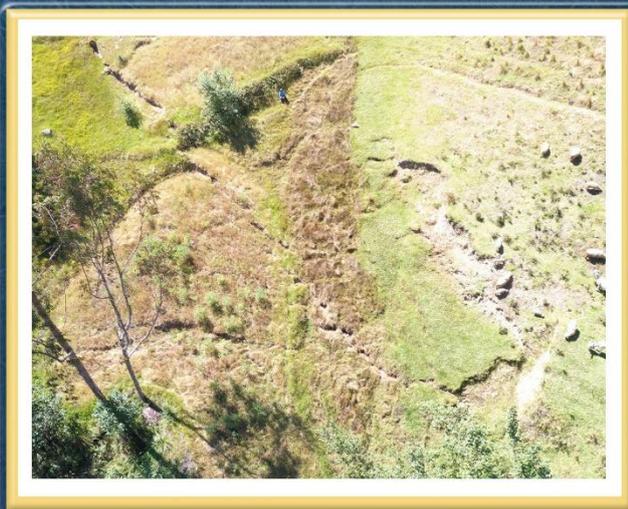


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7562

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL SECTOR YANAPACCHA DEL CENTRO POBLADO DE HUAYPAN

Departamento: Ancash
Provincia: Yungay
Distrito: Mancos



NOVIEMBRE
2024

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL SECTOR YANAPACCHA, CENTRO POBLADO DE HUAYPAN

(Distrito Mancos, provincia Yungay, departamento Ancash)



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

Equipo de investigación:

Norma L. Sosa Senticala

Mauricio A. Nuñez Peredo

Referencia bibliográfica

Sosa, N. (2024). "Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el sector Yanapaccha del centro poblado de Huaypan". Distrito Mancos, provincia Yungay, departamento Ancash. Lima: Ingemmet, Informe técnico N°A7562, 38p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. Objetivos del estudio	2
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	2
1.3. Aspectos generales.....	4
1.3.1. Ubicación	4
1.3.2. Población	4
1.3.3. Accesibilidad	4
1.3.4. Clima	6
1.3.5. Zonificación sísmica	6
2. DEFINICIONES	8
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	10
3.1. Unidades litológicas.....	10
3.1.2. Depósitos cuaternarios	12
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	13
4.1. Pendientes del terreno	13
4.2. Unidades geomorfológicas.....	16
Vertiente coluvio-deluvial (V-cd).....	16
Vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd).....	16
Vertiente coluvial (V-co)	16
Vertiente glacio-fluvial (Vgfl).....	16
4.2.1. Subunidad de montañas en rocas sedimentaria (RM-rs).....	16
4.2.2. Subunidad de vertiente coluvio-deluvial (V-cd).....	17
4.2.3. Subunidad de vertiente coluvial (V-co)	17
4.2.4. Subunidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd).....	18
4.2.5. Subunidad de vertiente glacio-fluvial (V-gfl).....	18
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	18
5.1. Movimientos en masa	18
5.1.1. Deslizamientos del sector Yanapaccha	19
5.2. FACTORES DE INESTABILIDAD DE LADERAS	24
5.2.1. Factores condicionantes.....	24
5.2.2. Factores desencadenantes.....	25
5.2.3. Factores antrópicos	25
6. OTRAS EVIDENCIAS ENCONTRADAS	26
6.1. Índice Topográfico de Humedad	26

7. CONCLUSIONES.....	27
8. RECOMENDACIONES.....	28
9. BIBLIOGRAFÍA.....	29
ANEXO 1: MAPAS.....	30
ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN.....	35

RESUMEN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), el “Servicio de asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 16)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico.

El 12 de abril del presente año en el sector Yanapaccha, se generó un deslizamiento de tipo rotacional, ubicado a 190 m al noreste del caserío Putaca. El deslizamiento tiene una escarpa de 57 m de longitud, un ancho de escarpa de 31 m, presenta saltos de 0.60 a 1.5 m y presenta agrietamientos con aberturas de 0.10 a 0.35 m, de longitudes entre 1 a 14 m, y con profundidades de hasta 0.30 m.

En el sector evaluado afloran areniscas cuarzosas, color gris y limoarcillitas de la Formación Chimú, que se encuentra altamente meteorizada, lo que permite mayor infiltración y retención de agua de lluvia al terreno, además se encuentra muy fracturada con espaciamentos muy próximos entre sí: sin relleno visible cuyos fragmentos líticos envueltos en una matriz de grano medio hacen que esta formación tenga un comportamiento de un acuífero permeable de moderada productividad. Esto es evidenciado en la presencia de bofedales o surgencias de agua identificados en el sector Yanapaccha y alrededores.

Las unidades geomorfológicas identificadas corresponden a montañas en rocas sedimentarias, con laderas cuyos rangos de pendientes varían desde moderadas (15°-25°) a muy escarpadas (>45°), así como piedemonte (vertiente coluvio-deluvial, coluvial). Dicho contexto litológico y geomorfológico condicionan una geodinámica activa y significativa en el sector Yanapaccha, señalándose eventos de moderada magnitud.

Los factores condicionantes de los deslizamientos son: substrato rocoso muy fracturado altamente meteorizado; presencia de suelos inconsolidados de fácil erosión y remoción; laderas con pendiente moderada a muy fuerte. Otro condicionante es la presencia de canal de riego que saturan los suelos e inestabilizan las laderas. Como factor detonante, se tiene la ocurrencia de lluvias intensas y/o prolongadas de aproximadamente de 21.26 mm por día (período 2019-2024), así como la presencia de agua subterránea.

Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas mencionadas anteriormente, el sector Yanapaccha del centro poblado de Huaypan, se considera con **Peligro Moderado** por deslizamientos y derrumbes, sujetos a ser reactivados con lluvias intensas, prolongadas y/o extraordinarias. que ponen en peligro e impactan a terrenos de pastoreo y áreas de cultivo.

Finalmente, se brinda algunas recomendaciones a fin de que las autoridades competentes pongan en práctica como, sellar las grietas por las reactivaciones del deslizamiento, realizar mantenimiento del canal de riego, prohibir la construcción de viviendas y/o algún tipo de infraestructura.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), el “Servicio de evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 16)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Distrital de Mancos, según Oficio N°081-2024-MDM/GM; es en el marco de nuestras competencias que se realiza la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa y otros peligros geológicos del sector Yanapaccha, caserío Putaca.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Norma Sosa Senticala y Mauricio Núñez Peredo, realizar la evaluación de peligros geológicos respectiva., Dicha evaluación se realizó el 30 de mayo del presente año, en coordinación con las autoridades locales de la Municipalidad Distrital de Mancos.

La evaluación técnica se realizó en tres etapas: etapa de pre-campo con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET; etapa de campo a través de la observación, toma de datos (sobrevuelos dron, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada; y para la etapa final de gabinete se realizó el procesamiento de toda información terrestre y aérea adquirida en campo, fotointerpretación de imágenes satelitales, cartografiado e interpretación, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del informe.

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad Distrital de Mancos e instituciones técnico normativas del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – Sinagerd, como el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre - CENEPRED, a fin de proporcionar información técnica de la inspección, conclusiones y recomendaciones que contribuyan con la reducción del riesgo de desastres en el marco de la Ley 29664. 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 por movimientos en masa del sector Yanapaccha, del centro poblado de Huaypan.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes de la ocurrencia de peligros geológicos.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del Ingemmet, que incluyen sectores aledaños a las zonas de evaluación (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, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Riesgos Geológicos en la región Ancash” (Zavala et al., 2009). En el contiene el inventario de peligros geológicos en la región Ancash, en el cual se registró un total de 2129 ocurrencias.

Así mismo, el presente boletín muestra el mapa regional de susceptibilidad por movimientos en masa, a escala 1:500 000, el sector Barro Negro se localizan en zonas de susceptibilidad media, (figura 1). Entendiéndose, la susceptibilidad a movimientos en masa, como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico (movimiento en masa), expresado en grados cualitativos y relativos.

- B) Boletín N° 60, Serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari” (Wilson, J. 1995). En este boletín se muestran las unidades litoestratigráficas identificadas en la zona de estudio y alrededores conformadas por rocas sedimentarias, que corresponde principalmente a la Formación Chicama.

- C) Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Carhuaz (19-h) Escala 1: 100 000 (De la Cruz, J. 2003). Este estudio fue realizado dentro del Proyecto de Revisión y Actualización de la Carta Geológica Nacional, contempla la descripción actualizada de la geología de la zona de estudio, que corresponde rocas sedimentarias de la Formación Chicama.

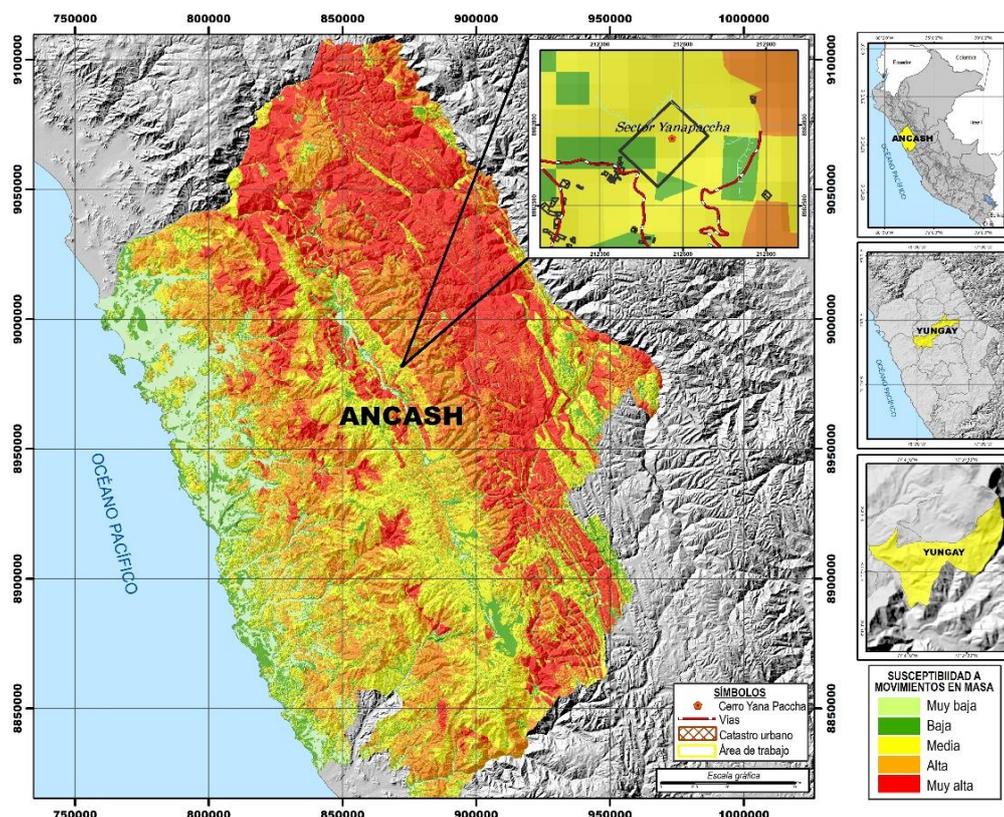


Figura 1: Susceptibilidad por movimientos en masa del sector Yanapaccha, del centro poblado de Huaypan y alrededores. Fuente: Zavala et al., 2009.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El sector Yanapaccha del centro poblado de Huaypan, se ubica al este del río Santa. Políticamente pertenece al distrito Mancos, provincia Yungay, departamento de Ancash (figura 2).

Cuenta con las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18S):

Cuadro 1. Coordenadas del área de estudio.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	212557.93	8982887.14	-9.191865°	-77.615688°
2	212689.32	8982760.62	-9.193021°	-77.614496°
3	212509.05	8982570.20	-9.194726°	-77.616145°
4	212371.43	8982704.55	-9.193506°	-77.617391°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
	212550.93	8982726.27	-9.193319°	-77.615762°

1.3.2. Población

Según el Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, el centro poblado de Huaypan presenta una población censada de 3361 habitantes distribuidos en un total de 150 viviendas particulares.

Cuadro 2: Distribución poblacional en el centro poblado de Huaypan

DISTRITO	POBLADO	POBLACIÓN	VIVIENDA
MANCOS	C. P. Huaypan	3361	150

1.3.3. Accesibilidad

El acceso se realizó por vía terrestre desde la ciudad de Lima, mediante la siguiente ruta (tabla 3):

Cuadro 3. Ruta de acceso

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Huaraz	Asfaltada	405	7 horas 10 min
Huaraz - Mancos	Asfaltada	52	1 hora 10 min
Mancos – Sector Yanapaccha	Asfaltada-trocha	16	46 min



Figura 2: Ubicación del sector Yanapaccha, caserío de Putaca, Mancos, Ancash.

1.3.4. Clima

El clima en el distrito de Mancos es muy variado, caracterizado especialmente por ser templado y seco en la época de estiaje y tornándose relativamente caluroso y húmedo en las temporadas de lluvia. Por otro lado, y de forma más específica, según la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 2023), el sector de Yanapaccha y alrededores está influenciada por un clima semicálido-semiseco (figura 3) caracterizado por una deficiencia de lluvias en otoño e invierno, con humedad relativa del 65% a 84%. Calificada como húmeda.

En cuanto a la cantidad de lluvia, según datos meteorológicos y pronóstico del tiempo del 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), la precipitación máxima registrada en el periodo 2019-2024 fue de 21.26 mm, (figura 4). Cabe recalcar que las lluvias son de carácter estacional, es decir, se distribuyen muy irregularmente a lo largo del año, produciéndose generalmente de diciembre a marzo.

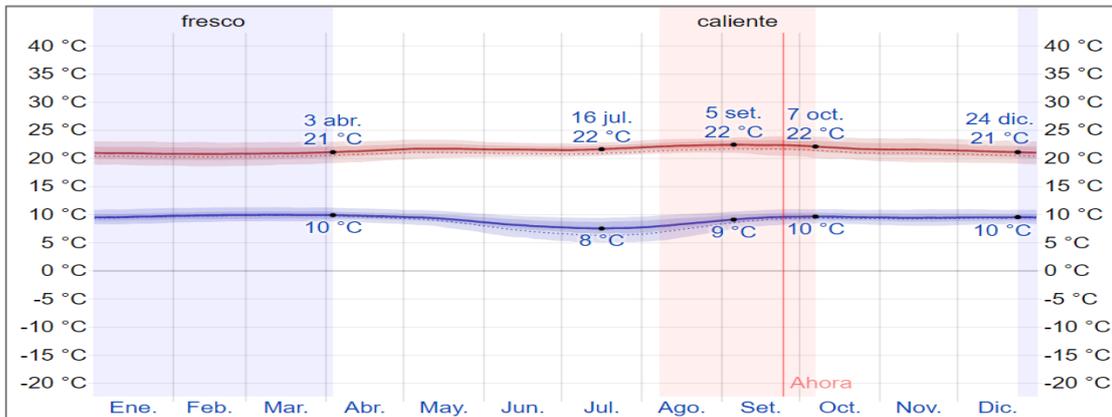


Figura 3. Temperaturas máximas (línea roja) y mínimas diarias (línea azul), promedio diario, para el distrito de Mancos. **Fuente:** Weather Spark, 2023.

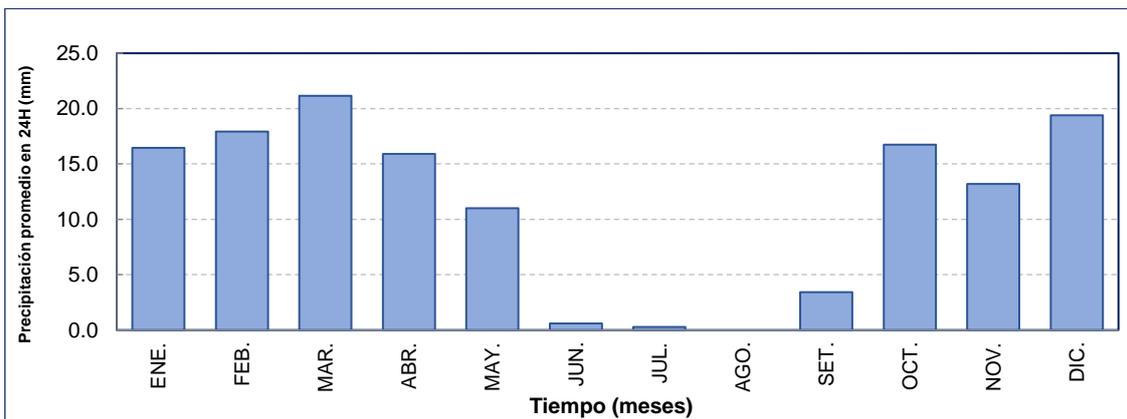


Figura 4. Precipitación promedio anual (periodo 2019-2024), distribuidas a lo largo del año para la estación Yungay. **Fuente:** SENAMHI

1.3.5. Zonificación sísmica

De acuerdo a los niveles de zonificación sísmica en el Perú (figura 5); el área de estudio se ubica en la Zona 4 (sismicidad Muy Alta), localizada desde la línea de costa hasta el margen occidental de la Cordillera de los Andes, determinándose aceleraciones de 0.45 g.

La zonificación propuesta, se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y atenuación de estos con la distancia epicentral, así como la información neotectónica. A cada zona se asigna un factor Z según se indica en el cuadro 3. 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).

Cuadro 4. Factores de zona Z.

Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

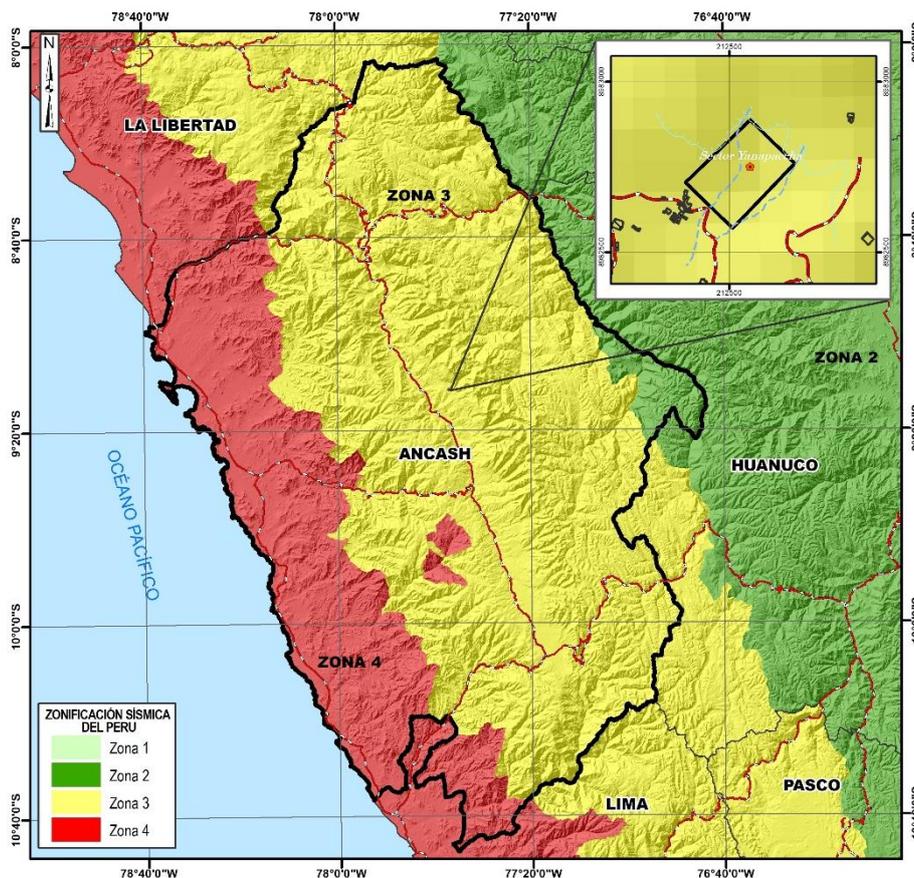


Figura 5. Zonificación sísmica del Perú.

Fuente: Norma sismorresistente NTE 030 MVCS, 2016.

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, no necesariamente geólogos; en el cual se desarrollan diversas terminologías y definiciones vinculadas a la identificación, tipificación y caracterización de peligros geológicos; es por ese motivo, considerando como base el libro de “Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas” del Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), se desarrolla algunas definiciones:

ACTIVIDAD: La actividad de un movimiento en masa se refiere a tres aspectos generales del desplazamiento en el tiempo de la masa de material involucrado: el estado, la distribución y el estilo de la actividad. El primero describe la regularidad o irregularidad temporal del desplazamiento; el segundo describe las partes o sectores de la masa que se encuentran en movimiento; y el tercero indica la manera como los diferentes movimientos dentro de la masa contribuyen al movimiento total. El estado de actividad de un movimiento en masa puede ser: activo, reactivado, suspendido, inactivo latente, inactivo abandonado, inactivo estabilizado e inactivo relicto (WP/WLI, 1993).

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.

CÁRCAVA: Tipo de erosión concentrada en surcos que se forma por el escurrimiento de las aguas sobre la superficie de las laderas.

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.

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.

EROSIÓN DE LADERAS: Se manifiesta a manera de láminas, surcos y cárcavas en los terrenos. Un intenso patrón de estos tipos de erosiones se denomina tierras malas o bad lands. Este proceso comienza con canales muy delgados cuyas dimensiones, a medida que persiste la erosión, pueden variar y aumentar desde estrechas y poco profundas (< 1 m) hasta amplias y de varios metros de profundidad.

ESCARPE O ESCARPA: 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.

FACTOR CONDICIONANTE: Se refiere al factor natural o antrópico que condiciona o contribuye a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituye el evento detonante del movimiento.

FACTOR DETONANTE: Acción o evento natural que es la causa directa e inmediata de un movimiento en masa. Entre ellos pueden estar, por ejemplo, los terremotos, la lluvia, la excavación del pie de una ladera, la sobrecarga de una ladera, entre otros.

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 (WP/WLI, 1993).

INACTIVO LATENTE: Movimiento en masa actualmente inactivo, pero en donde las causas o factores contribuyentes aún permanecen (WP/WPI, 1993).

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.

MOVIMIENTO EN MASA: Son procesos que incluyen todos aquellos movimientos ladera abajo, de una masa de rocas o suelos por efectos de la gravedad. 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, huacos, flujos de lodo, hundimientos, entre otros), erosión e inundaciones.

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

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.

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.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La caracterización geológica del área de estudio se desarrolló teniendo como base el mapa geológico del cuadrángulo de Carhuaz, 19h-I, escala 1:50,000 (Navarro et al, 2010), así como la información contenida en el Boletín N° 60: “Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari” (Wilson et al, 1995) y la “Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Carhuaz (19-h) Escala 1: 100 000” (De la Cruz, & Chacaltana, 2003); todos publicados por Ingemmet.

De igual manera, esta información se complementó con trabajos de interpretación de imágenes de satélite, vuelos de dron y observaciones de campo.

3.1. Unidades litológicas

Las unidades litológicas que afloran en el área de estudio son principalmente de origen sedimentario de edad Cenozoica. Esta unidad se encuentra cubierta por depósitos recientes coluvio-deluvial, coluvial y glacial-fluvial, que han sido acumulados desde el Pleistoceno hasta la actualidad (**Anexo 1: Mapa 01**).

3.1.1. Formación Chimú

Cruz & Chacaltana, señalan que esta unidad está conformada por cuarcitas, areniscas y arcillitas, con algunas capas de carbón (antracita); sobreyace a la Formación Oyón e infrayace a la Formación Santa en concordancia. El grosor puede llegar hasta 300 m y esencialmente comprende dos miembros: el inferior, que consiste en areniscas y cuarcitas con intercalaciones de arcillitas y el miembro superior compuesto de capas macizas de cuarcitas blanco-grisáceas, con escasas capas de arcillitas.

Para el área de estudio se identificó areniscas cuarzosas de color blanco y limoarcillitas de color gris oscuro, con laminación plano paralela (figura 6 y 7). Geotécnicamente, se encuentran altamente meteorizadas (A4), presentando una resistencia media (50-100 Mpa); muy fracturadas, con 4 familias principales de discontinuidades; espaciamientos muy próximos entre sí, de 0.005 a 0.01 m; no persistentes (< 3 m), aberturas algo abiertas (0.5 – 1.0 mm) y sin relleno visible.



Figura 6. Vista con dirección al noreste, donde se puede observar afloramientos de origen sedimentario constituidos por areniscas. Las características intrínsecas de las rocas y su grado de fracturamiento, le confieren propiedades de un acuífero permeable de modera a alta productividad.

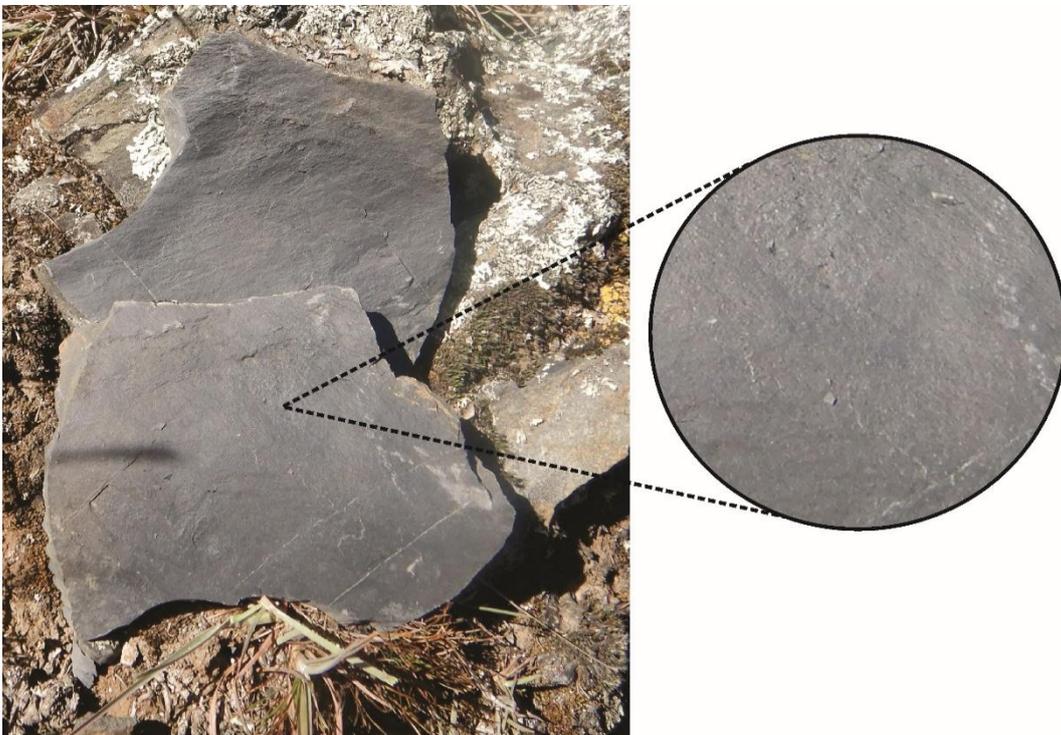


Figura 7. Estrato rocoso conformado por areniscas de coloración gris.

3.1.2. Depósitos cuaternarios

a. Depósito coluvio-deluvial (Qh-cd):

Corresponde a una acumulación sucesiva y alternada de materiales de origen coluvial y deluvial, los cuales no es posible diferenciarlos. Se localizan en forma caótica al pie de laderas por acción de la gravedad y acción de las aguas de escorrentía. Están compuestos por fragmentos líticos, angulosos a subangulosos con diámetros que varían de 0.02 a 0.20 m envueltos en una matriz areno-arcilloso medianamente consolidados (figura 8).

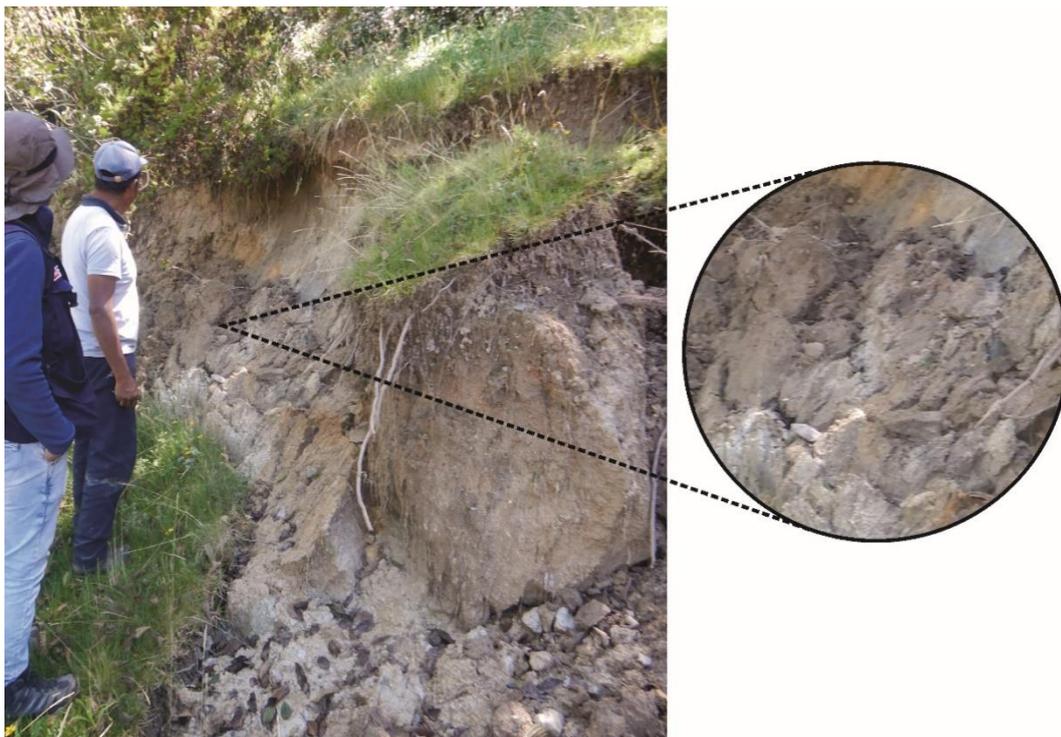


Figura 8. Depósito compuesto por fragmentos de rocas sedimentarias subangulosos a subredondeados, heterométricos y envueltos en matriz de arcillas, limos y arenas, abarcando gran parte de Yanapaccha y alrededores.

b. Depósito coluvial (Qh-co):

Son depósitos inconsolidados, compuestos por fragmentos de roca angulosos, heterométricos y de naturaleza litológica homogénea, acumulados en forma de conos o canchales. Los bloques más gruesos se depositan en la base y los tamaños menores disminuyen gradualmente hacia el ápice (figura 9). Carecen de matriz, son sueltos sin cohesión.

Conforman taludes de reposo poco estables; se encuentran acumulados al pie de taludes escarpados; generalmente corresponde a depósitos de derrumbes, caídas de rocas y deslizamientos. Esta se ubicación a un costado del canal de riego.



Figura 9. Depósito coluvial, ubicado a un costado del canal de riego, con matriz de arcillas, limos y arenas.

c. Depósito glaciar, fluvial (Qh-gflf):

Alcanzan su mayor desarrollo en los alrededores de la Cordillera Blanca y consisten de extensos mantos de arenas y gravas con tamaños variables permeables y medianamente consolidados. Se identificó en el suroeste del sector Yanapaccha

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, actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa.

En el **Anexo 1: Mapa 02**, se presenta el mapa de pendientes de terreno elaborado en base a información del modelo de elevación digital (DEM) de 0.15 m de resolución obtenido de sobrevuelos de dron, realizados en el mes de mayo del 2024.

De acuerdo a este mapa, la zona de evaluación se localiza en laderas de montañas cuyos rangos de pendientes van desde moderadas a muy escarpadas (15° a $>45^\circ$). Este rango de pendientes es el resultado de una intensa erosión y desgaste de la superficie terrestre.

En la figura 10, se muestra el mapa de pendientes y elevaciones del sector Yanapaccha y alrededores, 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.

Cuadro 5. Rango de pendientes del terreno.

Pendiente	Rango	Descripción
0°-1°	Llano	Son terrenos llanos cubiertos por depósitos cuaternarios, se distribuyen mínimamente en las cimas de montañas, en dirección noroeste del sector Yanapaccha. Presentan, procesos de erosión de ladera (especialmente cuando ocurren lluvias excepcionales).
1°a 5°	Inclinación suave	Terrenos planos a ligeramente ondulados que se distribuyen a lo largo de planicies. Estos terrenos están sujetos a, erosión fluvial e inundaciones de tipo fluvial y pluvial (especialmente cuando se presenta el fenómeno de El Niño presenta un sector reducido al suroeste del sector Yanapaccha.
5°a 15°	Moderado	Terrenos con moderada pendiente presentan buena distribución en la zona de montañas, colinas y lomadas; también, en vertientes con depósitos de deslizamientos, vertientes aluvio-torrenciales y vertientes coluvio-deluviales, dentro de este rango se asienta el caserío Putaca, principalmente en las laderas de montañas sedimentarias. Estos terrenos están sujetos a deslizamientos, avalancha de detritos, derrumbes, movimientos complejos y procesos de erosión de ladera.
15°a 25°	Fuerte	Son pendientes que se distribuyen indistintamente en las laderas de las montañas; a su vez, estas inclinaciones condicionan la erosión de laderas en las vertientes o piedemontes, donde se registran procesos de deslizamiento, avalancha de detritos y derrumbes.
25°a 45°	Muy Fuerte	Terrenos con distribución restringida a la zona de montañas, colinas y bordes de mesetas que forman acantilados, ocupan áreas muy grandes. En este rango se generó los deslizamientos y derrumbes
>45°	Muy escarpado	Ocupa áreas muy reducidas, distribuidas a lo largo de laderas y cumbres de montañas. Estos terrenos están sujetos a caídas de rocas, deslizamientos y derrumbes se inventariaron en terrenos con pendientes abruptas. Estas se localizan al este y oeste del sector Yanapaccha.

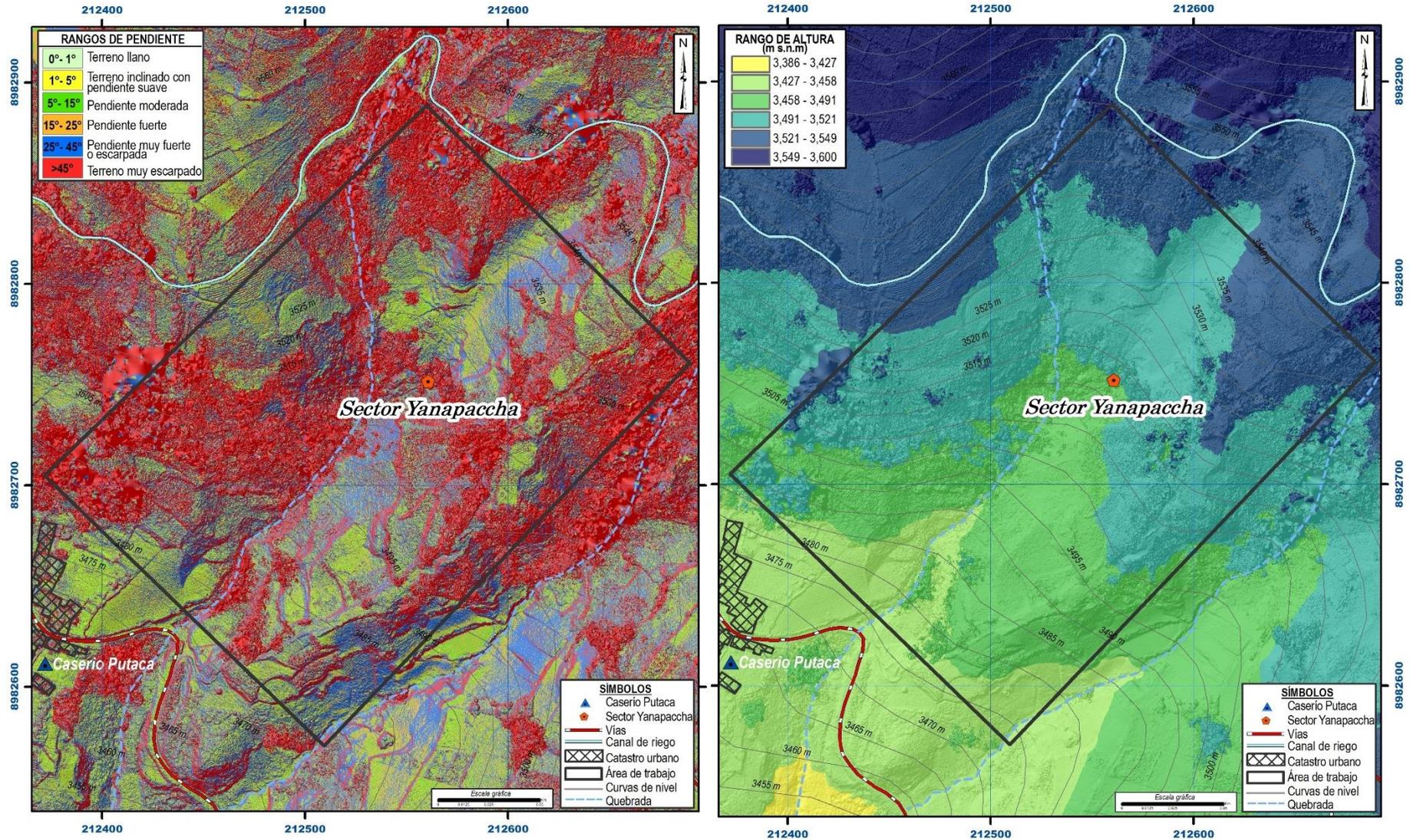


Figura 10. Pendiente del terreno (lado izquierdo) y Elevación del terreno (lado derecho) elaborado en base a la información obtenida del levantamiento fotogramétrico con dron en sector Yanapaccha y alrededores.

4.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio (Anexo 1: Mapa 03), se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación con la erosión, denudación y sedimentación; además se usó como referencia el mapa geomorfológico regional a escala 1:250 000 (Zavala *et al.*, 2009).

En la zona evaluada y alrededores se han diferenciado las siguientes geformas:

Cuadro 6. Unidades y subunidades geomorfológicas

Unidades geformas de carácter tectónico degradacional y erosional	
Unidad	Subunidad
Montaña	Montañas en rocas sedimentaria (RM-rs)
Unidades geomorfológicas de carácter depositacional o agradacional	
Unidad	Subunidad
Vertiente	Vertiente coluvio-deluvial (V-cd)
	Vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)
	Vertiente coluvial (V-co)
	Vertiente glacio-fluvial (Vgfl)

Fuente: Elaboración propia

A) Unidad de montañas

Tienen una altura de más de 300 m con respecto al nivel base local; diferenciándose las siguientes subunidades según el tipo de roca que las conforman y los procesos que han originado su forma actual (Villota, 2005).

4.2.1. Subunidad de montañas en rocas sedimentaria (RM-rs)

Corresponde a las cadenas montañosas donde los procesos denudativos (fluvio-erosionales) afectaron rocas de tipo volcánico-sedimentaria. Estas montañas se hallan expuestas en ambas vertientes del río Grande, cuyas laderas presentan pendientes fuertes a muy fuerte (15° a 45°), incluso llega a tener paredes semiverticales con pendientes mayor a 45°.

Por la configuración geomorfológica de estas, se les considera susceptibles a deslizamientos y derrumbes.



Fotografía 2. Vista de la subunidad de montañas en rocas sedimentaria, ubicadas al noreste y noroeste del sector Yanapaccha.

B) Unidad de Vertiente

Corresponde a la acumulación de material muy heterogéneo, constituido por bloques, cantos, arenas, limos y arcilla inconsolidados, ubicado al pie de las cadenas montañosas; estos depósitos ocupan grandes extensiones. Se identificó las siguientes subunidades:

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

Son depósitos inconsolidados, localizados al pie de laderas de montañas, resultantes de la acumulación de material de origen coluvial y deluvial. Los principales agentes formadores de esta subunidad son los procesos de erosión de suelos, la gravedad, las lluvias, el viento, agua de escorrentía superficial y son altamente susceptibles a sufrir procesos geodinámicos como derrumbes y deslizamientos.

Están compuestos principalmente por fragmentos líticos de rocas sedimentarias, heterométricos. Estas geoformas se encuentran ampliamente desarrolladas en las laderas de montañas, con pendientes predominantes de muy fuerte a muy escarpado (25° - $>45^\circ$) y fáciles de remover.

4.2.3. Subunidad de vertiente coluvial (V-co)

Corresponde a las geoformas originados por procesos gravitacionales, varían de pequeños a grandes dimensiones, probablemente detonados por lluvias excepcionales y/o prolongadas o actividad sísmica.

Esta subunidad corresponde a la combinación de geoformas formadas por la acumulación de depósitos de movimientos en masa (prehistóricos, antiguos y

recientes) y acumulaciones de material movilizado por la escorrentía superficial que se acumulan lentamente.

4.2.4. Subunidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)

Zonas de acumulaciones en ladera originadas por procesos de movimientos en masa antiguos y recientes. Generalmente su composición litológica es homogénea; con materiales inconsolidados a ligeramente consolidados, de corto a mediano recorrido. Su morfología es usualmente convexa y su disposición es semicircular a elongada en relación con la zona de arranque o despegue del movimiento en masa.

Estas geoformas se observaron cómo cuerpos de deslizamientos antiguos y recientes depositadas en las laderas superiores, donde las pendientes van de fuerte a muy fuerte (15°- 45°).

4.2.5. Subunidad de vertiente glacio-fluvial (V-gfl)

Esta geoforma aflora en la parte alta del margenderecha del valle del río Santa. Está conformado por material no consolidado de origen glaciar, los cuales han sido transportados y redepositados por escorrentías formadas por el deshielo del glaciar, y se encuentran al pie de laderas, acantilados o en altiplanicies formando conos de diversos tamaños o mantos de material no consolidado, que son muy susceptibles, fáciles de erosionar y remover con lluvias generando deslizamientos y caída de rocas.

El material que los constituye es heterométrico, subangulosos a subredondeados, permeables y medianamente consolidados. Actualmente son áreas ocupadas por terrenos de cultivo.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

En el área evaluada se han identificado movimientos en masa tipo, deslizamientos, derrumbes, así como otros peligros tipo erosión de laderas en cárcavas (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007). Estos peligros son resultado del proceso de modelamiento del terreno, coadyuvado por las condiciones del macizo rocoso (afloramiento meteorizado y fracturado) y depósito de eventos antiguos. Así también, el factor antrópico contribuye en la ocurrencia de estos procesos (**Anexo 1: Mapa 4**).

Los peligros geológicos identificados en el sector de Yanapaccha y alrededores corresponden a los peligros geológicos de movimientos en masa, subtipo deslizamientos, derrumbes y erosión en cárcava.

5.1. Movimientos en masa

La caracterización de estos eventos, se realizó en base a la información obtenida durante los trabajos de campo, donde se identificaron los tipos de movimientos en masa a través de la cartografía geológica y geodinámica, basado en la observación y descripción morfométrica in situ; de igual modo se tomó datos GPS, fotografías a nivel de terreno y levantamiento fotogramétrico con dron, a partir del cual se obtuvo un modelo digital de terreno y un ortomosaico con una resolución de 0.15 y 0.05 cm/pixel respectivamente, complementada con el análisis de imágenes satelitales.

5.1.1. Deslizamientos del sector Yanapaccha

En el sector Yanapaccha se ha identificado deslizamientos activos, a 190 m al noreste del caserío Putaca, este movimiento corresponde a reactivaciones de deslizamientos que suscitaron en el pasado y en la actualidad mantienen las condiciones que los han generado; los cuales han comprometido suelos de naturaleza coluvio-deluvial y la porción superficial y fracturada del substrato.

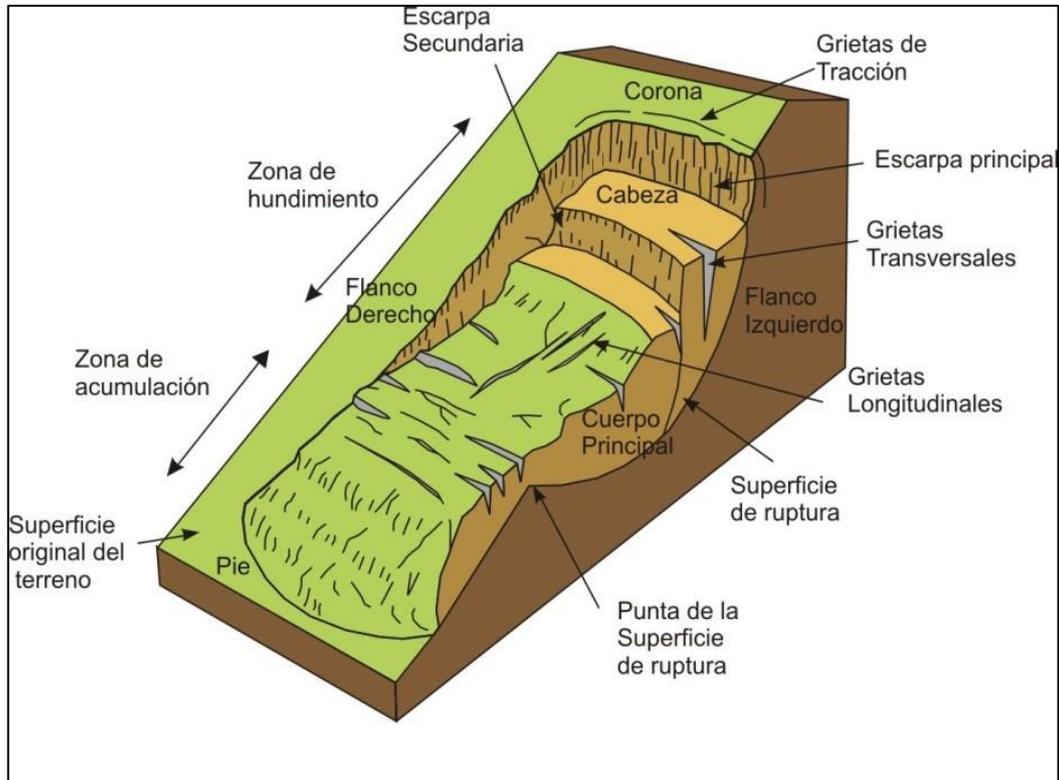


Figura 12. Partes de un deslizamiento de tipo rotacional

El deslizamiento activo **D(a)1**, presenta una longitud de escarpa de 57 m de forma elongada, se ubicada entre las coordenadas UTM N 8982778, E 212571 con una cota de 3506 m s.n.m. (figura 11). Con dirección suroeste, abarca un área de 4.93 ha.

Este evento está afectando directamente a terrenos de cultivo y pastoreo, cabe mencionar que en el sector evaluado no se identificó vivienda o infraestructura.

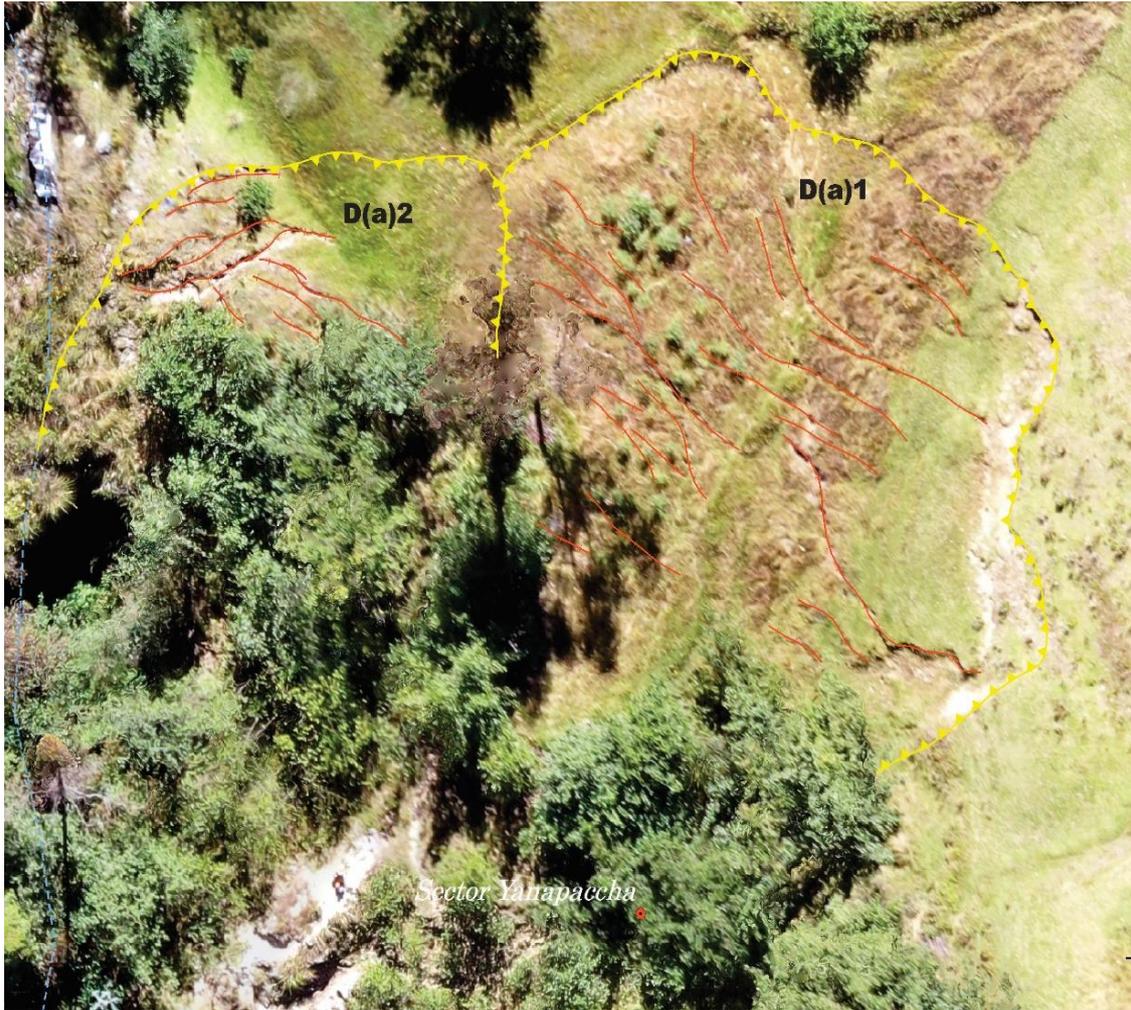


Figura 11. Vista del deslizamiento activo D(a)1, ubicados entre las coordenadas UTM N 8982778, E 212571.con una cota de 3506 m s.n.m.

En el área de trabajo se identificaron cuatro deslizamientos representativos, los cuales se detallan en la Tabla 7.

Cuadro 7. Ubicación de los deslizamientos identificados en el área evaluada.

TIPO DE PELIGRO	ACTIVIDAD	CODIGO	COORDENADAS		
			Norte	Este	Cota (m s.n.m)
Deslizamiento rotacional	Activo	D(a)1	8982778	212571	3506
		D(a)2	8982778	212542	3504
		D(a)3	8982679	212470	3476
		D(a)4	8982640	212463	3464
	Inactivo latente (Antiguo)	D(a)5	8982770	212503	3504
		D(a)6	8982822	212544	3515
		D(a)7	8982949	212596	3558
		D(a)8	8982864	212677	3540
		D(a)9	8982787	212605	3513
		D(a)10	8982725	212691	3516

		D(a)11	8982721	212708	3521
		D(a)12	8982698	212700.	3514
		D(a)13	8982686	212733	3517

Fuente: Elaboración propia

Características visuales

El principal deslizamiento activo D(a)1, identificado al norte del caserío Putaca, en general tienen las siguientes características:

- Estado de la actividad del movimiento: Activo
- Ancho de escarpa: 31 m.
- Longitud de la escarpa: 57 m (figura 12)
- Forma de la escarpa principal: elongada y discontinua.
- Salto principal: 0.60 a 1.5 m.
- Saltos secundarios: 0.20 a 0.50 m.
- Velocidad del movimiento: muy lento.
- Presencia múltiples grietas con aberturas de 0.10 a 0.35 m, de longitudes entre 1 a 14 m, y con profundidades de hasta 0.30 m.
- Área aproximada: 4.93 ha.

Se observaron saltos entre 0.20 m a 1.10 m, con direcciones de noroeste-noreste, con longitudes de 2.5 m a 14 m (figura 13). Los mismos que aparecieron en los meses de abril – mayo. La mayoría de estos se encuentran cubiertos por vegetación (pastos característicos de la zona).

Así mismo se evidenciaron algunos sectores que presentan filtraciones de aguas subterráneas, lo cual estar aportando a la saturación del suelo (depósitos cuaternarios) (figura 14). Según indican los pobladores, el agua es permanente todo el año, y esta se incrementa en temporada de lluvias.

Daños por el deslizamiento

El deslizamiento activo D(a)1 del sector Yanpaccha generó daños como:

- Afectó de 0.1 ha de terreno.
- Afectó canal de riego 1.5 m
- Podría afectar 0.15 ha de terreno.
- Afectó 0.13 ha de terrenos de pastizales.
- Podría afectar algunos árboles ubicados en el sector.
- Podría obstruir el paso peatonal y/o animales de reactivarse el evento.

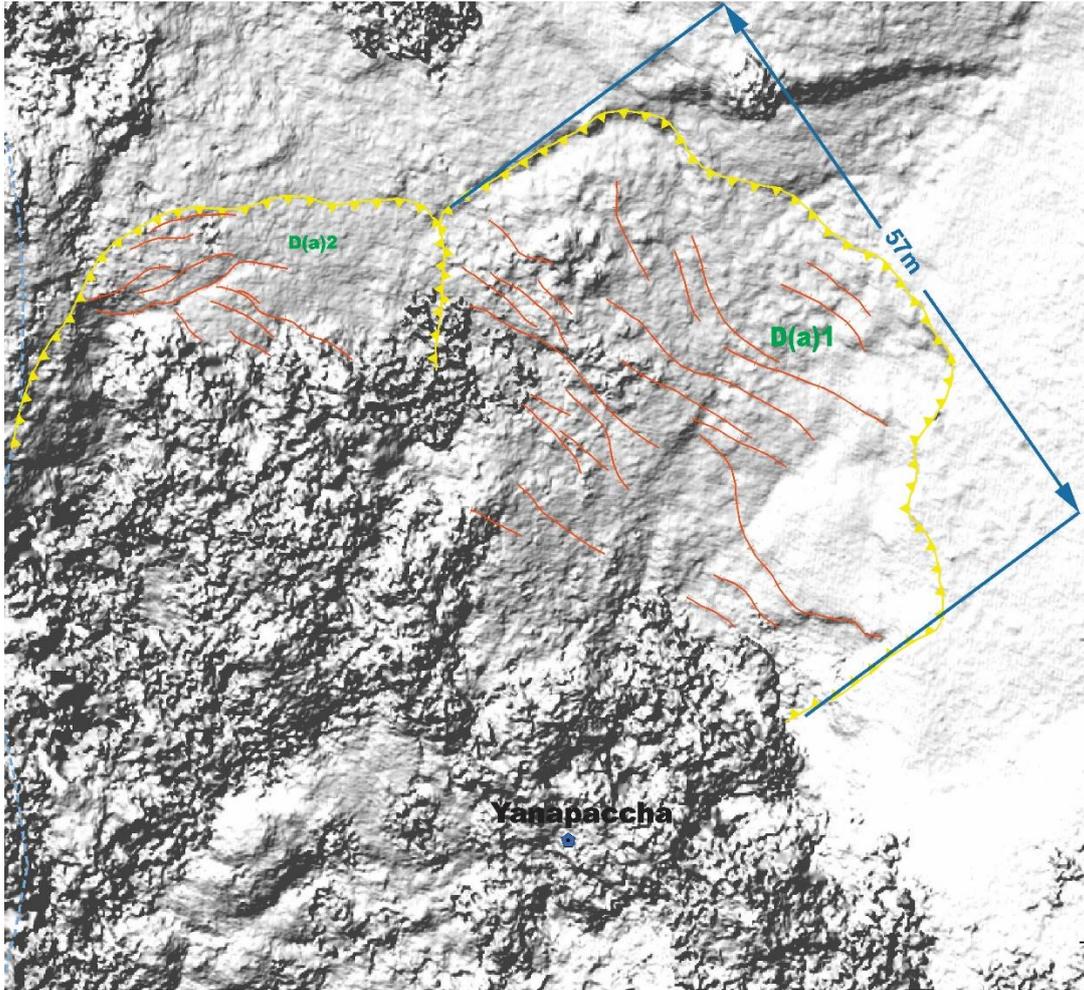


Figura 12. Vista del deslizamiento D(a)1, donde se evidencia la escarpa principal tiene 57 m de longitud, dentro del cuerpo se evidencio grietas. Ubicada entre las coordenadas UTM N 8982778, E 212571 con una cota de 3507 m s.n.m.

Así mismo se observó una canal de riego con revestimiento de concreto, dentro del cuerpo de los deslizamientos antiguos: D(a)7 y D(a)8; con un ancho de 1.2 m con una profundidad de 1 m (figura 15), en tres puntos del canal se evidenciaron desbordes, los cuales se detallan en el cuadro 8:

los mismos que en temporadas de lluvia están incrementan su capacidad.

Cuadro 8. Ubicación de puntos de desborde del canal de riego.

	Código	Coordenadas UTM (WGS84)		
		N	E	Cota
Canal de riego	a	8982796	212443	3539
	b	8982922	212551	3546
	c	8982872	212640	3513



Figura 13. Saltos de 0.20 m a 1.10 m, con direcciones de noroeste-noreste, de hasta 14 m de longitud.



Figura 14. Filtraciones de aguas subterráneas, que saturan el suelo.



Figura 15. Vista del canal de riego revestido de concreto de 1.2 m de ancho con una profundidad de 1 m.

5.2. FACTORES DE INESTABILIDAD DE LADERAS

5.2.1. Factores condicionantes

Se detalla en el cuadro 9, los principales factores que podrían condicionar la ocurrencia de peligros geológicos y otros peligros:

Cuadro 9. Factores condicionantes de los procesos por movimientos en masa.

FACTORES	CARACTERÍSTICAS
<p>Litológico-estructural</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Substrato rocoso compuesto de areniscas cuarzosas, color gris y limoarcillitas, altamente meteorizado, lo que permite mayor infiltración y retención de agua de lluvia al terreno, originando inestabilidad en las laderas; muy fracturado con espaciamientos muy próximos entre sí, de 0.005 a 0.01 m; no persistentes (< 3 m), aberturas algo abiertas (0.5 – 1.0 mm) y sin relleno visible. • Suelos inconsolidados (depósitos coluvio-deluviales), desarrolladas en la margen derecha del río Santa, compuestos principalmente por fragmentos líticos de rocas volcánicas, subangulosos a subredondeados con diámetros que varían entre 0.02 a 0.10 m envueltos en una matriz de arenas, limos y arcillas, producto de la meteorización de las rocas sedimentarias y removidos por procesos de

	movimientos en masa antiguos y la filtración de aguas provenientes de los diferentes ojos de agua que se presentan en el área de estudio.
Geomorfológico	<ul style="list-style-type: none"> Al noreste y noroeste del sector Yanapaccha, se localizan laderas de montañas en roca sedimentaria cuyos rangos de pendientes van desde moderadas (5°-15°) a muy escarpadas (>45°). Este rango de pendientes es el resultado de una intensa erosión y desgaste de la superficie terrestre lo que permite que el material suelto disponible se erosione y remueva fácilmente pendiente abajo por efecto de la gravedad y acción de las aguas de escorrentía.
Hidrogeológico	<ul style="list-style-type: none"> Presencia de ojos de aguas o puquiales, que indica la presencia de aguas subterráneas.

5.2.2. Factores desencadenantes

Se detalla los principales factores que podrían desencadenar la ocurrencia de peligros geológicos y otros peligros, los cuales se detallan en el cuadro 10, el cual se detalla a continuación:

Cuadro 10. Factores desencadenantes por movimientos en masa.

FACTORES	CARACTERÍSTICAS
Precipitaciones	<ul style="list-style-type: none"> Intensas precipitaciones pluviales y/o excepcionales, principalmente entre los meses de diciembre a abril.
Sismos	<ul style="list-style-type: none"> La presencia de sismos de gran magnitud, que según el Mapa de distribución de Máximas Intensidades Sísmicas (Alva & Meneses, 1984), el área de estudio se encuentra ubicada en la zona 3 que corresponde a sismicidad alta.

5.2.3. Factores antrópicos

El factor antrópico se detalla en el cuadro 11:

Cuadro 11. Factores antrópicos por movimientos en masa.

FACTORES	CARACTERÍSTICAS
Ocupación y actividad inadecuada del suelo por el hombre	<ul style="list-style-type: none"> Canal de riego presenta revestimiento, pero en tres bocatomas, se evidenció desborde del canal, lo que está aportando con la saturación de terreno. Estas atraviesan por la parte alta de los deslizamientos antiguos, en tres puntos se evidenció desborde del canal, lo que está aportando con la saturación de terreno.

6. OTRAS EVIDENCIAS ENCONTRADAS

6.1. Índice Topográfico de Humedad

Para fines ilustrativos y a fin de poder mostrar mejor la ubicación en el área de evaluación de los puntos inventariados como surgencias de agua, se elaboró un mapa del índice topográfico de humedad (TWI). Permite identificar los lugares potenciales donde se concentra la humedad o las zonas de acumulación de aguas de escorrentía superficial (figura 16).

La obtención de este indicador fue realizada mediante una secuencia de análisis de modelos digitales de terreno (MDT) de alta resolución y precisión (obtenido de la fotogrametría del dron) y procesados en SAGA GIS.

Es así, que en el área de estudio se observa una cantidad moderada de drenaje al norte, oeste y este del sector Yanapaccha, que discurre una importante cantidad de drenajes, que discurren ladera abajo en temporada de lluvias intensas; y que justamente los puntos inventarios coinciden con los niveles altos, la posibilidad de un incremento de la inestabilidad y producirse nuevos desprendimientos es moderada-alta. Se debe realizar obras de drenajes y/o sellado de grietas para evitar que la infiltración genere la reactivación de deslizamientos en la zona.

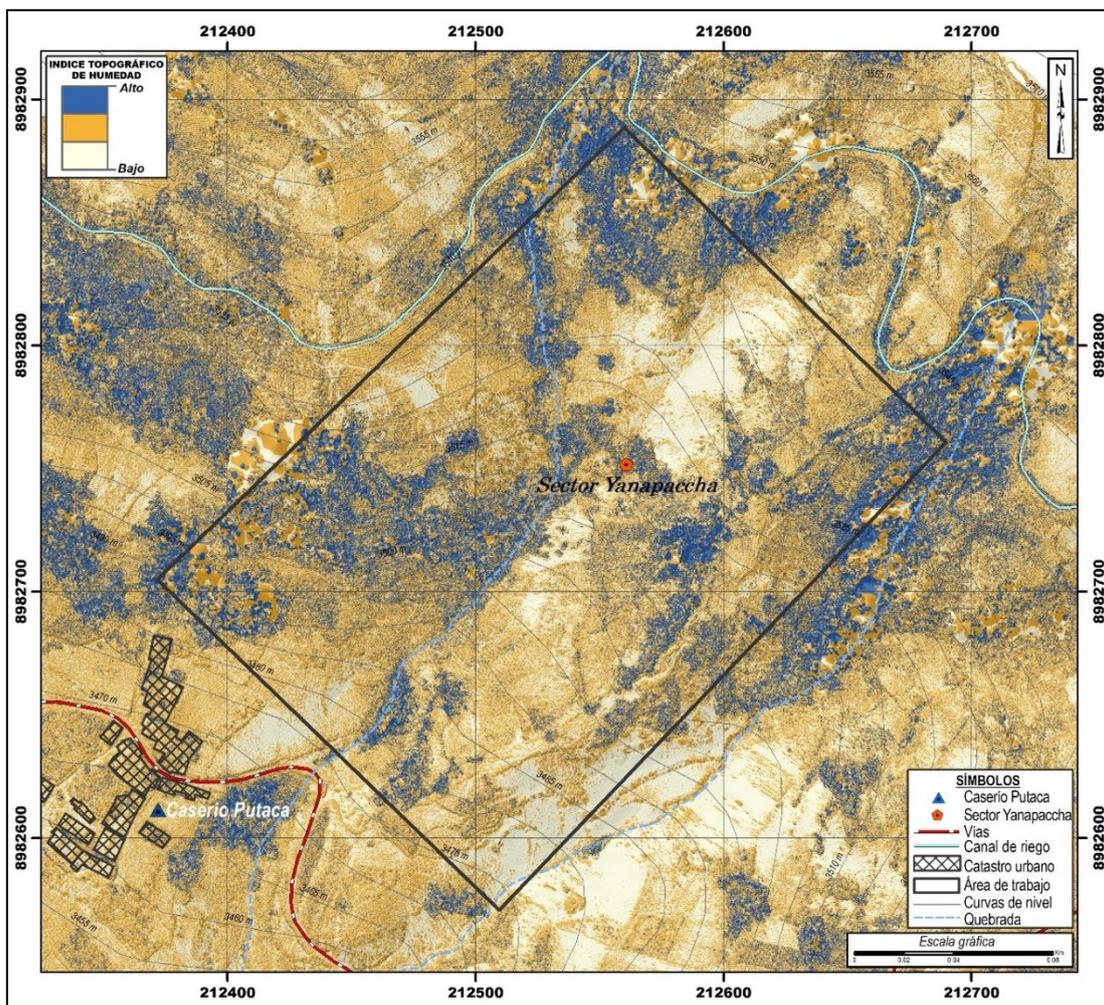


Figura 16. Mapa de la acumulación de agua (TWI) del sector Yanapaccha y alrededores.

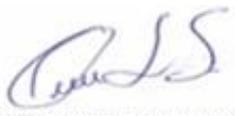
7. CONCLUSIONES

- 1) El terreno sobre el cual se asienta el sector Yanapaccha, está conformado por depósitos de remoción de deslizamientos y derrumbe; los cuales presentan reactivaciones y agrietamientos en el área de influencia de los mismos, como los registrados el 12 de abril del 2024, y la filtración de aguas superficiales y subterráneas.
- 2) Se registró tres surgencias de agua o manantes, la mayoría de ellos, son producto de filtraciones que emanan por algunos terrenos de cultivo. Esta característica evidencia que, el nivel freático es muy superficial.
- 3) La ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa en la zona evaluada está condicionada por los siguientes factores:
 - Substrato rocoso compuesto por areniscas cuarzosas, color gris y limoarcillitas, altamente meteorizadas, lo que permite mayor infiltración y retención de agua de lluvia al terreno, originando inestabilidad en las laderas; muy fracturadas con espaciamientos muy próximos entre sí, de 0.005 a 0.01 no persistentes (< 3 m), aberturas algo abiertas (0.5 – 1.0 mm) y sin relleno visible.
 - Suelos inconsolidados (depósitos coluviales, coluvio-deluviales), adosados a las laderas de las montañas producto de la meteorización de rocas sedimentarias y removidos por procesos de movimientos en masa antiguos y activos.
 - Montañas en rocas sedimentarias, cuyas laderas presentan pendientes desde moderadas (5°-15°) a muy escarpadas (>45°); permite 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.
- 4) Los factores desencadenantes para la ocurrencia de movimientos en masa en el sector Yanapaccha, se les atribuye a las intensas precipitaciones pluviales, excepcionales y/o extraordinarias, así como del incremento de las filtraciones de agua y la saturación del terreno, condicionado por la filtración del canal de riego, que contribuye enormemente en la activación y/o reactivación de deslizamientos
- 5) Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas descritas, en el sector Yanapaccha se considera como **Peligro Moderado** a la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes, que pueden ser desencadenados en temporada de lluvias intensas, excepcionales y/o extraordinarias.

8. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que a continuación se brindan tienen por finalidad mitigar el impacto de los peligros geológicos. Así mismo, la implementación de dichas recomendaciones permitirá darle mayor seguridad a la población e infraestructura expuesta a los peligros antes mencionados.

- 1) Sellar las grietas, que se encuentran en el cuerpo del deslizamiento, el material a usar para el sellado, debe ser arcillas.
- 2) Realizar un sistema de drenaje, tipo espina de pescado, para controlar el agua proveniente de las lluvias y además drenar el cuerpo del deslizamiento. Se debe captar y drenar las surgencias agua o manantiales que se encuentran en el cuerpo de deslizamiento, con canales revestidos (puede ser tuberías de PVC u otro tipo de impermeabilización).
- 3) Los canales de riego deben tener mantenimiento periódico, para controlar la infiltración y la saturación de terrenos. porque esta acción incrementa la saturación del terreno y por ende su contribuye con la inestabilidad del terreno Estos trabajos deben ser realizados por un especialista.
- 4) Prohibir la construcción de viviendas y/o algún tipo de infraestructura sobre la corona y cuerpo de los deslizamientos.
- 5) Prohibir el pastoreo de animales y el desplazamiento de personas, dentro del cuerpo del deslizamiento, con el objetivo de evitar incidencias.
- 6) Para poder estabilizar la zona y evitar que el agua subterránea siga filtrando, construir zanjas de captación, para drenar las aguas hacia quebradas cercanas.
- 7) Con apoyo de un especialista acreditado, realizar la evaluación del riesgo (EVAR) de desastres por deslizamiento aplicando la normatividad vigente, para determinar las áreas de riesgo y ratificar o descartar las medidas de mitigación propuestas.
- 8) Realizar charlas de sensibilización y concientización del peligro al que se encuentran expuestos en el sector Yanapaccha y alrededores.



Ing. NORMA LUZ SOSA SENTICALA
Especialista en Peligros
Geológicos
INGEMMET

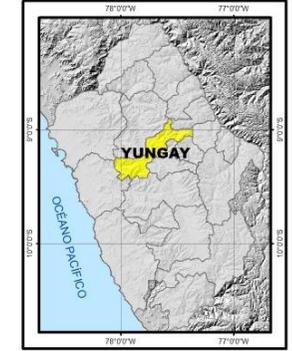
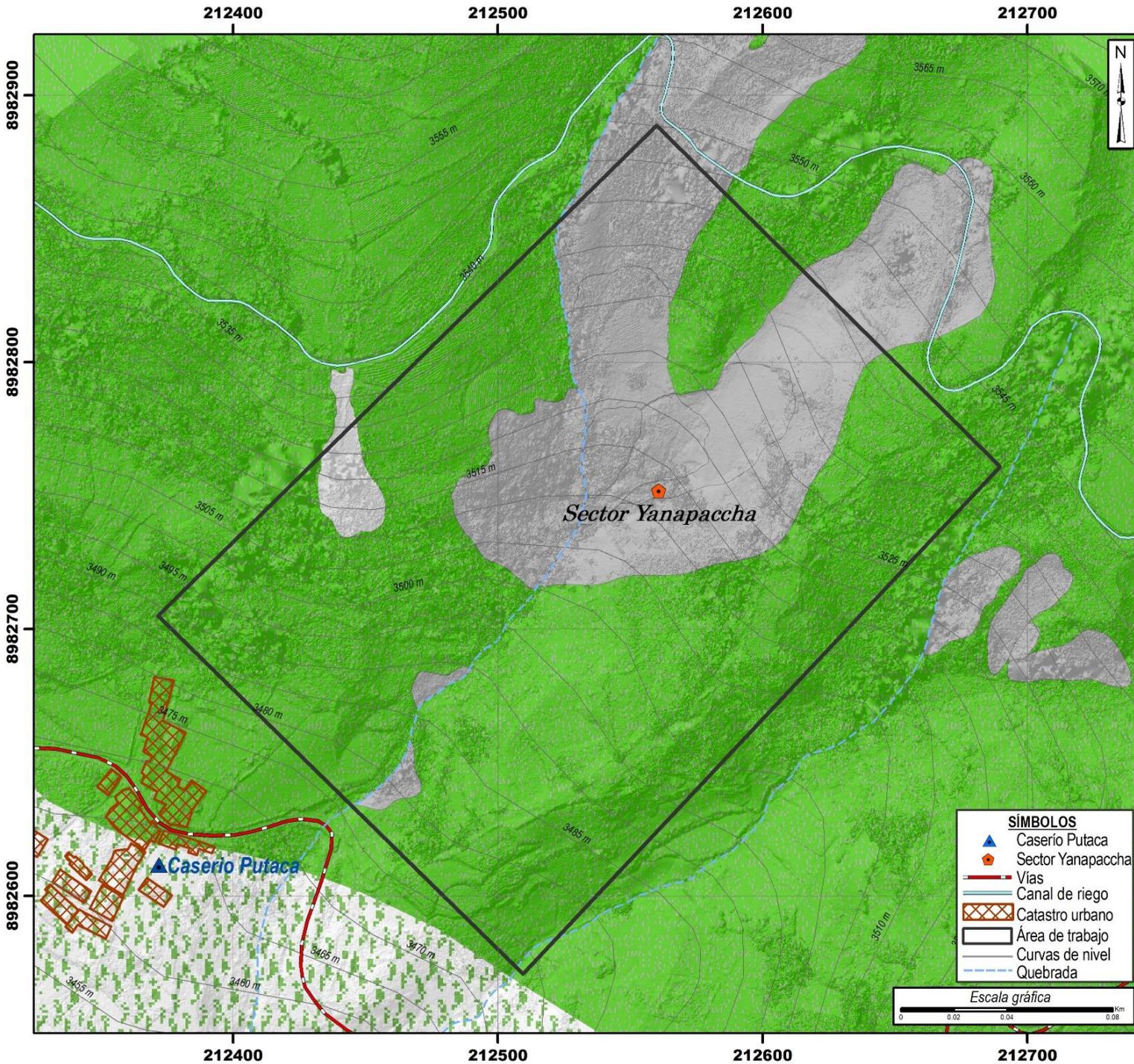


Ing. BILBERTO ZAVALA CARRIÓN
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

9. BIBLIOGRAFÍA

- 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.
- 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.
- Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrológica, SENAMHI (2020). Mapa de clasificación climática del Perú (Texto). Lima, Perú. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2185020/Climas%20del%20Per%C3%BA%3A%20Mapa%20de%20Clasificaci%C3%B3n%20Clim%C3%A1tica.pdf>
- Zavala, B., Valderrama, P., Pari, W., Luque G., Barrantes R.(2009). Geodinámica e Ingeniería Geológica: "Riesgos Geológicos, Boletín N° 38, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, INGEMMET, 280 p., 18 mapas
- Wilson, J., Reyes L., Garayar, J., (1995). Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari, Boletín N° 60, Serie A, Carta Geológica Nacional. INGEMMET, 79 P.
- 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



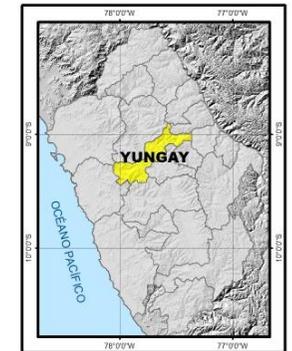
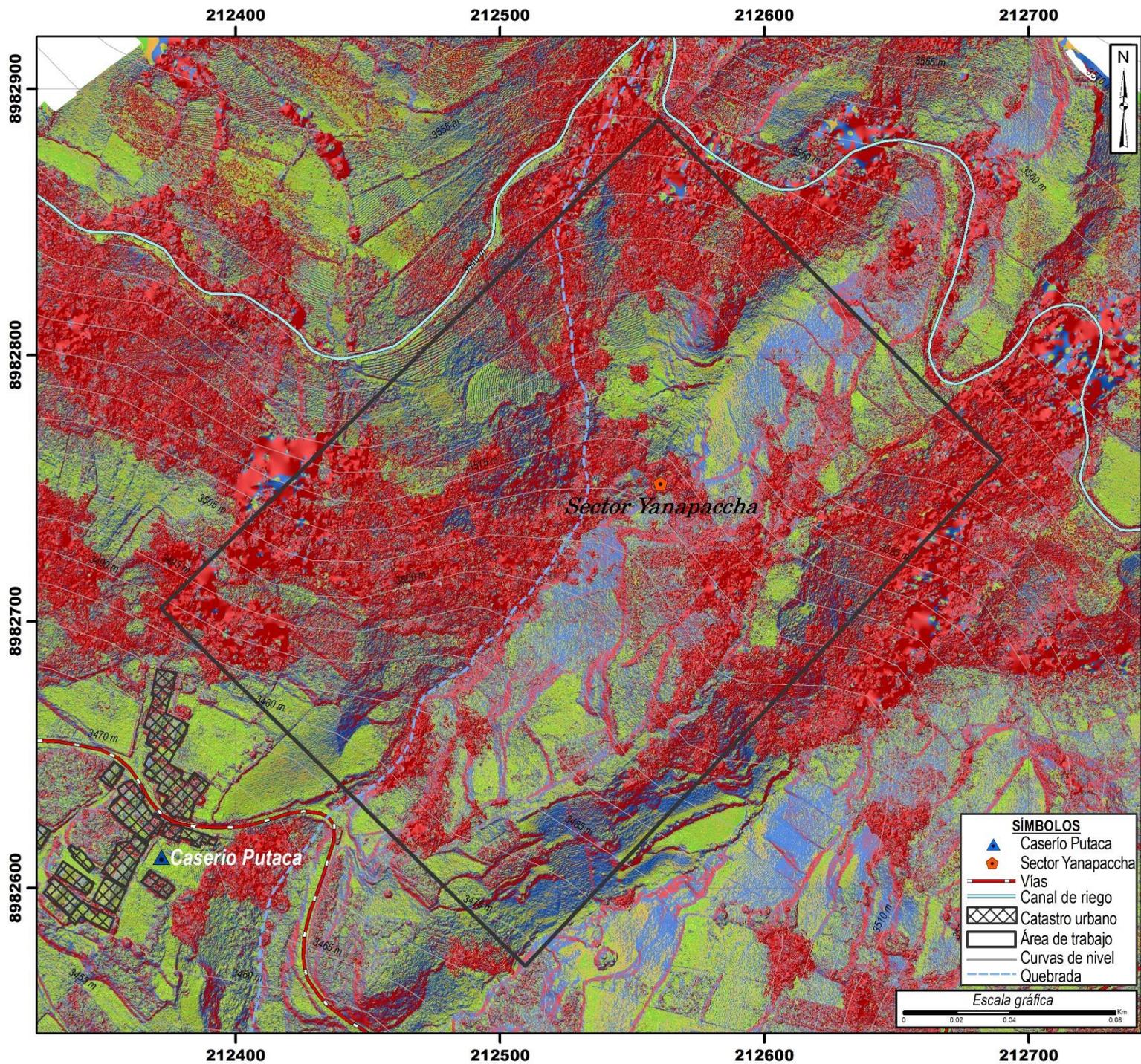
LEYENDA		
Era	Sistema	Unidades litoestratigráficas
Cenozoico	Cuaternario	Qh-co Depósito coluvial
		Qh-cd Depósito coluvio-deluvial
		Qh-gfl Depósito glacial, fluvial
	Neogeno	Ki-chi Formación Chimú


 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 DEPARTAMENTO: ANCASH
 PROVINCIA: YUNGAY
 DISTRITO: MANCOS

**GEOLOGÍA DEL SECTOR
 YANAPACCHA**

Escala: 1/2,000	Elaborado por: Sosa, N.	01
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2024	Impreso: Setiembre, 2024	



RANGOS DE PENDIENTE	
0° - 1°	Terreno llano
1° - 5°	Terreno inclinado con pendiente suave
5° - 15°	Pendiente moderada
15° - 25°	Pendiente fuerte
25° - 45°	Pendiente muy fuerte o escarpada
>45°	Terreno muy escarpado

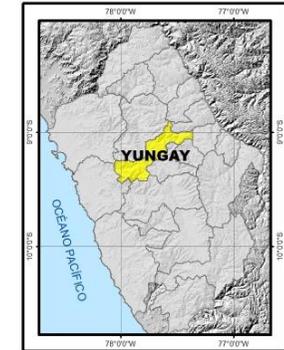
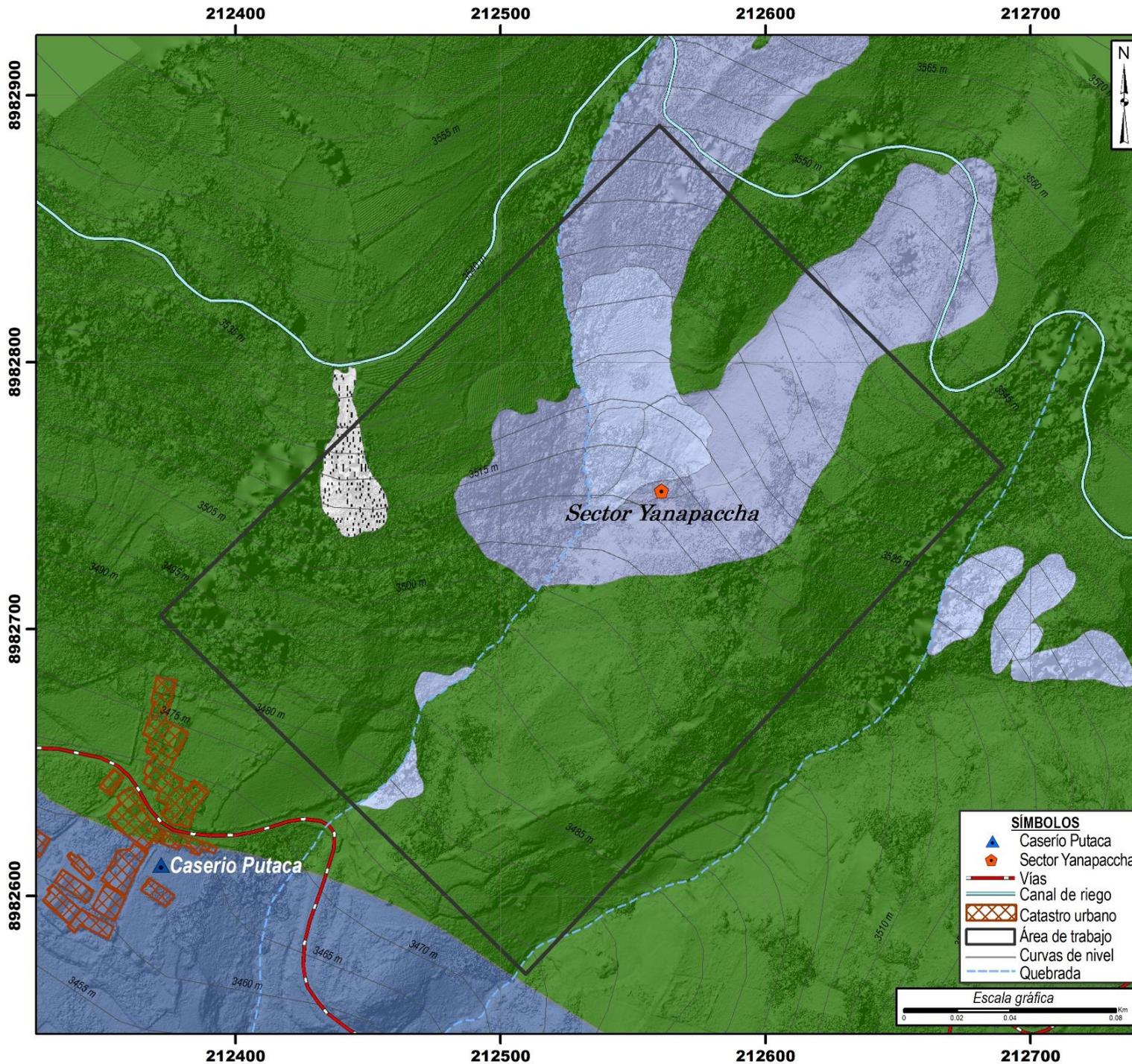
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

DEPARTAMENTO: ANCASH
 PROVINCIA: YUNGAY
 DISTRITO: MANCOS

**PENDIENTE DEL SECTOR
 YANAPACCHA**

Escala: 1/2,000	Elaborado por: Sosa, N.	02
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2024	Impreso: Setiembre, 2024	



LEYENDA		
Unidad	Código	Unidades geomorfológicas
Montaña	RM-rs	Montaña en roca sedimentaria
	V-cd	Vertiente coluvio-deluvial
Vertiente o piedemonte	V-dd	Vertiente con depósitos de deslizamiento
	V-co	Vertiente coluvial
	V-gfl	Vertiente glacio-fluvial

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

DEPARTAMENTO: ANCASH
 PROVINCIA: YUNGAY
 DISTRITO: MANCOS

GEOMORFOLOGÍA DEL SECTOR YANAPACCHA

Escala: 1/2,000	Elaborado por: Sosa, N.
Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84	
Versión digital 2024	Impreso: Setiembre, 2024

ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

Zanjas horizontales. Son paralelas al talud y se sitúan al pie de este. Son útiles los drenes en forma de espina de pescado (figura 1), que combinan una zanja drenante según la línea de máxima pendiente con zanjas secundarias (espinas) ligeramente inclinadas que convergen en la espina central. Su construcción y mantenimiento en zonas críticas debe tener buena vigilancia.

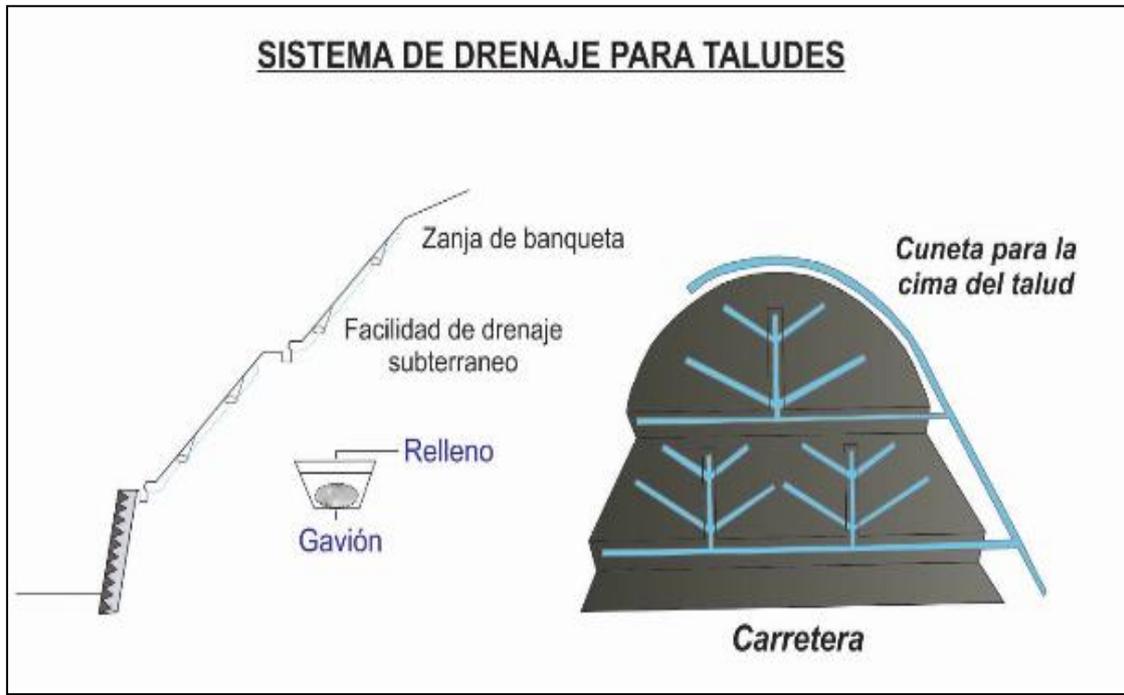


Figura 1. Drenaje tipo espina de pescado (Modificado, Sosa 2019)

Corrección por drenaje: Este tipo de corrección se efectúa con el objeto de reducir las presiones intersticiales que actúan sobre la superficie de deslizamiento (potencial o existente), lo que aumenta su resistencia y disminuye el peso total, y por tanto las fuerzas desestabilizadoras. Las medidas de drenaje pueden ser de tipos:

- **Drenaje superficial:** Su fin es recoger las aguas superficiales o aquellas recogidas por los drenajes profundos y evacuarlas lejos del talud para así evitar su infiltración (figura 2). Las aguas de escorrentía se evacúan por medio de zanjas de drenaje (cunetas de coronación), 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. El cálculo de la sección debe hacerse con los métodos hidrológicos.
- **Drenaje profundo:** La finalidad es deprimir el nivel freático con las consiguientes disminuciones de las presiones intersticiales. Para su uso es necesario conocer previamente las características hidrogeológicas del terreno (figura 3). Se clasifican en los siguientes grupos:

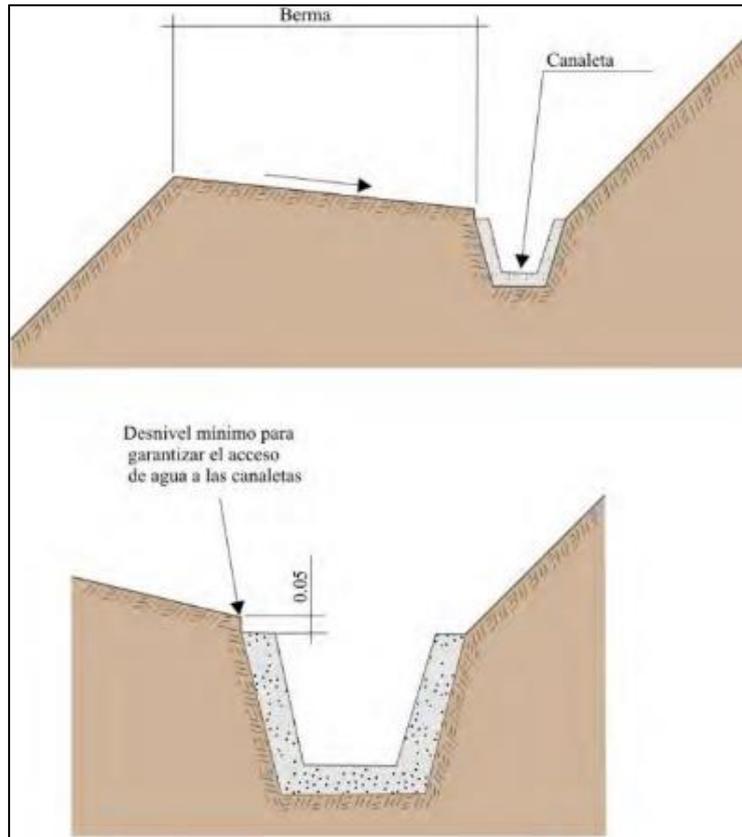


Figura 2. Detalle de una canaleta de drenaje superficial.
Fuente: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 2000.

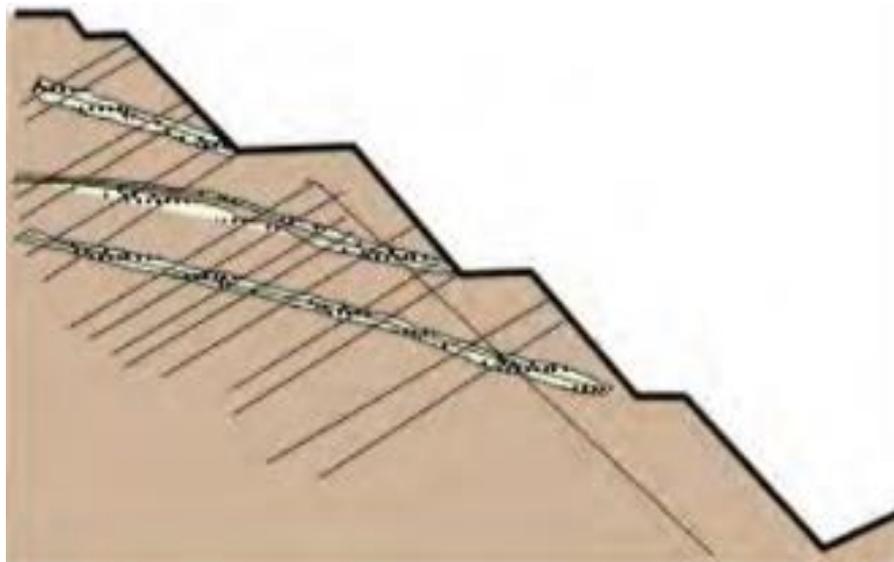


Figura 3. Esquema de drenaje de un talud por medio de drenes californianos
Fuente: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 2000.

Uso de vegetación: El efecto de la vegetación sobre la estabilidad de los taludes es muy debatido; el estado del uso actual deja muchas dudas e inquietudes y la cuantificación de los efectos de estabilización de las plantas sobre el suelo, no ha tenido una explicación universalmente aceptada. Sin embargo, la experiencia ha demostrado el efecto positivo de la vegetación, para evitar problemas de erosión, reptación y fallas subsuperficiales (J. Suárez Díaz, 1998). Para poder analizar los fenómenos del efecto de la vegetación sobre el suelo se requiere investigar las características específicas de la vegetación en el ambiente natural que se esté estudiando. Entre los factores se sugiere analizar los siguientes:

- Volumen y densidad de follaje, tamaño, ángulo de inclinación y aspereza de las hojas, altura total de la cobertura vegetal, presencia de varias capas diferentes de cobertura vegetal, tipo, forma, profundidad, diámetro, densidad, cubrimiento y resistencia del sistema de raíces.
- El tipo de vegetación, tanto en el talud como en el área arriba del talud es un parámetro importante para su estabilidad. La vegetación cumple dos funciones principales: En primer lugar, tiende a determinar el contenido de agua en la superficie y, además, da consistencia por el entramado mecánico de sus raíces.
- Como controlador de infiltraciones tiene un efecto directo sobre el régimen de aguas subterráneas y actúa posteriormente como secador del suelo al tomar el agua que requiere para vivir.