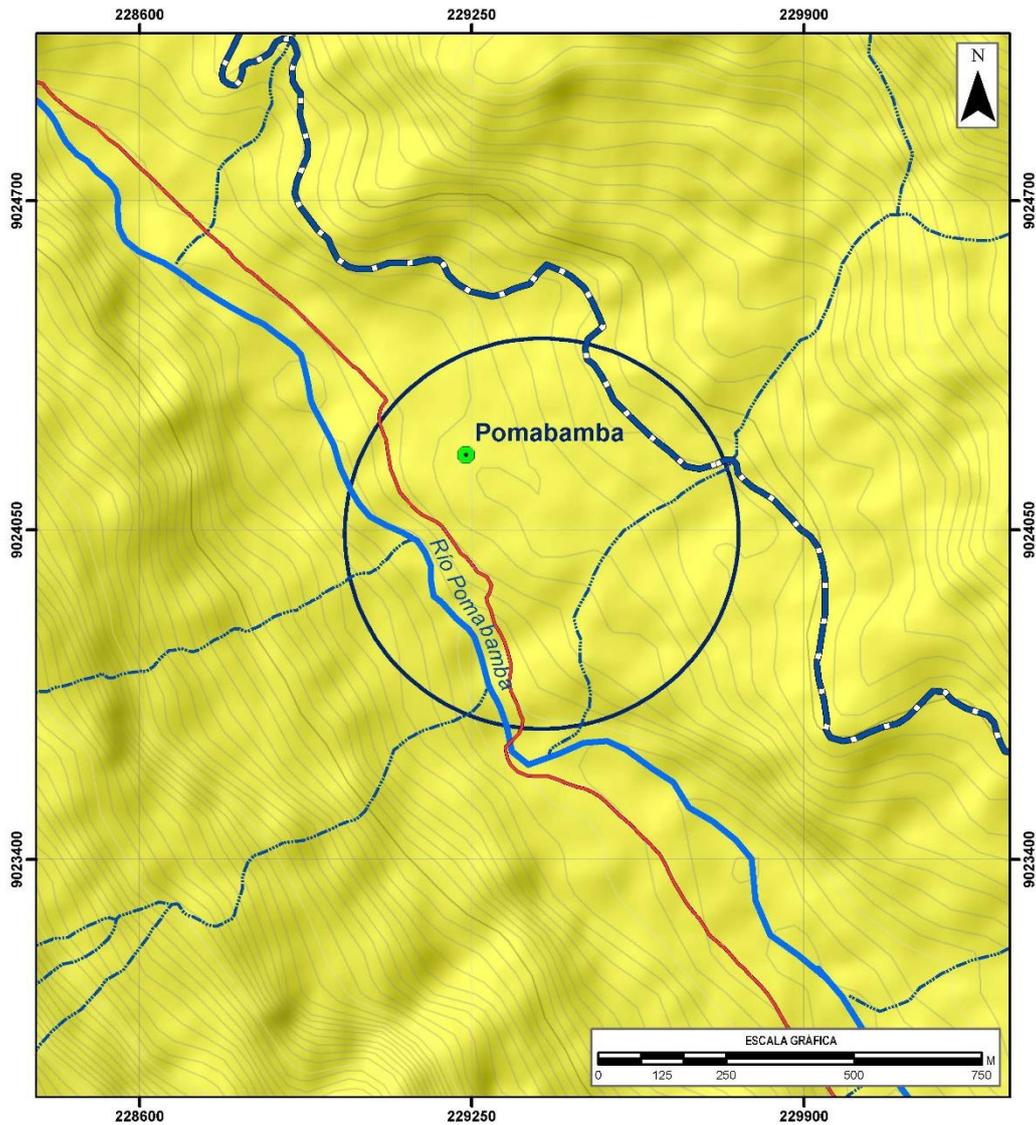


Figura 4. Zonificación sísmica del Perú. Fuente: Alva (1984).

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La descripción geológica del área de estudio se desarrolló teniendo como base el mapa geológico del cuadrángulo de Pomabamba 18-i, escala 1:100 000 (Wilson et al., 1995) y “Riesgos geológicos en la región de Áncash – Boletín C 38” (Zavala-et. al, 2003); publicados por INGEMMET.

Respecto al marco geológico, la zona comprende dos unidades litoestratigráficas: Chicama y Chimú. Estas estuvieron expuestas a fases tectónicas intensas y prolongadas, que sumados a otros factores convergen en una litología predispuesta a la ocurrencia de movimientos en masa.

Desde un enfoque geotécnico se analiza nuestra zona de estudio conformada por suelos y rocas, los suelos se caracterizan in-situ, superficialmente y en las rocas se caracteriza a partir de tres propiedades correspondientes a la matriz rocosa, las cuales son: identificación litológica, grado de meteorización y la resistencia del material, en este último punto los índices se propondrán a partir de fuentes bibliográficas.

El respectivo informe se sostiene con los trabajos de interpretación de imágenes de satélite, vuelos de dron y la inspección en campo.

2.1. Unidades litoestratigráficas

2.1.1. Formación Chicama (Js-chic)

Según Wilson et al., (1995), refieren que la formación data del Jurásico Superior, está constituida por lutitas y areniscas oscuras de estratos medianos, componen además areniscas limoarcillitas piríticas. Esta litología por su composición, grado de fracturamiento y meteorización, es considerada muy susceptibles a que sea afectada por movimientos en masa. En la fotografía 1 se observa una ventana de esta formación.



Fotografía 1. Ventana donde son visibles lutitas carbonosas de la Fm. Chicama, en la fotografía se observa altamente meteorizadas.

El grado de meteorización según la clasificación de la ISRM para sedimentario corresponde a SUELO RESIDUAL (V) - MUY METEORIZADAS (IV), la alteración de los materiales es de tipo ALTAMENTE DESCOMPUESTA por lo que se trata de rocas meteorizadas a suelos, conservándose la fábrica original. Los granos minerales están sin alterar, pero la roca es friable.

De acuerdo a la resistencia, los índices de campo según la ISRM (1989) tipifican nuestro material como ROCA MUY BLANDA (R₁) a ROCA EXTREMADAMENTE BLANDA (R₀), por lo cual podemos describir que las rocas se desmenuzan al golpear con la punta del martillo o en algunas zonas con los dedos, esto nos permite inferir que el rango de la resistencia a compresión simple del material comprende 0.25 MPa – 5.0 MPa.

2.1.2. Formación Chimú (Ki-chi)

Según la Carta Nacional, hoja 18i. Wilson, et al,1995, refieren que esta formación está constituida por centenares de metros de cuarcitas, areniscas y arcillitas, con mantos de carbón (antracita), sobreyaciendo a la Fm. Oyón e infrayaciendo a la Fm. Santa, con ligera discordancia. En la fotografía 2 podemos ver un afloramiento potente de antracita en la margen derecha del río Pomabamba.

El grado de meteorización según la clasificación de la ISRM para esta litología sedimentario corresponde ROCA METEORIZADA (III). De acuerdo a la resistencia, los índices de campo tipifican nuestro material como ROCA BLANDA (R₂) a ROCA MODERADAMENTE DURA (R₃), por lo cual podemos describir que las rocas se tallan con dificultad con una navaja, al golpear con la punta del martillo se producen pequeñas marcas o puede fracturarse con un golpe fuerte del martillo, esto nos permite inferir que el rango de la resistencia a compresión simple del material comprende 5.0 MPa – 50 MPa.



Fotografía 2. Ventana donde es visible un nivel potente de Antracita que corresponde a la Fm. Chimú.

2.1.3. Depósitos cuaternarios

2.1.3.1. Depósitos coluvio-deluvial (Q-cd):

Depósito inconsolidado constituido por bloques de gravas, guijarros con clastos de naturaleza litológica heterogénea, subangulosos a angulosos, envueltos en una matriz limo arenosa-arcillosa, acumulados al pie de laderas prominentes, como material de escombros que han sufrido transporte (Fotografía 3).



Fotografía 3. Ventana a detalle de material coluvio-deluvial. Las casas colapsadas se encuentran ubicadas en este tipo de material.

2.1.3.2. Depósito deluvial (Qh-de)

Un depósito deluvial se origina por la remoción (no canalizada) de material residual y/o coluvial acumulado en una ladera removido aguas formando pequeños depósitos de piedemonte de la ladera de una montaña o colina. Los materiales que lo constituyen generalmente son formados por la meteorización del substrato rocoso (suelos residuales) y fragmentos caídos de la vertiente superior (coluviales) y

posteriormente depositados en la ladera. Su evolución y morfología de la fuente de origen y depósito puede generar formas planas o vertientes inclinadas, siempre flanqueados por relieves montañosos, desde donde discurre agua de escorrentía que permite su remoción y acumulación.



Fotografía 4. Vista aérea donde se observa que el distrito de Pomabamba está ubicado en un depósito deluvial efecto de la erosión de la montaña del flanco Este, la pendiente menor al 20%, el material que lo compone y la morfología develan el tipo de suelo de la localidad.

2.1.3.3. Depósito fluvial (Q-fl):

Conformados por gravas y arenas mal seleccionadas en matriz arenosa. Se le puede apreciar en el curso principal del río Pomabamba, formando parte de la llanura de inundación, así como de las terrazas fluviales (figura 10, fotografía 3). Su granulometría está compuesta por bloques (30%), gravas (30%), arenas (30%) y limo-arcilla (10%).



Fotografía 5. Vista aérea del río Pomabamba con depósitos fluviales.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

3.1. Pendientes del terreno

En el anexo 1 – mapa 3, se presenta el mapa de pendientes, elaborado en base a información del modelo de elevación digital de 12.5 m de resolución (USGS).

Del mapa se puede determinar que el sector evaluado y alrededores se encuentran en una ladera cuyos rangos de pendiente van desde la conformación de terrenos llanos (0°-1°), pasan de inclinación suave (1°-5°) a pendiente moderada (5°-15°), conformando una amplia depresión de dirección norte sur, originada por la erosión fluvial y la actividad geodinámica. Así mismo se observa un cambio abrupto a terrenos de pendientes fuerte (15°-25°) a muy fuerte (25°-45°) hasta llegar a terrenos muy escarpados (>45°), los cuales corresponde laderas de montañas, resultantes de una intensa erosión y desgaste de la superficie terrestre.

En promedio, la pendiente del sector evaluado se encuentra en una ladera cuyos rangos varían entre muy escarpado (>45°) a moderado (5°-15°), cuyas características principales se describen en el siguiente cuadro 2:

Cuadro 2. Rango de pendientes del terreno.

RANGOS DE PENDIENTES		
Pendiente	Rango	Descripción
0°-1°	Llano	Comprende terrenos planos de las zonas de altiplanicie, extremos más distales de abanicos aluviales y torrenciales, bofedales, terrazas, llanuras de inundación fondos de valle y lagunas.
1°a 5°	Inclinación suave	Terrenos planos con ligera inclinación que se distribuyen también a lo largo de fondos de valles, planicies y cimas de lomadas de baja altura, también en terrazas aluviales y planicies.
5°a 15°	Moderado	Laderas con inclinaciones entre 5° y 15° se consideran con susceptibilidad moderada a los movimientos en masa de tipo reptación de suelos, flujos de detritos. En este rango se asienta el centro poblado de Pomabamba y se identificaron reptación y deslizamientos en la localidad.
15°a 25°	Fuerte	Pendientes que se distribuyen principalmente en los bordes de abanicos aluviales, conos, piedemontes proluviales-aluviales y planicies.
25°a 45°	Muy fuerte	Se encuentran en laderas de colinas y montañas sedimentarias, así como terrazas aluviales, que forman acantilados, vertientes de los valles.
>45°	Muy escarpado	Distribución a lo largo de laderas, cumbres de colinas y montañas sedimentarias, así como acantilados, donde se generaron la mayor cantidad de deslizamientos.

3.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio (anexo 1 – mapa 02), se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y

caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación a la erosión, denudación y sedimentación. (Vilchez, M., et al, 2019).

En Cuadro 3, se mencionan las unidades y subunidades geomorfológicas que se muestran en la zona evaluada y alrededores.

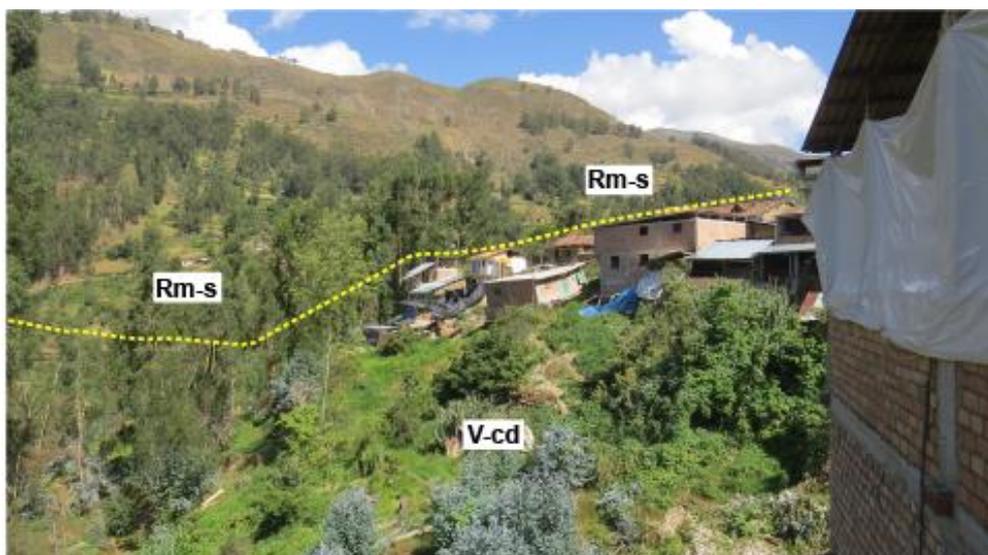
Cuadro 3. Unidades y subunidades geomorfológicas

Unidades geomorfológicas de carácter tectónico degradacional y erosional	
Unidad	Subunidad
Montaña	Montañas en roca sedimentaria (Rm-s)
Unidades geomorfológicas de carácter depositacional o agradacional	
Unidad	Subunidad
Piedemonte	Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd)
	Vertiente o piedemonte coluvial (V-co)
Planicie	Terraza tectónica (T-ad)

Unidad de montaña: Tienen una altura de más de 300 m con respecto al nivel de base local; diferenciándose las siguientes subunidades según el tipo de roca que las conforman y los procesos que han originado su forma actual.

3.2.1. Subunidad de montañas en rocas sedimentarias (RM-s)

Estas subunidades han sido levantadas por la actividad tectónica y su morfología actual se relaciona con procesos exógenos degradacionales determinados por la lluvia-escorrentía, los glaciares y el agua de subsuelo, con fuerte incidencia de la gravedad.



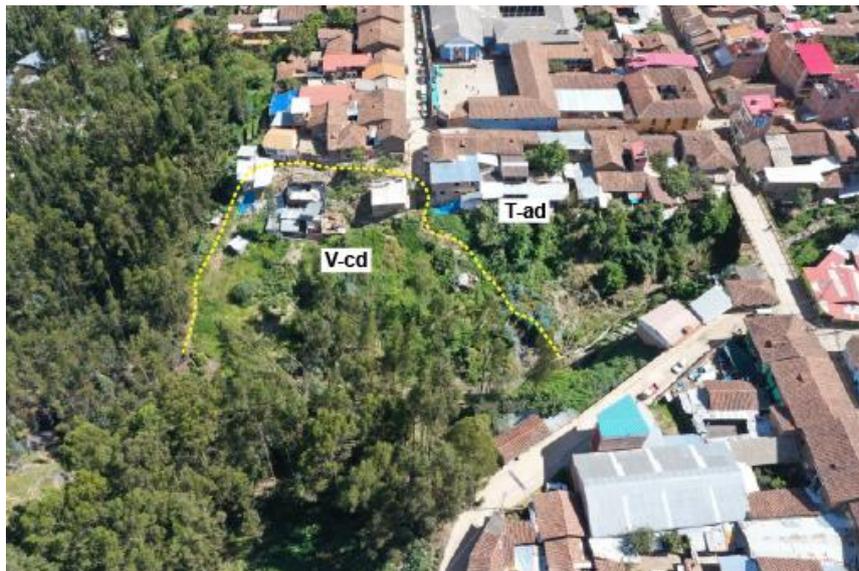
Fotografía 6. Vista con dirección al NW, donde se observa montañas en rocas sedimentarias (Rm-s) de la Formación Chimú, ubicada al oeste de la plaza de Pomabamba

En estas montañas, el plegamiento de las rocas superficiales no conserva rasgos reconocibles de las estructuras originales, sin embargo, estas pueden presentar localmente laderas controladas por la estratificación de rocas sedimentarias, sin que lleguen a constituir cadenas montañosas. El área evaluada corresponde a montañas en afloramientos de rocas sedimentarias de las formaciones Chimú y Chicama; sus relieves se encuentran asociados a procesos dominantes de erosión de laderas, derrumbes y deslizamientos. Se distribuyen en forma adyacente a las zonas de fuerte pendiente y se ubican al oeste y ese de la plaza principal de Pomabamba (fotografía 6).

Unidad de Piedemonte: Esta unidad son resultado 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

3.2.2. Subunidad de vertiente coluvio-deluvial (V-cd)

Unidad formada por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial (acarreados y acumulados por efecto de la gravedad) y deluvial (acumulación de material al pie de laderas, depositados por flujos de agua que lavan materiales sueltos de las laderas).



Fotografía 7. Vista aérea con dirección al N, donde se observa depósito coluvio-deluvial (V-cd).

Se encuentran interestratificados y no es posible separarlos como unidades individuales, estos se acumulan al pie de laderas de montañas o acantilados de valles. Se pueden asociar geodinámicamente a la ocurrencia de movimientos en masa de tipo movimientos complejos, reptación de suelos, avalancha de detritos y flujos de detritos (fotografía 9).

3.2.3. Subunidad de vertiente o coluvial (V-co)

Son aquellos depósitos que se encuentran acumulados al pie de laderas, como material del escombros constituido por fragmentos rocosos angulosos heterométricos y de naturaleza litológica homogénea. Los depósitos de esta unidad carecen de

relleno, son sueltos sin cohesión, conformando taludes de reposo poco estables.

3.2.4. Subunidad de abanico de piedemonte (Ab)

Es una forma del relieve depositacional originado en la base o pie de un frente montañoso, asociada a la descarga de sedimentos de un curso de agua (río o quebrada), drena desde un área topográficamente elevada a un área baja y plana adyacente.

3.2.5. Subunidad de terraza tectónica (T-ad)

Una terraza estructural es una unidad geomorfológica que se encuentra en paisajes de relieve inclinado o montañoso. Se forma a lo largo de laderas o pendientes debido a la acción de la tectónica de placas y la erosión.

En términos generales, una terraza estructural se desarrolla cuando una masa de roca o bloque se levanta o se inclina debido a la actividad tectónica, como el levantamiento de una cadena montañosa o el hundimiento de un bloque en una falla. Esto puede ocurrir debido a procesos de compresión, extensión o deslizamiento en la corteza terrestre.

A medida que la masa de roca se eleva o inclina, los ríos y otros agentes erosivos comienzan a desgastar las capas más blandas o menos resistentes, creando diferentes niveles o plataformas escalonadas en el paisaje. Estas plataformas se conocen como terrazas estructurales.

Las terrazas estructurales pueden tener diferentes altitudes y formas, dependiendo de la intensidad de la actividad tectónica y la erosión en la región. Por lo general, se caracterizan por tener superficies planas o ligeramente inclinadas, con pendientes más pronunciadas en los bordes. Además, las terrazas estructurales pueden mostrar patrones de estratificación y revelar la historia geológica de la región.



Fotografía 8. Vista de terraza tectónica (T-ad) en contacto con montaña en roca sedimentaria.

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la ciudad de Pomabamba, corresponden a movimientos en masa de tipo reptación y deslizamiento (PMA: GCA, 2007).

Este movimiento en masa, tienen como causas o condicionantes, factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, pendiente del terreno, tipo de roca, tipo de suelos, drenaje superficial–subterráneo y cobertura vegetal. Se tiene como “**desencadenante**” las cargas de estructuras edificadas en un material incompetente y saturado, geotécnicamente se denomina “Suelo colapsable”, además, la permanente infiltración de agua al terreno por el sistema de alcantarillado y actividad agrícola existente en las laderas permite la acumulación de agua hasta los niveles de contacto entre el suelo arcilloso y lutitas muy fracturadas lo cual acelera el colapso, presentándose inicialmente como una reptación y que desencadenó el deslizamiento a posteriori.

Los peligros geológicos identificados en la zona inspeccionada y sus alrededores se presentan en el anexo 1.

La caracterización de los eventos geodinámicos, se realizó en base a la información obtenida en los trabajos de campo, en donde se identificaron los tipos de movimientos en masa a través del cartografiado geológico y geodinámico. Se basa en la observación y descripción morfométrica in situ, la toma de datos GPS, fotografías a nivel de terreno y del levantamiento fotográfico con dron.

En la zona de estudio se identificaron y caracterizaron los siguientes peligros geológicos:

4.1. Reptación entre Jr. Huaraz intersección Jr. Lima y alrededores ocurrido el 08/11/2022

El 8 de noviembre del 2022, la población se percata de sutiles pero marcadas grietas paralelas a la dirección de buzamiento de la ladera colindante. Al transcurrir los meses estas se acrecentaron, y fue hasta el 6 de febrero que generó el colapso de 3 viviendas.

“La reptación se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo” (PMA: GCA, 2007). El evento inicia meses atrás, ubicado entre las coordenadas UTM 9023941 N, 229417 E y área aledaña una altitud de 2944 m.s.n.m. afectando un área de 5000 m².

El evento generó las siguientes afectaciones en infraestructuras, las que se detallan a continuación (Ver Tabla 3):

Tabla 3: Afectaciones generadas por la reptación progresiva desde el 8/11/2022.

INFRAESTRUCTURA	COORDENADAS UTM-WG84			Afectación (m)
	NORTE	ESTE	COTA	
4 viviendas y campos de cultivo	9023941	229417	2944 m.s.n.m.	5000 m ²

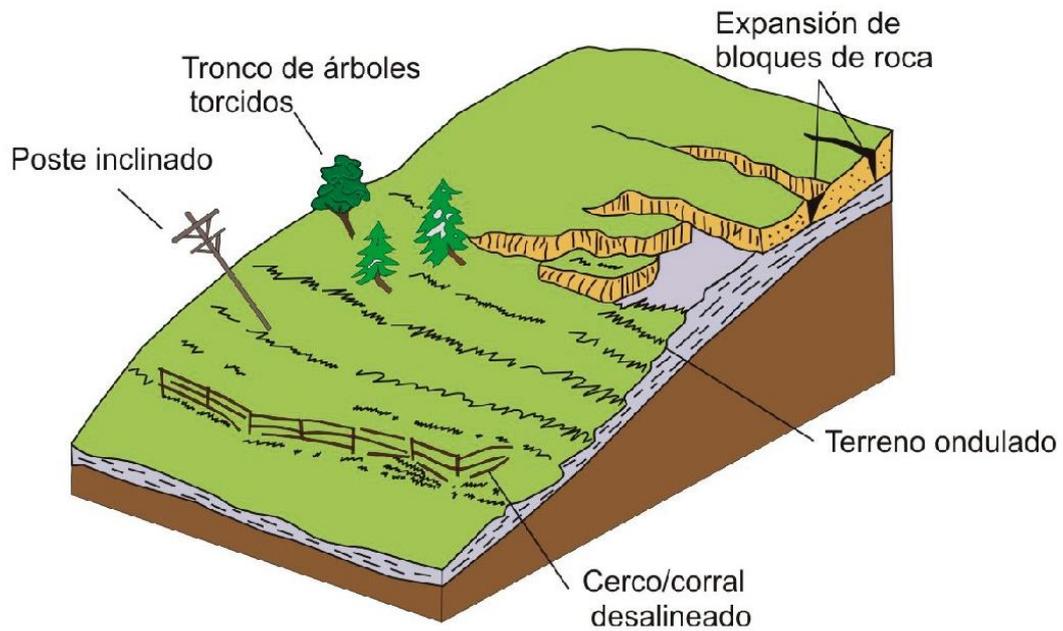


Figura 5. Esquema de un evento de reptación.

Fuente: INGEMMET, Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica N°69



Fotografía 9. En la fotografía se señala en líneas punteadas los arboles inclinados, efecto del suelo reptando; Se muestra, además la medición de ondulaciones del terreno o saltos corroborando el esquema de la figura 5.

4.1.1. Características visuales del evento

El deslizamiento ocurrido en el centro poblado de Pomabamba, presenta la siguientes características y dimensiones:

- Estado de la actividad del movimiento: Activo
- Movimiento en masa de tipo: Reptación.
- Forma de la escarpa principal: Semicircular.
- Superficie de rotura: Semicircular y alargada.

- Longitud de la mayor grieta (horizontal): 100 m.
- Saltos de grietas (vertical): 70 m.
- Saltos paralelos a la escarpa inicial (ortogonal a horizontal): 3 m.



Fotografía 10. Agrietamientos transversales de hasta 4 m de longitud, ubicada a 5 m del deslizamiento rotacional, con dirección NW-SE, con saltos de 0.30 m.

4.1.2. Factores condicionantes

- Configuración geomorfológica del área (piedemonte deluvial): En esta unidad se observa mayor frecuencia de erosión de laderas y presencia de movimientos en masa y depósitos de deslizamientos.
- Geometría del terreno: Pendiente del terreno pronunciada, de fuerte (15° a 25°) a muy escarpada (25° a 45°). Las elevadas pendientes junto a zonas urbanas generan una alta susceptibilidad a ocurrencia de deslizamientos.
- Litología: Conformada por suelo arcilloso de una potencia de 2 metros en contacto con lutitas carbonosas muy fracturadas correspondientes a la Fm. Chicama.

4.1.3. Factores detonantes

- Infiltración de agua al terreno: Tanto como lluvias intensas y/o excepcionales de 100 mm entre los meses de diciembre a marzo, que saturan los terrenos y los desestabilizan.

4.1.4. Factores antrópicos

- Percolación: La perenne saturación de los suelos a consecuencia del riego por gravedad y la infiltración originada por el sistema de alcantarillado precario de la ciudad, generan en los suelos arcillosos una mayor presión de poros, lo que lleva a la disminución de la presión efectiva del terreno y por ende se denomina suelo colapsable.

4.1.5. Daños por peligros geológicos

- Afecta un área de 5000 m², donde se ubican más de 10 viviendas y terrenos de cultivo.

4.2. Deslizamiento rotacional entre Jr. Huaraz intersección Jr. Lima ocurrido el 6 de febrero 2023.

Dentro de la ciudad de Pomabamba, entre los cruces del Jr. Huaraz con Jr. Lima se registra un deslizamiento rotacional retrogresivo. En la figura a continuación, podemos ver el esquema de un deslizamiento de tipo rotacional.

4.2.1. Características visuales del evento

El deslizamiento ocurrido en el sector Pomabamba, presenta la siguientes características y dimensiones:

- Estado de la actividad del movimiento: Activo
- Deslizamiento de tipo: Rotacional
- Forma de la escarpa principal: Semicircular.
- Superficie de rotura: Semicircular y alargada.
- Longitud de la escarpa: 15 m.
- Longitud entre escarpa y pie: 55 m.
- Salto de escarpa principal, comprendido entre: 2 a 3 m.

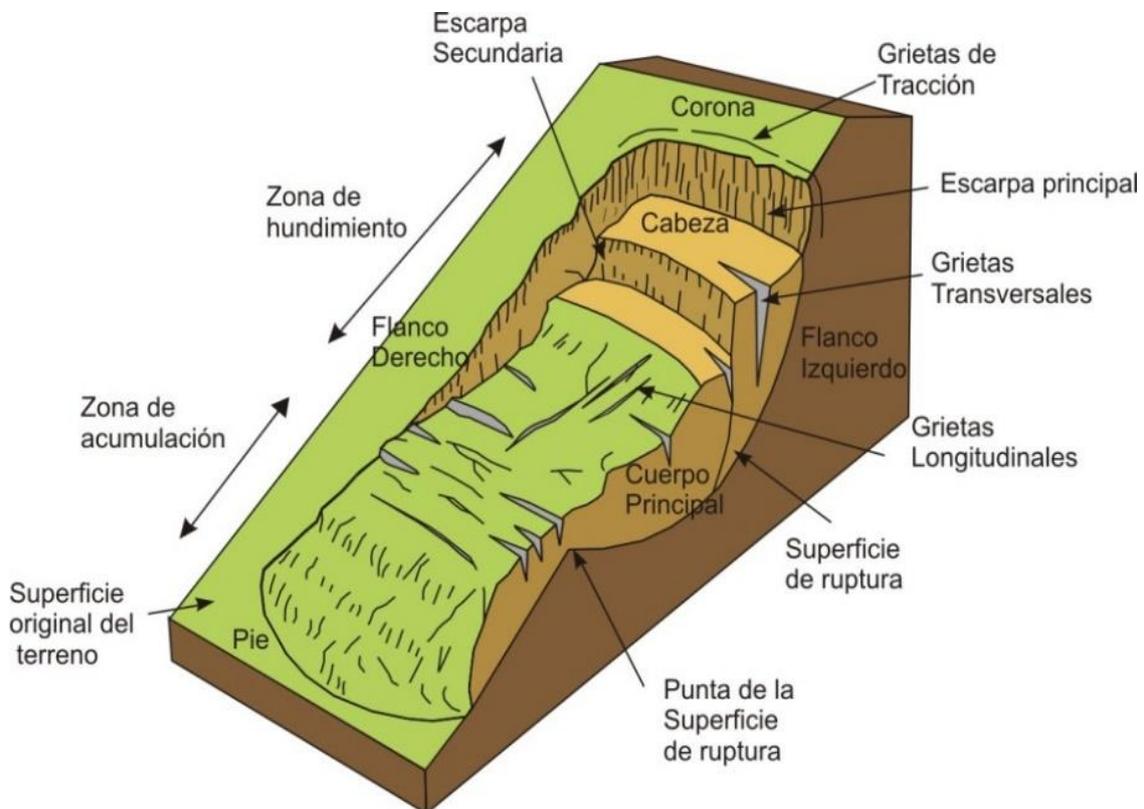


Figura 6. Esquema de un evento de reptación.

Fuente: INGEMMET, Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica N°69



Fotografía 11. En la fotografía es posible observar el escarpe principal del deslizamiento (líneas rojas entrecortadas).

4.2.2. Factores condicionantes

- Geometría del terreno: Pendiente del terreno pronunciada, de fuerte (15° a 25°) a muy escarpada (25° a 45°). Las elevadas pendientes junto a zonas urbanas generan una alta susceptibilidad a ocurrencia de deslizamientos.
- Configuración geomorfológica del área (piedemonte coluvio-deluvial): En esta unidad se observa mayor frecuencia de erosión de laderas y presencia de movimientos en masa y depósitos de deslizamientos.
- Litología: Conformada por suelo arcilloso de una potencia de 2 metros en contacto con lutitas carbonosas muy fracturadas correspondientes a la Fm. Chicama.

4.2.2. Factores detonantes

- Infiltración de agua al terreno: Tanto como lluvias intensas y/o excepcionales de 100 mm entre los meses de diciembre a marzo, que saturan los terrenos y los desestabilizan.
- Movimientos telúricos o sismos que actúan a favor de la desestabilidad de la ladera.

4.2.3. Factores antrópicos

- Percolación: La perenne saturación de los suelos a consecuencia del riego por gravedad y la infiltración originada por el sistema de alcantarillado precario de la ciudad, generan en los suelos arcillosos una mayor presión de poros, lo que lleva a la disminución de la presión efectiva del terreno y por ende se denomina suelo colapsable.
- Carga al terreno: Según la teoría de consolidación, una arcilla en estado saturado que es sometida a un proceso de carga de compresión sufrirá un

aumento de las presiones intersticiales debido a que todo el esfuerzo, puramente compresivo, será transmitido al agua contenida en el suelo. Debido al gradiente producido por la sobrepresión el agua comenzará a fluir disminuyendo el volumen del suelo. Este proceso se denomina consolidación.

4.2.4. Daños por peligros geológicos

- Afecta 3 viviendas de forma directa las cuales colapsaron y más de 10 viviendas en la zona aledaña donde se registran múltiples grietas y gran riesgo ya que el deslizamiento es de tipo retrogresivo, además colapso más de 1000 m² de terrenos de cultivo.
- Podría afectar la vías vecinales y sistema de alcantarillado.



Fotografía 12. Se aprecia el escarpe principal del deslizamiento.

4.3. Otras ocurrencias

- Erosión de ladera: Actualmente, las laderas del río Cañari ubicada en el barrio de Cañari, viene presentando un proceso de erosión activa que socava el terreno donde aledaño donde se ubican muchas viviendas, el material removido desciende hasta integrarse al río Pomabamba.
-



Fotografía 13. Vista aérea donde se observa la erosión de ladera que socavó las cimentaciones de una vivienda de 2 pisos. Este hecho demandó evacuarlos de forma inmediata por el inminente peligro al que se exponen los ocupantes de dicho inmueble.



Fotografía 14. Vista que evidencia el agrietamiento de las viviendas próximas a la quebrada Cañari y el río Pomabamba.

Fotografía 15. Vista aérea donde se señala y amplifica diferentes eventos, desde esta imagen se pretenden exponer los eventos sucedidos y su proximidad entre ellos.



5. CONCLUSIONES

- 1) En el centro poblado de Pomabamba, se identificaron peligros geológicos por movimientos en masa de tipo complejos (reptación y deslizamiento), como también procesos de erosión de laderas.
- 2) El evento analizado con alta prioridad se tipifica como un movimiento complejo de tipo (reptación-deslizamiento), este evento como indican las autoridades del área de riesgos y desastres, presentó visibles grietas desde noviembre del 2022, donde se evidencio un acelerado agrietamiento y lento pero continuo movimiento del suelo, coincidiendo con el incremento de cargas al terreno asociado a la edificación de infraestructura en el suelo colapsable.
- 3) El 6 de febrero del 2023, se reactivó un deslizamiento de tipo rotacional, presenta un escarpe principal con longitud de 15 m, y salto de 2 - 3 m y un desnivel entre la escarpa y el pie de 55 m; afectó también aprox. 1000 m² de campos de cultivo; dado que es de tipo retrogresivo este evento podría afectar a las viviendas colindantes.
- 4) Las rocas en la zona evaluada y alrededores, son de origen sedimentario, conformado por la Formación Chicama; constituidas por lutitas carbonosas muy fracturadas, mantos de antracita y un relleno de suelo arcilloso. Las rocas se encuentran meteorizadas, según la clasificación de la ISRM como roca MUY METEORIZADAS (IV), estas rocas geotécnicamente se clasifican como ROCA MUY BLANDA (R₁) a ROCA EXTREMADAMENTE BLANDA (R₀) por lo que tendrían índices de resistencia a compresión simple entre 0.25 MPa. 5.0 MPa.
- 5) Geomorfológicamente, la zona de estudio se encuentra en vertientes con depósitos de deslizamiento coluvio-deluvial, circundadas con montañas de rocas sedimentarias, las laderas presentan pendientes moderadas (5°-15) a fuerte (15°-25) se tiene también piedemonte deluvial, coluvio-deluvial y terrazas aluviales. La ciudad de Pomabamba se asienta sobre una terraza tectónica de suave pendiente.
- 6) Se considera como factor desencadenante la percolación de las aguas usadas en el sistema de riego por gravedad y las cargas añadidas al terreno por la infraestructura sanitaria construida, estas filtran y saturan el suelo, por ende, bajan su capacidad portante y en consecuencia ocurren los colapsos de terreno.
- 7) Por las condiciones geodinámicas (presencia de movimientos en masa y procesos de erosión de laderas), geológicas (tipo de roca), la configuración geomorfológica (laderas con pendiente fuerte a muy escarpado); y la presencia de agrietamientos, se considera a el centro poblado de Pomabamba de **Peligro Muy Alto** y como **Zona Crítica**, donde se pueden producir nuevas reactivaciones de movimientos en masa y la progresión de las ya ocurridas.
- 8) Con respecto a lo antes mencionado, cabe recalcar que el perímetro del centro poblado de Pomabamba en las zonas aledañas a la quebrada Cañari y río Pomabamba, se encuentra dentro de una zona de alta a muy alta susceptibilidad a movimientos en masa, lo cual advierte de la alta propensión ante la ocurrencia de movimientos en masa.

6. RECOMENDACIONES

Para la zona del deslizamiento del 06 de febrero del 2023

- 1) Reubicar las viviendas y campos de cultivos que están en los de 500 m. alrededor de la corona de deslizamiento.
- 2) Reubicar las viviendas y campos de cultivos ubicadas en laderas adenañas al río Pomabamba y río Cañari.
- 3) Reubicar las zonas agrícolas y evitar el riego en estas zonas agrícolas de ALTA SUCEPTIBILIDAD.
- 4) Prohibir la construcción de nuevas viviendas o construir más pisos en las actuales viviendas ubicadas próximas al río Pomabamba y río Cañari.
- 5) Impulsar la construcción de un sistema de alcantarillado con sustento técnico, revestido y debidamente impermeabilizado en Pomabamba.
- 6) Si continúa la expansión de las grietas; se debe considerar la propuesta de hacer un nuevo trazo de la vía, para el cual es importante realizar estudios geotécnicos previos a la construcción de infraestructura.
- 7) Realizar la EVAR correspondiente.

Para la zona de la reptación del 8 de noviembre del 2022

- 1) Reubicar las viviendas y campos de cultivos que están a 100 m. del Jr. Huaraz y Jr. Lima donde se viene suscitando la reptación.
- 2) Implementar y realizar el monitoreo a través de puntos topográficos como apoyo y control para mediciones topográficas del movimiento del deslizamiento.
- 3) Modificar la geometría del talud y ubicar drenes californianos para desaguar el agua infiltrada en las laderas.
- 4) Realizar trabajos de sensibilización en temas de peligros geológicos masa y gestión del riesgo de desastres.
- 5) Reubicar las zonas agrícolas y evitar el riego en estas zonas agrícolas de ALTA SUSCEPTIBILIDAD.
- 6) Respetar la denominación de "Franja marginal" en la quebrada Cañari.
- 7) Prohibir la construcción de sistema de alcantarillado sin sustento técnico en Pomabamba
- 8) Realizar la EVAR correspondiente.


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


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

7. BIBLIOGRAFÍA

Abad, L. O. ESTABILIDAD DE TALUDES EN SUELOS.

Bañón, L., & Beviá García, J. F. (2000). Manual de carreteras. Volumen I: elementos y proyecto. Caminos I.

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.

Iqbal, M. J., & Mohanty, B. (2007). Experimental calibration of ISRM suggested fracture toughness measurement techniques in selected brittle rocks. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 40(5), 453-475.

Loaiza Gómez, S. X., & Rincón Leal, S. A. (2018). Comparación de los parámetros de consolidación obtenidos en los equipos de la Universidad Pontificia Bolivariana de Bucaramanga y verificación de asentamientos en modelo a escala.

Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (2017) – Directorio Nacional de Centros Poblados. Censos Nacionales 2017: XII de Población; VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. (Consulta: Junio 2021). Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm.

Morche, W., Albán Avila, C. A., De la Cruz Wetzell, J. S., & Cerrón Zeballos, F. (1995). Geología del cuadrángulo de Ayacucho. Hoja: 27-ñ-[Boletín A 61].

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.

Rodriguez & Chacaltana, V. (2013) - Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Ayacucho (27-ñ), Escala 1: 50 000 Ingemmet.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2020) – SENAMHI. (consulta: enero 2022). <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>.

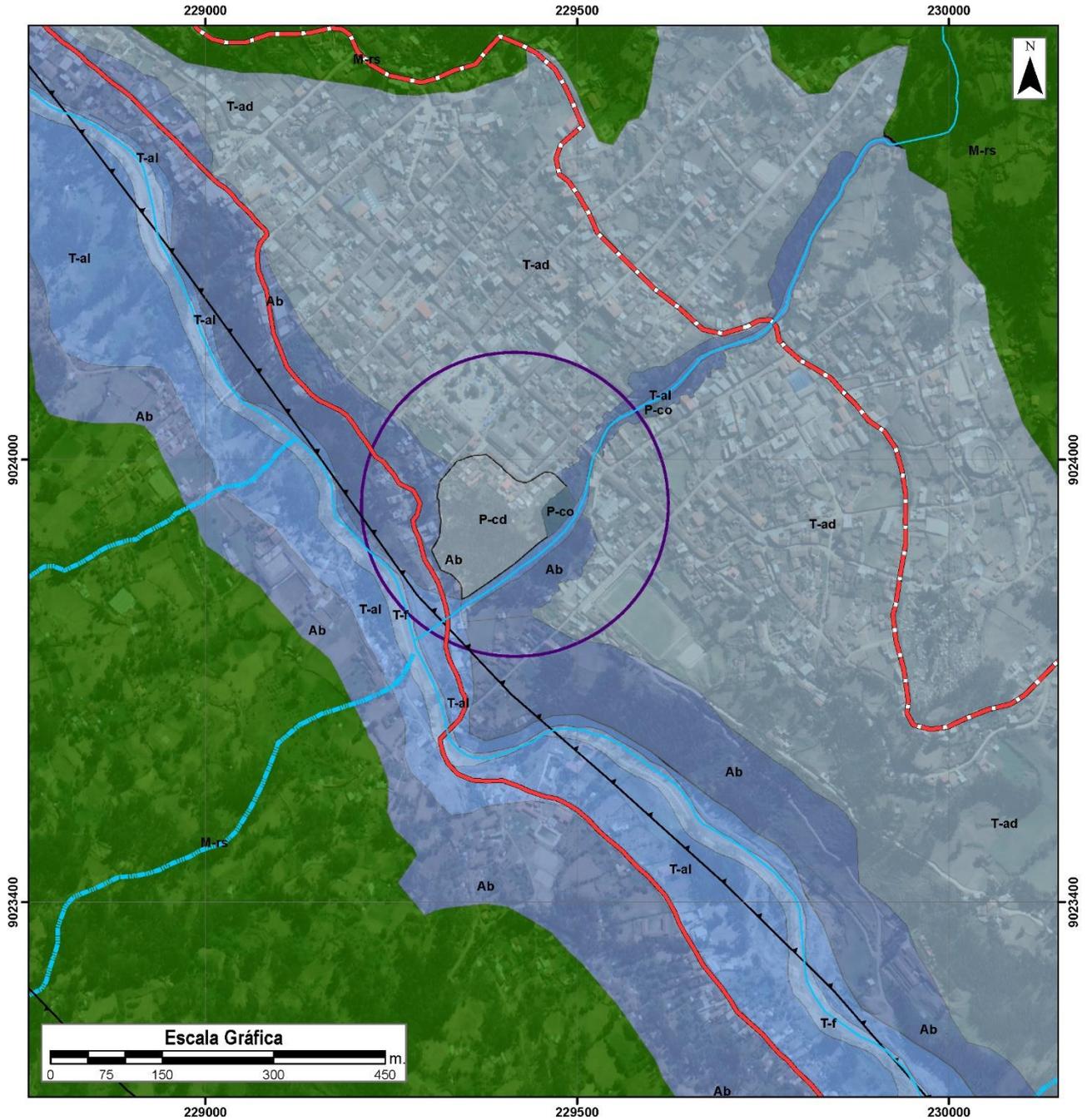
Valiente Sanz, R., Sobrecases Martí, S., & Díaz Orrego, A. (2016). Estabilidad taludes, conceptos básicos, parámetros de diseño y métodos de cálculo. *Revista civilizate*, (7), 50-54.

Vilchez, M.; Ochoa, M. & Pari, W. (2019) - Peligro geológico en la región Ayacucho. INGEMMET, *Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 69, 225 p., 9 mapas.

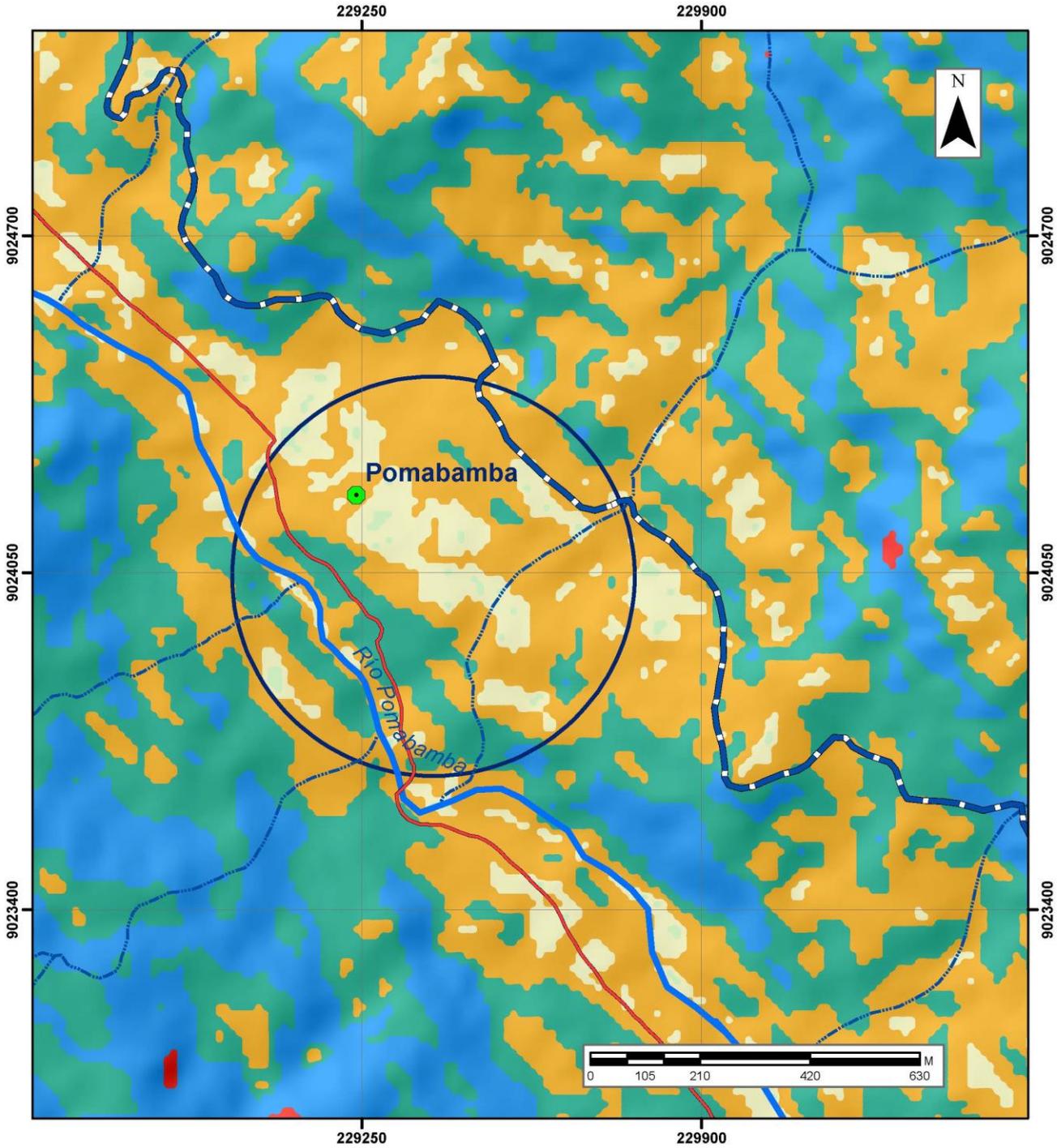
Vílchez Mata, M. S., & Ochoa Zubiarte, M. B. (2014). Zonas críticas por peligros geológicos en la región Ayacucho.

Wilson, J. J., Reyes Rivera, L., & Garayar, J. (1995). -Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari. Hojas: 17-h, 17-i, 18-h, 18-i, 19-h, y 19-i-[Boletín A 60].

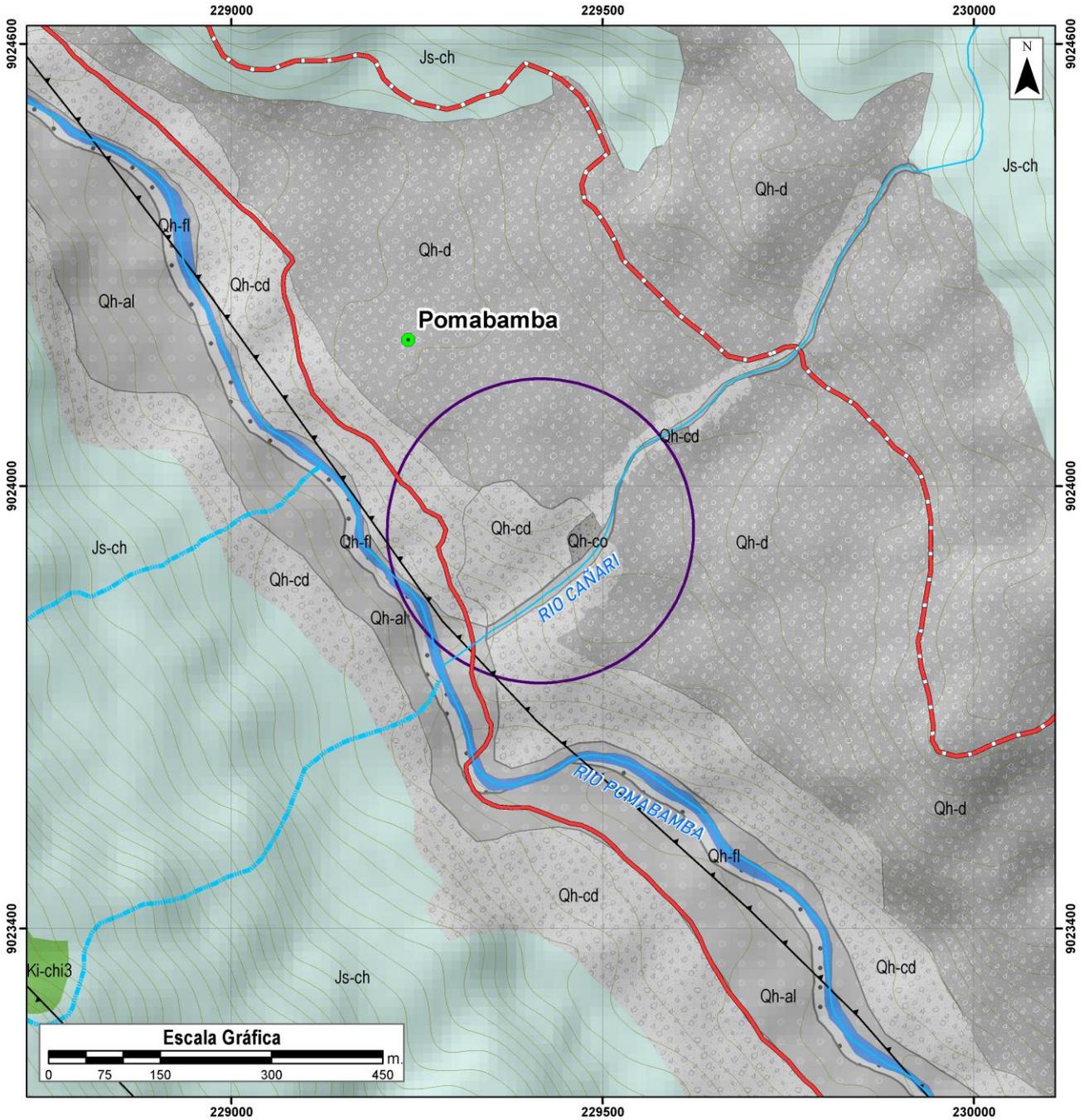
ANEXO 1: MAPAS



SIMBOLOGÍA		LEYENDA		 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO DEPARTAMENTO ANCASH PROVINCIA POMABAMBA DISTRITO POMABAMBA		
	Ciudad Pomabamba		Ab Abanico de piedemonte	MAPA GEOMORFOLÓGICO		
	Área de estudio		M-rs Montaña en roca sedimentaria			
	Carretera		P-co Piedemonte Coluvial	Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84		
	Vía vecinal		P-cd Piedemonte Coluvio-deluvial			
	Ríos		T-ad Terraza Tectónica			
	Quebradas		T-f Terraza Fluvial			
	Fallas		T-al Terraza Aluvial			
	Curvas de nivel					



<p>SIMBOLOGÍA</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ciudad Pomabamba Área de estudio Carretera Vía vecinal Ríos Quebradas Fallas Curvas de nivel 	<p>RANGO DE PENDIENTES</p> <ul style="list-style-type: none"> 0°- 1° TERRENO LLANO 1°-5° TERRENO INCLINADO CON PENDIENTE SUAVE 5°-15° PENDIENTE MODERADA 15°-25° PENDIENTE FUERTE 25°-45° PENDIENTE MUY FUERTE A ESCARPADA > 45° TERRENO MUY ESCARPADO 	<p>SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO</p> <p>DEPARTAMENTO ANCASH PROVINCIA POMABAMBA DISTRITO POMABAMBA</p> <p>PENDIENTES DEL TERRENO</p>	
		<p>Escala: 1/10,000</p>	<p>Elaborado por: Córdova, F.</p>
<p>Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84</p>		<p>Versión digital 2023 Impreso: Junio 2023</p>	

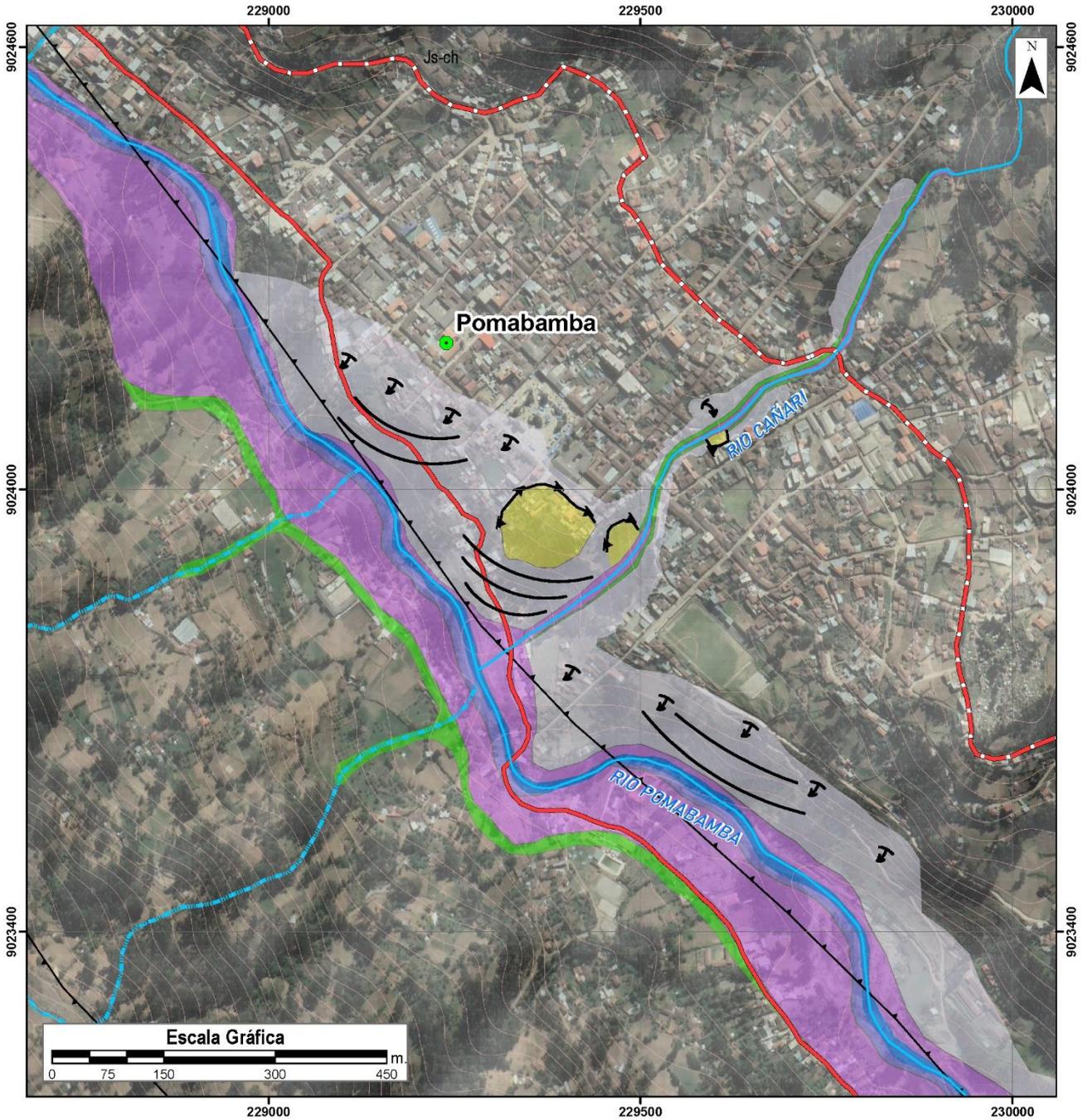


Qh-cd Qh-al

SIMBOLOGÍA	
	Ciudad Pomabamba
	Área de estudio
	Carretera
	Via vecinal
	Ríos
	Quebradas
	Fallas
	Curvas de nivel

LEYENDA	
	Js-ch Fm. Chicama
	Ki-chi3 Gp. Goyllarisquizga - Fm. Chimú
	Qh-d Depósito deluvial
	Qh-co Depósito coluvial
	Qh-cd Depósito coluvio-deluvial
	Qh-al Depósito aluvial
	Qh-fl Depósito fluvial

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO		
DEPARTAMENTO ANCASH PROVINCIA POMABAMBA DISTRITO POMABAMBA		
MAPA LITOLÓGICO		
Escala: 1/5,000	Elaborado por: Huayta, R.	MAPA 04
Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84		
Versión digital 2023 Impreso: Junio 2023		



SIMBOLOGÍA	
	Ciudad Pomabamba
	Área de estudio
	Carretera
	Vía vecinal
	Ríos
	Quebradas
	Fallas
	Curvas de nivel

LEYENDA	
	Avalancha de detritos Inactivo latente
	Erosión de ladera Activo
	Flujo de detritos Inactivo latente
	Deslizamiento rotacional Activo
	Reptación Activo

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO		
DEPARTAMENTO ANCASH PROVINCIA POMABAMBA DISTRITO POMABAMBA		
MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS		
Escala: 1/5,000	Elaborado por: Huayta, R.	MAPA
Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84		05
Versión digital 2023	Impreso: Junio 2023	

ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

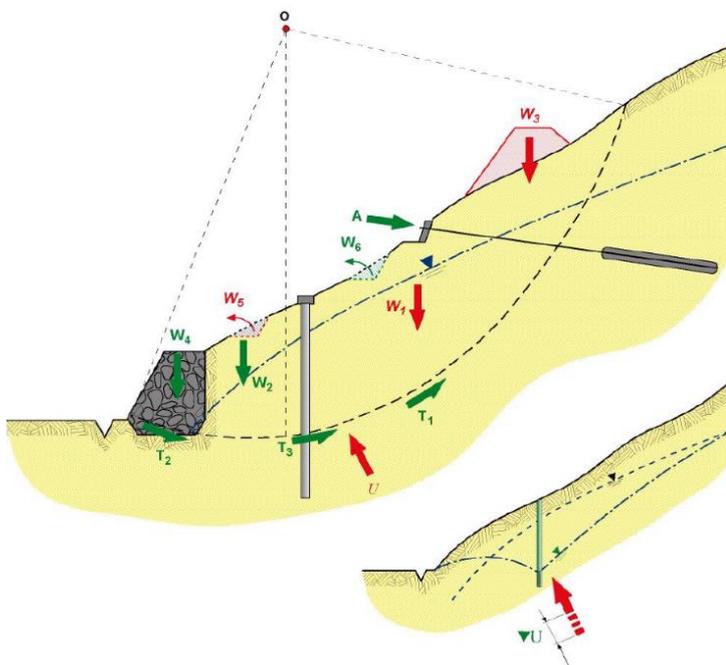
A partir de la evaluación geológica-geodinámica realizada, se dan algunas propuestas de intervención de forma general para la zona evaluada. Se debe considerar como medidas de prevención y mitigación ante futuros eventos que puedan causar desastres en las laderas del cerro, el no permitir la expansión urbana hacia las laderas y reubicar las zonas agrícolas, alejándolas de las pendientes de la montaña.

Modificar la geometría del talud

Estabilidad de taludes

Para conseguir la estabilidad de una ladera se tendrá que aumentar las fuerzas que la estabilizan, frente a las que generan el colapso como se muestra en el siguiente esquema:

Figura 1: Esquema de estabilidad de taludes



Fuerzas Estabilizadoras

- T_1 = Resistencia al corte del terreno
- W_2 = Pesos que originan "Momento estabilizador"
- W_4 = Pesos que aumentan el "Momento estabilizador"
- W_6 = Excavaciones que reducen el "Momento volcador"
- T_1 = Aumento local de resistencia al corte (mejorar material)
- T_3, A = Fuerzas estabilizadoras externas
- ∇U = Reducción de la presión de agua

Fuerzas Desestabilizadoras

- W_1, W_3 = Pesos que originan "Momento volcador"
- U = Presión de agua
- W_5 = Excavaciones que reducen el "Momento estable"

Fuente: Estabilidad de taludes en suelos. Ortuño A., L., 2010.

Muro de escolleras

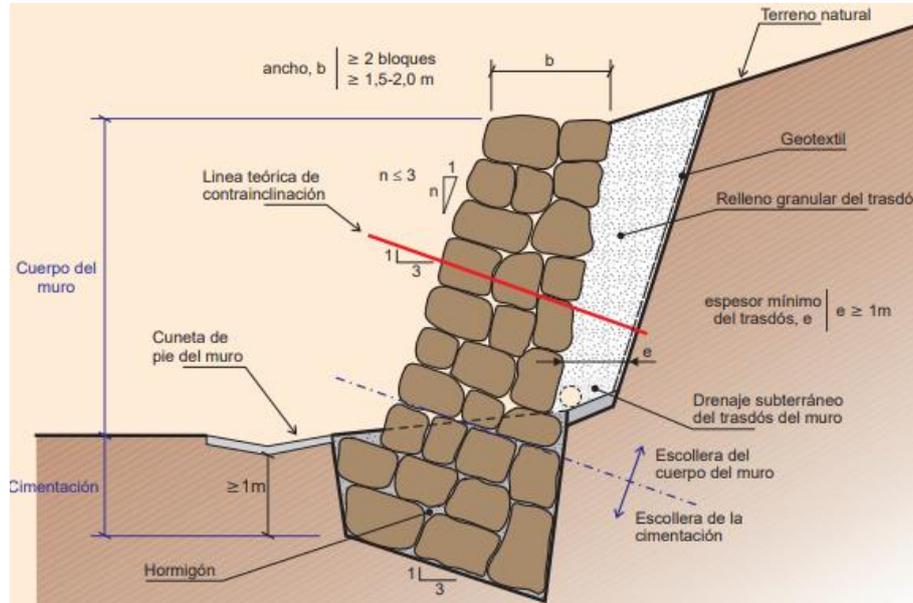
Las obras hechas con grandes bloques de piedra son habituales en la construcción civil. Una primera clasificación atiende a su modo de ejecución. Así tenemos las vertidas (diques rompeolas), las compactadas (pedraplenes, presas, etc.) o las colocadas (muros). A este último caso nos referimos en esta entrada.

Los muros de escollera son los formados por grandes bloques pétreos, obtenidos generalmente mediante voladura y de forma más o menos prismática y superficies rugosas.

El Ministerio de Fomento de España ha editado una guía para el proyecto y la ejecución de este tipo de muros. En dicho documento, se entienden por muros de escollera colocada, los constituidos por bloques de roca irregulares, de forma poliédrica, sin labrar y de gran tamaño (masa comprendida entre 300 y 3000 kg), que se colocan uno a uno mediante maquinaria específica, con funciones de contención o sostenimiento. Según

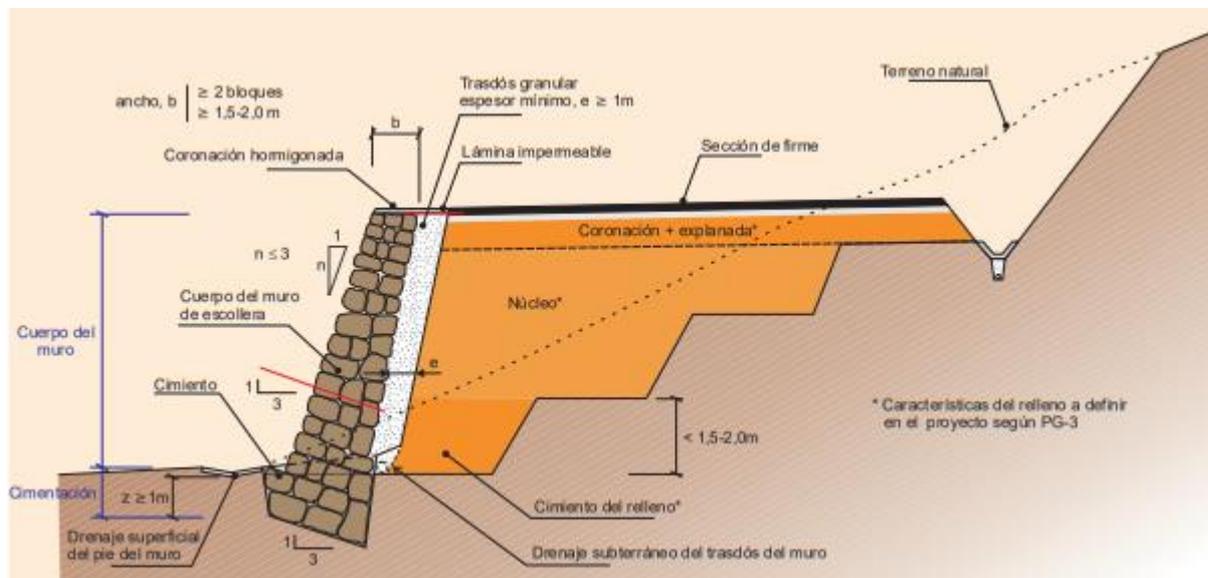
YEPES, V. (2020). Procedimientos de construcción de cimentaciones y estructuras de contención. Colección Manual de Referencia, 2ª edición. Editorial Universitat Politècnica de València, 480 pp.

Figura 2: Definición geométrica de la sección tipo de un muro de escollera colocada con función de contención



Fuente: Guía para el proyecto y la ejecución de muros de escollera en obras de carretera, Ministerio de Fomento de España, (2006).

Figura 3: Diagrama de la ubicación de un muro de escollera con geometría corregida



Fuente: Guía para el proyecto y la ejecución de muros de escollera en obras de carretera, Ministerio de Fomento de España, (2006).

Drenes Californianos:

El agua en el terreno afecta de gran manera la estabilidad global de las infraestructuras por lo que es importante drenar el agua a través de drenes a mitad de los taludes y encausar estos niveles de agua (ver figura 11).

Figura 10: Diagrama de la ubicación de un muro de escollera con geometría corregida



Fuente: Catálogo de productos, Cimentaciones y Voladuras de Galicia, S.L.(2018).