

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A6931

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CASERÍO DE ARCO PUNCO



Región Puno
Provincia Sandia
Distrito San Pedro de Putina Punco



AGOSTO
2019

ÍNDICE

RESUMEN	2
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO	3
1.2 ESTUDIOS ANTERIORES	3
2. GENERALIDADES	5
2.1 UBICACIÓN	5
2.2 ACCESIBILIDAD	5
2.3 CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO	5
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	7
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	11
4.1 GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL 11	
4.2 GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL O AGRADACIONAL	12
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	16
5.1 CONCEPTOS BÁSICOS	16
5.1.1 DESLIZAMIENTOS	16
5.1.2 CÁRCAVAS	17
6. DESLIZAMIENTOS EN EL CASERÍO DE ARCO PUNCO	18
CONCLUSIONES	26
RECOMENDACIONES	27
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CASERÍO DE ARCO PUNCO

(Distrito San Pedro de Putina Punco, provincia Sandia, departamento Puno)

RESUMEN

Con el presente informe técnico, realizado en el caserío de Arco Punco, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad en geología.

En el caserío de Arco Punco se identificaron movimientos en masa tipo deslizamientos y procesos de erosión de ladera a manera de cárcavas, generados en los meses de lluvias y que afectaron viviendas del caserío en mención.

Entre los factores condicionantes que originaron los peligros geológicos identificados, se tienen: la morfología de las montañas, la pendiente del terreno, la composición litológica y calidad del substrato rocoso, así como el tipo de suelo que es de fácil remoción por acción hídrica. Las precipitaciones pluviales extraordinarias fueron el factor desencadenante que originaron dichos eventos. También es importante considerar la exposición por la ocupación urbana no planificada.

Por las condiciones geológicas-geodinámicas, caserío de Arco Punco es considerado como Zona Crítica, de peligro muy alto por deslizamientos, ante la presencia de lluvias intensas y/o extraordinarias.

Finalmente, se brindan las recomendaciones, viables técnica y económicamente por la población y sus autoridades, para reducir la vulnerabilidad y por tanto el riesgo a los peligros geológicos. Estas propuestas se plantean con la finalidad de minimizar las ocurrencias de los procesos identificados; así como también evitar la generación de nuevas ocurrencias o eventos futuros que causen daños.

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), dentro de sus distintas funciones brinda asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología; que permite identificar, caracterizar, evaluar y diagnosticar aquellas zonas urbanas o rurales, que podrían verse afectadas por fenómenos geológicos que pudiera desencadenar en desastres. Estos estudios, concebidos principalmente como herramientas de apoyo a la planificación territorial y la gestión del riesgo (planes de emergencia), son publicados en boletines y reportes técnicos. Esta labor es desarrollada, principalmente, por la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico a través de la ACT.7: Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional.

El alcalde de la Municipalidad Distrital de San Pedro de Putina Punco, mediante Oficio N°054-2019/MDPPP/A, de fecha 08 de febrero del 2019, se dirige a la Presidencia del Consejo Directivo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) solicitando estudio técnico sobre los peligros geológicos en el caserío de Arco Punco.

Atendiendo a esta solicitud, el INGEMMET a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, designó a los profesionales Edith Quispe y Julio Lara para realizar la inspección técnica de peligros geológicos en el caserío de Arco Punco, el mismo que se realizó entre los días 15 y 16 de mayo del presente año.

Según la información brindada por la Municipalidad de San Pedro de Putina Punco, en el caserío se tienen 22 viviendas afectadas inhabitables donde habitan 26 familias. El caserío tiene un total de 335 habitantes, 78 viviendas y 01 centro educativo primario e inicial.

Los trabajos de inspección técnica, se realizaron con la presencia del Ing. José Mamani (representante de Defensa Civil de la municipalidad distrital de San Pedro de Putina Punco, la Sra. Francisca Mamani (teniente gobernadora del caserío de Arco Punco) y pobladores del caserío en mención.

El presente informe, se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por INGEMMET, la interpretación de imágenes satelitales, preparación de mapas temáticos, toma de datos en campo (fotografías y puntos de control GPS) y la redacción del informe técnico.

1.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

- Realizar la evaluación geológica-geodinámica del caserío de Arco Punco ubicado en el distrito de San Pedro de Putina Punco, provincia Sandía, departamento Puno.
- Determinar las causas de origen de los peligros geológicos.
- Recomendar acciones viables técnica y económicamente que permitan mitigar los peligros identificados.

1.2 ESTUDIOS ANTERIORES

Se mencionan algunos trabajos geológicos anteriores elaborados a escala regional, que involucran el área de trabajo, a continuación, se hace mención:

- "Geología de los cuadrángulos de Sandía y San Ignacio" (De La Cruz & Carpio, 1996). Mencionan que en el área de estudio se encuentran afloramientos de rocas metamórficas conformados por pizarras intercaladas con cuarcitas de la Formación Sandía.
- "Estudio de Riesgos Geológicos del Perú-Franja N°2" (Dirección de Geología Ambiental, 2002). El estudio menciona que en los alrededores de la zona de estudio se han identificado peligros geológicos de tipo caída de rocas, flujo de detritos (huaicos), también peligros hidrogeológicos de tipo inundación fluvial.

En el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, escala 1: 250 000 (escala regional) elaborado por INGEMMET (2018); la zona de estudio se localiza en una zona de susceptibilidad alta a muy alta por la ocurrencia de movimientos en masa (figura 1).

Susceptibilidad Alta: Zonas en donde la mayoría de condiciones del terreno son favorables para generar movimientos en masa, cuando se modifican sus taludes. Comprenden substratos rocosos de limolitas, limoarcillitas, areniscas, capas rojas, conglomerados, pizarras, areniscas y rocas intrusivas. Los relieves que presentan susceptibilidad alta son las montañas de moderada y fuerte pendiente, montañas y colinas estructurales, los terrenos que presentan pendientes que varían entre 20° y 35° (algunos casos hasta 45°), entre otros.

Susceptibilidad Muy Alta: Zonas en donde todas las condiciones del terreno son muy favorables para generar movimientos en masa. Principalmente son áreas donde ocurrieron deslizamientos en el pasado o recientes (inventariados en el presente estudio), o reactivaciones de los antiguos al modificar sus taludes, ya sea como deslizamientos, derrumbes o movimientos complejos. Están concentrados donde el substrato rocoso es de mala calidad, comprende: rocas metamórficas (esquistos, pizarras y filitas), sedimentarias (limolitas, limoarcillitas, areniscas y yeso) y depósitos de vertiente (coluvio-deluviales), así como laderas con pendiente entre 20° y 35°, morfologías de montañas de moderada a fuerte pendiente y piedemontes (depósitos de deslizamientos antiguos, entre otros).

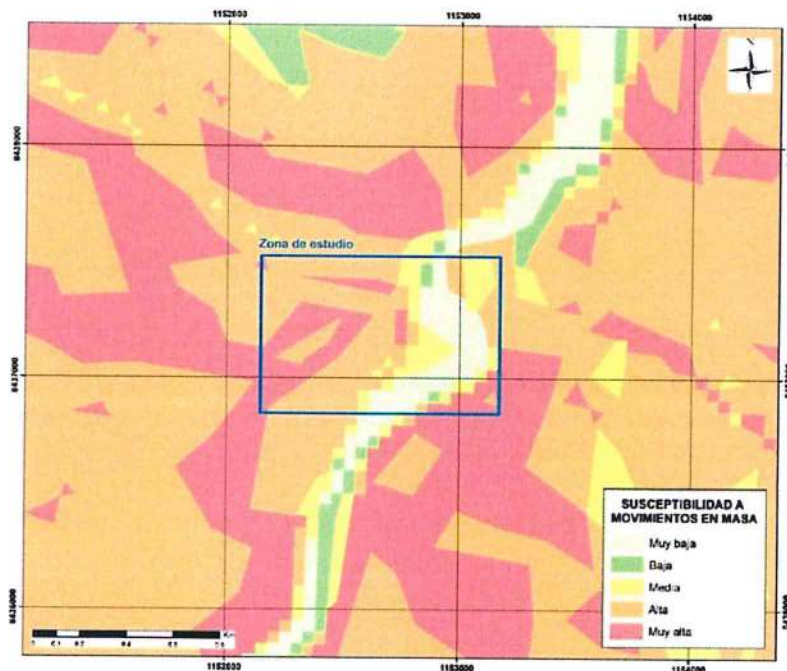


Figura 1: Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa para la región Puno, donde se puede encontrar el área de trabajo en zonas de alta a muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa

2. GENERALIDADES

2.1 UBICACIÓN

El caserío de Arco Punco se encuentra ubicado en la margen izquierda del río Tambopata. Políticamente pertenece al distrito de San Pedro de Putina Punco, provincia de Sandía, región Puno; ubicado en las coordenadas UTM (WGS 84-Zona 19S): 8445526 N - 503954 E, a una altitud de 810 m s.n.m. (figura 2).

2.2 ACCESIBILIDAD

El acceso desde Lima, se realiza por vía aérea o terrestre hasta la ciudad de Juliaca, luego se continúa por vía terrestre pasando por los poblados de Putina, Ananea, Cuyo Cuyo, Sandía, Yanahuaya, hasta llegar a la localidad de San Pedro de Putina Punco, y finalmente al caserío de Arco Punco.

El itinerario que se siguió fue el siguiente:

Desde	Vía	Kilómetros	Tiempo estimado
Lima a Juliaca	Terrestre	1277 km	17 h 4 min
Juliaca a Sandía		215 km	3 h 28 min
Sandía a San Pedro de Putina Punco		97.3 km	3 h 44 min
San Pedro de Putina Punco al caserío de Arco Punco		20 km	45 min

2.3 CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

El caserío de Arco Punco está situado en el piso altitudinal entre 430 m s.n.m. hasta 1350 m s.n.m., se ubica en una zona andina, empinada susceptible a la erosión del terreno y filtraciones de aguas pluviales las cuales ocasionan deslizamientos, provenientes de la parte alta (montaña).

La zona de estudio presenta un clima templado, la temperatura media anual oscila entre los 4°C a 17°C, con máximo de 18°C a 21°C registradas entre los meses de enero a marzo, y las mínimas entre los meses de junio a julio que registra entre los 10°C, y en las noches la temperatura desciende a 4°C.

Hay presencia de lluvias durante las estaciones de otoño, primavera y verano. Las precipitaciones varían según la temporada, siendo más intensas en los meses de noviembre a marzo. Los meses más lluviosos, pueden llegar a exceder los 306.00 mm y durante los meses secos 34 mm. Un fuerte periodo de lluvias puede caer en una hora hasta 55 mm o más (Fuente: Climate-data.org).

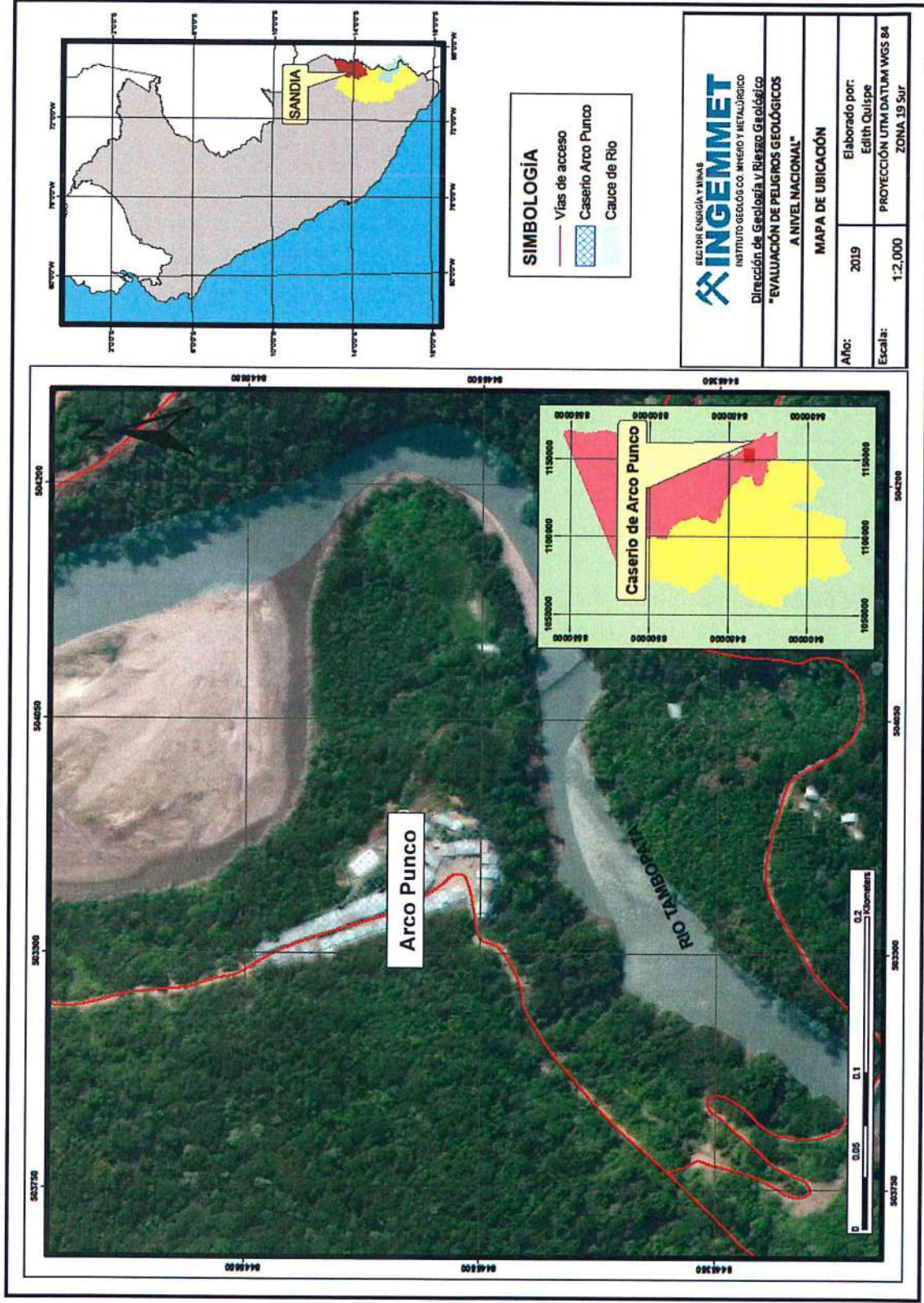


Figura 2. Mapa de ubicación del caseario de Arco Punco

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico del área de estudio, se desarrolló teniendo como base el Boletín N° 82 - Geología de los cuadrángulos de Sandía y San Ignacio" (De La Cruz & Carpio, 1996) y la actualización del cuadrángulo de San Ignacio (29-z) (Sánchez & Zapata, 2001). También se realizó la interpretación de imágenes satelitales disponibles y la información obtenida durante los trabajos de campo.

3.1 UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

Las unidades geológicas que afloran en el área de estudio corresponden a rocas metamórficas (Formación Sandía) y depósitos Cuaternarios (depósitos aluviales, fluviales y coluvio-deluviales), figura 3.

Formación Sandía (Os-s)

La litología en general consta de una alternancia monótona de pizarras y cuarcitas de diferentes espesores (fotografía 1). Las cuarcitas al parecer son predominantes en la base y en la parte media de la secuencia, a pesar del metamorfismo sufrido aún es posible encontrar estratos de arenisca con granos algo sueltos semisoldados de aspecto sacaroideo, donde todavía se pueden ver huellas de estratificación sesgada. Según De la Cruz & Carpio (1996) los afloramientos rocosos se encuentran muy fracturados, con moderada y alta meteorización y con estratos a favor de la pendiente, susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa.



Fotografía 1. Afloramiento de rocas metamórficas tipo cuarcitas. Vista al oeste

Depósitos aluviales (Qh-al):

Litológicamente están compuestos por fragmentos de rocas heterogéneos (gravas) de formas redondeados a subredondeados soportados en matriz de arenas, limos y arcillas, poco consolidados; material transportado por la corriente del río Tambopata y sus tributarios a grandes distancias y depositados en forma de terrazas, removibles por el curso actual del río.

Depósitos coluvio-deluviales (Q-cd)

Se componen por fragmentos de rocas angulosos a subangulosos dispersos y soportados en matriz limo-arcillosa compacta de color pardo amarillento (fotografía 2).

Esta unidad agrupa depósitos de piedemonte de diferente origen (gravitacional y fluvio-gravitacional), que se acumulan en vertientes o márgenes de los valles como también en laderas superiores; en muchos casos son resultado de una mezcla de ambos, constituyendo escombros de laderas que cubren parcialmente a los afloramientos de la Formación Sandia.

Son depósitos inconsolidados que corresponden a movimientos en masa antiguos (deslizamientos) sobre estos, se encuentran asentadas las viviendas del caserío de Arco Punco.



Fotografía 2. Depósito coluvio-deluvial producto de deslizamientos antiguos. Vista al noroeste

Depósitos Fluviales (Qh-fl)

Se caracterizan por presentarse dentro del curso de los ríos, sobre todo tienen su mayor extensión en los ríos estacionarios. Litológicamente están compuestos por fragmentos rocosos heterogéneos (bloques, cantos, gravas, arenas, etc.) que son transportados por la corriente del río Tambopata a grandes distancias, se depositan formando terrazas bajas, estos conforman la llanura de inundación o el lecho del río (Fotografía 3).



Fotografía 3. Depósitos fluviales identificados en la margen izquierda del río Tambopata

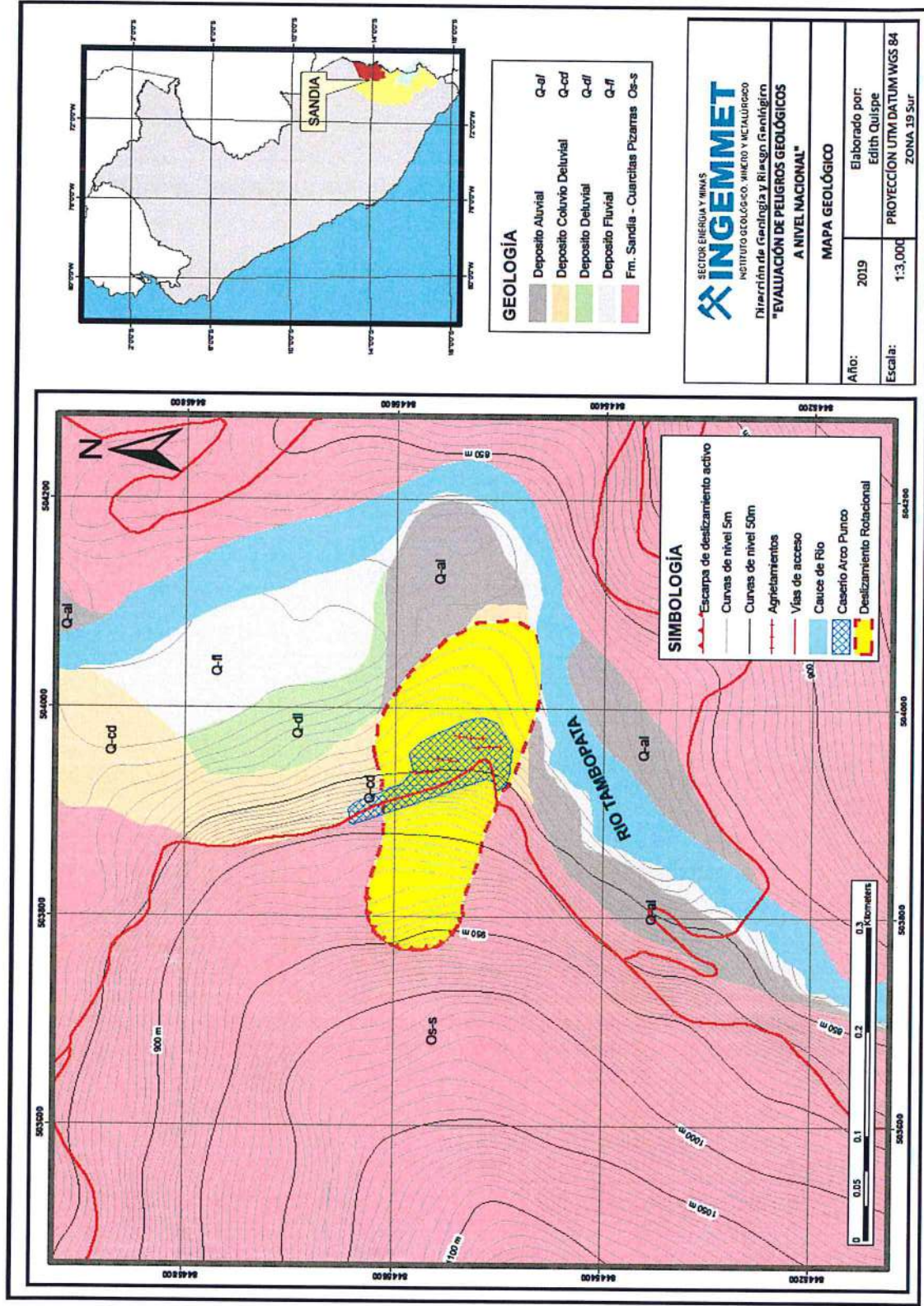


Figura 3. Mapa geológico de la zona de estudio

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas de la zona de estudio, se consideran criterios de control como: la homogeneidad litológica y la caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación a la erosión o denudación y sedimentación o acumulación. Las geofomas particulares individualizadas se agrupan en tres tipos generales del relieve en función a su altura relativa, donde se diferencian: 1) montañas, 2) piedemontes y 3) planicies. Ver cuadro 1 y figura 8.

Se tomó en cuenta para la clasificación de las unidades geomorfológicas, la publicación de Villota (2005).

Cuadro 1. Unidades geomorfológicas identificadas

Unidades geomorfológicas de carácter tectónico degradacional y erosional	
Unidad	Sub unidad
Montaña	Montañas en roca metamórfica (RM-rm)
Unidades geomorfológicas de carácter depositacional o agradacional	
Unidad	Sub unidad
Piedemonte	Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd)
Planicie	Terraza aluvial (T-al)
	Terraza fluvial (T-fl)

4.1 GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL

Resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

Los paisajes morfológicos, resultantes de los procesos denudativos forman parte de las cadenas montañosas, colinas, superficies onduladas y lomadas. Dentro de este grupo se tiene la siguiente unidad:

Unidad de montaña

Es la unidad o componente de cualquier cadena montañosa y se define como una gran elevación natural del terreno, de diverso origen, con más de 300 metros de desnivel, cuya cima puede ser aguda, sub aguda, semi redondeada, redondeada o tabular y cuyas laderas regulares, irregulares a complejas y que presenta un declive promedio superior al 30% (FAO, 1968).

Relieve de montañas en rocas metamórficas (RM-rm)

Corresponde a afloramientos de roca metamórfica, cubiertos con vegetación, que se encuentran conformando elevaciones con pendiente inclinada a altamente inclinada (figura 4).

Se presentan en ambos márgenes del río Tambopata, así como en ambos lados del caserío arco punco hacia el noroeste y sur este.



Figura 4. Montañas en rocas metamórficas ubicadas al noreste (flecha azul) y al sureste (flecha roja) del caserío de Arco Puncu

4.2 GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL O AGRADACIONAL

Estas geoformas son resultado del conjunto de procesos geomorfológicos a los que se puede denominar constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía y vientos; los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultantes de la denudación de terrenos más elevados.

Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd)

Esta unidad corresponde a las acumulaciones de laderas originadas por procesos de movimientos en masa (deslizamientos, derrumbes y caídas de rocas), así como también por la acumulación de material fino y detrítico, caídos o lavados por escorrentía superficial, los cuales se acumulan sucesivamente al pie de laderas. El caserío de Arco Puncu se ubica sobre estas geoformas (figura 5).



Figura 5. Centros educativos primario e inicial ubicados depósitos de deslizamientos antiguos

Terraza aluvial (T-al)

Son porciones de terreno que se encuentran dispuestas a los costados de la llanura de inundación o del lecho principal de un río, a mayor altura, representan niveles antiguos de sedimentación fluvial, los cuales han sido disectados por las corrientes como consecuencia de la profundización del valle. Sobre estos terrenos se desarrollan actividades agrícolas.

Terraza fluvial (T-fl)

Se caracterizan por presentarse dentro del curso de los ríos, sobre todo tienen su mayor extensión en los ríos estacionarios. Litológicamente está compuesta por fragmentos rocosos heterogéneos (bolos, gravas, arenas, etc.), que son transportados por la corriente del río Tambopata a grandes distancias, se depositan formando terrazas bajas, también conformando la llanura de inundación o el lecho de los ríos (figura 6).



Figura 6. Vista del río Tambopata, dónde se aprecian las geformas de montañas y terraza fluvial ubicada en el curso del río

Terraza baja aluvial (Tb-al)

Son superficies inundables en cada crecida del nivel de los ríos, están conformadas por arenas y limos. Estos depósitos son de altura variable e inferiores a 8 m. En el cauce actual de los ríos se forman depósitos de islas, barras, cordones y diques. Existen poblaciones que ocupan estas terrazas, pero por lo general son utilizadas para sembríos durante las épocas de estiaje en las que quedan al descubierto (Figura 7).



Figura 7. Terraza baja aluvial usada por los pobladores como campo deportivo y para el cultivo de frutas

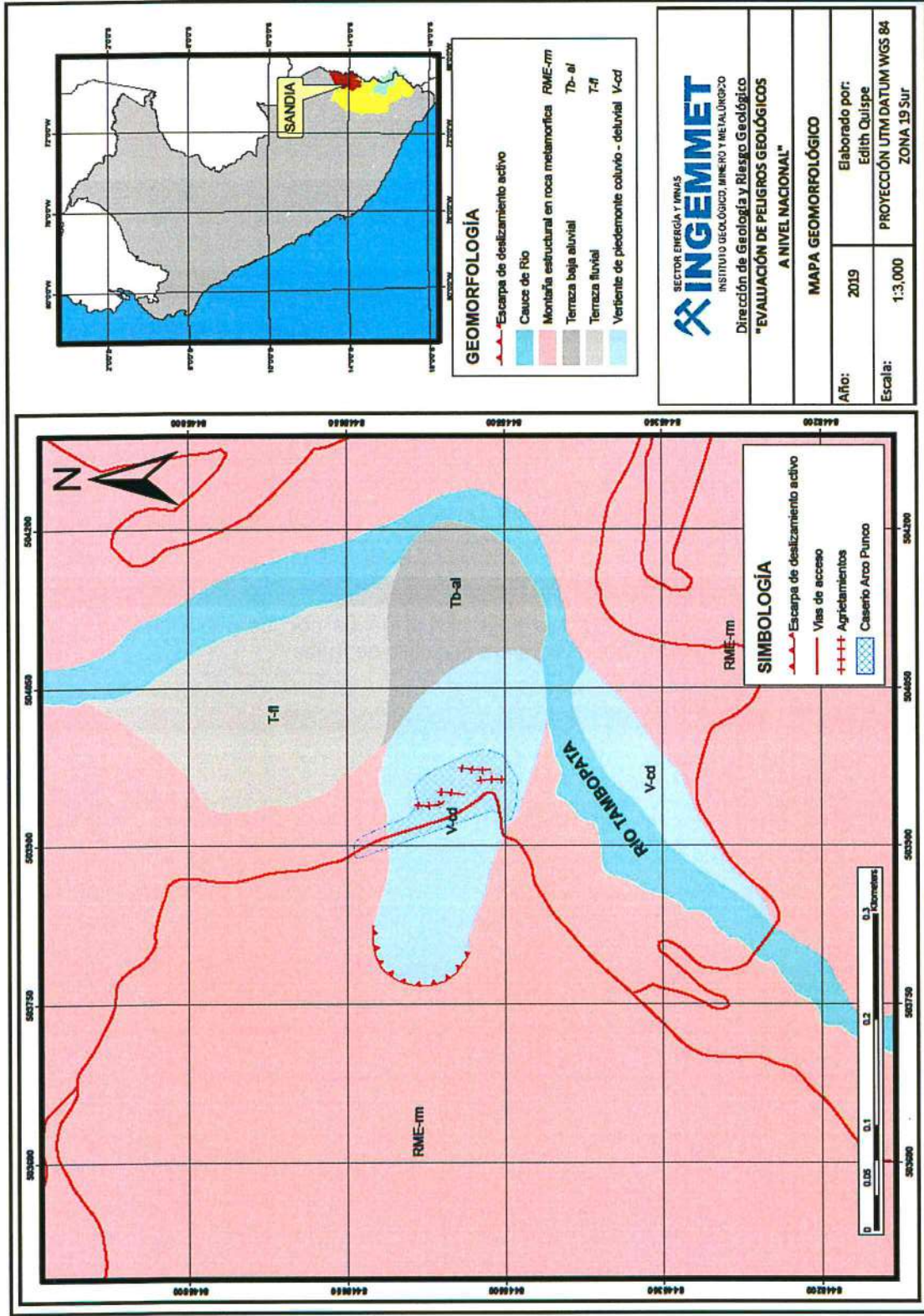


Figura 8. Mapa geomorfológico de la zona de estudio

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en el caserío de Arco Punco, corresponden a movimientos en masa de tipo deslizamientos (PMA: GCA, 2007), así como erosión de laderas en forma de cárcavas. Estos procesos son resultado del modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida por los cursos de agua en la Cordillera Oriental, que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos y quebradas.

Estos movimientos en masa, tienen como causas o condicionantes factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de roca, el tipo de suelo, el drenaje superficial-subterráneo, la cobertura vegetal, entre otros. Se tiene como “desencadenantes” de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona.

5.1 CONCEPTOS BÁSICOS

A continuación, se describen algunos términos referentes a peligros geológicos y que serán utilizados en el presente informe técnico.

5.1.1 DESLIZAMIENTOS

Los deslizamientos son movimientos ladera abajo de una masa de suelo o roca, desplazándose a lo largo de una superficie. Según Varnes (1978), se clasifica a los deslizamientos por la forma de la superficie de falla o ruptura por donde se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. En rocas competentes las tasas de movimiento son con frecuencia bajas, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas (PMA: GCA, 2007).

Los deslizamientos rotacionales son un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava (figura 9). Los deslizamientos rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado, y una contra-pendiente en la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca. Debido a que el mecanismo rotacional es auto-estabilizante, y este ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas.

Los deslizamientos rotacionales pueden ocurrir lenta a rápidamente, con velocidades menores a 1 m/s. (PMA: GCA, 2007).

En la figura 10, se representa las partes principales de un deslizamiento rotacional.

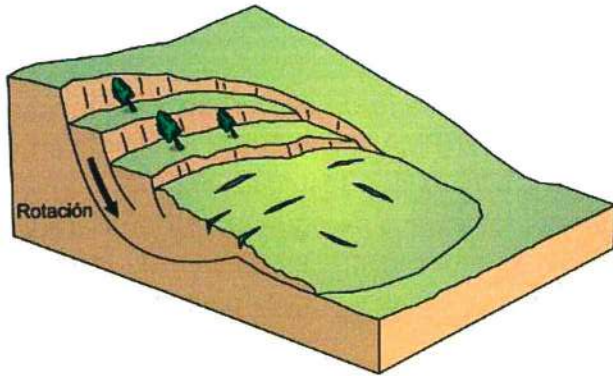
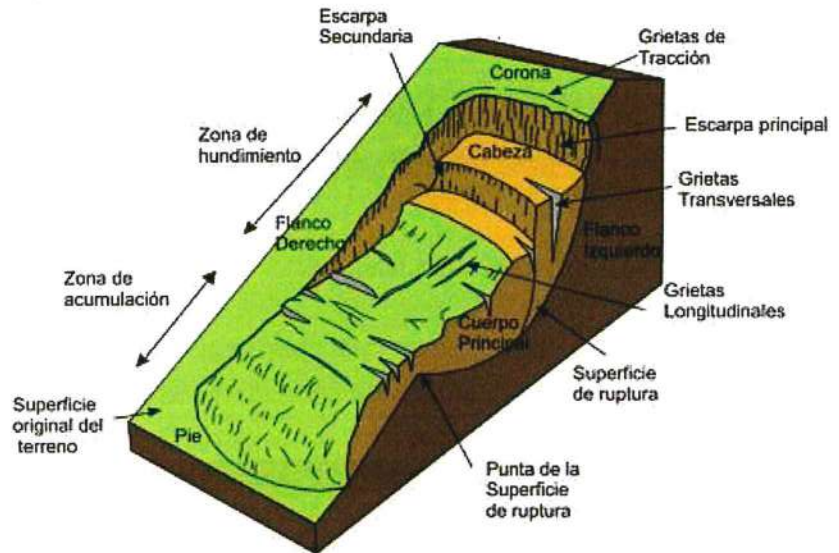


Figura 9. Esquema de un deslizamiento rotacional (tomado del Proyecto Multinacional Andino, 2007)

Figura 10. Esquema de un deslizamiento rotacional donde se muestra sus partes principales



5.1.2 CÁRCAVAS

Según Poesen (1993) una cárcava es un canal resultante de la erosión causada por un flujo intermitente de agua durante o inmediatamente después de fuertes lluvias.

La FAO (1967) describe el crecimiento de las cárcavas como el resultado de la combinación de diferentes procesos, los cuales pueden actuar de manera aislada. Estos procesos comprenden:

- Erosión en el fondo o en los lados de la cárcava por la corriente de agua y materiales abrasivos (fragmentos de roca o partículas de suelo).
- Erosión por el agua de escorrentía que se precipita en la cabecera de la cárcava y que ocasiona la regresión progresiva de ésta.
- Derrumbes en ambos lados de la cárcava por erosión de las aguas de escorrentía.

Las cárcavas inicialmente tienen una sección transversal en forma de "V" pero al presentarse un material más resistente a la erosión o interceptar el nivel freático, se extienden lateralmente, tomando una forma en "U" (figura 11).

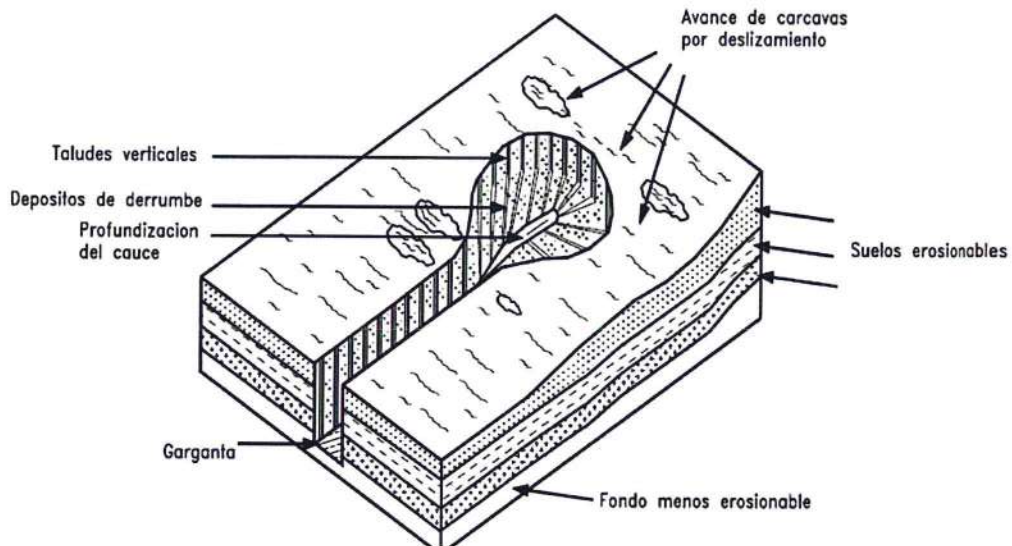


Figura 11. Esquema general de una cárcava. Tomado de Suárez (1998)

6. DESLIZAMIENTOS EN EL CASERÍO DE ARCO PUNCO

De acuerdo al trabajo de campo, el caserío de Arco Punco está asentado sobre un deslizamiento rotacional antiguo en proceso de reactivación. De forma semicircular e irregular.

Los movimientos en masas en el área de estudio, están estrechamente relacionadas a los factores condicionantes o intrínsecos que favorecen la ocurrencia del evento, como la litología (calidad de la roca, permeabilidad, etc.), la morfología y pendiente del terreno, entre otros. Mientras que los factores desencadenantes son las precipitaciones pluviales que ocurren en la zona de estudio.

El deslizamiento identificado tiene una escarpa principal, con longitud de 151.14 m y salto que varía entre 5 a 8 m. de forma semicircular, la masa deslizada tiene un área de 17 140.18 m² y un volumen 171 401.8 m³.

Cabe mencionar que, en los alrededores del caserío de Arco Punco, se identificaron cárcavas, que presentan avance retrogresivo (ensanchamiento y profundización), cuyo avance puede afectar al caserío en mención y la carretera de acceso.

Factores condicionantes:

- a) La geomorfología del terreno que son laderas de montañas en roca metamórfica, con pendientes que varían de fuertemente inclinadas (15°-25°) a muy fuertemente inclinadas (25°-45°), esto permite el desplazamiento de la masa, cuesta abajo afectando directamente a las viviendas (figura 12).
- b) Substrato rocoso conformado por pizarras, que se encuentran muy meteorizadas, son rocas de mala calidad y cuya cobertura del suelo es de fácil remoción por las aguas de escorrentía (figura 13).

- c) Depósitos coluvio-deluviales no consolidados formados por gravas angulosas a subangulosas con matriz limo-arcillosa de color marrón, producto de un deslizamiento antiguo.
- d) Substrato de mala calidad con un grado de meteorización moderado a alto.
- e) Presencia de afloramiento rocoso fracturado.
- f) Suelos de tipo limo-arcilloso con gravas.
- g) Presencia de agua subterránea como manantiales que saturan los suelos (figura 14).

Factor desencadenante:

- a) El factor desencadenante son las precipitaciones pluviales intensas y/o extraordinarias que se presentan entre los meses de diciembre a marzo.



Figura 12. La pendiente del terreno es un factor condicionante importante en la inestabilidad de las laderas de las montañas, sobre las cuales se ubican las viviendas del caserío de Arco Punco.



Figura 13. Se identificaron procesos de erosión de ladera a manera de cárcavas producidas por las aguas de escorrentía durante los meses de lluvias excepcionales



Figura 14. La presencia de agua subterránea es uno de los condicionantes para la ocurrencia de movimientos en masa como los deslizamientos

Daños:

El evento ocurrido en el caserío de Arco Punco ocasionó daños a 22 viviendas que actualmente se encuentran inhabitables, donde habitan 26 familias. Se identificaron agrietamientos en el terreno, así como asentamientos que inestabilizan los cimientos de las viviendas (figuras 15 a la 19).

También se afectaron las instalaciones del centro educativo Juan Velasco Alvarado y el jardín del mismo nombre, se observaron agrietamientos en las paredes del centro educativo producto del asentamiento del terreno (figura 20), también se afectaron terrenos de cultivo y postes de alumbrado público (figura 21).



Figura 15. Se identificaron agrietamientos en el terreno que afectan cimientos de las viviendas, también se observaron asentamientos en el terreno



Figura 16. Cimientos de las viviendas afectados por el asentamiento del terreno



Figura 17. Viviendas afectadas en el caserío de Arco Punco, se observan plantas de papaya inclinadas producto del asentamiento del terreno



Figura 18. Viviendas afectadas y otras que podrían serlo debido al asentamiento del terreno (línea discontinua de color rojo)



Figura 19. Daños generados por el basculamiento y agrietamiento del terreno, ocasionados por el empuje de la masa inestable, característica típica de un deslizamiento rotacional. La flecha indica la dirección del movimiento de la masa inestable

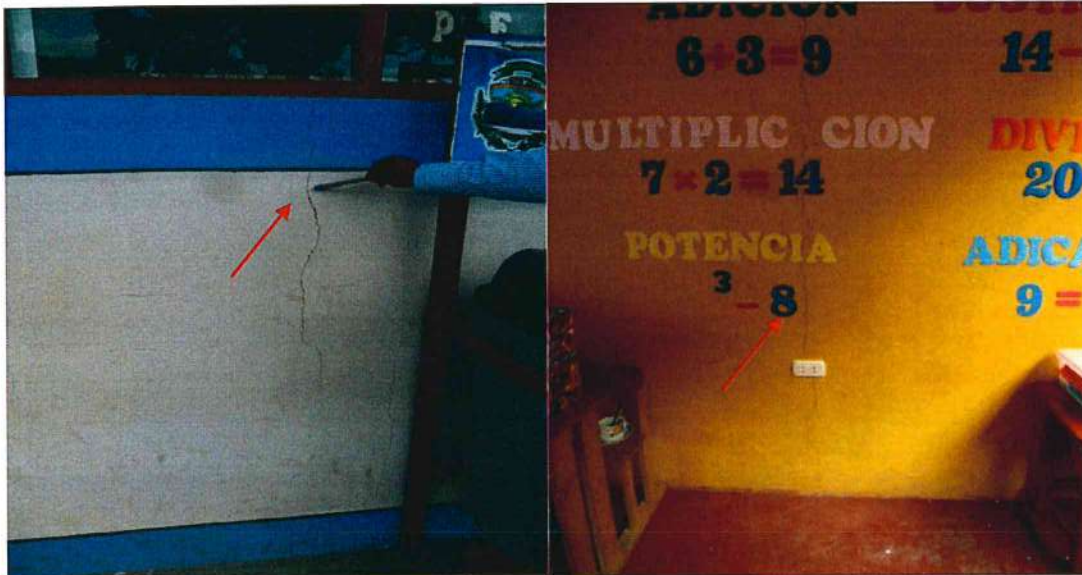


Figura 20. Se observaron agrietamientos en las paredes del centro educativo Juan Velasco Alvarado producto de los asentamientos en el terreno



Figura 21. Viviendas afectadas, se observa la inclinación de la vivienda. Cabe mencionar que el poste de alumbrado público podría ser afectado

En la figura 22, se muestra algunos de los puntos de control GPS que se consideraron durante los trabajos de campo realizados en el caserío de Arco Punco.

El mapa de peligros geológicos del caserío Arco Punco (figura 23) muestra la cartografía de los peligros geológicos identificados en la zona de estudio. Dicho mapa se elaboró con el uso de imágenes satelitales, antecedentes históricos y datos tomados en los trabajos de campo. Este mapa es una herramienta de apoyo a la planificación territorial y la gestión del riesgo (planes de emergencia) en el distrito de San Pedro de Putina Punco.



Figura 22. Representación de los puntos de inspección más importantes en el caserío de Arco Punco

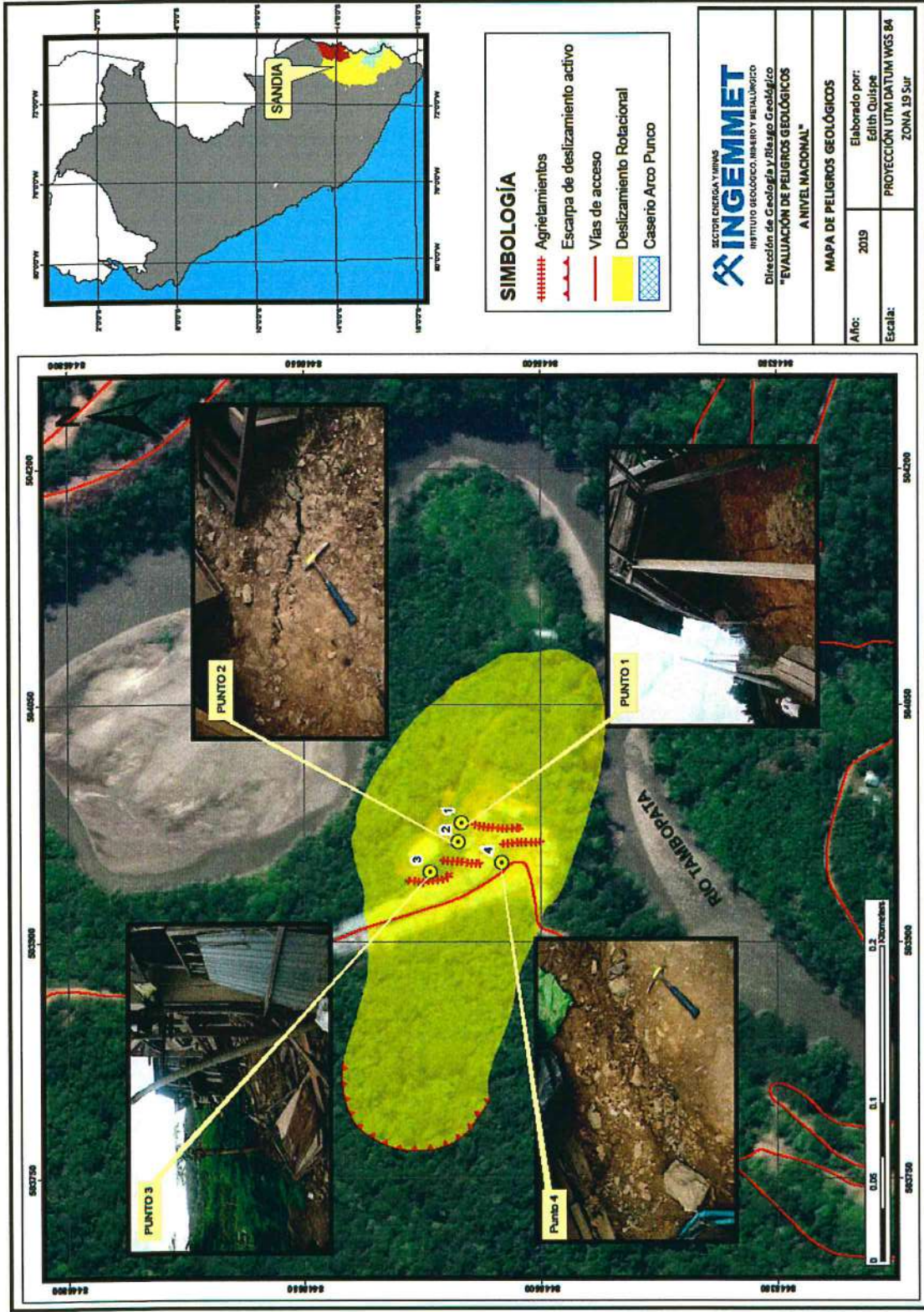


Figura 23. Mapa de peligros geológicos del caserío Arco Punco

CONCLUSIONES

- a) El caserío de Arco Punco se encuentra ubicado en la margen izquierda del río Tambopata, en zonas susceptibles a movimientos en masa.
- b) Geomorfológicamente, la población del caserío Arco Punco se encuentra sobre piedemontes coluvio-deluviales formados por depósitos antiguos de deslizamientos y en los alrededores se observan relieves de montañas en rocas metamórficas con pendiente promedio de la ladera entre los 25° y 45°.
- c) El substrato rocoso, sobre el cual se ubica el caserío de Arco Punco y cuyos afloramientos se observan en las laderas de las montañas, corresponde a rocas de diferente competencia, conformado por secuencias de la Formación Sandia; en donde se tienen pizarras y cuarcitas de diferentes espesores. Se consideran a estas secuencias como rocas de calidad regular a mala, muy fracturada y con intensa meteorización.
- d) El caserío de Arco Punco es afectado por peligros geológicos tipo deslizamientos, debido a la ocurrencia de precipitaciones pluviales intensas y/o extraordinarias, así como la exposición por la ocupación urbana no planificada. También se identificaron procesos de erosión de laderas en forma de cárcavas que inestabilizan el terreno.
- e) Por las condiciones geológicas-geodinámicas, el caserío de Arco Punco es considerado como Zona Crítica, de peligro muy alto por deslizamientos, ante la presencia de lluvias intensas y/o extraordinarias.

RECOMENDACIONES

- a) Implementar un sistema de alerta temprana, en temporadas de precipitaciones pluviales intensas y/o extraordinarias para informar a la población involucrada y que pueda realizarse la evacuación de las zonas que pueden resultar afectadas.
- b) Implementar un sistema de señalización de rutas de evacuación ante la ocurrencia de nuevos deslizamientos o la reactivación de los deslizamientos ya identificados.
- c) Realizar el sellado de grietas abiertas formadas por el asentamiento del terreno, con arcilla; con el objetivo de reducir el ingreso del agua hacia el subsuelo y que se desestabilice más el terreno.
- d) Realizar un monitoreo diario del movimiento de los deslizamientos, con el fin de estar prevenidos.
- e) El desarrollo de vegetación natural (pastos, malezas, arbustos, árboles) contribuye a atenuar el proceso de incisión rápida de las masas deslizantes; no obstante, este seguirá produciéndose en forma lenta hasta alcanzar el equilibrio natural entre el suelo y la vegetación nativa.
- f) Construir defensas ribereñas en la margen izquierda del río Tambopata, con el fin de proteger los cultivos de la población y el campo deportivo del caserío Arco Punco. Las obras deben ser dirigidas y ejecutadas por profesionales con conocimiento y experiencia en el tema.
- g) Las viviendas afectadas deben ser inhabilitadas.
- h) Reubicar a la población del caserío Arco Punco, debido a que se encuentran en un riesgo muy alto ante los peligros geológicos identificados en la zona de estudio.
- i) Realizar un estudio detallado de las condiciones físicas del nuevo lugar de reasentamiento, que reúna las condiciones adecuadas y asegurar la ausencia de peligros geológicos que amenacen la seguridad física de la población.

Ing. CÉSAR A. CHACALTANA BUDIEL
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cruden, D.M. & Varnes, D.J. (1996) - Landslides Types and Processes in Turner, A.K and Schuster, R.L. Editores (1996). Landslides Investigation and Mitigation, Special Report 247, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 672 p.

De La Cruz N. & Carpio, M. (1996) - Geología de los cuadrángulos de Sandía y San Ignacio hoja 29-y, 29-z. INGEMMET, *Boletín Serie A: Carta Geológica Nacional*, 82, 170 p.

Dirección de Geología Ambiental (2002) - Estudio de riesgos geológicos del Perú- Franja N° 2. INGEMMET, *Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 27, 368 p.

FAO (1967) - La erosión del suelo por el agua. Cuadernos de fomento agropecuario. N° 81 Roma. 207 p.

Hungr, O. & Evans, S.G. (2004) - Entrainment of debris in rock avalanches: an analysis of a long run-out mechanism: Geological Society of America Bulletin.

Medina, L. (2014) - Peligros Geológicos en el barrio Selva Alegre. INGEMMET. Región Puno, Provincia Sandia.

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.

Sánchez, A. & Zapata, A. (2003) - Memoria Descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Sicuani (29-t), Nuñoa (29-u), Macusani (29-v), Limbani (29-x), Sandía (29-y), San Ignacio (29-z), Yauri (30-t), Azángaro (30-v), Putina (30-X), La Rinconada (30-y), Condorama (31-t), Ocuwiri (31-u), Juliaca (31-v), Callalli (32-t), y Ácora (32-x). Lima: INGEMMET.

Varnes, J. (1978) - Slope movements types and processes. En: SCHUSTER, L. y KRIZEK, J. Ed, Landslides analysis and control. Washington D.C. National Academy Press Transportation Research Board Special Report 176, p.

Villota, H. (2005) - Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación de Tierras. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Departamento Administrativo Nacional de Estadística, Bogotá, Colombia.

