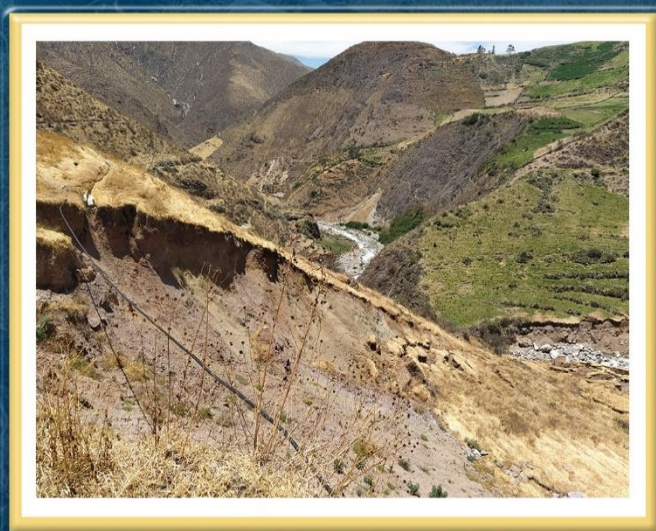


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7207

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL CASERÍO DE VISTA ALEGRE

Departamento Huancavelica
Provincia Huaytará
Distrito Santo Domingo de Capillas



DICIEMBRE
2021

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL CASERÍO DE VISTA ALEGRE.

*(Distrito de Santo Domingo de Capillas, provincia Huaytará, departamento de
Huancavelica)*

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

Equipo de investigación:
Ángel Gonzalo Luna Guillén

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2021). Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el caserío de Vista Alegre, distrito de Santo Domingo de Capillas, provincia Huaytará, departamento de Huancavelica. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7207, 54 p.

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| RESUMEN..... | 4 |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 6 |
| 1.1. Objetivos del estudio | 6 |
| 1.2. Antecedentes y trabajos anteriores | 6 |
| 1.3. Aspectos generales | 8 |
| 1.3.1. Ubicación | 8 |
| 1.3.2. Accesibilidad..... | 9 |
| 1.3.3. Clima | 9 |
| 2. ASPECTOS GEOLÓGICOS..... | 10 |
| 2.1. Unidades litoestratigráficas | 10 |
| 2.1.1. Formación Copara (ki-co) | 10 |
| 2.1.2. Grupo Sacsaquero – Miembro Inferior (P-sa_i)..... | 11 |
| 2.1.3. Rocas Intrusivas (Ks-ti/gd)..... | 11 |
| 2.1.4. Depósito coluvio-deluvial (Q.cd)..... | 12 |
| 3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS..... | 14 |
| 3.1. Pendientes del terreno..... | 14 |
| 3.2. Unidades geomorfológicas | 15 |
| 3.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional | 15 |
| 3.2.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional | 16 |
| 4. PELIGROS GEOLÓGICOS..... | 18 |
| 4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa en el caserío de Vista Alegre | 18 |
| 4.2. Factores condicionantes..... | 31 |
| 4.3. Factores desencadenantes | 32 |
| 5. CONCLUSIONES..... | 36 |
| 6. RECOMENDACIONES..... | 37 |
| 7. BIBLIOGRAFÍA..... | 38 |
| ANEXO 1: MAPAS..... | 39 |
| ANEXO 2: GLOSARIO..... | 44 |
| ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN..... | 46 |

RESUMEN

El presente informe técnico, es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa realizado en el caserío de Vista Alegre, ubicado en la margen izquierda del río Tambo, perteneciente a la jurisdicción del distrito de Santo Domingo de Capillas, provincia de Huaytará, departamento de Huancavelica. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología, en los tres niveles de gobierno (distrital, regional y nacional).

Las unidades litoestratigráficas, corresponden a rocas de origen volcánico y volcano-sedimentario de la Formación Copara y Grupo Sacsaquero-Miembro Inferior, constituido por secuencias de brechas y andesitas, muy fracturadas y altamente meteorizadas, lo cual ha generado suelos residuales arcillosos y depósitos coluvio deluviales que cubren la vertiente oeste del cerro Llactallacta. Estos depósitos se encuentran constituidos de gravillas, gravas, bloques y bolones de 0.3 a 2 m de diámetro envueltos en una matriz limo-arcillosa plástica, que le da una característica cohesiva y saturada, susceptible a movimientos en masa como deslizamientos. Además, cabe señalar que sobre este depósito se realizan actividades agrícolas (siembra de alfalfa) y de pastoreo.

Las geoformas identificadas según su origen son tectónico-degradacional, como son montañas modeladas en rocas volcano-sedimentarias, con laderas de pendientes muy escarpadas ($>45^\circ$), las cuales se encuentran cubiertas por geoformas agradacionales como es la vertiente coluvio-deluvial sobre la cual se asienta el caserío de Vista Alegre, a lo largo de tres rangos de pendiente; así, en la parte baja, desde el cauce del río se observan pendientes muy escarpadas de 40° ; la parte media presenta pendientes moderadas de 8° a fuertes de 25° ; y la parte alta pendientes escarpadas.

En el contexto geodinámico, en ambos márgenes del río Tambo, entre las localidades de San Antonio de Reyes, Tambo y Vista Alegre, se presenta una geodinámica activa, evidenciada por las diferentes escarpas de deslizamientos antiguos formados alrededor de los 3800 m de altura. Además, dichos deslizamientos presentan reactivaciones parciales a manera de deslizamientos y reptación de suelos.

En noviembre del 2020, se registra la reactivación parcial de un deslizamiento antiguo, localizado a la margen izquierda del río Tambo, parte baja del caserío Vista Alegre; con las siguientes dimensiones: escarpa principal con salto de 7 m, y una escarpa secundaria de 5 m longitud de 210 m y ancho de 68 m, toda el área deslizada, comprende aproximadamente 1.5 ha de terrenos de cultivos de alfalfa.

Además, se registra la destrucción de 44 m de un canal de concreto que atravesaba el cuerpo de la masa deslizada.

En Julio del 2021, se formaron agrietamientos en la parte media de la ladera de Vista Alegre, posteriormente se formó un escarpe de 3 m, con una longitud de 170 m, este deslizamiento puede llegar a afectar 3.5 ha agrícolas.

Por otro lado, se observó reptación en aproximadamente 14 ha, parte media de la vertiente coluvio-deluvial; cuyo substrato está compuesto por suelos de matriz limo-arcillosa saturada. El proceso afecta el área de terrenos de cultivo.

Se evidencia que ambas reactivaciones de deslizamientos, responden a características intrínsecas del terreno, como son la pendiente que varía de moderada a muy fuerte y la presencia de depósitos recientes inconsolidados (coluvio-deluviales) que cubre el basamento rocoso muy fracturado y altamente meteorizado. Todas estas características sumadas al

exceso de escorrentía superficial proveniente de puquiales, canales no impermeabilizados, precipitaciones pluviales y métodos de riego inapropiados (por inundación), infiltran al suelo y aumentan la presión intersticial de poros, favoreciendo la inestabilidad de la ladera, generando también la reptación de suelos.

Por lo antes expuesto, el caserío de Vista Alegre, se considera **Zona Crítica** y de **Peligro Muy Alto** a la ocurrencia de deslizamientos y reptación de suelos, sujetos a desencadenarse por precipitaciones intensas, prolongadas y/o extraordinarias, así como por efectos cosísmicos.

De manera general y entre otras recomendaciones citadas en el presente, se debe implementar el tipo de riego tecnificado (por goteo u otros) que eviten la sobre saturación del terreno, así mismo el cambio de cultivo alternativo al actualmente implantado (alfalfa), ya que necesita abundantes cantidades de agua.

En la ladera, implementar sistemas de drenaje superficial y subdrenajes; controlar y restringir la expansión urbana, hacia la vertiente coluvio-deluvial, así como el acceso peatonal por las zonas de deslizamiento. Finalmente, monitorear las zonas de deslizamiento complementando con estudios evaluación de riesgos (EVAR) para el caserío Vista Alegre.

1. INTRODUCCIÓN

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

Atendiendo el Oficio N° 0171-2020-ANA-AAA.CHCH-ALA-I de la Administración Local del Agua Ica, la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet, designa al geólogo Ángel Gonzalo Luna Guillen, realizar la evaluación de peligros geológicos, los cuales se llevaron a cabo del 03 al 06 de noviembre de 2021, bajo la coordinación y con el acompañamiento de autoridades del distrito de Santo Domingo de Capillas y del caserío de Vista Alegre, Sr Juan Cabrera Aybar y Andrés Avelino Anoris Aroni.

La evaluación técnica, se realizó con 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, levantamiento fotogramétrico con dron a fin de observar mejor el alcance del evento), la cartografía geológica y geodinámica, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe, se pone a consideración de la municipalidad provincial de Huaytará, municipalidad distrital de Santo Domingo de Capillas y entidades encargadas de la gestión del riesgo de desastres, donde se proporcionan resultados de la evaluación y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo, 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) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos que se presentan en el caserío de Vista Alegre; los cuales pueden comprometer la seguridad de las poblaciones, infraestructuras y medios de vida
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos por movimientos en masa.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos por movimientos en masa identificados en la etapa de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional en los sectores de evaluación se tienen:

- A) En el Boletín N° 69 Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, “Peligro geológico en la región Huancavelica”; elaborado por Vílchez et al., (2019); se realiza la caracterización litológica, geomorfológica y de susceptibilidad a movimientos en masa en la región Huancavelica, en él se indica que el sector de evaluación se presentan rocas volcano-sedimentarias, tobas, brechas basálticas, lavas y andesitas intercaladas con areniscas, limolitas, lutitas, conglomerados y calizas, conformando montañas en

roca volcano-sedimentaria, que determinan una susceptibilidad “Alta” a movimientos en masa, con predominancia de deslizamientos (figura 1).

- B) En la Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Santiago de Chocorvos (28 m) Serie A: Carta Geológica Nacional; elaborado por De La Cruz y Jaimes (2003); se revisa y actualiza información geológica del cuadrángulo de Santiago de Chocorvos a escala 1:50 000, se diferencia al Grupo Sacsaquero, en dos miembros, siendo el miembro inferior el aflorante en el área de inspección, compuesta de brechas volcánicas interestratificadas, con niveles superiores de arenas cuarzo feldespáticas tobáceas color pardo a verde grisáceo.
- C) Boletín N°49 Serie A: Carta Geológica Nacional, “Geología de los cuadrángulos de San Antonio de Chocorvos y Paras”; elaborado por Palacios (1994); donde describe las unidades geológicas del cuadrángulo de San Antonio De Chocorvos, hoja 28 m, a la cual pertenecen los caseríos de San Antonio de Reyes, Tambo y Vista Alegre, de este trabajo se extrajo parte de la descripción litología de la Formación Sacsaquero, conformada por composiciones de riolita – andesita en capas masivas con algunos horizontes lávicos.

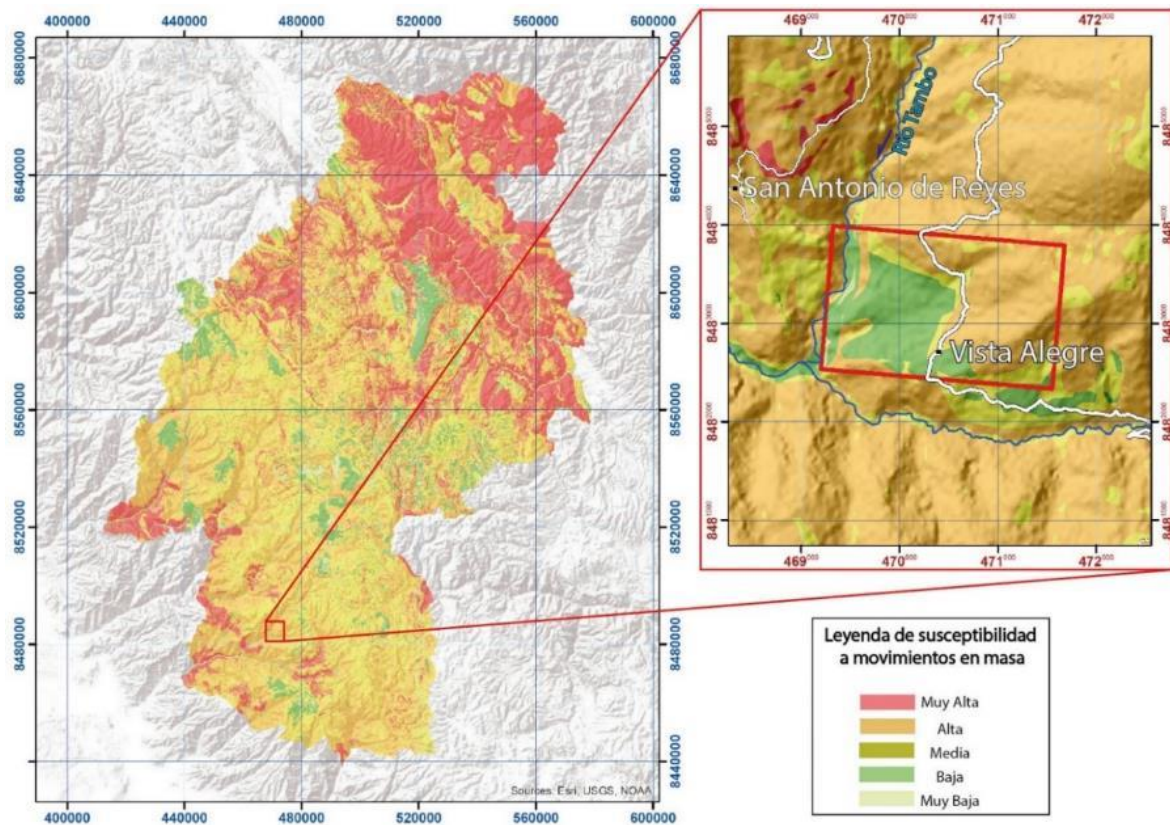


Figura 1. Susceptibilidad a movimientos en masa de la región Huancavelica (escala base 1:250 000).

Fuente: Vílchez et al., 2019.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

Vista Alegre, se encuentra ubicado en la margen izquierda del río Tambo. Políticamente pertenece al distrito de Santo Domingo de Capillas, provincia de Huaytará, departamento de Huancavelica (figura 2).

Cuenta con las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18s) siguientes: (cuadro 1).

Cuadro 1. Coordenadas del área de estudio caserío Vista Alegre.

| N° | UTM - WGS84 - Zona 18S | | Geográficas | |
|--|------------------------|------------|---------------|---------------|
| | Este | Norte | Latitud | Longitud |
| 1 | 469314.16 | 8484007.25 | 13°42'46.44"S | 75°17'1.69"O |
| 2 | 469196.00 | 8482515.00 | 13°43'35.01"S | 75°17'5.68"O |
| 3 | 471551.00 | 8482326.00 | 13°43'41.25"S | 75°15'47.27"O |
| 4 | 471676.00 | 8483759.00 | 13°42'54.60"S | 75°15'43.06"O |
| COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL | | | | |
| C | 469691.69 | 8483543.13 | 13°43'1.56"S | 75°16'49.16"O |

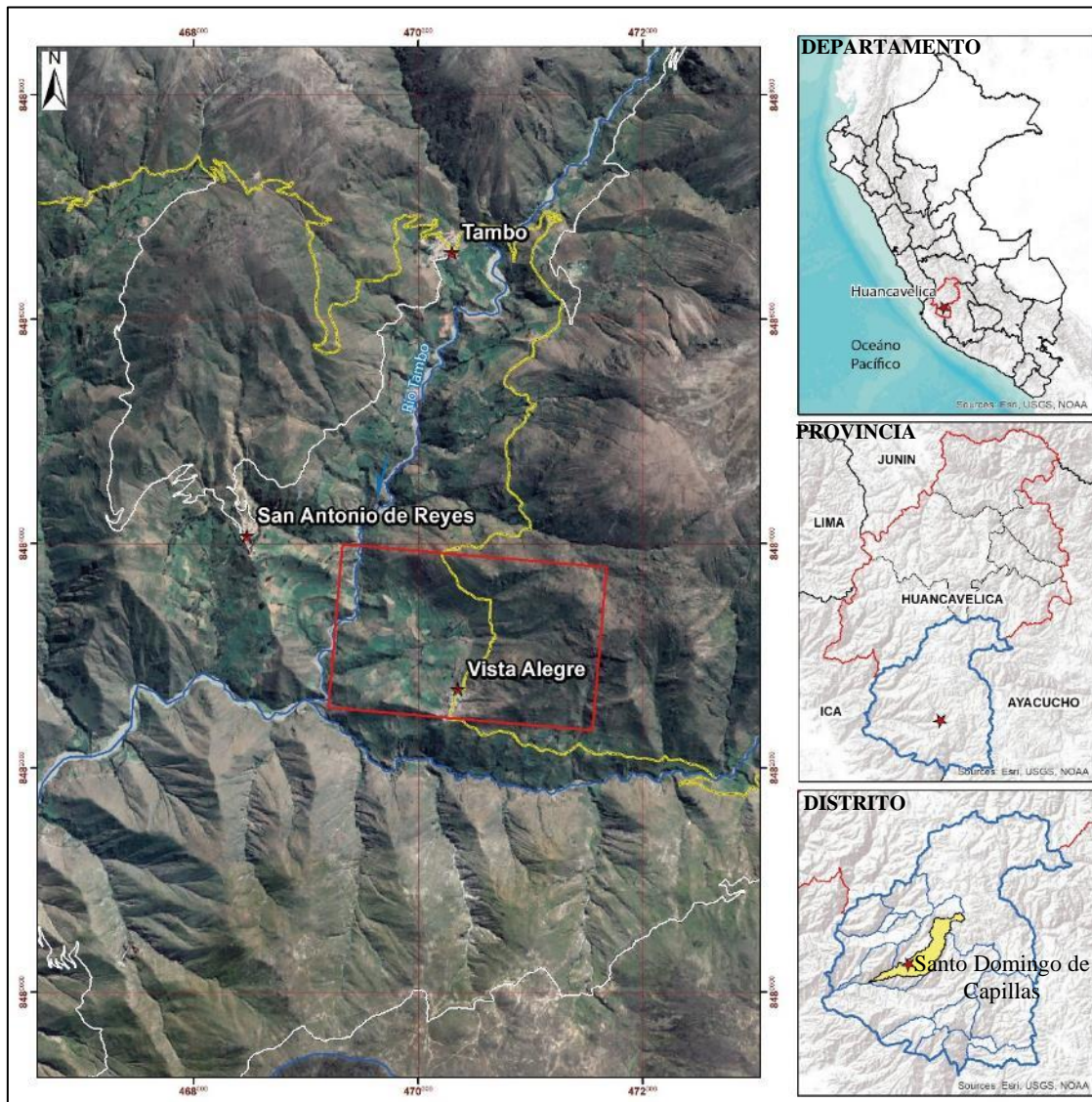


Figura 2. Caserío Vista Alegre.

1.3.2. Accesibilidad

El acceso se realiza por vía terrestre desde la ciudad de Lima, a través de vías asfaltadas, trochas carrozables y caminos vecinales, siguiendo la ruta y accesos del cuadro 2.

Cuadro 2. Rutas y accesos a la zona de evaluación

| <i>Ruta</i> | <i>Tipo de vía</i> | <i>Distancia (km)</i> | <i>Tiempo estimado</i> |
|-------------------------|---------------------|-----------------------|------------------------|
| Lima-Chincha Baja | Carretera asfaltada | 205 | 2.5 horas |
| Chincha Baja - Huaytará | Carretera asfaltada | 140 | 2.25 horas |
| Huaytará – Vista Alegre | Trocha carrozable | 75 | 2 horas |

1.3.3. Clima

Según la clasificación climática de Thornthwite, el caserío de Vista Alegre, se encuentra dentro una zona de clima de tipo semiseco templado, semifrío, seco en otoño, invierno y primavera, con humedad relativa comprendida entre 65% y 84% (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, 2010a).

En cuanto a la cantidad de lluvia y temperatura local, según fuente de 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 rasters y de satélite), la precipitación máxima registrada en el último periodo 2020-2021, fue de 16 mm en el mes de mayo del 2021.

Cabe mencionar que las lluvias son de carácter estacional, es decir, se distribuyen muy irregularmente a lo largo del año, produciéndose generalmente de diciembre a marzo.

Las temperaturas anuales registradas entre el 2020 y 2021, oscilaron entre máximos de 18.1°C en verano y mínimos de -2.1 °C en invierno.

Según el registro histórico del Senamhi; las precipitaciones pueden superar los 40 mm (figura 3).

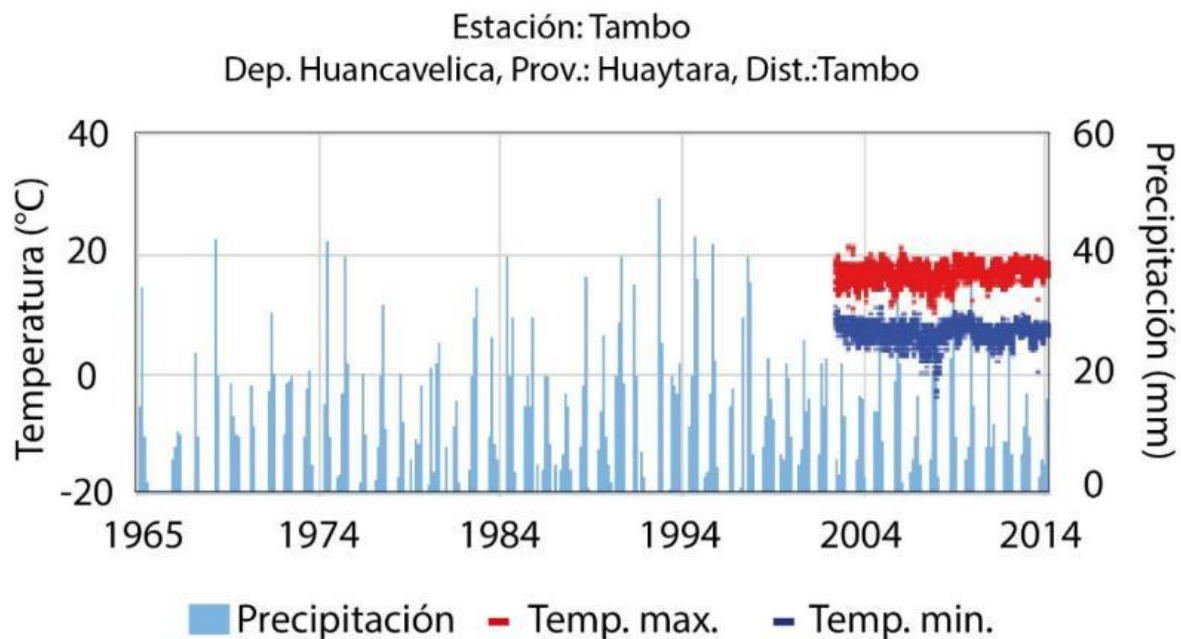


Figura 3. Precipitaciones y temperaturas diarias en mm, de la estación meteorológica Tambo.

Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos> .

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico, se desarrolló en base al boletín “Geología de los cuadrángulos de San Antonio de Chocorvos y Paras” y la memoria descriptiva actualizada del mismo cuadrángulo, teniendo en cuenta los contactos litológicos cartografiados en el mapa del cuadrángulo Santiago de Chocorvos, hoja 28 m – IV, elaborado a escala 1:50 000 por De La Cruz y Jaimes (2003), complementándose con trabajos de fotointerpretación de imágenes satelitales, tomas aéreas con dron y observaciones en campo.

2.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas comprenden rocas volcánicas y volcano-sedimentarias, aflorantes en ambas márgenes del río Tambo. En general se observan muy fracturadas y altamente meteorizadas. (figuras 4 y 5).

2.1.1. Formación Copara (ki-co)

Representadas por secuencias estratificadas de lavas andesíticas afaníticas, y porfíricas con cristales de plagioclasa, y brecha volcánica en matriz de toba de ceniza silicificada con escasos horizontes de lutitas negras (De La Cruz & Jaimes 2003). Observables en la margen derecha del río Tambo, en los sectores aledaños al caserío San Antonio de Reyes (figura 4).



Figura 4. Unidades geológicas que afloran en las márgenes del río Tambo.

2.1.2. Grupo Sacsaquero – Miembro Inferior (P-sa_i)

Este Grupo se encuentra conformado por estratos gruesos de brechas volcánicas interestratificadas, con niveles de areniscas cuarzo feldespáticas tobáceas color pardo a verde grisáceo.

Localmente se han observado brechas volcánicas muy fracturadas, y altamente meteorizadas en la parte baja de la ladera de Vista Alegre (figura 5); y andesitas de color verde con pórfidos de plagioclasas medianamente fracturada y de moderada meteorización en la parte media y alta de la ladera (figura 8).

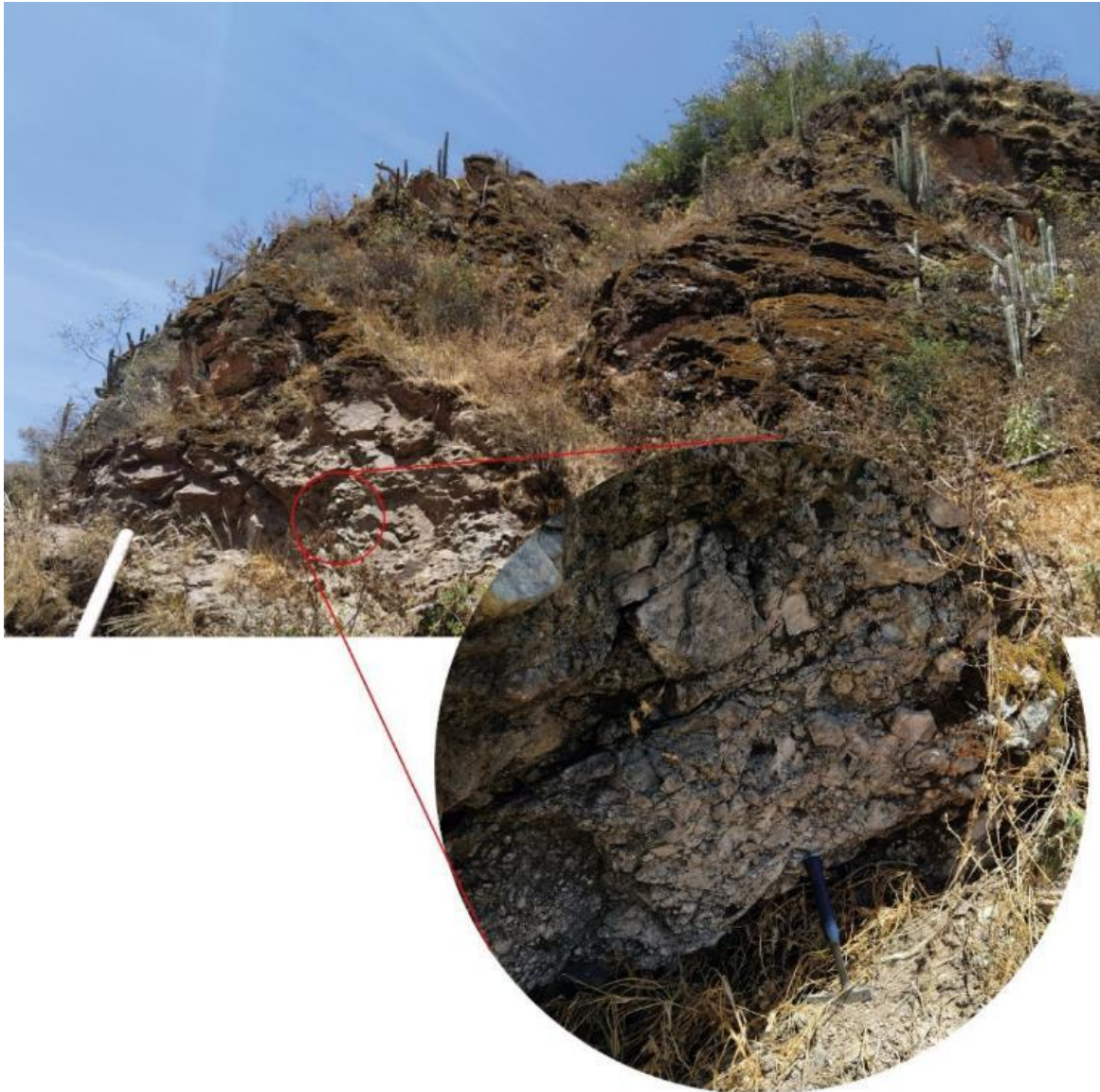


Figura 5. Brechas volcánicas interestratificadas, del miembro inferior del grupo Sacsaquero inferior. (coordenadas UTM, WGS 84, 18s, X: 469559.5; Y: 8483455.3).

2.1.3. Rocas Intrusivas (Ks-ti/gd)

Se encuentran representadas por granodioritas y Tonalitas de la super unidad Tiabaya, del Batolito de la Costa, se presentan en la margen derecha del río Tambo, se observan

medianamente fracturadas y moderadamente meteorizadas, colindando con áreas de deslizamientos.

2.1.4. Depósito coluvio-deluvial (Q.cd)

Depósito conformado por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial, interestratificados, imposibles de separarlos como unidades individuales. Se encuentran acumulados al pie de laderas de montañas o acantilados de valles (Vílchez et al.,2019).

En el área evaluada se observan en la ladera oeste del cerro Llactallacta, margen izquierda del río Tambo, conformando una vertiente coluvio-deluvial con laderas de 25° en promedio de inclinación. Estos depósitos están constituidos de gravillas, gravas, bloques y bolones de diámetros entre 0.3 y 2 m, envueltos en una matriz limo-arcillosa, suelta y saturada, de fácil erosión.

Sobre estos depósitos se han cultivado alfalfa y se usan como áreas de pastoreo (figura 7).



Figura 6. Andesitas, del miembro inferior del grupo Sacsaquero inferior. (coordenadas UTM, WGS 84, 18s, X: 470394.5; Y: 8483018.2).

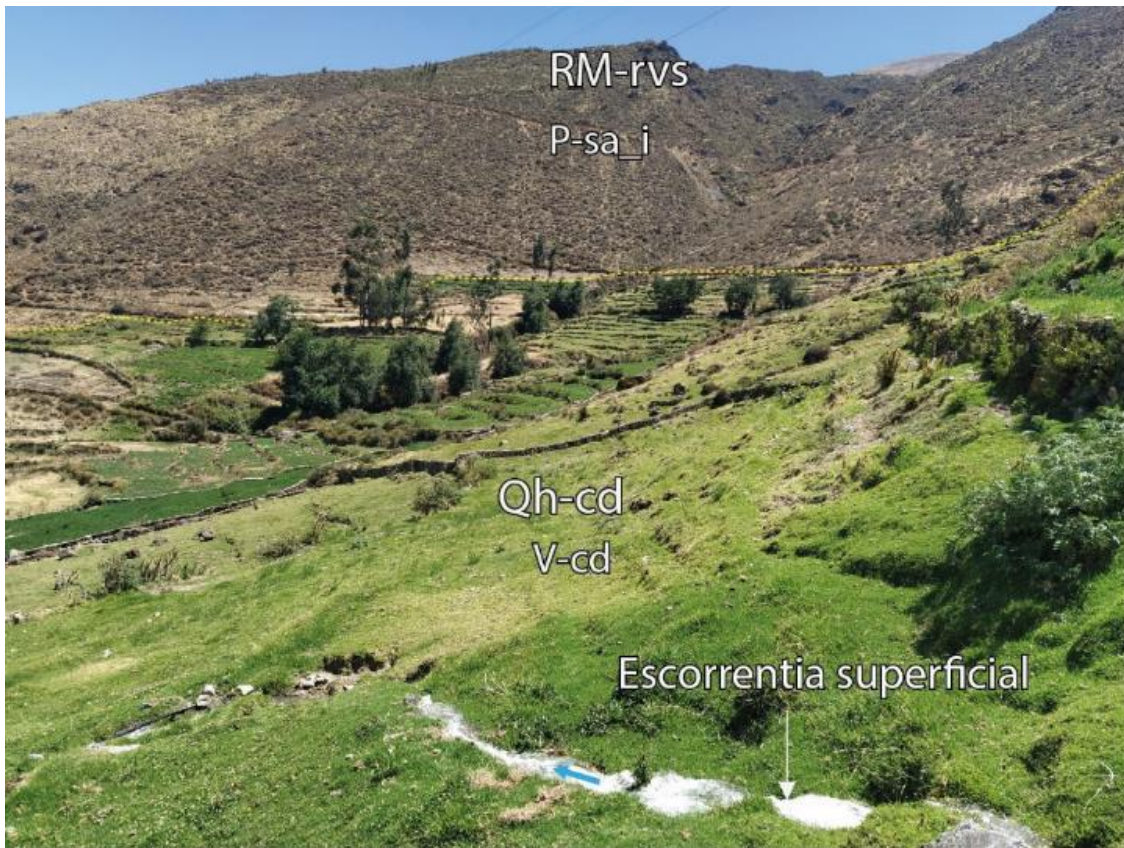


Figura 7. Depósitos coluvio-deluviales (Qh-cd), adosados en la ladera este del cerro Llactallacta, caserío Vista Alegre.



Figura 8. Andesitas de color verde con pórfidos de plagioclasas medianamente fracturada y de moderada meteorización, del Grupo Sacsacero.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

3.1. Pendientes del terreno

La pendiente es uno de los principales factores dinámicos y particularmente de los movimientos en masa (formadores de las geoformas de carácter depositacional o agradacional), ya que determinan la cantidad de energía cinética y potencial de una masa inestable (Sánchez, 2002); por lo cual es un parámetro importante en la evaluación de procesos de movimientos en masa, actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa (cuadro 4, figura 9).

La ladera oeste del cerro Llactallacta, perteneciente al caserío de Vista Alegre tiene pendientes muy variables así se observa que:

- Desde el cauce del río, hacia su margen derecha se presentan pendientes muy fuertes de $\sim 40^\circ$, es en este sector donde se suscitó el deslizamiento rotacional en noviembre del 2020.
- En la parte media de la misma ladera las pendientes varían de moderado ($\sim 8^\circ$) a fuerte (25°), esta área es usada con fines agrícolas y de pastoreo, y presenta evidencias de reptación de suelos y la formación de 01 deslizamiento.
- La parte alta de la ladera presenta pendientes muy escarpadas ($>45^\circ$), esta zona está conformada por afloramientos de roca del Grupo Sacsaquero – miembro inferior.

En la margen derecha del río Tambo correspondiente al sector de San Antonio de Reyes, se observan evidencias de deslizamientos antiguos, conformando depósitos coluvio-deluviales con laderas de pendiente moderada de 15° a muy escarpada 48° (mapa 2).

Cuadro 4. Rango de pendientes del terreno.

| RANGOS DE PENDIENTES | | |
|-------------------------|-------------------|--|
| Pendiente | Rango | Descripción |
| $< 1^\circ$ | Llano | Presentes ocasionalmente en tramos del cauce del río Tambo. |
| 1° a 5° | Inclinación suave | Terrenos planos con ligera inclinación. Conforman el cauce y zona inundable del río Tambo. |
| 5° a 15° | Moderado | Terrenos con moderada pendiente. Configura la parte intermedia de la ladera (parte media de la vertiente coluvio-deluvial), Estas áreas son usadas con fines agrícolas y/o pastoreo. |
| 15° a 25° | Fuerte | Se configuran en la parte alta de la vertiente coluvio-deluvial, también usado como áreas de agricultura. |
| 25° a 45° | Muy fuerte | Estas se presentan en la parte baja de la vertiente coluvio-deluvial (margen izquierda del río Tambo), y en la ladera oeste del cerro Llactallacta, conformada por rocas volcano-sedimentarias, sobre el caserío de Vista Alegre |
| $>45^\circ$ | Muy escarpado | Sobre estas pendientes, se asienta el caserío de Vista Alegre, llegando a la parte alta de las montañas modeladas en roca volcano-sedimentaria del cerro Llactallacta. |

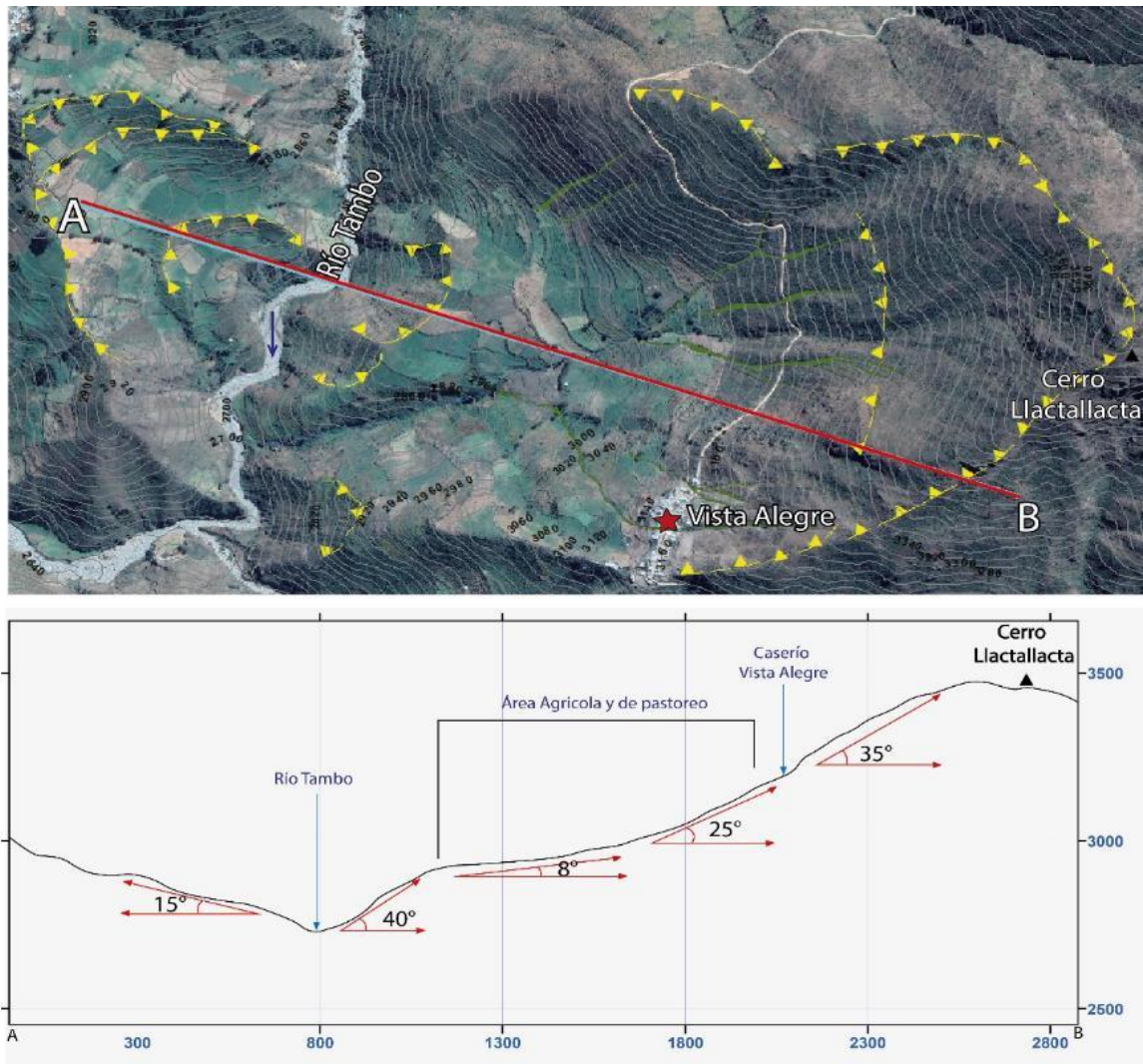


Figura 9. Sección A-B con medidas representativas de pendiente en el entorno de Vista Alegre.

3.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas (mapa 3), se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual; en base a aspectos del relieve en relación a la erosión, denudación y sedimentación (Vílchez et al., 2019).

3.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Están representadas por las formas de terreno resultados del efecto progresivo de procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

3.2.1.1. Unidad de montañas

Tienen una altura de más de 300 m con respecto al nivel de base local; según el tipo de roca que las conforma y los procesos que han originado su forma actual, se diferencia la siguiente subunidad:

Subunidad de montañas en roca intrusiva (RM-ri): Esta subunidad está conformada por rocas ígneas que se disponen como: diques, sills, lacolitos, stocks y batolitos; en este caso

representados por granodioritas y dioritas del Batolito de la Costa, Super Unidad Tiabaya que afloran en la margen derecha del río Tambo, presenta cimas subredondeadas y laderas con pendientes muy fuertes (figura 11).

Subunidad de montañas en roca volcánica (RM-rv): Dentro de esta subunidad se consideran afloramientos de rocas volcánicas conformada por intercalaciones de lavas de andesita afanítica, y porfirítica de la Formación Copara, estos fueron afectados por procesos fluvio-erosionales, modelando paisajes actuales que se pueden observar en la margen derecha del río Tambo, cercano a los sectores de San Antonio de Reyes, con elevaciones que pasan los 3500 m s.n.m. Presentan laderas con pendientes muy escarpadas (figura 10).

Subunidad de montañas en rocas volcano sedimentarias (RM-rvs): dentro de esta subunidad se consideran afloramientos de rocas volcano-sedimentarias de brechas volcánicas interestratificadas, con niveles de areniscas cuarzo feldespáticas tobáceas color pardo a verde grisáceo pertenecientes al Grupo Sacsacero, Miembro inferior.

Esta subunidad también presenta evidencias de procesos fluvio-erosionales, como carcavamientos, en la ladera oeste del cerro Llactallacta, llegando a elevaciones de 3800 m s.n.m, con laderas de pendiente escarpada a muy escarpada (figura 10 y 12).

3.2.2. Geofomas de carácter depositacional y agradacional

Están representadas por formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosiónales que afectan las geofomas anteriores, aquí se tienen:

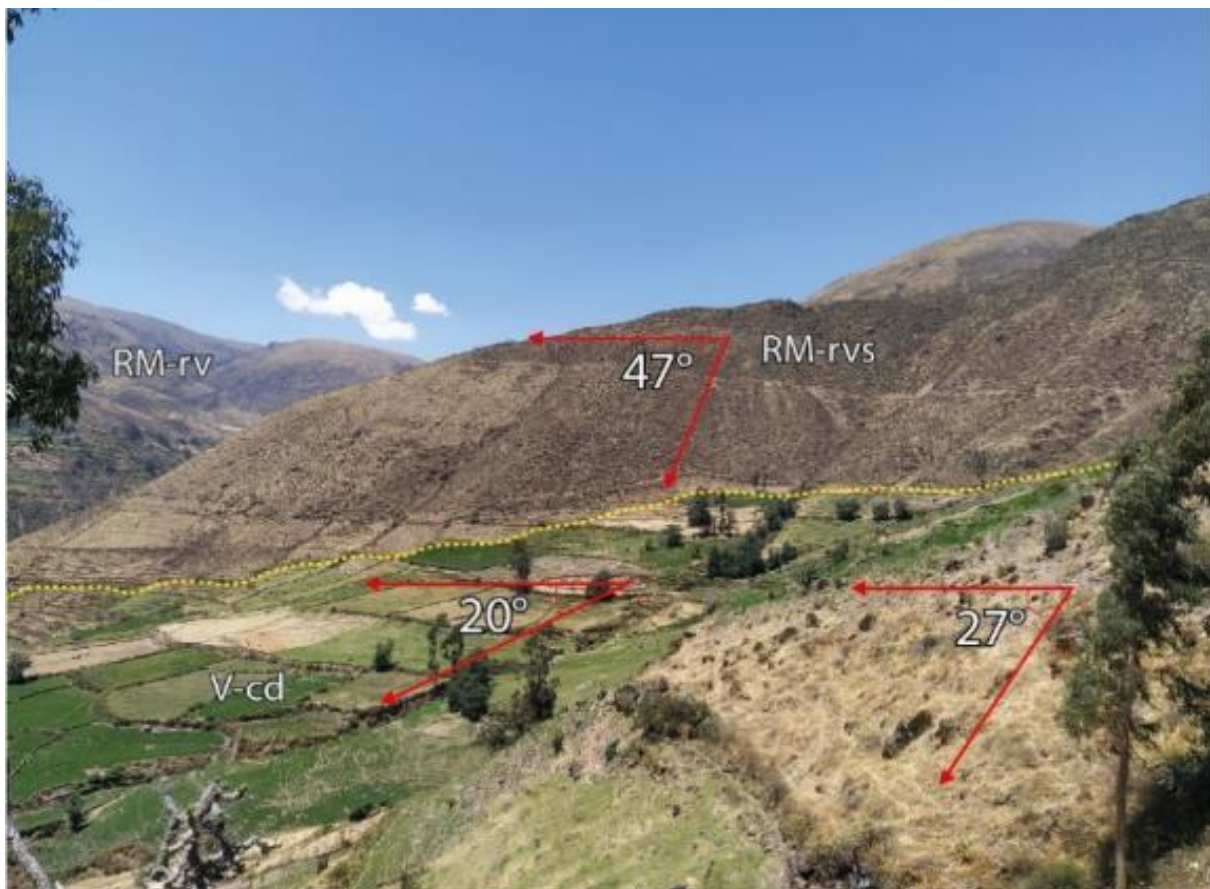


Figura 10. Subunidades geomorfológicas y pendientes representativas la parte alta del caserío Vista Alegre.

3.2.2.1. Unidad de piedemonte

Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd): Unidad formada por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial, se encuentran interestratificados y no es posible separarlos como unidades individuales; estos se encuentran acumulados al pie de laderas de montañas o acantilados de valles.

En este caso observamos la vertiente coluvio-deluvial, adosada a ladera oeste de la montaña volcano-sedimentaria del Cerro Llactallacta, perteneciente al caserío Vista Alegre, esta vertiente presenta una ladera con 3 pendientes representativas, así la parte inferior tiene pendientes Muy fuertes (40°), la parte media presenta pendientes medias (8°) y la parte alta presenta pendientes fuertes (25°), esta área es usada por la población del caserío de Vista Alegre para agricultura y pastoreo.

A lo largo de esta vertiente se observa exceso de escorrentía superficial y canales de riego no impermeabilizados provenientes del río Tambo y puquiales locales (figura 12), que favorecen los procesos de erosión e inestabilidad en la ladera, que es susceptible a deslizamientos y reptación de suelos.

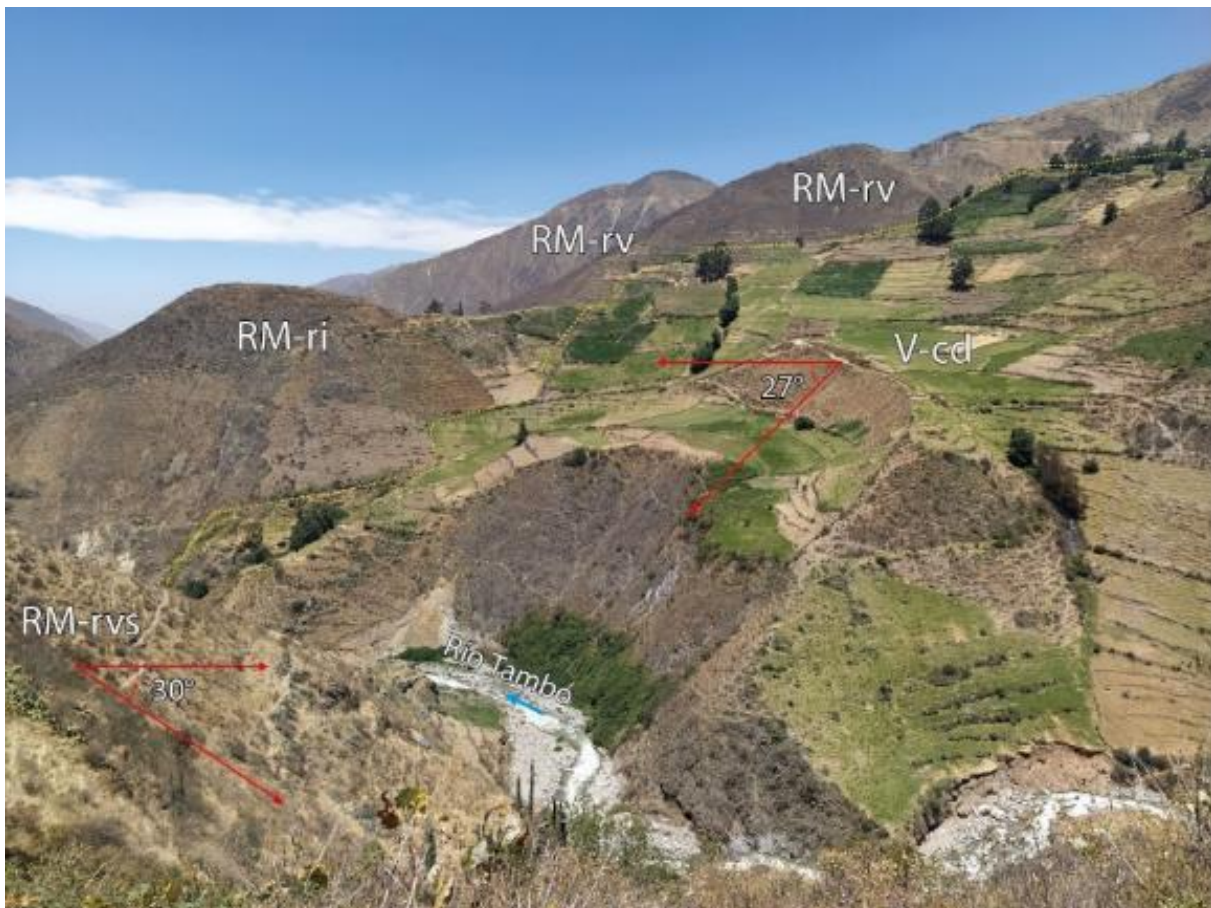


Figura 11. Subunidades geomorfológicas y pendientes representativas en las márgenes del río Tambo, cercano al caserío Vista Alegre.

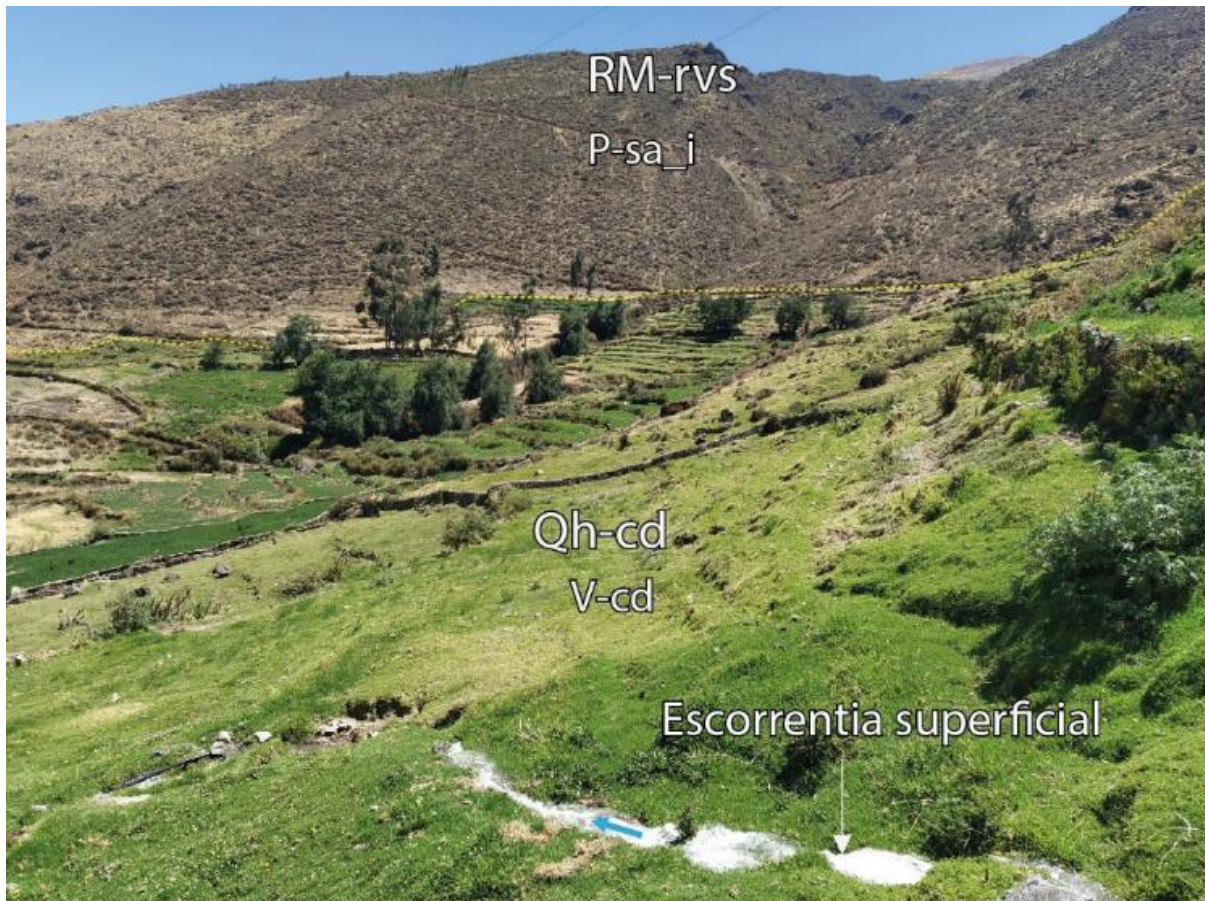


Figura 12. Vertiente coluvio-deluvial, adosada a montañas en roca volcano-sedimentarias, en el caserío de Vista Alegre.

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos identificados, corresponden a movimientos en masa, tipo deslizamientos y reptación de suelos.

La caracterización de peligros geológicos, se realizó en base a la información obtenida de trabajos en campo; donde se clasificaron los tipos de movimientos en masa, basados en la observación, descripción litológica y morfométrica in situ de los mismos. Toma de puntos GPS, medidas con distanciómetro láser, fotografías a nivel de terreno y fotografías aéreas con dron.

A lo largo del río Tambo se presenta una geodinámica muy activa, representada por deslizamientos antiguos y derrumbes, algunos reactivados, como el ocurrido en noviembre de 2021 en la parte baja del caserío de Vista Alegre.

Nota: Para la descripción detallada de los peligros geológicos que se citan en el informe, solo se desarrollaron para la margen izquierda del río Tambo, que corresponde al área de influencia de caserío de Vista Alegre.

4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa en el caserío de Vista Alegre

Conformada por eventos de deslizamientos de gran magnitud, que en ocasiones anteriores llegaron a represar el río. Se observa, que en los cuerpos de los deslizamientos se presentan

procesos de erosión de ladera como carcavamientos (figura 13). A continuación, se describen dichos eventos, clasificados según su estado de actividad.

4.1.1. Deslizamientos antiguos

Estos deslizamientos presentan escarpas muy erosionadas, con longitudes variables de 350 a 700 m. Sin embargo, la escarpa mayor que formó parte de la vertiente coluvio-deluvial, a una altitud de 3800 m; y sobre la cual se asienta el caserío de Vista Alegre, presenta longitudes kilométricas de hasta 2.5 km; cuyos saltos varían entre 100 a 200 m y poseen formas elongadas y semicirculares (figura 13).

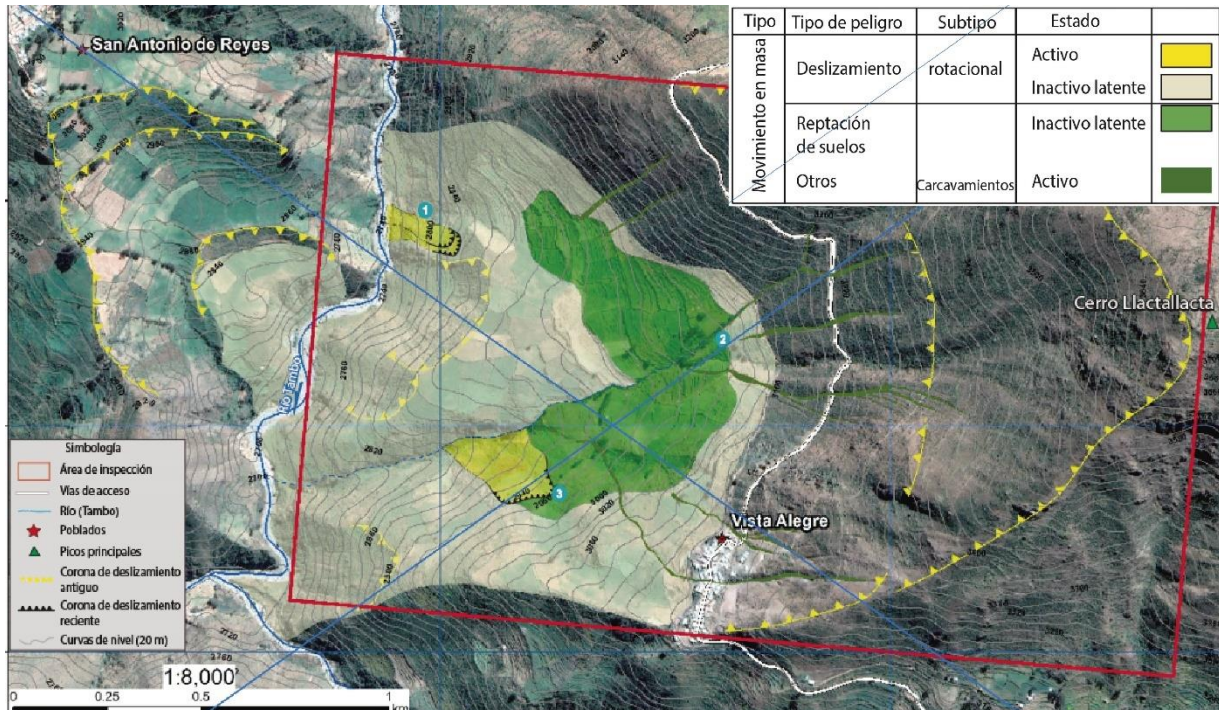


Figura 13. Deslizamientos antiguos en el caserío de Vista Alegre, (1) y (2), representa reactivaciones recientes en el cuerpo del deslizamiento antiguo, (3) son las áreas de reptación.

Vista Alegre y sus áreas de cultivo, se desarrollan a lo largo del cuerpo de un deslizamiento antiguo; evidenciándose en la actualidad procesos de erosión y carcavamientos producto del exceso de agua que discurre por la ladera, y que serían los principales desencadenantes de las reactivaciones de deslizamientos ocurridos durante el 2020 y 2021

Cabe mencionar que el río Tambo, ejerce una socavación al pie del deslizamiento antiguo generando nuevos deslizamientos y favoreciendo la inestabilidad de la ladera.

De igual forma en el sector de San Antonio de Reyes, aledaña al caserío de Vista Alegre, también se evidencian escarpas de deslizamientos antiguos y erosionadas, con longitudes variables de 500 a 1000 m (figura 14).



Figura 14. Deslizamientos en el sector denominado San Antonio de Reyes.

4.1.2. Deslizamientos Recientes

Son dos los deslizamientos recientes identificados en el caserío de Vista Alegre, producto de las reactivaciones del cuerpo antiguo descrito anteriormente; los cuales se generaron en noviembre del 2020 y julio del 2021.

- Deslizamiento de Noviembre del 2020

Localizado en la margen izquierda del río Tambo, parte baja de la vertiente coluvio-deluvial del caserío de Vista Alegre (figura 15). coordenadas UTM, WGS 84, 18s; X: 469629, Y: 8483587.

Presenta un escarpe principal de 7 metros de altura y un escarpe secundario de 5 m, la distancia entre ambos escarpes es de 30 m. en el cuerpo del deslizamiento se aprecian zonas con basculamiento, grietas transversales y radiales (figura 16-19).

Según, versión de los moradores, en el 2018, empezaron a generarse agrietamientos pequeños que fueron cubiertos por actividades agrícolas, sin embargo, se infiere que fue el conducto para la infiltración de aguas de escorrentía superficial y riego, aumentando la presión intersticial de los poros del suelo, que sumadas a la pendiente de 40°, desencadenó el movimiento en masa.

También se sabe que en dicha área se desarrolla la siembra de alfalfa, que necesita una mayor cantidad de agua, lo que incentivó el regadío constante del sector.

Así mismo se evidencio la presencia de canales de regadío no impermeabilizados que cruzaban por donde se formó el escarpe principal y canales de concreto que atravesaban el cuerpo del deslizamiento (figura 21).

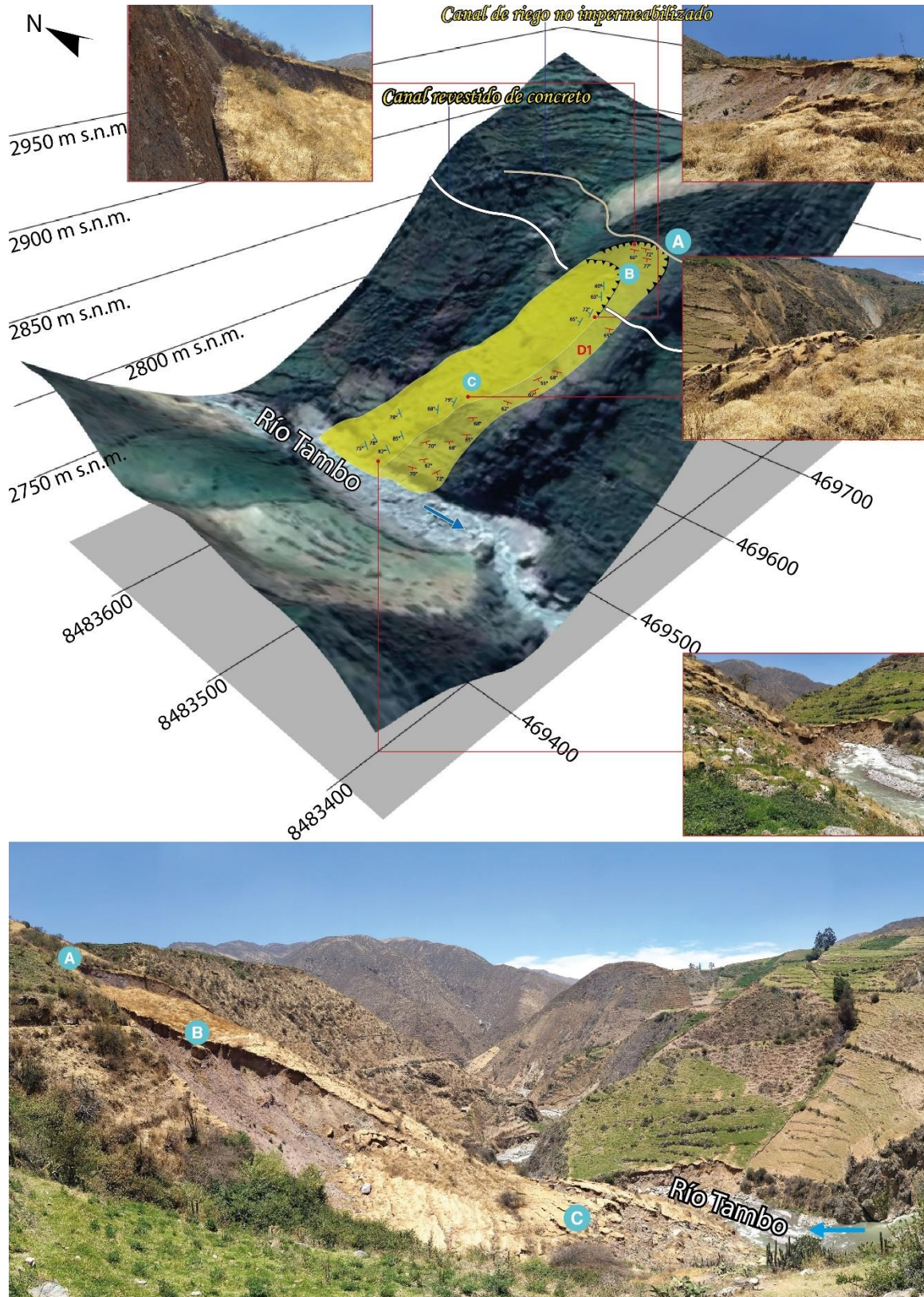


Figura 15. Deslizamiento reciente de noviembre del 2020, en la parte baja del caserío de Vista Alegre (A) corresponde al escarpe principal, (B) corresponde al escarpe secundario y (C) es la masa deslizada.

El deslizamiento presenta las siguientes características y dimensiones:

a) Escarpa principal (figura 16 y 17)

- Longitud: 102 m
- Salto principal: 7 m
- Angulo de desplazamiento del lado lateral izquierdo: 79°
- Angulo de desplazamiento del lado lateral derecho: 75°
- Angulo de desplazamiento del lado central: 85°

b) Escarpa secundaria (figura 16 y 18)

- Longitud: 80 m
- Salto principal: 5 m
- Angulo de desplazamiento del lado lateral izquierdo: 78°
- Angulo de desplazamiento del lado lateral derecho: 75°
- Angulo de desplazamiento del lado central: 80°

c) Dimensiones del cuerpo del deslizamiento

- Cota de la corona principal: 2857 m s.n.m.
- Cota del pie del deslizamiento: 2742 m s.n.m.
- Diferencia entre cotas: 115 m
- Longitud entre la corona y pie del deslizamiento: 210 m
- Longitud entre la escarpa principal y secundaria: 30 m
- Longitud promedio del ancho del cuerpo del deslizamiento: 68 m
- Área Afectada: 14754 m² (1.5 ha).

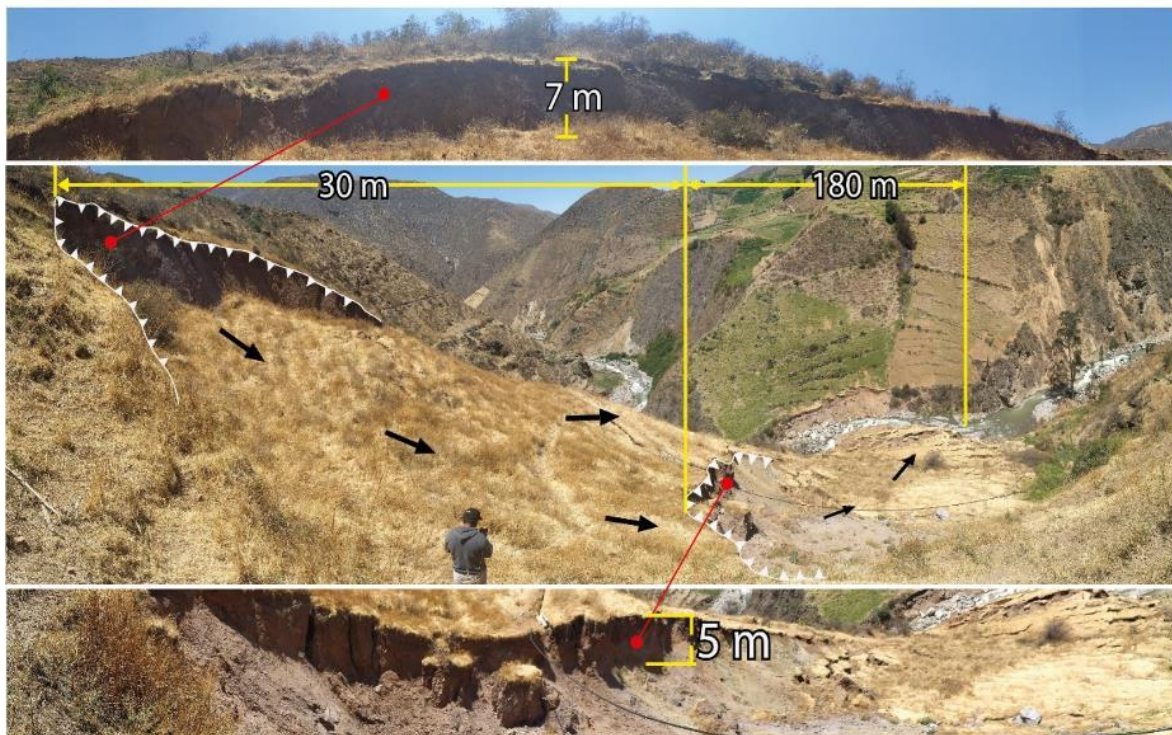


Figura 16. Escarpe principal y secundario del deslizamiento reciente en Vista Alegre.

d) Otras características del terreno deslizado

- Tipo de deslizamiento: Rotacional
- Forma semicircular y alargada.
- En el cuerpo de la masa deslizada se observan lomeríos producto del basculamiento.

- El cuerpo del deslizamiento está formado por grava, gravillas y bolones, Además en el pie del deslizamiento. s se observan bloques de hasta 2 m de diámetro (fotografía 2 y figura 20)

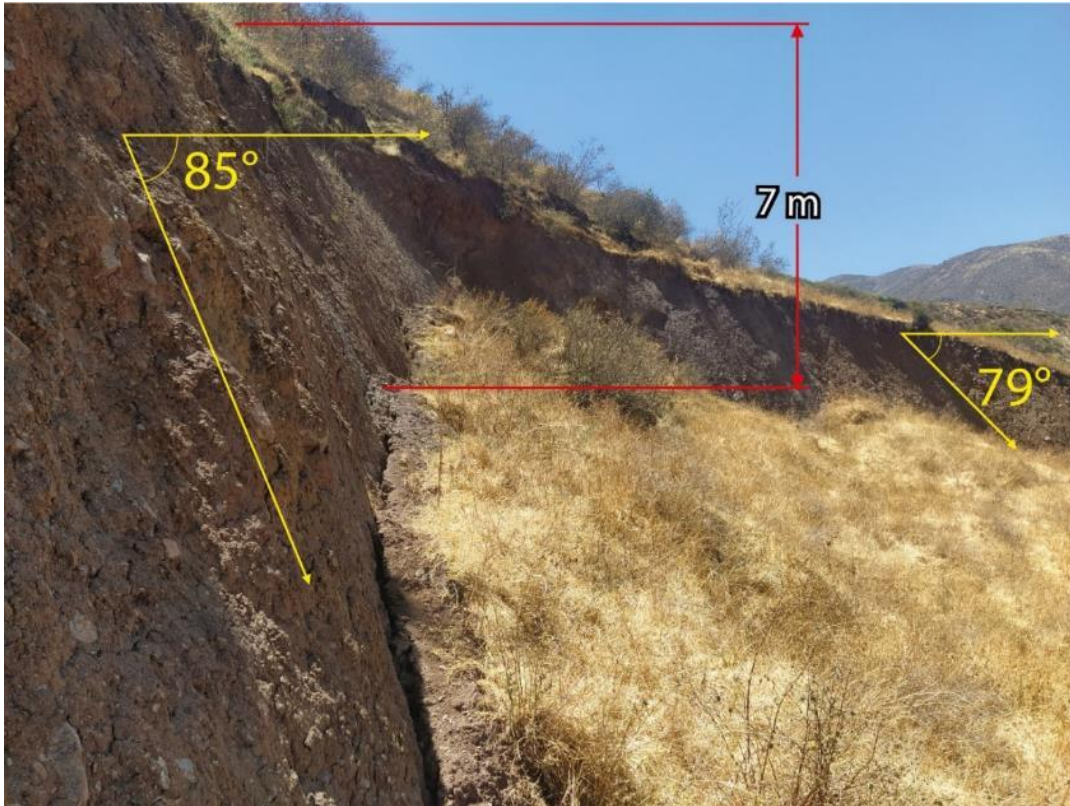


Figura 17. Escarpa principal del deslizamiento de noviembre del 2020, en la parte baja del caserío de Vista Alegre.

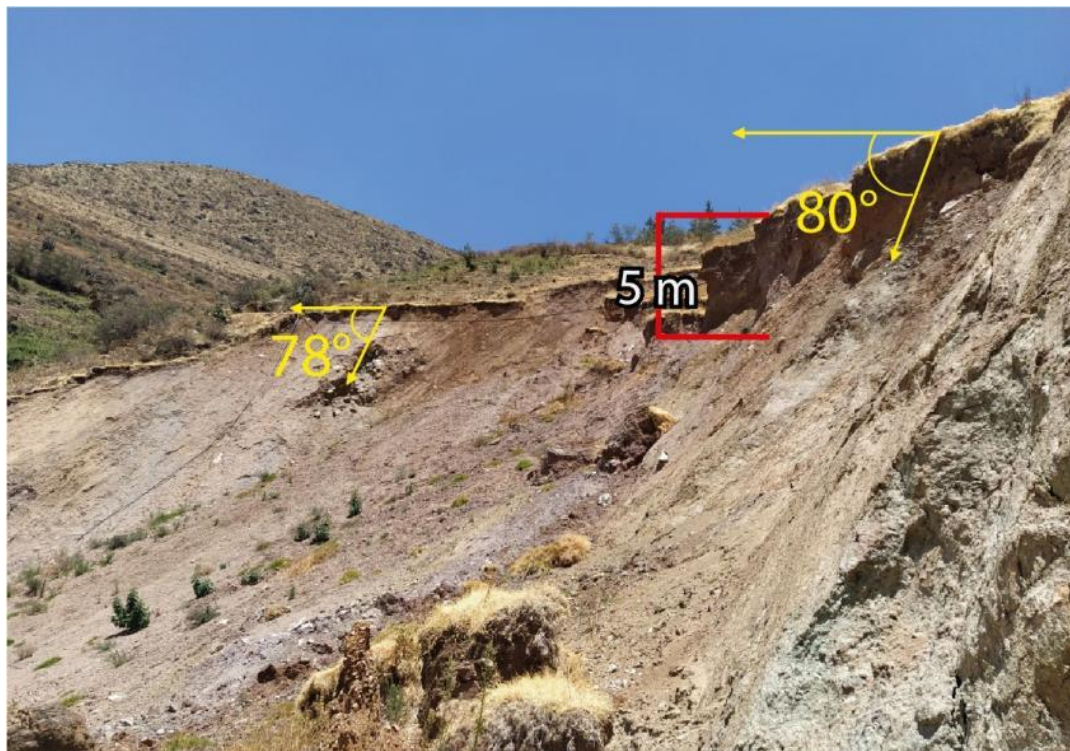


Figura 18. Escarpe secundario del deslizamiento de noviembre del 2020, en la parte baja del caserío de Vista Alegre.



Fotografía 1. Basculamiento en la parte terminal del deslizamiento y grietas tensionales.



Fotografía 2. Brechas volcánicas altamente meteorizadas, se observan entre las grietas del deslizamiento.



Figura 19. Grietas radiales en el pie del deslizamiento, indican un movimiento secundario de la masa deslizada en dirección norte y sur.



Figura 20. Bloques acumulados en el pie del deslizamiento.



Figura 21. Canal de concreto destruido.

- Deslizamiento de Julio del 2021

En Julio de 2021, inicialmente se presentaron agrietamientos ~750 m en dirección sureste del deslizamiento desencadenado el 2020, que cuenta con las siguientes coordenadas UTM, WGS 84, 18s; X: 469847, Y: 8482808; geográficamente situada en la parte media de la ladera de Vista Alegre.

Las características de este deslizamiento en proceso de formación son las siguientes:

a) Dimensiones de la escarpa principal (figura 22)

- Longitud: 170 m
- Salto principal: 3 m
- Angulo de desplazamiento del lado lateral izquierdo: 78°
- Angulo de desplazamiento del lado lateral derecho: 79°
- Angulo de desplazamiento del lado central: 80°

b) Dimensiones del cuerpo del deslizamiento

- Cota de la corona principal: 2952 m s.n.m.
- Cota del pie del deslizamiento: 2877m s.n.m.
- Diferencia entre cotas: 75 m
- Longitud entre la corona y pie del deslizamiento: 196 m
- Longitud promedio del ancho del cuerpo del deslizamiento: 170 m
- Área posible de Afectación: 35 000 m² o 3.5 ha.

c) Otras características del terreno deslizado

- Tipo de deslizamiento: Rotacional
- Forma semicircular y alargada.
- En el cuerpo de la masa deslizada se observan agrietamientos que varían de 0.3 a 1 m de apertura con saltos de 0.8 m (figuras 22 - 24).
- El cuerpo del deslizamiento está formado por grava y gravillas envueltos en una matriz limo-arcillosa (figura 25)

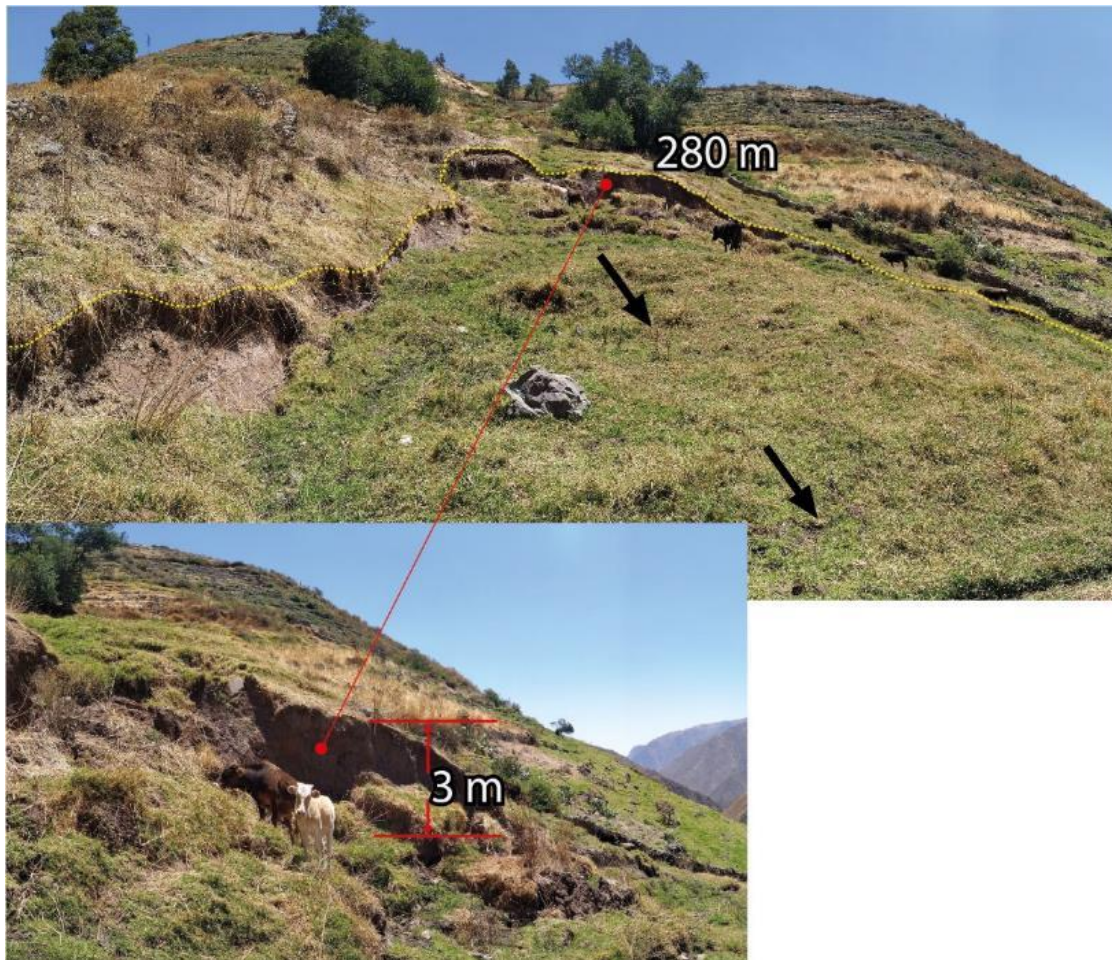


Figura 22. Deslizamiento en procesos de formación ubicado en la parte media de la vertiente coluvio-deluvial (Coordenadas UTM, WGS 84, 18s; X: 469847, Y: 8482808).

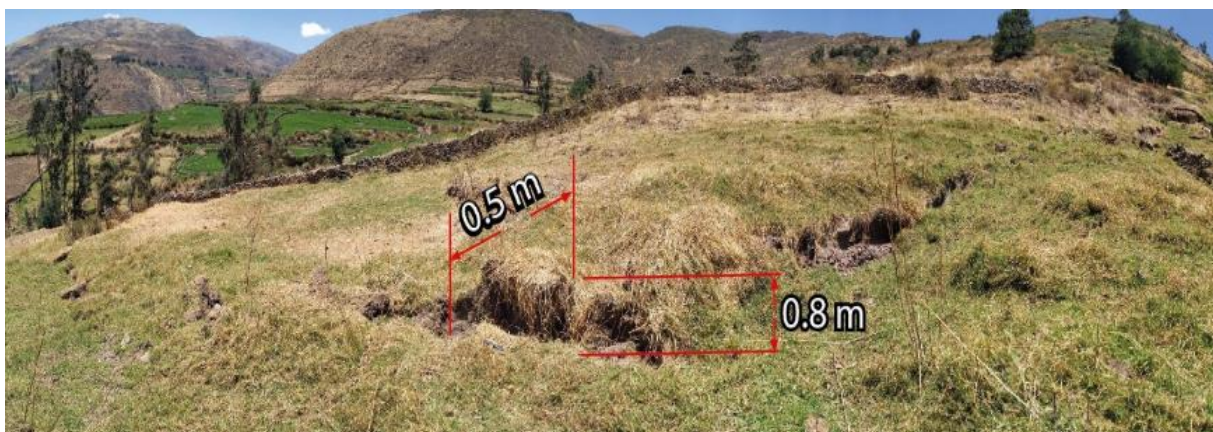


Figura 23. Grietas con aperturas de 0.5 m y salto de 0.8 m, en el cuerpo del deslizamiento en formación.



Figura 24. Grietas de 03 a 1 m en el cuerpo del deslizamiento e formación



Figura 25. Depósitos coluvio-deluviales que forman parte del deslizamiento en formación.

. Otros deslizamientos entre San Antonio de Reyes, Tambo y Vista Alegre

Las laderas ubicadas en las márgenes del río Tambo, entre las localidades de San Antonio de Reyes, Tambo y Vista Alegre; presentan una geodinámica muy activa, evidenciada por diferentes escarpes de deslizamientos antiguos y recientes que se pueden observar a lo largo de este trayecto (figura 25).

Los recientes ocurridos en el 2020, el primero se ubica en la margen derecha del río Tambo próximo a la coordenada UTM, WGS 84, 18s; X: 470613, Y: 8486371, y corresponde a la reactivación de un deslizamiento antiguo sobre el cual se encuentra la localidad de Tambo.

Este deslizamiento muestra una escarpa con salto de 1 m y longitud de 250 m, la distancia entre la corona principal y el pie del deslizamiento es de aproximadamente 10 m; afecta áreas agrícolas de Tambo y tiene un comportamiento retrogresivo evidenciado por la formación de grietas tensionales detrás del escarpe principal (figura 27).



Figura 26. Deslizamientos antiguos y recientes divisados en las márgenes del río Tambo entre los caseríos de San Antonio de Reyes, Tambo y Vista Alegre.



Figura 27. Deslizamiento rotacional reciente en la margen derecha del río Tambo, al límite de terrenos agrícolas del caserío de Tambo (Coordenadas UTM, WGS 84, 18s; X: 470613, Y: 8486371).

El segundo deslizamiento se presenta en la margen izquierda del río Tambo próximo a la coordenada UTM, WGS 84, 18s; X: 471011, Y: 8486588. Cercano a la localidad de Iquicha,

tiene un salto aproximado de 4 m, con una longitud de 170 m, la distancia entre la escarpa principal y el cauce del río Tambo es de 12 m aproximadamente.

Este deslizamiento afecta áreas de cultivo y presenta un avance retrogresivo.



Figura 28. Deslizamiento rotacional reciente en la margen izquierda del río Tambo (Coordenadas UTM, WGS 84, 18s; X: 471011, Y: 8486588).

4.1.3. Reptación de suelos

La reptación se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. la reptación puede ser de tipo estacionaria, cuando se asocia a cambios meteorológicos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo.

La reptación de suelos en el caserío Vista Alegre se presenta en depósitos coluvio-deluviales de matriz limo arcillosa, sobre los cuales se realizan actividades agrícolas, y se evidencia por el desgarrar de la cobertura vegetal, escarpamientos menores a 0.5 m y ondulaciones en el terreno (figuras 29 y 30). Se estima una extensión de 14 ha con procesos de reptación, condicionados por el inadecuado manejo de las aguas de riego y la infiltración de aguas pluviales y de escorrentía superficial en los suelos.

Se debe tener en cuenta que la reptación de suelos, puede preceder a movimientos más rápidos como deslizamientos, si no se toman las medidas correctivas necesarias.



Figura 29. Desgarres en la cobertura vegetal, en la vertiente coluvio-deluvial, que evidencian reptación de suelos.



Figura 30. Evidencias de reptación de suelos.

4.2. Factores condicionantes

La ocurrencia de movimientos en masa (deslizamientos y reptación de suelos) en la ladera oeste del caserío de vista Alegre están relacionados a los siguientes factores-

Factor geomorfológico y de relieve

- Presencia de una vertiente coluvio-deluvial adosada a la ladera oeste de una montaña en roca volcano-sedimentaria de pendiente escarpada a muy

escarpada, sobre la cual se asienta el caserío de Vista Alegre. Las laderas de dicha vertiente, presente inclinaciones variables con tres rangos: la parte baja, presenta pendientes de 40°, descendiendo hacia media ladera con 8° y volviendo a escalar hasta 25° en la parte alta. Este tipo de configuración topográfica y morfológica generaron deslizamientos en la parte baja y alta, así como reptación de suelos en la parte media (figura 31).

Factor litológico

- El basamento rocoso en la ladera oeste de Vista Alegre está conformado por brechas volcánicas muy fracturadas y altamente meteorizadas del Grupo Sacsacero-Miembro Inferior, cubiertos parcialmente por depósitos coluvio-deluviales fácilmente erosionables.
- El depósito coluvio-deluvial en Vista Alegre está compuesto de gravillas, gravas bloques y bolones de hasta 2 m de diámetro, envueltos en una matriz limo-arcillosa, plástica, cohesiva, no consolidada y saturada, características que favorecen los procesos de erosión. Y movimientos en masa.

Factor Antrópico

- Presencia de aguas superficiales que discurren por la ladera a través de canales no revestidos (figura 32).
- Uso de riego por inundación y aspersión para cultivos de alfalfa*

*El aporte de agua para la alfalfa en caso de riego por inundación es de 1000 m³/ha. En riego por aspersión es de 880 m³/ha (Guaytarilla & Izquierdo.,2016), en promedio, estas cantidades implican un exceso de agua y sobresaturación de los terrenos en zonas de ladera, que aportan a la inestabilidad de la ladera.

4.3. Factores desencadenantes

- La sobresaturación del terreno por aguas de escorrentia superficial, indican que provienen de lluvias periodicas prolongadas y/o excepcionales. Teniendo como dato umbrales de precipitación de hasta 40 mm según registros de senamhi.
- Los factores cosismicos tambien favorecen la ocurrencia de deslizamientos, el mapa de aceleraciones (Vilchez et al.,2019) para un periodo de retorno de 20 años con un 10 % de excedencia muestra valores de 290 gals (figura 31), para el área de inspeccion lo que indica que este sector es vulnerable a aceleraciones altas ante movimientos sismicos.

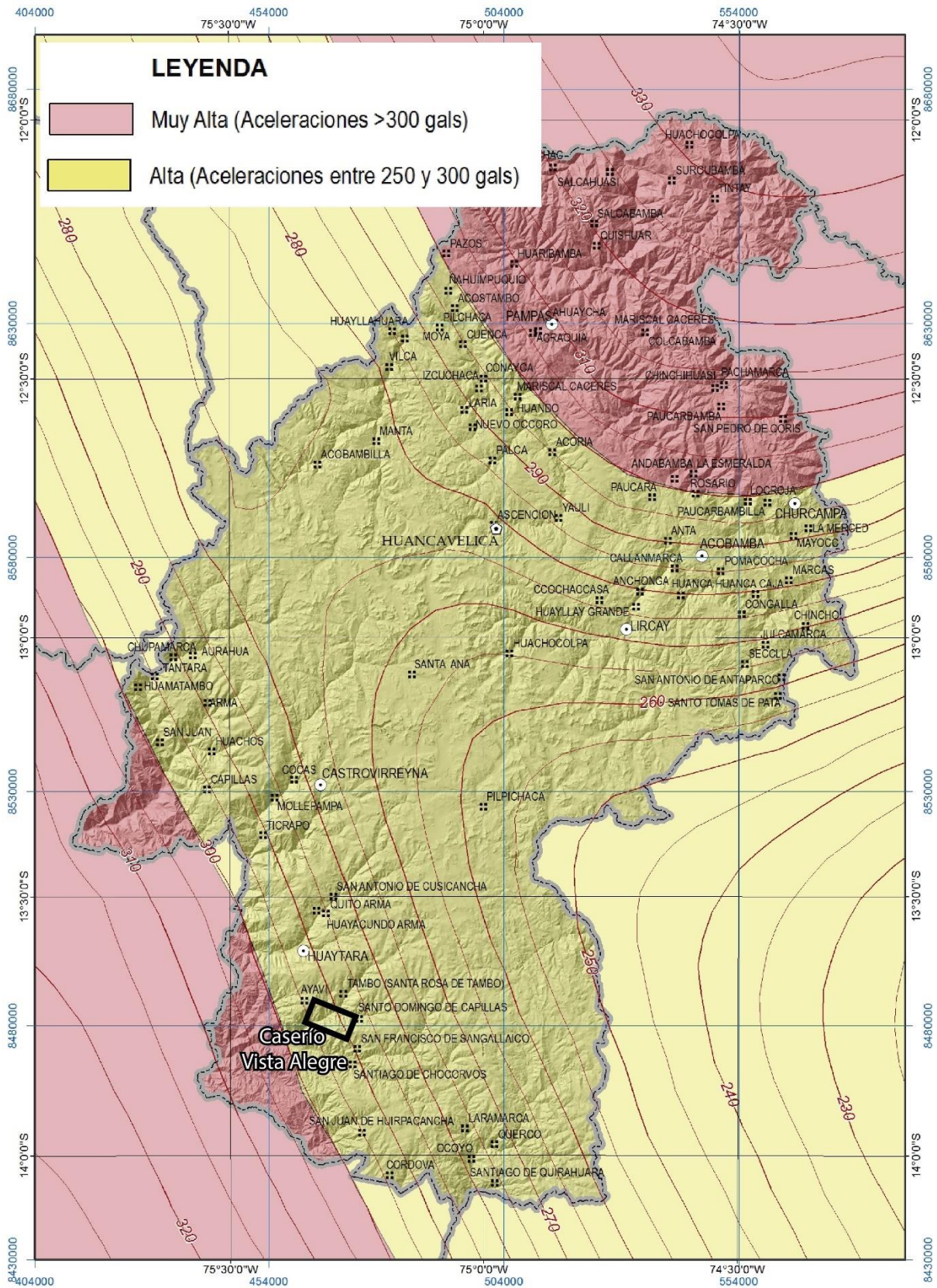


Figura 31. Mapa de aceleraciones sísmicas para la región Huancavelica (Fuente: Vílchez et al., 2019)

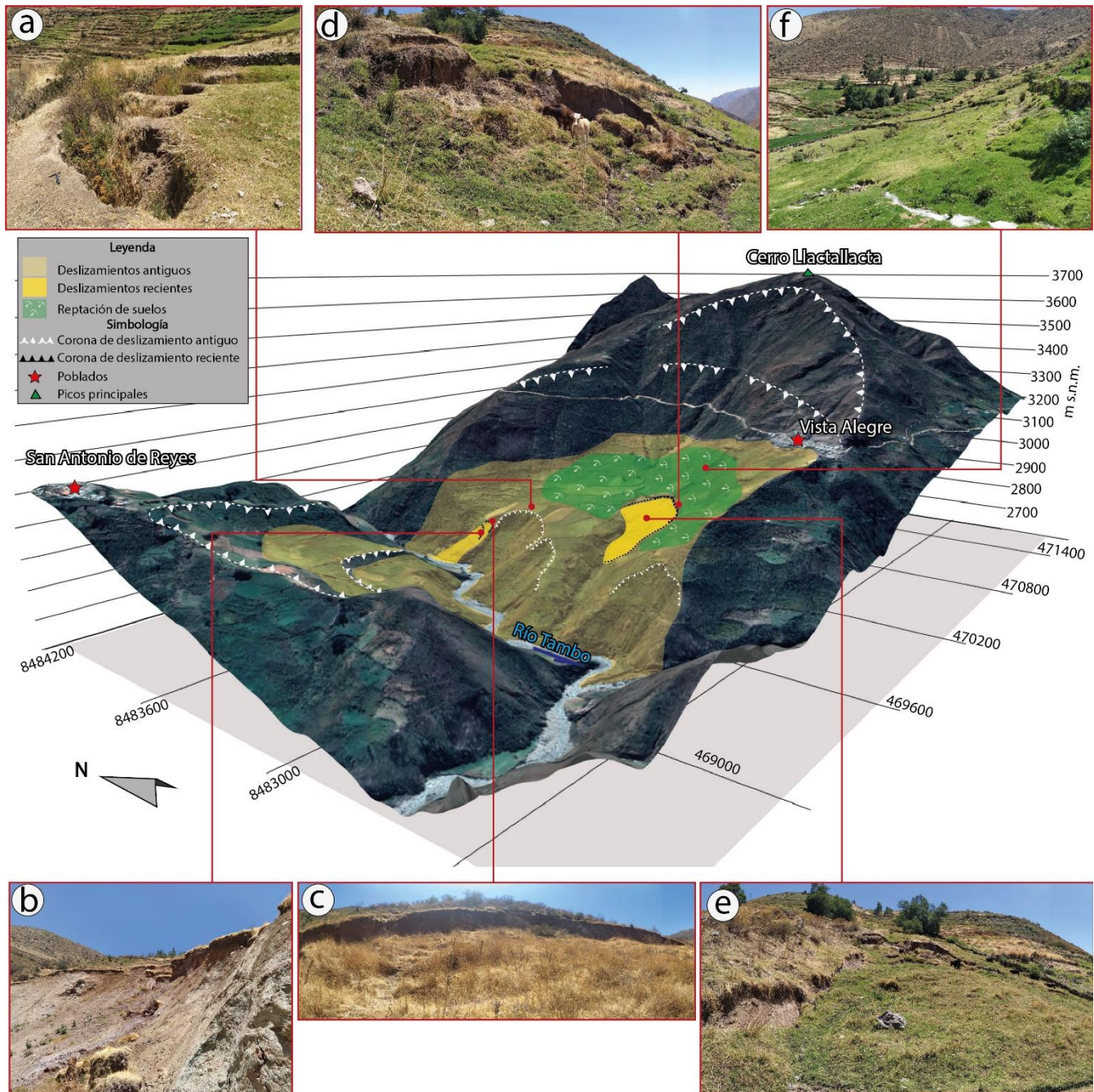


Figura 32. Esquema 3D, representa las evidencias de inestabilidad en la margen izquierda del río Tambo, caserío Vista Alegre.

Dentro de las evidencias de la inestabilidad de la vertiente coluvio-deluvial de Vista Alegre se puede mencionar:

- Carcavamientos en la parte alta del deslizamiento rotacional, suscitado en la baja del caserío de Vista Alegre.
- Escarpa secundaria del deslizamiento rotacional en la parte baja del caserío de Vista Alegre
- Escarpa principal del deslizamiento rotacional en la parte baja del caserío de Vista Alegre
- Escarpa principal del deslizamiento en la parte media de la ladera del caserío de Vista Alegre.
- Cuerpo del deslizamiento en formación en la parte media del caserío de Vista Alegre
- Evidencias de reptación de suelos en la parte media de la ladera.

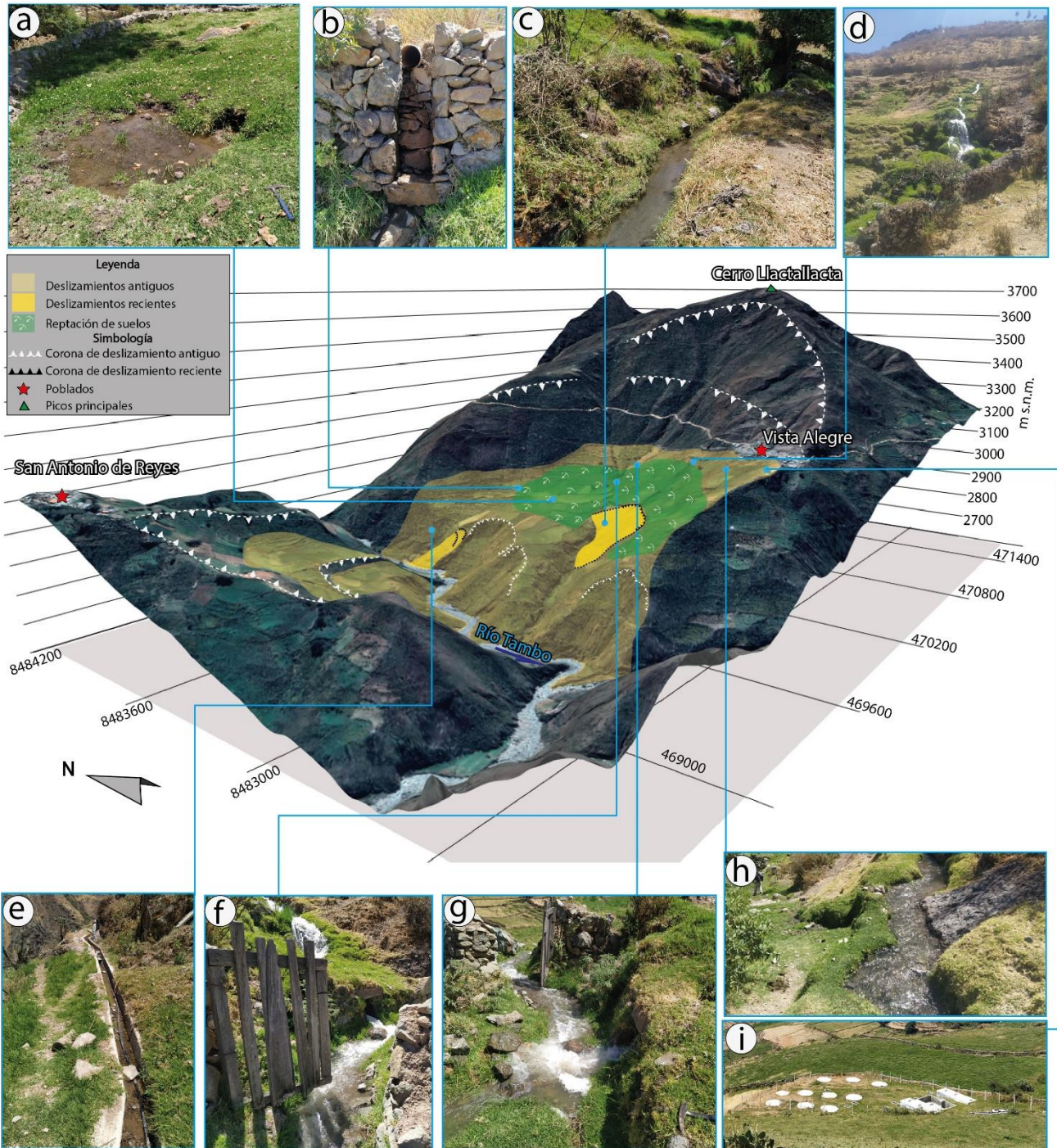


Figura 33. Esquema 3D, muestra el exceso de agua y escorrentía superficial en la margen izquierda del río Tambo, caserío Vista Alegre.

Dentro de las evidencias del exceso de escorrentía de agua en la vertiente coluvio-deluvial de Vista Alegre se puede mencionar:

- Pequeños puquiales de agua.
- Transporte de agua a través de tuberías que drenan directamente a la ladera.
- Canales de riego no impermeabilizados.
- Escorrentía superficial en la ladera.
- Canal de concreto que atraviesa el cuerpo del deslizamiento.
- f), g), h) Canalización de las aguas de escorrentía para llevarlas a través de la ladera.
- i) Captación de agua subterránea con fines de tratamiento y consumo que demuestran la existencia de flujo subterráneo de agua.

5. CONCLUSIONES

1. En el caserío de Vista Alegre, margen izquierda del río Tambo, se identificó la reactivación de dos deslizamientos rotacionales, en noviembre del 2020 y julio del 2021, ubicados en la parte baja y media de la ladera, así como procesos de reptación de suelos.
2. Las áreas deslizadas abarcan 1.5 y 3.5 ha respectivamente y afectaron terrenos de cultivos de alfalfa, así como el pase de un canal de concreto de regadío que termino destruido.
3. La reptación de suelos, se observan en la parte media de la ladera, en un área aproximada de 14 ha, presentando ondulaciones en el terreno, desgarres en la cobertura vegetal y escarpas menores a 0.5 m.
4. Geológicamente, la ladera sobre la que se ubica el caserío de Vista Alegre, está conformado por un basamento rocoso volcánico constituido por brechas muy fracturadas y altamente meteorizadas, intercalado a la parte alta con andesitas medianamente fracturadas y de moderada meteorización, lo cual hace a la parte baja muy susceptible a la generación de movimientos en masa.
5. El basamento rocoso se encuentra parcialmente cubierto por depósitos coluvio-deluviales de gravillas, gravas, bloques y bolones envueltos en una matriz limo-arcillosa, plástica, cohesiva, no consolidada y saturada, de fácil erosión y susceptible a procesos de erosión, es en estos donde se desarrollan los movimientos en masa identificados.
6. La vertiente coluvio-deluvial donde se asienta el caserío de Vista Alegre esta adosada a la ladera oeste de una montaña en roca volcano-sedimentaria de pendiente escarpada a muy escarpada y posee tres rangos de pendientes, así entre el cauce del río (parte baja) a la zona de terraza, presenta pendientes muy escarpadas de (40°), disminuyendo y volviéndose moderada con (8°) para luego ascender hasta la parte alta con pendientes muy fuertes de 25°.
7. Los factores que condicionaron la inestabilidad de la ladera y posterior reactivación de deslizamientos son: la pendiente de la vertiente coluvio-deluvial, el basamento rocoso muy fracturado y altamente meteorizado, así como el exceso de escorrentía superficial que infiltra en los suelos aumentando la presión intersticial de poros e incrementa los vectores de movimiento en zonas de reptación y deslizamientos.
8. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas antes descritos, el área de inspección en el caserío de Vista Alegre, se considera una **Zona crítica** y de **Peligro Muy Alto** a la ocurrencia deslizamientos y reptación de suelos, que pueden ser desencadenados en temporada de lluvias intensas y/o prolongadas, así como por efectos cosísmicos.

6. RECOMENDACIONES

1. Los terrenos agrícolas que se encuentran en la vertiente coluvio-deluvial de Vista Alegre, deben ser regados y cultivados con riego tecnificado (por goteo u otros), evitando el riego por gravedad. De igual modo se sugiere cambiar el tipo de cultivo por otro alternativo, que no requiera mucha agua.
2. Los canales de riego y derivación de aguas, deben ser revestidos e impermeabilizados. De igual modo, se deben implementar sistemas de drenaje superficial, por ejemplo, el de espina de pez; así como subdrenajes en la ladera. Los subdrenajes deben interceptar y conducir adecuadamente las aguas de infiltración y subterráneas reduciendo las presiones intersticiales (Anexo 3, figura 42).
3. Sellar las grietas tensionales localizadas en la parte media de la ladera, mediante la aplicación de materiales impermeables como arcillas, que eviten la infiltración de agua. En esa misma línea es necesario implementar planes de reforestación en la parte baja de la ladera, usando especies nativas (Anexo 3, figura 42).
4. Controlar y restringir la expansión urbana, hacia la vertiente coluvio-deluvial, así como restringir el acceso y tránsito peatonal por la zona de deslizamiento.
5. Las autoridades locales y comunidad deben implementar y participar en el monitoreo visual de la actividad y evidencias de agrietamientos y otros en la zona de deslizamientos de la parte baja y media de la ladera, a fin de identificar a tiempo la formación e incremento de los vectores de movimientos en las zonas de reptación que puedan conllevar a la generación de deslizamientos mayores.
6. Todas las medidas estructurales indicadas, así como la elaboración de informes de evaluación de riesgos (EVAR) para el caserío Vista Alegre y alrededores, deben ser realizadas y supervisadas por especialistas, que tengan en cuenta cálculos hidrológicos y geotécnicos, que determinen, las características ingenieriles de cada una.
7. Realizar charlas de sensibilización y concientización del peligro y riesgo a las que se encuentran expuestos la población y medios de vida (zonas agrícolas) en el caserío Vista Alegre.



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

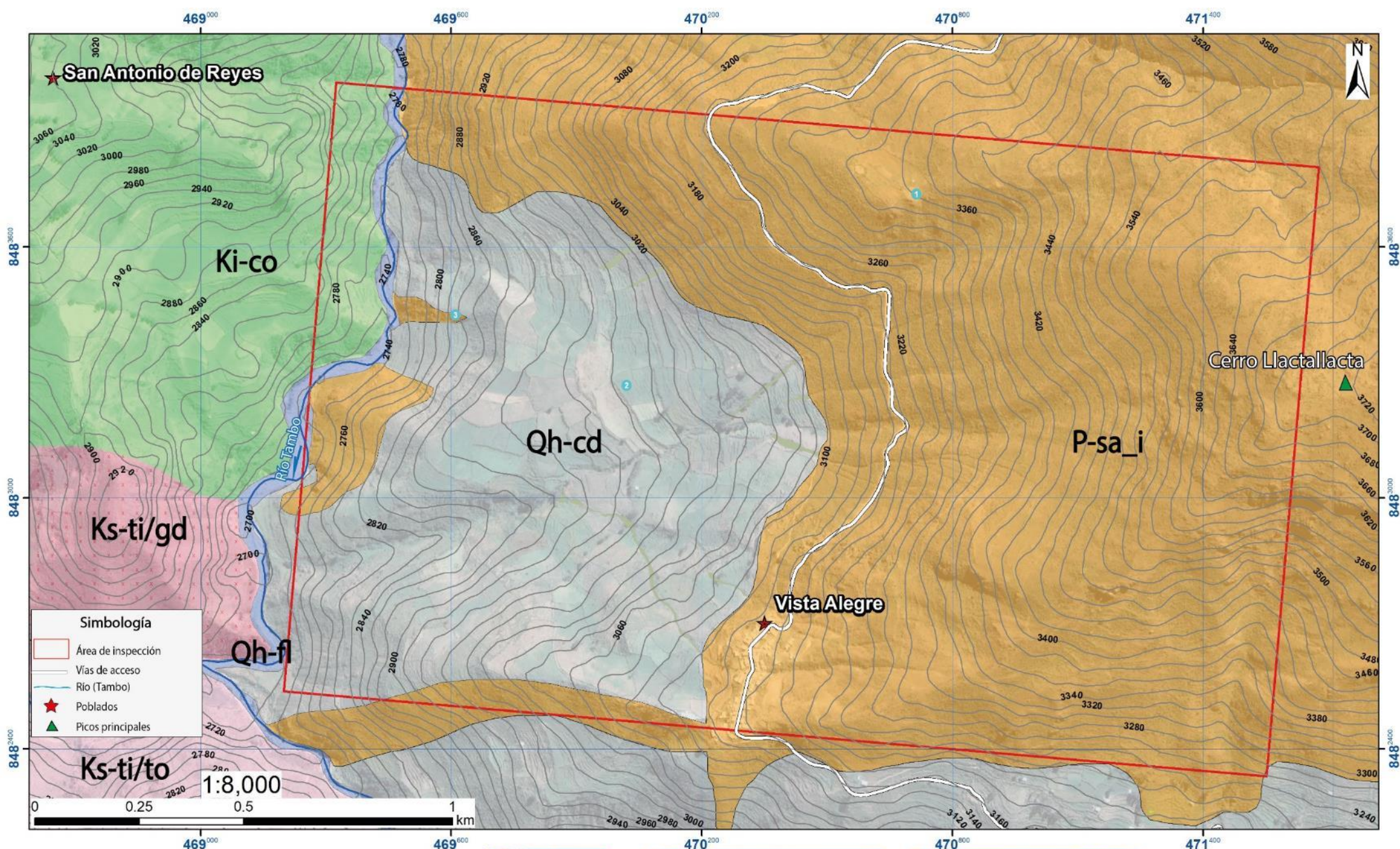


.....
Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL
Director
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

7. BIBLIOGRAFÍA

- Cruden, D.M. & Varnes, D.J. (1996) - Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportation researchs board Special Report 247, p. 36-75.
- De La Cruz y Jaimes (2003) Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Santiago de Chocorvos (28 m) Serie A: Carta Geológica Nacional <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2125>
- Palacios, O. (1994) - Geología del cuadrángulo de Santiago de Chocorvos y Paras. Hojas: 28-m y 28-n - [Boletín A 49] Serie A: Carta Geológica Nacional <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/170>
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) - Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 432 p., Publicación Geológica Multinacional, 4. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2010a) – Guía climática turística (en línea). Lima: SENAMHI, 216 p. (consulta: 03 junio 2015). Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos>.
- Suárez, J. (1996) - Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Bucaramanga: Instituto de Investigación sobre Erosión y Deslizamientos, 282 p
- Varnes, J. (1978) - Slope movements types and processes. In: SCHUSTER, L. & KRIZEK, J. Ed, Landslides analysis and control. Washington D.C. National Academy Press Transportation Research Board Special Report 176, p.
- Vilchez, M.; Ochoa, M. & Pari, W. (2019). Peligro geológico en la región Huancavelica. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 69, 225 p., 9 mapas. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2479>.
- Villota, H. (2005) - Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.

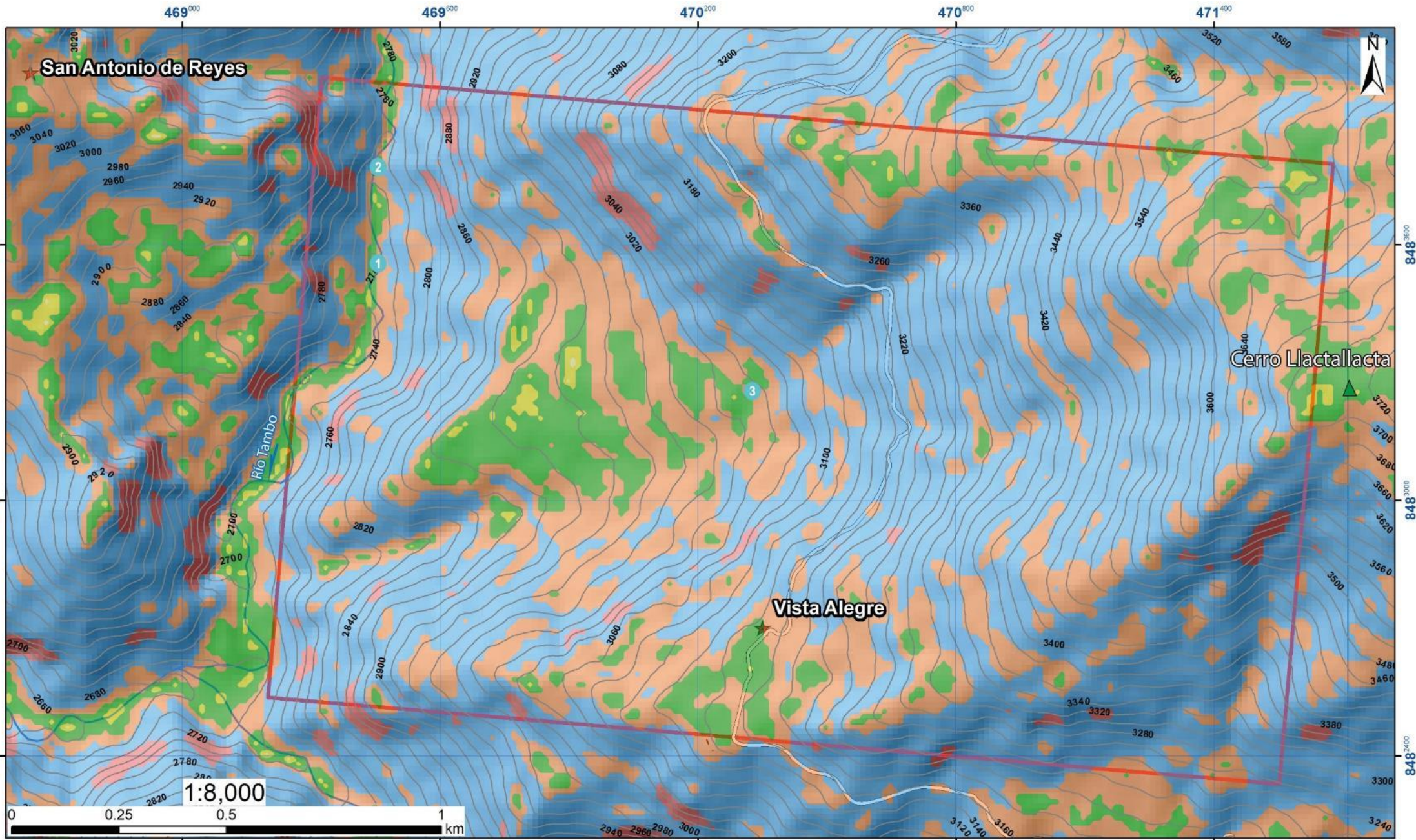
ANEXO 1: MAPAS



| Sistema | Unidad | U.Litoestratigráficas | Intrusivos |
|-------------|-------------------------|-----------------------|--|
| Cuaternario | Dep. Coluvio-deluvial | Qh-cd | BATOLITO DE LA COSTA Granodiorita Ks-ti/gd Tonalita Ks-ti/to |
| | Dep. Fluvial | Qh-fl | |
| Paleógeno | Gpo. Sacsacero inferior | P-sa_i | |
| Cretácico | Formación Copara | Ki-co | |




INGEMMET
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLOGICO
 ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLOGICOS A NIVEL NACIONAL
 REGION LIMA
 PROVINCIA HUARAL
 DISTRITO HUARAL
MAPA GEOLOGICO EN EL CASERIO VISTA ALEGRE
 Escala: 1/8000 - A3
 Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84
 Versión digital 2021 Impreso: 2021



| Leyenda | |
|-----------|---------------------------------------|
| Rango | Superficie Topográfica |
| 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 |

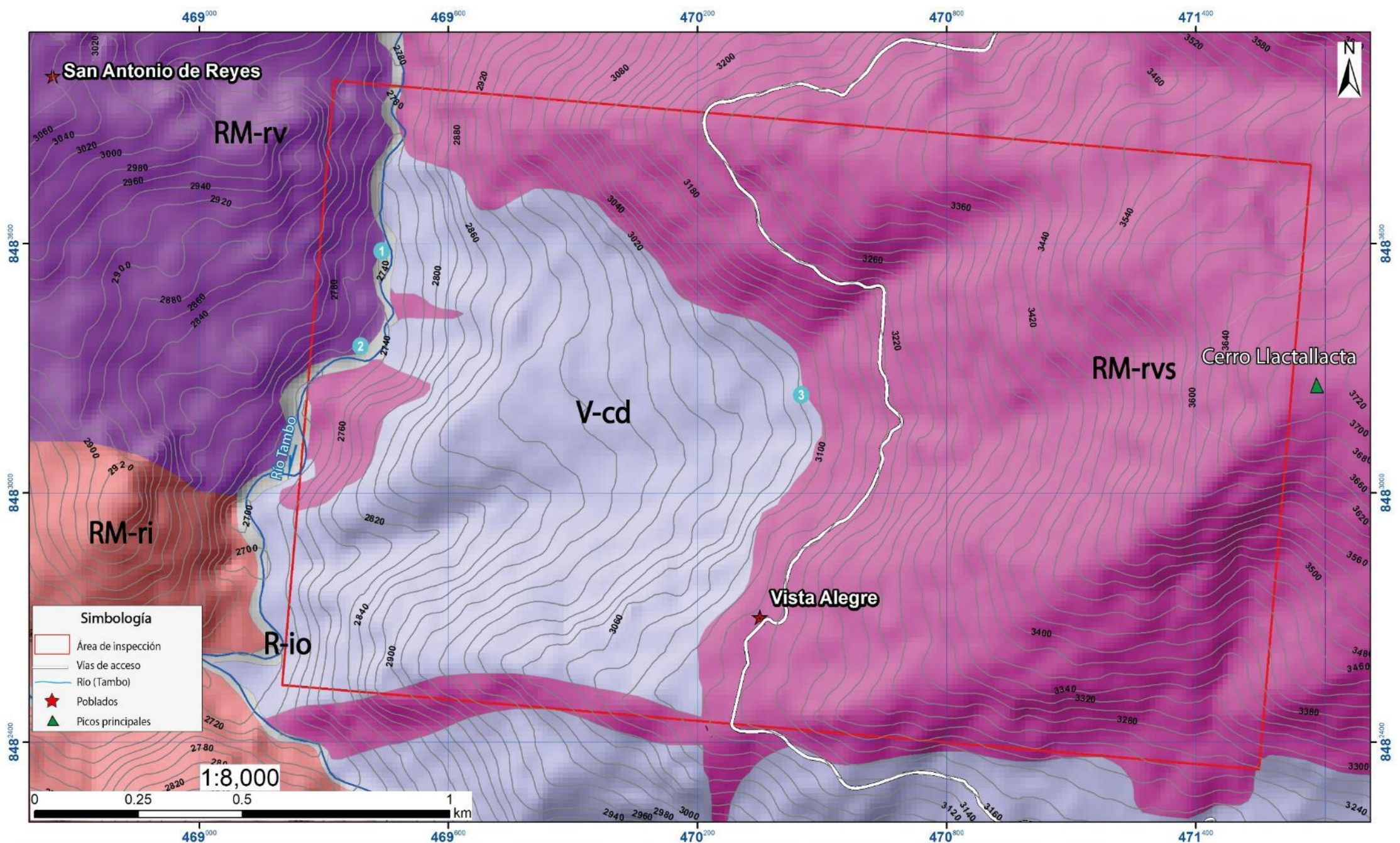
| Simbología | |
|------------|--------------------|
| | Área de inspección |
| | Vías de acceso |
| | Río (Tambo) |
| | Poblados |
| | Picos principales |



SECTOR MINERÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
 REGIÓN LIMA
 PROVINCIA HUARAL
 DISTRITO HUARAL

MAPA DE PENDIENTES EN EL CASERIO VISTA ALEGRE

| | | |
|-----------------------------|-----------------------|--------------------|
| Escala: 1/8000 - A3 | Elaborado por: G.Luna | MAPA 02 |
| Proyección: UTM Zona 18 Sur | Datum: WGS 84 | |
| Version digital 2021 | Impreso: 2021 | |

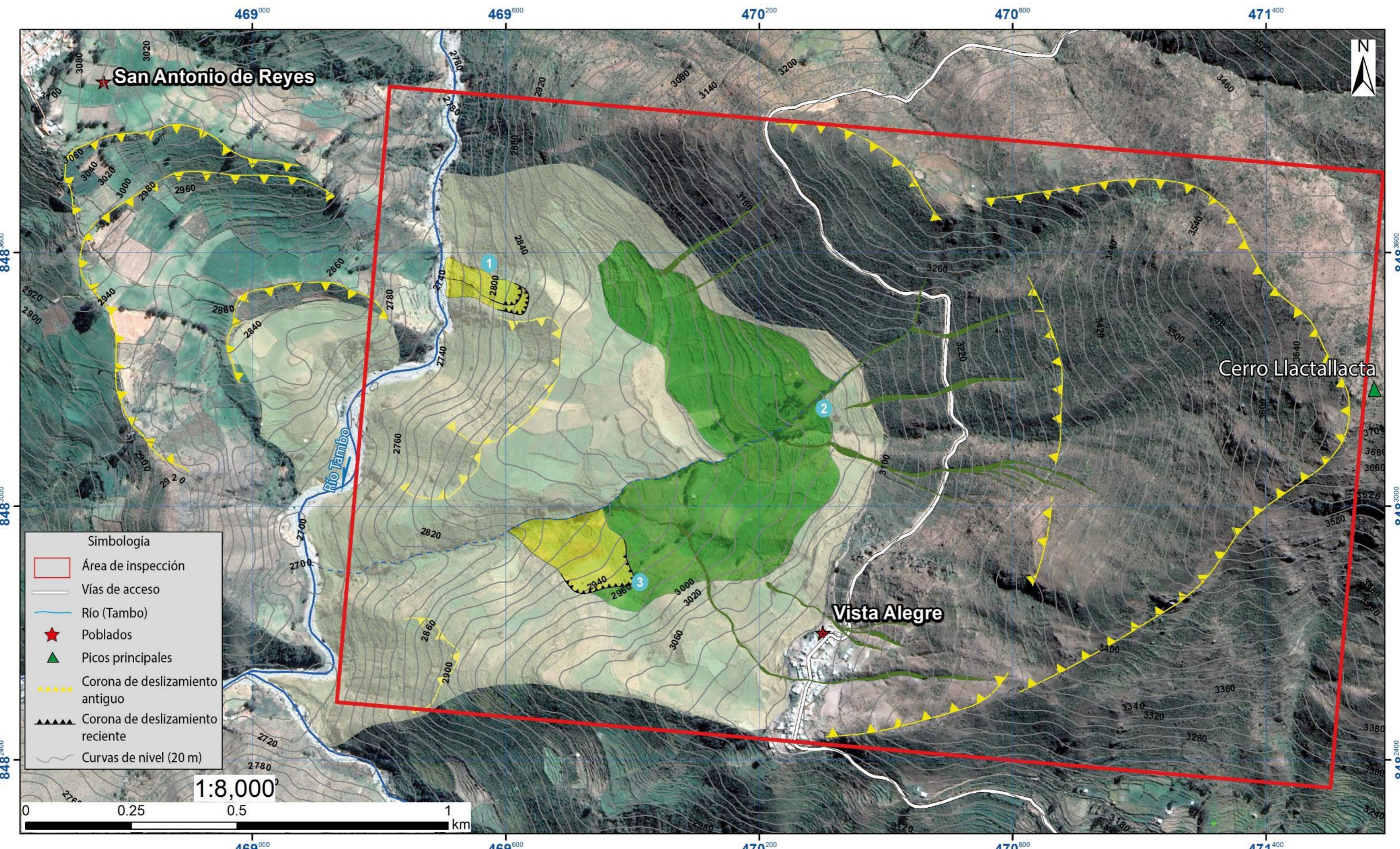


| UNIDAD | SUB UNIDAD | TRAMA |
|--------------|--|--------|
| MONTAÑAS | Montaña en roca intrusiva | RM-ri |
| | Montaña en roca volcánica | RM-rv |
| | Montaña en roca volcánico - sedimentaria | RM-rvs |
| PIEDEMONTE | Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial | V-cd |
| PARTICULARES | Cauce del río | R-io |



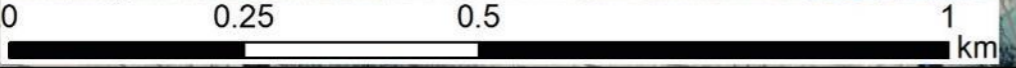

 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLOGICO
 ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLOGICOS A NIVEL NACIONAL
 REGIÓN LIMA
 PROVINCIA HUARAL
 DISTRITO HUARAL

MAPA GEOMORFOLÓGICO EN EL CASERÍO VISTA ALEGRE
 Escala: 1/8000 - A3 Elaborado por: G. Luna **MAPA 03**
 Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84 Versión digital 2021 Impreso: 2021



| Simbología | |
|------------|----------------------------------|
| | Área de inspección |
| | Vías de acceso |
| | Río (Tambo) |
| | Poblados |
| | Picos principales |
| | Corona de deslizamiento antiguo |
| | Corona de deslizamiento reciente |
| | Curvas de nivel (20 m) |

1:8,000



| Tipo | Tipo de peligro | Subtipo | Estado | |
|--------------------|---------------------|----------------|------------------|--|
| Movimiento en masa | Deslizamiento | rotacional | Activo | |
| | Reptación de suelos | | Inactivo latente | |
| | Otros | Carcavamientos | Activo | |



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLOGICO
 ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLOGICOS A NIVEL NACIONAL
 REGIÓN LIMA
 PROVINCIA HUARAL
 DISTRITO HUARAL

MAPA DE PELIGROS GEOLOGICOS EN EL CASERIO VISTA ALEGRE

Escala: 1/8000 - A3 Elaborado por: G. Luna **MAPA 04**

Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84
 Versión digital 2021 Impreso: 2021

ANEXO 2: GLOSARIO

En el presente glosario se describe según los términos establecidos en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007).

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 ladera abajo. Sobre ella suelen presentarse algunas grietas paralelas o semi paralelas conocidas como grietas de tensión o de tracción.

DESLIZAMIENTO: Son movimientos de masas de roca, residuos o tierra, hacia abajo de un talud” (Cruden, 1991), son uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan a los humanos, causando miles de muertes y daños en las propiedades, por valor de decenas de billones de dólares cada año (Brabb y Harrod, 1989). Los deslizamientos producen cambios en la morfología del terreno, diversos daños ambientales, daños en las obras de infraestructura, destrucción de viviendas, puentes, bloqueo de ríos, etc.

Los desplazamientos en masa se dividen en subtipos denominados deslizamientos rotacionales, deslizamientos traslacionales o planares y deslizamientos compuestos de rotación. Esta diferenciación es importante porque puede definir el sistema de análisis y el tipo de estabilización que se va a emplear (Suarez J., 2009).

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

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.

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

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

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 sin.: Fenómeno de remoción en masa (Co, Ar), proceso de remoción en masa (Ar), remoción en masa (Ch), fenómeno de movimiento en masa, movimientos de ladera, movimientos de vertiente. Movimiento ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991).

ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

Medidas de mitigación para deslizamientos y reptación de suelos

1. Manejo de aguas de escorrentía

La topografía y el régimen de lluvias pueden favorecer la acción del agua de escorrentía, causando de muchos fenómenos erosivos. Cuando no es posible propiciar una mayor infiltración, porque la topografía no lo permite, es necesario evacuar el agua hasta los cauces naturales, de esta manera se evita la saturación del terreno y disminuye la inestabilidad de la ladera que ha favorecido procesos de movimientos en masa.

Las obras de drenajes se recomiendan cuando:

- Hay que evacuar aguas sobrantes superficiales
- Existen volúmenes de agua grandes a drenar
- El nivel freático se encuentra cerca de la superficie del terreno.
- Las características climáticas del sector corresponden a zonas lluviosas.
- Cuando existen filtraciones de agua subterráneas.

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

Las medidas de drenaje recomendadas son:

- a. Drenaje Superficial: Las zanjas construidas permiten la recolección de aguas superficiales, captan la escorrentía tanto de la ladera, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y desvía el agua a las quebradas adyacentes al cuerpo de deslizamiento, evitando su infiltración, captando el agua de escorrentía, llevándola a las quebradas. Estas deben ser construidas en la parte superior al escarpe principal del deslizamiento o ladera inestable. En las obras construidas - zanjas de drenaje es necesario impermeabilizar la caja hidráulica captando y evitando totalmente la infiltración de las aguas de escurrimiento (figura 33).
- b. Drenaje tipo Espina de Pescado: Construcción de canales colectores, los cuales conducen las aguas colectadas fuera de las áreas vulnerables de las laderas, entregándolas a torrenteras o canales naturales de agua. Estos canales deben impermeabilizarse adecuadamente para evitar la infiltración del agua (figura 34).

El detalle gráfico de estas obras, y un esquema referencial de aplicación de laderas, se presentan en las figuras 33-35

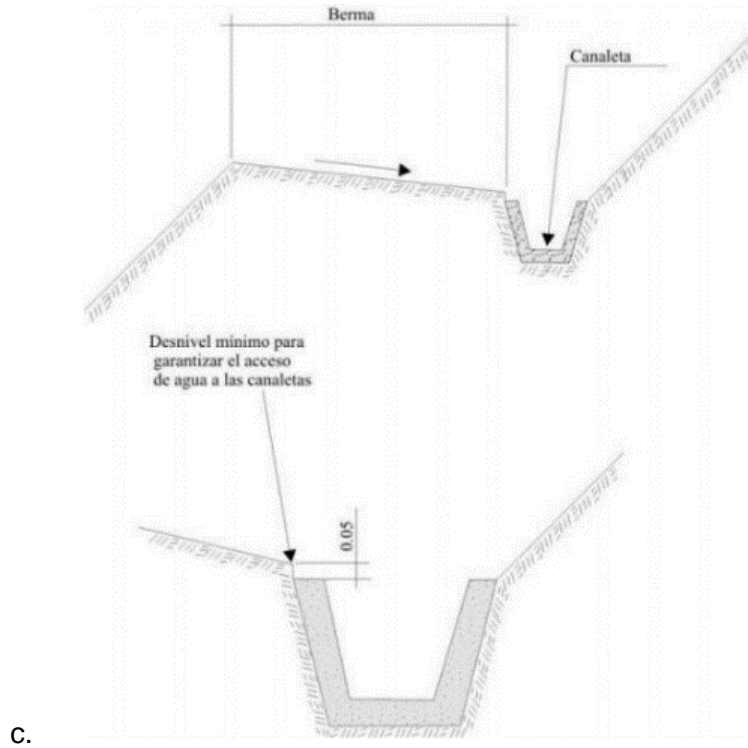


Figura 34. Detalle de una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Fuente: Ingemmet (2000).

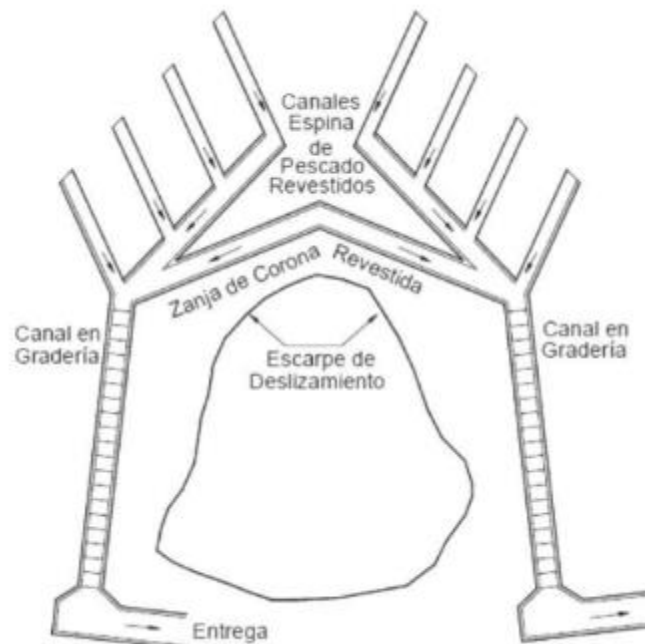


Figura 35. Esquema en planta de canales colectores. Espina de Pescado (Suarez, J.2010)

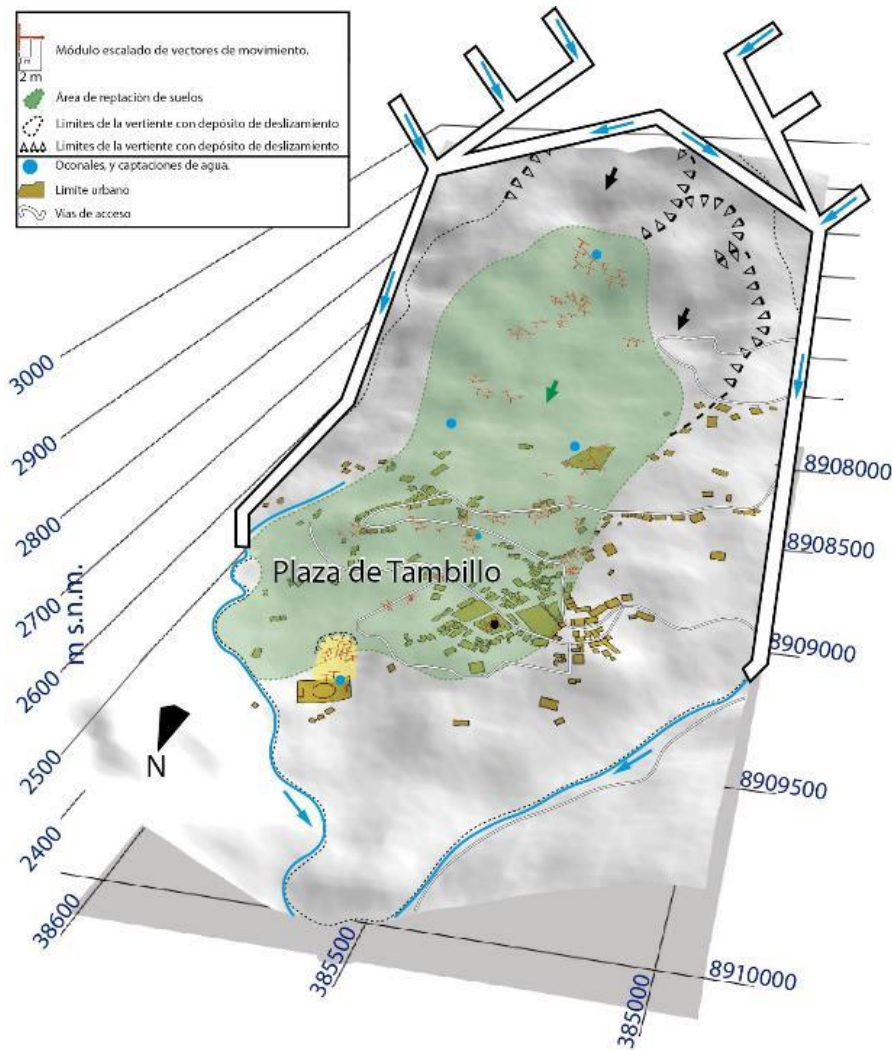


Figura 36. Esquema referencial de sistemas de drenaje para el control de aguas superficiales, que favorecen los procesos de reptación en el centro poblado de Tambillo (Luna, et al 2020)

Tipos de obra de drenaje superficial:

- a) **Canales para redireccionar el agua de escorrentía:** Se debe impedir que el agua de escorrentía se dirija hacia la zona inestable.
- b) **Zanjas de corona.** Las zanjas en la corona o en la parte alta de un talud, son utilizadas para interceptar y conducir adecuadamente las aguas de lluvias y evitar su paso por la ladera. La zanja de la corona no debe construirse muy cerca del borde superior de la ladera o talud, para evitar que se convierta en activadora de un deslizamiento en cortes recientes; o en una nueva superficie de falla (movimiento regresivo) en deslizamientos activos; o se produzca la falla de la corona del talud o escarpe.
- c) **Diques en la corona del talud.** Son diques en relleno, colocados arriba de la corona, con el objeto de desviar hacia los lados las aguas de escorrentía.
- d) **Drenes Franceses.** Son zanjas rellenas de material granular grueso que tienen por objetivo captar y conducir las aguas de escorrentía.
- e) **Trinchos o Cortacorrientes.** Consisten en diques a través del talud para desviar lateralmente, las aguas de escorrentía.

- f) **Torrenteras.** Son estructuras que recogen las aguas de los canales, diques o cortacorrientes y las conducen hacia abajo del talud. Generalmente, incluyen elementos para disipar la energía del flujo del agua.
- g) **Sellado de grietas con arcilla o mortero.** El objeto es impedir la infiltración de agua hacia el deslizamiento.
- h) **Canales colectores en Espina de Pescado.** Para disminuir la infiltración de agua en las áreas grandes arriba del talud, se construyen canales colectores en Espina de Pescado, los cuales conducen las aguas colectadas fuera de las áreas vulnerables del talud, entregándolas generalmente a los canales en gradería o torrenteras. Estos canales deben impermeabilizarse adecuadamente para evitar la nuevamente la infiltración del agua.

Cuadro N° 5: Ventajas y desventajas del uso de diferentes métodos de corrección por drenaje. Fuente: Suárez, 1996.

| Método | Ventajas | Desventajas |
|--|--|---|
| Canales superficiales para el control de escorrentía | Se recomienda construirlos como obra complementaria en la mayoría de los casos. Generalmente, las zanjas se construyen arriba de la corona del talud | Se deben construir estructuras para la entrega de las aguas y la disipación de energía. |
| Subdrenes de zanja | Muy efectivos para estabilizar deslizamientos poco profundos, en suelos saturados sub superficialmente. | Poco efectivos para estabilizar los deslizamientos profundos o los deslizamientos con nivel freático profundo |
| Subdrenes horizontales de penetración | Muy efectivos para interceptar y controlar las aguas subterráneas relativamente profundas. | Se requieren equipos especiales de perforación y su costo puede ser alto. |
| Galerías o túneles de subdrenaje | Efectivos para estabilizar los deslizamientos profundos en las formaciones con permeabilidad significativa y aguas subterráneas | Muy costosos y complejos de construir |
| Pozos profundos de subdrenaje | Útiles en los deslizamientos profundos con aguas subterráneas. Efectivos para las excavaciones no permanentes. | Su uso es limitado debido a la necesidad de operación y mantenimiento permanente |

2. Manejo de aguas subterráneas

El drenaje subterráneo tiene por objeto disminuir las presiones de poro o impedir que estas aumenten.

La cantidad de agua recolectada por un sistema de subdrenaje depende de la permeabilidad de los suelos o rocas y de los gradientes hidráulicos. Cuando se instala un dren generalmente, el nivel piezométrico se disminuye al igual que el gradiente hidráulico, lo cual disminuye el caudal inicial recolectado por los drenes.

Las obras que se podrían implementar para el control de aguas subterráneas son las siguientes:

- a) Filtros y trincheras drenantes o subdrenes interceptores: los filtros son muy aptos para abatir el nivel freático, transportar el exceso de lluvia e interceptar corrientes subterráneas (figura 37 y 38).

Los subdrenes interceptores son zanjas excavadas a mano o con retroexcavadora, rellenas de material filtrante y elementos de captación y transporte del agua. La profundidad máxima de estas zanjas es de aproximadamente seis metros. Los hay de diversas formas así:

- Con material de filtro y tubo colector (Figura 36)
- Con material grueso permeable sin tubo (filtro francés)
- Con geotextil como filtro, material grueso y tubo colector.
- Con geotextil, material grueso y sin tubo.
- Tubo colector con capa gruesa de geotextil a su alrededor.
- Dren sintético con geomalla, geotextil y tubo colector

El tipo de dren interceptor a emplear dependerá de:

- Disponibilidad de materiales en la región y costos.
- Necesidad de captación y caudal del dren.

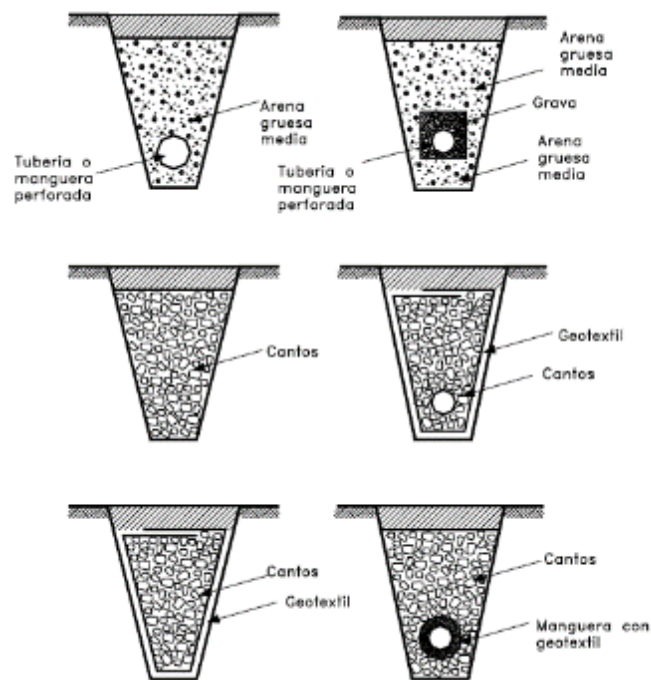


Figura 37. Esquema de sistemas de dren de zanjas.

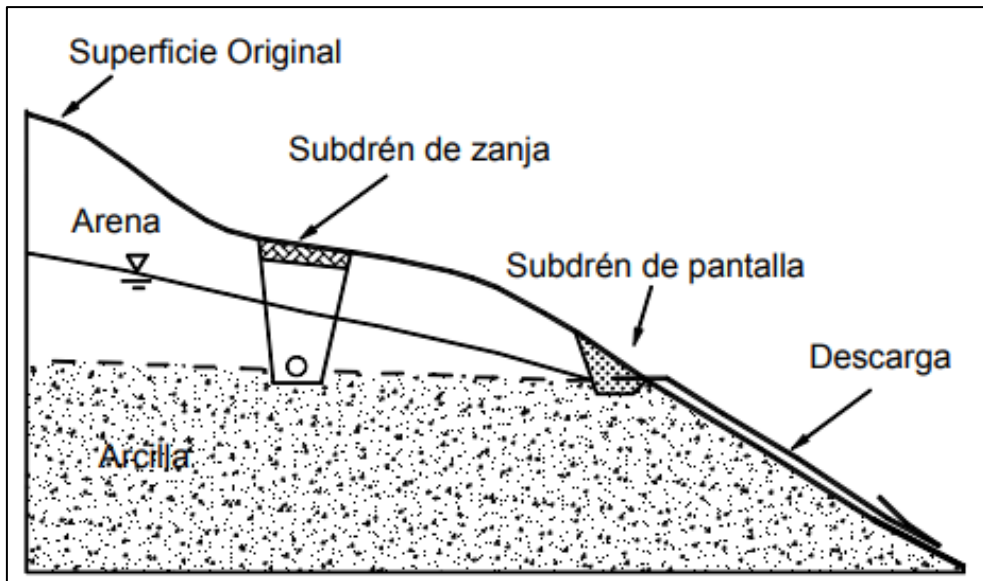


Figura 38. Sistemas de subdrenaje (Suárez, 1998).

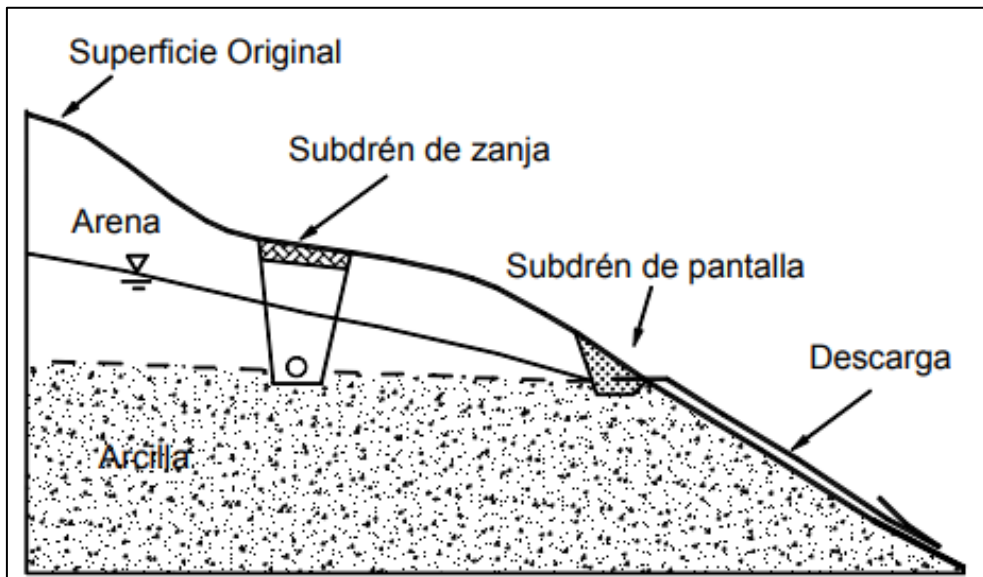


Figura 39. Esquema de un subdrenaje interceptor y un dren en el afloramiento (Suárez, 1998).

3. Manejo de zonas de deslizamiento.

Para deslizamientos de magnitudes pequeñas, se pueden aplicar obras de bioingeniería, que utilizan plantas o parte de ellas, como estacas vivas. Estos elementos pueden ser introducidos dentro del terreno y dispuestos de manera conveniente siguiendo patrones, definidos por especialistas, las funciones de estos son:

- Refuerzan las capas superficiales del suelo.
- Son una barrera interna contra movimientos de material detrítico.
- Retienen la humedad excedente y funcionan como drenes.

MUROS RÍGIDOS Son estructuras de contención generalmente de concreto que no permiten deformaciones importantes sin romperse (cuadro 6). Se apoyan sobre suelos competentes para transmitir fuerzas de su cimentación al cuerpo del muro y de esta forma generar fuerzas de contención. La utilización de muros rígidos es una de las formas más sencillas de manejar cortes y terraplenes. Los muros rígidos actúan como una masa relativamente concentrada que sirve de elemento contenedor de la masa inestable.

Cuadro N° 6: Ventajas y desventajas del uso de muros. Fuente: Suárez, 1996.

| Muro | Ventajas | Desventajas |
|---|--|---|
| Reforzado | Los muros de concreto reforzado pueden emplearse en alturas grandes (superiores a ocho metros), previo su diseño estructural y estabilidad. Se utilizan métodos convencionales de construcción, en los cuales la mayoría de los maestros de construcción tienen experiencia. | Requieren de buen piso de cimentación. Son poco económicos en alturas muy grandes y requieren de formaletas especiales. Su poco peso los hace poco efectivos en muchos casos de estabilización de deslizamientos de masas grandes de suelo |
| Concreto simple | Relativamente simples de construir y mantener, pueden construirse en curvas y en diferentes formas para propósitos arquitectónicos y pueden colocarse enchapes para mejorar su apariencia exterior | Se requiere una muy buena fundación y no permiten deformaciones importantes, se necesitan cantidades grandes de concreto y un tiempo de curado antes de que puedan trabajar efectivamente. Generalmente, son poco económicos para alturas mayores de tres metros. |
| Concreto ciclópeo | Similares a los de concreto simple. Utilizan bloques o cantos de roca como material embebido, disminuyendo los volúmenes de concreto. Generalmente, son más económicos que los de concreto simple o reforzado. | Se requiere muy buena fundación. El concreto ciclópeo (cantos de roca y concreto) no puede soportar esfuerzos de flexión grandes. Se requiere la disponibilidad de bloques de roca. |
| Concreto ciclópeo con columnas de refuerzo | Combinan las ventajas de economía del concreto ciclópeo con la capacidad de flexión del concreto reforzado | Es muy poca la investigación sobre su comportamiento y no existe una metodología aceptada de diseño |
| Mampostería o bloques de roca pegados con concreto | Son muy económicos cuando hay disponibilidad de bloques de roca. Son visualmente atractivos | Se requiere muy buena fundación. Resistencia muy baja a la flexión. Son muy vulnerables a los movimientos. |

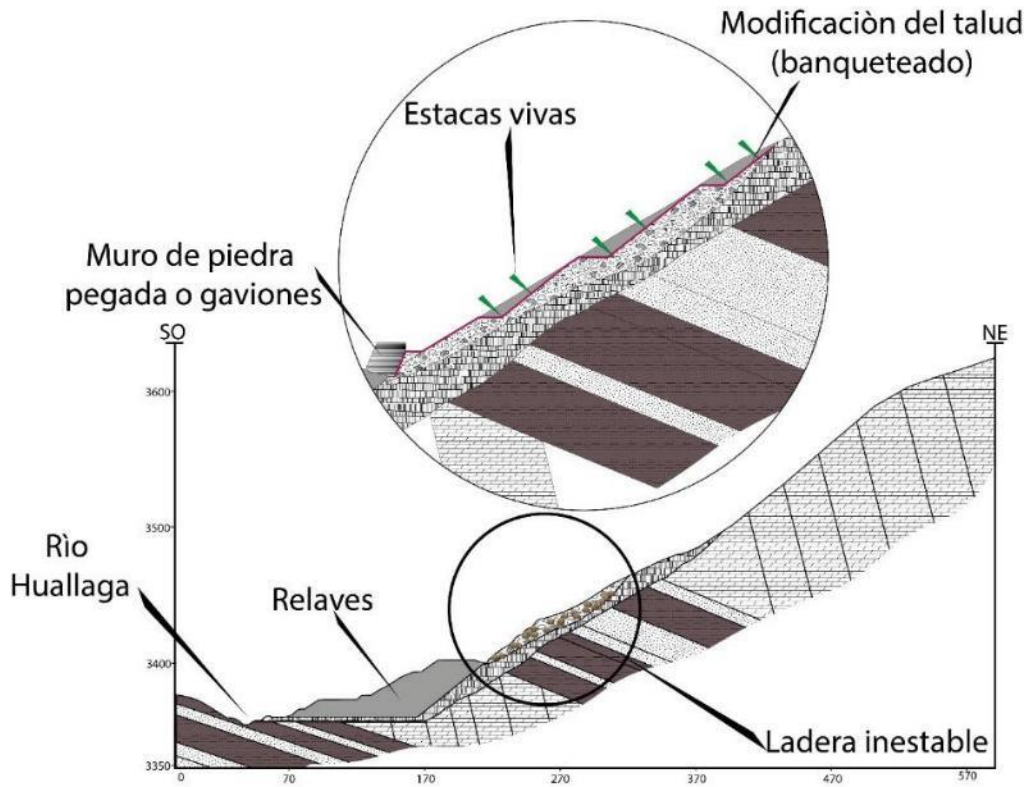


Figura 40. Ejemplo de aplicación de estacas vivas en una ladera inestable.

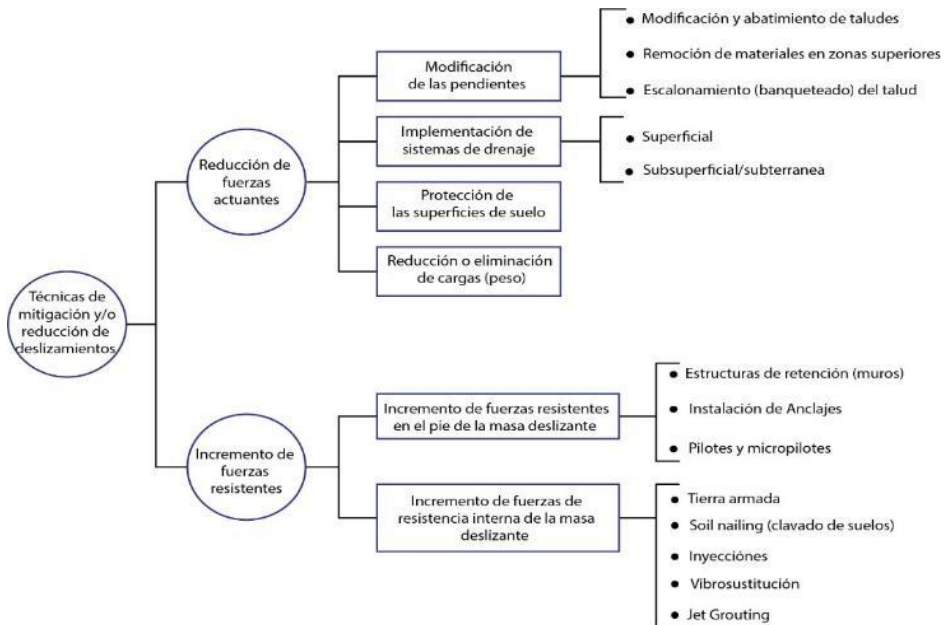


Figura 41. Esquema de técnicas de reducción de deslizamientos.

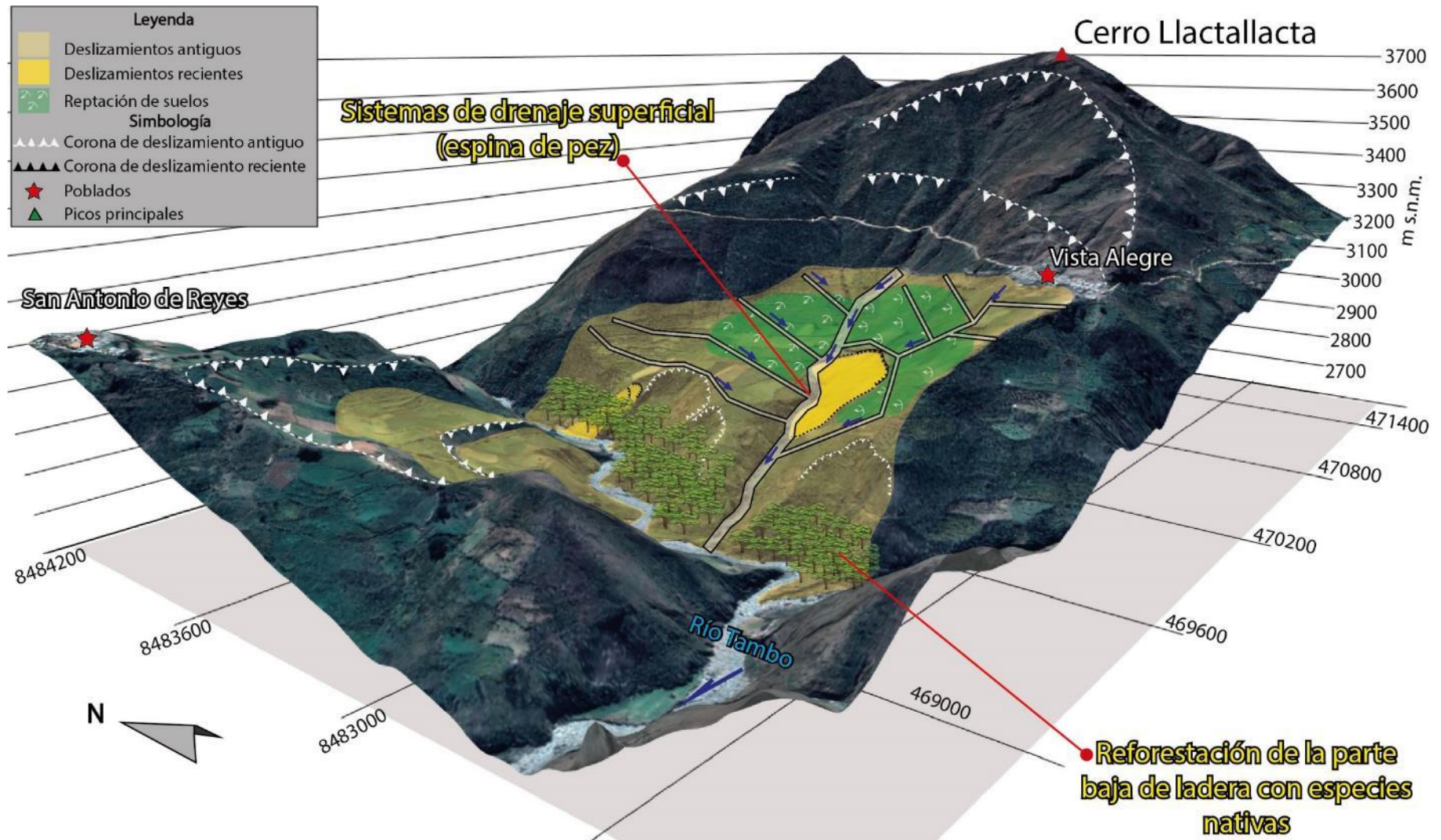


Figura 42. Esquema visual **referencial** de las medidas de reducción: de drenajes de espina de pez y reforestación, que se podrían realizar en el caserío de Vista Alegre (las medidas, ubicación final y disposición de obras estructurales deben ser diseñados por especialistas previa realización de estudios hidrológicos y geotécnicos).