

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7482

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CASERÍO YANANO

Departamento Huánuco
Provincia Pachitea
Distrito Chaglla



EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLOGICOS EN EL CASERIO YANANO

Distrito de Chaglla, provincia de Pachitea, departamento de Huánuco

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

Equipo de investigación:

*Guisela Choquenaira Garate
Max Chavez Ticona*

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). *Evaluación de peligros geológicos en el caserío Yanano. Distrito de Chaglla, provincia de Pachitea, departamento de Huánuco*. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7482, 37p.

INDICE

RESUMEN	4
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. Objetivos del estudio	5
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	5
1.4. Aspectos generales.....	6
1.4.2. Accesibilidad	7
1.4.3. Población	7
1.4.1. Clima	7
2. DEFINICIONES	9
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	10
3.1. Unidades Litoestratigráficas	10
3.1. Depósitos superficiales	10
3.1.1. Depósito coluvial	10
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	12
4.1. Pendientes del terreno	12
4.2. Modelo digital de elevaciones (MDE)	12
4.3. Unidades geomorfológicas	14
4.3.1. Unidad de montaña	14
4.3.2. Unidad de piedemonte	15
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	16
5.1. Movimientos en masa	16
5.2. Factores condicionantes	27
5.3. Factores desencadenantes	28
5.4. Factores Antrópicos	28
6. CONCLUSIONES.....	29
7. RECOMENDACIONES.....	30
BIBLIOGRAFÍA:	31
ANEXO 1	32

RESUMEN

El presente informe es el resultado de la evaluación de peligros geológicos, realizado en el caserío Yanano, perteneciente a la jurisdicción distrital de Chaglla, provincia de Pachitea, departamento de Huánuco. 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.

Litológicamente, la presencia de calizas de mediana a muy fracturadas y zonas con importante meteorización en la parte alta de la ladera de Yanano, condicionan la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes. Sin embargo, el afloramiento de calizas al pie del deslizamiento, presenta de poco a mediano fracturamiento, y de ligera a moderada meteorización, estas condiciones del afloramiento están conteniendo el desplazamiento de la masa localizada en la parte media y alta de Yanano.

La presencia de depósitos inconsolidados, de estructura masiva, poroso y húmedo, identificado en la ladera norte que limita el caserío Yanano, está compuesto por bloques con diámetro de hasta 3 m, gravas, arenas, limos y arcillas. Son considerados suelos inestables, de malas características geotécnicas, no competentes y susceptibles a la generación de movimientos en masa, en particular deslizamientos y derrumbes.

En la ladera norte de Yanano la pendiente cambia de media (5° - 15°) a muy fuerte (25° - 45°), esta variación del relieve se debe a la ocurrencia de eventos antiguos, como deslizamientos y derrumbes. En la parte baja de la ladera, la pendiente cambia de muy fuerte a abrupta ($>45^{\circ}$), debido a la presencia de afloramiento rocoso. Este rango de pendientes coadyuva en la reactivación del derrumbe ubicado al pie de la ladera, cuyo material desplazado interrumpió el paso vehicular de la tocha carrozable.

En la zona se ha inventariado 5 ojos de agua, parte de estas aguas discurre ladera abajo y la otra parte infiltra al terreno, incrementando el humedecimiento y saturación de suelos. Este proceso hidrogeológico, favorece la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes.

Desde el punto de vista de geodinámica externa, se han identificado deslizamientos y derrumbes, que cubren un área de 115.68 ha, el primero con escarpas múltiples y superficie de falla rotacional. En la actualidad, uno de los deslizamientos reactivados muestra desplazamientos de hasta 1.5 m y agrietamientos longitudinales y transversales en toda la ladera norte de Yanano; afectando viviendas, terrenos de cultivo y vías de acceso.

El factor antrópico, como la modificación de laderas naturales o depósitos de eventos antiguos por cortes artificiales para habilitación de vías y viviendas, uso de riego por aspersión de cultivos las 24 horas del día (técnica de riego mal empleada se convierte en un riego por inundación) y el vertimiento de agua sobre el terreno por ruptura de tubería juega un papel importante en la ocurrencia de movimientos en masa en el caserío Yanano.

Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y de geodinámica externa, se determina que el caserío Yanano presenta **Peligro Alto y Zona crítica** por movimientos en masa, de tipo deslizamientos y derrumbes.

Por todo lo expuesto anteriormente, se recomienda evacuar a la población afectada a una zona segura. Además, implementar sistemas de drenaje que capten las aguas de escorrentía pluvial y manantiales. Para estabilizar la zona de derrumbe se puede emplear muros de contención, el tipo y diseño se determinará previo estudio geotécnico. Estas medidas servirán para atenuar y/o reducir los peligros geológicos identificados en el área de estudio.

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 en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la municipalidad distrital de Chaglla, según Oficio N°038-2024-MDCH-A, en el marco de nuestras competencias se realizó una evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa y otros peligros en el caserío de Yanano.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Guisela Choquenaira Garate y Max Chavez Chicoma, realizar la evaluación de peligros geológicos, el día 21 de octubre del 2023.

La evaluación técnica se realizó en 03 etapas: etapa de pre-campo con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET; etapa de campo a través de la observación, toma de datos (sobrevuelos dron, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada; y para la etapa final de gabinete se realizó el procesamiento de toda información terrestre y aérea adquirida en campo, fotointerpretación de imágenes satelitales, cartografiado e interpretación, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del informe.

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad distrital de Chaglla e instituciones técnico normativas del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – Sinagerd, como el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre - CENEPRED, a fin de proporcionar información técnica de la inspección, conclusiones y recomendaciones que contribuyan con la reducción del riesgo de desastres en el marco de la Ley 29664. A fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa en el caserío Yanano, que compromete viviendas e infraestructura.
- b) Determinar los factores condicionantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos por movimientos en masa.
- c) Proponer medidas de mitigación ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel regional en Huánuco, se tiene la siguiente información:

- A. Boletín N° 34 de la Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Estudio de Riesgos Geológicos en la Región Huánuco”, elaborado por Zavala & Vilchez (2006). El estudio contiene información sobre los peligros geológicos presentes en el departamento de Huánuco y los factores que condicionan su ocurrencia. El área de evaluación es considerada de alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa (figura 1).

Entendiéndose, la susceptibilidad a movimientos en masa como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico (movimiento en masa), expresado en grados cualitativos y relativos.

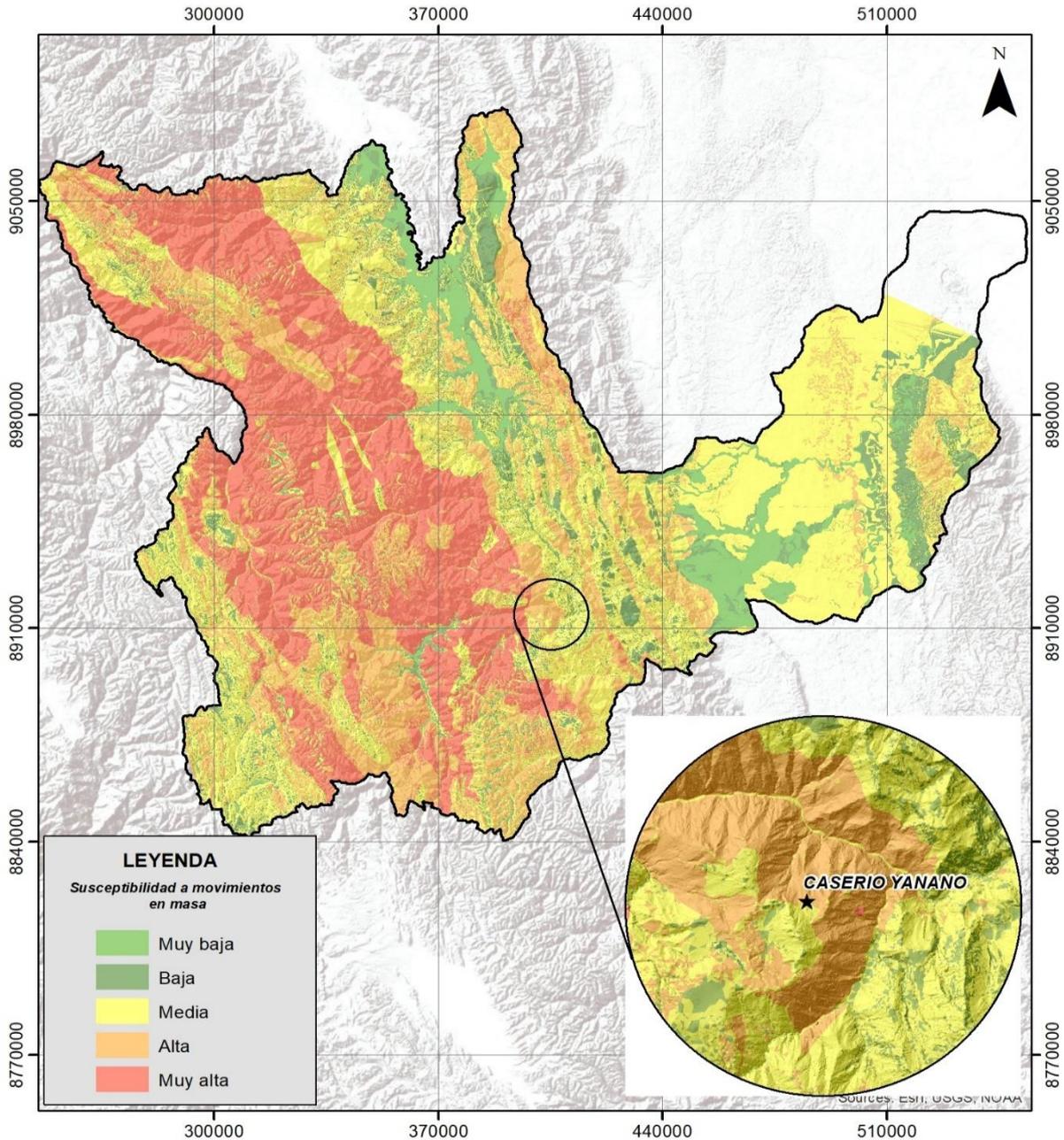


Figura 1. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa en el departamento de Huánuco. Fuente Zavala, 2006.

1.4. Aspectos generales

1.4.1. Ubicación

El caserío Yanano se encuentra en la margen derecha del río Huallaga, a 11.7 km al suroeste de Chaglla. Políticamente, pertenece al distrito de Chaglla, provincia de Pachitea, departamento de Huánuco (figura 2); en las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18 s) (tabla 1):

Tabla 1. Coordenadas del área evaluada

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	404294	8913848	9°49'28.82"	75°52'21.97"
2	406008	8914110	9°49'20.43"	75°51'25.68"
3	405313	8911993	9°50'29.30"	75°51'48.68"
4	403892	8912476	9°50'13.45"	75°52'35.29"
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	404994	8913215	9°49'49.48"	75°51'59.05"

1.4.2. Accesibilidad

Se accede por vía terrestre desde la ciudad de Lima (Ingemmet-sede central), mediante la siguiente ruta (cuadro 1):

Cuadro 1. Rutas y accesos al área evaluada.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Huánuco	Carretera asfaltada	403	9h 30 minutos
Huánuco – Chaglla	Trocha carrozable	83	2h 35 minutos
Chaglla – Yanano	Trocha carrozable	11.7	30 minutos

1.4.3. Población

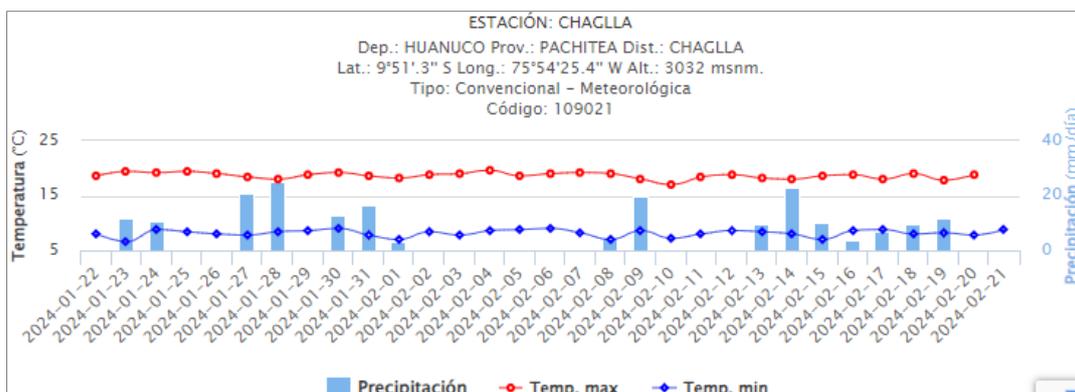
Según el sistema de Información geográfica del Instituto Nacional de estadística e Informática (INEI, 2017), la distribución poblacional del caserío Yanano asciende a 100 Habitantes (varones, mujeres y niños), y 40 viviendas censadas. <http://sige.inei.gob.pe/test/atlas/>

Con apoyo de los trabajos de campo se evidencia que las viviendas del centro poblado están construidas en su mayoría de material rústico (adobes).

1.4.1. Clima

Según la clasificación climática de Senamhi, Yanano tiene un clima lluvioso, otoño e invierno seco, con ambiente frío a templado. En cuanto a las precipitaciones, en la figura 3 se muestra que en el mes de enero se tuvo picos de hasta 18 mm de lluvia; así mismo, en el mes de febrero se observa lluvias prolongadas.

Gráfico 1. Este gráfico muestra la cantidad media de precipitaciones por mes para Chaglla.



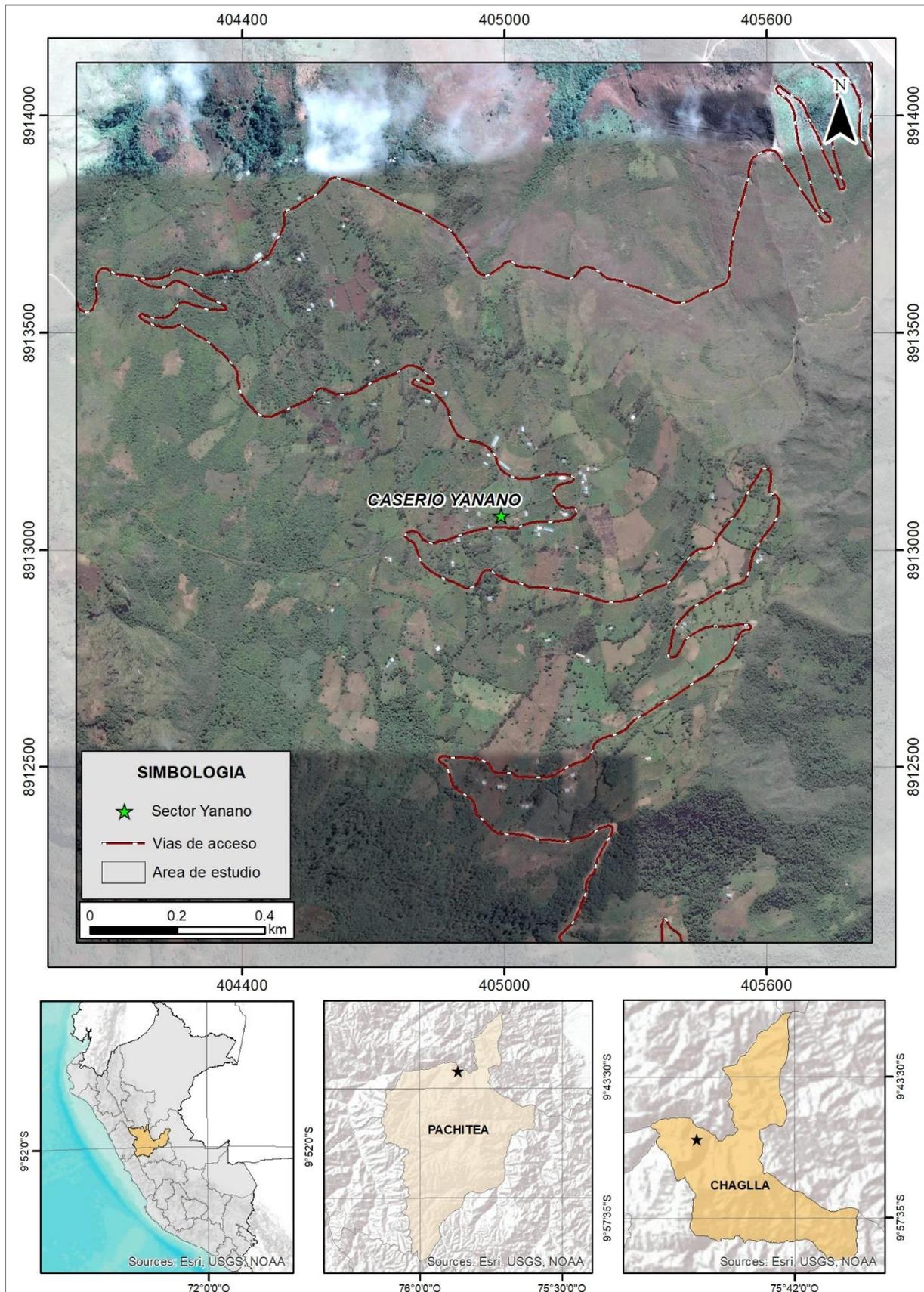


Figura 2. Mapa de ubicación del área evaluada

2. DEFINICIONES

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

CAÍDA DE ROCAS: Tipo de caída producido cuando se separa una masa o fragmento de roca y el desplazamiento es a través del aire o caída libre, a saltos o rodando.

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.

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

DESLIZAMIENTO: Movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla (Cruden y Varnes, 1996). Según la forma de la superficie de falla se clasifican en traslacionales (superficie de falla plana u ondulada) y rotacionales (superficie de falla curva y cóncava).

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.

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

FACTOR DETONANTE: Acción o evento natural 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.

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

METEORIZACIÓN Se designa así a 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 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 ladero abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991).

SUSCEPTIBILIDAD: La susceptibilidad está definida como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico, expresado en grados cualitativos y relativos. Los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos geodinámicos son intrínsecos (la geometría del terreno, la resistencia de los materiales, los estados de esfuerzo, el drenaje superficial y subterráneo, y el tipo de cobertura del terreno) y los detonantes o disparadores de estos eventos son la sismicidad y la precipitación pluvial.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La geología se desarrolló en base a la información obtenida en campo, apoyada en la carta Geológica del cuadrángulo de Panao – hoja 20-I, (*De La Cruz et al., 1996*), a escala 1/100 000, donde se presentan rocas sedimentarias, vulcano sedimentarias del Mesozoico y depósitos Cuaternarios, estos materiales a través de la cartografía y en base a la interpretación de imágenes satelitales, fotografías aéreas se completa en el mapa geológico, presentado en el mapa 1: Anexo 1.

3.1. Unidades Litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que aflora en la zona de estudio, corresponde al Grupo Mitu y Formación Pucará; así como, depósitos recientes de tipo coluvial, que han sido acumulados desde el Pleistoceno hasta la actualidad, los cuales se detallan a continuación:

3.1.1. Grupo Mitu (PET-m)

El Grupo Mitu sobreyace a los Grupos Copacabana-Tarma en discordancia angular. Litológicamente, está constituido por conglomerados, areniscas y lutitas, localmente intercaladas con rocas volcánicas (lavas y piroclastos verdosos y violáceos)

La base de este grupo está constituida principalmente por conglomerados, intercalados con areniscas. Los conglomerados contienen rodados de rocas graníticas y en menor cantidad sedimentarias, los cuales están relativamente bien redondeados. El tamaño de los cantos varía de 5 a 20 cm. La cantidad de matriz arenácea es generalmente escasa y de color marrón rojiza.

3.1.1. Formación Pucara (TsJi-p)

El Grupo Pucará en su parte basal consiste de calizas micríticas algo dolomíticas bituminosas y nodulares, presenta estratificación mediana a gruesa. En la parte intermedia consiste de una serie de intercalaciones de lutitas y calizas; las lutitas son gris oscuras a negras, en bancos medianos; las calizas son principalmente micríticas, gris oscuras a negras, semibituminosas, ocasionalmente arcillosas o limosas y con concreciones de chert, presenta estratos delgados a medianos. Hacia la parte superior la secuencia está compuesta por una predominancia de calizas micríticas, gris claras, en bancos delgados a muy gruesos con dolomitas interestratificadas, frecuentemente se observan cavidades rellenas de calcita a manera de drusas.

3.1. Depósitos superficiales

3.1.1. Depósito coluvial

Depósitos inconsolidados, de estructura masiva, poroso y húmedo, identificado en la ladera norte que limita el caserío Yanano, está compuesto por bloques con diámetro de hasta 3 m, gravas (20%), arenas (25%), limos (25%) y arcillas (20%) (fotografía 3). Los bloques de formas angulosas a subangulosas son de origen sedimentario, metamórfico y vulcano sedimentario.

Son suelos inestables, presentan malas características geotécnicas y se consideran no competentes, susceptibles a la generación de movimientos en masa, en particular deslizamientos y derrumbes.



Fotografía 1. Afloramiento de calizas medianamente fracturadas y moderadamente meteorizadas.



Figura 3. Vista de deposito de eventos antiguos, conformado por bloques, hasta de 3 m, gravas, arenas, limos y arcillas.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

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

Se analiza 5 rangos de pendientes que van de 0°-1° considerados terrenos de pendiente muy baja; 1°a 5° terrenos de pendiente baja; 5°a 15° pendiente moderada; 15°a 25° pendiente fuerte; 25°a 45° pendiente muy fuerte a escarpado; finalmente, mayor a 45° terreno con pendiente muy escarpado o abrupto.

En la figura 4A se muestra el mapa de pendientes del caserío Yanano, elaborado en base al modelo de elevación digital de 5 m de resolución, generado por Conida. En la vertiente coluvial, donde se ha asentado la población de Yanano, se tiene pendientes que varían de media (5°-15°) a muy fuerte (25°-45°), esta variación del relieve se debe a la ocurrencia de eventos antiguos, como deslizamientos, avalanchas y derrumbes, que ha marcado la morfología ondulada del terreno.

En la parte baja de la ladera, se tiene afloramiento de calizas, modificando en esta zona la pendiente, que varía de muy fuerte a abrupta (>45°). Este rango de pendientes ha coadyuvado en la reactivación del derrumbe ubicado al pie de la ladera, interrumpiendo el paso vehicular de la tocha carrozable que conduce a pueblos aledaños.

En el cuadro 2 se presenta de forma detallada, solo los rangos de pendientes que figuran en el mapa de pendientes local.

Cuadro 2. Rangos de pendiente identificados en el área evaluada.

RANGO	DESCRIPCIÓN	SECTOR	UNIDAD GEOMORFOLÓGICA
5°-15°	Pendiente moderada	Se presenta en la zona media de la ladera norte, sobre el cual se han desarrollado deslizamientos y derrumbes.	Vertiente coluvial
15°-25°	Pendiente fuerte	Se presenta en la ladera norte que circunda al caserío Yanano.	Ladera de montaña sedimentaria Vertiente coluvial
25°-45°	Pendiente muy fuerte o escarpada	Se presenta en casi toda el área de estudio, desde las partes altas del caserío Yanano, hasta las partes bajas, rango de pendientes que ha contribuido bastante en la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes.	Ladera de montaña sedimentaria Vertiente coluvial
>45°	Pendiente muy abrupta	Se observan en las laderas altas y bajas donde se localiza el caserío Yanano	Laderas de montaña sedimentaria Vertiente coluvial

4.2. Modelo digital de elevaciones (MDE)

En la figura 4B, se presenta el mapa de alturas del caserío Yanano, clasificados en tres niveles altitudinales, con la finalidad de visualizar la extensión con respecto a la diferencia de elevaciones. El deslizamiento reactivado de Yanano, inicia a una altitud de 3400 m s.n.m. y finaliza en la cota 3240 m s.n.m.

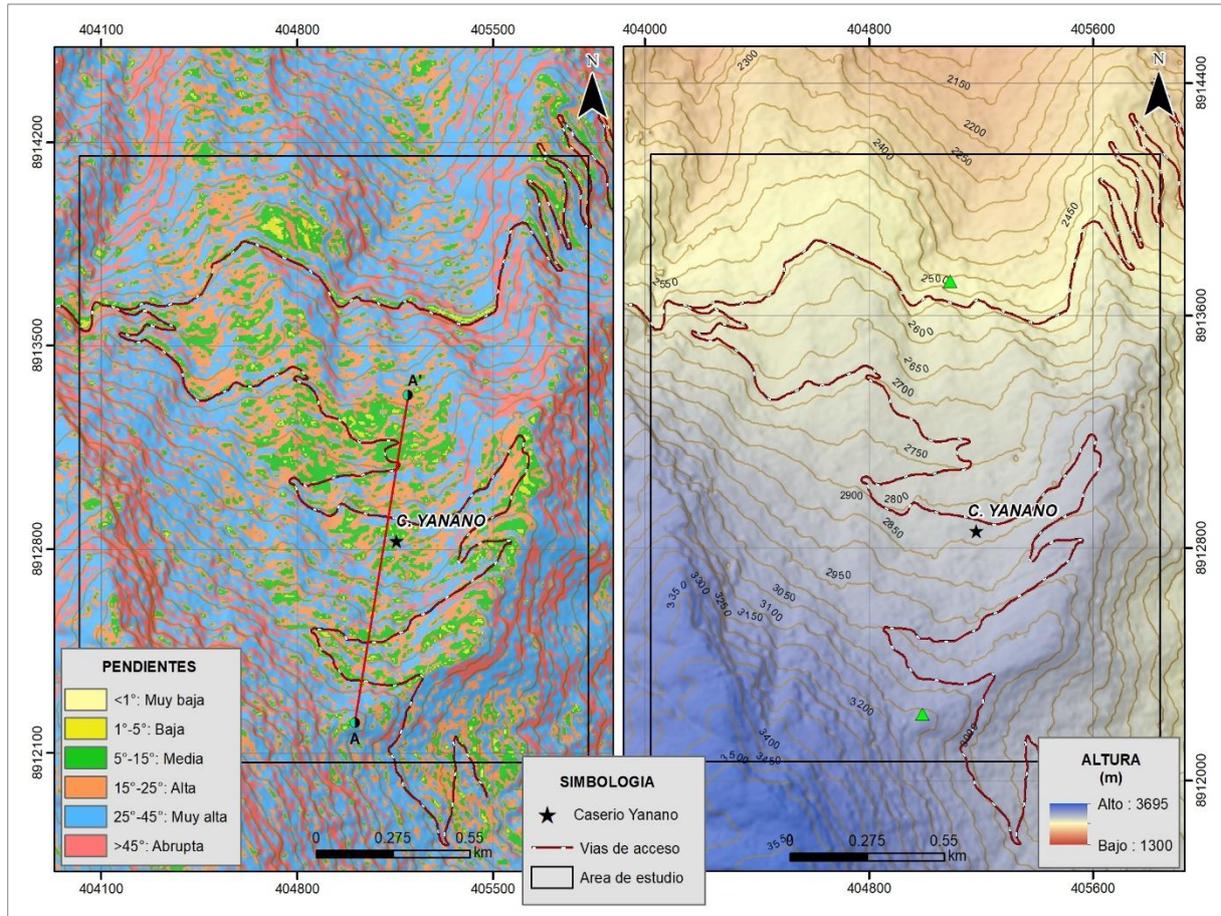


Figura 4. A) Mapa de pendiente del caserío Yanano. B) Mapa de elevaciones del caserío Yanano.

En el perfil longitudinal se observa el actual relieve (línea color roja) de la zona de estudio, donde se presenta la morfología ondulada, debido a la ocurrencia de eventos antiguos y recientes, evidenciada por los desniveles, y saltos con más de 5 m de altura. Además, muestra planos de falla rotacional inferidos.

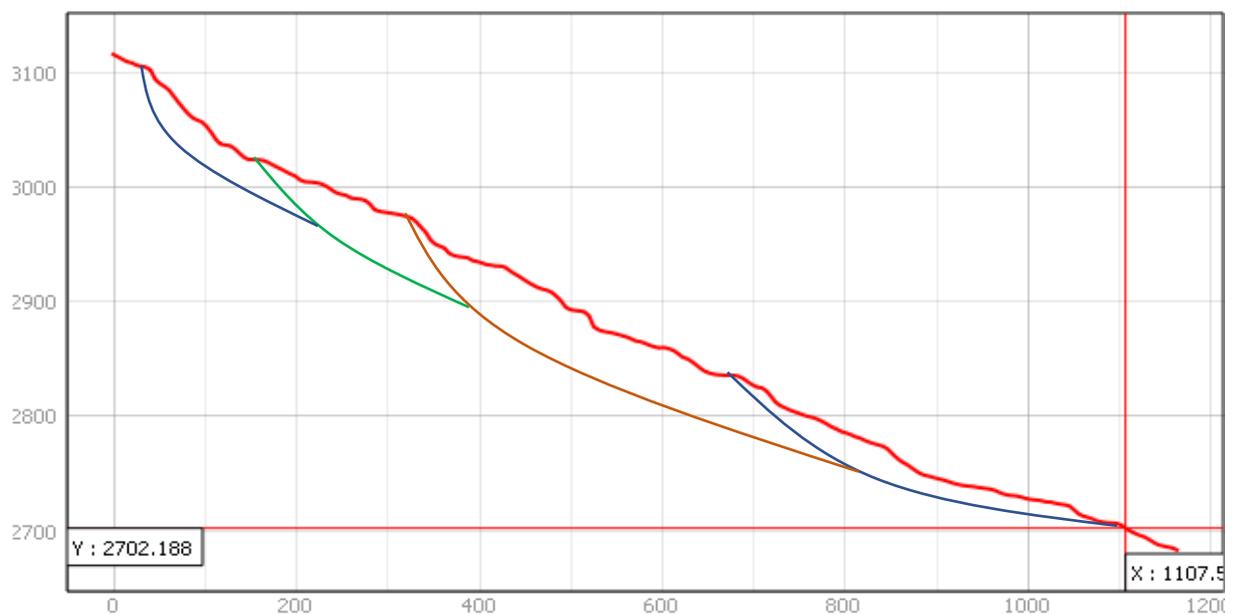


Figura 5. Perfil representativo, que evidencia los planos de falla originados en el cuerpo del deslizamiento del caserío Yanano.

4.3. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades y subunidades geomorfológicas en el área de estudio se utilizó el criterio principal de homogeneidad relativa y la caracterización de aspectos de origen del relieve. Asimismo, para la delimitación de las subunidades, se consideró los límites de las unidades litoestratigráficas (afloramiento y substrato rocoso, así como depósitos superficiales).

En el Mapa 3 (Anexo 1) se presentan las subunidades geomorfológicas identificadas en el área de estudio. Del mismo modo, en la fotografía 6, se muestra la morfología que alberga al caserío Yanano.



Figura 6. Vista de la morfología sobre la cual se encuentran asentadas las viviendas del caserío Yanano.

4.3.1. Unidad de montaña

Se considera dentro de esta unidad a las geoformas con alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de base local, se tiene la siguiente subunidad:

Montaña en roca sedimentaria (ME-rs): Relieve modelado en secuencia sedimentaria del Grupo Pucara, compuesto principalmente por calizas. Por su composición litológica, las cimas de las montañas se muestran suaves a subredondeadas; sin embargo, las laderas, debido a la ocurrencia de eventos antiguos, poseen una configuración accidentada, con pendientes muy variables; en la parte alta, la ladera presenta pendiente escarpada ($>45^\circ$).

Montaña en roca vulcano sedimentaria (ME-rvs): En la parte baja del deslizamiento, aflora conglomerados, areniscas y lutitas, intercaladas con rocas volcánicas de tipo lavas y piroclastos, esta litología modela el relieve del terreno, teniendo en este punto laderas de pendiente abrupta ($>45^\circ$).

4.3.2. Unidad de piedemonte

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

Vertiente coluvial (V-c): Corresponde a los paisajes originados por procesos gravitacionales, varían de pequeños a grandes dimensiones, probablemente detonados por lluvias excepcionales y/o prolongadas o actividad sísmica.

Generalmente su composición litológica es homogénea, con materiales inconsolidados a ligeramente consolidados de corto a mediano recorrido relacionados a las laderas superiores de los valles. Su morfología es usualmente convexa y con disposición semicircular a elongada en relación con la zona de arranque o despegue del movimiento en masa.

En la zona de estudio se evidencia en la ladera norte, donde sitúan las viviendas del caserío Yanano, en forma de deslizamientos (acumulación de material suelto en la ladera), desarrollados sobre pendiente fuerte (15° - 25°) a muy fuerte (25° - 45°). Esta unidad, geodinamicamente, está asociada a deslizamientos, derrumbes y avalancha de rocas.



Fotografía 2. Vista de la ladera norte, que delimita el caserío Yanano y sobre la cual se han asentado viviendas.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos identificados en el caserío Yanano, corresponden a movimientos en masa de tipo deslizamientos, derrumbes y avalancha de actividad antigua y reciente (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007). Estos peligros son resultado del proceso de modelamiento del terreno, coadyuvado por las condiciones del macizo rocoso, depósitos de eventos antiguos; así como, a la intervención antrópica (Anexo 1: Mapa 4). Para una mejor descripción en la figura 7 se detalla los peligros geológicos desde la zona alta, media y baja de la ladera norte que delimita Yanano.

5.1. Movimientos en masa

En la ladera norte que circunda Yanano se han identificado múltiples deslizamiento producto de posteriores reactivaciones, que han afectado viviendas, terrenos de cultivo y vías de acceso.

Para un mejor entendimiento, se describirá los eventos producidos en la ladera norte de Yanano, en cuatro zonas, denominadas: Zona A, zona B, zona C y zona D, los cuales se detalla a continuación.

5.1.1. Zona A

Esta zona se encuentra en la parte alta de Yanano, sobre calizas fracturadas y meteorizadas del Grupo Pucara, cubierto por suelos inconsolidados de gravas, arenas, limos y arcillas, y sobre la cual se han producidos deslizamientos, con saltos de hasta 5 m en la parte central y 3 m hacia los flancos (figura 8). En el cuerpo de este evento se tiene bloques con diámetro de hasta 3 m, dispuestos de manera caótica y dispersa por toda la ladera de pendiente media (5°-15°) a fuerte (15°-25°). Es importante mencionar que, la presencia de árboles en la ladera retiene los bloques sueltos en la ladera (fotografía 3).

En la actualidad este deslizamiento se ha reactivado, evidenciado por desplazamientos del terreno, de hasta 1 m de profundidad visible (figura 9) y múltiples agrietamientos de forma longitudinales y transversal (fotografía 4), lo cual está afectando viviendas y terrenos de cultivo.

Características visuales del deslizamiento en la zona A:

A continuación, se detalla las características más relevantes del deslizamiento reactivado en la "Zona A":

- Estado de actividad: Reactivado
- Superficie de rotura inferida: Rotacional
- Forma de la escarpa: semicircular
- Estilo de la escarpa: Escarpa única (en esta zona)
- Longitud de la escarpa principal: 90 m.
- Desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento: Aun no se aprecia el pie del deslizamiento
- Salto principal o desplazamiento vertical (DV): menor a 1.5 m.
- Ancho promedio de evento: 60 m.
- Área de deslizamiento reactivado: aproximadamente 1 ha
- El avance de la reactivación de deslizamiento: Progresivo

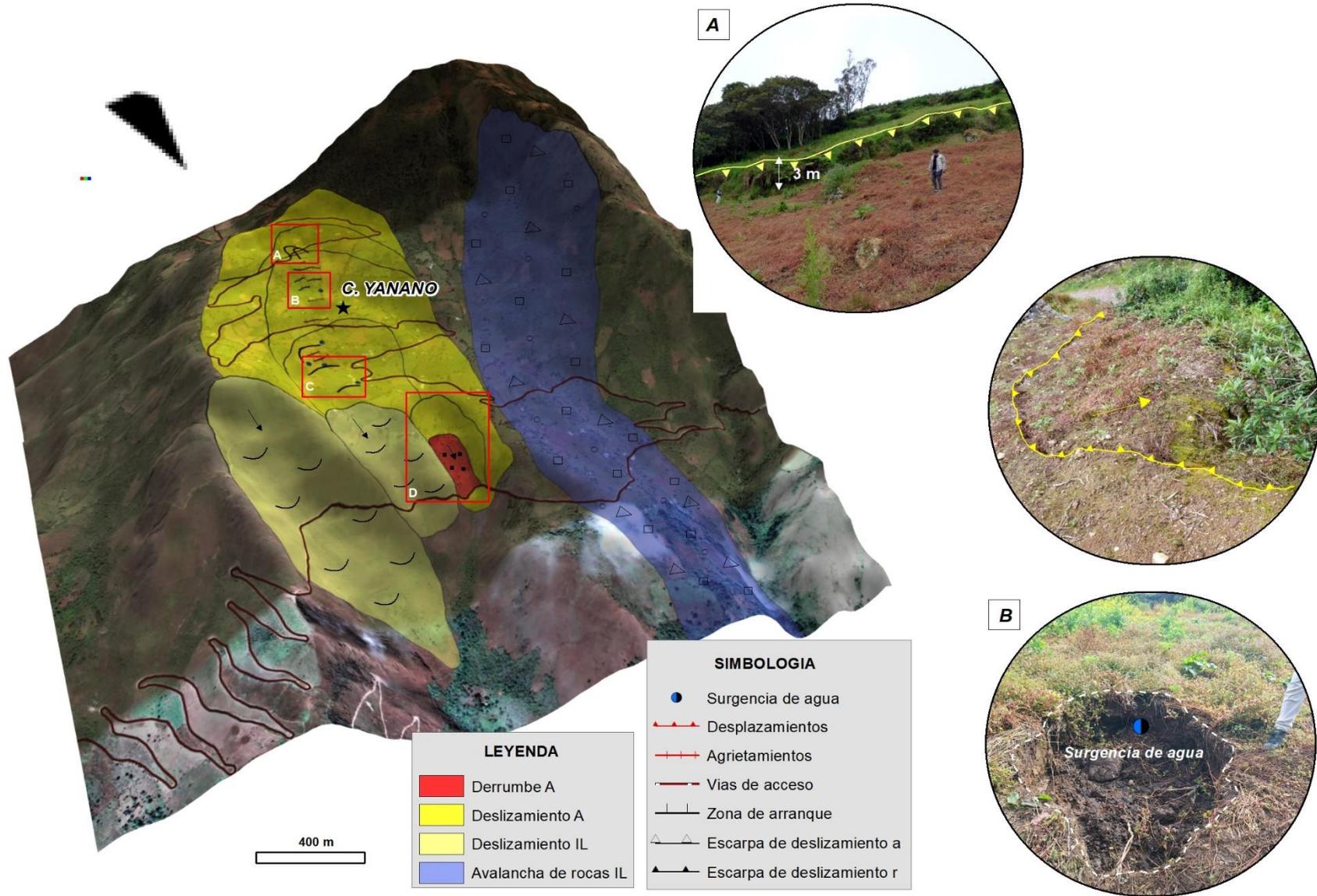


Figura 7. Peligros geológicos por movimientos en masa en el centro poblado Pacchancca.



Figura 8. Deslizamiento antiguo, en dirección N300°, producido sobre depósitos inconsolidado de gravas, arenas, limos y arcillas; de estructura masiva, húmeda y fácilmente removible y erosionable ante agentes erosivos.



Fotografía 3. Algunos bloques sueltos en la ladera norte de Yanano, son retenidos por los árboles, ello nos muestra la eficiencia de reforestar las laderas en busca de la estabilidad.



Figura 9. Deslizamiento reactivado, a partir de las lluvias prolongadas registradas en la zona de estudio. Muestra un salto de 1 m de profundidad.



Fotografía 4. Vista de agrietamientos longitudinales y trasversales en el cuerpo del deslizamiento de Yanano.

5.1.2. Zona B

Se han identificado saltos de deslizamiento antiguos, en cuyo cuerpo se observa múltiples agrietamientos y asentamientos producto de la reactivación. Estos eventos están afectando viviendas, muestra de ellos, son las rajaduras que se presentan en las paredes (fotografía 5) y grietas en el piso (fotografía 6).

Aunado a las condiciones propias de terreno, como el tipo de material y pendiente del terreno, la ruptura de tubería de agua (figura 10) producto del asentamiento de la ladera, esta generando mayor humedecimiento y saturación del terreno, lo cual podría incrementar el tamaño y profundidad del deslizamiento reactivado.



Fotografía 5. Pared de vivienda agrietada, a consecuencia del asentamiento del terreno.



Fotografía 6. Vista de agrietamientos transversales en el piso de la vivienda.



Figura 10. Filtración de agua en el cuerpo del deslizamiento reactivado.

5.1.3. Zona C

La zona C, corresponde a la parte media-baja del deslizamiento, desarrollado sobre depósitos de gravas, arenas, limos y arcillas; altamente saturadas por el agua de lluvia y el riego de los terrenos de cultivo. Así mismo, según mencionan los poblados, el ojo de agua (X: 405221, Y: 8912967) identificado en el cuerpo del deslizamiento (fotografía 7), aumentó el caudal aproximadamente el 15 de enero, fecha que inicio la reactivación del deslizamiento en la ladera norte de Yanano.

La configuración morfológica del terreno también esta contribuyendo en la reactivación del deslizamiento en dirección N15°, evidenciando zonas onduladas con pendiente variable (5°-45°), sienta este último rango un factor crítico en la ocurrencia de estos eventos.

Características visuales del deslizamiento en la zona C:

A continuación, se detalla las características más relevantes del primer deslizamiento reactivado en la “Zona C”:

- Estado de actividad: Reactivado
- Superficie de rotura inferida: Rotacional
- Forma de la escarpa: semicircular
- Estilo de la escarpa: Escarpa sucesivas
- Longitud de la escarpa principal: 135 m.
- Desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento: Aun no se aprecia el pie del deslizamiento
- Salto principal o desplazamiento vertical (DV): 1 m.
- Ancho promedio de evento: 103 m.
- Área de deslizamiento reactivado: aproximadamente 3 ha
- El avance de la reactivación de deslizamiento: Progresivo



Fotografía 7. Surgencia de agua, con incremento de caudal posterior al inicio de la reactivación de la ladera norte de Yanano.



Figura 11. Desplazamiento del terreno, con salto visible de 50 cm, y una profundidad de 1 m.

En el flanco derecho del deslizamiento, con saltos de 30 cm, se observo un ojo de agua (fotografía 8), se infiere que origen proviene de agua de riego y filtración del manantial, localizado en la parte superior de la corona del deslizamiento. Este manantial esta discurriendo por un canal, ladera abajo, hasta que se infiltra en su totalidad al terreno.



Fotografía 8. Surgencia de agua, con incremento de caudal posterior al inicio de la reactivación de la ladera norte de Yanano.

En la parte baja, nuevamente aparece un ojo de agua (X:405249, Y: 8913075), provocando el colapso del suelo, en aproximante 1.2 m de profundidad (figura 12).

El hundimiento del terreno presenta un ancho de aproximadamente de 1.5 m y 1.7 m de largo, afectando terrenos de cultivo.

Hacia la parte baja, se identificó otro ojo de agua, que en conjunto con el agua proveniente de los manantiales forman un canal por donde discurre el agua ladera abajo (fotografía 9). Estas condiciones hidrológicas sobre el terreno, ha generado mayor humedecimiento y saturación, conllevando al desplazamiento del terreno (figura 13 A), con un salto de aproximadamente 50 cm y posterior afectación en varias viviendas asentadas en esta zona (figuras 13 B, C y D).



Figura 12. Colapso del terreno, debido a la presencia de agua subterránea.



Fotografía 9. Colapso del terreno, debido a la presencia de agua subterránea.



Figura 13. A) Salto del terreno en 50 cm afectó a las viviendas del sector. B, C y D) Viviendas afectadas por activación del deslizamiento.

5.1.4. Zona D

Al pie de la ladera, se tiene un deslizamiento de 3.5 ha, con un ancho de 160 m y una longitud de aproximadamente 400 m, que afectó viviendas y terrenos de cultivo. Dentro de este deslizamiento se ha producido un derrumbe, cuyo material desplazado afectó principalmente la trocha carrozable que conduce a pueblos aledaños.

Características visuales del deslizamiento en la zona D:

A continuación, se detalla las características más relevantes del deslizamiento reactivado en la "Zona D":

- Estado de actividad: Reactivado
- Superficie de rotura inferida: Rotacional
- Forma de la escarpa: semicircular
- Estilo de la escarpa: Escarpa sucesivas
- Longitud de la escarpa principal: 240 m.
- Desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento: 400 m.
- Salto principal o desplazamiento vertical (DV): 3 m.
- Ancho promedio de evento: 160 m.
- Área de deslizamiento reactivado: aproximadamente 3.5 ha
- El avance de la reactivación de deslizamiento: Retrogresivo



Figura 13. Deslizamiento y derrumbe que afecta viviendas, terrenos de cultivo y trocha carrozable que conduce a pueblos aledaños.

5.2. Factores condicionantes

Se detalla los principales factores que podrían condicionar la ocurrencia de peligros geológicos en la ladera norte que circunda el caserío Yanano.

Cuadro 3. Factores condicionantes de los procesos por movimientos en masa.

Procesos o causas naturales	Características	Peligros geológicos inducidos
Factores geológicos - geotécnicos inherentes (factores de sitio)		
Litología del substrato-estructural	<p>En la parte alta de la ladera de Yanano se tiene calizas de mediana a muy fracturadas y en algunas zonas se presenta importante meteorización, lo que facilita el desprendimiento de material.</p> <p>Es importante mencionar que, al pie del deslizamiento, a la altura de la trocha carrozable, las calizas se presentan de poco a mediamente fracturadas, y de ligera moderadamente meteorizadas, estas condiciones del afloramiento están conteniendo el desplazamiento de la masa localizada n la parte media y alta de Yanano.</p>	Deslizamientos, avalancha de rocas, caída de rocas y derrumbes.
Tipo de suelo (naturaleza del suelo)	Presencia de depósito coluvial dispuesto en la ladera de Yanano, compuesto por bloques angulosas a subangulosas, arenas, limos y arcillas producto de la ocurrencia de eventos antiguos y recientes. Son materiales de fácil remoción y erosión ante la presencia de lluvias intensas.	Deslizamiento, avalancha de rocas, caídas y derrumbes.
Material de remoción antiguos	Presencia de depósitos de deslizamiento antiguo, sobre el cual se han construido las viviendas del caserío Yanano.	Deslizamientos y derrumbes
Pendiente del terreno	<p>En la ladera norte de Yanano se tiene laderas con pendiente que varía de media (5°-15°) a muy fuerte (25°-45°), esta variación del relieve se debe a la ocurrencia de eventos antiguos, como deslizamientos, avalanchas y derrumbes, que ha marcado la morfología ondulada del terreno.</p> <p>En la parte baja de la ladera, se tiene afloramiento de calizas, modificando en esta zona la pendiente, que varía de muy fuerte a abrupta (>45°). Este rango de pendientes ha coadyuvado en la reactivación del derrumbe ubicado al pie de la ladera, interrumpiendo el paso vehicular de la tocha carrozable que conduce a pueblos aledaños.</p>	Deslizamientos, avalancha de rocas, derrumbes y caídas de rocas

Hidrogeología	Presencia de agua proveniente de manantiales, ojos de agua y riego de terrenos de cultivo. En total se ha registrado 5 ojos de agua.	Deslizamientos, avalancha de rocas y derrumbes
----------------------	--	--

5.3. Factores desencadenantes

Cuadro 4. Factores desencadenantes de los procesos por movimientos en masa.

Factores naturales del entorno geográfico		
Climáticos e Hidrológicos		
Precipitaciones pluviales	Índices altos de pluviosidad y/o prolongados saturan los suelos y/o rocas, aumentan las presiones del terreno al infiltrarse por discontinuidades, grietas y la sobrecarga debido a su propio peso. Absorción de agua por minerales arcillosos en suelos adhesivos, produciendo saturación de los mismos.	Deslizamiento, avalancha de rocas, derrumbes y caídas de rocas.

5.4. Factores Antrópicos

Cuadro 5. Factores desencadenantes de los procesos por movimientos en masa.

Factores Antrópicos (humanos)		
Excavaciones	La modificación de laderas naturales, o depósitos de eventos antiguos por cortes artificiales para habilitación de vías y viviendas, influye en su inestabilidad y variación de su estado de equilibrio, conllevando a la ocurrencia y/o reactivación de movimientos en masa tipo deslizamiento o derrumbes.	Deslizamientos, caídas de rocas y derrumbes
Riego inadecuado	El uso de riego de cultivos, es uno de los factores en acelerar la reactivación del deslizamiento de Yanano, puesto que los terrenos se riegan las 24 horas del día, por lo cual se considera como un riego por inundación.	Deslizamientos y derrumbes
Ruptura de tubería	El agua producto de la ruptura de una tubería de riego, esta siendo vertido sobre el terreno, generando mayor saturación y humedecimientos del mismo.	Deslizamientos y derrumbes

6. CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica, geomorfológica de la zona de estudio, así como a los trabajos de campo, y la evaluación de peligros geológicos, emitimos las siguientes conclusiones:

1. En la parte alta de la ladera de Yanano, la presencia de calizas de mediana a muy fracturadas y zonas con importante meteorización condicionan la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes. Sin embargo, el afloramiento de calizas al pie del deslizamiento, presenta de poco a mediano fracturamiento, y de ligera a moderada meteorización, estas condiciones del afloramiento están conteniendo el desplazamiento de la masa localizada en la parte media y alta de Yanano.
2. La presencia de depósitos inconsolidados, de estructura masiva, poroso y húmedo, identificado en la ladera norte que limita el caserío Yanano, está compuesto por bloques, gravas, arenas, limos y arcillas. Son considerados suelos inestables, de malas características geotécnicas, no competentes y susceptibles a la generación de movimientos en masa, en particular deslizamientos y derrumbes.
3. En el contexto geomorfológico, se tiene laderas con pendiente de media (5° - 15°) a muy fuerte (25° - 45°), esta variación del relieve se debe a la ocurrencia de eventos antiguos, como deslizamientos, avalanchas y derrumbes. En la parte baja de la ladera, la pendiente cambia de muy fuerte a abrupta ($>45^{\circ}$), debido a la presencia de afloramiento rocoso. Este rango de pendientes coadyuva en la reactivación del derrumbe ubicado al pie de la ladera, cuyo material desplazado interrumpió el paso vehicular de la tocha carrozable.
4. En la zona se ha inventariado 5 ojos de agua, parte de estas aguas discurre ladera abajo y la otra parte infiltra al terreno, incrementando el humedecimiento y saturación de suelos. Estas condiciones hidrogeológicas, favorece la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes.
5. Desde el punto de vista de geodinámica externa, se han identificado deslizamientos y derrumbes, que cubren un área de 115.68 ha, con escarpas múltiples y superficie de falla rotacional. En la actualidad, el deslizamiento se ha reactivado, evidenciado por los desplazamientos de hasta 1.5 m y agrietamientos del terreno, de forma longitudinal y transversal en toda la ladera norte de Yanano; afectando viviendas, terrenos de cultivo y vías de acceso.
6. El factor antrópico, como la modificación de laderas naturales o depósitos de eventos antiguos por cortes de talud para habilitación de vías y viviendas, uso de riego por aspersión de cultivos las 24 horas del día (técnica mal implementada) y el vertimiento de agua sobre el terreno por ruptura de tubería juega un papel importante en la ocurrencia de movimientos en masa en el caserío Yanano.
7. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y de geodinámica externa, se determina que el caserío Yanano presenta **Peligro Alto y Zona crítica** por movimientos en masa, de tipo deslizamientos y derrumbes.

7. RECOMENDACIONES

A continuación, se brindan recomendaciones con la finalidad de mitigar el impacto de peligros asociados a deslizamientos y derrumbes en el caserío Yanano. Así mismo, la implementación de dichas recomendaciones permitirá darle mayor seguridad a las viviendas e infraestructura expuesta a los peligros antes mencionados.

NO ESTRUCTURALES

1. Evacuar a la población afectada por la reactivación del deslizamiento de Yanano, ya que en cualquier momento puede deslizarse toda la ladera.
2. Elaborar una Evaluación de Riesgos (EVAR) para determinar los elementos expuestos del caserío Yanano y determinar el reasentamiento definitivo.
3. Reparar la ruptura de la tubería de riego, ya que, parte de estas aguas son vertidas al suelo, generando mayor humedecimiento y saturación del terreno. Una opción puede ser el uso de manguera flexibles.
4. Utilizar un tiempo prudente el riego por aspersión en los terrenos de cultivo desarrollados en el cuerpo del deslizamiento. Para ello pueden solicitar el apoyo del Ministerio de Agricultura.
5. Todo corte de talud, debe contemplar un previo estudio geotécnico.
6. A las autoridades se recomienda, difundir a la comunidad en general, sobre la identificación de las zonas de peligro alto en sus jurisdicciones, a fin de hacerles participe con planes de preparación, evacuación y acción ante la ocurrencia de estos eventos, potenciales en magnitud e intensidad de peligrosidad.

ESTRUCTURALES

1. Captar las surgencias de agua, identificadas en el cuerpo del deslizamiento de Yanano, ya que estas incrementan la saturación y humedecimiento del terreno.
2. Implementar sistema de drenaje en el cuerpo del deslizamiento, para captar las aguas de escorrentía pluvial y derivarlas al cauce de la quebrada Parizahuayjo, para evitar mayor saturamiento del terreno. El tipo y diseño debe realizarse previo estudio geotécnico.
“La captación de agua de escorrentía evita la concentración, infiltración y elevación de los niveles freáticos en el suelo, al igual que la captación de agua de techos, aguas de cunetas, entre otros. No obstante, dependiendo del tipo de suelo y la intensidad, duración y frecuencia de los aguaceros, a veces estas obras no son suficientes y deben complementarse con sistemas de drenaje subsuperficial”.
3. Realizar muro de contención al pie del derrumbe con el fin de contener la masa desplazada; además, evitara futuras reactivaciones.

Nota. El tipo y diseño de las medidas estructurales vertidas en el presente informe deben tener un estudio geotécnico a detalle, antes de ejecutarlo.

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, Transportati3n researchs board Special Report 247, p. 36-75.
- 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.
- Rivera, H. (2011) – Sistemas de drenaje con filtros vivos para la estabilización y restauración de movimientos masales en zonas de ladera. Programa de Investigación Científica. Fondo Nacional del Café. 12p.


Guisela Choquenaira Garate


ING. JERSY MARIÑO SALAZAR
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

ANEXO 1

MAPAS DEL CASERIO YANANO

404400

405000

405600

8914000

8914000

8913500

8913500

8913000

8913000

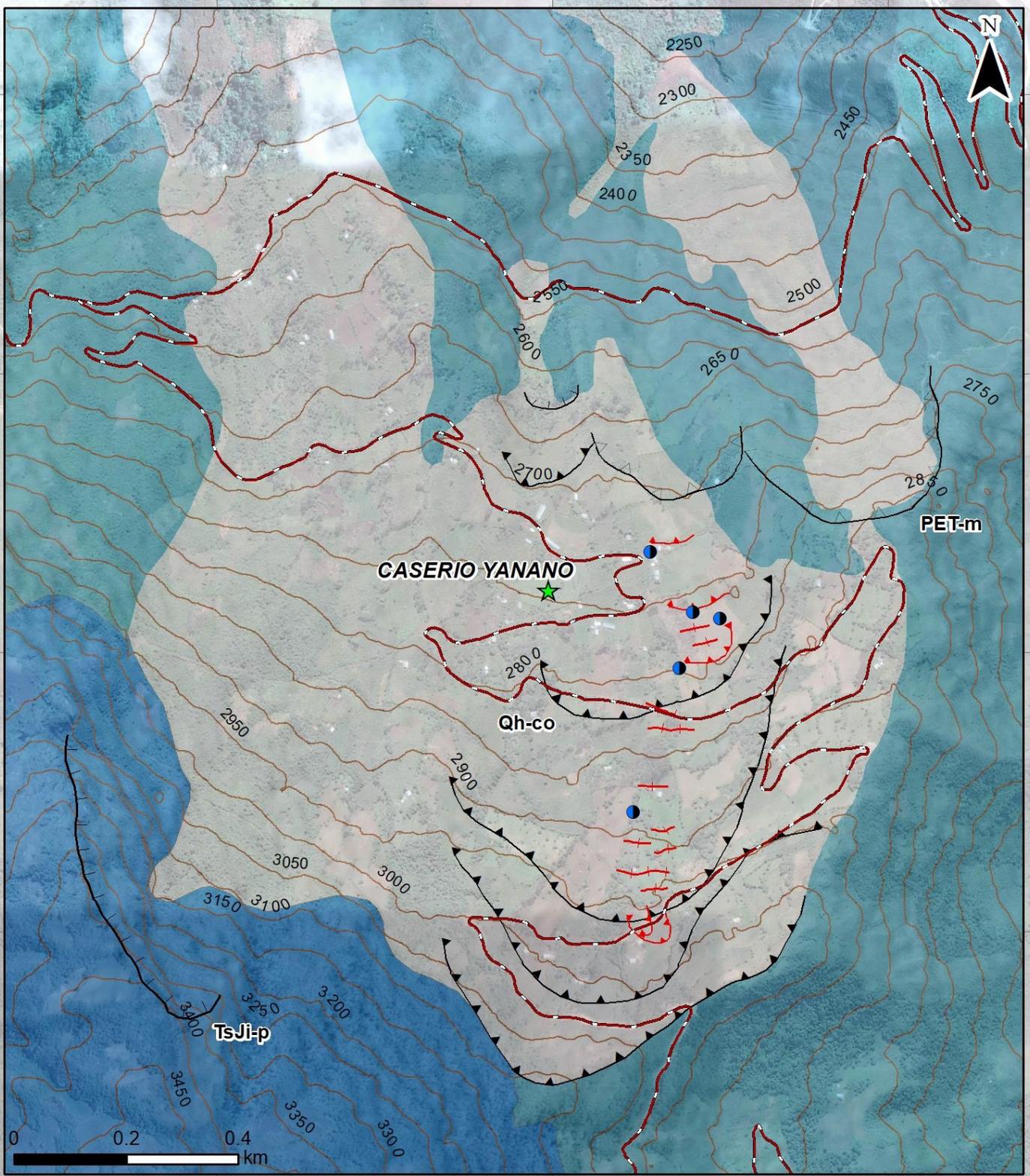
8912500

8912500

404400

405000

405600



LEYENDA	
Unidad litoestratigráfica	
	Q-co: Depósito coluvial
	TsJi-p: Grupo Pucará
	PET-m: Grupo Mitu

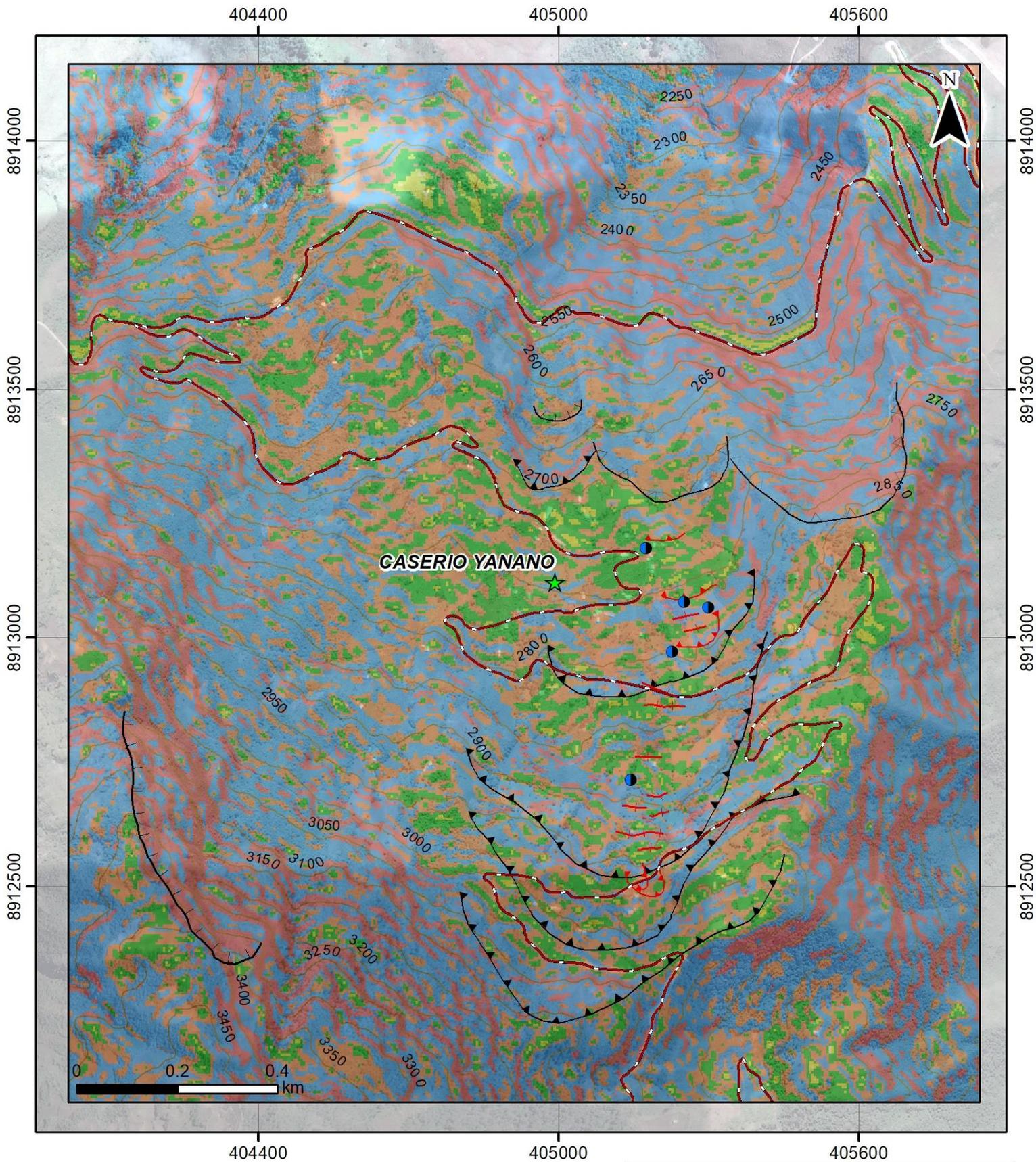
SIMBOLOGIA	
	Surgencia de agua
	Vías de acceso
	Curvas de nivel
	Desplazamientos
	Agrietamientos
	Zona de arranque
	Escarpa de deslizamiento a
	Escarpa de deslizamiento r

SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

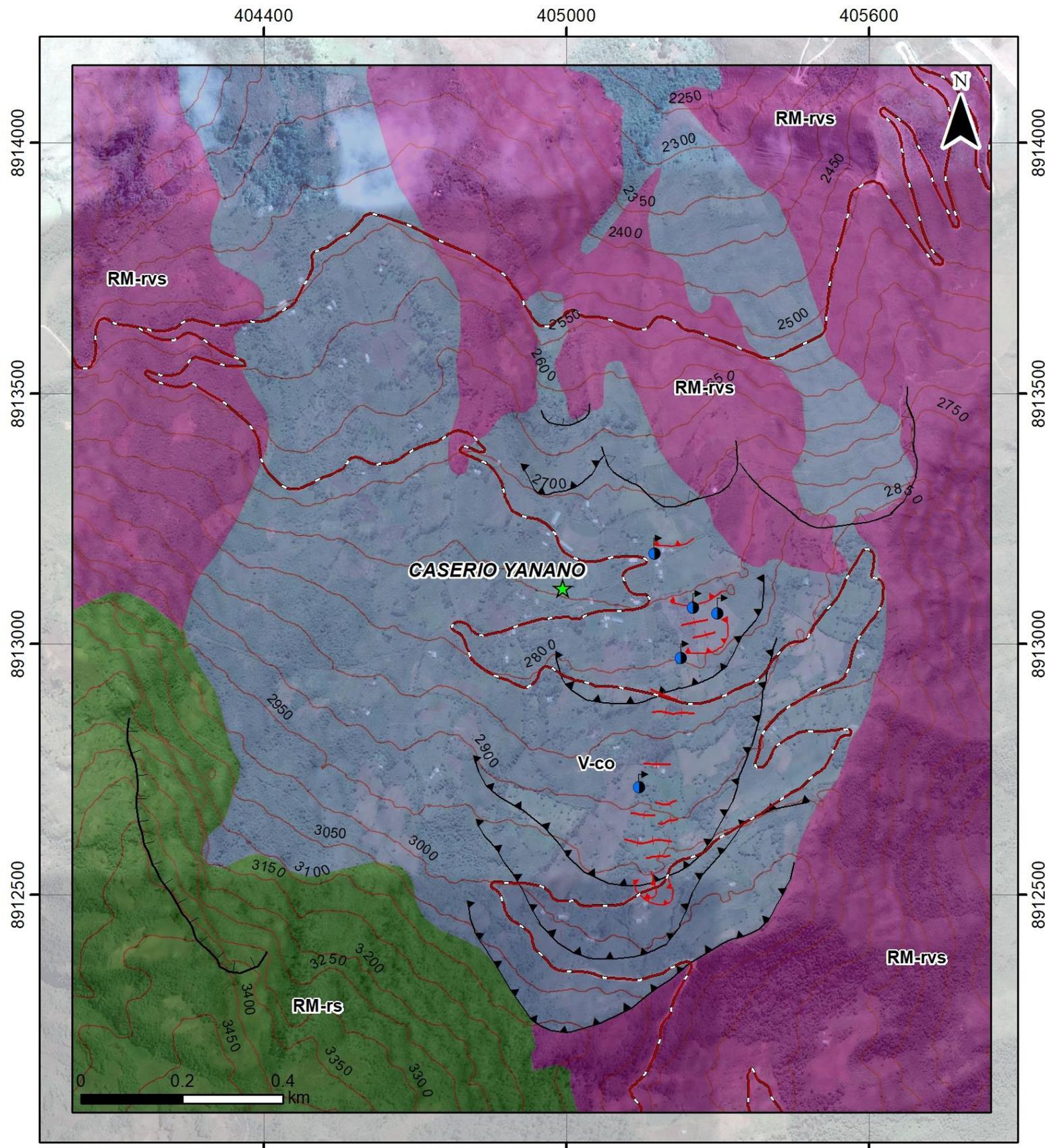
MAPA GEOLÓGICO	MAPA 01
Escala 1:10 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18s Versión digital: Año 2024	



LEYENDA	
Rango de pendientes	
	<1°: Muy baja
	1°-5°: Baja
	5°-15°: Media
	15°-25°: Alta
	25°-45°: Muy alta
	>45°: Abrupta

SIMBOLOGIA	
	Surgencia de agua
	Vias de acceso
	Curvas de nivel
	Desplazamientos
	Agrietamientos
	Zona de arranque
	Escarpa de deslizamiento a
	Escarpa de deslizamiento r

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO	
ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
MAPA DE PENDIENTES	MAPA 02
Escala 1:10 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18s Versión digital: Año 2024	



LEYENDA	
Unidades geomorfológicas	
V-co	Vertiente coluvial
RM-rs	Montaña sedimentaria
RM-rvs	Montaña vulcano - sedimentaria

SIMBOLOGIA	
	Surgencia de agua
	Vias de acceso
	Curvas de nivel
	Desplazamientos
	Agrietamientos
	Zona de arranque
	Escarpa de deslizamiento a
	Escarpa de deslizamiento r

SECTOR ENERGÍA Y MINAS

 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

MAPA GEOMORFOLÓGICO	MAPA 03
Escala 1:10 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18s Versión digital: Año 2024	

404400

405000

405600

8914000

8914000

8913500

8913500

8913000

8913000

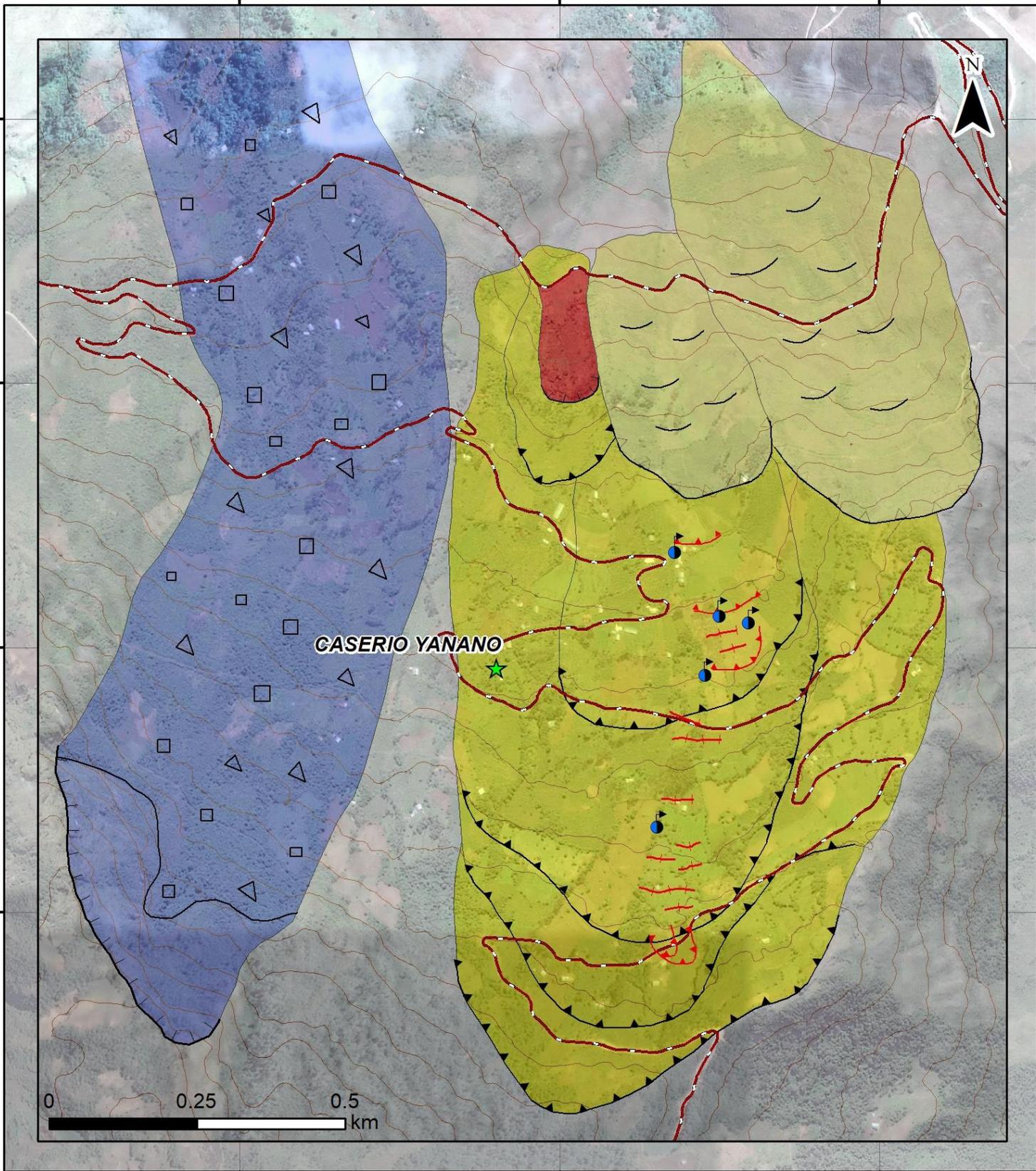
8912500

8912500

404400

405000

405600



LEYENDA

- Derrumbe
- Deslizamiento activo
- Deslizamiento inactivo
- Avalancha de rocas

SIMBOLOGIA

- Surgencia de agua
- Desplazamientos
- Agrietamientos
- Vías de acceso
- Zona de arranque
- Escarpa de deslizamiento a
- Escarpa de deslizamiento r
- D



ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

MAPA DE PELIGROS

MAPA

04

Escala 1:10 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18s
Versión digital: Año 2024

