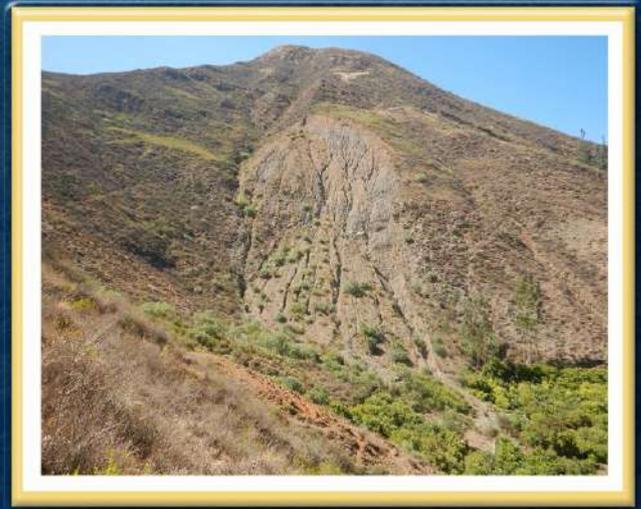
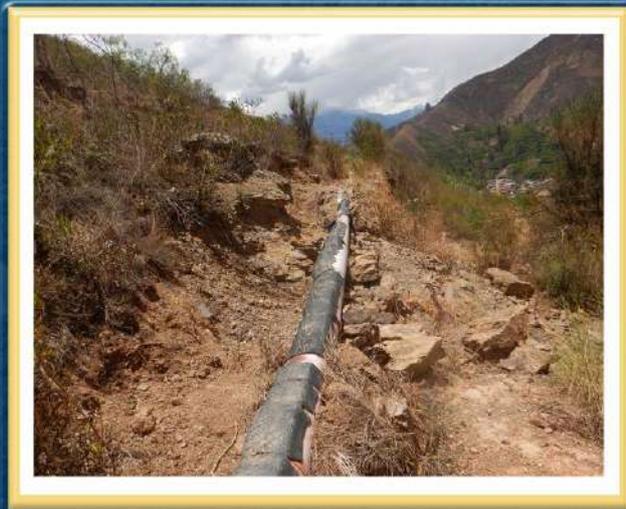


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7397

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LAS LOCALIDADES DE HORNUYOC Y SHAURI DEL CENTRO POBLADO DE MAYA

Departamento Áncash
Provincia Carhuaz
Distrito Carhuaz



JULIO
2023

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LAS LOCALIDADES DE HORNUYOC Y SHAURI DEL CENTRO POBLADO DE MAYA

Distrito Carhuaz, provincia Carhuaz, departamento Áncash

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

Equipo de investigación:

Norma L. Sosa Senticala

Cristhian A. Chiroque Herrera

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). "Evaluación de peligros geológicos en las localidades de Hornuyoc y Shauri del centro poblado de Maya". Distrito Carhuaz, provincia Carhuaz, departamento Áncash", Lima: ingemmet, informe técnico A7397, 56 p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
DEFINICIONES	2
1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1. Objetivos del estudio.....	4
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	4
1.3. Aspectos generales	6
1.3.1. Ubicación	6
1.3.2. Población	7
1.3.3. Accesibilidad.....	7
1.3.4. Clima	9
1.3.5. Zonificación sísmica	10
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	11
2.1.Unidades litoestratigráficas.....	11
2.1.1. Formación Carhuaz (Ki-ca)	11
2.1.2. Depósitos cuaternarios	12
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	14
3.1. Pendientes del terreno.....	14
3.2. Unidades geomorfológicas.....	17
3.1.1. Subunidad de montañas en rocas sedimentarias (RM-rs):	17
3.1.2. Subunidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd):	18
3.1.5. Subunidad Terraza aluvial (T-al).....	20
4. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	21
4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa.....	21
4.2. Reactivación del deslizamiento en la localidad de Hornuyoc.	22
4.2.1. Características visuales del evento	22
4.2.2. Factores condicionantes.....	28
4.2.3. Factores detonantes o desencadenantes	28
4.2.4. Factores antrópicos	28
4.2.5. Daños por peligros geológicos	29
Análisis del perfil del deslizamiento	29
4.3. Reactivación del deslizamiento en la localidad de Shauri.....	30
4.3.1. Características visuales del evento	31
4.3.2. Factores condicionantes.....	37
4.3.3. Factores detonantes o desencadenantes	37
4.3.4. Factores antrópicos	37

4.3.5. Daños por peligros geológicos	38
Análisis del perfil del deslizamiento	38
5. CONCLUSIONES.....	40
7. BIBLIOGRAFÍA.....	43
ANEXO 1: MAPAS	44
ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN.....	49
ANEXO 3: FORMATO DE DESCRIPCIÓN DE SUELOS SUPERFICIALES	55

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizado en las localidades de Hornuyoc y Shauri del centro poblado de Maya, que pertenecen a la jurisdicción de la Municipalidad distrital de Carhuaz, provincia Carhuaz, departamento Áncash. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos para los tres niveles de gobierno.

La localidad Shauri se encuentra a 550 m de la plaza del centro poblado de Maya y Hornuyoc en la margen izquierda de la quebrada Punyarure. El 2022, en ambas localidades se reactivaron deslizamientos rotacionales; en Hornuyoc en marzo y Shauri en mayo.

En las áreas de estudio afloran areniscas y areniscas intercaladas con limolitas (Formación Carhuaz), las cuales se encuentran moderadamente meteorizadas (menos de la mitad del material rocoso está descompuesto o desintegrado) y se hallan medianamente fracturadas; con espaciamentos entre (1.0 - 0.30); así como lutitas muy fracturas, que genera inestabilidad en la ladera.

Las geoformas identificadas corresponden a montañas en rocas sedimentarias y de piedemonte (coluvio-deluvial, proluvial). Las laderas de montañas presentan pendientes que van de moderada a muy escarpada (15° a 45°); lo que 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. Las terrazas aluviales y fluviales ubicadas en ambos márgenes de las quebradas Pacharure y Punyarure presentan pendientes de llano a moderados (0° a 15°).

Los factores condicionantes de los deslizamientos son: substrato rocoso muy fracturado y moderadamente meteorizado; presencia de suelos inconsolidados de fácil erosión y remoción; y laderas con pendiente fuertes. Los factores antrópicos tenemos tuberías de agua en mal estado que saturan los terrenos.

El factor detonante para la ocurrencia de los deslizamientos mencionados, se atribuye a las lluvias intensas y/o excepcionales registradas en los meses de diciembre a abril, (Ejemplo la lluvia de 22.6 mm/día que se registró en marzo), actividad sísmica y la actividad antrópica.

Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y dinámicas mencionadas, a la localidad de Hornuyoc, considerado de **peligro Moderado** y la localidad de Shauri, considerado como **Zona Crítica** y de **Peligro Alto** a la ocurrencia de deslizamientos, derrumbes y erosión de ladera (cárcava), las cuales pueden ser desencadenados en temporadas de lluvias intensas periódicas y/o excepcionales.

Finalmente, se indica algunas recomendaciones a fin de que las autoridades competentes pongan en práctica, como: canalizar y realizar mantenimiento de los canales, considerar el cambio de cultivos, realizar estudio geotécnico e implementar un Sistema de Alerta Temprana (SAT), y sellar las grietas ubicadas en la margen derecha del deslizamiento, con el fin de evitar la saturación del suelo.

Considerar la realización de un EVAR, para ambos sectores.

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 presenta diversa 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: Formación de grietas 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 prácticamente no ha sufrido desplazamiento ladero abajo. sobre ella suelen presentarse algunas grietas paralelas o semi paralelas conocidas como grietas de tensión o de tracción.

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.

DESLIZAMIENTO ROTACIONAL: Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava; presentan una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y un contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal.

La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca. Debido a que el mecanismo rotacional es auto estabilizante, y éste ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas. (Suarez, 2009).

DETONANTE: Acción o evento natural o antrópico, 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.

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: sin.: 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.

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.

FLUJO: Es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea deslizamiento o una caída. Estos pueden ser canalizados (flujos de detritos o huaicos) y no canalizados (avalanchas).

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, huaicos, flujos de lodo, hundimientos, entre otros), erosión e inundaciones.

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.

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 (movimientos en masa, entre otros peligros geológicos) en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Provincial Carhuaz, según Oficio N°252-2022-MPC/A; es en el marco de nuestras competencias que se realiza la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa las localidades Hornuyoc y Shauri del centro poblado Maya.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Norma Sosa Senticala y Christian Chiroque Herrera, para realizar la evaluación de peligros geológicos respectiva, en el sector previamente mencionado, para lo cual se realizó coordinaciones con el personal de gestión del riesgo de desastre de la municipalidad de Carhuaz.

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), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Provincial Carhuaz y entidades encargadas en la gestión del 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, caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa en las localidades de Hornuyoc y Shauri del centro poblado Maya.
- 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° 29, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica “Estudio de Riesgos Geológicos del Perú: Franja N°4” (Fidel, et al., 2006), en donde identificó un

deslizamiento de tipo traslacional ubicado a 2 km al suroeste del sector Shauri, como otro deslizamiento traslacional a 1.78 km del centro poblado de Maya.

- B) Boletín N° 38, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Riesgos Geológicos en la región Áncash” (Zavala *et al.*, 2009). En el contiene el inventario de peligros geológicos en la región Áncash, en el cual se registró un total de 2129 ocurrencias.
Muestra el mapa regional de susceptibilidad por movimientos en masa, a escala 1:500 000, donde muestra que las localidades de Hornuyoc y Shauri del centro poblado Maya se localizan en zonas de susceptibilidad de Alta a Muy Alta (figura 1).
- C) Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Carhuaz (19-h), (De La Cruz & Chacaltana, 2003) a escala 1:100 000. Contempla la descripción detallada de las unidades litoestratigráficas aflorantes en el área de estudio, que corresponden a areniscas, areniscas cuarzosas en capas delgadas con arcillitas de la Formación Carhuaz.
- D) 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). Mencionan que en la zona de estudio y alrededores se tienen rocas sedimentarias de la Formación Carhuaz.
- E) Boletín N°16, Serie B, Prospección Geoquímica Regional en las Subcuencas de la Vertiente del Pacífico Paralelos 9°00´ a 10°00´- Ingemmet, Geología Económica, 108°. (Chira, J., et al, 2006), en este trabajo describen que la zona de estudio consiste en areniscas y arcillitas que subyacen en discordancia a la Formación Santa.

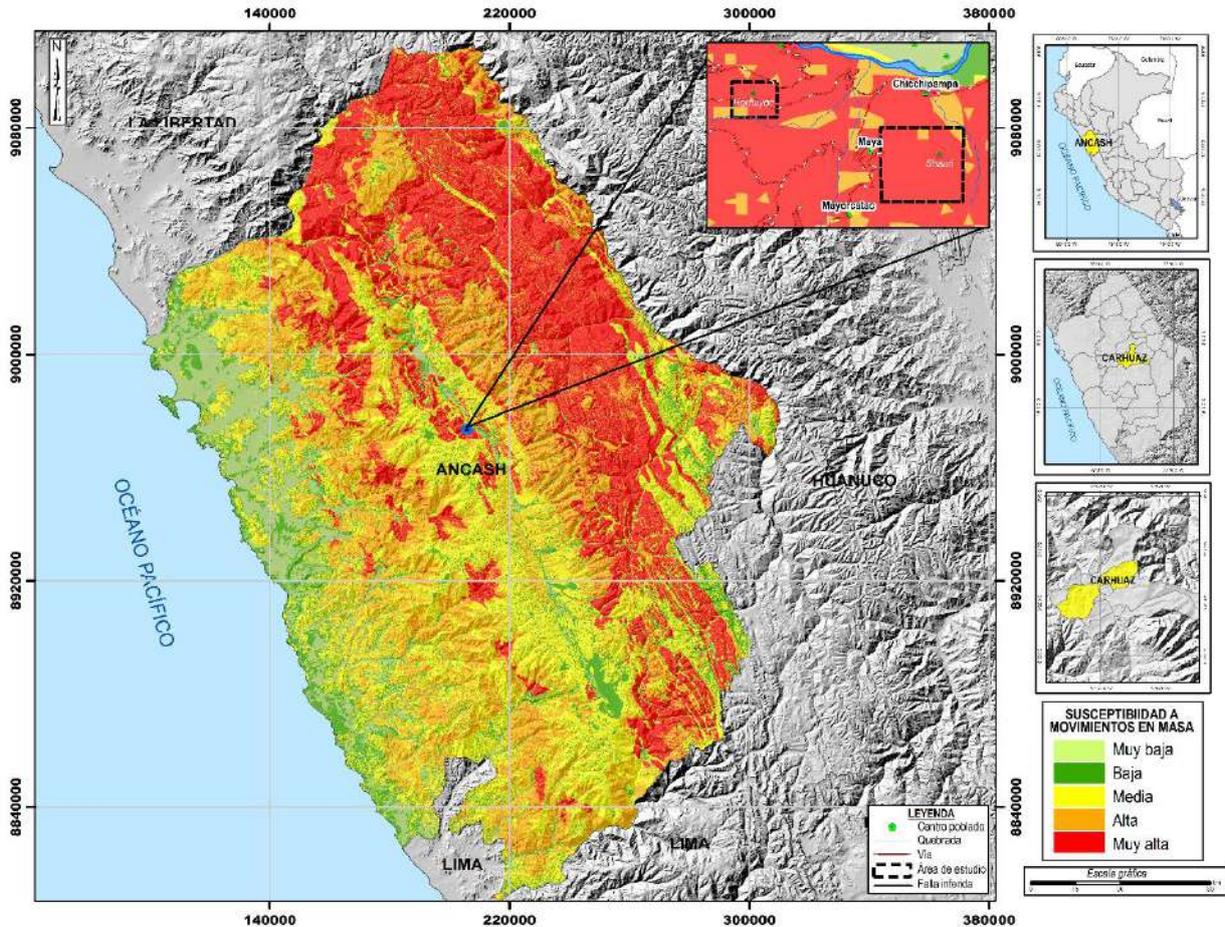


Figura 1: Susceptibilidad por movimientos en masa de las localidades de Hornuyoc y Shauri del centro poblado de Maya y alrededores. **Fuente:** Zavala et al., 2009.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

Las localidades de Hornuyoc y Shauri del centro poblado de Maya, políticamente pertenecen al distrito y provincia de Carhuaz, departamento de Áncash, (figura 2).

Cuenta con las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18S). Ver Tablas 1 y 2:

Tabla 1. Coordenadas del área de estudio de Shauri.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	206983.04	8972801.60	-9.282622°	-77.667059°
2	206982.52	8971971.42	-9.290121°	-77.667125°
3	206115.59	8971975.61	-9.290026°	-77.675010°
4	206107.81	8972799.37	-9.282581°	-77.675026°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	204703.14	8973109.2	-9.279684°	-77.687775°

Tabla 2. Coordenadas del área de estudio de Hornuyoc.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	205019.92	8973301.44	-9.277967°	-77.684879°
2	205014.52	8972925.52	-9.281363°	-77.684954°
3	204535.59	8972923.67	-9.281347°	-77.689310°
4	204535.07	8973325.88	-9.277713°	-77.689287°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	206641.85	8972183.68	-9.288075°	-77.670275°

1.3.2. Población

De acuerdo con los datos del Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, el centro poblado de Maya presenta un total de 650 personas censadas, 305 hombres y 345 mujeres y un total de (204) viviendas.

1.3.3. Accesibilidad

El acceso se realizó por vía terrestre desde la sede central de Ingemmet (Lima), hasta el área de estudio mediante la siguiente ruta, (cuadro 1):

Cuadro 1. Ruta de acceso.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Barranca	Asfaltada	208	3 horas 30 min
Barranca - Huaraz	Asfaltada	217	4 horas 30 min
Huaraz - Carhuaz	Asfaltada	33	50 min
Carhuaz - Maya (localidades de Hornuyoc y Shauri del centro poblado de Maya)	Asfaltada - trocha	6.6	18 min

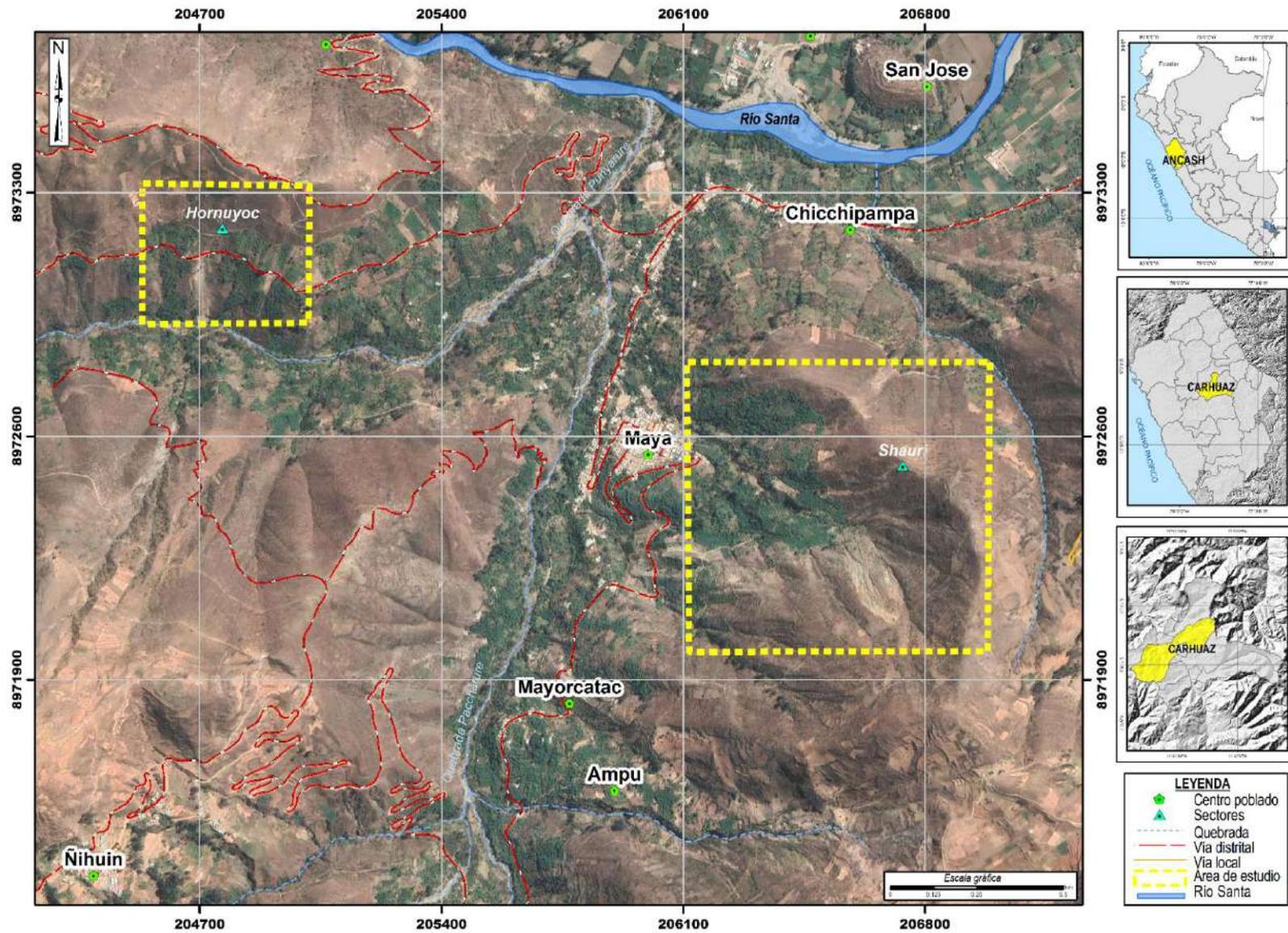


Figura 2: Ubicación de las localidades de Hornuyoc y Shauri del centro poblado de Maya y alrededores.

1.3.4. Clima

Según la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 2020), el distrito de Carhuaz presenta un clima muy variado, caracterizado especialmente por ser templado y seco en el día, tornándose frío en las noches.

Localmente, de acuerdo con esta clasificación, el centro poblado Maya y alrededores está influenciado por un clima semicalido-semiseco, caracterizado por una deficiencia de lluvias en otoño, invierno y primavera, con humedad relativa de 65% a 84% calificada como húmeda. (figura 3).

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 2017-2022 fue de 22.6 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.

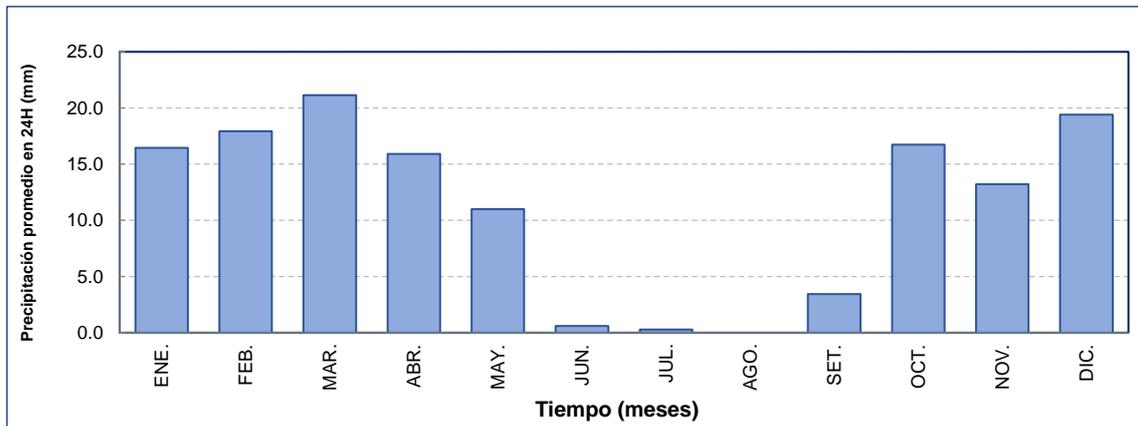


Figura 3. Precipitación promedio anual (periodo 2017-2022), distribuidas a lo largo del año para la estación Yungay. **Fuente:** SENAMHI

La temperatura anual oscila entre un máximo de 22° C en verano y un mínimo de 8° C en invierno (figura 4).

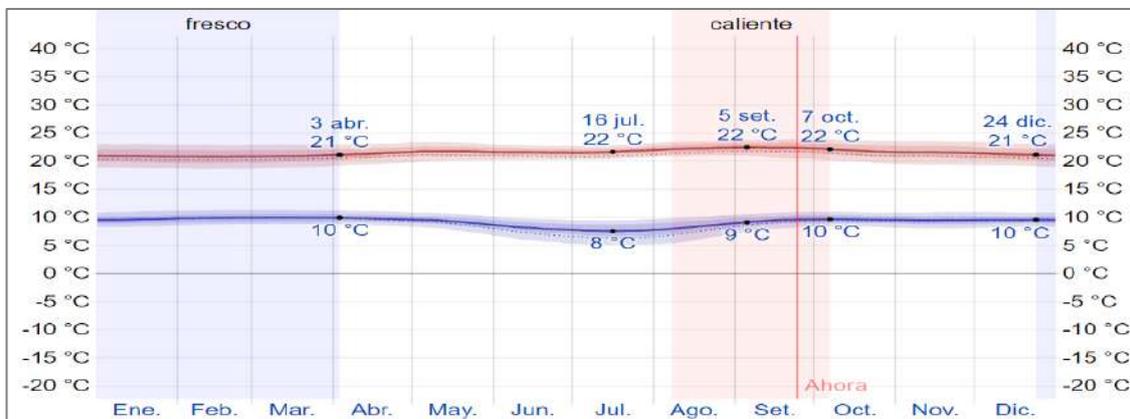


Figura 4. Temperaturas máximas (línea roja) y mínimas diarias (línea azul), promedio diario, para el distrito de Carhuaz. **Fuente:** Weather Spark, 2022.

1.3.5. Zonificación sísmica

El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, como se muestra en la figura 5. 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 Tabla 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).

Según dicho 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 3. Factores de zona Z.

Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

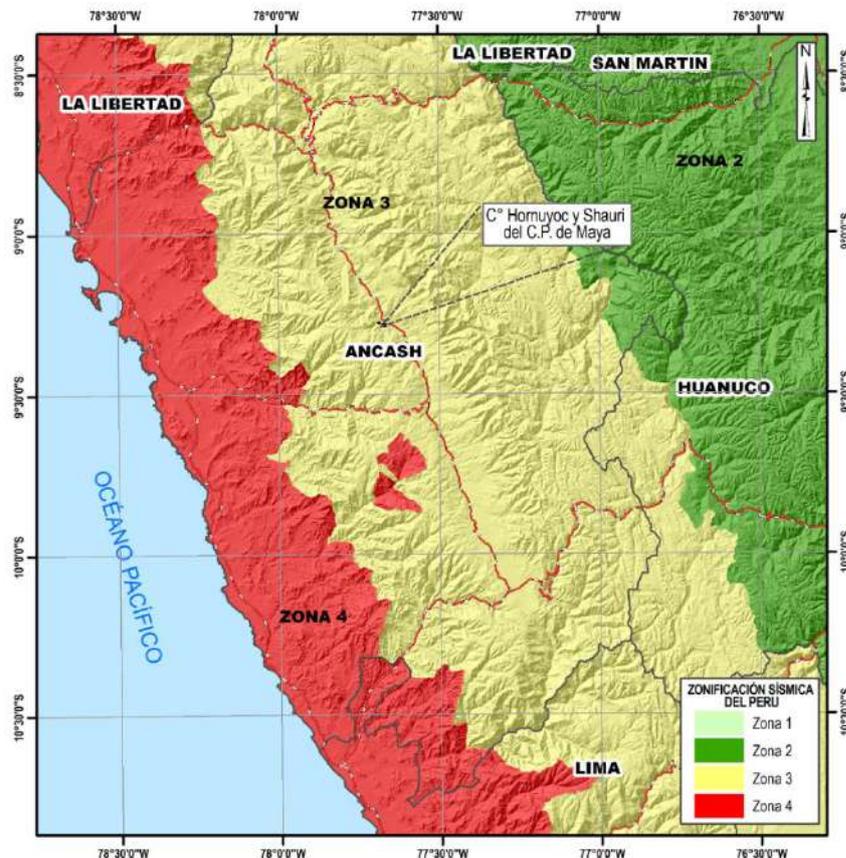


Figura 5. Zonificación sísmica del Perú. Fuente: Alva (1984).

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Las características geológicas locales, se definieron teniendo como base los mapas geológicos de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari, Hojas 17-h, 17-i, 18-h, 18-i, 19-g 19-i, a escala 1:100,000 (Wilson, *et al.* 1995), así como la: "Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Carhuaz (19-h) (De La Cruz & Chacaltana, 2003) a escala 1:100 000, 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.

2.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran son principalmente de origen sedimentario de la Formación Carhuaz; así como depósitos recientes coluvio-deluvial, proluvial y aluvial (Anexo 1 – Mapa 01).

2.1.1. Formación Carhuaz (Ki-ca)

De acuerdo con De La Cruz y Chacaltana (2003), consiste de areniscas y areniscas cuarzosas beige en capas delgadas intercaladas con arcillitas. En algunas áreas es posible encontrar intercalaciones de caliza y algo de yeso cerca a la base de la formación, suprayacen a la Formación Santa.

En la zona de estudio se identificaron afloramientos de areniscas grises, (fotografía 1 y 2) y en algunos puntos se observa intercalaciones de areniscas con lutitas (fotografía 3), estas rocas se encuentran moderadamente meteorizadas (A3), es decir menos de la mitad del material rocoso está descompuesto o desintegrado; medianamente fracturas (F3); con espaciamientos entre (1.0 - 0.30): así como lutitas muy fracturas (F4), donde la roca se rompe 2 a 3 golpes de la picota.



Fotografía 1. Vista donde se observa afloramiento rocoso de areniscas, de la Formación Carhuaz.



Fotografía 2. Vista con dirección sureste, se observa el afloramiento de la Formación Carhuaz, compuesta por areniscas de color beige, con fracturamiento milimétrico.



Fotografía 3. Vista de intercalación de areniscas con lutitas, que se encuentran fracturadas y moderadamente meteorizadas.

2.1.2. Depósitos cuaternarios

a. Depósito coluvio-deluvial (Q-cl):

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 de limoarcillitas y areniscas, angulosos a subangulosos con diámetros que varían de 0.03 a 0.07 m envueltos en una matriz limo-arcilloso, (fotografía 4). Son producto de la meteorización de rocas sedimentarias y removidos por procesos de movimientos en masa, (Anexo 3 – Mapa 3).



Fotografía 4. Vista del depósito coluvio-deluvial compuestos por fragmentos de roca angulosos a subangulosos de tamaños variables (0.03 a 0.07), envueltos en una matriz limo-arcillosos.

b. Depósito proluvial (Q-pl):

Se originan a partir de los depósitos de flujos, por la existencia de material detrítico suelto acumulado y cuando ocurren precipitaciones pluviales intensas se saturan, pierden su estabilidad y se movilizan por las quebradas Paccharure y Pungarure, (fotografía 5). Estos depósitos llegan a confundirse muchas veces con las terrazas aluviales; el material que los constituye es heterométrico y está mal clasificado, por lo general son subangulosos a subredondeados, englobados en una matriz fina, permeables y medianamente consolidados, (Anexo 3 – Mapa 3).



Fotografía 5. Vista del material de depósito proluvial, ubicadas al noroeste del centro poblado de Maya; el cual llega al río Santa.

c. Depósito aluvial (Q-al):

Son depósitos semi-consolidados, generados por acumulación de material transportado por las quebradas Paccharure y Punyarure (Cuenca Santa). Este depósito corresponde a una mezcla heterogénea de gravas y arenas, redondeadas a subredondeadas, así como limos y arcillas; estos materiales tienen selección de regular a buena, presentándose niveles y estratos diferenciados que evidencian la actividad dinámica fluvial. Su permeabilidad es media a alta y se asocia principalmente a terrazas aluviales, susceptibles a la erosión fluvial, (Anexo 3 – Mapa 3).



Fotografía 6. Se observa depósitos aluviales en la parte baja de las quebradas, en donde se asentaron algunas viviendas.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

3.1. Pendientes del terreno

El análisis de la pendiente del terreno es un parámetro importante en la evaluación de procesos por movimientos en masa; ya que 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, elaborado en base a información del modelo de elevación digital de 12.5 m de resolución (USGS). De acuerdo a este mapa, localidades de Hornuyoc y Shauri del centro poblado Maya, se localizan en laderas de montañas cuyos rangos de pendientes van desde moderadas (5° a 15°) a muy escarpado ($>45^\circ$). Este rango de pendientes es el resultado de una intensa erosión y desgaste de la superficie terrestre, cuyas características principales se describen en el cuadro 2.

Cuadro 2. Rango de pendientes del terreno.

RANGOS DE PENDIENTES		
Pendiente	Rango	Descripción
0°-1°	Llano	Son terrenos llanos cubiertos por depósitos cuaternarios que se distribuyen principalmente a lo largo de terrazas aluviales, poco susceptibles a movimientos en masa, sujetas frecuentemente a inundaciones estacionales o excepcionales, como se dan en las márgenes del río Santa. Estas están asociadas a inundaciones, erosiones fluviales en las márgenes o terrazas bajas.
1°a 5°	Inclinación suave	Terrenos planos con ligera inclinación que se distribuyen a lo largo de planicies y terrazas aluviales. En este rango se ubica principalmente al fondo de las quebradas Paccharure y Punyarure, dentro de esta unidad se ubican algunas viviendas y se desarrolla la actividad agrícola.
5°a 15°	Moderado	Terrenos con moderada pendiente, se ubican principalmente entre el pie y parte de las laderas de montañas sedimentarias, quebradas y fondo de valles, en este rango se asienta parte de las terrazas aluviales, donde se desarrolla agriculturas.
15°a 25°	Fuerte	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, en este rango se encuentran las localidades de Hornuyoc y Shauri
25°a 45°	Muy Fuerte	Ocupan áreas muy grandes. Se encuentran en laderas de montañas y márgenes del río Vicos. En este rango de pendiente, en este rango se encuentra las localidades de Hornuyoc y Shauri, donde se registran deslizamientos, derrumbes y procesos de erosión de ladera (cárcavas).
>45°	Muy escarpado	Ocupa áreas muy reducidas, distribuidas a lo largo de laderas., en este rango se encuentra las localidades Hornuyoc y de Shauri (parte alta del centro poblado de Maya.

Fuente: Ingemmet, 2009

La figura 06, muestra el mapa de pendientes de las localidades de Hornuyoc y Shauri, del centro poblado Maya. En la figura 7, se muestra el mapa de alturas del terreno de las localidades mencionadas y alrededores. Ambos generados en base al modelo de elevación digital (con resolución de 0.096 m/píxel), resultado del levantamiento fotogramétrico con dron.

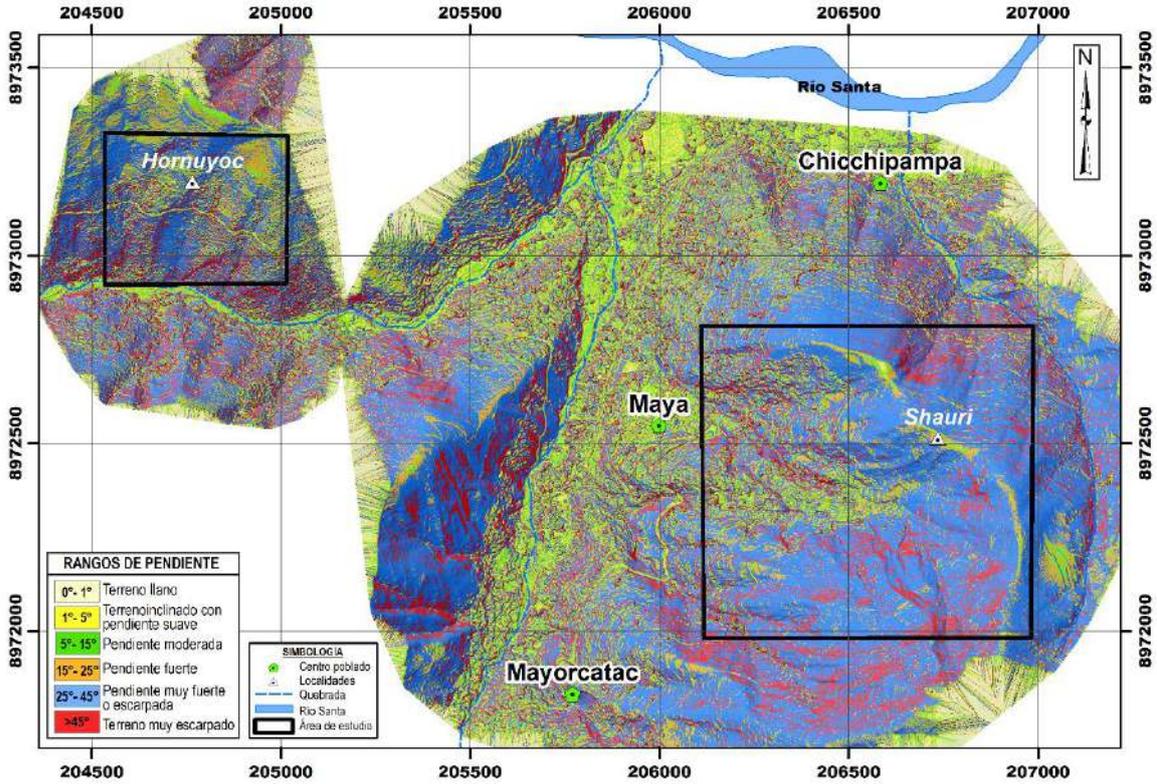


Figura 6. Pendiente del terreno de las localidades de Hornuyoc y Shauri, del centro poblado y alrededores, generado en base al modelo de elevación digital, resultado del levantamiento fotogramétrico con dron.

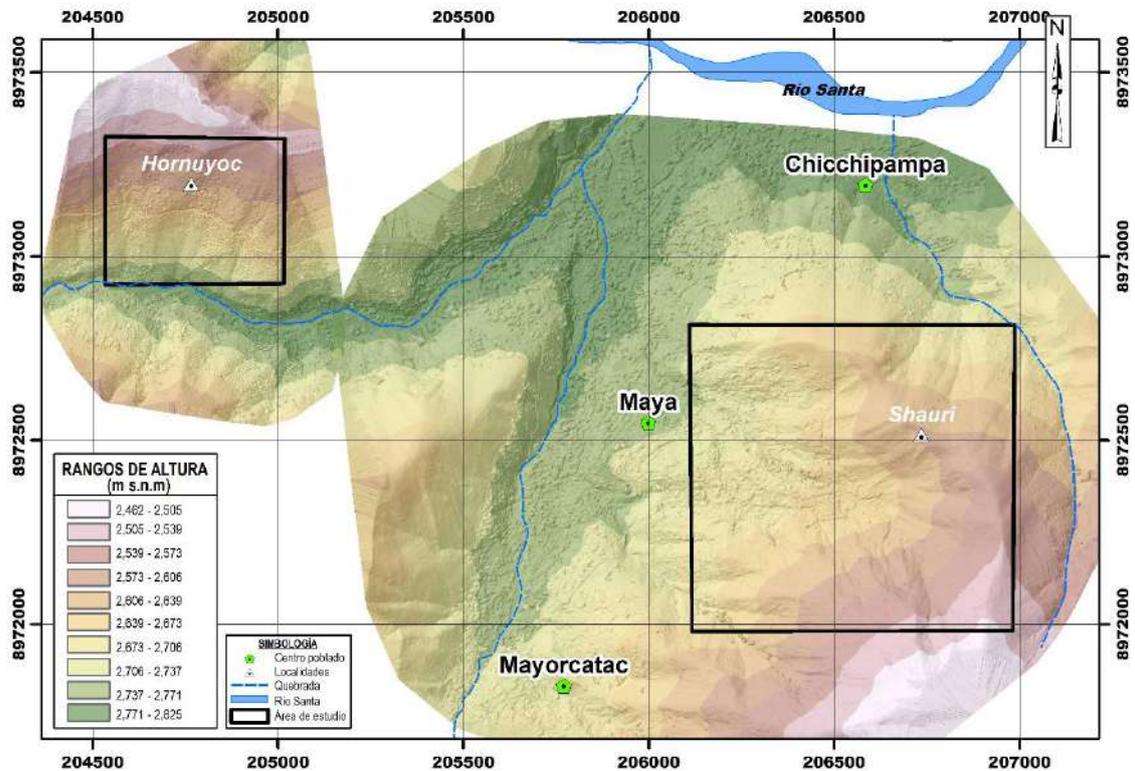


Figura 7. Alturas del terreno de las localidades de Hornuyoc y Shauri, del centro poblado y alrededores, generado en base al modelo de elevación digital, resultado del levantamiento fotogramétrico con dron.

3.2. Unidades geomorfológicas

La morfología actual está relacionada con la erosión generada por la última etapa del levantamiento de los Andes, así como a procesos hidrometeorológicos relacionadas a abundantes precipitaciones pluviales (erosión fluvial y pluvial) y la ocurrencia de movimientos en masa antiguos y recientes (deslizamientos, caídas y flujos), producto de la intensa actividad geodinámica de la zona.

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, (Vílchez, et al., 2019), así también se ha empleado los trabajos de Villota (2005) y la clasificación de unidades geomorfológicas utilizadas en estudios de Ingemmet.

En la zona evaluada y alrededores se han identificado las siguientes geoformas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Unidades y subunidades geomorfológicas

Unidades geomorfológicas de carácter tectónico degradacional y erosional	
Unidad	Subunidad
Montaña	Montañas en roca sedimentaria (RM-rs)
Unidades geomorfológicas de carácter deposicional o agradacional	
Unidad	Subunidad
Piedemonte	Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd)
	Vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)
	Vertiente aluvio-torrencial (P-at)
Planicie	Terraza aluvial (T-al)
	Terraza fluvial (T-fl)

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).

3.1.1. **Subunidad de montañas en rocas sedimentarias (RM-rs):**

Corresponde a las cadenas montañosas donde los procesos denudativos (fluvio-erosionales) afectaron rocas sedimentarias de la Formación Carhuaz. Las montañas cubren gran parte de la zona de estudio, cuyas laderas de pendientes fuerte a muy escarpada varían de 15° a >45°. La localidad de Shauri, se encuentra en la margen

derecha de la quebrada Paccharure y la localidad de Hornuyoc se ubica en la margen izquierda de la quebrada Punyarure. (figura 8). Sus relieves se encuentran asociadas a deslizamientos, caídas y procesos de erosión de laderas.



Figura 8. Vista de la subunidad de montañas en rocas sedimentarias (RM-rs), de la Formación Carhuaz cuyas laderas presentan pendientes de fuerte a muy escarpadas (15° - 45°).

B) Unidad de Piedemonte

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

3.1.2. **Subunidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd):**

Zonas de acumulaciones en ladera originadas por procesos de movimientos en masa antiguos. 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, (figura 9).

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



Figura 9. Vista de las subunidades de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd), y la subunidad de montañas sedimentarias (RM-rs); al noroeste del centro poblado de Maya.

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

Son depósitos inconsolidados, localizados al pie de laderas de montañas sedimentarias, 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 deslizamientos y derrumbes.

Compuestos principalmente por fragmentos líticos de limoarcillitas y areniscas con diámetros que varían de 0.035 a 0.09 m, angulosos a subangulosos envueltos en una matriz de limos y arcillas. (figura 10). Estas geoformas se encuentran ampliamente desarrolladas en las laderas de las quebradas Paccharure y Punyarure, con pendientes predominantes de muy fuerte a muy escarpado (25° - $>45^{\circ}$) y fáciles de remover.



Figura 10. Vista, donde se aprecia la subunidad de vertiente con depósito coluvio-deluvial (V-cd) ubicado a un lado de la trocha carrozable, ubicado al pie de ladera de montañas sedimentarias.

3.1.4. Subunidad de vertiente aluvio-torrencial (P-at)

Corresponden a planicies inclinadas a ligeramente inclinadas y extendidas, posicionadas al pie de los sistemas montañosos, formado por la acumulación de sedimentos acarreados por corrientes de agua estacionales, de carácter excepcional, así como lluvias ocasionales muy excepcionales que se presentan en el área de estudio, (figura 11).

Esta unidad es susceptible a remoción por flujo de detritos (huaicos) ubicado principalmente en la desembocadura de la quebrada Cancha. Se distinguen grandes bloques de roca de hasta 1 m de diámetro producto del acarreo proveniente de los flujos. Actualmente son ocupadas por terrenos de cultivo.

C) Unidad de Planicie

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

3.1.5. Subunidad Terraza aluvial (T-al)

Son porciones de terreno alargado a ligeramente inclinado (1° a 5°), con altura relativamente marcada. Se encuentran encima del cauce del río Vicos. Su composición litológica es resultado de la acumulación de fragmentos de roca de diferente granulometría (bolos, cantos, gravas con matriz de arenas y limos). Sobre

estos terrenos se desarrollan extensas zonas de cultivo. Está sujeta a erosión fluvial, (figura 11).

Dentro de esta sub unidad se realizó una clasificación de terrazas aluviales ubicadas en las márgenes del río Vicos, y terraza alta aluvial, ubicadas en la margen derecha del río, presentando un cambio de pendiente que va 10°.



Figura 11. Vista panorámica de la subunidad de vertiente aluvio-torrencial (P-at) formado por la acumulación de material proluvial relacionado a flujos de detritos (huaicos). Es evidente que la geoforma de cono de deyección que presenta la quebrada Punyarure que ha represado en algún tiempo atrás al río Santa.

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos identificados en la zona inspeccionada y alrededores corresponden a los subtipos agrupados en la clase de movimientos en masa (anexo 1 – mapa 4).

4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

Fidel et al., (2006), menciona que próximos a las localidades de Hornuyoc y Shauri del centro poblado de Maya, dos deslizamientos traslacionales, uno ubicado a 2 km al suroeste del sector Shauri, y otro a 1.78 km del centro poblado de Maya.

Estos movimientos en masa, tienen como factores intrínsecos, la geometría del terreno, la pendiente del terreno, tipo de roca, tipo de suelos, drenaje superficial–subterráneo y cobertura vegetal. Se tiene como “desencadenante” de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona, así como la sismicidad.

Los peligros geológicos identificados en la zona inspeccionada y sus alrededores se presentan en el Anexo 1 – Mapa 4.

En este sentido, para la caracterización de estos eventos, se realizaron en base a la información obtenida durante los trabajos de campo, donde se identificaron los tipos de movimientos en masa a través del cartografiado geológico y geodinámico, 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 0.20 y 0.10 cm/pixel respectivamente, complementada con el análisis de imágenes satelitales.

Además de ello, la zona es considerada de Alta a Muy Alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa (Zavala et al., 2009).

4.2. Reactivación del deslizamiento en la localidad de Hornuyoc.

De acuerdo a la versión de los pobladores de la localidad de Hornuyoc, en el año 1970 se dio lugar a la ocurrencia de un movimiento en masa de tipo deslizamiento, el que llegó a afectar pastizales, reactivándose los años 2003, 2021 y la última fue en marzo del 2022; el evento se ubicada entre las coordenadas UTM 8973116 N, 204701 E, con una altitud de 2791 m s.n.m. (figura 12).

4.2.1. Características visuales del evento

El deslizamiento reactivado en la localidad de Hornuyoc, presenta las siguientes características:

- Estado de la actividad del movimiento: Reactivado - Activo
- Deslizamiento de tipo: Rotacional
- Forma de la escarpa principal: Circular.
- Superficie de rotura: Circular y alargada.
- Longitud de la escarpa: 238 m.
- Desnivel entre escarpa y pie: 312 m.
- Se identificaron agrietamientos longitudinales de 0.02 a 0.18 m, con dirección este – oeste, dentro del cuerpo del deslizamiento.
- Salto de escarpa principal, comprendido entre: 0.80 – 2.5 m
- Tipo de avance: Progresivo (por las grietas encontradas en el cuerpo del deslizamiento reactivado).



Figura 12. Vista panorámica del deslizamiento, se aprecia la reactivación del deslizamiento con línea continua amarillo intenso, así como el deslizamiento antiguo con líneas entrecortadas. Ubicado en la margen izquierda de la quebrada Punyarure.

El evento generó la obstrucción de trocha carrozable Maya – Punya de 92 m, afectando el tránsito vehicular por cuatro días, la ocurrencia de este evento afecta continuamente este tramo, por el cual se tiene que realizar limpieza de la trocha todos los años en temporada de lluvia. (figura 13).



Figura 13. Vista de la trocha carrozable que permite el acceso de los centros poblados de Punya hacia Maya, se puede observar la acumulación de material en una de las márgenes.

Dentro del cuerpo del deslizamiento se identificaron agrietamientos transversales con aberturas que varían entre 0.02 a 0.18 m, de longitudes de hasta 1 m, y con profundidades visibles de hasta 0.06 m (figura 14), también se observó varios árboles inclinados a partir de la trocha carrozable hacia la quebrada Punyarure, producto de la remoción de masa (figura 15).

Se identificó una vivienda de adobe a 42 m de la escarpa, con agrietamientos en sus paredes, las mismas que tienen aberturas de hasta 0.09 m, con longitudes de hasta 1 m, actualmente la vivienda se encuentra deshabitada por un tema de seguridad; esta se encuentra entre las coordenadas UTM 8973190 N, 204696 E con una altitud de 2829 m s.n.m (figura 16).



Figura 14. Agrietamientos longitudinales identificados en el cuerpo del deslizamiento, los mismos que llegan a tener longitudes de hasta 1 m, con aberturas de 0.02 a 0.18 m.



Figura 15. Vista donde se observa árboles inclinados, se ubican en la parte baja de la trocha carrozable de acceso C.P. Puna hacia C.P. Maya.



Figura 16. Vivienda de adobe, con agrietamientos longitudinales, con aberturas de hasta 0.12 cm; actualmente la vivienda se encuentra deshabitada.

Es importante mencionar que por el cuerpo del deslizamiento discurre la tubería de agua potable, un tramo de 148 m, donde se observó filtraciones en algunos puntos, abarcando 3 m de afectación discontinua. Las filtraciones estarían contribuyendo a la saturación del suelo, debido a que no presenta una estructura especial donde recaiga la tubería. En varios puntos la tubería está asentada sobre rocas o sobre vegetación, así mismo esta propensa que los animales o las mismas personas tienda a romperla. (figura 17).



Figura 17. Se observa tubería de agua potable, que pasa por el cuerpo del deslizamiento, el cual presenta fugas en varios puntos, cabe mencionar que la tubería instalada se encuentra expuesta.

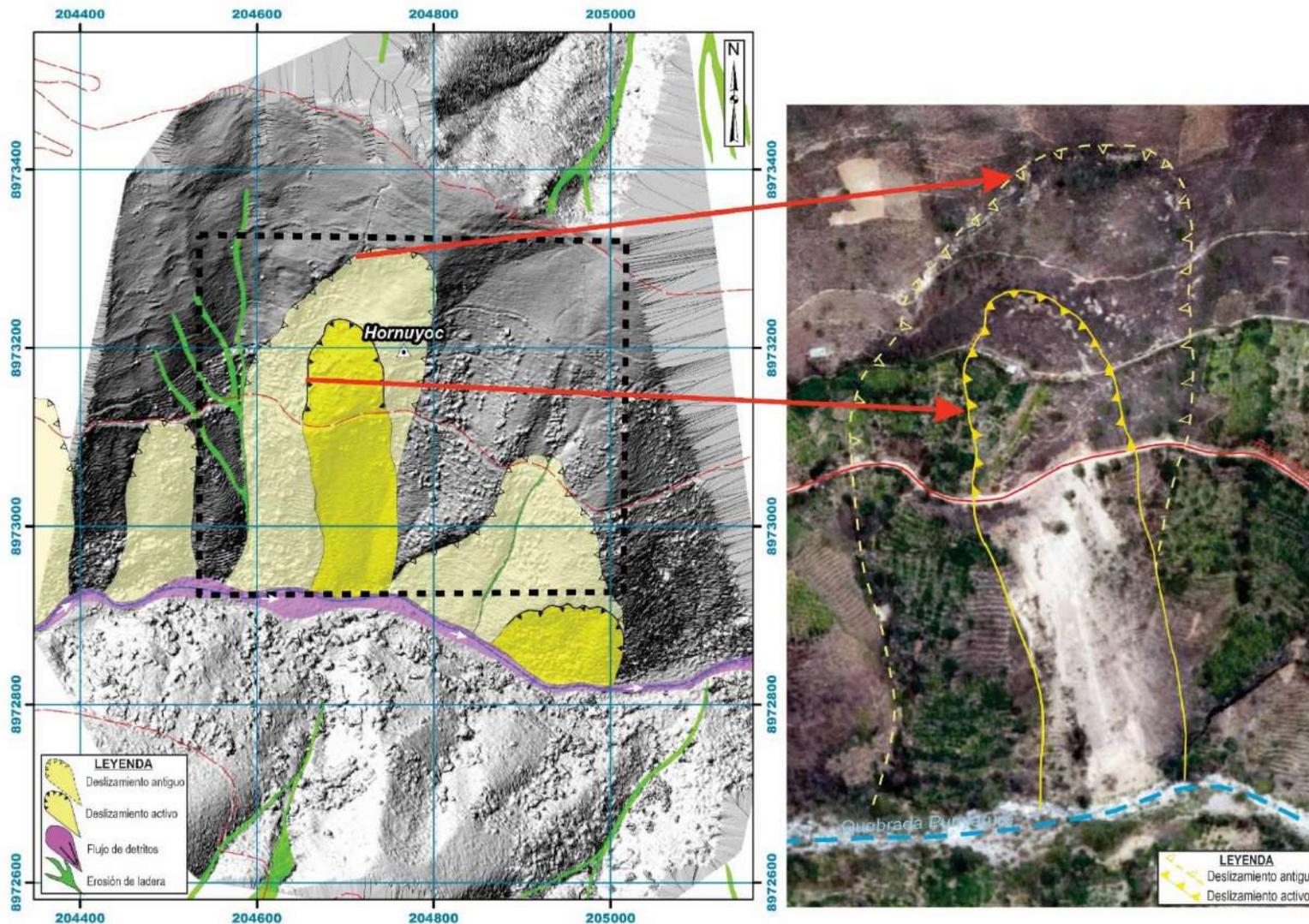


Figura 18. Cartografía de procesos geológicos en la localidad de Hornuyoc, donde se evidencia dos deslizamientos reactivados, ubicados en la margen izquierda de la quebrada Punyarure, que afecta directamente la trocha carrozable.

4.2.2. Factores condicionantes

Factor litológico-estructural

- Substrato rocoso compuesto por afloramientos de areniscas de coloración gris, en algunos puntos se observa intercalación de areniscas con lutitas. Se encuentran moderadamente meteorizadas (A3), es decir menos de la mitad del material rocoso está descompuesto o desintegrado; medianamente fracturadas (F3); con espaciamientos entre (1.0 - 0.30); así como lutitas muy fracturadas (F4), lo que permite mayor infiltración y retención de agua de las lluvias en el terreno, lo cual podría generar la inestabilidad de ladera.
- Suelos inconsolidados (depósitos coluvio-deluviales), ocupando las laderas de las localidades de Hornuyoc y Shauri del centro poblado de Maya, compuestos principalmente por fragmentos líticos de limoarcillitas, areniscas y lutitas con diámetros que varían de 0.035 a 0.09 m, angulosos a subangulosos envueltos en una matriz de limos y arcillas, producto de la meteorización de rocas sedimentarias y removidos por el deslizamiento, derrumbe y flujo.

Factor geomorfológico

- Presencia de montañas en rocas sedimentarias, cuyas laderas presentan pendientes moderada (15°) a muy escarpado (>45°); lo que 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.

Factor hidrogeológico

- Presencia de aguas subterráneas, que se encuentra bajo la superficie de la tierra ocupando el espacio entre las partículas del suelo o entre las superficies rocosas, ubicada en el cuerpo de deslizamiento reactivado.

4.2.3. Factores detonantes o desencadenantes

PRECIPITACIONES: Intensas precipitaciones pluviales y/o excepcionales, principalmente entre los meses de diciembre a abril, del periodo 2017-2022 fue de un máximo 22.6 mm.

SISMOS: 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.

4.2.4. Factores antrópicos

- Fugas de agua en varios puntos de la tubería de agua potable; por el mal mantenimiento de las tuberías que discurren por el cuerpo del deslizamiento, lo que contribuiría a la saturación de suelo.
- Corte de talud para el mantenimiento de la trocha carrozable Maya – Punya (según información de los pobladores).

4.2.5. Daños por peligros geológicos

- Afectó 92 m de la trocha carrozable que permite el acceso de Punya hacia Maya, en temporadas de lluvia.
- Afectó una vivienda de adobe ubicada debajo del escarpe principal.
- Afectó 3 m de tuberías de agua potable.
- Colapso y generó la inclinación de algunos árboles ubicados en medio del cuerpo del deslizamiento.
- Afectó 0.8 ha. de terreno de cultivo.

Análisis del perfil del deslizamiento

Con el MDT (Modelo Digital del Terreno) de resolución 0.15 m/px, obtenido mediante levantamiento fotogramétrico aéreo con dron, en la localidad de Hornuyoc, se ha realizado un perfil transversal (figura 19), sobre el cual se realiza un análisis del relieve del terreno antiguo (2019) con el relieve post evento (2022), destacado las siguientes características:

En el perfil A-A' muestra el cuerpo de un deslizamiento reactivado generado a partir de un deslizamiento antiguo, el cual se originó sobre depósitos coluviodeluviales. El estado del movimiento es activo caracterizado por un desnivel entre escarpa y pie de aproximadamente 312 m.

Se identificó la escarpa principal del deslizamiento antiguo en la cota de 2890 m s.n.m. y ya en los 2800 m s.n.m. se encuentra la escarpa del deslizamiento reactivado generando el desplazamiento de material hasta la quebrada Punyarure a los 2618 m.

El factor detonante fue la lluvia y el agua que se infiltró de la parte superior del área inestable. Como evidencia de ello se observó surgencias de agua en el cuerpo y pie del deslizamiento.

El agua al infiltrarse sobre el material inestable, modificó sus propiedades físicas, dando como consecuencia la pérdida de cohesión, que aumentado con la pendiente del terreno moderada (5° a 15°) a muy fuerte (25° a 45°), determinó que la masa inestable se deslizara cuesta abajo.

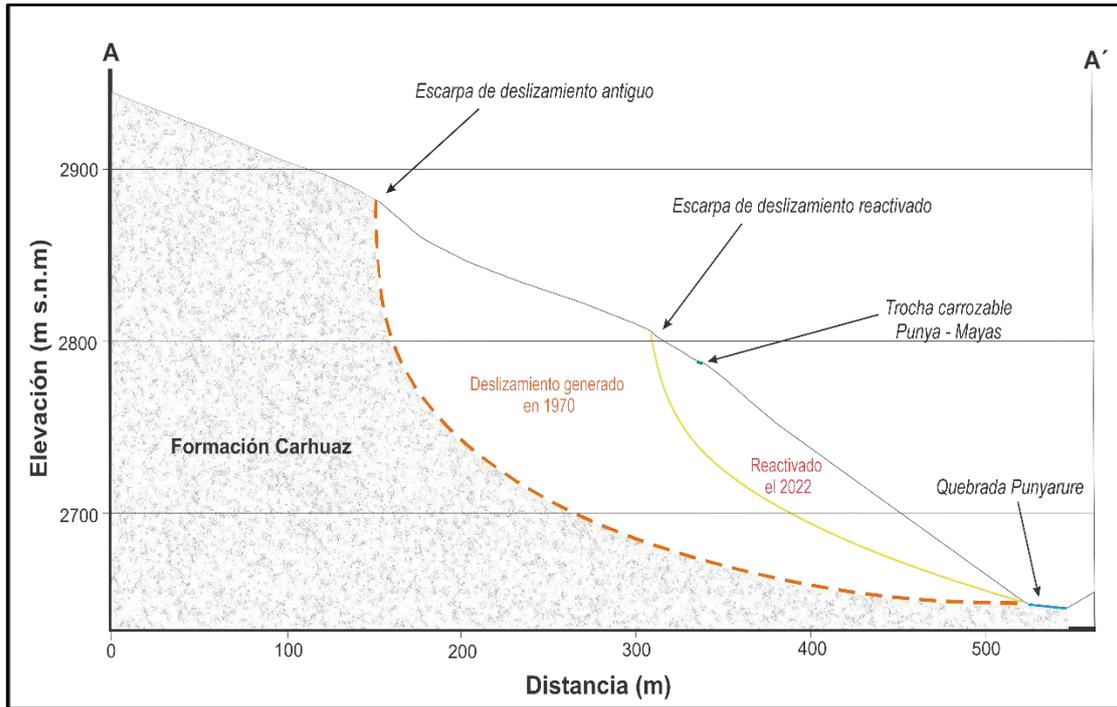


Figura 19. Esquema de sección del deslizamiento de la localidad de Hornuyoc.

4.3. Reactivación del deslizamiento en la localidad de Shauri.

Según información de los pobladores del sector, en mayo del año 2009 el deslizamiento se inició como proceso de erosión de ladera (cárcava), en mayo del 2016 se dio lugar a la ocurrencia del deslizamiento rotacional, en parte de la localidad Shauri, ubicado a 550 m de la plaza del centro poblado de Maya. (figura 20)

En el cuerpo del deslizamiento rotacional ubicado entre las coordenadas UTM 8972061 N, 206706 E, a una altitud de 3096 m s.n.m. (figura 21), generó un flujo de detritos (huaico), de suceder otro evento de mayor dimensión podría afectar viviendas y terrenos de cultivos de ubicadas en la margen izquierda de la torrentera.

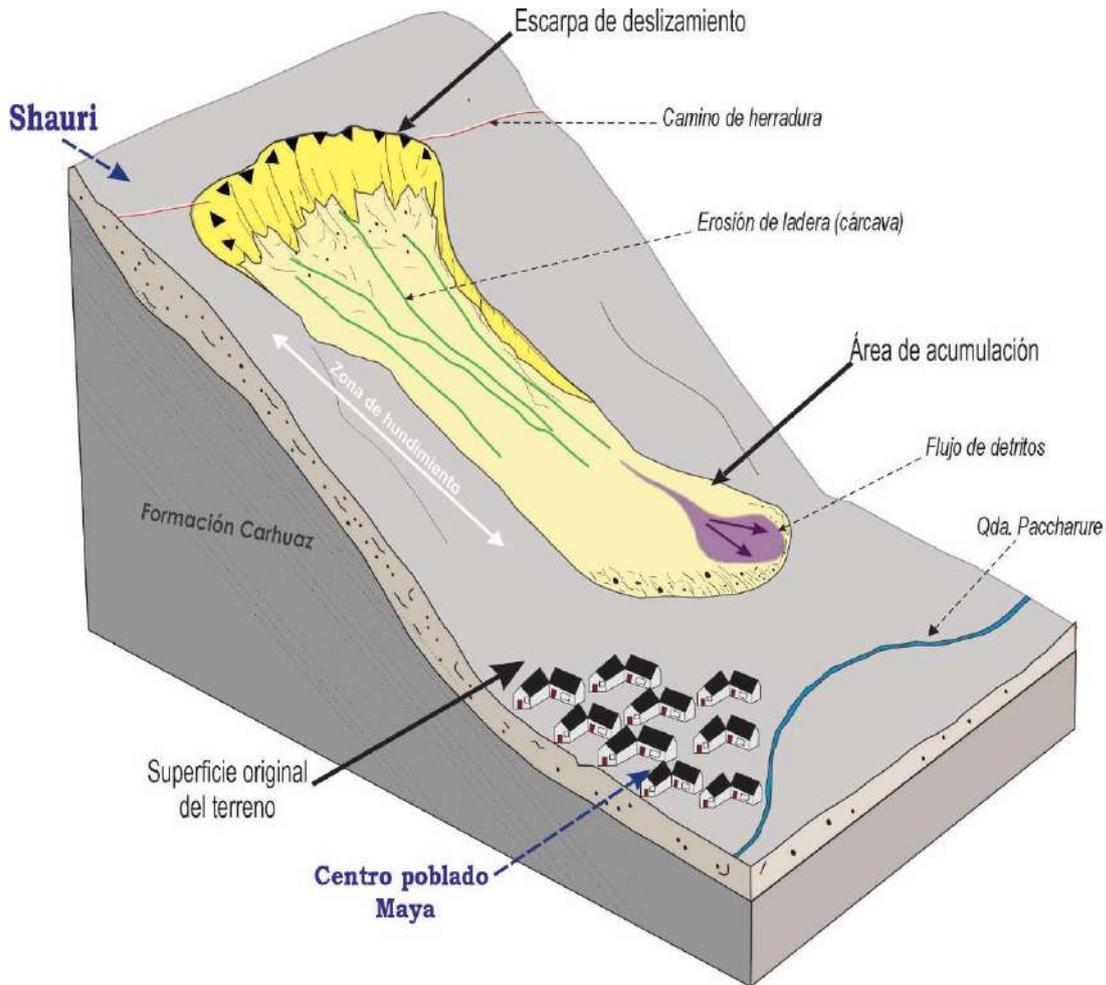


Figura 20. Esquema que grafica el deslizamiento rotacional de la localidad de Shauri, del centro poblado de Maya. Fuente: Elaboración propia.

4.3.1. Características visuales del evento

El deslizamiento reactivado en la localidad de Shauri, presenta las siguientes características:

- Estado de la actividad del movimiento: Reactivado - Activo
- Deslizamiento de tipo: Rotacional
- Forma de la escarpa principal: Elongada.
- Superficie de rotura: Circular y alargada.
- Longitud de la escarpa: 204 m.
- Desnivel entre escarpa y pie: 336 m.
- Se identificaron agrietamientos longitudinales de 0.02 a 0.18 m, con dirección este – oeste, dentro del cuerpo del deslizamiento.
- Salto de escarpa principal: 30 m.
- Tipo de avance: Progresivo (por las grietas encontradas en el cuerpo del deslizamiento reactivado).

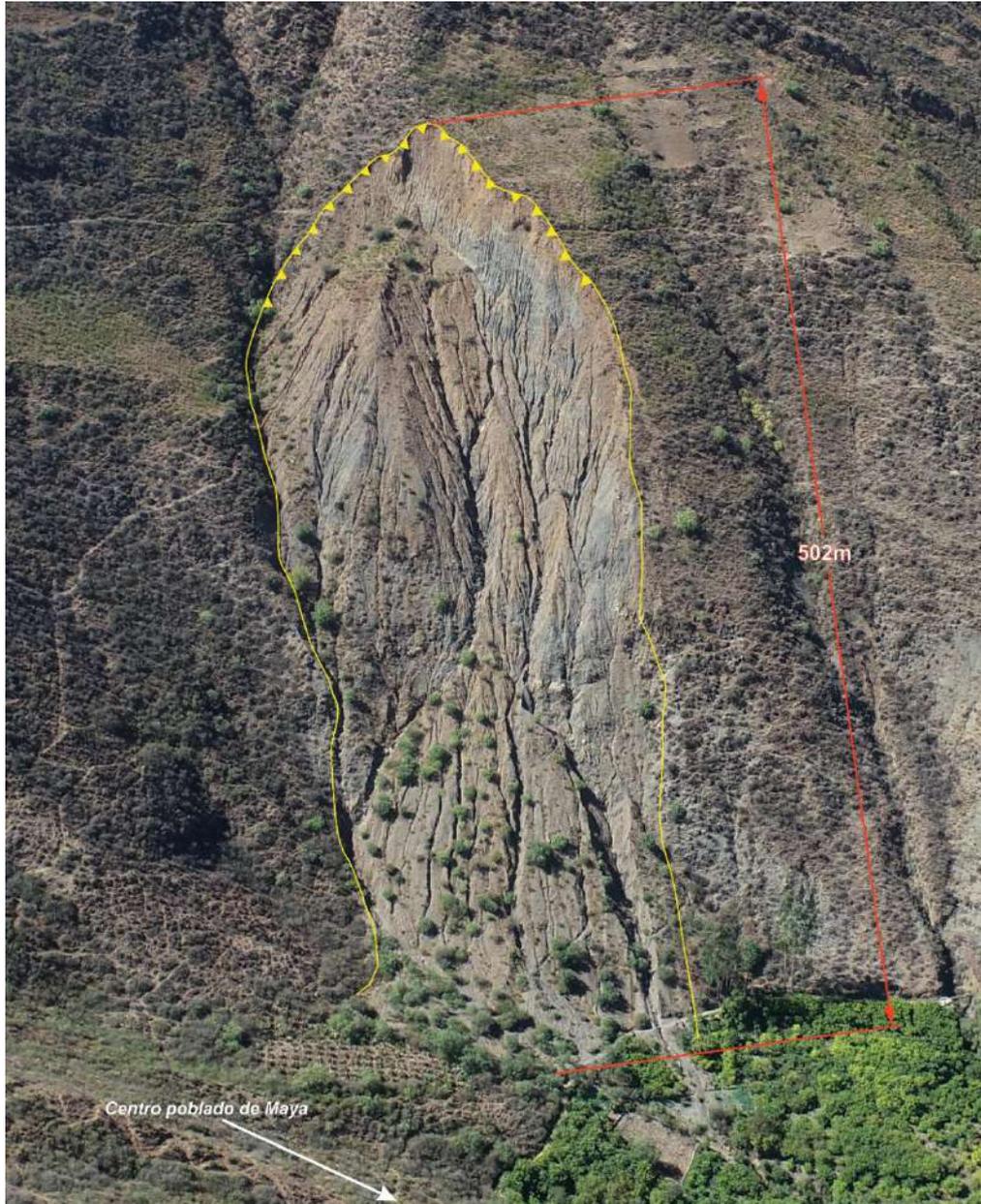


Figura 21. Vista panorámica, donde se puede apreciar la reactivación del deslizamiento con línea de color amarillo intenso. Ubicado en la margen derecha de la quebrada Paccharure.

Este deslizamiento generó afectaciones en dos tramos del camino de herradura, en las coordenadas UTM 8972098 N, 206643E y 8972333 N, 206565 E, el primero en 87 m y el segundo ubicado (pie del deslizamiento) en 68 m (actualmente habilitado); también generó el colapso de algunos árboles. Podría generar afectación de dos tramos del canal de riego Chaucruri, en 150 m (actualmente revestido con concreto); así como camino de herradura en 87 m.

En la figura 22, se tienen imágenes satelitales del Google Earth del deslizamiento de la localidad de Shauri, se hace un análisis multitemporal, donde se aprecia que el evento se inició en mayo del 2009 como un proceso de erosión de ladera (cárcava), en mayo del 2016 ya se aprecia como deslizamiento rotacional, el cual destruyó el camino de herradura en un tramo de 87 m, este se ubica a 32 m de la escarpa.

En la imagen de noviembre del 2020, se parecía un carcavamiento, dentro del cuerpo del deslizamiento que generó un flujo (coordenadas UTM 8972315 N, 206551 E, cota 2885 m s.n.m.). También se identificó un derrumbe en la margen izquierda del deslizamiento.

En el año 2022, dentro cuerpo del deslizamiento se generó un flujo (coordenadas UTM 8972304 N, 206556 E cota 2888 m s.n.m. que llego a afectar el canal de riego, así como un tramo de camino de herradura, y algunos cultivos ubicados al pie del deslizamiento (imagen captada con dron).

Cabe mencionar que en el cuerpo del deslizamiento se generó un flujo, su longitud desde el ápice hasta el pie es 98 m, el cual se detalla en la Tabla 4. Este flujo generó afectación del canal de riego en 36 m; así como algunos arbustos; así como a que se encuentran en el cuerpo del flujo (figura 23).

Tabla 4. Coordenadas del flujo

COORDENADAS UTM-WGS84			
	NORTE	ESTE	Cota (m s.n.m)
Ápice	8972189	206626	2986
Pie del flujo	8972331	206568	2887



Figura 22. Análisis multitemporal que muestra la evolución del deslizamiento de la localidad de Shauri, usando imágenes de la plataforma de Google Earth e imágenes tomadas del dron tomadas el 2022.

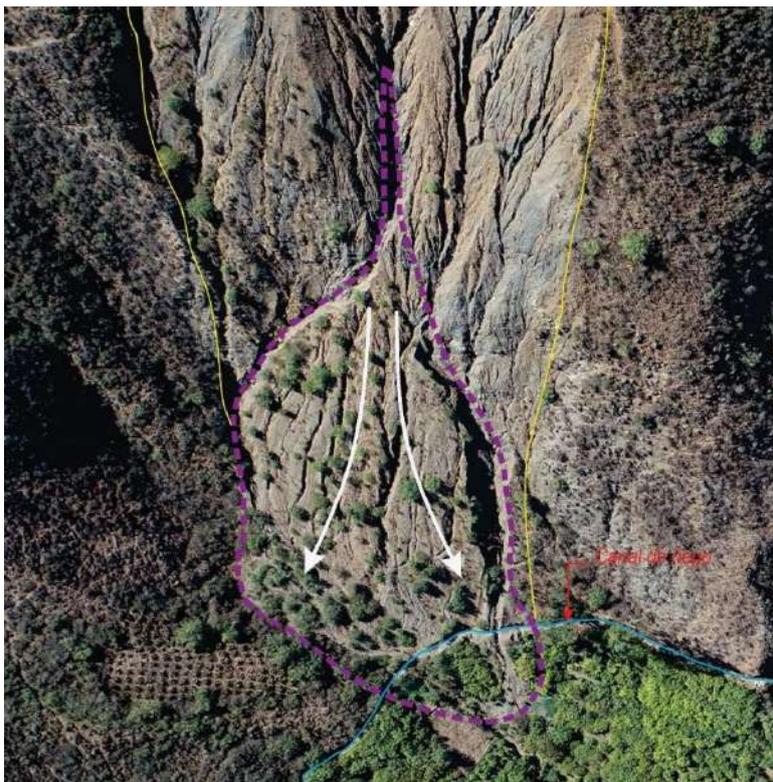


Figura 23. Vista panorámica del flujo, ubicado en la parte baja del deslizamiento, delimitado con líneas entrecortada de color morada. Ubicado 510 m al este, desde la municipalidad de Maya; el cual afectó temporalmente el canal de riego, actualmente dicho canal se encuentra en funcionamiento.

Se observó agrietamientos transversales ubicados al noroeste del deslizamiento, con espaciamientos que van de 0.05 m a 0.45 m con longitudes de hasta 20 m y profundidades visibles de hasta 0.40 m (figura 24); las mismas que van en dirección suroeste.



Figura 24. Vista de agrietamientos transversales identificados al noroeste del deslizamiento entre las coordenadas UTM 8972741 N, 206510 E, con una altura de 2879 m s.n.m. las mismas que llegan a tener longitudes de hasta 20 m, con aberturas entre 0.05 m a 0.45 m y profundidades visibles de hasta 0.40 m.

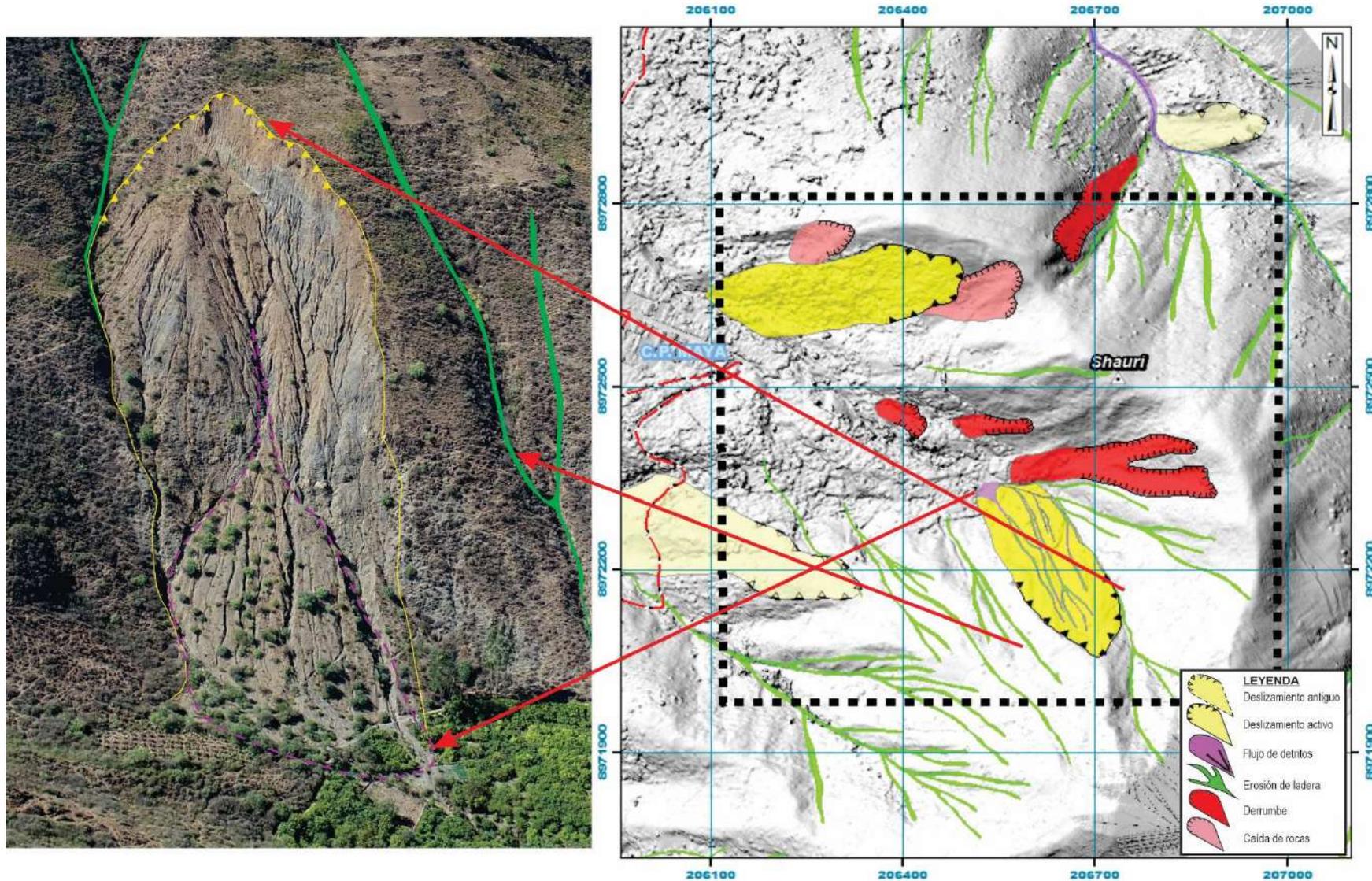


Figura 25. Cartografía de procesos geológicos en la localidad de Shauri, se evidencia la reactivación del deslizamiento, ubicados a 440 m aprox., que afectó el canal de riego; cabe mencionar que se generó un pequeño flujo en el cuerpo del deslizamiento. así como proceso de erosión de ladera en ambas márgenes del deslizamiento.

4.3.2. Factores condicionantes

Factor litológico-estructural

- Substrato rocoso compuesto afloramientos de areniscas de coloración gris, en algunos puntos se observa intercalación de areniscas con lutitas estas rocas se encuentran moderadamente meteorizadas (A3), es decir menos de la mitad del material rocoso está descompuesto o desintegrado; medianamente fracturas (F3); con espaciamientos entre (1.0 - 0.30): así como lutitas muy fracturas (F4), lo que permite mayor infiltración y retención de agua de las lluvias en el terreno, lo cual podría generar la inestabilidad de ladera.
- Suelos inconsolidados (depósitos coluvio-deluviales), desarrollada en las laderas de las localidades de Hornuyoc y Shauri del centro poblado de Maya, compuestos principalmente por fragmentos líticos de limoarcillitas, areniscas y lutitas con diámetros que varían de 0.035 a 0.09 m, angulosos a subangulosos envueltos en una matriz de limos y arcillas, producto de la meteorización de rocas sedimentarias y removidos por el deslizamiento, derrumbe y flujo.

Factor geomorfológico

- Presencia de montañas en rocas sedimentarias, cuyas laderas presentan pendientes moderada (15°) a muy escarpado (>45°); lo que 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.

Factor hidrogeológico

- Presencia de aguas subterráneas, que se encuentra bajo la superficie de la tierra ocupando el espacio entre las partículas del suelo o entre las superficies rocosas, ubicada en el cuerpo de deslizamiento reactivado.

4.3.3. Factores detonantes o desencadenantes

- PRECIPITACIONES: Intensas precipitaciones pluviales y/o excepcionales, principalmente entre los meses de diciembre a abril, del periodo 2017-2022 fue de un máximo 22.6 mm.
- SISMOS: 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.

4.3.4. Factores antrópicos

- Fuga de agua en varios puntos de la tubería de agua potable; por el mal mantenimiento de las tuberías que discurren por el cuerpo del deslizamiento, lo que contribuiría a la saturación de suelo.
- Corte de talud para el mantenimiento de la trocha carrozable Maya – Punya (según información de los pobladores).

4.3.5. Daños por peligros geológicos

- Generó afectaciones en dos tramos del camino de herradura; el primero 87 m y el segundo 68 m.
- Podría afectar 150 m de dos tramos del canal de riego Chaucruri.
- Podría afectar, 87 m del camino de herradura.
- Afectó algunos árboles (generando la inclinación de las mismas)
- Afectaciones en los cultivos
- Afectó casi 2 ha de terreno de cultivo.

Análisis del perfil del deslizamiento

Con el MDT (Modelo Digital del Terreno) de resolución 0.15 m/px, obtenido mediante levantamiento fotogramétrico aéreo con dron, en la localidad de Shauri, se ha realizado un perfil transversal (figura 19), sobre el cual se realiza un análisis del relieve del terreno antiguo (2019) con el relieve post evento (2022), destacado las siguientes características:

En el perfil B-B' muestra reactivación del deslizamiento, el cual se originó sobre depósitos coluvio-deluviales. El estado del movimiento es activo, caracterizado por un desnivel entre escarpa y pie de 336 m. A los 3080 m el deslizamiento afectó el camino de herradura en un tramo de 87 m, condicionado principalmente por el cambio de pendiente (figura 26)

En la cota de 3100 m s.n.m. se identificó la escarpa del deslizamiento. En los 2850 m s.n.m. en el cuerpo del deslizamiento (parte central) se tiene el inicio de un proceso de carcavamiento que generó un flujo, afectando terrenos de cultivos y obstruyendo el canal de riego.

El factor detonante fue las lluvias, así como la infiltración de agua proveniente del riego de cultivos; que genera que parte de la ladera se inestabilice; el efecto del agua infiltrada se combinó desfavorablemente con las propiedades físico-mecánicas de los materiales cuaternarios (de naturaleza poco consolidado) y la pendiente de la ladera que en este caso se encuentra de moderada (5° a 15°) a muy fuerte (25° a 45°).

Se evidencio la presencia de grietas en la margen derecha del deslizamiento; los cuales son indicativos que el proceso de movimiento en masa aún se encuentra activo, con actividad retrogresiva hacia el sur.

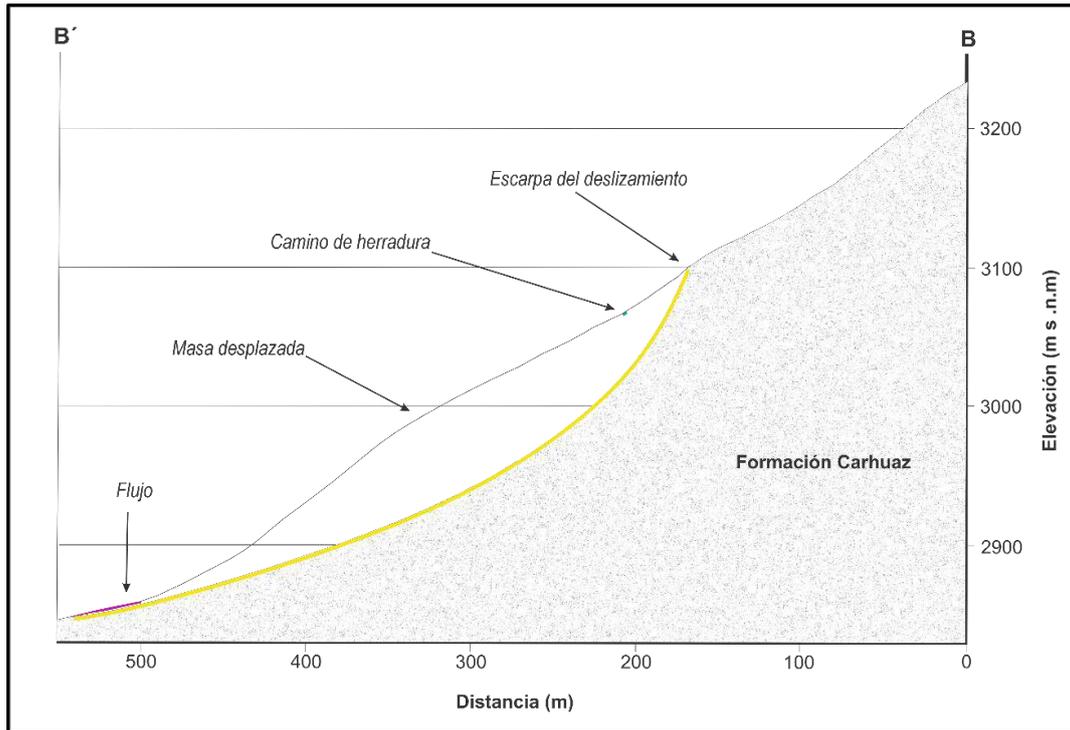


Figura 26. Esquema de sección del deslizamiento de la localidad de Shauri.

5. CONCLUSIONES

Localidad de Hornuyoc

- 1) El deslizamiento rotacional de Hornuyoc, se reactivó en marzo del 2022. Presenta un escarpe con longitud de 238 m, saltos de 0.80 – 2.5 m y un desplazamiento vertical hacia el sureste; desnivel entre escarpa y pie de 336 m.
- 2) Se identificaron agrietamientos transversales con aberturas que varían entre 0.02 a 0.18 m, de longitudes de hasta 1 m, y con profundidades visibles de hasta 0.06 m; los cuales que se encuentran en dirección este–oeste, dentro del cuerpo del deslizamiento.
- 3) El deslizamiento afectó: trocha carrozable Puna a Maya en 92 m, una vivienda de adobe ubicada metros debajo de la escarpa, 3 m de tuberías de agua potable, 0.001 156417 He. de terrenos de cultivo y también se apreció árboles inclinado y caídos.
- 4) La ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa en la zona evaluada está condicionada por los siguientes factores:
 - Substrato rocoso compuesto de areniscas e intercalaciones de areniscas con lutitas, las cuales se encuentran moderadamente meteorizadas (mitad del material rocoso está descompuesto o desintegrado); medianamente fracturado; con espaciamientos entre (1.0 - 0.30), así como lutitas muy fracturas, originando saturación de suelo, lo que está generando inestabilidad en la ladera.
 - Presencia de suelos inconsolidados (coluvio-deluvial), adosados a laderas de montañas sedimentarias.
 - Laderas con pendientes que van desde moderadas (5° a 15°) a muy escarpado (>45°).
- 5) El factor desencadenante para la ocurrencia de deslizamientos en la localidad de Hornuyoc, fueron las lluvias intensas y/o excepcionales registradas en los meses de diciembre a abril (umbrales de 22.6 mm por día). También se pueden activar por sismos.
- 6) La infiltración de agua proveniente de las tuberías de agua, están ayudando a saturar el terreno, lo que está creando inestabilidad.
- 7) Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, la localidad de Hornuyoc se considera de **peligro Moderado** a la ocurrencia de deslizamientos, que pueden ser desencadenados en temporada de lluvias intensas.

Localidad de Shauri

- 1) El deslizamiento rotacional de la localidad de Shauri, se reactivó en mayo del 2022, presenta un escarpe con longitud de 204 m y saltos que van 0.80 – 2.5 m, el desnivel entre escarpa y pie es 312 m.
- 2) En el cuerpo del deslizamiento se identificaron agrietamientos longitudinales de hasta 20 m, y con apertura de 0.02 a 0.18 m, con dirección este – oeste, presenta un avance progresivo.

- 3) El evento generó afectaciones en dos tramos del camino de herradura; el primero 87 m y el segundo 68 m; podría afectar 150 m de dos tramos del canal de riego Chaucruri, 87 m del camino de herradura, afectó algunos árboles (generando la inclinación de las mismas). El flujo no se encuentra canalizado, el cual está generando afectaciones en los cultivos y 3.596.10, 17m² de terreno de cultivo.
- 4) La ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa en la zona evaluada está condicionada por los siguientes factores:
 - Substrato rocoso compuesto de areniscas e intercalaciones de areniscas con lutitas, que se encuentran moderadamente meteorizadas (menos de la mitad del material rocoso está descompuesto o desintegrado); medianamente fracturadas; con espaciamientos entre (1.0 - 0.30); así como lutitas muy fracturas, originando saturación de suelo, que está generando e inestabilidad en la ladera.
 - Presencia de suelos inconsolidados (coluvio-deluvial), adosados a laderas de montañas sedimentarias.
 - Laderas con pendientes que van de moderadas (5° a 15°) a muy escarpado (>45°).
- 5) El factor desencadenante para la ocurrencia de deslizamientos en la localidad de Hornuyoc, se les atribuye a las lluvias intensas y/o excepcionales registradas en los meses de diciembre a abril. La actividad sísmica también puede activar los deslizamientos.
- 6) El mal estado de canales, por donde se infiltra el agua, ayuda a saturar al terreno y por lo tanto incrementa la inestabilidad.
- 7) Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, la localidad de Shauri, está considerado como una **Zona Crítica** y de **Peligro Alto** a la ocurrencia de deslizamientos, que pueden ser desencadenados en temporada de lluvias intensas.

-

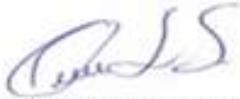
6. RECOMENDACIONES

Localidad de Hornuyoc

- 1) Considerar cambiar el trazo de carretera, trabajo que tiene que ser realizado por especialistas. Ver anexo 2: Medidas de mitigación para deslizamientos.
- 2) Realizar mantenimiento de las tuberías de agua potable, que cruzan por el cuerpo de deslizamiento con el fin de evitar fugas de agua. Con ello se evita incrementar la saturación del suelo.
- 3) Realizar charlas de sensibilización y concientización del peligro y riesgo al que se encuentran expuestos en la localidad de Hornuyoc y alrededores.
- 4) Realizar la captación y derivación de las aguas de manantiales que se encuentran en el cuerpo del deslizamiento; estas aguas deberán ser conducidas por medio de canales revestidos con tubería de PVC u otro tipo flexible, hacia cauces naturales, ubicados lejos de la zona inestable.

Localidad de Shauri

- 1) Considerar cambio de cultivos, que no utilicen el riego constante.
- 2) Reforestar con vegetación autóctona en la parte media y baja de la ladera, trabajo que tiene que ser realizado por técnicos especialistas.
- 3) Completar el revestimiento con tuberías de PVC o mangueras flexibles
- 4) Sellar las grietas ubicadas en la margen derecha del deslizamiento, con arcilla. Con ello se evita la saturación del suelo.
- 5) Restringir el acceso de las personas a la zona del deslizamiento, señalar con letreros de prevención.
- 6) Realizar charlas de sensibilización y concientización del peligro y riesgo al que se encuentran expuestos en la localidad de Shauri y alrededores.
- 7) Implementar un sistema de alerta temprana (SAT), para el monitoreo en temporadas de lluvias intensas y/o excepcionales para informar a la población involucrada, para que puedan realizar una evacuación de zonas que puedan resultar afectadas.
- 8) Construir zanjas de coronación por encima del escarpe principal, con el fin retener las aguas de escorrentía que provienen de la parte alta, así evitar que el terreno inestable incremente su saturación. Trabajo que tiene que ser realizado por especialistas. Ver anexo 2: Medidas de mitigación para deslizamientos.
- 9) Realizar la "Evaluación del Riesgo de Desastres Originados por Fenómenos Naturales (EVAR)", en las zonas afectadas y aledañas.

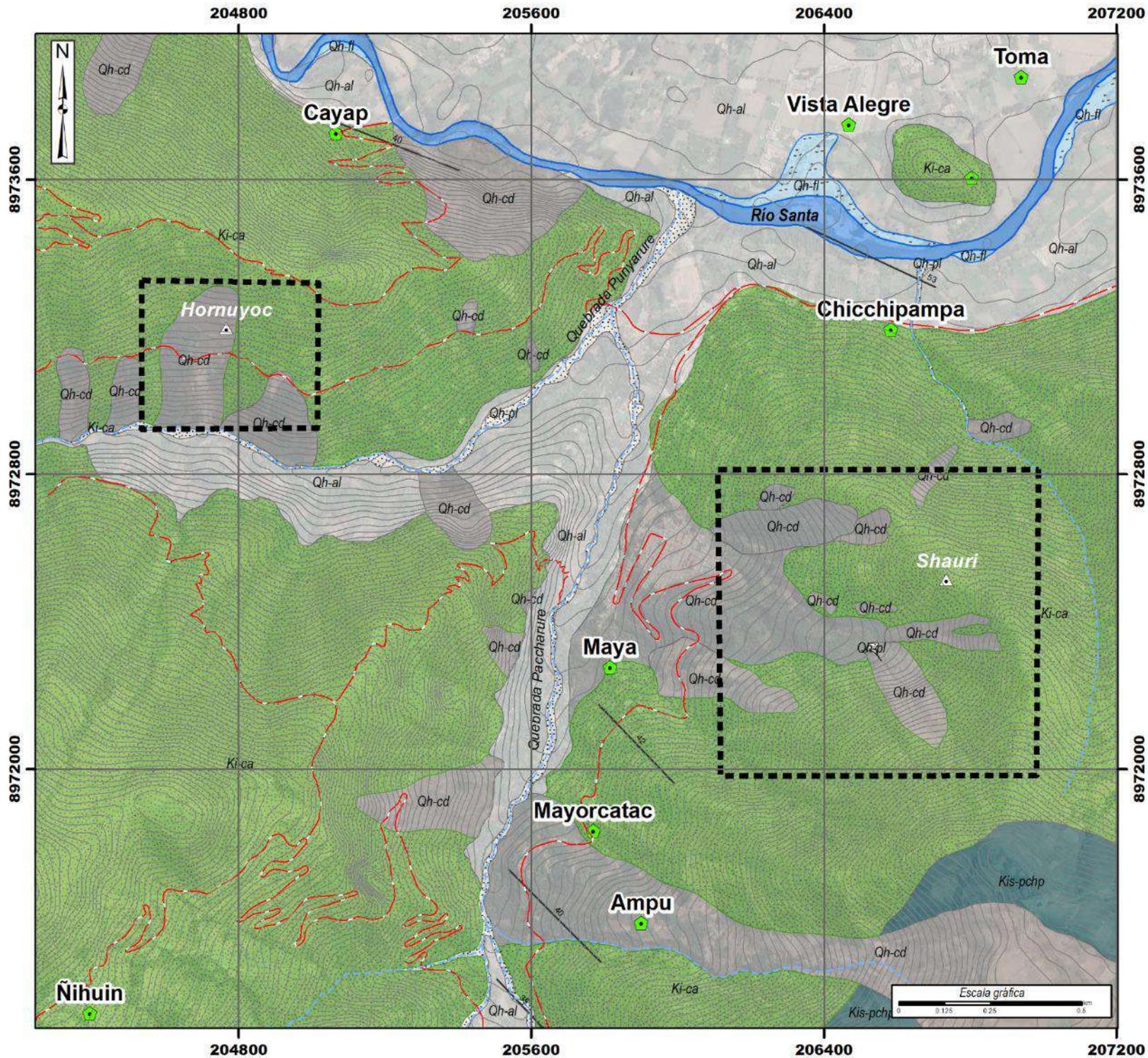

Ing. NORMA LUZ SOSA SENTICALA
Especialista en Peligros
Geológicos
INGEMMET


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

7. BIBLIOGRAFÍA

- Alva, J.; Meneses, J. & Guzmán, V. (1984) - Distribución de máximas intensidades sísmicas observadas en el Perú (en línea). Congreso Nacional de Ingeniería Civil, 5, Tacna, 11 p. (consulta: 5 noviembre 2017). Disponible en: http://www.jorgealvahurtado.com/files/redacis17_a.pdf
- De la Cruz, J.; Chacaltana, C. (2003), Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Carhuaz (19-h), escala 1:100 000, Ingemmet. 16 p
- Chira, J.; Guerra, K.; Rivera R. & Vargas, L. (2006) - Prospección geoquímica regional en las subcuencas de la vertiente del Pacífico, Paralelos 9°00' a 10°00'. Ingemmet. Boletín, Serie B: Geología Económica, 16, 108 p., 2 mapas.
- Fidel, L.; Zavala, B; Núñez, S. & Valenzuela, G. (2006) - Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja N° 4. INGEMMET, Ingemmet. Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 29, 376 p., 19 mapas. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/263>
- 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/Lib1_541/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. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2830>
- Perú. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2016) - Decreto supremo N° 003-2016-VIVIENDA: Decreto supremo que modifica la norma técnica E.030 “diseño sismoresistente” del reglamento nacional de edificaciones, aprobada por decreto supremo N° 011-2006-VIVIENDA, modificada con decreto supremo N° 002-2014-VIVIENDA. El Peruano, Separata especial, 24 enero 2016, 32 p.
- 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> .
- Wilson, J.; Reyes, R., (1995), Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari. Ingemmet, Boletín N° 60, Serie A, Carta Geológica Nacional, 79 p
- Zavala, B. Valderrama, P., Pari, W., Luque, G., & Barrantes, R. (2009), Riesgos Geológicos en la región Áncash, Ingemmet, Boletín N° 38, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica, 38 mapas, 280 p., 18 mapas. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/243>

ANEXO 1: MAPAS



LEYENDA

- Centro poblado
- Localidades
- Buzamiento
- Quebrada
- Curvas de nivel
- Via local
- Área de trabajo
- Río Santa

LEYENDA

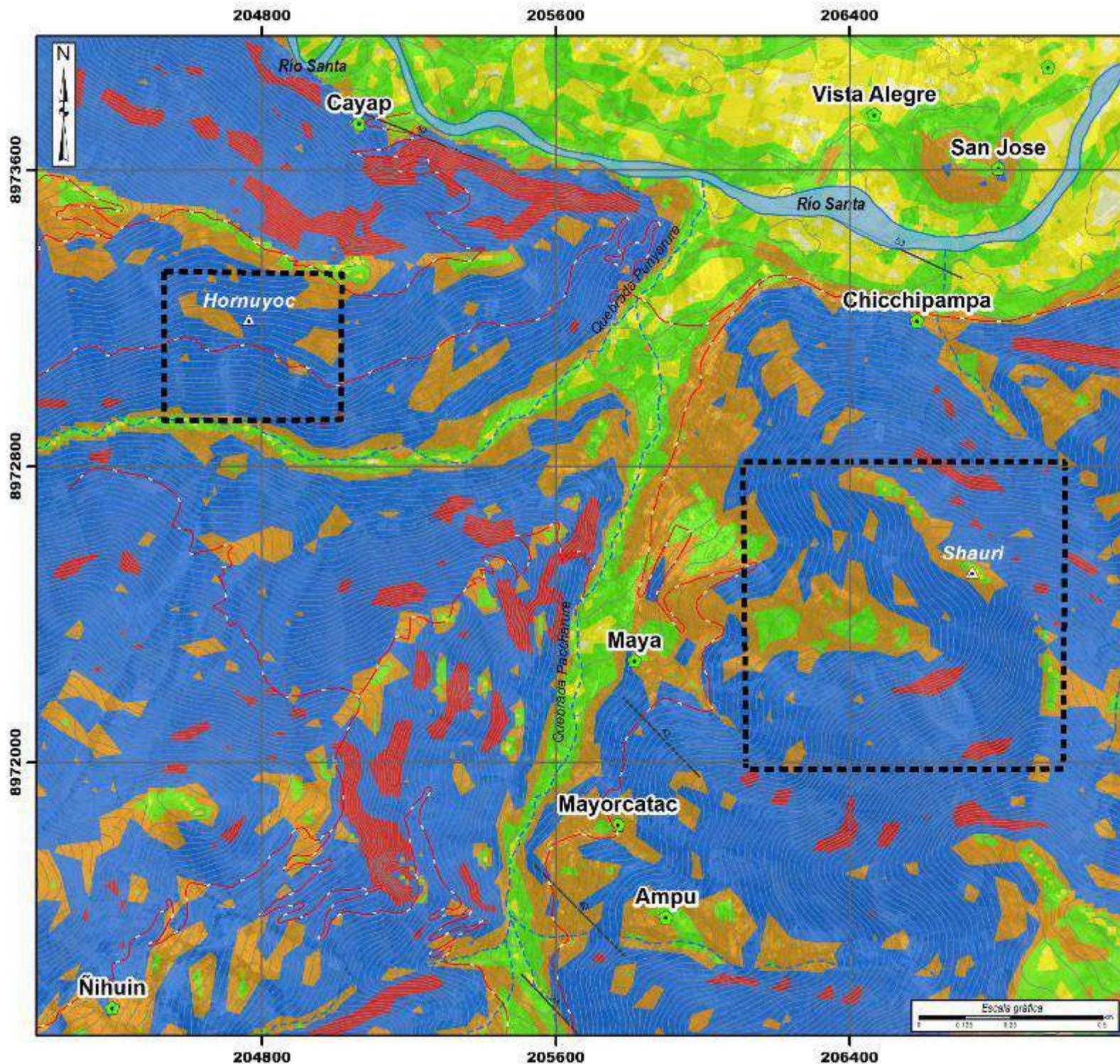
Era	Sistema	Unidades litoestratigráficas	
Cenozoico	Cuaternario	Qh-al	Depósito aluvial
		Qh-cd	Depósito coluvio-deluvial
		Qh-fl	Depósito fluvial
		Qh-pl	Depósito proluvial
Mesozoico	Paleogeno	Ki-ca	Formación Carhuaz
		Kis-pchp	Fms. Pariahuanca, chulec, Pariatambo

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLOGICO

DEPARTAMENTO: ANCASH
 PROVINCIA: CARHUAZ
 DISTRITO: CARHUAZ

GEOLOGÍA EN LAS LOCALIDADES DE HORNUYOC Y SHAURI

Escala: 1/14,000	Elaborado por: Sosa, N.	MAPA 01
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2022	Impreso: Enero, 2023	



LEYENDA

- Centro poblado
- Localidades
- Buzamiento
- Quebrada
- Curvas de nivel
- Via local
- Área de trabajo
- Río Santa

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

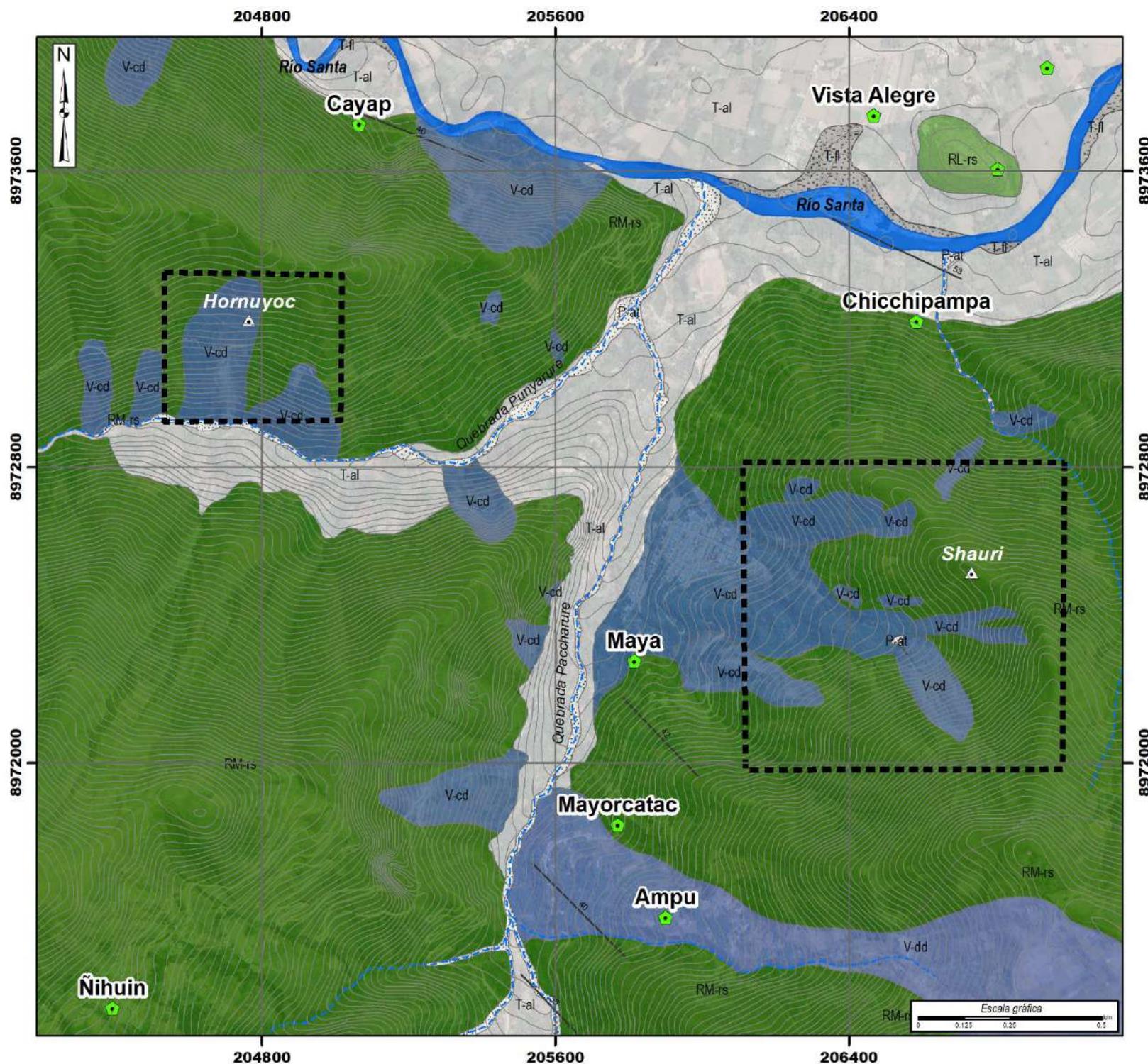
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

DEPARTAMENTO: ANCASH
 PROVINCIA: CARHUAZ
 DISTRITO: CARHUAZ

PENDIENTES DEL TERRENO EN LAS LOCALIDADES DE HORNUYOC Y SHAURI

Escala: 1/14,000	Elaborado por: Sosa, N.	MAPA 02
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2022	Impreso: Enero, 2023	



LEYENDA

- Centro poblado
- Localidades
- Buzamiento
- Quebrada
- Curvas de nivel
- Via local
- Área de trabajo
- Río Santa

LEYENDA

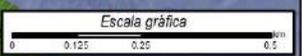
Código	Unidades geomorfológicas
	Montaña en roca sedimentaria
	Lomada en roca sedimentaria
	Vertiente coluvio-deluvial
	Vertiente con depósitos de deslizamiento
	Vertiente aluvio-torrencial
	Terraza aluvial
	Terraza fluvial

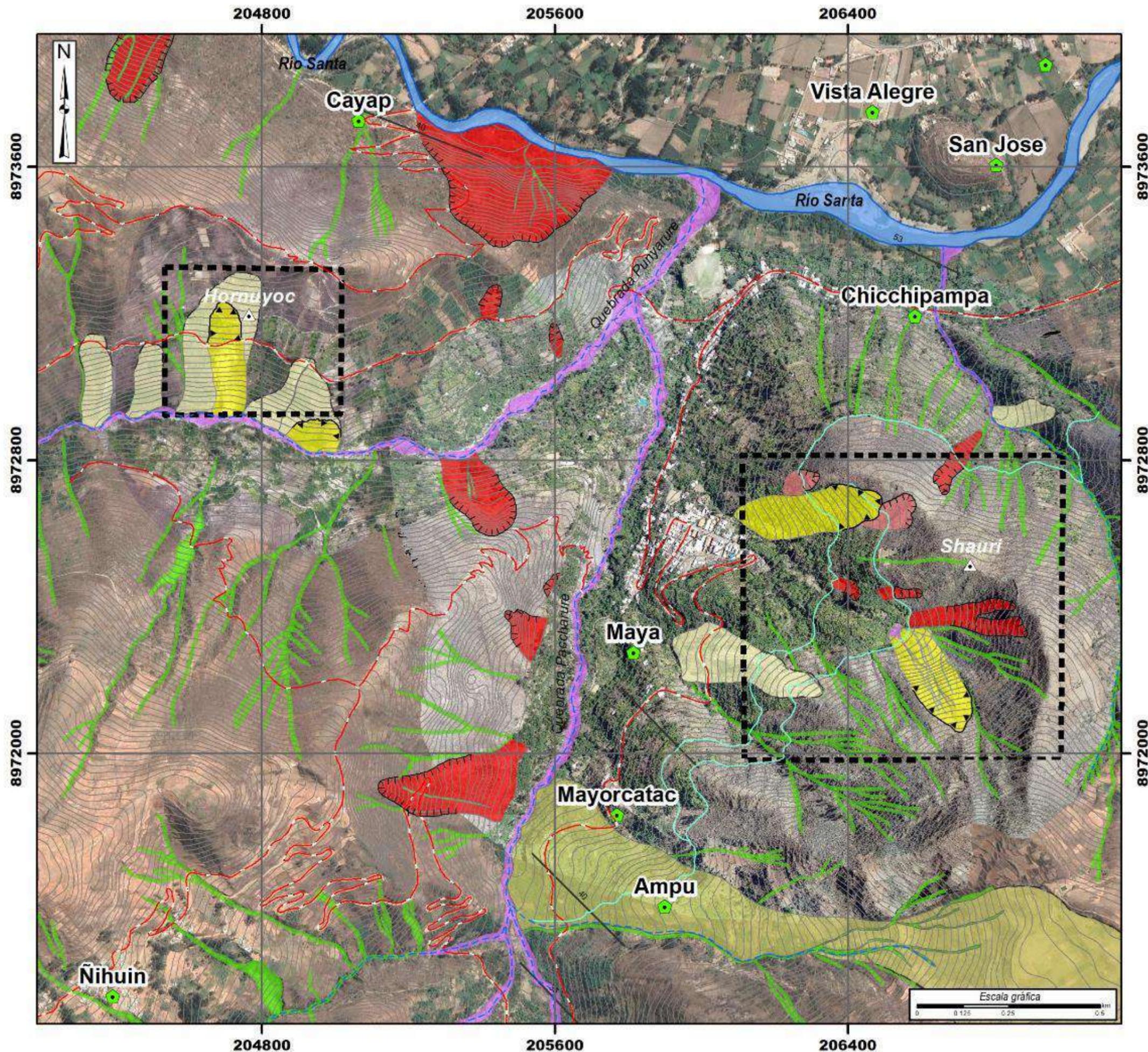
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

DEPARTAMENTO: ANCASH
 PROVINCIA: CARHUAZ
 DISTRITO: CARHUAZ

GEOMORFOLOGÍA EN LAS LOCALIDADES DE HORNUYOC Y SHAURI

Escala: 1/14,000	Elaborado por: Sosa, N.	MAPA 03
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2022	Impreso: Enero, 2023	





LEYENDA

- Centro poblado
- Localidades
- Buzamiento
- Quebrada
- Curvas de nivel
- Vía local
- Área de trabajo
- Río Santa
- Canal de riego

LEYENDA

- Caída de rocas
- Derrumbe
- Deslizamiento activo
- Deslizamiento antiguo
- Erosión de ladera
- Flujo de detritos
- Movimiento complejo

Trama

- Derrumbe
- Deslizamiento
- Deslizamiento antiguo

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

DEPARTAMENTO: ANCASH
 PROVINCIA: CARHUAZ
 DISTRITO: CARHUAZ

**CARTOGRAFÍA DE PELIGROS
 GEOLÓGICOS EN LAS LOCALIDADES
 DE HORNUYOC Y SHAURI**

Escala: 1/14,000	Elaborado por: Sosa, N.	MAPA 04
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2022	Impreso: Enero, 2023	

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)

Muros de gravedad. Son los muros más antiguos, conforman elementos pasivos en los que el peso propio es la acción estabilizadora fundamental (figuras 2 y 3). Se construyen de hormigón en masa, pero también existen de ladrillo o mampostería y se emplean para prevenir o detener deslizamientos de pequeño tamaño. Sus grandes ventajas son su facilidad constructiva y bajo costo.

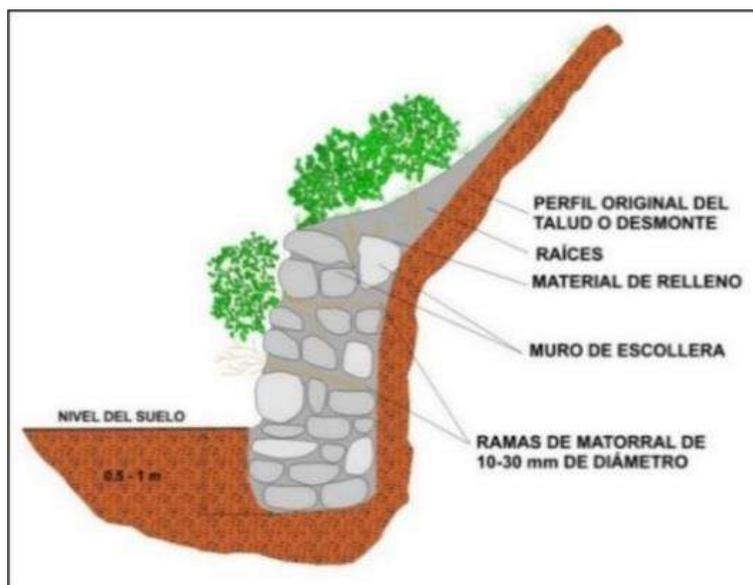


Figura 2. Muros de gravedad de piedra seca.
 Fuente: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, (2000)

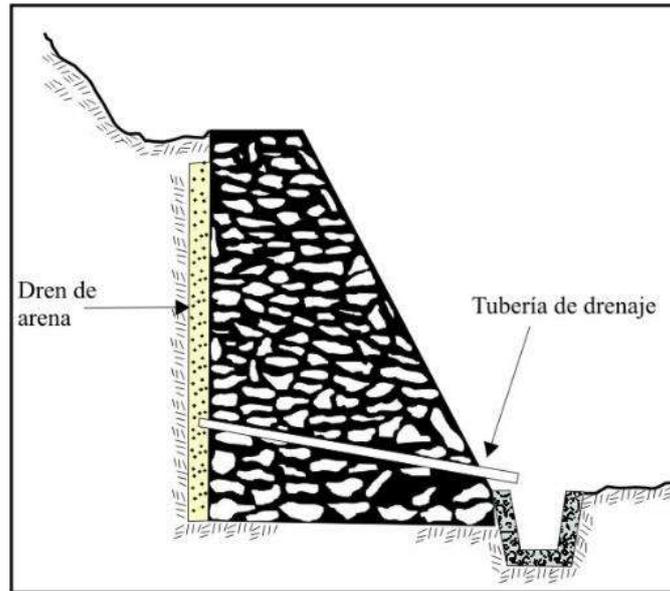


Figura 3. Muros de gravedad de piedra argamasada
 Fuente: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, (2000)

Muros de gaviones. Los gaviones son elementos con forma de prisma rectangular que consisten en un relleno granular constituido por fragmentos de roca no degradable (caliza, andesita, granitos, etc.), retenido por una malla de alambre metálico galvanizado (figura 4).

Los muros de gaviones trabajan fundamentalmente por gravedad. Generalmente se colocan en alturas bajas, aunque algunas veces se colocan en alturas medianas (hasta 25 m de alto y 10 m de ancho) y funcionan satisfactoriamente. La relación entre la altura del muro y el ancho de la base del mismo. Las ventajas que presenta son estas:

- Instalación rápida y sencilla.
- Estructuras flexibles que admiten asentamientos diferenciales del terreno.
- Sin problemas de drenaje ya que son muy permeables.
- Los empujes sobre el muro y su estabilidad al vuelco y deslizamiento se calculan de igual forma que en el caso de un muro de gravedad.

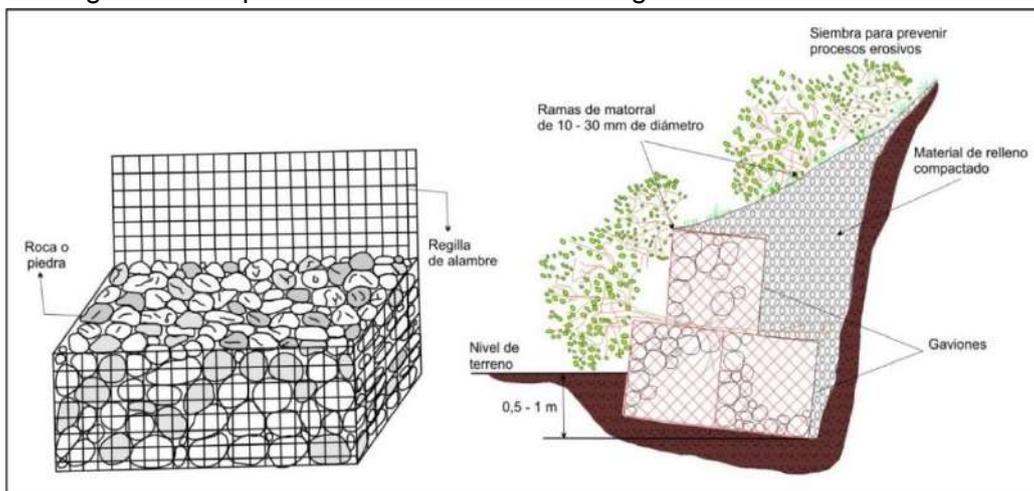


Figura 4. Muro de gavión.

Corrección por muros: se emplean frecuentemente como elementos resistentes en taludes. En ocasiones se emplean para estabilizar deslizamientos existentes o potenciales al introducir un elemento de contención al pie (figura 5). Esta forma de actuar puede tener varios inconvenientes. En primer lugar, la construcción del muro exige cierta excavación en el pie del talud, lo cual favorece la inestabilidad hasta que el muro esté completamente instalado. Por otra parte, el muro no puede ser capaz de evitar posibles deslizamientos por encima o por debajo del mismo

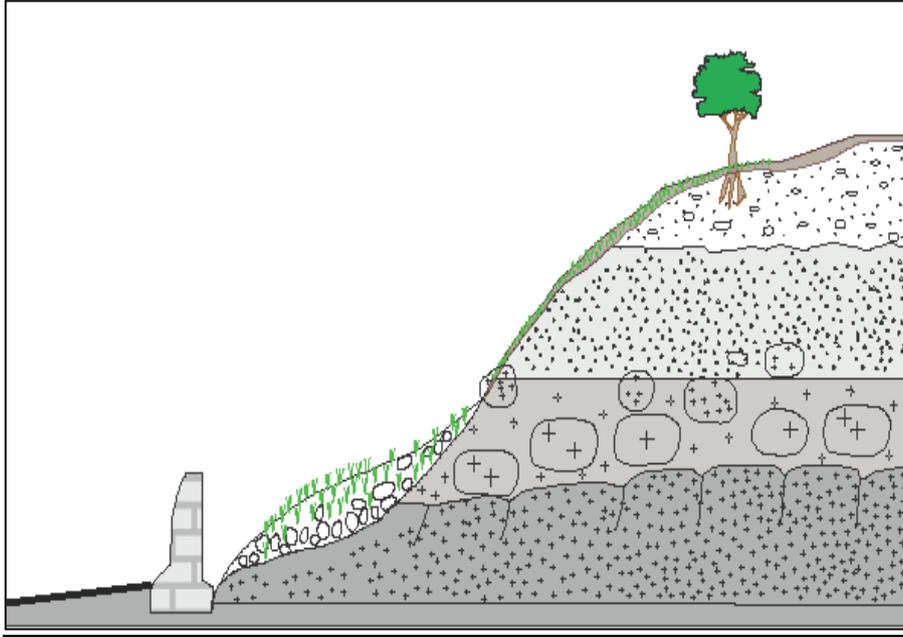


Figura 6. Esquema grafica relleno estabilizador sostenido por un muro.

Fuente: Elaboración propia.

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 1). 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 2). Se clasifican en los siguientes grupos:

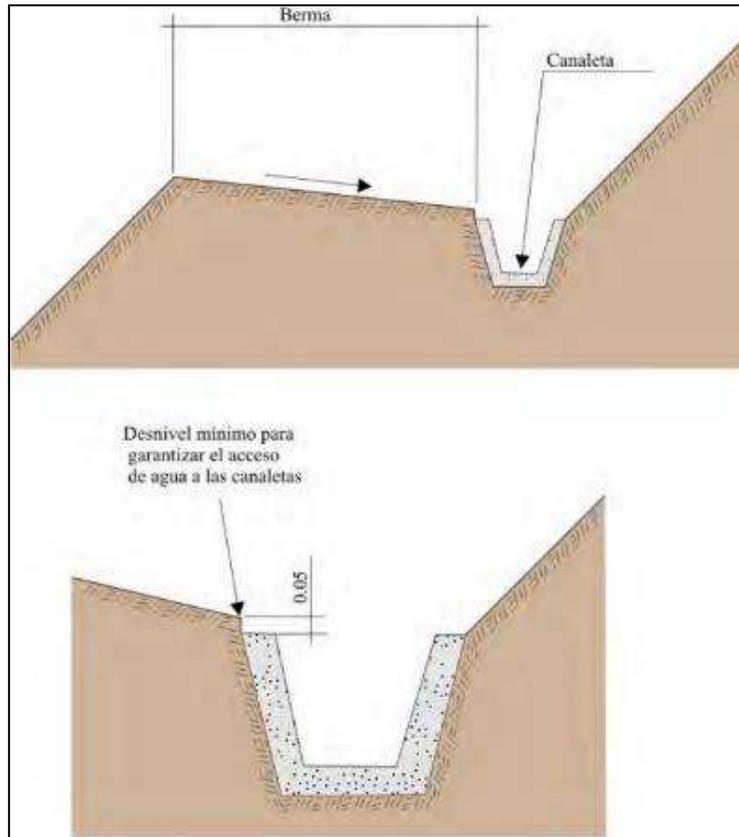


Figura 1. Detalle de una canaleta de drenaje superficial.
Fuente: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 2000.

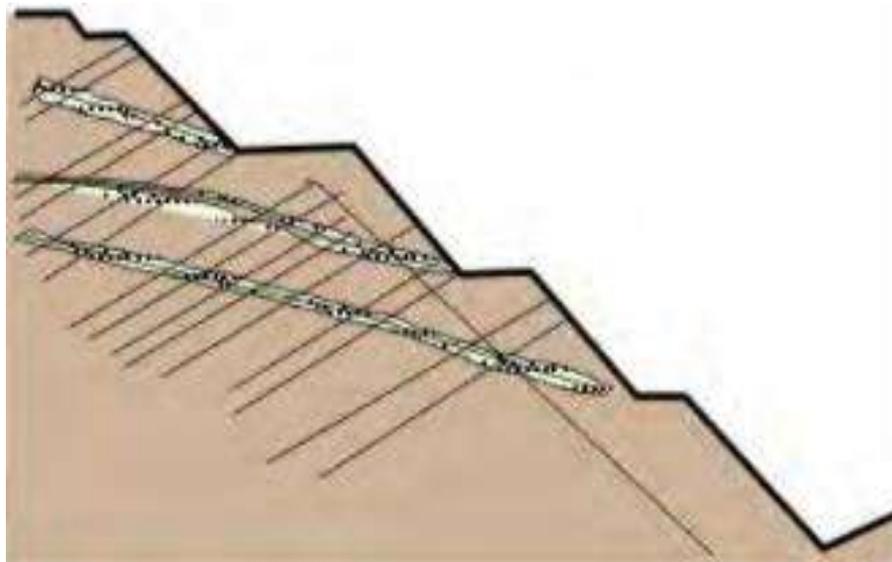


Figura 2. Esquema de drenaje de un talud por medio de drenes californianos
Fuente: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 2000.

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.

ANEXO 3: FORMATO DE DESCRIPCIÓN DE SUELOS SUPERFICIALES

DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES													
TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL	Eluvial		Lacustre	GRANULOMETRÍA (%)		FORMA	REDONDES		PLASTICIDAD				
	<input checked="" type="checkbox"/>	Deluvial		Marino	20	Bolos	<input checked="" type="checkbox"/>	Esférica		Redondeado	<input checked="" type="checkbox"/>	Alta plasticidad	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Coluvial		Eólico	10	Cantos		Discoidal	<input checked="" type="checkbox"/>	Subredondeado	<input checked="" type="checkbox"/>	Med. Plástico	
		Aluvial		Orgánico	20	Gravas		Laminar	<input checked="" type="checkbox"/>	Anguloso		Baja Plasticidad	
		Fluvial		Artificial		Gránulos		Cilíndrica	<input checked="" type="checkbox"/>	Subanguloso		No plástico	
		Proluvial		Litoral	25	Arenas		ESTRUCTURA		TEXTURA		CONTENIDO DE % LITOLOGÍA	
		Glaciar		Fluvio glacia	10	Limos		Masiva		Harinoso		Materia Orgánica	Intrusivos
				15	Arcillas		Estratificada		Arenoso		Carbonatos	Volcánicos	
							Lenticular		Aspero		Sulfatos	Matamórficos	
COMPACIDAD													
SUELOS FINOS			SUELOS GRUESOS			CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.							
Limos y Arcillas			Arenas			SUELOS GRUESOS			SUELOS FINOS				
<input checked="" type="checkbox"/>	Blanda		<input checked="" type="checkbox"/>	Suelta		GW		GC	<input checked="" type="checkbox"/>	ML		CH	
	Compacta	<input checked="" type="checkbox"/>	Densa	<input checked="" type="checkbox"/>	Med. Consolidada	<input checked="" type="checkbox"/>	GP		SW		CL	OH	
	Dura		Muy Densa		Consolidada		GM		SP		OL	PT	
					Muy Consolidada		SM		SC		MH		

DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES													
TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL	Eluvial		Lacustre	GRANULOMETRÍA (%)		FORMA	REDONDES		PLASTICIDAD				
		Deluvial		Marino	20	Bolos	<input checked="" type="checkbox"/>	Esférica	<input checked="" type="checkbox"/>	Redondeado		Alta plasticidad	
		Coluvial		Eólico	10	Cantos		Discoidal	<input checked="" type="checkbox"/>	Subredondeado		Med. Plástico	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Aluvial		Orgánico	20	Gravas		Laminar		Anguloso	<input checked="" type="checkbox"/>	Baja Plasticidad	
		Fluvial		Artificial	5	Gránulos		Cilíndrica		Subanguloso	<input checked="" type="checkbox"/>	No plástico	
		Proluvial		Litoral	25	Arenas		ESTRUCTURA		TEXTURA		CONTENIDO DE % LITOLOGÍA	
		Glaciar		Fluvio glacia	20	Limos		Masiva		Harinoso		Materia Orgánica	Intrusivos
				0	Arcillas		Estratificada	<input checked="" type="checkbox"/>	Arenoso		Carbonatos	Volcánicos	
							Lenticular	<input checked="" type="checkbox"/>	Aspero		Sulfatos	Matamórficos	
												<input checked="" type="checkbox"/> Sedimentarios	
COMPACIDAD													
SUELOS FINOS			SUELOS GRUESOS			CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.							
Limos y Arcillas			Arenas			SUELOS GRUESOS			SUELOS FINOS				
	Blanda	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelta	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelta	GW		GC		ML		CH	
<input checked="" type="checkbox"/>	Compacta		Densa		Med. Consolidada	<input checked="" type="checkbox"/>	GP		SW	<input checked="" type="checkbox"/>	CL	OH	
	Dura		Muy Densa		Consolidada		GM		SP		OL	PT	
					Muy Consolidada		SM		SC		MH		

DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES													
TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL	Eluvial		Lacustre	GRANULOMETRÍA (%)		FORMA	REDONDES		PLASTICIDAD				
		Deluvial		Marino	25	Bolos	<input checked="" type="checkbox"/>	Esférica		Redondeado		Alta plasticidad	
		Coluvial		Eólico	15	Cantos		Discoidal	<input checked="" type="checkbox"/>	Subredondeado	<input checked="" type="checkbox"/>	Med. Plástico	
		Aluvial		Orgánico	20	Gravas		Laminar		Anguloso		Baja Plasticidad	
		Fluvial		Artificial	5	Gránulos		Cilíndrica	<input checked="" type="checkbox"/>	Subanguloso		No plástico	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Proluvial		Litoral	10	Arenas		ESTRUCTURA		TEXTURA		CONTENIDO DE % LITOLOGÍA	
		Glaciar		Fluvio glacia	15	Limos		Masiva		Harinoso		Materia Orgánica	Intrusivos
				10	Arcillas		Estratificada	<input checked="" type="checkbox"/>	Arenoso		Carbonatos	Volcánicos	
							Lenticular		Aspero		Sulfatos	Matamórficos	
												<input checked="" type="checkbox"/> Sedimentarios	
COMPACIDAD													
SUELOS FINOS			SUELOS GRUESOS			CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.							
Limos y Arcillas			Arenas			SUELOS GRUESOS			SUELOS FINOS				
<input checked="" type="checkbox"/>	Blanda	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelta	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelta	GW		GC	<input checked="" type="checkbox"/>	ML		CH	
<input checked="" type="checkbox"/>	Compacta	<input checked="" type="checkbox"/>	Densa	<input checked="" type="checkbox"/>	Med. Consolidada	<input checked="" type="checkbox"/>	GP		SW	<input checked="" type="checkbox"/>	CL	OH	
	Dura		Muy Densa		Consolidada	<input checked="" type="checkbox"/>	GM		SP		OL	PT	
					Muy Consolidada		SM		SC		MH		