



SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INGEMMET

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7108

EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y GEODINÁMICA DEL DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR DE ALFONSO UGARTE

Región San Martín
Provincia Picota
Distrito Shamboyacu



ENERO
2021

*Evaluación geológica y geodinámica del deslizamiento en el sector de Alfonso Ugarte
Región San Martín, provincia Picota, distrito de Shamboyacu.*

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

Equipo de investigación:

*Abraham Gamonal Sánchez
Ángel Gonzalo Luna Guillén*

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2021). Evaluación de peligros por deslizamientos en el sector Alfonso Ugarte. Distrito Shamboyacu, Provincia Picota, Región San Martín. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7108, 52 p.

INDICE

RESUMEN	5
1. INTRODUCCIÓN	7
1.1. Objetivos del estudio	7
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	7
1.3. Aspectos generales	9
1.3.1. UBICACIÓN.....	9
1.3.2. ACCESIBILIDAD	12
1.3.4. HIDROGRAFÍA.....	13
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS	13
2.1. Unidades litoestratigráficas	13
2.1.1. Formación Chambira (PN-ch)	13
2.1.2. Depósitos aluviales (Qh-al).....	16
2.1.3. Depósitos fluviales (Qh-fl).....	17
2.1.4. Depósitos coluviales (Qh-co)	18
2.1.5. Depósitos coluvio-deluviales (Qh-cd).....	18
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	20
3.1. Pendientes del terreno	20
3.2. Unidades geomorfológicas	20
3.2.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL.....	20
3.2.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL Y AGRADACIONAL..	21
4. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS	26
4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa	26
4.2. Descripción del evento principal “Deslizamiento de la ladera margen derecha del río Ponasa a la altura de la bocatoma del canal de riego Ponasa”. ...	26
4.2.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO.....	27
4.2.2. ANÁLISIS DE PERFILES TRANSVERSALES	33
4.2.3. FACTORES CONDICIONANTES	38
4.2.4. FACTORES DETONANTES O DESENCADENANTES	39
4.2.5. DAÑOS O EFECTOS SECUNDARIOS	41
5. CONCLUSIONES	46
6. RECOMENDACIONES	48
7. BIBLIOGRAFÍA	49

ANEXO 1: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN 51

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación del deslizamiento de suelos y rocas ubicado en la zona de captación del sistema de irrigación Ponasa, sector Alfonso Ugarte, perteneciente a la jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Shamboyacu, provincia de Picota, región San Martín. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – INGEMMET, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología en los tres niveles de gobierno (distrital, regional y nacional).

Las unidades geológicas que afloran en la zona evaluada corresponden a rocas de origen sedimentario de la Formación Chambira, la cual está dividida en dos miembros, siendo el superior conformado por estratos métricos de areniscas blandas intercaladas con estratos delgados de lodolitas rojizas. El miembro inferior se compone de una secuencia donde predominan lodolitas rojizas intercaladas con capas de areniscas delgadas. Ambas secuencias califican como materiales de baja a muy baja calidad geomecánica. Los materiales descritos se encuentran cubiertos irregularmente por depósitos coluvio – deluviales con clastos angulosos de areniscas blandas, en una matriz predominante de arcillas limosas. Finalmente, en ambos márgenes del río Ponasa se distinguen depósitos aluviales antiguos y recientes, conformados por sedimentos finos y granulares. Rellenando el cauce del río mencionado se observan depósitos fluviales compuestos por gravas subredondeadas y arenas sueltas.

La morfología de la zona de estudio corresponde a unidades de origen tectónico-degradacional, tales como montañas en rocas sedimentarias y lomadas en roca sedimentaria; así también se identificaron unidades de carácter depositacional y agradacional originadas por la ocurrencia de movimientos en masa antiguos, que configuran geformas del tipo piedemonte o vertiente con depósitos de deslizamiento, coluvio - deluviales y planicie y/o terrazas aluviales asociadas a la dinámica fluvial del río Ponasa.

Se ha identificado un deslizamiento de suelos y roca, tipo rotacional, progresivo y activo; localizado en la margen izquierda del río Ponasa, frente a la captación del sistema de irrigación Ponasa y a 1.50 km aguas arriba de la localidad de Alfonso Ugarte. La escarpa presenta una longitud de 1,400 m con dirección predominante norte-sur e igual amplitud de masa deslizada, con un salto promedio de 10.0 m, una longitud de 430 m y una altura de 135 m entre la corona y pie del deslizamiento. Este evento muestra en la zona de arranque estratos de arenisca con buzamiento de 25° contra la pendiente, pero con elevado grado de fracturamiento lo cual es una condición que favorece la ocurrencia del evento. En la zona media el cuerpo del deslizamiento presenta escarpas secundarias, escalonadas y con grietas abiertas que llegan a medir hasta 2.0 m de profundidad y se comportan como caminos de infiltración de aguas de lluvia hacia la masa deslizante.

El pie del deslizamiento colinda con el cauce activo del río Ponasa y dada su ocurrencia ha generado empujes de tierra que han siniestrado parte de la infraestructura que compone la captación y de seguir movilizándose ladera abajo afectara la totalidad de dicha infraestructura, por lo que una de las recomendaciones es la reubicación de esta.

El factor disparador, al cual podemos asociar como desencadenante de este evento es el sismo ocurrido el 26 de mayo del 2019, de magnitud 8 Mw, con epicentro a 60 km al Sur de Lagunas, Alto Amazonas, Loreto y a 157 km del deslizamiento. Se ha realizado el análisis multitemporal de imágenes satelitales de julio del 2018 y agosto del 2019, observándose que para la del año 2018 no existía el evento siendo si claramente visible para la del año 2019. Esa hipótesis ha sido corroborada con versión hablada de los pobladores de la zona, quienes indican la aparición de la escarpa del deslizamiento como efecto del sismo descrito, por lo que podemos afirmar el deslizamiento como un evento cosísmico.

Mediante un modelamiento numérico, usando el software RAMMS se ha estimado un volumen de material comprometido de aproximadamente 945 249 m³, de los cuales 183 571 m³, obturarían en un tramo de 1.20 km del río Ponasa generando un dique de cierre de hasta 8 m de altura, que represaría las aguas del río generando un escenario de peligro muy alto ante la ocurrencia de flujos aluvionales e inundación, que afectarían los centros poblados asentados aguas abajo, tales como: Alfonso Ugarte, Paucar, Huañipo, San Antonio, Leoncio Prado, Nueva América, Aypena, Tingo de Ponasa, Mariscal Castilla y Santo Tomás.

Ante lo expuesto, se concluye que el área de estudio es considerada de **Peligro Muy Alto** ante la ocurrencia de deslizamientos de suelos y rocas de esta magnitud que pueden ser desencadenados por movimientos sísmicos como el ocurrido en la región Loreto. Las precipitaciones pluviales en este caso aceleran el movimiento de la masa inestable.

Finalmente, como primera medida a efectuar es la reubicación de la captación del sistema de irrigación Ponasa, pues sus componentes han sido comprometidos severamente. Es necesario pensar en una total reubicación de todo el sistema de irrigación de Ponasa en este sector, clausurando el actual. Se recomienda ampliar los estudios en el área para monitorear las laderas del valle e implementar un Sistema de Alerta Temprana para prevenir a las poblaciones aguas debajo de futuros eventos que puedan generar desastres.

1. INTRODUCCIÓN

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

Atendiendo la solicitud del Centro Nacional de Estimación Prevención y Reducción del riesgo de Desastres - CENEPRED según oficio N° 728-2020-CENEPRED/DGP-1.0 , es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de los eventos de tipo deslizamiento ocurrido según imágenes satelitales temporales (google Earth) entre julio del 2018 y agosto del 2019 que afectó la infraestructura de captación del sistema de irrigación Ponasa).

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó a los ingenieros Abraham Gamonal y Gonzalo Luna, para realizar la evaluación de peligros geológicos en coordinación con los representantes del Centro Nacional de Estimación, Prevención y reducción del Riesgo de Desastre - CENEPRED

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por INGEMMET, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS, fotografías terrestres y aéreas con drones), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración de las autoridades e instituciones pertinentes donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la reducción y prevención del riesgo de desastres, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar el deslizamiento de suelos y rocas localizado en la margen izquierda del río Ponasa, frente a la captación del sistema de irrigación Ponasa, en el sector de Alfonso Ugarte.
- b) Plantear medidas de mitigación que garanticen el adecuado funcionamiento del sistema de irrigación Ponasa y salvaguarden la seguridad física de la población ubicada aguas abajo del evento.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del INGEMMET, que incluyen sectores aledaños a las zonas de evaluación (informes técnicos) y otros estudios regionales en base a inventarios de peligros geológicos a nivel nacional (boletines).

- A. Boletín N° 94, serie A: Geología de lo cuadrángulos de Tarapoto, Papa Playa, Utcurararca y Yanayacu (hojas 13-k, 13l, 14-k y 14l)” (2006); este boletín (informe y mapas geológicos) explican los resultados de la interpretación geológica del cuadrángulo de Utcurararca 14 k, a una escala de 1:100 000, que abarca el área de estudio actual y nos permite tener una visión regional de la geología, geomorfología, estratigrafía y tectónica del área a evaluar. Tomando como base este documento, es la Formación Chambirá, la unidad lito-estratigráfica que aflora en la zona de estudio.
- B. Informe técnico “Peligros por deslizamiento en el sector Shamboyacu, distrito Shamboyacu, provincia Picota y región San Martín” (INGEMMET-2009); este informe tiene como objetivo la caracterización de las condicionantes geológicas y geodinámicas y factores desencadenantes que originaron la reactivación de un deslizamiento que tiene una corona de 100 m y un desnivel de 180 m, la cercanía a la zona de evaluación actual nos permite comparar las características intrínsecas de ambos fenómenos así como sus factores desencadenantes atribuidas a las precipitaciones pluviales intensas de la zona.
- C. “Apreciaciones geológicas preliminares y comentarios sobre la visita técnica realizada al proyecto sistema de irrigación Ponaza-CENEPRED” (Medina, 2015); El presente documento contiene las apreciaciones geológicas preliminares y algunos comentarios producto de la visita a las obras del Sistema de Irrigación Ponaza, realizada el día martes 02 de junio del 2015 (antes de suscitarse el deslizamiento en la zona) por representantes del CENEPRED, cuyo diagnóstico ya se reconoce la inestabilidad de la ladera e indicios de movimientos de masa en el sector de la bocatoma y tramos de conducción.
- D. Informe técnico “Evaluación de peligros geológicos en el sector de Chambira” (INGEMMET-2019); el objetivo de la evaluación geológica fue determinar las condicionantes geológicas y geodinámicas y del entorno geográfico de la zona, que originaron el deslizamiento que podría afectar al sector de Chambira e implementar medidas correctivas en forma puntual e integral, para que las autoridades competentes actúen adecuadamente en la prevención y reducción del riesgo de desastre en la localidad evaluada. Este estudio técnico se encuentra a 7 km al Sureste del poblado de Shamboyacu y comparte características similares con la zona a evaluar en el sector Alfonso Ugarte lo que nos permite extrapolar hasta cierto grado información relevante de la zona, coincidentes en los agentes condicionantes.
- E. Informe técnico “Movimientos en masa en la localidad de San Antonio, región San Martín, provincia Picota, distrito Tingo de Ponasa” (INGEMMET-2020); este informe tuvo como objetivo evaluar los procesos geodinámico en el área urbana de la localidad de San Antonio, ubicada en el distrito de Tingo de Ponasa, provincia de Picota, región San Martín, que afectaron específicamente a parte de infraestructura hidráulica del sistema de irrigación Ponasa identificando 01 derrumbe y 01 deslizamiento, ambos condicionados por el efecto erosivo del río Ponasa. Esta información indica que la zona de estudio presenta una actividad geodinámica activa, ante la ocurrencia de deslizamientos y proceso erosivos fluviales.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. UBICACIÓN

El área evaluada se encuentra entre los poblados Alfonso Ugarte y Shamboyacu (figuras 1 y 2), ambos ubicados en la margen derecha del río Ponasa, en el distrito de Shamboyacu, provincia de Picota, departamento de San Martín. El evento principal en evaluación, correspondiente a un deslizamiento de suelos y rocas, tipo rotacional, se ubica en la margen izquierda del río Ponasa a 1.50 km aguas arriba del C.P. de Alfonso Ugarte. Dicho evento ha siniestrado parte de la infraestructura de la captación del sistema de irrigación Ponasa (figura 3).

El área de estudio se localiza en las coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18) siguientes (cuadro 1).

Cuadro 1. Coordenadas del área de estudio.

N°	Coordenadas UTM - WGS84 - Zona 18		Coordenadas Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	375108.5	9223831.9	7° 0'12.79"S	76° 9'44.09"O
2	372793.4	9227575.7	7° 0'53.07"S	76° 9'18.15"O
3	370193.9	9226021.3	7° 1'9.98"S	76° 9'37.22"O
4	372509.02	9222231.1	7° 0'23.80"S	76°10'3.30"O
COORDENADA CENTRAL DEL EVENTO PRINCIPAL				
C	371384.5	9225141.6	7° 0'14.70"S	76°9'55.01"



Figura 1. Ubicación del C.P Alfonso Ugarte en referencia con el deslizamiento principal y la captación del sistema de irrigación Ponasa. Coordenadas UTM WGS 84, 18s: X: 371584 m; Y: 9225429.



Figura 2. Vista de la zona urbana del distrito de Shamboyacu, Coordenadas UTM WGS 84, 18s: X: 375114 m; Y: 9223610 m.

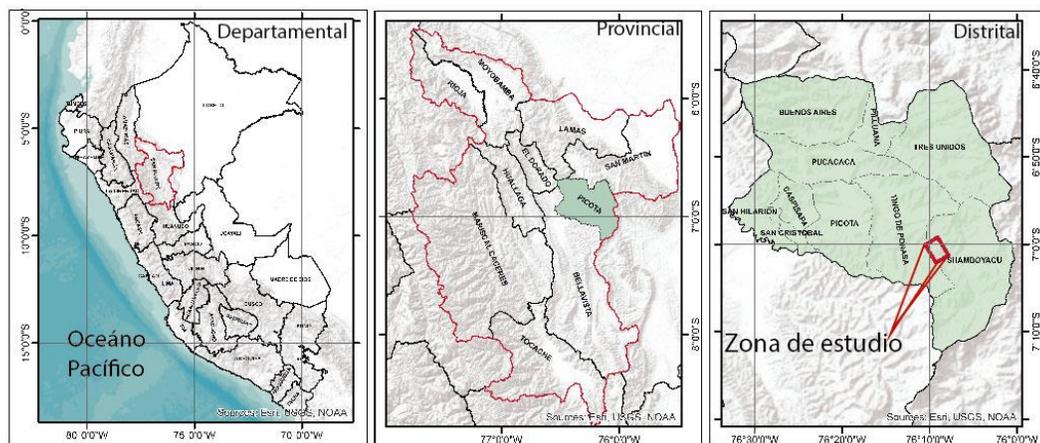
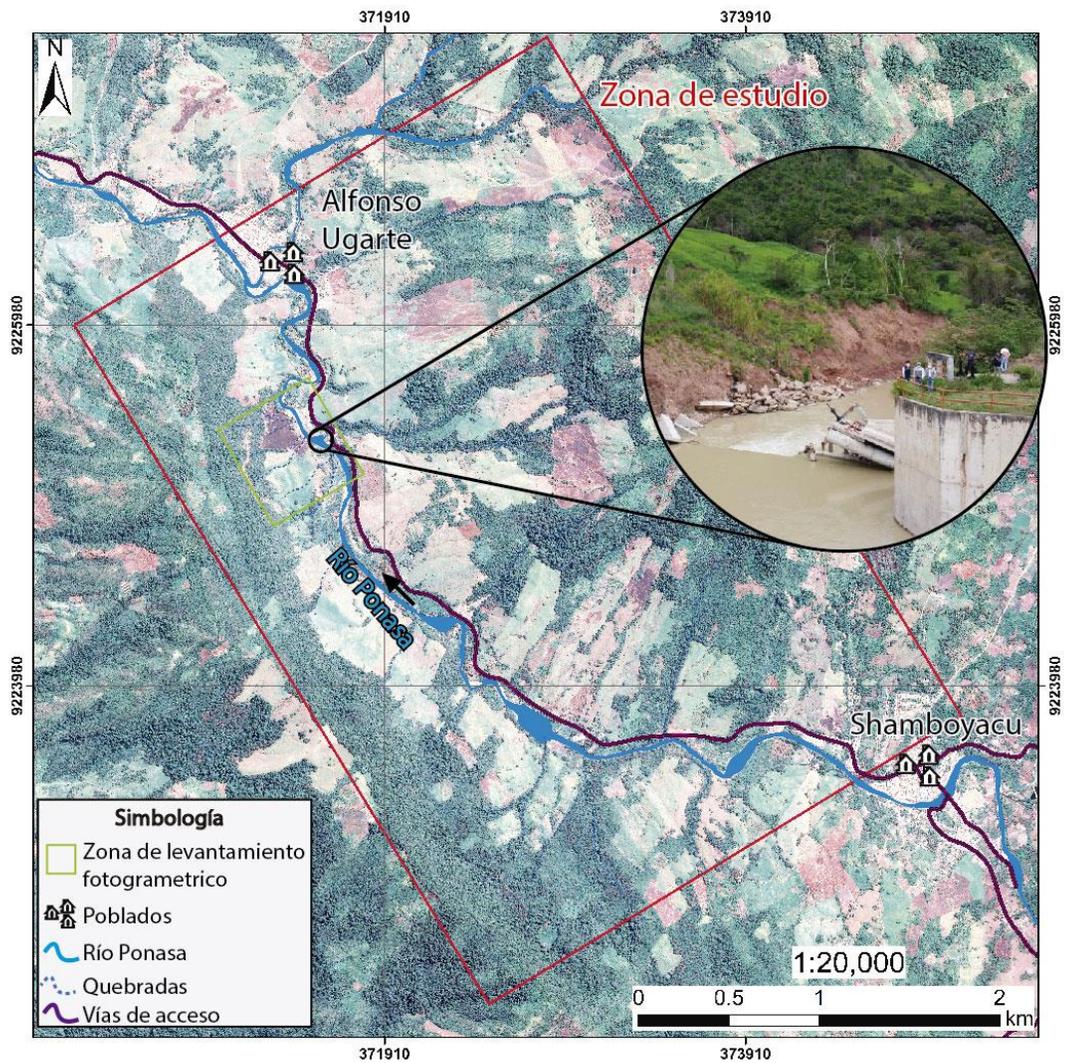


Figura 3. Mapa de ubicación de la zona de estudio.

1.3.2. ACCESIBILIDAD

El acceso desde la ciudad de Lima se realiza por vía aérea hasta la ciudad de Tarapoto, luego se continúa por la vía asfaltada Fernando Belaunde Terry – Tramo Sur hasta el distrito de Picota; a partir de donde se sigue la carretera que conduce hacia el distrito de Shamboyacu, pasando por las localidades de Tingo de Ponasa, San Antonio, Paucar y Alfonso Ugarte por mencionar las más importantes. La ruta seguida se describe en el cuadro 2 y figura 4.

Cuadro 2. Rutas y accesos a la zona evaluada.

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Lima – Tarapoto	Aérea	623	1 hr
Tarapoto -Picota	Terrestre Asfaltada /afirmada	51	50 min
Picota – Alfonso Ugarte (bocatoma Ponasa) – Shamboyacu	Terrestre Asfaltada	60	1 hr

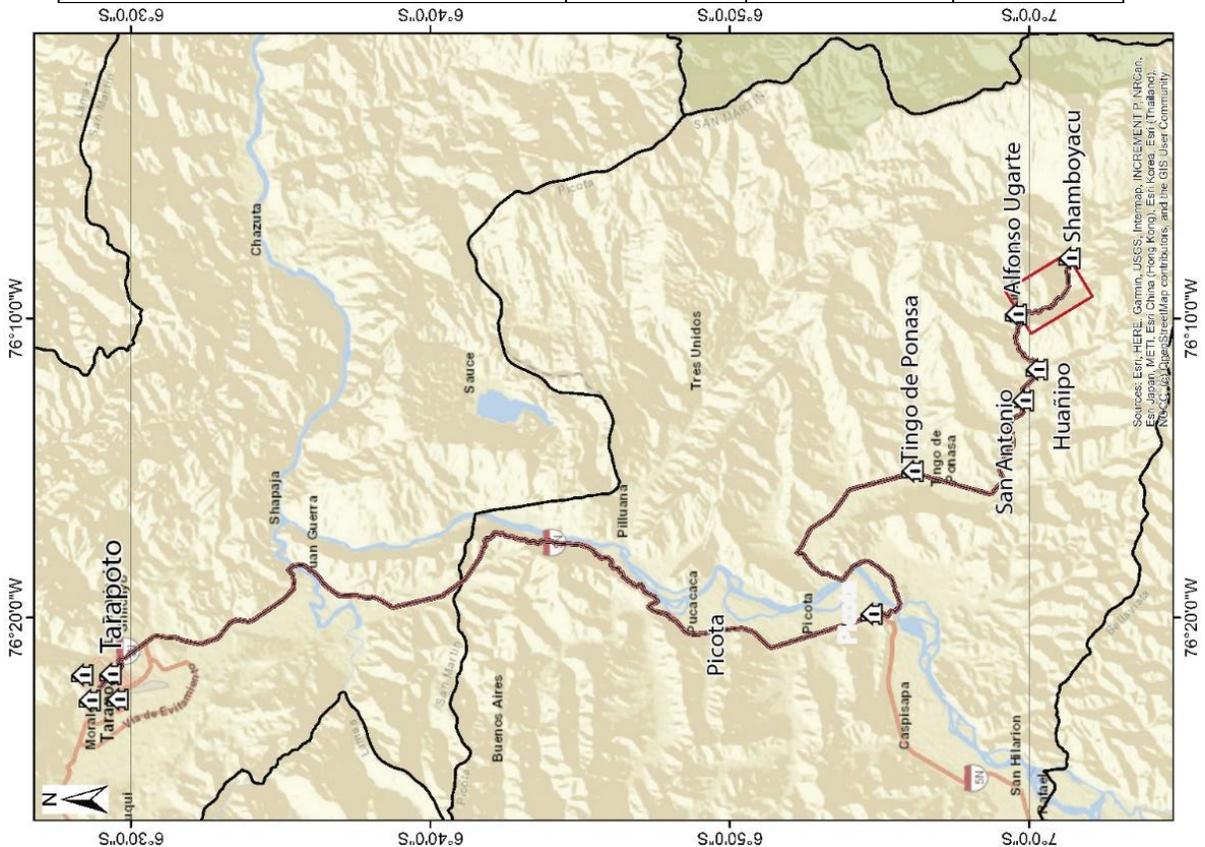


Figura 4: Mapa de accesibilidad desde la ciudad de Tarapoto hasta el área comprendida entre los poblados de Alfonso Ugarte y Shamboyacu (recuadro en rojo)

1.3.3. CLIMA

El clima en la zona de estudio, según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2019), es cálido húmedo tropical, con temperaturas altas, con una media anual superior a 25°C. Las precipitaciones pluviales alcanzan los 2827 mm/año, siendo en julio el mes de menor precipitación con 162 mm.

1.3.4. HIDROGRAFÍA

El río Ponasa es la principal unidad hidrográfica de la zona de estudio. Muestra un flujo divagante y meándrico con dirección preponderante en la zona de estudio de sur a norte. Asimismo, presenta un ancho promedio actual entre 20 a 25 m.

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico del área de estudio se elaboró teniendo como base el boletín “Geología de los cuadrángulos de San Rafael”(15k) , (Zárate et al.,1997), el mapa geológico a escala 1:100 000 del cuadrángulo de San José de Sisa“ (15k) elaborado por Sánchez et al.,1997, el boletín “Geología de los cuadrángulos de Tarapoto, Papa Playa, Utcucarca y Yanayacu (14k) y el mapa del cuadrángulo de La Laguna Sauce (14k) a escala 1:100 000 elaborados por Sánchez et al 1997, de igual manera, los trabajos de revisión en campo, análisis de imágenes satelitales y fotografías aéreas sirvieron para caracterizar y limitar las diferentes unidades litológicas considerando su grado de resistencia y susceptibilidad a procesos de erosión y remoción en masa, clasificando las unidades existentes en dos grupos (depósitos inconsolidados y sustratos rocosos. Estas unidades se representan en un mapa geológico (figura 12)

2.1. Unidades litoestratigráficas

En la zona inspeccionada se han reconocido 05 unidades lito-estratigráficas, entre ellas la Formación Chambira individualizada localmente en dos miembros (inferior y superior) y depósitos cuaternarios aluviales, fluviales, coluviales y coluvio-deluviales que cubren el basamento rocoso.

2.1.1. Formación Chambira (PN-ch)

Esta unidad esta descrita dentro del cuadrángulos 14 k y 15 k, como secuencias lodolíticas marrón rojizas intercaladas con capas de areniscas delgadas. Diferenciadas en este informe como los constituyentes de un miembro inferior que infrayace sobre capas de areniscas gruesas más claras de grano fino en estratos gruesos intercaladas con estratos delgados de lodolitas rojizas (miembro superior), este contacto inferido entre ambas secuencias se encontraría en la parte media de la ladera de la margen izquierda del río Ponasa, mientras que en la margen derecha predominaría la intercalación de estratos gruesos lodolíticas rojizas con estratos de arenisca menos potentes. Esta misma

configuración se observa desde el poblado de Shamboyacu hasta Alfonso Ugarte (figuras 5 - 7).



Figura 5. Escarpa principal del deslizamiento. Afloran areniscas y lodolitas rojas de los miembros superior e inferior de la Formación Chambira. UTM WGS 84, 18s: X: 371128 m; Y: 9225177m.



Figura 6. Escarpa principal del deslizamiento. Afloran areniscas y lodolitas rojas de los miembros superior e inferior de la Formación Chambira.



Figura 7. Afloramientos de areniscas pertenecientes a la formación Chambira, observados en la margen derecha del río Ponasa. Presentan un rumbo de N165° y buzamiento de 15°.

2.1.2. Depósitos aluviales (Qh-al)

Estos depósitos cuaternarios se encuentran rellenando parte del valle del río Ponasa. Se diferencian 02 tipos, tales como depósitos aluviales finos (Qh-al-2), conformados por arcillas de mediana plasticidad emplazados sobre depósitos aluviales granulares, más antiguos (Qh-al-1). Estos últimos están conformados por gravas gruesas y bloques subredondeados a redondeados inmersos en una matriz arcillosa (figura 8 y 9).



Figura 8. Depósitos aluviales finos (Qh-al-2), de baja compacidad y resistencia, con 2.50 m de espesor. UTM WGS 84, 18s: X: 371548 m; Y: 9225371 m.

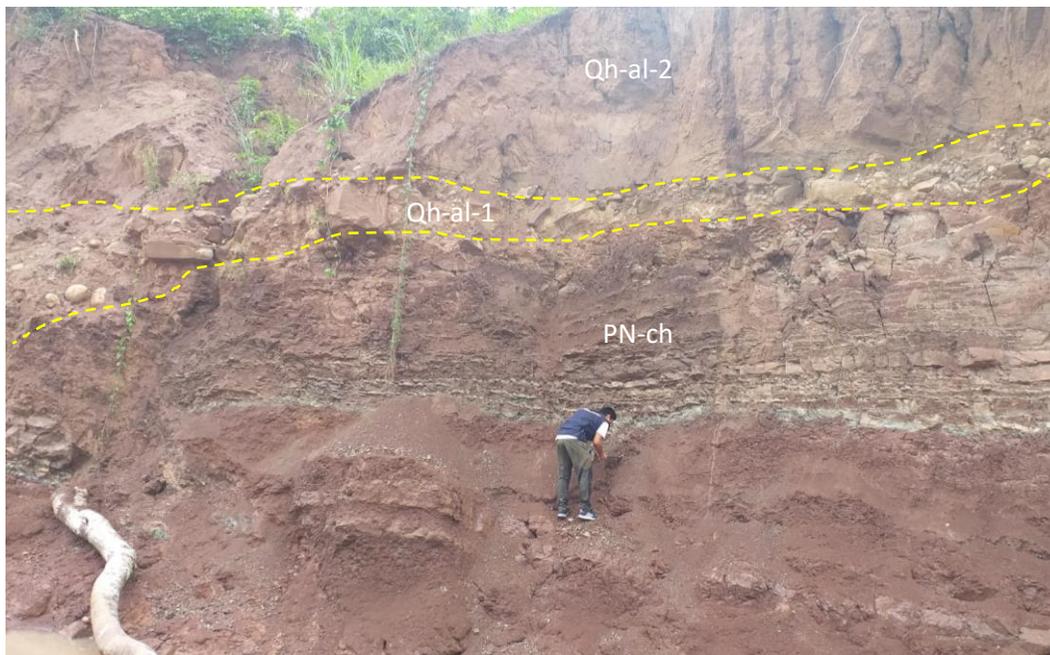


Figura 9. Se Depósitos aluviales granulares (Qh-al-1) y finos (Qh-al-2), cubriendo lodolitas rojas de la Formación Chambira (PN-ch), en la margen izquierda del río Ponasa. UTM WGS 84, 18s: X: 371432 m; Y: 9225404 m.

2.1.3. Depósitos fluviales (Qh-fl)

Se han considerado como tales a aquellos depósitos que ocupan el lecho actual del río Ponasa y sus zonas de inundación fluvial (áreas inmediatas) cuya acumulación se debe a corrientes fluviales recientes. Están constituidos por gravas con matriz arenosa y arenas, de color gris a pardo con clastos redondeados de hasta 60 cm (figura 10).



Figura 10. Unidades lito-estratigráficas en la zona de estudio PN-ch = Formación Chambira, Qh-al = depósitos aluviales y Qf-fl= depósitos fluviales.

2.1.4. Depósitos coluviales (Qh-co)

Están constituidos por bloques sub-angulosos soportados por matriz arcillo-limosa. Su origen está asociado a desprendimientos (deslizamientos y derrumbes antiguos). Se emplazan en la parte media de la ladera de la margen izquierda del río Ponasa cubriendo rocas de la Formación Chambira. Se muestran como materiales inconsolidados e inestables, propensos a la ocurrencia de movimientos en masa. Presentan un espesor aproximado de 10 m (Figura 11).

2.1.5. Depósitos coluvio-deluviales (Qh-cd)

Son depósitos formados por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial. Estos últimos deben su origen a la alteración in-situ de las areniscas y lodolitas de la Formación Chambira, denominados como suelos residuales con escaso transporte. Ambos materiales se encuentran interestratificados y no es posible diferenciarlos (Vílchez et al.,2019).

Estos depósitos están constituidos por bloques angulosos heterométricos embebidos en matriz arcillo-limosa. Afloran en ambas márgenes del río Ponasa entre las localidades de Alfonso Ugarte y Shamboyacu (Figura 11).

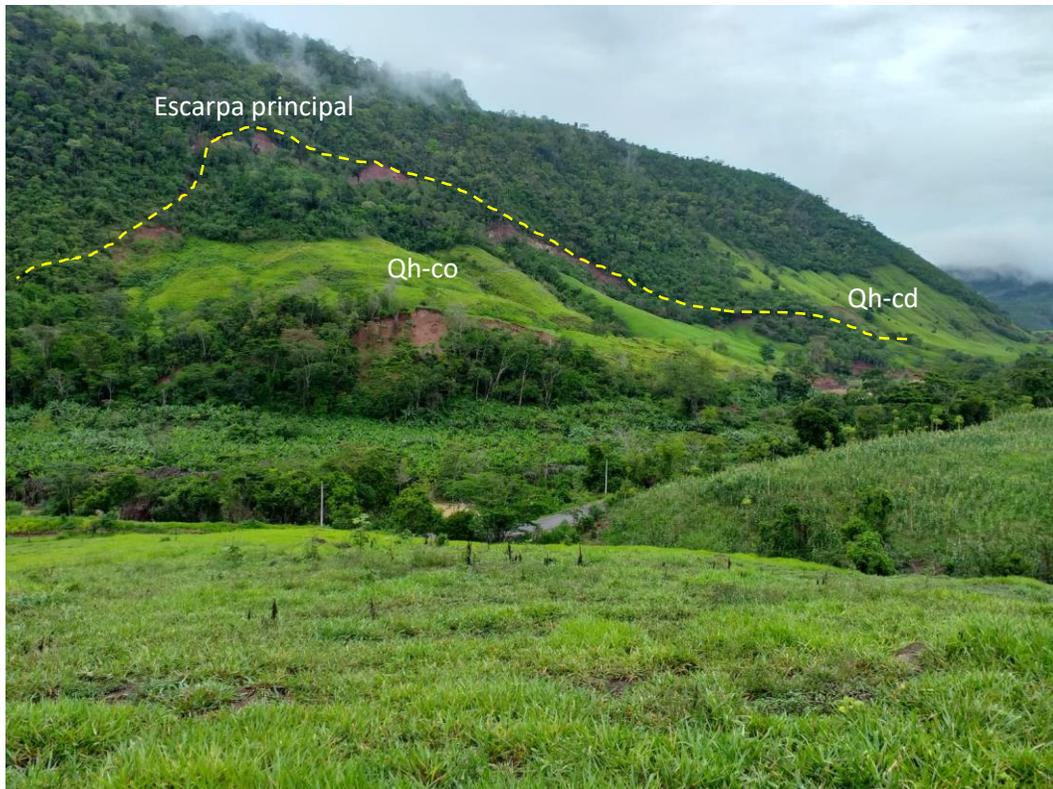
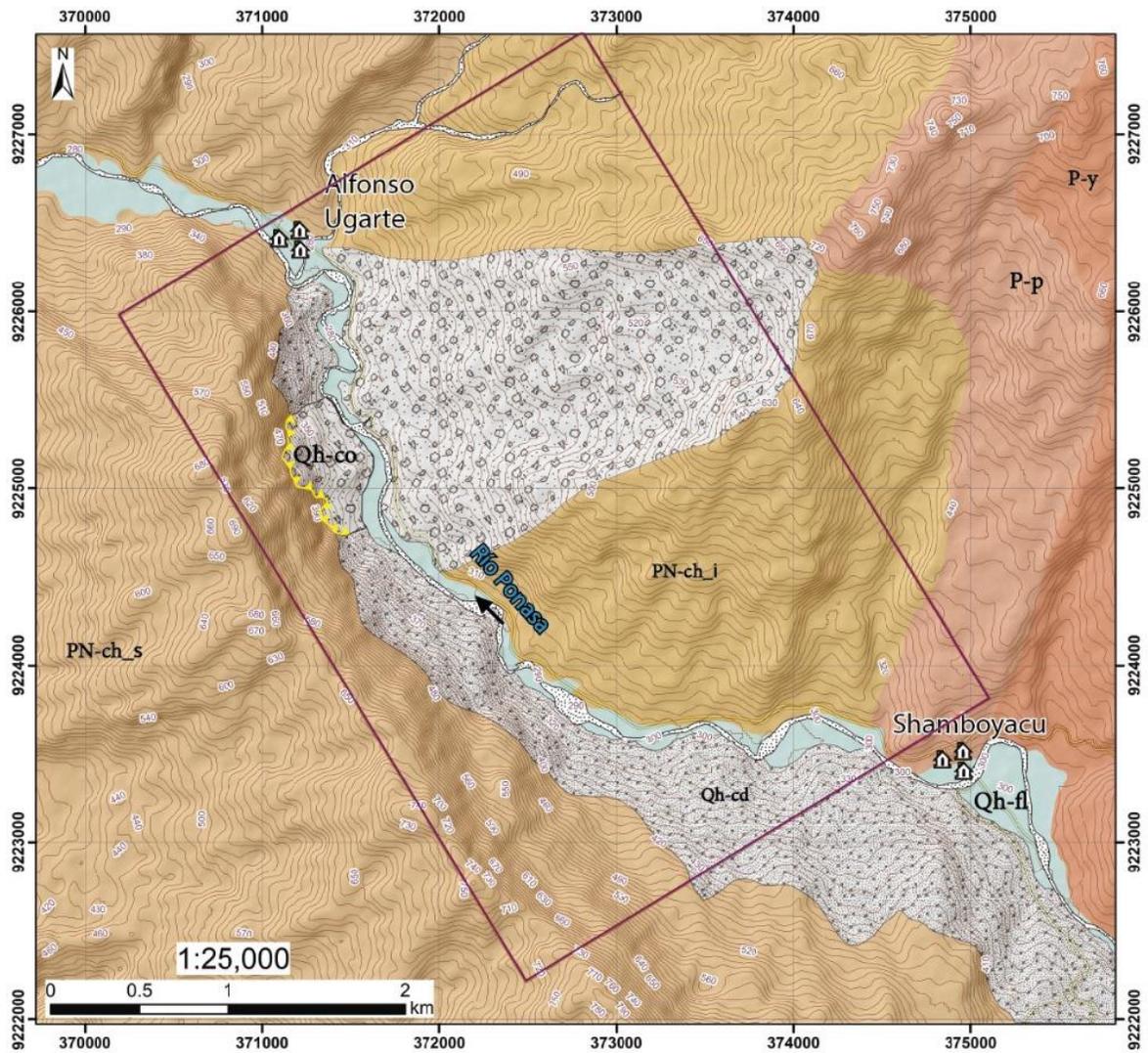


Figura 11. Depósitos coluviales (Qh-co) y coluvio-deluviales (Qh-cd).



SISTEMA	SERIE	CODIGO	Unidad
Cuaternario	HOLOCENO	Qh-cd	Depósito coluvio - deluvial
		Qh-co	Depósito coluvial
		Qh-al	Depósito aluvial
		Qh-fl	Depósito fluvial
PALEÓGENO	OLIGOCENO	PN-ch_s	Formación Chambira (superior)
		PN-ch_l	Formación Chambira (inferior)
	EOCENO	P-p	Formación Pozo
	PALEOCENO	P-y	Formación Yahuarango


Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
ACT. 7: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS Y CONSIDERACIONES GEOTÉCNICAS A NIVEL NACIONAL
MAPA GEOLÓGICO

Escala: 1:25 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18 Sur Versión digital: año 2020 Impreso: 2020	MAPA N°1
--	-----------------

* Basado en los mapas geológicos de los cuadrángulos 14 k (Cuadrángulo de la Laguna Sauce) y 15 k (Cuadrángulo de San José de Sisa) a escala 1:100 000 (INGEMMET, 1997)

Figura 12. Unidades geológicas entre las localidades de Alfonso Ugarte y Shamboyacu.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

3.1. Pendientes del terreno

Los rangos de pendiente en la zona inspeccionada varían de rangos de terrenos llanos (0° - 1°) a muy fuertes (25° - 45°).

El cauce del río Ponasa, que se extiende desde el poblado de Shamboyacu hasta Alfonso Ugarte de sur a norte presenta pendientes llanas a suaves (1° - 5°) característico de ríos meándricos.

Desde el cauce principal (cota 290), hasta la cota 301 se observa la predominancia de pendientes moderadas (5° - 15°), en algunos casos correspondientes a terrazas aluviales, desde esta cota hasta la cota 337 la pendiente cambia a una pendiente fuerte (15° - 25°) y desde este sector hasta la cresta de la ladera la pendiente predominante es muy fuerte a muy escarpada (25° - $>45^{\circ}$) y es precisamente en este sector donde se presentó el salto de escarpe principal del deslizamiento y las mayores evidencias de movimientos (escarpes secundarios y grietas), ver figura 13.

3.2. Unidades geomorfológicas

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

3.2.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL

Las 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):

3.2.1.1. Unidad de montañas

Tienen una altura de más de 300 m con respecto al nivel de base local diferenciándose las siguientes subunidades según el tipo de roca que las conforma y los procesos que han originado su forma actual.

Subunidad de montañas en rocas sedimentarias (RM-rs)

Dentro de esta subunidad se consideran afloramientos de roca sedimentaria con pendientes superiores a 15° pertenecientes a la formación Chambira y se presenta en ambos márgenes del río Ponasa (figura 14).

Colinas y lomadas en rocas sedimentarias (RCL-rs)

Son elevaciones del terreno menores a 300 m, donde las cimas son estrechas y agudas (colinas) y onduladas de pendiente llana (lomadas). Están constituidas por rocas sedimentarias de la formación Chambira. Esta unidad es susceptible a la ocurrencia de erosión de laderas, deslizamientos y procesos de reptación (figura 14)

3.2.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL Y AGRADACIONAL

Las geoformas de carácter depositacional y agradacional son resultado del conjunto de procesos geomorfológicos constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como el agua de escorrentía, los glaciares, las corrientes marinas, las mareas y los vientos. Estos tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultantes de la denudación de terrenos más elevados.

3.2.2.1. Unidad de pie de monte

Vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)

Corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa antiguos y recientes, que pueden ser del tipo deslizamientos, avalancha de rocas y/o movimientos complejos. Generalmente su composición litológica es homogénea; con materiales inconsolidados a ligeramente consolidados, de corto a mediano recorrido (Vílchez et al., 2019). Se pueden encontrar estas vertientes en ambos márgenes de río Ponasa entre las localidades de Alfonso Ugarte y Shamboyacu (figura 16)

Vertiente Coluvio-deluvial (V-cd)

Son vertientes formadas por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial, que por su complicada interestratificación hacen muy difícil dividir uno del otro, se presentan en ambos márgenes del río Ponasa y es en esta subunidad que se dan los mayores procesos de movimientos en masa como deslizamientos y reptaciones.

3.2.2.2. Planicies

Terraza aluvial (T-al)

Subunidad que corresponde a los niveles más antiguos de terrazas aluviales localizada a 3 m aproximadamente por encima del cauce del río Ponasa. Esta subunidad se encuentra asociada a procesos de erosión fluvial. Se pueden observar en ambos márgenes del río Ponasa (figura 15).

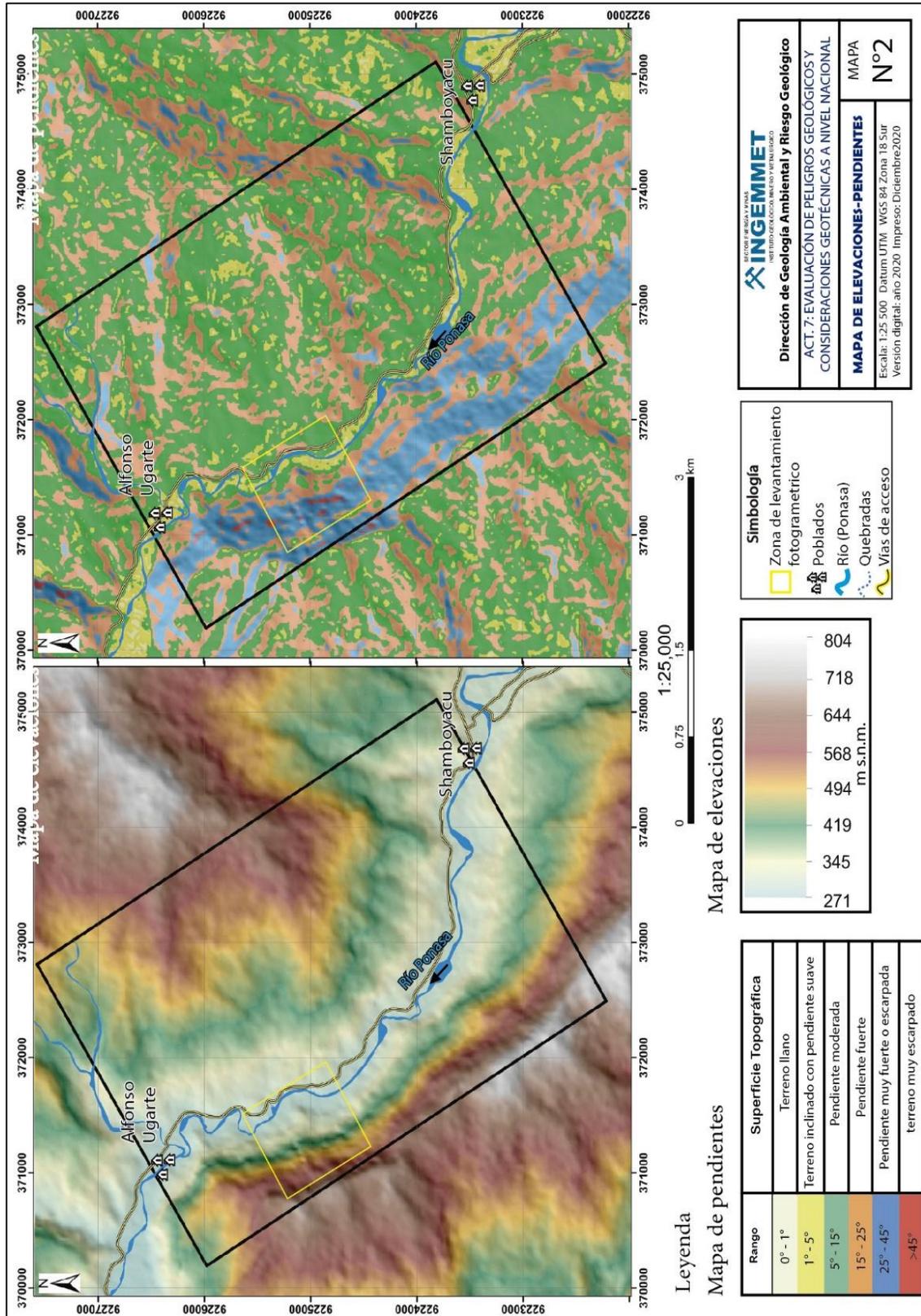


Figura 13. Mapa de pendientes y elevaciones.

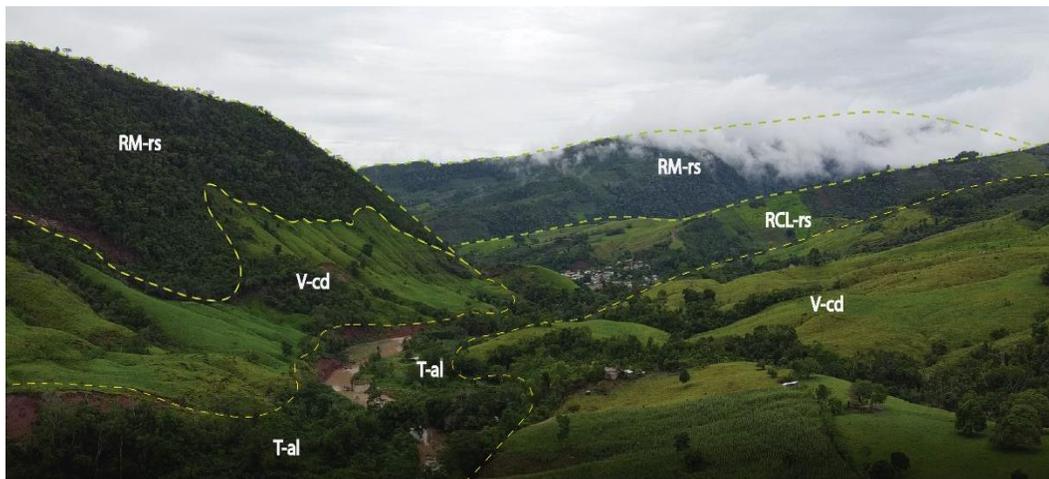


Figura 14. Unidades geomorfológicas presentes en el área de evaluación.



Figura 15. Unidades geomorfológicas presentes en el área de evaluación, UTM WGS 84, 18s:
X: 371696 m; Y: 9225075 m.



Figura 16: Vertiente de deslizamiento en el sector de Alfonso Ugarte, UTM WGS 84, 18s:
X:371560 m; Y: 9224694 m.

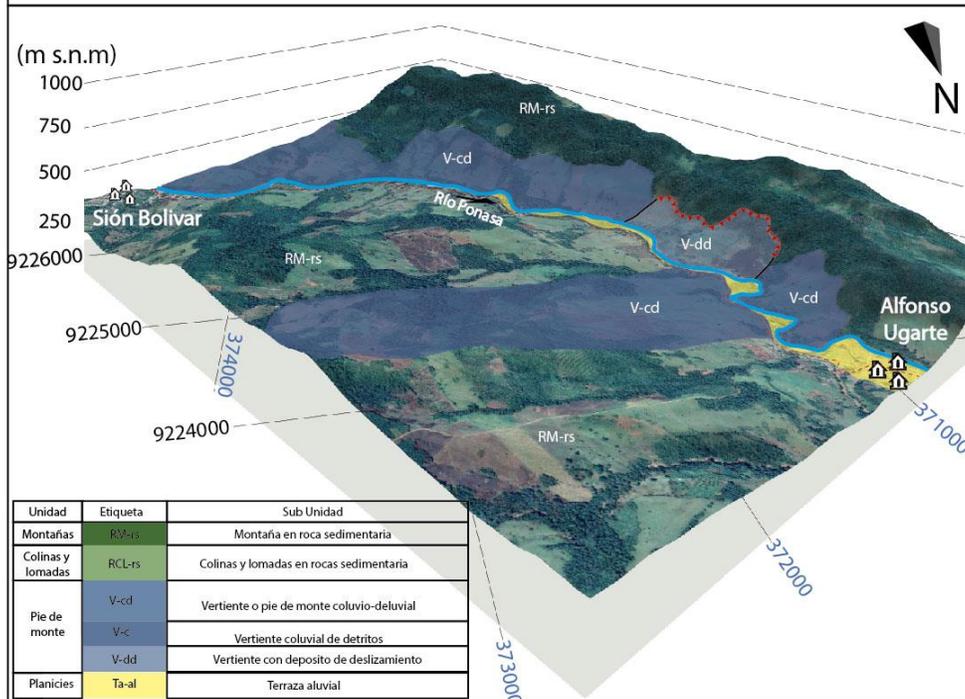
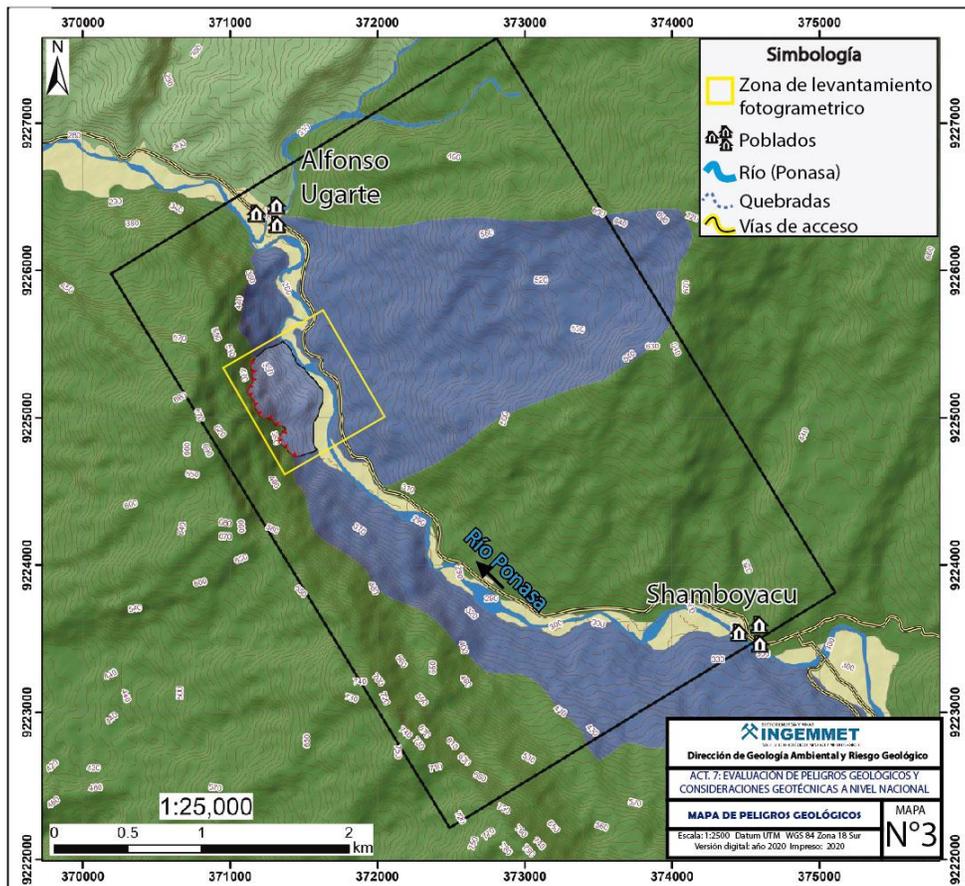


Figura 17. Mapa geomorfológico.

4. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en las zonas evaluadas, corresponden a movimientos en masa de tipo deslizamiento (Proyecto Multinacional Andino: PMA: GCA, 2007) específicamente deslizamiento de suelos y rocas ubicado en la zona de captación del sistema de irrigación Ponasa, sector Alfonso Ugarte, perteneciente a la jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Shamboyacu, provincia de Picota, región San Martín. Estos procesos son resultado del proceso de modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los cursos de agua, 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 del río dañando la infraestructura hidráulica de la bocatoma del canal de riego Ponasa.

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 suelos, el drenaje superficial-subterráneo y la cobertura vegetal. Se tiene como “desencadenantes” de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona, así como la sismicidad relacionada a efectos cosísmicos del movimiento telúrico del 26 de mayo del 2019, con epicentro a 60 km al Sur de Lagunas, Alto Amazonas, Loreto, con una profundidad de 135 km y una magnitud momento de 8 (IGP, 2019), cuyas intensidades de Mercalli Modificado habrían alcanzado magnitudes entre VI y VII que desencadenaron el deslizamiento en la zona evaluada

4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

Los trabajos en campo nos han permitido recopilar datos para el cartografiado y caracterización de los peligros geológicos (deslizamientos), identificados entre los poblados de Alfonso Ugarte y Shamboyacu:

4.2. Descripción del evento principal “Deslizamiento de la ladera margen derecha del río Ponasa a la altura de la bocatoma del canal de riego Ponasa”.

Se ha identificado un deslizamiento de suelos y roca, tipo rotacional, progresivo y activo; localizado en la margen izquierda del río Ponasa, frente a la captación del sistema de irrigación Ponasa y a 1.50 km aguas arriba de la localidad de Alfonso Ugarte. La escarpa presenta una longitud de 1,400 m con dirección norte-sur e igual amplitud de masa deslizada, con un salto promedio de 10 m (figura 16), una longitud de 430 m y una altura de 135 m entre la corona y pie del deslizamiento.

Este evento muestra en la zona de arranque estratos de arenisca con buzamiento de 25° contra la pendiente, pero con elevado grado de fracturamiento lo cual es una condición que favorece la ocurrencia del evento. En la zona media el cuerpo del deslizamiento presenta escarpas secundarias, escalonadas y con grietas abiertas que llegan a medir hasta 2.0 m de profundidad y se comportan como caminos de infiltración de aguas de lluvia hacia la masa deslizando.

El pie del deslizamiento colinda con el cauce activo del río Ponasa y dada su ocurrencia ha generado empujes de tierra que han siniestrado parte de la infraestructura que compone la captación y de seguir movilizándose ladera abajo afectara la totalidad de dicha infraestructura, por lo que una de las recomendaciones es la reubicación de esta (figuras 15 y 17)

4.2.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO

Utilizando imágenes satelitales Airbus se ha identificado que la escarpa como tal no se apreciaba en imágenes del 07-2018, y la primera imagen en registrar su formación pertenece al 08-2019, teniendo en cuenta el vacío en la captura de imágenes satelitales del servidor CNES/Airbus podemos deducir que el deslizamiento se produjo antes de agosto del 2019, en este intervalo de tiempo se produjo un sismo con epicentro a 60 km al Sur de Lagunas, Alto Amazonas - Loreto, con una profundidad de 135 km y una magnitud momento de 8 (IGP, 2019), cuyas intensidades de Mercalli Modificado habrían alcanzado magnitudes entre VI y VII que desencadenaron el deslizamiento en la zona evaluada ubicada a 157 km respecto al epicentro sismo.

El deslizamiento en la margen izquierda del río Ponasa a la altura de la bocatoma del canal de riego Ponasa presenta las siguientes características:

- Ancho promedio de la zona de arranque: 1.40 km
- Rumbo y Buzamiento del plano de debilidad que produjo la escarpa principal: N345°, Bz: 60°
- Forma de la superficie de rotura: irregular alargada
- Diferencia de altura aproximada de la corona a la base del derrumbe: 135 m
- Dirección (azimut) del movimiento: N 145°
- Área del deslizamiento: 291 794 m²
- Presencia de hasta 3 familias de fracturas (medidas en el afloramiento descubierto en la zona de escarpe.
- Volumen aproximado de material colapsado: 945 249 m³.

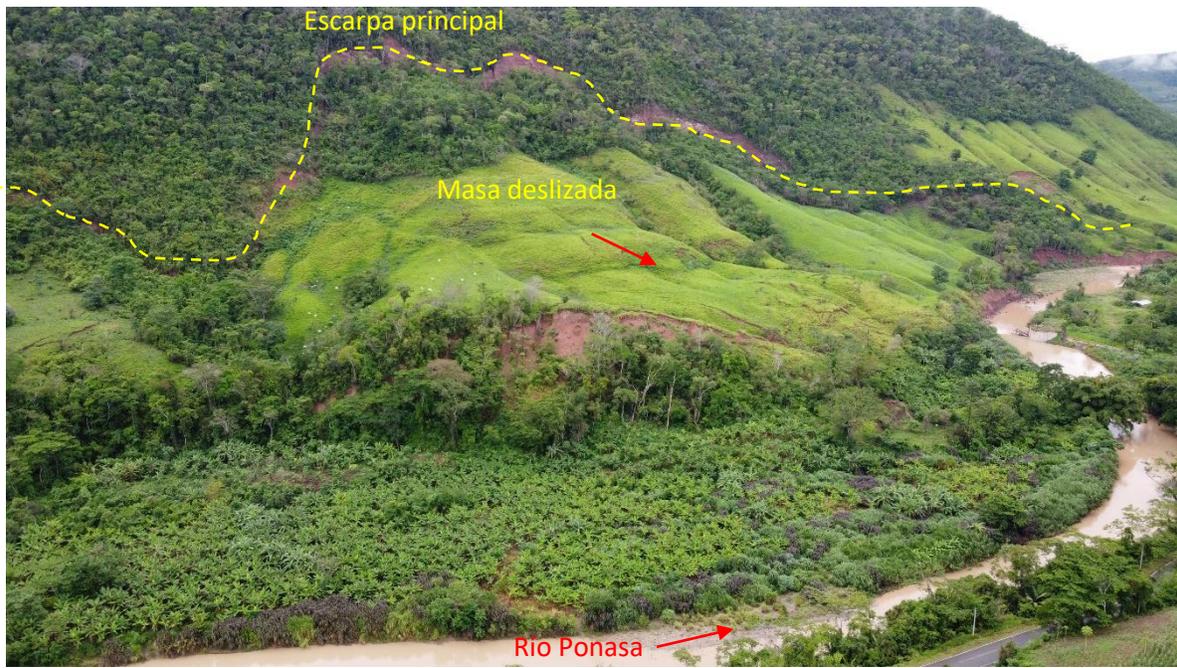


Figura 18. Vista frontal del deslizamiento.

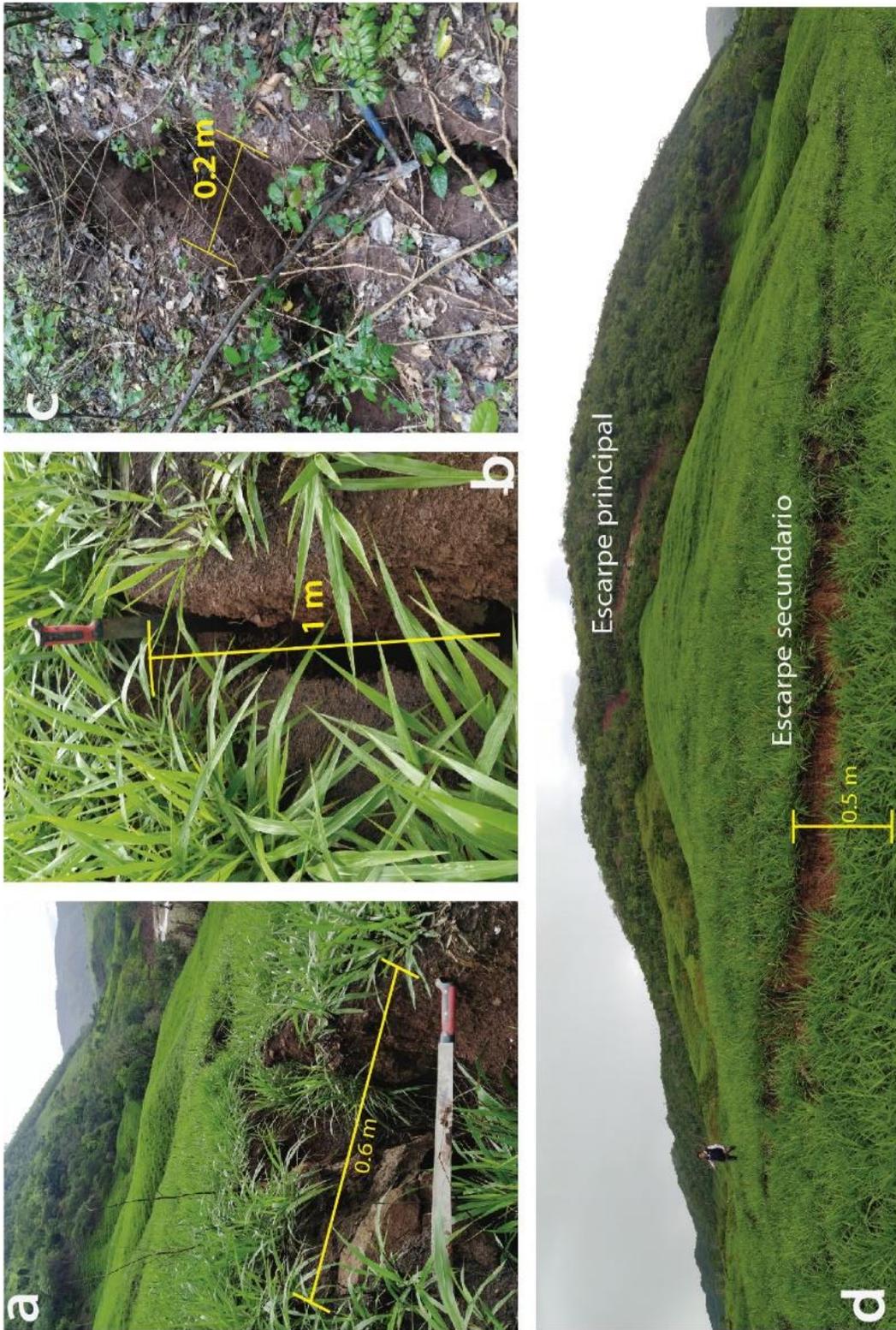


Figura 19. a, b y c: muestra las medidas de agrietamientos y (d) muestra la escarpa principal y secundaria más notable en el cuerpo del deslizamiento. Coordenadas UTM WGS 84, 18s: X: 371741 m; Y: 9224342 m)



Figura 20. Salto de escarpe vertical visible del deslizamiento principal de la margen izquierda de la bocatoma del canal Ponasa (Coordenadas UTM WGS 84, 18s: X: 371175 m; Y: 9225081 m).

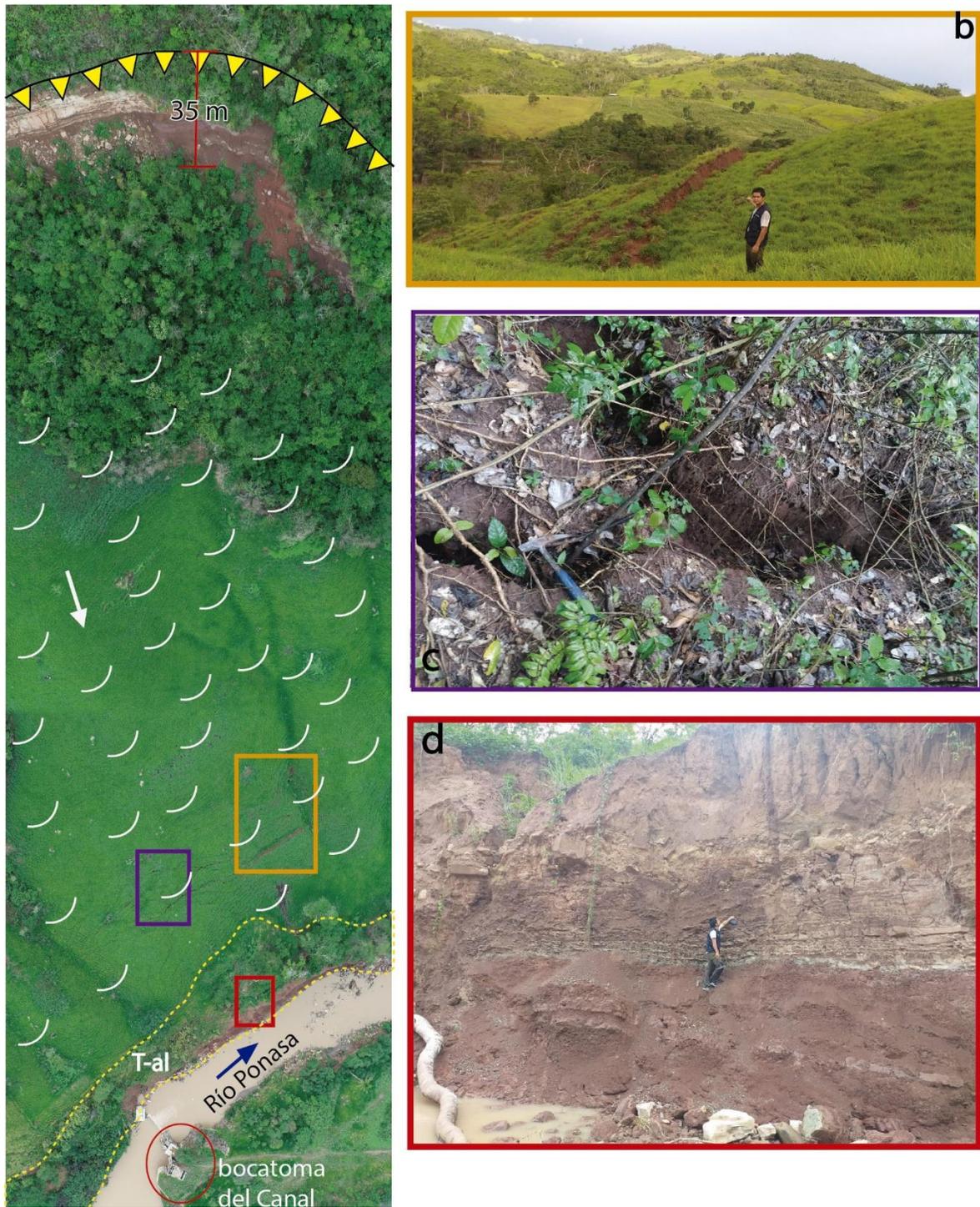


Figura 21: a: Se muestra el escarpe principal con desplazamiento longitudinal de 35m, el cuerpo del deslizamiento está representado por medias lunas y una flecha vector que indica la dirección del movimiento que ejerce presión al depósito aluvial (T-al), b) muestra el levantamiento del terreno por basculamiento, c) grietas en el terreno y d) el depósito aluvial emplazado sobre capas lodolíticas intercaladas con areniscas de la Formación Chambira. (Coordenadas UTM WGS 84, 18s: X: 371384 m; Y: 9225919 m)

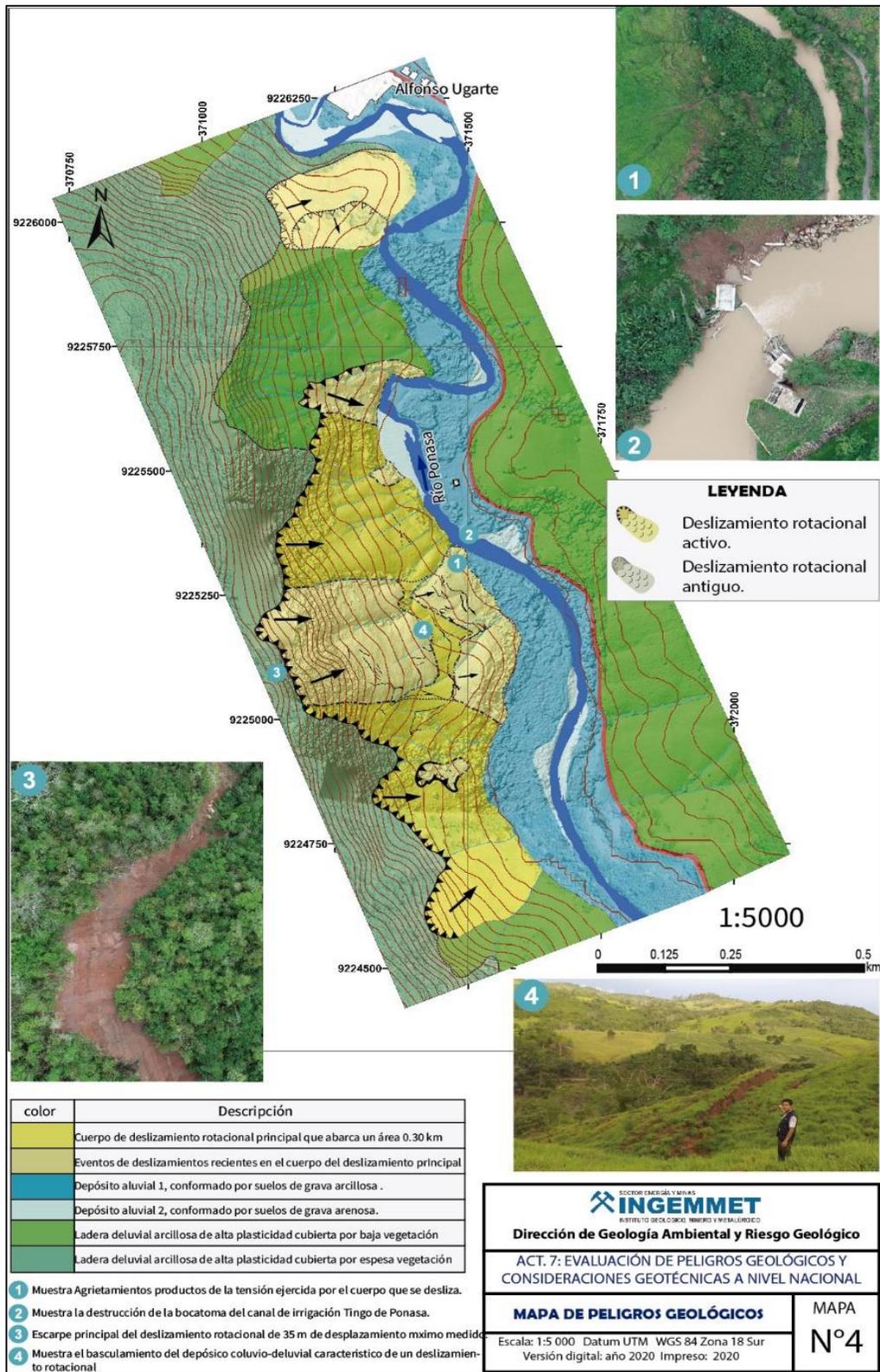


Figura 22. Mapa de peligros geológicos en la margen izquierda del río Ponasa, a la altura de la bocatoma del canal de irrigación Ponasa.

4.2.2. ANALISIS DE PERFILES TRANSVERSALES

Se realizó una sección transversal al cuerpo del deslizamiento (figura 20) que nos permite inferir las medidas de este e interpretar las condicionantes que conllevaron a su formación. En el mismo podemos observar que el deslizamiento se suscita sobre los miembros inferior y superior de la Formación Chambira que buzcan con un ángulo de 25° en contra de la pendiente y Rb N 170 (figura 19). El contacto entre ambos miembros se estima está en la cota 380, por encima de esta cota se observan estratos de areniscas métricas intercaladas con lodolitas (miembro superior), y de esta cota, ladera abajo, en el cuerpo del deslizamiento predomina la intercalación de lodolitas en capas gruesas intercaladas con areniscas de capas delgadas.

La corona del deslizamiento en el perfil se aprecia está en la cota 400 y presenta un salto vertical de 10 metros y longitudinal de 35m. Sobre el substrato rocoso se han depositado suelos coluvio-deluviales limo-arcillosos altamente plásticos y cohesivos que tienden a saturarse aumentando su peso y favoreciendo su desplazamiento por gravedad.

En la parte inferior del perfil se puede observar dos depósitos aluviales, el aluvial Qh-al-1 conformado por gravas y bloques subredondeados en una matriz arenosa sobre la que se ha depositado el aluvial Qh-al-2 conformado por suelos arcillosos.



Figura 23. Rumbo y Buzamiento de la estratificación del miembro superior de la Formación Chambira en la zona de escarpe (Coordenadas UTM WGS 84, 18s: X: 371175.3 m; Y: 9225081 m)



Figura 24. Macizo rocoso aflorante en la cara libre de la escarpa principal. Nótese el elevado grado de fracturamiento que presentan con discontinuidades abiertas que buzan a favor de la pendiente.

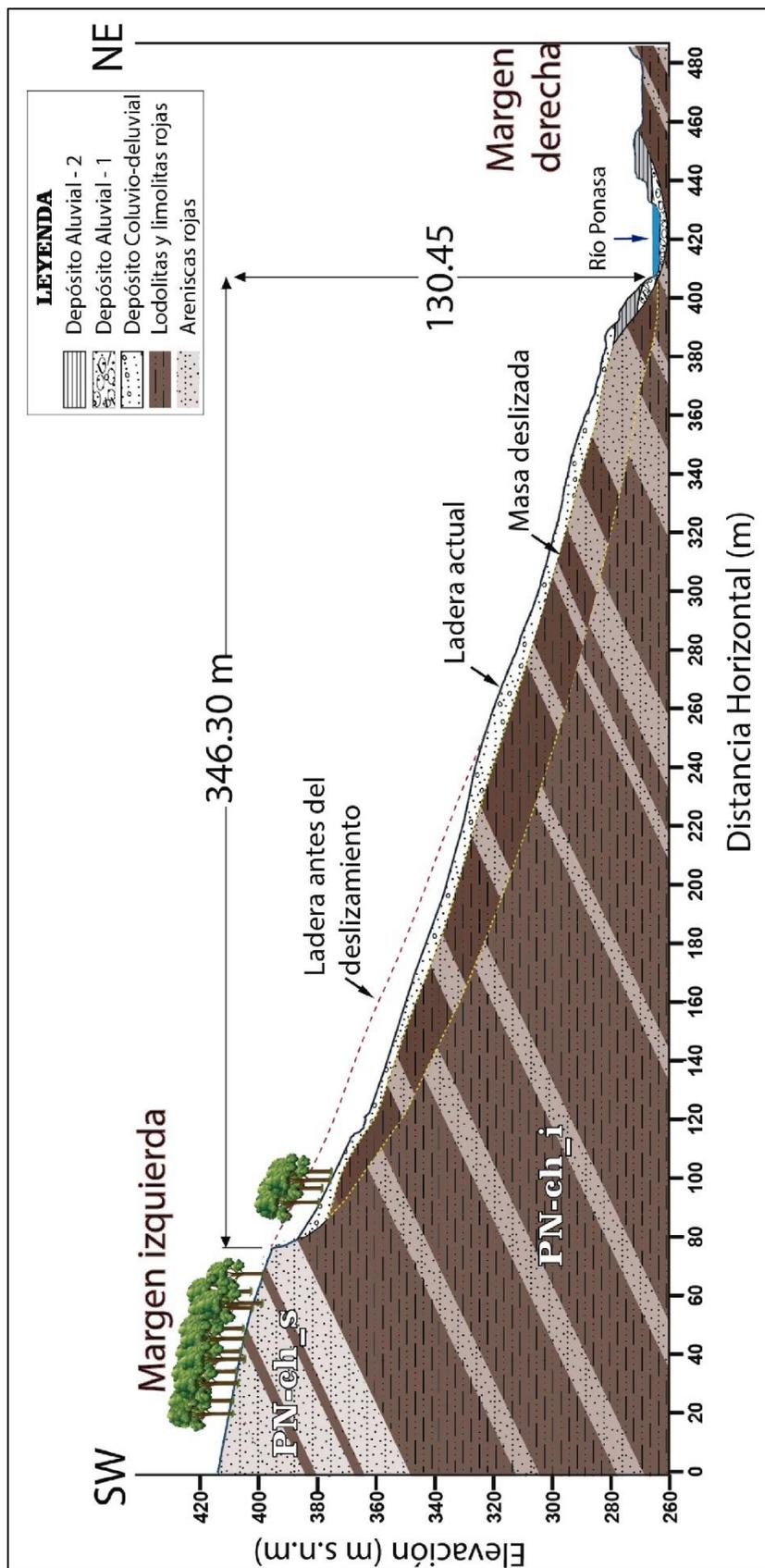


Figura 25. Perfil transversal del deslizamiento ocurrido en el sector de Alfonso Ugarte, a la altura de la bocatoma del canal de riego Tingo de Ponasa

Con los datos inferidos y usando valores empíricos es posible representar el probable comportamiento del deslizamiento principal, para ello se ha utilizado el modelo de elevación digital adquirido con dron de 0.2 m/px, para calcular el volumen del material a partir de un plano promedio con el cual se ha obtenido el dato de 945 249.2 m³, que no debe ser considerado como el valor real ni absoluto, ya que no considera el plano real e irregular del deslizamiento, el cual se puede obtener mediante procedimientos geofísicos. Este valor ha sido utilizado para simular el escenario de embalse del río Ponasa, obtenidos los siguientes resultados (figuras 26 y 27).

- Volumen de material que se acumularía en el cauce del río Ponasa: 183 571 m³
- Altura del dique de represamiento: 8.0 m
- Longitud del río embalsado: 1.20 km

Mientras que los datos del fenómeno geodinámico serían (Figura 20):

- Volumen total desplazado: 945 249 m³
- Máxima Altitud de material removido: 14.97m
- Máxima velocidad de movimiento: 23.43 m/s
- Máxima presión de movimiento: 200 Kpa

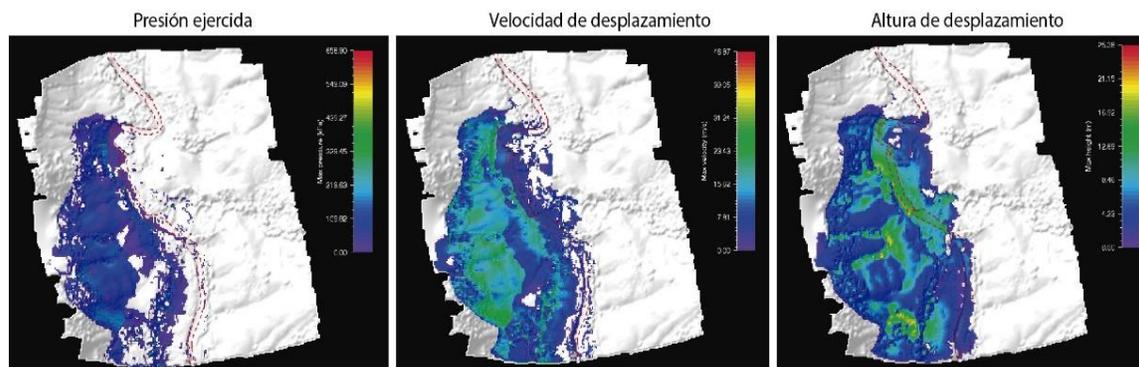


Figura 26. Resultados del modelamiento numérico del deslizamiento evaluado.

La figura 27, muestra el posible depósito final del deslizamiento, donde el material coluvial se emplaza en parte de la ladera de la margen izquierda y llega a ocupar las terrazas aluviales y fluviales aledañas del cauce del río Ponasa, generando un embalsamiento de este, con un dique estimado de 8.0 m y una longitud de 1.2 km. La figura 28 muestra el perfil antes y después del emplazamiento del material deslizado a lo largo del cauce que sería obturado.

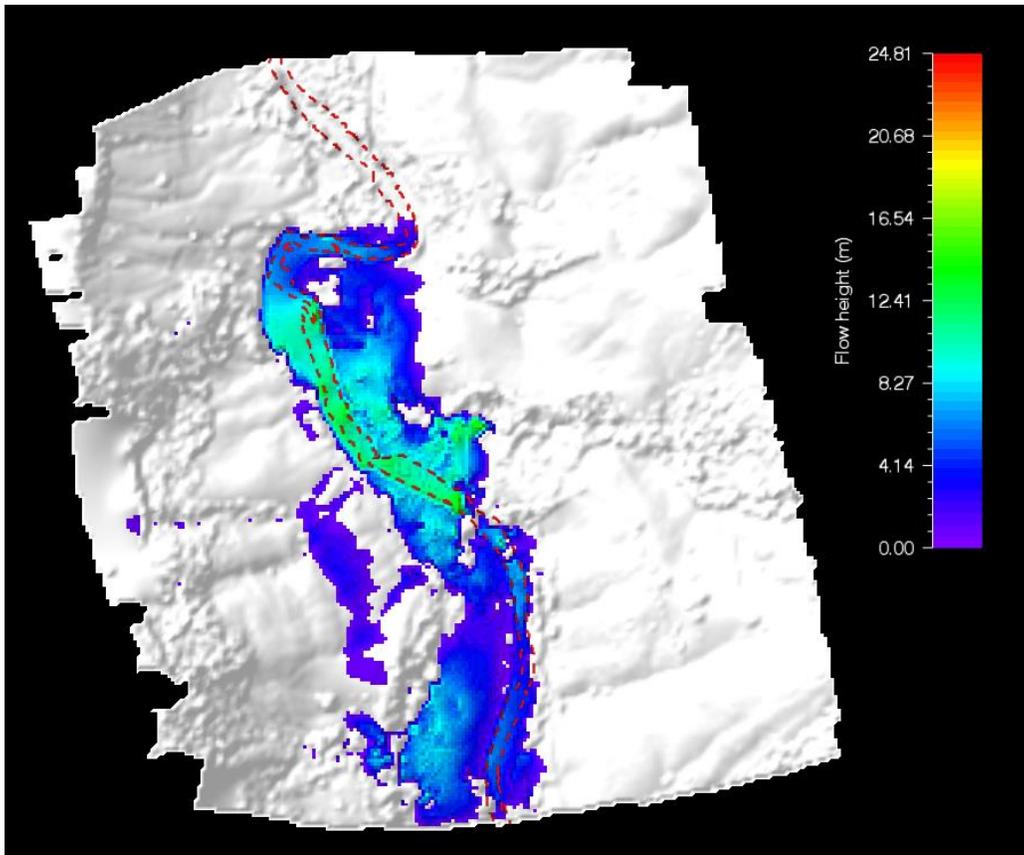


Figura 27. Simulación empírica del depósito final del deslizamiento de ladera de la margen izquierda del río Ponasa, la línea roja entrecortada representa los límites del río Ponasa que sería obturado por el material deslizado.

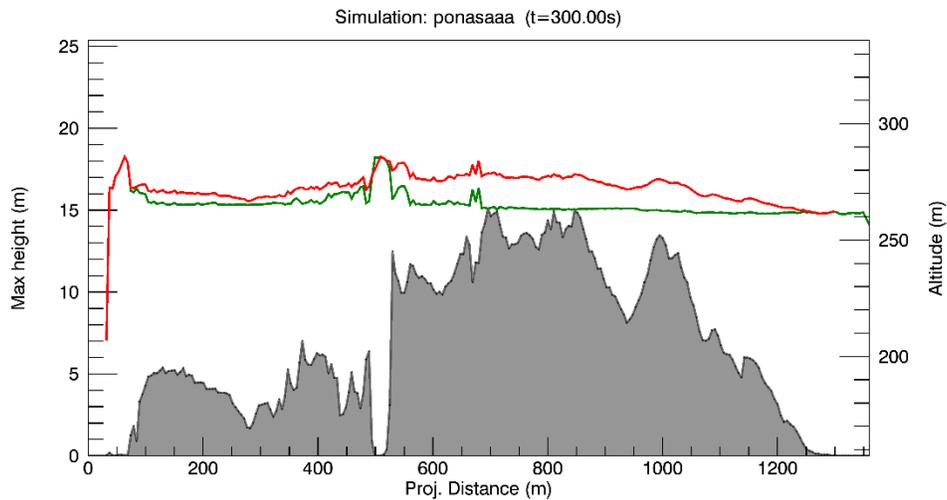


Figura 28. La línea verde indica el perfil del cauce del río Ponasa, los sobresaltos representan errores en el modelo digital del terreno debido a la cobertura vegetal. La línea roja representa el posible depósito de deslizamiento que obturaría el río a lo largo de 1.20 km aproximadamente.

4.2.3. FACTORES CONDICIONANTES

Factor litológico-estructural

Dentro de los factores litológicos que han condicionado el deslizamiento de ladera de la margen izquierda del río Ponasa se puede mencionar

- La formación Chambira conformado por dos miembros. El miembro superior constituido por estratos de areniscas gruesas más claras de grano fino intercalados con estratos delgados de lodolitas rojizas y el miembro inferior presentes en el cuerpo del deslizamiento constituido por secuencias lodolíticas marrón rojizas intercaladas con capas de areniscas delgadas, que permiten la infiltración y retención de agua de lluvia al terreno, por ende, aumenta el peso del material lodolítico (arcilloso), favoreciendo la inestabilidad de la ladera.
- El grado elevado grado de fracturamiento que presentan las rocas descritas en la zona de arranque del deslizamiento, calificadas como macizos rocos de baja a muy baja resistencia han condicionado ocurrencia del evento. El substrato rocoso se encuentra altamente fracturado, reconociéndose 3 familias de discontinuidades, siendo la familia 1 de Rb: 345° y Bz 60° coincidente con el plano de escarpe del deslizamiento (figura 29).
- Suelos inconsolidados (depósitos coluvio-deluviales), de fácil erosión constituidos por suelos arcillo-limosos altamente cohesivos y plásticos, sobre los cuales se presentan grietas de tensión y evidencian procesos de basculamiento de suelos.

Factor geomorfológico

- La ladera de la margen izquierda del río Ponasa presenta pendientes muy variadas bajas en el sector del cauce del río, pero que se van a incrementando a medida que asciende la elevación predominando pendientes fuertes a muy escarpadas (25° - $>45^\circ$) desde el cuerpo principal hasta la cresta de la montaña.
- Geomorfológicamente el deslizamiento se presenta sobre una montaña en roca sedimentaria de la formación Chambira altamente fracturada cubierta por suelos coluvio-deluviales limo-arcillosos de alta plasticidad y cohesión, fácilmente erosionables.

Factores hidrológico-hidrogeológico

- Acción de las aguas de escorrentía en las pequeñas quebradas afluentes al río Ponasa que saturan los suelos de la ladera de la margen izquierda, aumentando la presión intersticial de poros y por ende el peso del material, favoreciendo su desplazamiento por gravedad.
- El río Ponasa erosiona las márgenes inferiores de la ladera favoreciendo la inestabilidad de esta.

Otros factores antrópicos

- La construcción de la bocatoma del canal de riego del río Ponasa pudo favorecer el incremento de la erosión de la ladera y modificar las velocidades del flujo de las aguas del río Ponasa favoreciendo el incremento del proceso erosivo y la inestabilidad de la ladera en la parte basal.

4.2.4. FACTORES DETONANTES O DESENCADENANTES

- Se tiene como disparador del evento principal la sismicidad relacionada a efectos cosísmicos del movimiento telúrico del 26 de mayo del 2019, con epicentro a 60 km al Sur de Lagunas, Alto Amazonas, Loreto y a 157 km del deslizamiento, con una profundidad de 135 km y una magnitud momento de 8 (IGP, 2019), cuyas intensidades de Mercalli Modificado habrían alcanzado magnitudes entre VI y VII que desencadenaron el deslizamiento en la zona evaluada (figura 30).

Teniendo en cuenta el cuadro de efectos cosísmicos (INQUA, 2017), podemos ver que las intensidades cercanas a VII y VIII tienen como efectos “secundarios geológicos y geomorfológicos” a movimientos en masa tipo deslizamientos lo que coincide con las características desencadenantes del deslizamiento en el sector Alfonso Ugarte (figura 31).

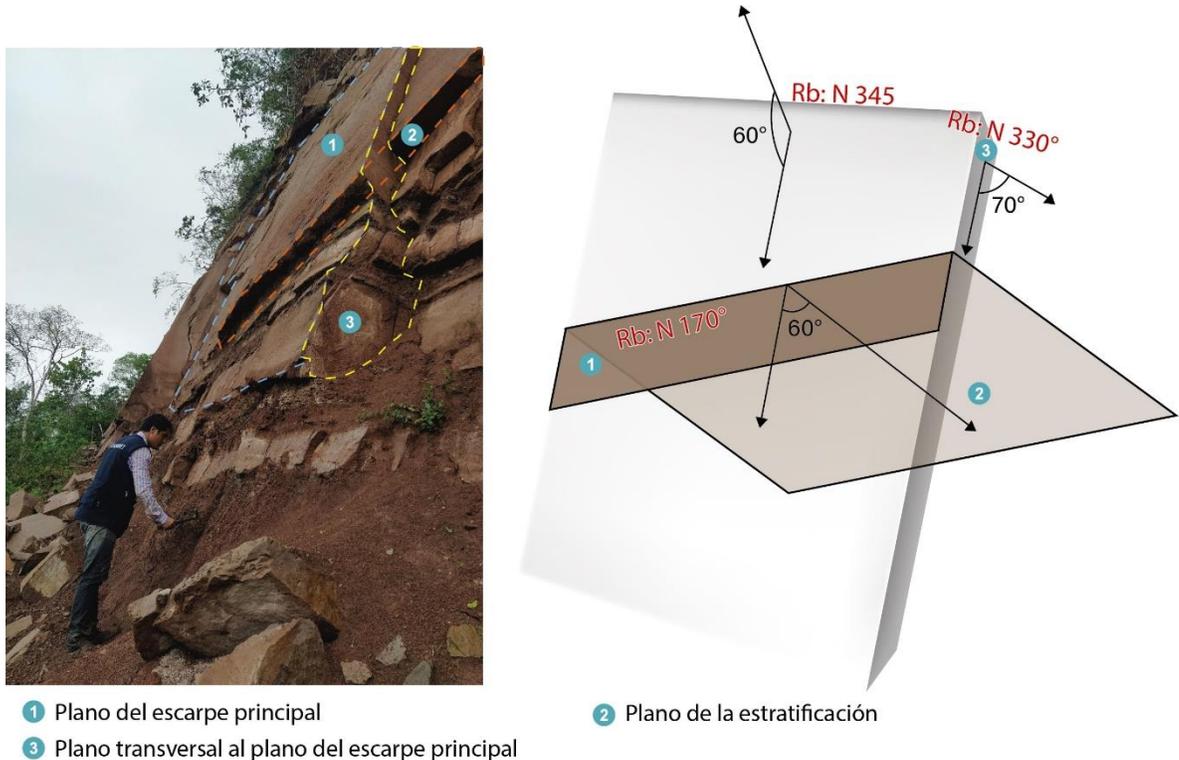


Figura 29. Salto de escarpe vertical visible del deslizamiento de la margen izquierda de la bocatoma del canal Ponasa (Coordenadas UTM WGS 84, 18s: X: 371177 m; Y: 9225083 m).

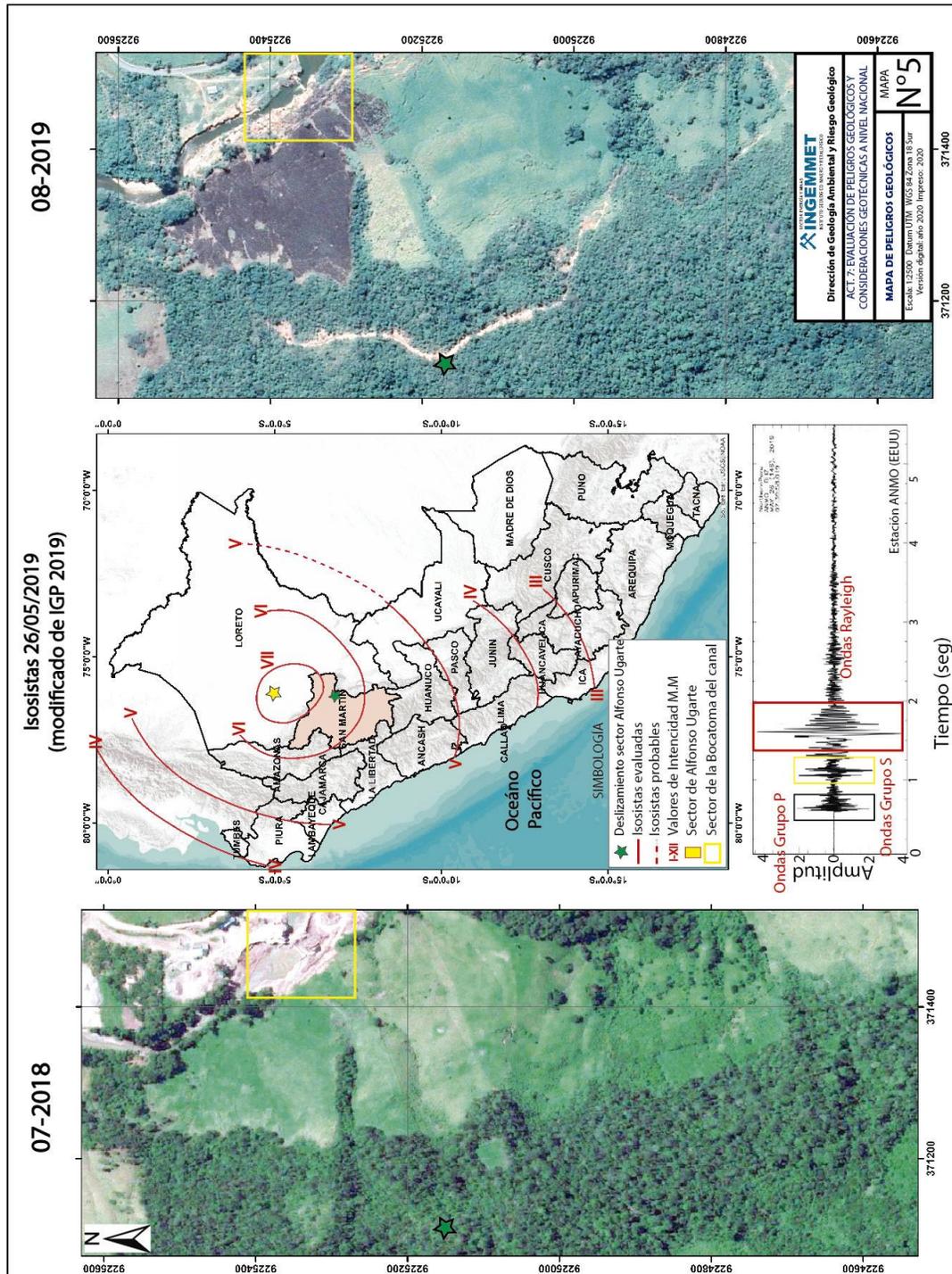


Figura 30. Ilustración muestra el desencadenante del deslizamiento en el sector Alfonso Ugarte.

CHART OF THE INQUA ENVIRONMENTAL SEISMIC INTENSITY SCALE 2007 - ESI 07 (Modified from Silva et al., 2008 and Reicherter et al., 2009)

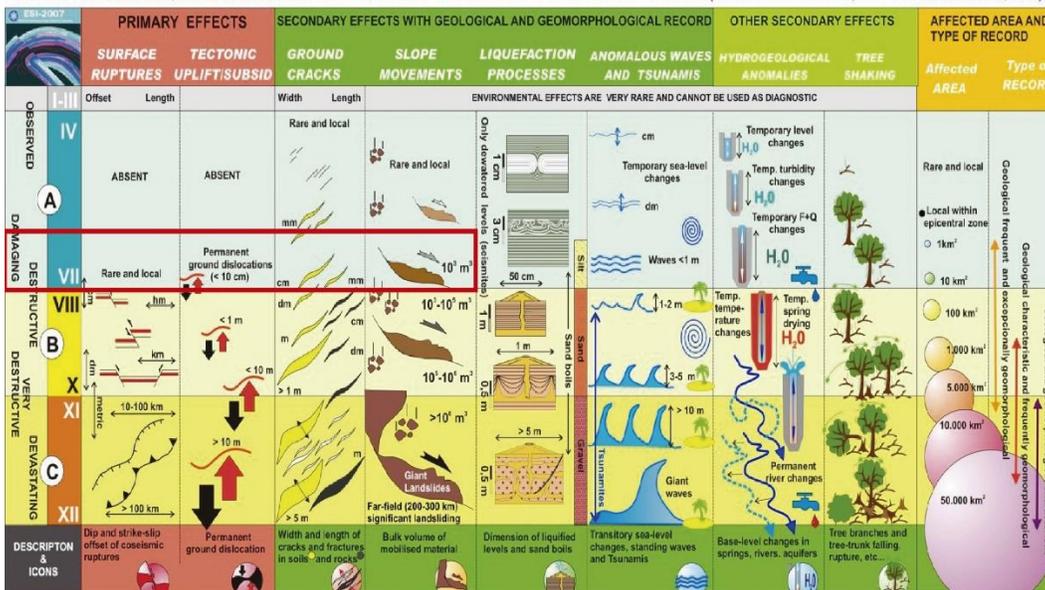


Figura 31. Cuadro de INQUA – Escala de Intensidad sísmica Ambiental, muestra la relación de las intensidades sísmicas y sus efectos, el cuadro rojo resaltado señala que para un sismo de magnitud VII-VIII el efecto geológico geomorfológico son deslizamientos.

4.2.5. DAÑOS O EFECTOS SECUNDARIOS

- El pie del deslizamiento colinda con el cauce activo del río Ponasa y dada su ocurrencia y magnitud ha generado empujes de tierra que han siniestrado parte de la infraestructura que compone la captación y de seguir movilizándose ladera abajo afectara la totalidad de dicha infraestructura (figuras 32 - 35), por lo que una de las recomendaciones es la reubicación de esta.
- Es posible la obturación del río Ponasa, como se ha descrito anteriormente. Este escenario comprometería la seguridad física de los poblados asentados aguas abajo y en zona ribereña, tales como: Alfonso Ugarte, Paucar, Huañipo, San Antonio, Leoncio Prado, Nueva América, Aypena, Tingo de Ponasa, Mariscal Castilla y Santo Tomás (figura 36). En tanto, es necesario realizar estudios a mayor detalle del deslizamiento, que consideren investigaciones geotécnicas, geofísicas y monitoreo topográfico de la masa inestable.



Figura 32. Vista aguas arriba de la infraestructura destruida de la bocatoma de agua del canal de irrigación Ponasa (Coordenadas UTM WGS 84, 18s: X: 371439 m; Y: 9225406 m)



Figura 33. Vista hacia aguas abajo de captación del canal de irrigación Ponasa. Coordenadas UTM WGS 84, 18s: X: 371497 m; Y: 9225354 m.



Figura 34. Vista en planta de la captación del canal de irrigación Ponasa.

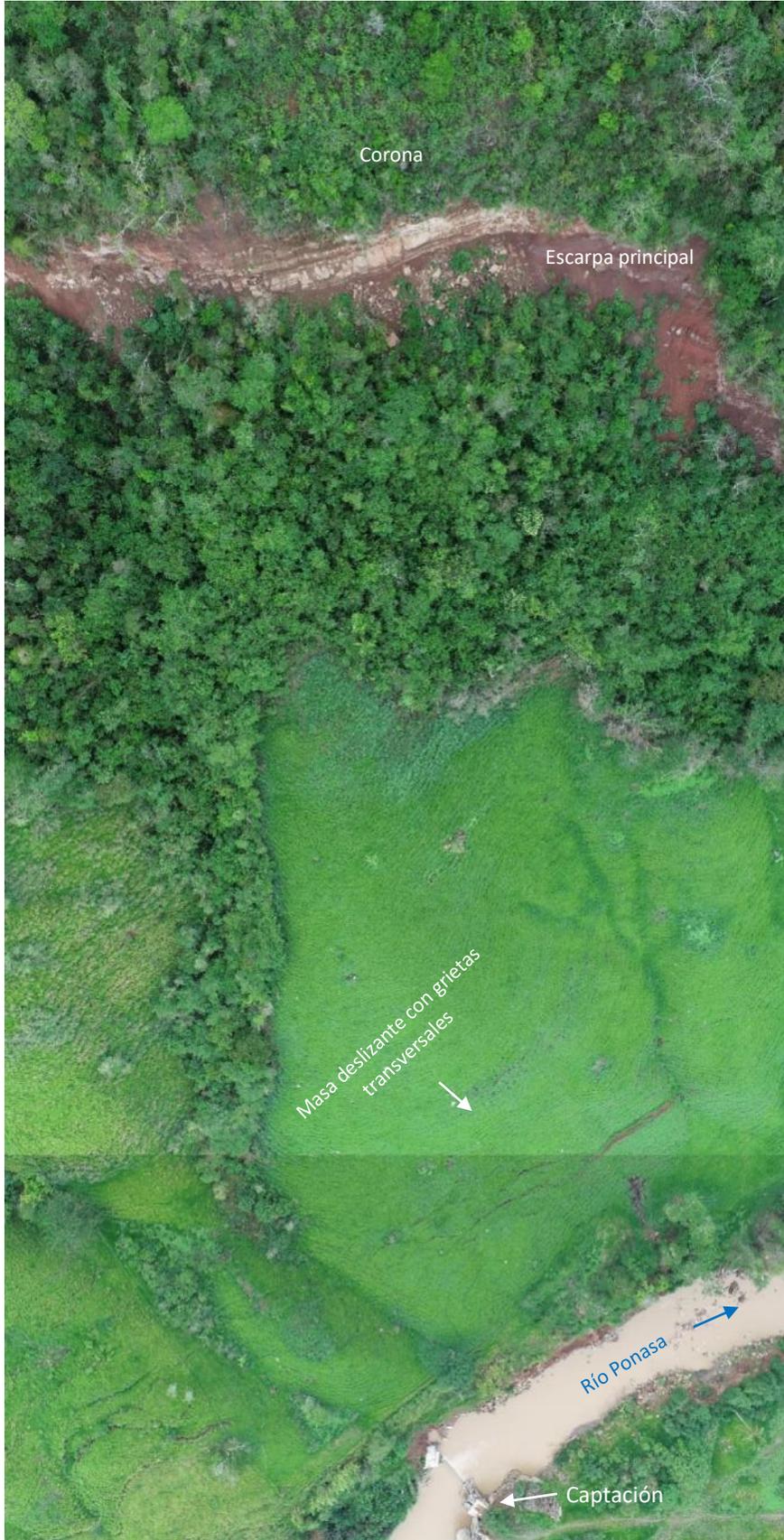


Figura 35. Vista en planta del deslizamiento ocurrido en el sector de Alfonso Ugarte, a la altura de la captación del sistema de irrigación Ponasa.



Figura 36. Localidades aguas abajo del sector del deslizamiento que se verían afectadas por un represamiento y posterior desembalse que generaría un flujo de detritos e inundación.

5. CONCLUSIONES

- a) Se ha identificado un deslizamiento de suelos y roca, tipo rotacional, progresivo y activo; localizado en la margen izquierda del río Ponasa, frente a la captación del sistema de irrigación Ponasa y a 1.50 km aguas arriba de la localidad de Alfonso Ugarte. La escarpa presenta una longitud de 1,400 m con dirección Norte-sur y e igual amplitud de masa deslizada, con un salto promedio de 10 m, una longitud de 430 m y una altura de 135 m entre la corona y pie del deslizamiento.
- b) Por registros satelitales podemos inferir que el deslizamiento principal en el sector de Alfonso Ugarte ocurrió entre el 07-2018 y 08-2019, probablemente después del sismo del 26 de mayo del 2019 con epicentro a 60 km al Sur de Lagunas, Alto Amazonas, Loreto, con una profundidad de 135 km y una magnitud momento de 8 (IGP, 2019), cuyas intensidades de Mercalli Modificado habrían alcanzado magnitudes entre VI y VII que desencadenaron el deslizamiento en la zona evaluada, teniendo en cuenta el cuadro de efectos cosísmicos (INQUA 2017), podemos ver que las intensidades cercanas a VII y VIII tienen como efectos “ secundarios geológicos y geomorfológicos” a movimientos en masa tipo deslizamientos.
- c) La característica de los suelos que constituyen la zona del deslizamiento (suelos coluvio-deluviales) conformados por limoarcillitas plásticas, cohesivas de color pardo rojizo saturadas, hace que se consideren desde el punto de vista geotécnico como de mala calidad, que podrían implicar la formación de nuevos deslizamientos.
- d) Geológicamente, el deslizamiento se compone de una cobertura coluvio-deluvial arcillosa, que cubren afloramientos de la Formación Chambira, constituido por macizos rocosos altamente fracturados, donde se distingue un miembro superior conformado por estratos gruesos de areniscas intercalados con estratos delgados de lodolitas y visible en la zona de arranque. En el miembro inferior predominan estratos delgados de lodolitas altamente meteorizadas y sobre los cuales se ubica la mayor parte de masa deslizada.
- e) La masa deslizada por el evento ha generado empujes de tierra hacia parte de la infraestructura de la captación de sistema de irrigación Ponasa, generando colapso de muros en ambos flancos, lo que compromete severamente la operatividad de todo el sistema.
- f) Geomorfológicamente la ladera donde se produjo el deslizamiento corresponde a una montaña en roca sedimentaria, donde las pendientes varían de bajas (1-5°) en el pie de la ladera conformada por el cauce fluvial y terrazas aluviales, a pendientes fuertes a escarpadas (25°-45°) en la zona del cuerpo del deslizamiento y cambian abruptamente a pendientes muy escarpadas (>45°) en la zona de escarpa.
- g) Mediante un modelamiento numérico, usando el software RAMMS se ha estimado un volumen de material comprometido de aproximadamente 945 249 m³, de los cuales 183 571 m³, obturarían en un tramo de 1.20 km del río Ponasa generando un

dique de cierre de hasta 8 m de altura, que represaría las aguas del río generando un escenario de peligro muy alto ante la ocurrencia de flujos aluvionales e inundaciones para los poblados aguas abajo del posible represamiento.

- h) El área de estudio se encuentra en una **Zona de Peligro Muy Alto**. Esto es debido principalmente a las características geológicas del terreno, que presenta substratos rocosos blandos y fracturados, con presencia permanente de humedad, que lo hacen muy susceptible a generar procesos de movimientos en masa, aún más durante un sismo que produciría el colapso de infraestructura de captación del sistema de irrigación Ponasa. En tal sentido, la ocurrencia de factores desencadenantes (sismos, precipitaciones pluviales intensas y/o actividad antrópica), pueden desencadenar y generar el avance del deslizamiento.

6. RECOMENDACIONES

- A) Como primera medida a efectuar es la reubicación de la captación del sistema de irrigación Ponasa, pues sus componentes han sido comprometidos severamente por el deslizamiento.
- B) Declarar las laderas del valle como intangibles, para evitar la deforestación y restringir el acceso de las personas a la zona de deslizamiento, así mismo se deberá reforestar las laderas del valle con especies nativas.
- C) Implementar sistemas de monitoreo permanente del deslizamiento de la ladera de la margen izquierda del río Ponasa, a través de un control geodésico topográfico como el utilizado en el deslizamiento de Maca (Caylloma – Arequipa), EDM (Electronic Distance Measurement), y monitoreo por drone; lo que permitirá determinar los cambios de la morfología del cuerpo deslizante mediante comparación de imágenes, cuantificación del movimiento del suelo, generación de modelos digitales del terreno, etc. Así conocer el momento más crítico del movimiento oportunamente.
- D) Realizar un estudio especial con fines de instalar una red de monitoreo, que nos permita generar un Sistema de Alerta Temprana ante posibles deslizamientos/avalanchas/flujo y posterior desembalse para todos los centros poblados aguas debajo de la zona crítica.
- E) Se recomienda monumentar estaciones de control topográfico en la masa deslizante y fuera de ella, a fin de conocer los vectores de movimiento del evento que permitan identificar las zonas de mayor movimiento donde se focalicen medidas de mitigación que se recogen en el presente documento.
- F) Realizar estudios hidrogeológicos para determinar las fuentes de infiltración de aguas que producen la saturación de los suelos.
- G) Prohibir la construcción de carreteras, caminos de herradura, canales de riesgo u otra actividad antrópica (agricultura y expansión urbana), dentro y en los alrededores del cuerpo activo del deslizamiento de la margen izquierda del río Ponasa, de igual manera cambiar el sitio de la captación de agua del canal de irrigación Ponasa dejando inoperativo la captación actual.
- H) En el cuerpo del deslizamiento se debe construir zanjas de drenajes tipo espina de pez, con canales revestidos con geotextiles y piedra con arcilla. Un primer canal en la parte superior con la finalidad de interceptar el escurrimiento en la zona de mayor pendiente; el segundo canal en la parte media del deslizamiento con la finalidad de evitar la infiltración de las aguas en la masa desplazada del deslizamiento, la que podría generar el avance de los deslizamientos de la base.



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



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

7. BIBLIOGRAFÍA

- Fidel, L., Zavala, B. Núñez, S. Valenzuela, G. (2006). Estudio De Riesgos Geológicos Del Perú Franja N° 4. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Serie “C” Geodinámica e Ingeniería Geológica. Boletín N° 29. 383 pgs. 11 figs., 10 gráfs., 49 cdrs., 136 fots., 19 mapas
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2020). “Movimientos en masa en la localidad de San Antonio, región San Martín, provincia Picota, distrito Tingo de Ponasa” -Informe técnico N°A7028, 35 pgs.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2019). “Evaluación de peligros geológicos en el sector de Chambira. Región San Martín, provincia de Picota, distrito de Shamboyacu” Informe técnico N°A6939, 18 pgs.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2017). “Monitoreo geodésico y estudio geodinámico del deslizamiento de Maca, región Arequipa, provincia Caylloma, distrito Maca.”-Informe técnico N° A6741, 29 pgs.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2009). “Peligros por deslizamiento en el sector Shamboyacu, distrito Shamboyacu, provincia Picota y región San Martín” Informe técnico N° A6523, 15 pgs.
- Keefer D.K. (1984) - Landslides caused by earthquakes. Geological Society of America Bulletin, 95(4): 406-421.
- Medina, (2015). “Apreciaciones geológicas preliminares y comentarios sobre la visita técnica realizada al proyecto sistema de irrigación Ponaza” CENEPRED 4pgs.
- Proyecto Multinacional Andino, Geociencias para las Comunidades Andinas, PMA: GCA (2007). Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas, 404 Pág.
- Sánchez, A. & Otros (1997): “Geología del Cuadrángulo de Utcucarca, hoja 14-k, a escala 1:100 000 – Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico del Perú (INGEMMET).
- Sánchez, A. & Otros (1997): “Geología del Cuadrángulo de San José de Sisa, hoja 15-k, a escala 1:100 000 – Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico del Perú (INGEMMET).
- Taipe E.; Miranda R.; Araujo. G. & Diaz J. (2016). Monitoreo de deformación del deslizamiento de Maca - periodo 2015-2016, INGEMMET - Dirección de Geología Ambiental y Riesgo geológico, 2016, 10p.
- Tavera, H. (2017) – Actualización del escenario por sismos, tsunami y exposición en la región central del Perú
- Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ed, Landslides analysis and control: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 176, Pág. 9–33.

- Vílchez, M.; Ochoa, M., & Pari, W. (2019). Peligro geológico en la región Ica. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 67, 212 p., 9 mapas.
- Villacorta, S.; Vásquez, J. & Núñez, S. (2010) - Zonas críticas por peligros geológicos en la cuenca del río Chillón: primer reporte, informe inédito. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 25 p
- Villota, H. (2005) Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos Y Zonificación de Tierras. Bogotá, Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. 183p.
- Zárate, O., Galdos, H. & Ticona, P. (1997). Geología de los cuadrángulos de San Rafael, Río Cushabatay e Inahuaya. INGEMMET., Boletín 100.Serie A: Carta Geológica Nacional, 197 p.

ANEXO 1: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

Monitoreo Geodésico del deslizamiento: El monitoreo al deslizamiento se basa en el principio de determinar los cambios de la morfología del cuerpo deslizante, mediante comparación de imágenes, cuantificación del movimiento del suelo, generación de modelos digitales del terreno, etc. Para ello se implementan puntos y redes de medición los cuales se encuentran distribuidos en el área del deslizamiento. Se pueden utilizar tres técnicas de medición que permiten obtener información relacionada al movimiento de masas, estas se resumen en la Cuadro 3.

TÉCNICA	MÉTODO	RESULTADO	RANGO TÍPICO	PRECISIÓN TÍPICA
Monitoreo sísmico	Permanente	Cuantifica el movimiento del suelo	Variable	
Monitoreo GNSS	Estático permanente	Diferencia de coordenadas (3D)	Variable	H: 3 mm +0.1 ppm V: 3.5 mm +0.4 ppm
	RTK	Diferencia de coordenadas (3D)	Variable	H: ±8 mm +0.5 ppm V: ±15 mm +0.5 ppm
Monitoreo con Scanner	Scanner LIDAR	DEM	Variable	4 a 7 mm @ 100 m.
Monitoreo con Imágenes Radar	InSAR	Diferencia de mapas	variable	± >2 cm

Cuadro 3. Métodos de monitoreo existentes y empleados en deslizamiento como el de Maca (Caylloma – Arequipa) (fuente Taype et al .,2017).



Figura 37: Ejemplo de estaciones permanentes con sistemas de transmisión de datos en tiempo real usados en por ejemplo el deslizamiento de Maca (Caylloma – Arequipa)

Drenaje superficial: Su fin es recoger las aguas superficiales o aquellas recogidas por los drenajes profundos y evacuarlas lejos del talud, evitándose su infiltración (figura 30)

Las aguas de escorrentía se evacuan por medio de zanjas de drenaje, impermeabilizadas o no y aproximadamente paralelas al talud. Estas deben situarse a poca distancia de la cresta del talud y detrás de la misma, de manera que eviten la llegada del agua a las grietas de tensión que podrían existir o no. El cálculo de la sección debe hacerse con los métodos hidrológicos.

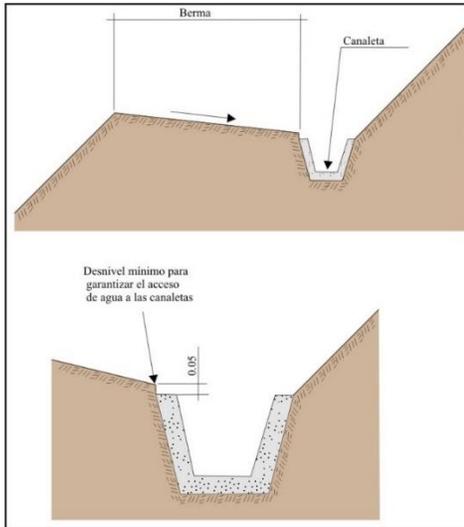


Figura 38: Detalle de una canaleta de drenaje superficial (tomado de INGEMMET, 2000).

Drenes Tipo “Espina de Pescado”: Son útiles los drenes en forma de Espina de pescado (figura 39). Estos combinan una zanja drenante, según la línea de máxima pendiente, con zanjas secundarias (espinas) ligeramente inclinadas que convergen en la espina central. Su construcción y mantenimiento en zonas críticas deben tener buena vigilancia.

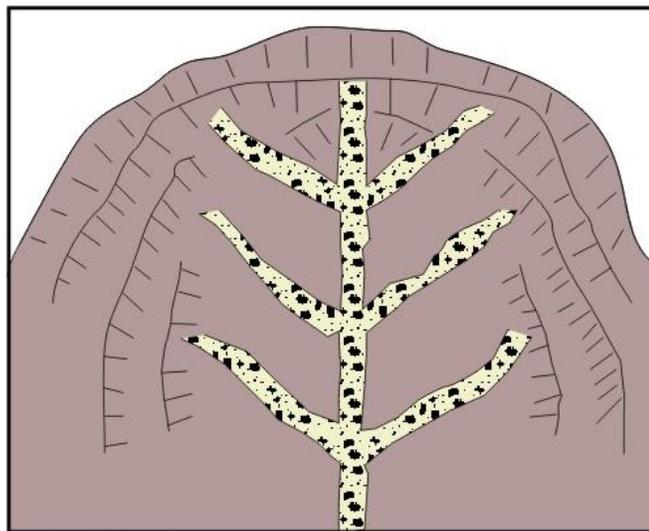


Figura 39. Drenaje tipo espina de pescado (tomado de INGEMMET, 2000).