

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A6916

EVALUACIÓN GEOLÓGICA DEL DESLIZAMIENTO DE ANTAPI, UBINAS

Región Moquegua
Provincia General Sánchez Cerro
Distrito Ubinas



JULIO
2019

CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 Objetivo del estudio..... | 1 |
| 2. GENERALIDADES | 2 |
| 2.1 Ubicación | 2 |
| 3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS Y GEOLÓGICOS | 2 |
| 4. PELIGROS GEOLÓGICOS | 6 |
| 4.1 Deslizamiento..... | 6 |
| 4.2 Deslizamiento Antiguo | 8 |
| 5. DESLIZAMIENTO ACTUAL ANTAPI | 10 |
| 6. FACTORES CONDICIONANTES Y DETONANTES DEL FENÓMENO | 18 |
| 7. CONCLUSIONES | 19 |
| 8. RECOMENDACIONES | 20 |
| BIBLIOGRAFÍA | 21 |
| GLOSARIO | 22 |

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), dentro de sus 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.

La municipalidad distrital de Ubinas mediante oficio N° 059-2019-A/MDU, de fecha 28 de marzo del presente, dirigido al Presidente ejecutivo del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET, solicitó una evaluación técnica por deslizamiento en el sector de Antapi, ubicado en el distrito de Ubinas.

Para la evaluación de peligros geológicos en los sectores mencionados, el INGEMMET, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, dispuso una brigada especializada en peligros geológicos para que evalué la zona afectada. La brigada estuvo conformada por los ingenieros, Yhon Soncco y Edu Taype. La inspección técnica se realizó los días 4 y 5 de abril del 2019, donde identificaron las causas del evento que afectó al sector mencionado. Se realizaron adicionalmente sobrevuelos en dron obteniendo imágenes de la zona afectada, así como información para desarrollar un DEM de información con alta resolución.

Este documento presenta las observaciones geomorfológicas, geológicas y de peligros geológicos, en el sector Antapi del distrito de Ubinas, provincia de General Sánchez Cerro, ubicada en el departamento de Moquegua.

1.1 Objetivo del estudio

El objetivo principal del presente estudio es determinar las condicionantes geológicas, geodinámicas y el entorno geográfico de la zona (naturales o antrópicas), que originó el deslizamiento, en el sector de Antapi, con ello se podrá implementar medidas correctivas en forma puntual e integral. Esto servirá para que las autoridades competentes actúen adecuadamente, en la prevención y reducción del riesgo de desastres

Es importante mencionar que el INGEMMET a través de esta evaluación de peligro geológico contribuirá a la evaluación de riesgos geológico (EVAR) integral, competencia del CENEPRED, donde incluye los aspectos de vulnerabilidad.

2. GENERALIDADES

2.1 Ubicación

El sector Antapi, políticamente se ubica en el distrito de Ubinas, provincia General Sánchez Cerro, región Moquegua. Se encuentra a 73 km al este de la ciudad de Arequipa.

Se emplaza en el margen izquierdo del valle de Ubinas, a una altitud aproximada de 3300 m.s.n.m., (figura 1).

La zona objeto del presente estudio (Antapi), está ubicada en las siguientes coordenadas geográficas:

Latitud 16°23'20.69"S
 Longitud 70°51'24.20"O

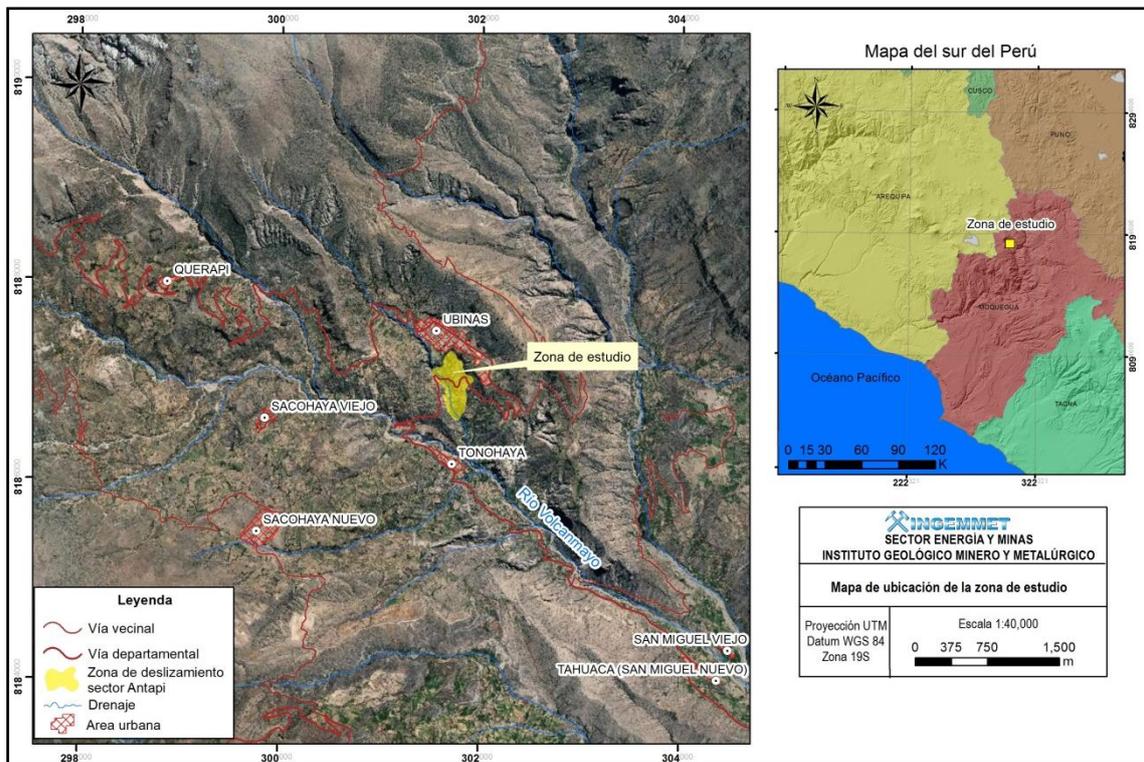


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS Y GEOLÓGICOS

Tomando como referencia el mapa geológico del cuadrángulo de Ichuña (33-u), Marocco y del Pino (1998), podemos indicar que en el área comprendida por sector Antapi, se encuentran afloramientos de bloques de roca volcánica con matriz areno arcillosa y depósitos de flujos piroclástica

antiguos, como parte de una gigantesca avalancha de descombros, en el sector sur del volcán Ubinas, (figura 2).



Figura 2. Muestra el flanco Sur del volcán Ubinas, donde se ubica el distrito de Ubinas, y el sector de Antapi. Asentados sobre una avalancha de escombros.

Desde el punto de vista geomorfológico: el sector de Antapi se encuentra en un piedemonte coluvio-deluvial, presenta laderas agrestes con abundante vegetación, la pendiente en las laderas que conforman las vertientes del valle de Ubinas y el sector de Antapi, varían de fuertemente inclinadas ($15^\circ - 25^\circ$) a muy fuertemente inclinadas ($25^\circ - 45^\circ$) ligeramente escarpada, (figura 3 y 4). En la parte baja del sector Antapi, cruza la microcuenca del río Antapi.

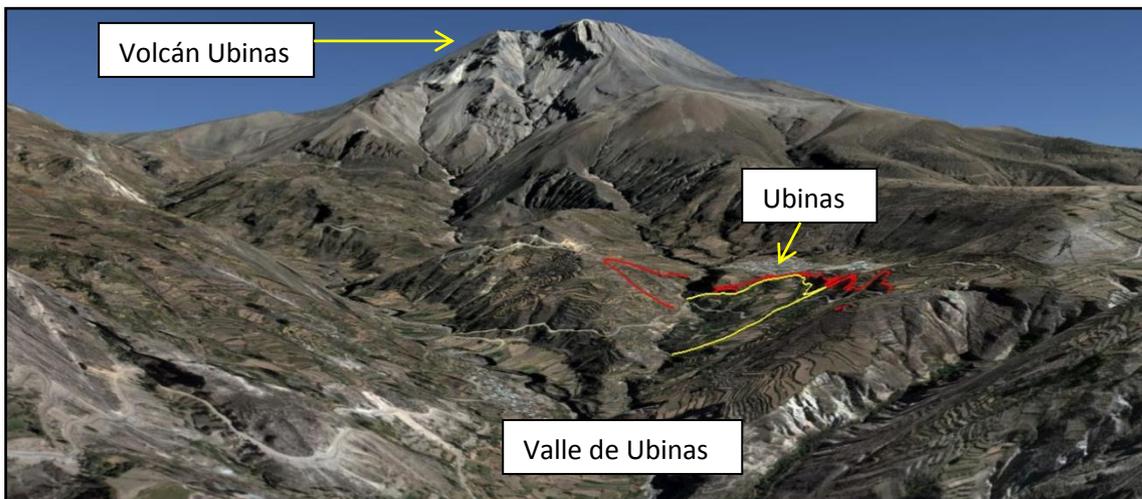


Figura 3. Muestra el flanco Sur del volcán Ubinas y el valle de Ubinas

El valle de Ubinas se prolonga desde la quebrada Volcanmayo (pie del flanco sur del volcán Ubinas) hasta la confluencia del río Tambo (~14 km del cráter). En la cabecera de dicho valle afloran depósitos volcanoclásticos y avalanchas de escombros, en donde los ríos Ubinas y Sacohaya han producido encañonamientos. Hacia la parte baja del valle (3100 msnm.) y en ambos márgenes del río Ubinas, se encuentran terrazas. Dichas terrazas se hallan conformadas por lahares y/o depósitos aluviales.



Figura 4. Muestra el piedemonte donde se ubica el sector de Antapi, se observa las laderas agrestes.

Desde el punto de vista Geológico: en el flanco sur del volcán Ubinas después de la construcción del estrato-volcán antiguo ($\geq 370\text{ka}$) se produjo un colapso del flanco sur del edificio volcánico “Ubinas I”, generando un depósito de avalancha de escombros cuyo volumen es de $\sim 2,8 \text{ km}^3$, Rivera et al (2011), que fue canalizado en los valles de Ubinas y Para. Estos depósitos yacen sobre flujos de bloques y cenizas soldados del Oligoceno (Grupo Tacaza). La avalancha está constituida de bloques lávicos subangulosos de tamaños métricos hasta decimétricos, la mayoría están hidrotermalizados. La mayoría de bloques presentan fracturas de tipo “jigsaw” o “dientes de serrucho”. El espesor de estas avalanchas es variable, sobrepasan los 220 m. a 4 km. al SE del cráter, y disminuyen hacia la parte baja del valle de Ubinas (30 m. a 10 km. al SE del cráter). El sector Antapi, se ubica sobre este deslizamiento, (figura 5).

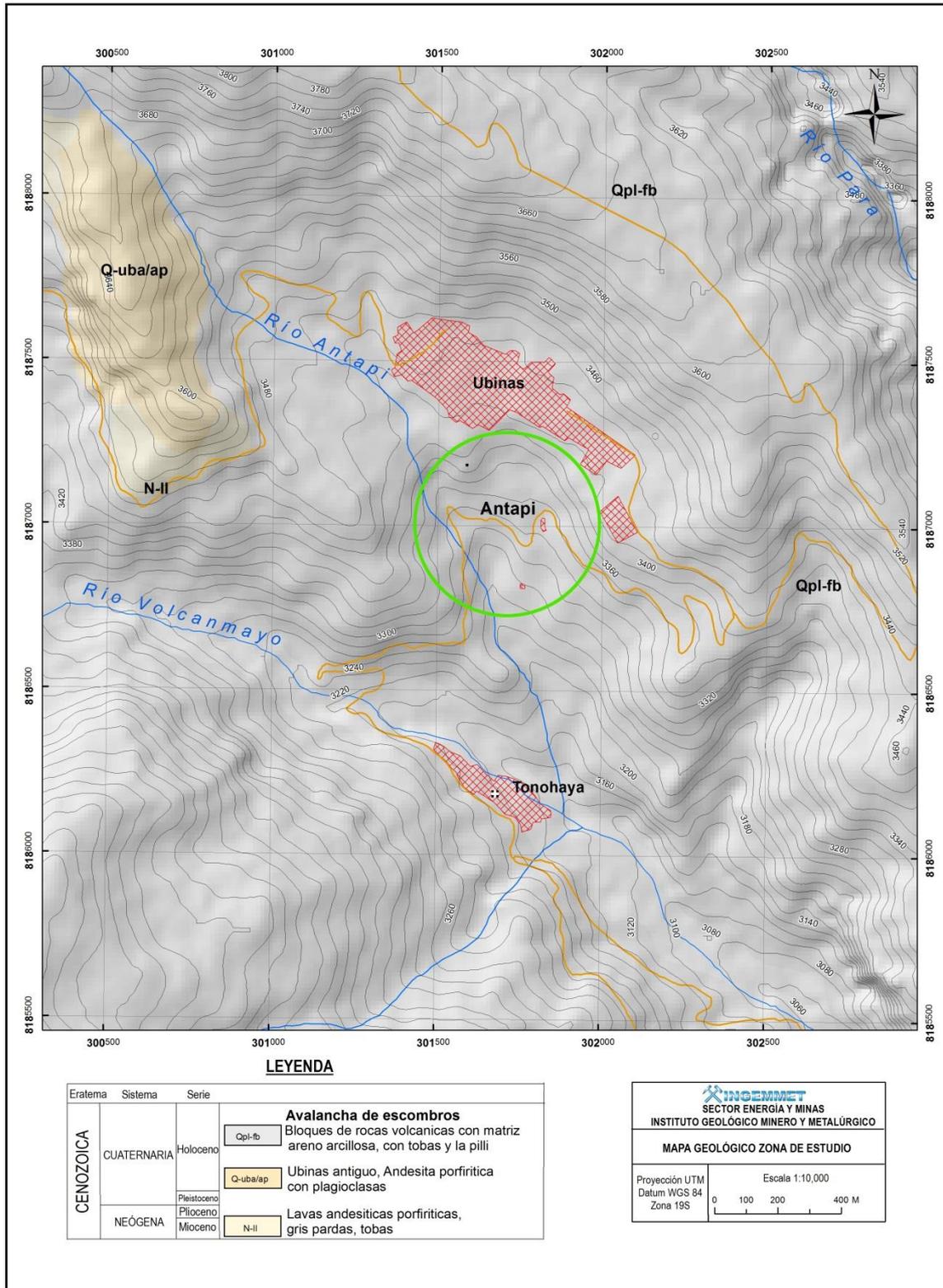


Figura 5. Mapa geológico de la zona de estudio, tomado del mapa geológico del cuadrángulo de Ichuña (33-u), Morocco y del Pino (1998)

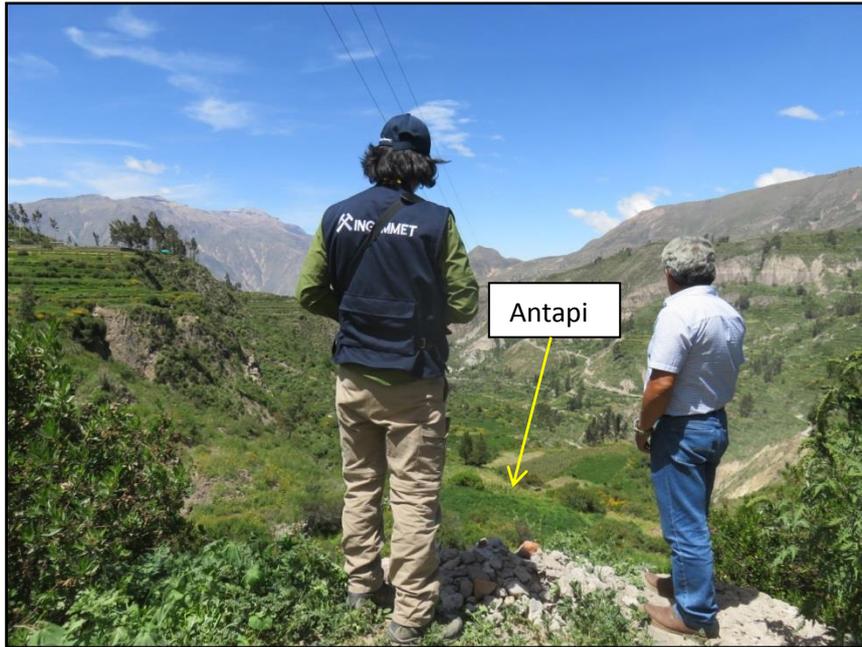


Figura 6. Muestra el sector de Antapi, visto desde el distrito de Ubinas

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos identificados en el área de estudio, están asociados principalmente a movimientos en masa. El término movimientos en masa incluye todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad (Cruden, 1991 en PMA: GCA, 2007). Los movimientos en masa representan procesos geológicos superficiales, que involucran la remoción de masas rocosas con características inestables, depósitos inconsolidados de diferente origen, competencia y grado de cohesión, o la combinación de ambos, por efecto de la gravedad, Medina., (2014).

En el área de estudio, los movimientos en masa, están estrechamente ligados a factores detonantes como erosión fluvial, lluvias de gran intensidad o gran duración asociadas a eventos excepcionales, al sistema de riego y a sismos tectónicos.

Los factores condicionantes o intrínsecos que favorecen la ocurrencia de movimientos en masa son la litología (calidad de la roca y permeabilidad), morfología y pendiente del terreno.

El principal peligro geológico al cual está expuesto la zona de estudio son a movimientos en masa del tipo: Deslizamiento

4.1 Deslizamiento

Los fenómenos de ladera o movimientos de ladera son desplazamientos de masas de tierra o de rocas que se encuentran en pendiente, se entiende como movimiento del terreno o desplazamientos que afectan a los materiales en laderas o escarpes. Estos desplazamientos se producen hacia el exterior de

las laderas y en sentido descendente como consecuencia de la fuerza de la gravedad, Corominas y García Yagüe, (1997).

La nomenclatura de los elementos morfológicos y morfométricos de un movimiento de ladera tipo rotacional (figura 7), ha sido desarrollada por la Asociación Internacional de Geología Aplicada a la Ingeniería (IAEG, 1990).

Deslizamiento rotacional, es cuando la superficie de rotura es una superficie cóncava. Los deslizamientos rotacionales se producen fundamentalmente en materiales homogéneos o en macizos rocosos muy fracturados, Antoine., (1992), se suelen diferenciar por una inclinación contrapendiente de la cabecera.

Entonces ¿que los produce?, mencionaremos algunos de los factores que desencadenan los deslizamientos: rocas muy fracturadas y alteradas o suelos poco coherentes, saturación de suelos o roca alterada por intensas lluvias, deforestación de tierras, erosión fluvial, erosión de laderas (cárcavas), modificación de taludes de corte, actividad sísmica y volcánica.

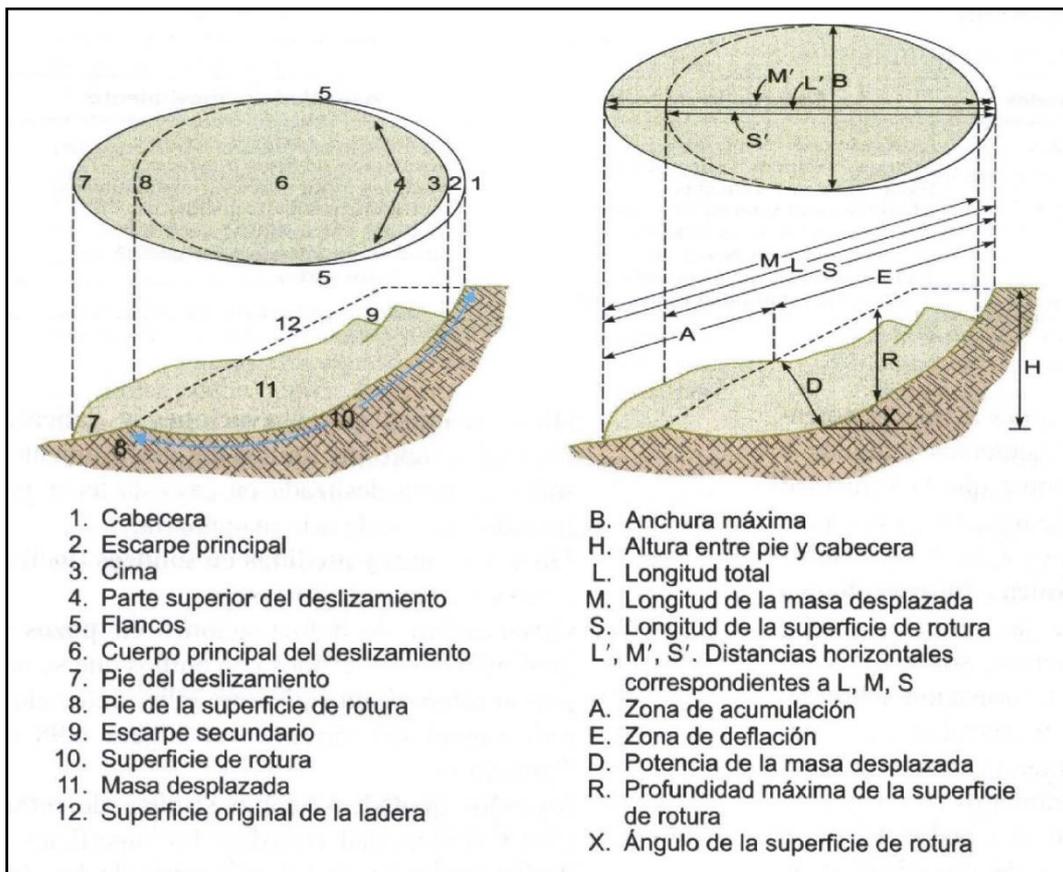


Figura 7. Elementos morfológicos y morfométricos de un deslizamiento, tomado de González de Vallejo., (2002).

4.2 Deslizamiento Antiguo

En la parte baja del distrito de Ubinas, se evidencia un gran deslizamiento que presenta una corona con forma irregular y continua (figura 8), con longitud de 1500 m. el salto de la escarpa antiguo posee entre 25 a 50 m. él salto de escarpe no se observa nítidamente debido a la erosión y la vegetación. Su masa desplazada llegó hasta el cauce del río Antapi que cruza la parte baja del sector. En el cuerpo del deslizamiento se aprecian lomeríos y pequeñas quebradas, estas últimas por la acción del agua.



Figura 8. Muestra el deslizamiento antiguo en la parte baja del Distrito de Ubinas.

Sobre el cuerpo del deslizamiento antiguo se pueden observar lomeríos con en el cual se pueden evidenciar las direcciones de movimiento de los deslizamientos secundarios, que se generaron posteriores al deslizamiento Antigo, (figura 9).

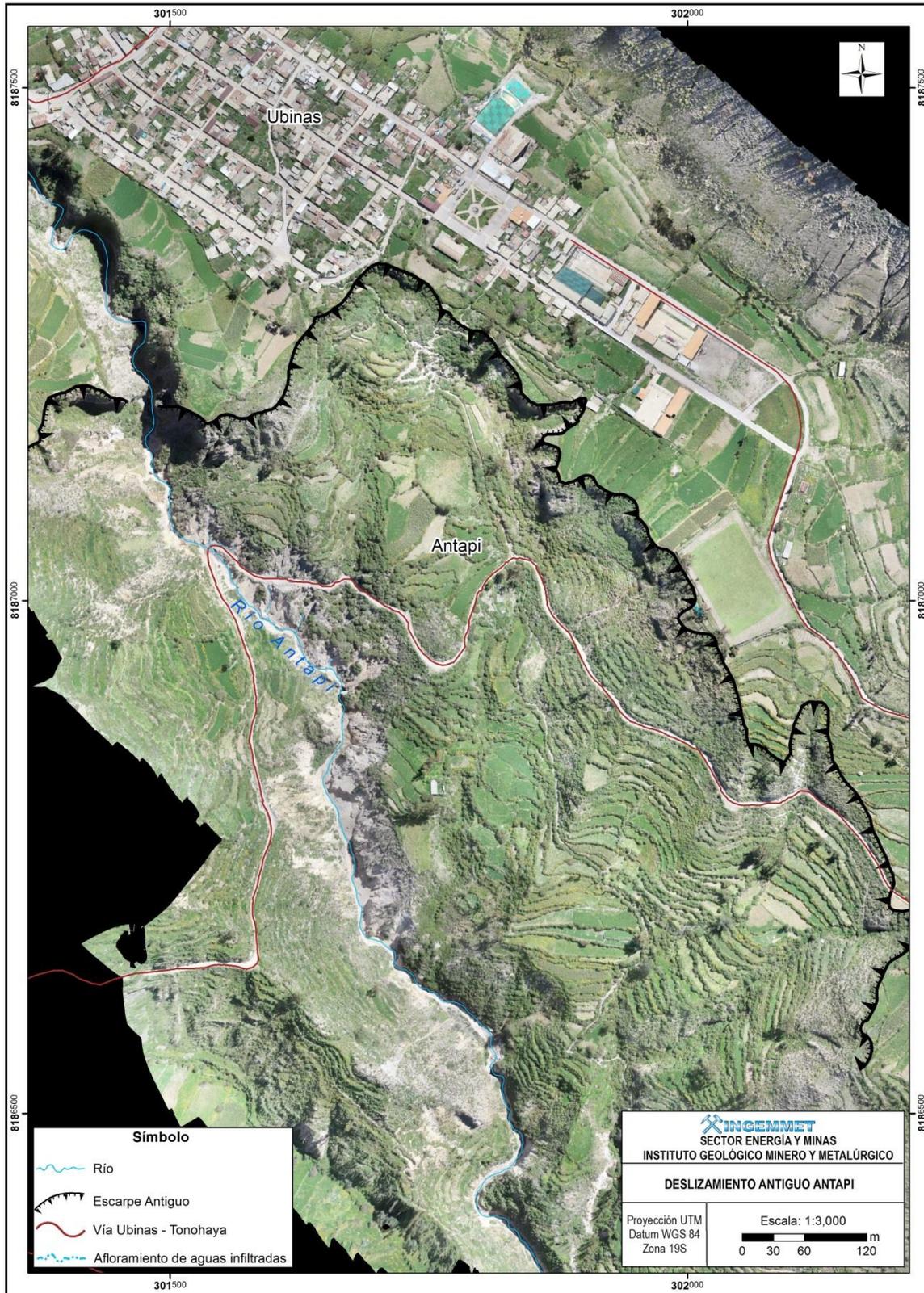


Figura 9. Se muestra el escarpe del deslizamiento antiguo que se encuentra en la parte baja de Ubina

5. DESLIZAMIENTO ACTUAL ANTAPI

El deslizamiento Antapi, se ubica al suroeste del distrito de Ubinas, la corona de deslizamiento se ubica a aproximadamente 110 m. en línea recta desde la plaza de Ubinas. Este deslizamiento anteriormente fue presentando continuos movimientos muy lentos, en cambio el día 14 de marzo presentó un desplazamiento importante, el cual se observó en la vía que une los poblados de Ubinas con Tonohaya, según lo manifestado por los pobladores, (figura 10).



Figura 10. Muestra: 1) el salto de escarpe de 1 m., se ubica en el extremo norte del deslizamiento, 2) grietas de hasta 3.5 m., ubicados en el extremo sureste del deslizamiento, se puede ver las grietas en la carretera que cruza este

sector, 3) salto de escarpe de 0.8 m., y grietas de hasta 0.2 m., se ubican en extremos noroeste del deslizamiento, 4) escarpe de 0.8 m., se ubica en el extremo sureste del deslizamiento, 5) plano del deslizamiento actual el cual presenta un saldo de 1.2 m., 6) grieta de 5.5 m., ubicado en la parte baja de la carretera que cruza el sector, al sur de la laguna de oxidación ubicado en la zona.

– Características del deslizamiento

Se trata de un deslizamiento tipo rotacional, con avance lento retrogresivo. La corona del deslizamiento es poco clara, debido a que la zona presenta abundante vegetación. Aproximadamente esta corona mide 1200 m. es de forma irregular y continua; la distancia del escarpe hasta el pie del deslizamiento es de 750 m. Este evento está comprendido entre las cotas 3370 a 3190 m.s.n.m. es decir presenta un desnivel de 180 m. La masa movilizada se estima que afecto un área 142000 m².

Este deslizamiento es la reactivación de un segmento del deslizamiento antiguo.

El pie del deslizamiento es afectado fuertemente por erosión fluvial por las aguas del río Antapi que cruza el sector, los flujos de detritos (huaicos/lahares), al desplazarse por este sector arrancan material, dejando el cuerpo del deslizamiento sin soporte, debido a esta ausencia la masa del deslizamiento sede cuesta abajo. Parte del material se observa en algunos sectores del cauce del río, formando pequeñas embalses en el río Antapi, (figura 11).



Figura 11. Muestra la intensa erosión fluvial que afecta la parte baja del sector Antapi.

Litológicamente el deslizamiento Antapi se desarrolla y se emplaza sobre una avalancha de escombros, con bloques sueltos, alterados y muy fracturados, (figura 12).

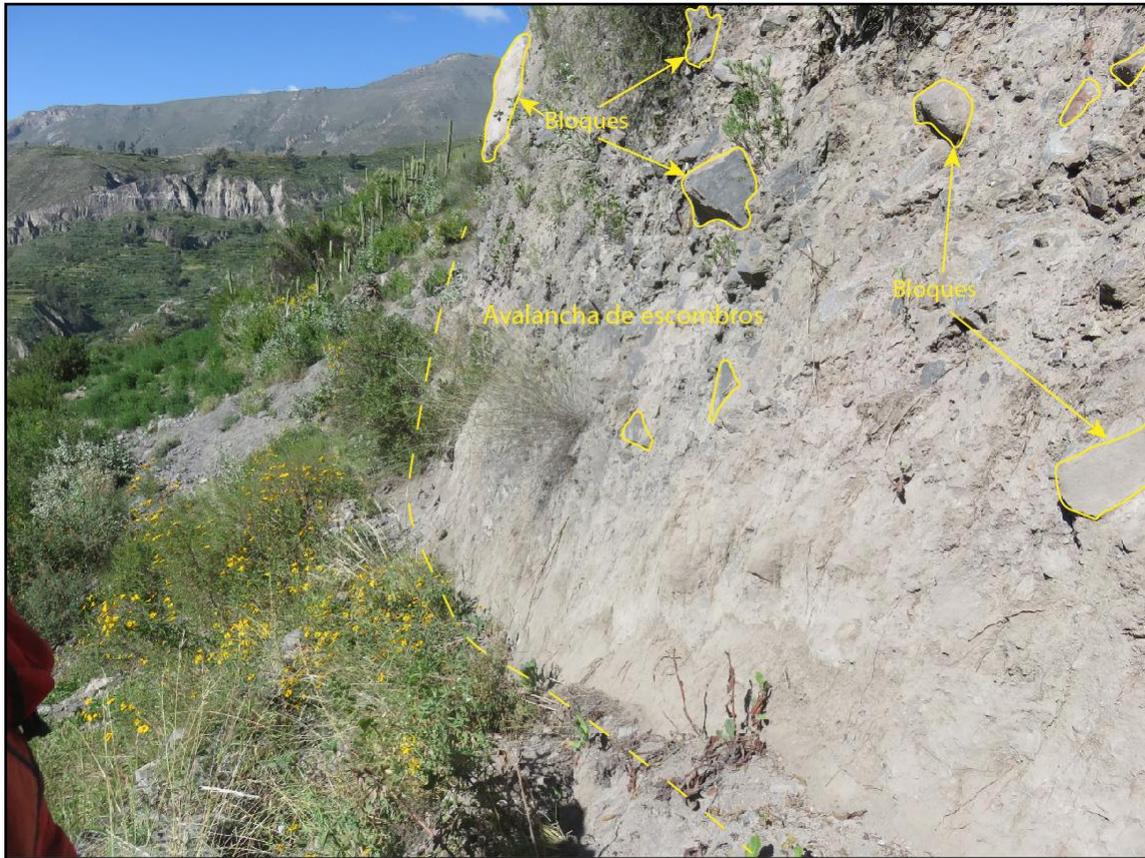


Figura 12. Muestra la litología sobre la que se desarrolla el deslizamiento Antapi.

La dirección del desplazamiento de la masa es hacia el Suroeste, es decir hacia el valle del río Antapi. A lo largo del deslizamiento se distinguen una serie de estructuras cóncavas y convexas de tipo lomeríos, los cuales son evidencia de empuje del terreno, (figura 13). Además, se ha encontrado múltiples deslizamientos en la parte baja, los cuales presentan mayor movimiento con respecto al deslizamiento principal, (figura 14), en el fondo del río, parte baja de Antapi, se ha observado una intensa erosión fluvial, el cual se encuentra representada en el mapa del deslizamiento Antapi-Ubinas, (figura 14).



Figura 13. Muestra los lomeríos y las direcciones de movimientos que se forman en el cuerpo del deslizamiento Antapi.

El mapa principal deslizamiento Antapi – Ubinas, (figura 14), muestra en (línea negra), un deslizamiento antiguo, y el deslizamiento actual Antapi (línea de color amarilla),

Además el mapa muestra los deslizamientos secundarios que se originaron posteriores al deslizamiento Antiguo, y anteriores al deslizamiento principal Antapi, se puede observar el cuerpo de los múltiples deslizamientos.

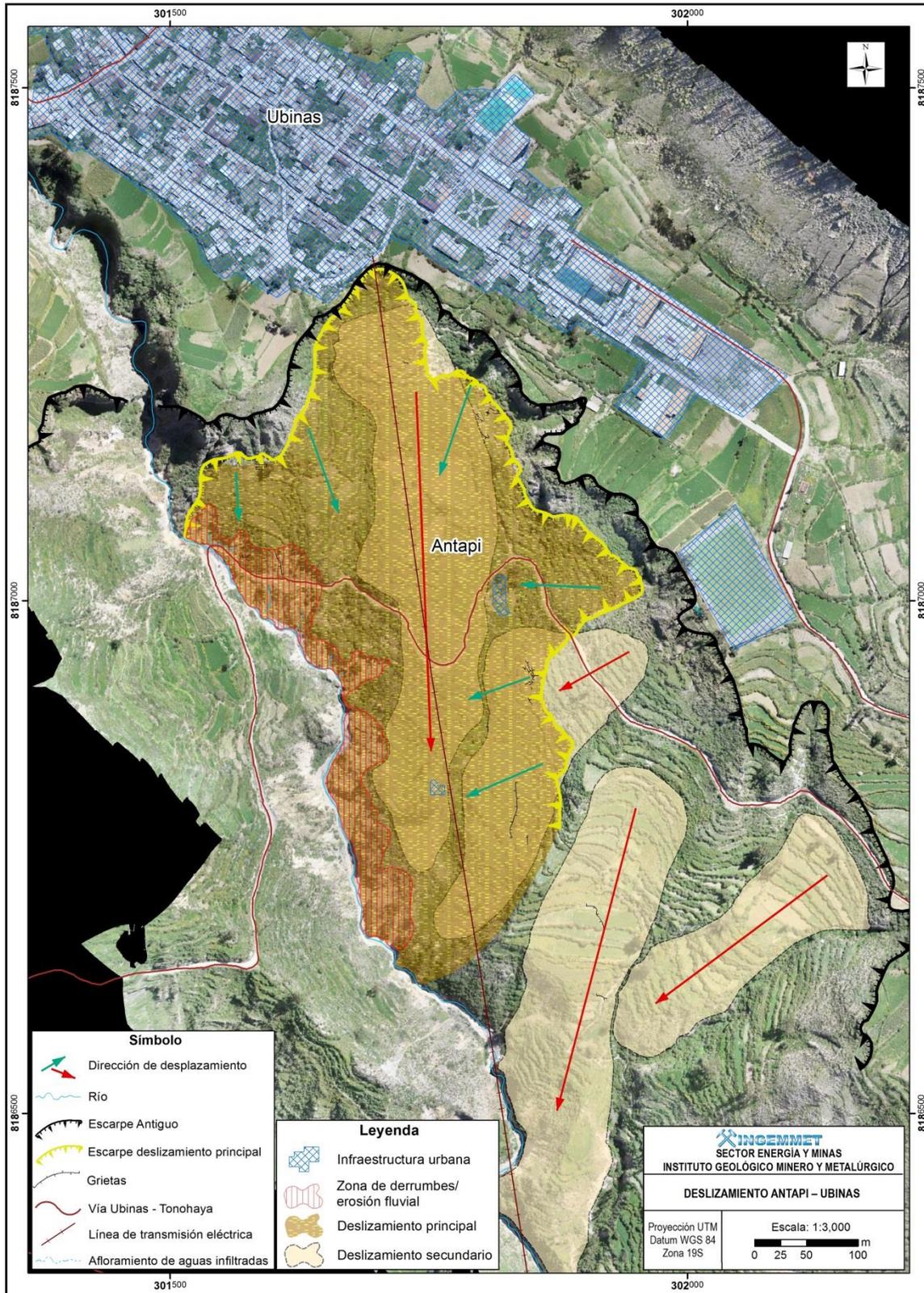


Figura 14. Muestra el escarpe del deslizamiento antiguo (línea de color negra) y el deslizamiento actual (línea de color amarilla).

- Causas del deslizamiento

Las causas para la ocurrencia de estos procesos, se relacionan con la litología del substrato, pendiente del terreno, presencia de agua en los materiales (rocas y suelos) y erosión de las partes bajas de las laderas.

Las causas son:

- Substrato rocoso de mala calidad, conformado principalmente por depósitos de avalancha de escombros, que provienen del colapso del flanco sur del volcán Ubinas; en algunos sectores aún se puede observar paquetes de flujos piroclásticos alterados e hidrotermalizados, inestables si se saturan de agua.
- La zona de Antapi posee un pendiente del terreno, entre 25° a 35°, que permite que la masa inestable se desestabilice y se desplace cuesta abajo.
- Intensa erosión fluvial que afecta la parte baja (pie del deslizamiento), el cual se intensifica en temporadas de lluvia, debido a que en el río Antapi, se desarrollan flujos de detritos (huaicos/lahares) de grandes magnitudes, (figura 15, 16 y 17).
- La infiltración de aguas utilizadas para riego por gravedad mediante canales, que no cuentan con el revestimiento necesario para evitar la infiltración de agua en las partes altas del sector Antapi. Estas aguas afloran al pie del deslizamiento Antapi, (figura 18).

El factor desencadenante fue la constante erosión fluvial de la parte baja del sector Antapi, intensificado debido a los flujos de detritos (huaicos/lahares) que descienden desde las partes altas, en temporada de lluvia.

En la parte baja Antapi, exactamente en el cauce del río Antapi, se presentan también derrumbes, originados por el socavamiento lateral, producido por la crecida del río, que desestabilizó el margen izquierdo, tal como se aprecia en la (figuras 15, 16 y 17). Este fenómeno, es el principal desencadenante para la reactivación de los deslizamientos de la parte superior.

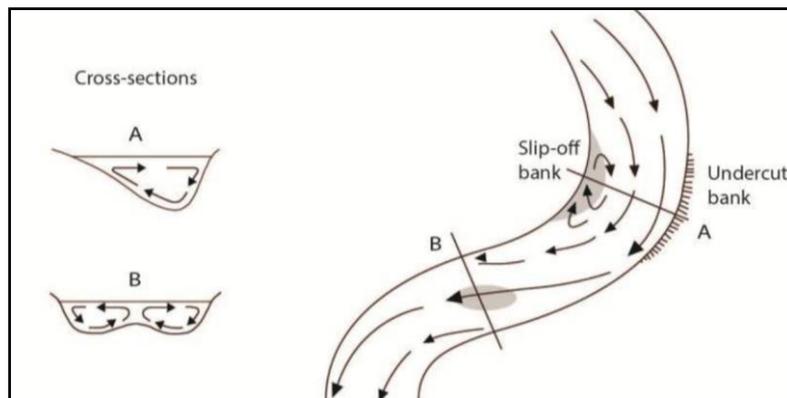


Figura 15. Vista en planta de la dinámica fluvial en cauces sinuosos (Huggett, 2007).

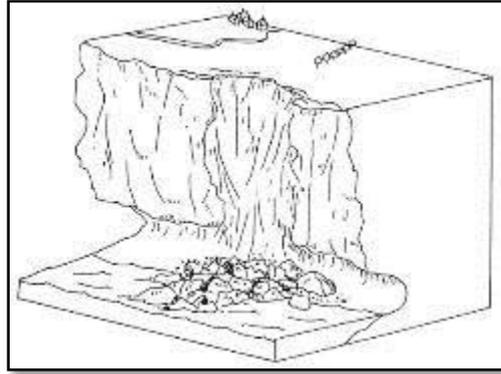


Figura 16. Esquema de un socavamiento lateral, que origina derrumbes y deslizamientos (PMA, 2007).

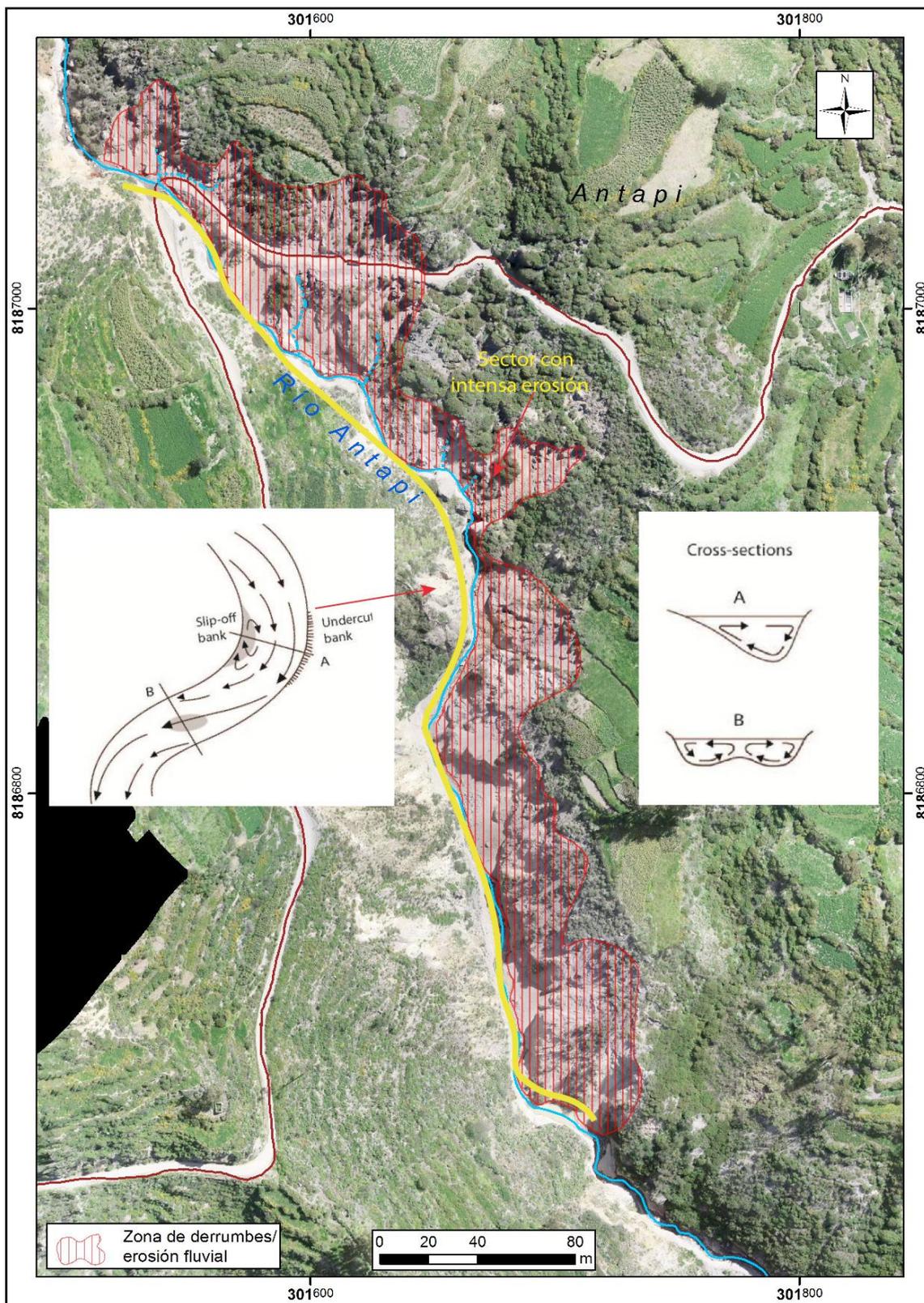


Figura 17. Socavamiento lateral en la margen derecha del río Antapi, el cual genera derrumbes y debilita la base de los terrenos de cultivos en el sector Antapi.



Figura 18. Muestra afloramientos de agua infiltradas desde las partes altas de Antapi.

6. FACTORES CONDICIONANTES Y DETONANTES DEL FENÓMENO

La formación del deslizamiento de Antapi, la aparición de grandes grietas tensionales en el terreno y en general el origen de todo el conjunto de grandes movimientos en masa vistos en los alrededores, están relacionadas a las características geológicas y geomorfológicas regionales.

De acuerdo a las características litológicas, (figura 12), las rocas se encuentran fuertemente fracturadas y en algunos casos alteradas superficialmente, lo que las hace susceptibles a la erosión y formación de grandes deslizamientos, que configuraron la forma del relieve abrupto.

En términos generales, las características litológicas, estructurales y topográficas, sumadas a las condiciones climáticas locales y erosión fluvial en el río Antapi, configuran las condicionantes para la ocurrencia de fenómenos de movimientos en masa en la zona de Antapi y alrededores, tal como se puede apreciar esquemáticamente en la (figura 14).

El intenso socavamiento lateral producido por las crecidas del río, además de huaicos/lahares, provocaron la desestabilización de laderas en ambos márgenes, (siendo el más afectado el margen izquierdo, sector Antapi) originando grietas tensionales y reactivando deslizamientos.

El aspecto antropogénico, es muy importante para la estabilidad de los taludes; los cortes de carretera hechos sin las medidas preventivas necesarias en zonas susceptibles a deslizamientos, reactivan y aceleran la evolución de estos fenómenos. La sobresaturación del suelo por prácticas inadecuadas de riego, sistemas de desagüe y drenajes, también condicionan la generación de movimientos en masa.

7. CONCLUSIONES

- a) El sector Antapi está ubicado sobre un deslizamiento antiguo el cual posee una corona de 1500 m. de longitud. Este deslizamiento aún sigue inestable, muestra reactivaciones. En su escarpa se presentan procesos de erosiones de ladera y derrumbes. Se le considera geodinámicamente activa, y por lo tanto una zona crítica.
- b) El deslizamiento actual Antapi, es una reactivación de un sector del deslizamiento antiguo, de tipo rotacional, con avance lento retrogresivo. La corona del deslizamiento mide 1200 m. es de forma irregular, la distancia del escarpe hasta el pie del deslizamiento es de 750 m.
- c) El sector Antapi se ubica sobre rocas muy fracturadas y alteradas, que corresponden a un depósito de avalancha de escombros; estas características lo hacen un condicionante principal para la ocurrencia de deslizamientos de gran magnitud. Estas características geológicas en el sector Antapi, han configurado un relieve abrupto y deformado con pendientes muy escarpadas.
- d) El factor detonante, para la reactivación del deslizamiento de Antapi, fue la intensa erosión fluvial, en la parte baja de Antapi, debido a las crecidas del río que cruza el sector. Esta erosión se intensifica por los huaicos/lahares que se desencadenan en la parte baja del sector Antapi en temporadas de lluvia, debido a la dinámica fluvial.
- e) La infiltración de aguas provenientes de canales de irrigación sin revestimiento, aguas servidas provenientes del distrito de Ubinas, generan una saturación de los terrenos. Estas aguas afloran de manera de manantiales al pie del deslizamiento Antapi.
- f) El deslizamiento rotacional Antapi, compromete la seguridad física de un tramo de 540 m. de longitud de la carretera, que une los poblados de Ubinas con Tonohaya

8. RECOMENDACIONES

Dentro de las recomendaciones que deben tomarse en cuenta a corto y mediano plazo se señalan las siguientes:

- a) Considerar de ser posible la alternativa de realizar una variación en el trazo de carretera que pasa por el sector Antapi. De continuar utilizándose la vía como arteria principal de interconexión entre los poblados de Ubinas con Tonohaya, se debe instrumentar la zona deslizada, para poder medir la deformación y desplazamientos en el terreno. La utilidad de la instrumentación es determinar la tasa de movimiento en el deslizamiento, con fines preventivos. La viabilidad de su uso debe ser evaluado por un especialista en geotecnia.
- b) Dado que las condiciones de inestabilidad en la ladera continúan, el tránsito de personas y vehículos por la zona del cuerpo del deslizamiento rotacional de Antapi debe realizarse de forma cuidadosa, ya que nuevas reactivaciones pueden poner en riesgo su seguridad física. La presencia de vigías ubicados en los dos extremos de la zona inestable que alerten de nuevos asentamientos de terreno, ayudará a evitar la pérdida de vidas y materiales.
- c) Captar y derivar las aguas de manantiales que se encuentran dentro y cerca del deslizamiento; estas aguas deberán ser conducidas por medio de canales revestidos hacia cauces naturales (quebradas) ubicadas lejos de las zonas inestables.
- d) Se debe de realizar el relleno y sellado de grietas abiertas, localizadas dentro del cuerpo y sobre la corona del deslizamiento, para evitar la infiltración de aguas de precipitación pluvial que favorecen la saturación de materiales y aceleraría el colapso de terreno inestable. Una vez tratadas, las grietas deberán inspeccionarse periódicamente y sellarse cada vez que sea necesario. La abertura de grietas reparadas es un signo de reactivación del movimiento en la ladera.
- e) Para controlar la erosión fluvial lateral que pueda producirse en el pie del deslizamiento Antapi, sería conveniente la colocación de muros de gaviones en la margen derecha del río que cruza la parte baja del sector Antapi, este muro deberá tener una longitud mayor a la de la zona deslizada.
- f) Reducir y de ser posible no realizar prácticas agrícolas dentro de los terrenos afectados por el deslizamiento, ya que el riego de cultivos ayudaría a seguir desestabilizando la ladera.
- g) Realizar trabajos de sensibilización con los pobladores de la zona en temas de peligros geológicos y gestión del riesgo de desastres, para que estén preparados y sepan cómo actuar ante la ocurrencia de nuevos eventos que pueden afectar su seguridad física.

- h) Se recomienda plantear una nueva línea de transmisión de energía eléctrica, una línea que evite cruzar las zonas de deslizamientos, ya que estos deslizamientos son activos, y seguirán presentando movimientos de terreno.
- i) Se recomienda implementar por parte del COER MOQUEGUA un sistema de monitoreo permanente del deslizamiento, especialmente la zona donde se encuentra asentada la población de Ubinas.

BIBLIOGRAFÍA

- Marocco, R. & Del Pino, M. (1966). Geología del cuadrángulo de Ichuña. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 14 (Hoja 33-u). INGEMMET. Lima.
(<http://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/ingemmet/131>)
- Rivera M., Mariño J., Thouret J-C. (2011) – Geología y evaluación de peligros del volcán Ubinas. INGEMMET, Boletín, Serie C : Geodinámica e Ingeniería Geológica, 46, 83 p., 2 mapas
- Medina, L. (2014). “Peligros Geológicos en la Comunidad Campesina Jarahuaña”. Distrito Patambuco, Provincia Sandía, Región Puno. INGEMMET. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. Informe Técnico N°A6660. 33p.
- Corominas, J. & García Y agüe A. (1997). Terminología de los movimientos de ladera. I V Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Granada. Vol. 3,1051-1072
- González de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L. y Oteo, C. Ingeniería Geológica. 2002 (1ra. Ed); 2004 (2da. Ed); 2009 (3ra. Ed) Prentice Hall Pearson Educación, Madrid, pp 750.
- 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.
- Huggett, R., (2007). Fundamentals of Geomorphology. Second Edition. Routledge fundamentals of physical geography. London UK. 483 pp.
- 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.

GLOSARIO

Peligro: Probabilidad de que un fenómeno físico, potencialmente dañino, de origen natural o inducido por la acción humana, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad, en un periodo de tiempo y frecuencia definidos.

Peligro geológico: Proceso natural que puede causar daños materiales o la pérdida de vidas, la interrupción de actividades sociales y económicas, así como también la degradación ambiental.

Deslizamientos: Movimientos que se producen al superarse la resistencia al corte de un material (suelo, roca o ambos), a lo largo de una o más superficies de ruptura, y donde la masa original se desliza a distancias variables.

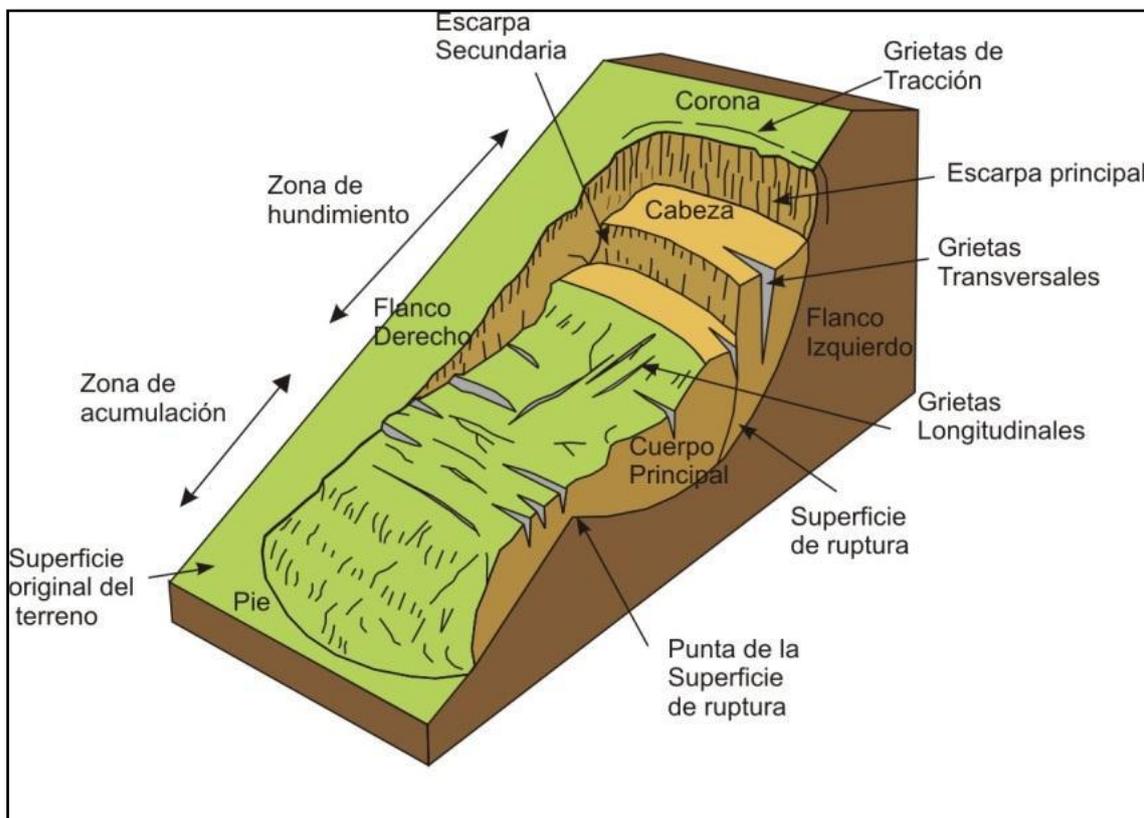


Figura 19. Diagrama de bloque de un deslizamiento