

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7187

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR DE OCTUYOJ-MANÁS

Departamento Lima
Provincia Cajatambo
Distrito Máнас



NOVIEMBRE
2021

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR DE OCTUYOJ-MANÁS

Distrito de Manás, provincia de Cajatambo, Departamento Lima.

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

Equipo de investigación:

Segundo Núñez Juárez

Angel Gonzalo Luna

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2021). *“Evaluación de peligros geológicos en el sector de Octuyo-Manás. departamento Lima, provincia Cajatambo y distrito de Manás.* Lima: Ingemmet, Informe técnico A7187, 44p.

INDICE

RESUMEN	1
1 INTRODUCCIÓN	3
1.1 Objetivos del estudio	3
1.2 Antecedentes y trabajos anteriores	3
1.2.1 Accesibilidad	6
1.1.2. Población	6
1.1.3. Clima	8
2 ASPECTOS GEOLÓGICOS	8
2.1 Grupo Calipuy (PN-c)	8
2.2 Formación Carhuaz (Ki-ca)	9
2.3 Depósitos Cuaternarios	9
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	10
3.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional	11
3.2 Geoformas de carácter depositacional y agradacional	12
3.3 Pendientes del terreno	13
4. PELIGROS GEOLÓGICOS	14
a. Peligros geológicos por movimientos en masa	15
b. Movimientos en masa y características geodinámicas en el sector Manás	15
4.2.1 Deslizamientos antiguos	15
4.2.2 Deslizamiento de Manás	16
4.2.1 Deslizamiento del 14 de agosto 2021	17
4.2.2 Represamiento del río Arcamayo, sector Octuyo .j.	26
4.2.3 Factores condicionantes	34
4.2.4 Factores detonantes o desencadenantes	35
CONCLUSIONES	36
RECOMENDACIONES	38
BIBLIOGRAFÍA	39
ANEXO 1: MAPAS	40
Mapa 1: Pendientes del terreno	40
Mapa 2: Peligros del sector de Manás, margen derecha del río Arcamayo.	41

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por deslizamiento, realizado en el sector Octuyo-Manás, perteneciente a la jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Manás, provincia de Cajatambo, departamento Lima. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología, en los tres niveles de gobierno (distrital, regional y nacional).

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona evaluada, corresponden a rocas de origen sedimentario de la Formación Carhuaz, conformada por lutitas y areniscas, se encuentran muy fracturadas y altamente meteorizadas. Se hallan cubiertas por depósitos coluvio-deluviales, compuestos por materiales inconsolidados, provenientes de antiguos deslizamientos. También se tiene afloramientos del Grupo Calipuy, constituida por lavas andesíticas, las cuales se encuentran muy fracturadas y moderadamente meteorizada, generan caída de rocas.

Las geoformas identificadas corresponden a las de origen tectónico-degradacional (montañas modeladas en rocas sedimentarias y volcánicas) y geoformas de carácter depositacional y agradacional principalmente originada por la ocurrencia de movimientos antiguos, de tipo deslizamiento.

El sector Octuyo-Manás se considera como geodinámicamente activa, identificándose una serie de deslizamientos, los cuales han sufrido reactivaciones. Estos eventos que han represado al río Arcamayo.

El mismo poblado de Manás se encuentra sobre un depósito de un deslizamiento antiguo, sus lados colindantes al río Arcamayo están siendo erosionados.

Los factores que activaron el deslizamiento en el en el sector Octuyo son:

- Riego por gravedad de los terrenos de cultivo, esto provocó la saturación del suelo.
- Suelos no consolidados (depósitos coluvio-deluviales), de fácil erosión, remoción; además, permite que el agua se infiltre y se retenga.
- La saturación del terreno incrementó el peso de la masa inestable.
- Pendiente del terreno (cuerpo del deslizamiento antiguo) mayor a 25°, permite que el material inestable, dispuesto en la ladera, por efecto de la gravedad y los factores arriba mencionados, pierde cohesión, pierda estabilidad y se desplazó cuesta abajo, represando el río.

El 14 de agosto, en el sector de Octuyo, por los factores arriba mencionados, se reactivó el deslizamiento y que represó al río Arcamayo.

El deslizamiento de Octuyo, presenta un escarpe con longitud de 450 m y salto entre 40 a 50 m, afectó un área de 218,620 m², el volumen desplazado es 2 millones de metros cúbicos. El represamiento presenta un dique con una longitud de 493 m, la altura máxima es 117 m, y la distancia vertical en el centro de la corona de la presa (medida desde el nivel natural del cauce hasta la superficie de la corona) es 52 m; la laguna formada tenía un volumen de 4,095 m³ (09 de octubre 2021).

Según el modelo de elevación digital, el cauce de la quebrada en la zona de embalse presenta una pendiente de 7°, siendo el volumen aproximado del material de represamiento de 420,000 m³.

El sector de Manás (zona urbana), se encuentra asentada sobre un depósito coluvio-deluvial, susceptible a ser erosionado. Se recomienda que los terrenos de cultivo aledaños no sean irrigados por gravedad y la zona urbana debe contar con drenaje pluvial, ambas recomendaciones con la finalidad de evitar la infiltración de agua al subsuelo y evitar su desestabilización. Se le considera como de **peligro alto**.

El sector Octuyoj se considera como de **Peligro muy Alto**, ante la reactivación de un nuevo deslizamiento.

Ante un desembalse violento de la laguna formada el 14 de agosto del 2021, podría afectar la población que se encuentra entre la desembocadura del río Arcamayo al río Pativilca (C.P. de Chingos), poblados de Pamplona, Santa Clara y Cahua (margen izquierda del río Pativilca).

Se recomienda tener un sistema de alerta visual, comunicación entre el observador del embalse y poblados que pueden ser afectados, por medio de radios. Esto ante un desembalse violento.

En el dique de represamiento realizar el canal sobre el dique, este debe estar ubicado cerca de la ladera de la margen izquierda del río Arcamayo, para esto se debe calcular el caudal de río.

Finalmente, se recomienda suspender el riego por gravedad, para evitar la infiltración de agua al subsuelo y no genere movimientos en masa.

1 INTRODUCCIÓN

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

Atendiendo la solicitud del Gobierno Regional de Lima, según oficio N° 060-2021-GRL-GRRNGMA-ORDC, para evaluar el peligro geológico por movimiento en masa en el sector de Octuyo (distrito Manás, provincia Cajatambo, departamento Lima), en el marco de nuestras competencias se realizó una evaluación de peligros geológicos del sector mencionado.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó al Ingeniero Segundo Núñez Juárez, para realizar la evaluación de peligros geológicos, entre el 08 al 10 de octubre 2021. En los trabajos se contó con el apoyo del geólogo Angel Luna Guillen.

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 con cámara digital y dron), la cartografía geológica y geodinámica, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración del Gobierno Regional de Lima y entidades encargadas en la gestión del riesgo de desastre, donde se proporcionan resultados de la evaluación y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1 Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa ocurridos en el sector de Octuyo.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos por movimientos en masa.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

1.2 Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional en el sector Octuyo se tienen:

- Algunos trabajos anteriores han estudiado la geología y geodinámica en la zona de Manás tenemos: El “Estudio Riesgos Geológicos del Perú – Franja N° 4”, elaborado por Ingemmet (2006), este boletín, analiza la estabilidad de las regiones enmarcadas entre los paralelos 10° y 12° Sur del territorio nacional, denominada Franja N°4; este boletín recolecta información de movimientos en masa (caídas, vuelcos, deslizamientos, flujos

y movimientos complejos); y con respecto al área de Manás identificó procesos de erosiones de ladera y derrumbes.

- Luque et al., (2009). En el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa a escala 1/250,000, publicado en el Boletín N° 76 “Peligro geológico en la región Lima”, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, caracteriza al sector Manás con susceptibilidad de muy alta a movimientos en masa (figura 1).

El Boletín N° 26, Geología de los cuadrángulos de Barranca; Ambar, Oyón, Huacho, Huaral y Canta (Cobbing *et al* 1973); describe las unidades litológicas del área situada entre los 10°30' y 11°30' de latitud Sur y 76°30' y 78°00' de longitud Oeste. El presente informe ha utilizado los mapas del cuadrángulo de Barranca elaborados a escala 1:100 000 (Cobbing y Garayar, 1997), así como la actualización de dicho cuadrángulo a escala 1:50 000 (hoja 22-i, cuadrante I) elaborado Navarro *et al.* 2007.

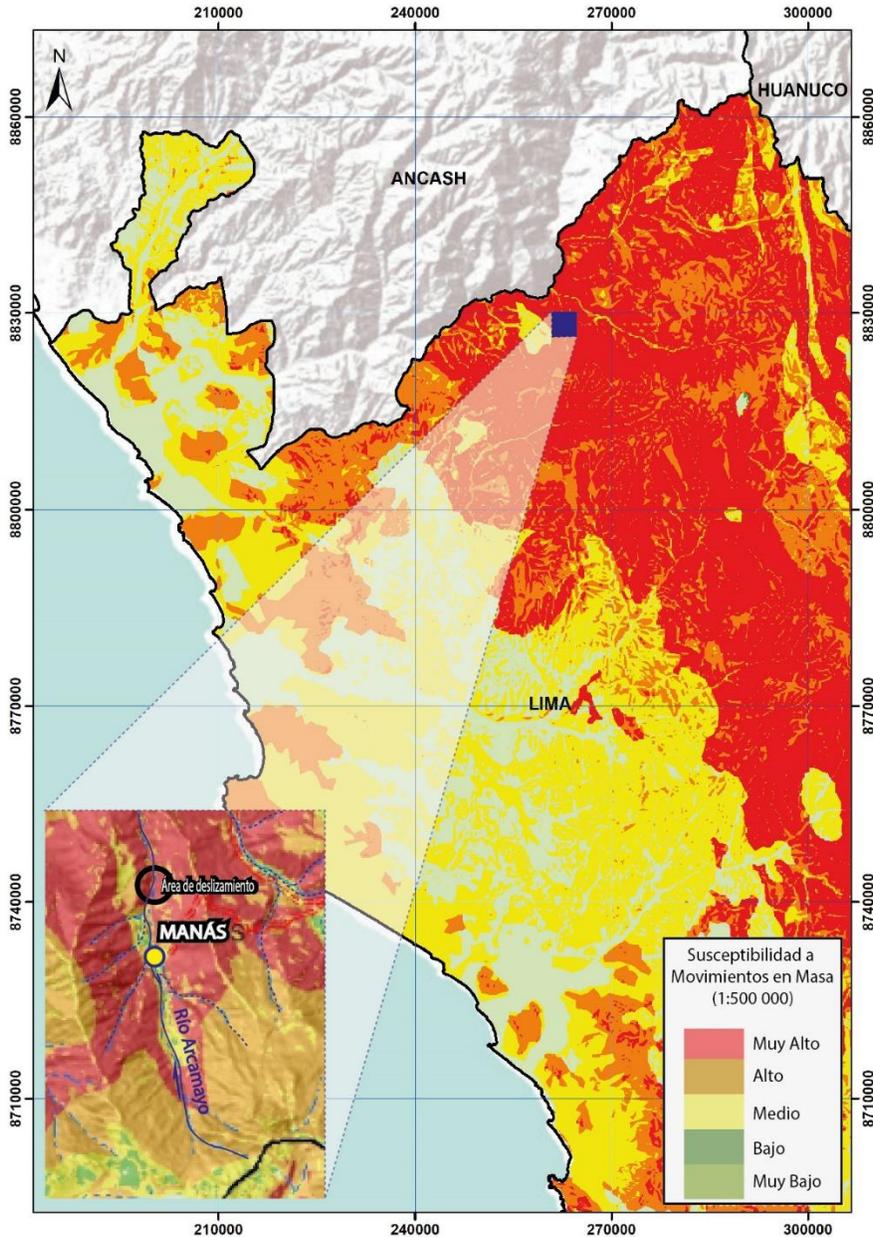


Figura 1. Susceptibilidad a movimientos en masa del departamento de Lima, muestra que el sector de Manás es de muy alta susceptibilidad. Fuente: Luque et al., (2020).

1.1. Aspectos generales

1.1.1. Ubicación

El sector Manás, se encuentra ubicado en la margen izquierda del río Arcamayo, distrito de Manás, provincia de Cajatambo, departamento Lima (figura 2), en las coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18 s) siguientes (Cuadro 1):

}

Cuadro 1

N°	<i>UTM - WGS84 - Zona 18S °</i>		<i>Geográficas</i>	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	263413	8829747	10° 34.741'S	77° 9.731'O
2	263110	8827693	10° 35.854'S	77° 9.905'O
3	262225	8827918	10° 35.729'S	77° 10.389'O
4	262273	8829932	10° 34.637'S	77° 10.355'O
<i>COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL</i>				
C	262590	8829423	10°34'59.75"S	77°10'5.82"O

1.2.1 Accesibilidad

Actualmente, el acceso por vía terrestre al distrito de Manás, se realiza desde Lima, tomando la Panamericana Norte hasta llegar al desvío de Cajatambo (margen derecha del río Pativilca) mediante el sistema vial Metropolitano de Lima desde la sede de Ingemmet (Av. Canadá), siguiendo la ruta como se indica en el cuadro 2.

Cuadro 2. Rutas y accesos al distrito de Manás

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Lima – desvío Cajatambo	Asfaltada	195	3 horas
Desvío Cajatambo – Desvío Manás	Asfaltada	75 km	2 horas
	Afirmada	15.6	
Desvío Manas-Manás	Vía afirmada	22.2	30 minutos

1.1.2. Población

La población del distrito de Manás, según el Censo Nacional del 2017 del INEI (2018)¹, cuenta con una población de 963 habitantes (540 hombres y 423 mujeres) y un total 804 viviendas (752 ocupadas y 52 desocupadas).

La población del C.P. de Manás, cuenta con una población de 203 habitantes (102 hombres y 101 mujeres) y 246 viviendas (220 ocupadas y 26 desocupadas).

¹ Directorio Nacional de Centros Poblados Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas

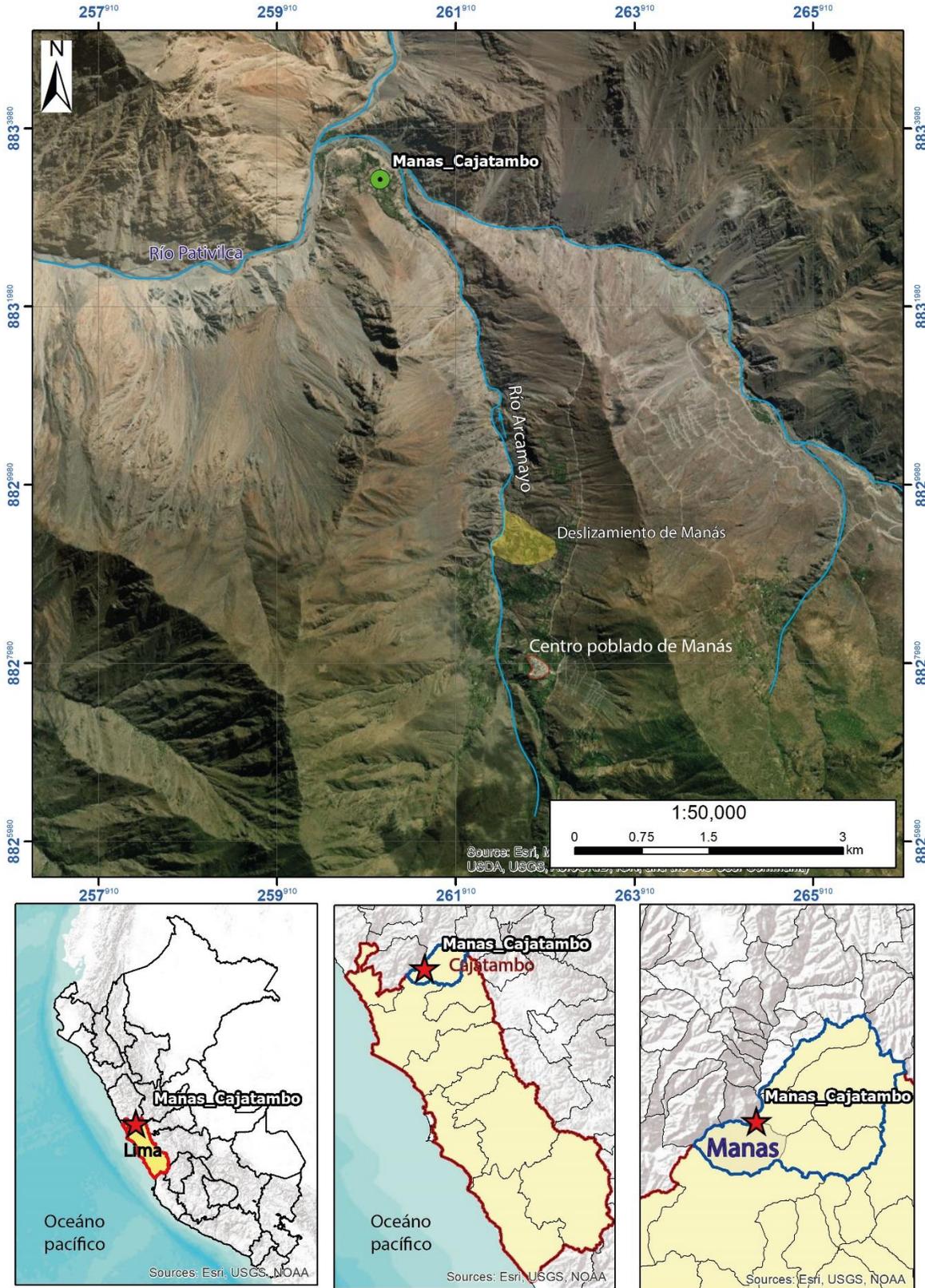


Figura 2: Ubicación del sector de Manás.

1.1.3. Clima

Según la clasificación climática de Koppen, el distrito de Manás presenta un clima semicálido muy seco o desértico, situado entre los 1000 a 3000 m.s.n.m., con esporádicas precipitaciones aproximadamente de 150 mm/año y con temperaturas alrededor de los 20°C.

Los meses lluviosos, se presentan entre diciembre a marzo.

2 ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico se desarrolló en base a la Geología del cuadrángulo de Ambar (Cobbing, 1973); describe las unidades litológicas del área situada entre los 10° 34.914'S y 11°30' de latitud Sur y 77° 10.183' de longitud Oeste de la Carta Geológica a escala 1/100 000 y la actualización de la hoja 22-i-I, (2007) a escala 1:50 000; en la zona afloran rocas volcánico y sedimentarias del Paleógeno y Neógeno y depósitos Cuaternarios (figura 03). La cartografía geológica, se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotografías y observaciones de campo.

2.1 Grupo Calipuy (PN-c)

Litológicamente, la secuencia es extremadamente variada, consistiendo principalmente de lavas andesíticas púrpuras, piroclásticos gruesos, tobas finamente estratificados, basaltos, riolitas y dacitas, todos los cuales presentan variaciones laterales bastante rápidas (Cobbing 1993).

Localmente se observa que la secuencia, se encuentra medianamente a muy fracturada (fotografía 1) y ligeramente meteorizada.

Esta unidad se halla sobre los sedimentos cretáceos de la Formación Carhuaz, por encima del trazo de carretera de acceso Manás.

En la margen izquierda del río Arcamayo, se tienen afloramientos andesíticos, dacíticos y riolíticos color gris pardo, marrón y morado.

En esta unidad se generan movimientos en masa de tipo caída de rocas y derrumbes.



Fotografía 01: Roca andesítica, muy fracturada; talud con pendiente, mayor a 50°.

2.2 Formación Carhuaz (Ki-ca)

Litológicamente, esta Formación está conformada de lutitas y areniscas que por meteorización presentan una coloración marrón o marrón amarillenta. Suelen presentarse algunos horizontes de areniscas muy finas y de color rojo brillante más o menos prominentes (Cobbing 1993).

Localmente esta formación se observa en la margen derecha del río Arcamayo, es predominante; se encuentra medianamente fracturada y altamente meteorizada generando depósitos cuaternarios, coluvio-deluviales.

Sobre esta unidad se generan movimientos en masa, de tipo deslizamientos.

2.3 Depósitos Cuaternarios

A lo largo de las laderas colindantes al río Arcamayo, se identificaron depósitos coluvio-coluviales, generados por deslizamientos antiguos. Figura 3.

a) Depósito coluvio-deluvial (Qh-cd)

Estos depósitos se observan en ambas márgenes del río Arcamayo, están constituidos por escombreras, provenientes de deslizamientos antiguos y recientes, se acumulan en la base y parte media de las laderas de los cerros. Están conformados por gravas y bloques de

formas angulosas, englobados en matriz areno-limosa; predomina las gravas. Erráticamente se tienen algunos bloques con dimensiones entre 10 a 5 m;

Estos depósitos por su naturaleza, cohesión y disposición marcan zonas de alta y muy alta susceptibilidad. Son depósitos de fácil remoción.



Figura 03: Vista de depósitos coluviales (Qh-cd) sobre sustrato de roca sedimentaria de la Formación Carhuaz (Ki-ca) en la margen izquierda del río Arcomayo. Se observa también el Volcánico Calipuy (PN-c):

- Qh-cd: Depósitos coluvio-deluviales
- PN-c: Volcánico Calipuy
- Ki-ca: Formación Carhuaz.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

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., 2020).

3.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

a) Unidad de montañas

Las montañas presentan mayor distribución en el área de inspección. Se considera, dentro de esta unidad, a las geoformas que alcanzan alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de base local (río Arcamayo). Se reconocen como cumbres y estribaciones producto de las deformaciones sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza. Sus laderas presentan una pendiente promedio, superior al 35°.

En el contexto general se encuentran conformadas por alineamientos alargados, constituidos por rocas de tipo volcánica y sedimentaria, con un moderado a fuerte estado de meteorización superficial y de erosión. Dentro de esta unidad se tienen las siguientes subunidades:

b) Montaña en roca sedimentaria (RM-rs)

Corresponde a afloramientos de roca sedimentaria, afectados por procesos tectónicos y erosivos, conformados por rocas de tipo lutitas y areniscas de edad Cretácica. Sus elevaciones alcanzan hasta 3900 m s.n.m. Presentan laderas con pendientes fuertes (mayor de 30°). Se localizan en la margen izquierda del río Arcamayo. Fotografía 02.

Geodinámicamente se asocian erosión en cárcavas, derrumbes, deslizamientos y flujos de detritos, que aportan de material detrítico al cauce principal del río.



Fotografía 02: Muestra la montaña sedimentaria (margen izquierda del río Arcamayo), afectada por procesos de erosiones de ladera. Presenta laderas con pendiente mayor de 30°.

c) Montaña en roca volcánica (RM-rv)

Dentro de esta subunidad se consideran afloramientos de rocas volcánicas (derrames lávicos andesíticos). Sus elevaciones alcanzan los 3700 m s. n. m. Sus laderas presentan pendientes medias a fuertes, sus cimas son uniformes.

Son susceptibles a derrumbes y caída de rocas. En algunos sectores, presentan intenso fracturamiento y meteorización.

Sus laderas, presentan pendientes entre 25 a 30°, presenta cimas suaves (fotografía 3)



Fotografía 03: Se aprecia montaña modelada en roca volcánica con cimas uniformes, y laderas con pendiente de 30°.

3.2 Geformas de carácter depositacional y agradacional

a) Unidad de piedemontes

Para delimitar los depósitos de piedemonte, se reconocieron aquellas características que los conforman: el depósito y acumulación de material y las rupturas de pendiente, conformados por procesos geodinámicos.

b) Vertiente coluvio-deluvial (V-cd)

Subunidad formada por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial. Se encuentra interestratificada y no es posible separarla como unidades individuales. Estos se encuentran acumulados al pie de laderas de las montañas volcánicas y sedimentarias identificadas y se usan como terrenos de cultivo (paltos).

Se encuentran conformados por bloques heterométricos y de naturaleza homogénea, sueltos y sin cohesión, con matriz areno-limosa.

Los principales agentes formadores de esta subunidad son los procesos de erosión de suelos, la gravedad, las lluvias, el viento y son altamente susceptibles a sufrir procesos geodinámicos como derrumbes, deslizamientos.

Estas geoformas presentan pendientes predominantes, de muy fuerte a escarpada (25° - 45°), son fáciles de remover.

Se encuentran ampliamente desarrollados en las laderas de la margen derecha del río Arcamayo, formada por los depósitos de deslizamientos antiguos y recientes.

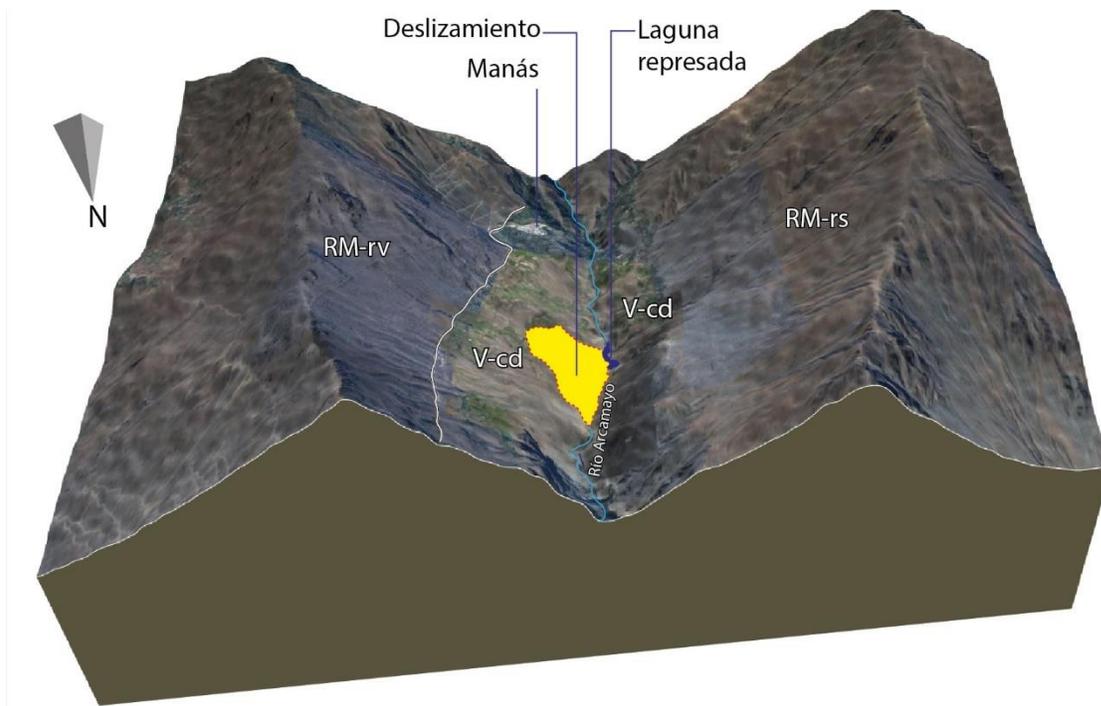


Figura 04: Esquema de las unidades geomorfológicas identificadas en el sector de Manás.

3.3 Pendientes del terreno

La pendiente es un parámetro importante en la evaluación de procesos por movimientos en masa, actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa.

En el mapa de pendientes, elaborado en base a información colectada por el dron (Mapa 1 del anexo 1) donde se presentan con mayor predominio laderas con inclinación de pendientes que van de rangos de terrenos moderadamente inclinados (5° - 15°) a inclinados (15° - 25°), con un cambio abrupto a terrenos de pendiente muy fuerte ($>45^{\circ}$), este último facilita el escurrimiento superficial del agua de precipitación pluvial y el arrastre del material suelto disponible en las laderas.

La pendiente del sector evaluado se encuentra en una ladera en el área de estudio tenemos pendientes variables, predominando la muy fuerte o escarpada. De acuerdo al rango de pendientes de Ingemmet-2007, en el cuadro 3, se describen las pendientes

Cuadro 3. Rango de pendientes del terreno.

RANGOS DE PENDIENTES		
Pendiente	Rango	Descripción
0°-1°	Llano	En la zona de estudio no se observó este tipo de pendiente.
1°a 5°	Inclinación suave	Terrenos planos con ligera inclinación, se tienen en las laderas de ambos márgenes del río Arcamayo, en formas puntuales, son muy esporádicos. Se apreció el espejo de la laguna.
5°a 15°	Moderado	Terrenos con moderada pendiente. En la margen derecha, se observó en el cuerpo del deslizamiento reciente en su parte media y central. También se tiene a lo largo de la ladera en forma errática. En la margen izquierda se encuentran en la cima de la montaña.
15°a 25°	Fuerte	Pendientes que se distribuyen indistintamente en las laderas de las montañas, con mayor intensidad en la margen derecha.
25°a 45°	Muy fuerte	Se encuentran en laderas de montañas sedimentarias y volcánicas. En la margen derecha, en la mayor parte de los cuerpos de los deslizamientos antiguos. En el cuerpo del deslizamiento reciente. Por la margen izquierda se aprecian en las laderas, se presentan procesos de erosiones de ladera, flujo de detritos.
>45°	Muy escarpado	Se observó, en la margen izquierda del río Arcamayo, ocupa áreas importantes, distribuidas a lo largo de laderas de las montañas. Por margen derecha, se encuentran en forma esporádica, en algunos casos relacionados a los escarpes de los deslizamientos.

Fuente: Clasificación de pendiente tomada de Ingemmet 2017.

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa de tipo deslizamientos y derrumbes (Proyecto Multinacional Andino: GCA, 2007). Estos procesos son resultado del proceso de modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los cursos de la Cordillera de los Andes, 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.

a. Peligros geológicos por movimientos en masa

En la zona de Manás presenta una geodinámica muy activa, representada por deslizamientos antiguos y derrumbes, algunos reactivados, como el ocurrido recientemente, 14 de agosto del presente año, en el sector Octuyoj.

Nota: Para la descripción de los peligros geológicos solo se realizó la margen derecha del río Arcamayo.

b. Movimientos en masa y características geodinámicas en el sector Manás

En el sector tenemos afloramientos de la Formación Carhuaz, que está conformada por areniscas y limolitas, las cuales se encuentran muy meteorizadas y muy fracturadas, por las características que presenta se considera de muy alta susceptibilidad a movimientos en masa.

También tenemos afloramientos de los volcánicos Calipuy, que están sobre la Formación Carhuaz. Está constituida por rocas volcánicas, las cuales se encuentran muy fracturadas, generan laderas con pendientes mayores a los 25°. Es una unidad muy susceptible a la generación de caída de rocas y derrumbes.

En el sector de Manás se considera como zona geodinámicamente activa, porque se tienen evidencia de una serie de deslizamientos en ambos márgenes del río Arcamayo los cuales en algún tiempo llegaron a represar al río. Además, se observó que en los cuerpos de los deslizamientos se presentan procesos de erosiones de ladera

4.2.1 Deslizamientos antiguos

A lo largo de la margen derecha del río Arcamayo se tiene una serie de deslizamientos antiguos, que presentan su escarpa principal muy erosionada, con longitudes variables 300 a 600 m, a excepción del escarpe del sector de Manás que es del orden kilométrico (1200 m), sus saltos varían entre 100 a 600 m, tienen formas alongadas y semicirculares.

En los cuerpos de los deslizamientos antiguos se aprecia una serie de lomeríos, que evidencia el desplazamiento de la masa ladera abajo. En algunos se observa escarpes secundarios con longitudes hasta de 500 m.

Sobre la superficie de los deslizamientos se aprecian bloques de areniscas con longitudes hasta de 16 m, con altura de 11, predominando los 1 a 2 m.

Los cuerpos de los deslizamientos están conformados principalmente por gravas, con algunos bloques con tamaños mayores a 0.50 m de forma angulosas, los bloques mayores de 5 m se presentan en forma errática. El material esta englobado en matriz limo-arcillosa.

4.2.2 Deslizamiento de Manás

El deslizamiento antiguo donde se encuentra el poblado de Manás, presenta una escarpa con longitud de 800 m, se encuentra muy erosionado por procesos de erosiones de ladera.

El cuerpo del deslizamiento tiene la forma de una terraza, de forma semicircular, erosionada por el río Arcamayo. Donde las máximas longitudes comprendidas están entre 800 y 560 m (figura 05).



Figura 05: Se aprecia la terraza donde se encuentra asentado el poblado de Manás, sobre el depósito antiguo de un deslizamiento.

Hacia el lado colindante al río Arcamayo, en su margen derecha, se aprecia el cuerpo del deslizamiento erosionado por reactivaciones del deslizamiento, procesos de erosiones de ladera y derrumbes (figura 06). Los moradores manifiestan que el año 1970, a raíz del terremoto de Ancash, del lugar mencionado salió polvadera, esto indica que se registraron movimientos en masa.

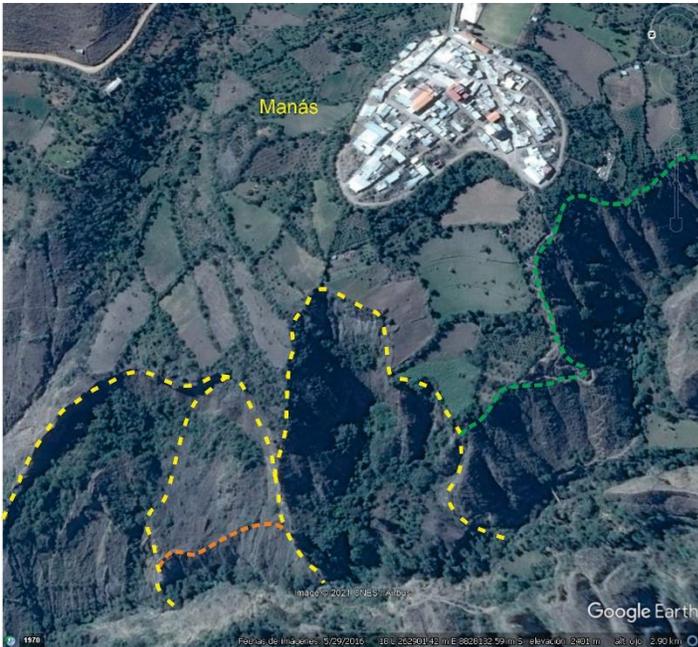


Figura 06. Se aprecia el poblado de Manás, hacia el lado colindante del río Arcamayo, se parecía:

- a) Deslizamientos rotaciones reactivados (líneas amarillas).
- b) Procesos de erosiones de ladera (línea verde)
- c) Derrumbe (línea naranja)

4.2.1 Deslizamiento del 14 de agosto 2021

El 14 de agosto del 2021, se reactivó un deslizamiento antiguo, llegó a represar al río Arcamayo; según versiones de los moradores, las reactivaciones comenzaron por los años 40, donde se formaron los primeros agrietamientos de los terrenos, que afectó terrenos de cultivo.

En el año 1970, a raíz del terremoto del 30 de mayo (Ancash), el deslizamiento en mención, nuevamente tiene otra reactivación; los moradores manifiestan, que las grietas del terreno se incrementaron en longitud, tuvieron algunos desplazamientos verticales y laterales, sin que se tenga un significativo desplazamiento el terreno. A la vez mencionan que se empezó a formar el escarpe y tomó la forma de una “U”. Con el transcurrir del tiempo, las grietas se mantuvieron con menores desplazamientos.

Por los relatos de los pobladores recopilados en campo, mencionan que el sector de Manás que entre los años 1995 al 2010, los agricultores realizaron cambio de cultivo de *lima a palta*; estos nuevos terrenos de cultivo necesitan una mayor cantidad de agua.

En las imágenes satelitales se aprecia que sobre la superficie donde ha ocurrido el deslizamiento reciente, se tenían terrenos de cultivo.

Los agricultores del sector de Manás, usan una mala técnica para irrigar sus terrenos de cultivo, riego por inundación; esto contribuyó con la desestabilización de la ladera.

El deslizamiento generado el 14 de agosto del 2021, corresponde a la reactivación de un deslizamiento rotacional antiguo.

a) Paleorelieve existente sobre el deslizamiento reactivado

Sobre el terreno donde ocurrió el deslizamiento del 14 de agosto, existía un paleo-relieve que evidencia antiguos deslizamientos, procesos de erosiones de ladera y un derrumbe (figura 07).

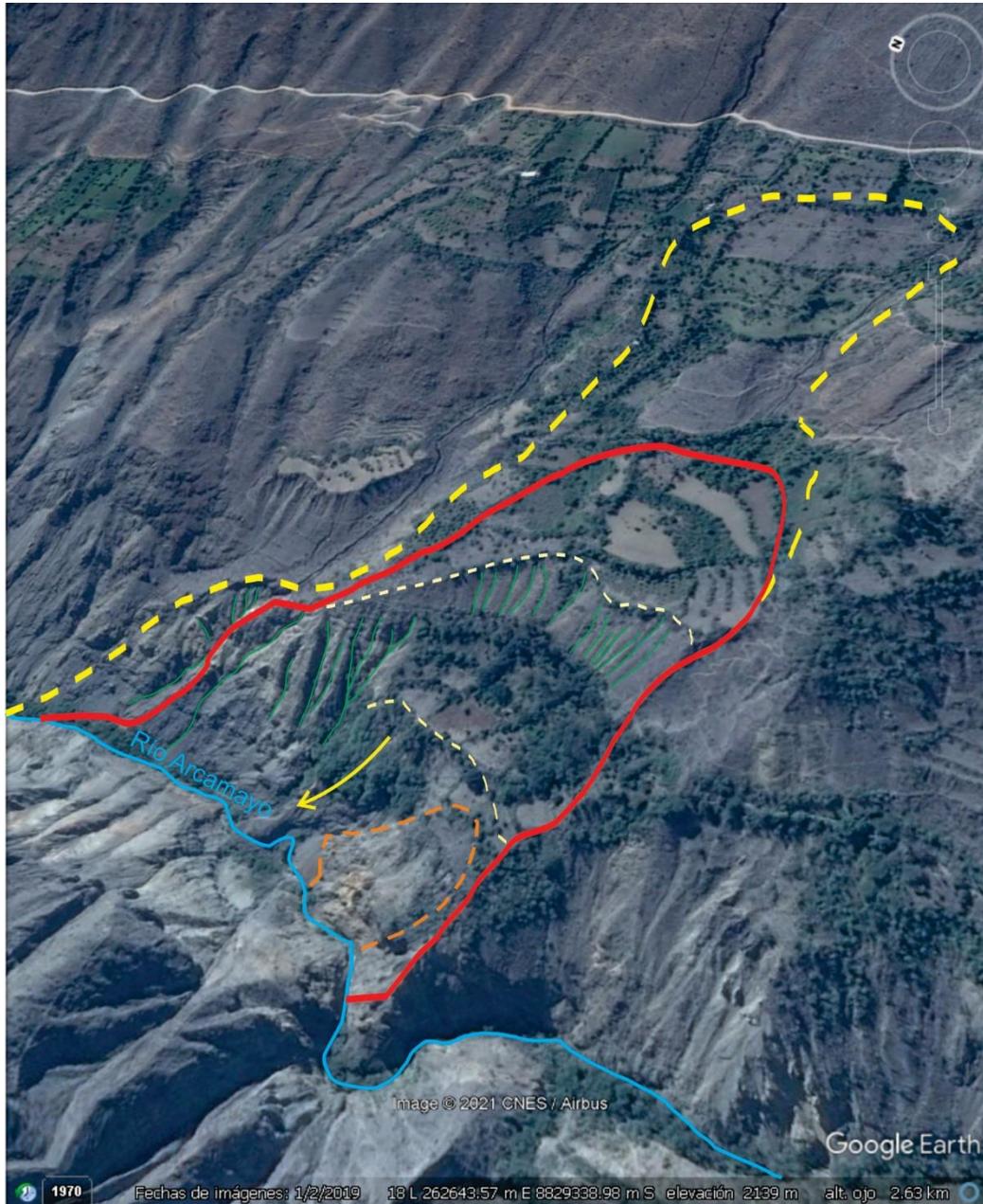


Figura 07: Se aprecia el paleorelieve, antes del deslizamiento del 14 de agosto del 2021.

- a) Línea roja, trazo del deslizamiento del 14 de agosto 2021.
 - b) Línea amarilla (gruesa), límite del deslizamiento antiguo 1
 - c) Línea amarilla (delgada), deslizamiento antiguo dentro del cuerpo del deslizamiento antiguo 1.
 - d) Línea naranja, deslizamiento antiguo 2.
- Vista interpretada en base a la imagen del Google Earth 2016.

En el paleo-relieve del deslizamiento del 14 de agosto 2021, existían dos deslizamientos, uno en la parte superior y otro en la parte inferior.

a.1) Deslizamiento antiguo de la parte superior: El escarpe es de forma compuesta semicircular, presenta longitud de hasta 400 m, con saltos entre 25 a 30 m (figura 08). Por lo observado en las imágenes satelitales, las paredes de los escarpes presentan erosión por procesos de cárcavas.

En la imagen, se aprecia que el cuerpo del deslizamiento, en la zona plana, estaba cubierto por terrenos de cultivos (paltas), los cuales eran irrigados por gravedad.

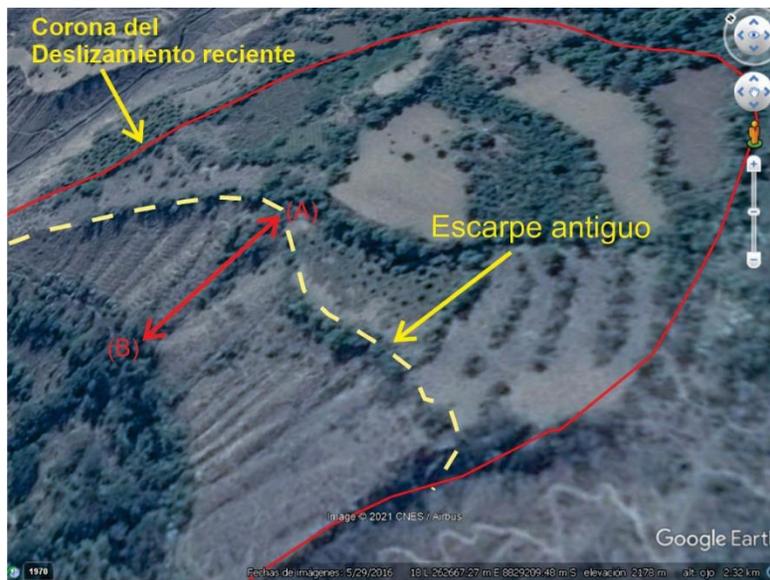


Figura 08: Muestra los procesos que presentaba el terreno antes del deslizamiento del 14 de agosto 2021. De la parte superior del deslizamiento reciente. Con línea amarilla se tiene la corona de un deslizamiento antiguo que presenta lo siguiente:

- a) Cota (A) 2170 m s.n.m.
- b) Cota (B) 2140 m s.n.m.
- c) Diferencia de cotas 30 m. (altura).
- d) Longitud de la escarpa (A)(B) = 65 m.
- e) Longitud del escarpe (línea amarilla entrecortada) = 400 m.

Vista interpretada en base a la imagen del Google Earth 2016.

a.2) Deslizamiento parte inferior: Presenta una corona con longitud de 200 m y altura hasta de 70m, su salto es más vertical que el de la parte superior; parte de la pared de la corona se encontraba cubierta por vegetación, esto indica, probablemente una mayor filtración de agua.

Es muy posible que este evento llegara represar al río Arcamayo, porque en la parte inferior, donde discurre el río, a la altura del deslizamiento, el terreno se encuentra disturbado (figura 08). Este embalse formado probablemente habrá tenido una longitud menor a los 70 m, con alturas no significantes, al parecer solamente hizo migrar al río hacia la margen izquierda.

Hacia la margen derecha en el mismo deslizamiento, se tiene procesos de erosiones de ladera muy intensos que erosionaron el cuerpo del deslizamiento.

Se aprecia también que el cauce del río no es uniforme, presenta algunas curvaturas y esta apegado a la margen izquierda. Estas formas que ha adquirido el cauce del río se deben a procesos de movimientos en masa, que de una manera u otra lo modificaron.



Figura 08: Muestra el deslizamiento antiguo, dentro de la zona del paleo-relieve, las modificaciones del terreno que ha tenido antes que sea obturado por el deslizamiento reciente (agosto 2021).

b) Causas del deslizamiento del 14 de agosto:

- Ladera con pendiente de 30° que, facilita el movimiento de la masa inestable que se encuentra sobre la ladera, cuesta abajo (figura 09).
- Depósitos de deslizamientos antiguos inestables de fácil remoción.
- Filtraciones de agua, proveniente de la mala técnica de regadío (riego por inundación), que saturó al terreno.
- El material del depósito (deslizamiento antiguo), permitió la filtración y retención del agua.
- Al saturarse la masa inestable adquiere un aumento de peso, lo que generó su pérdida de cohesión, lo que conllevó la formación del deslizamiento reciente.

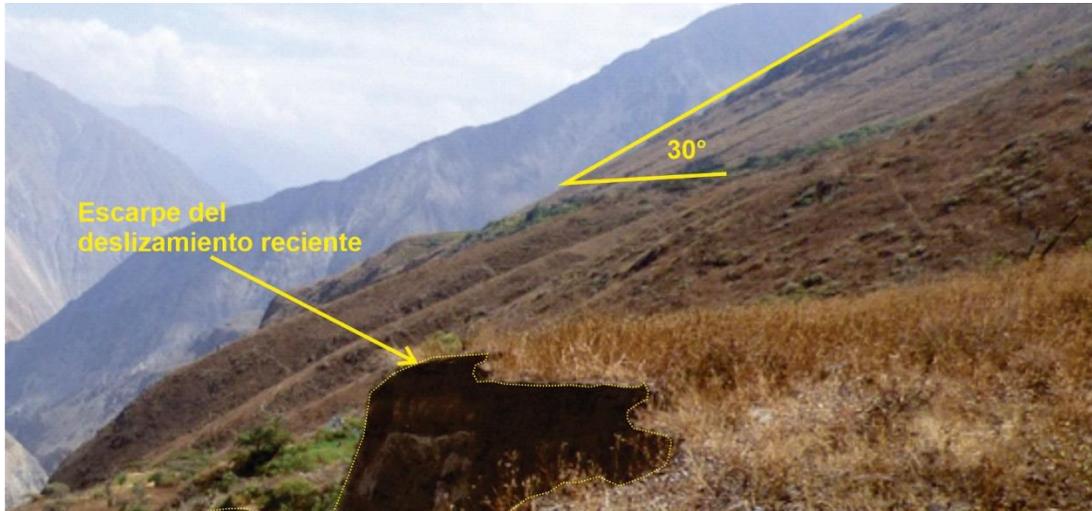


Figura 09: Se aprecia la pendiente del terreno y el escarpe del deslizamiento reciente.

c) Dimensiones de la escarpa (figuras 10 y 11):

- Longitud 450 m.
- Salto principal 40 a 50 m en la parte central-parte del flanco derecho, y hacia los flancos izquierdo y derecho son menores a 20 m (figura 10).
- Ángulo de desplazamiento de lado lateral izquierdo 35° a 50°
- Ángulo de desplazamiento del lado lateral derecho 45° a 50°
- Ángulo de desplazamiento del lado central 78° a 60°.

d) Dimensiones del cuerpo del deslizamiento:

- Cota de la corona 2255 m s.n.m..
- Cota del represamiento = 2025 m s.n.m..
- Diferencia de cotas: altura 230 m.
- Longitud inclinada entre la corona y pie del deslizamiento 555 m
- Longitud promedio del ancho del cuerpo del deslizamiento 525 m.
- Área afectada: **218 620 m²**.
- Volumen desplazado: **2 000 000 m³**.

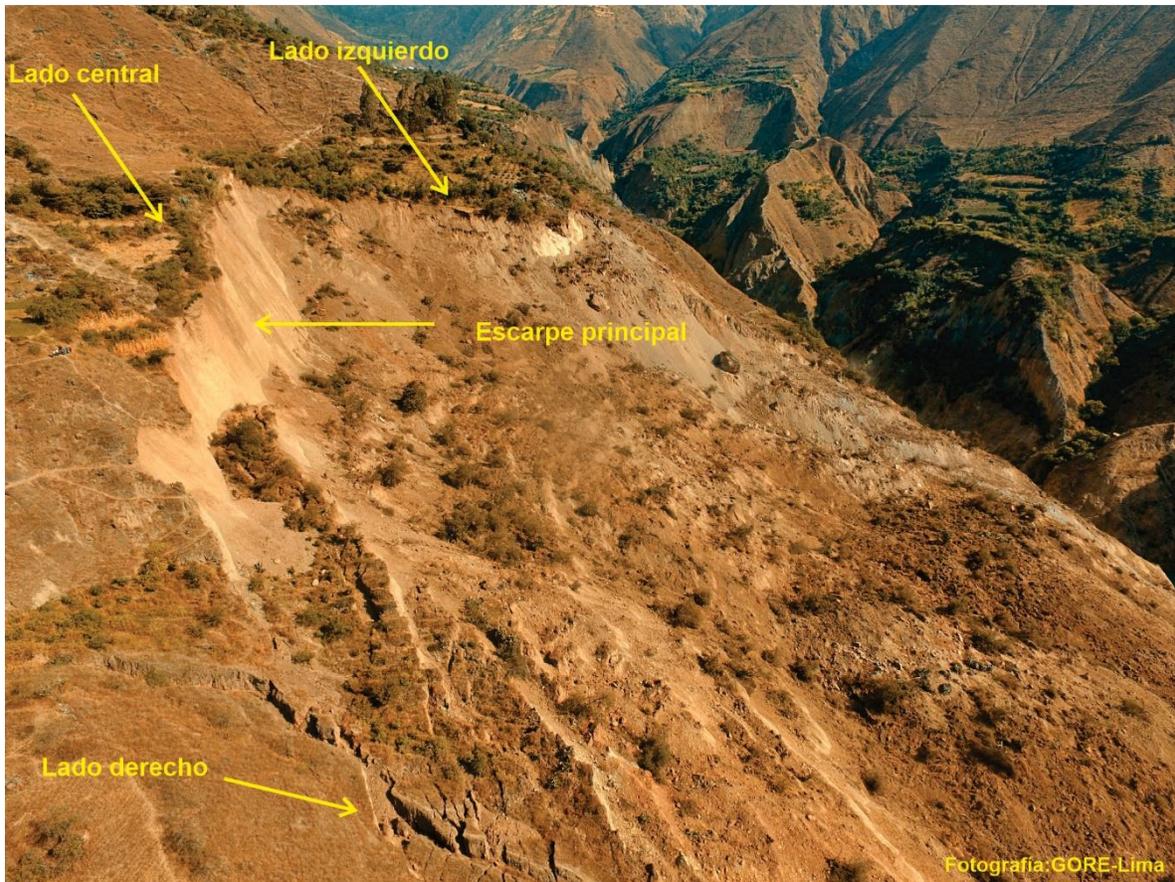


Figura 10: se muestra la parte de la corona del deslizamiento.



Figura 11: Parte central y lateral izquierda.

e) Otras características del terreno del deslizamiento

El deslizamiento formado recientemente es tipo rotacional, su forma es semicircular y alargada, en su cuerpo presenta lomeríos, el cuerpo del deslizamiento presenta pendientes (Mapa 1 del anexo 1):

- Moderada (5° - 15°), se presenta a manera de lomos, en la parte del pie del deslizamiento y parte central del deslizamiento.
- Fuerte (15° - 25°), se encuentra en forma puntual en la parte central del deslizamiento.
- Muy fuerte (25° a 45°), se halla en mayor proporción y predomina hacia los lados laterales.
- Muy escarpado ($>45^{\circ}$), se muestra en sectores muy puntuales en el escarpe del deslizamiento.

El cuerpo del deslizamiento está conformado por grava, gravilla, bolones y algunos bloques, son de formas angulosas.

Se observó un bloque con diámetro hasta 16 m (figura 12), se ubica en el lado izquierdo y parte media del cuerpo del deslizamiento, cercano al escarpe lateral; presenta las siguientes dimensiones:

- Largo máximo: 16 m
- Ancho máximo: 12 m
- Altura máxima: 4 m.
- Área superior: 180 m^2 .
- Volumen aproximado: 735 m^3 .

Los bloques que predominan, están comprendidos entre 1 a 2 m, se encuentran esparcidos en forma errática.

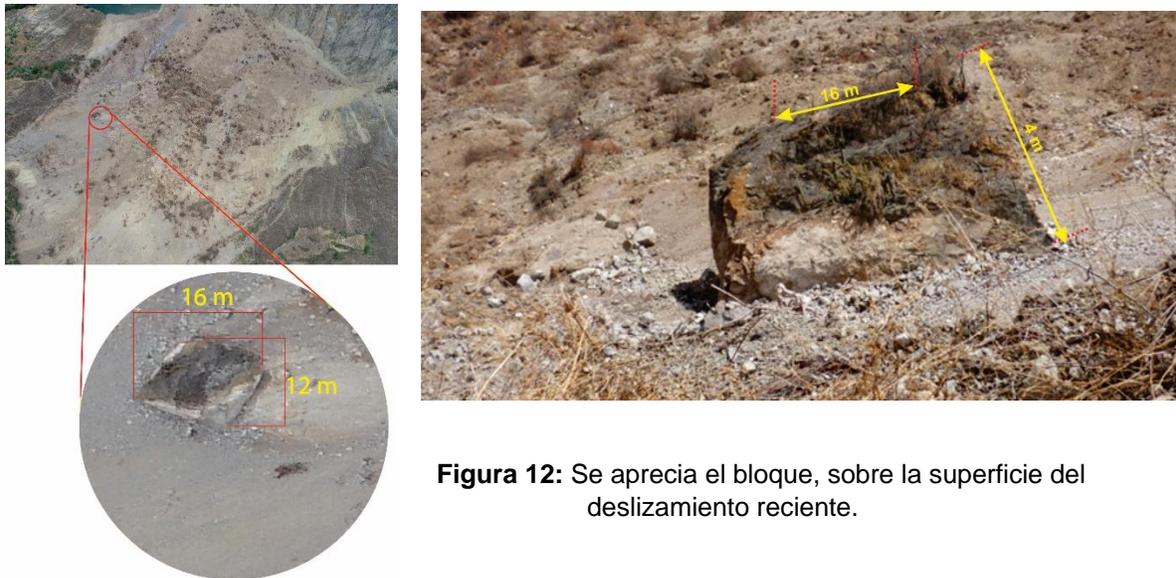


Figura 12: Se aprecia el bloque, sobre la superficie del deslizamiento reciente.

El material que conforma el cuerpo del deslizamiento en líneas generales, se encuentra seco, con la salvedad que en ciertos lugares puntuales se observó vegetación, localizados en “hondonadas” con dimensiones no mayores a 10 m, esto quiere decir que se tienen afloramientos de agua en forma insipiente. Figura 13.

Cuando se generó el deslizamiento, los moradores mencionan que, de ciertos lugares del cuerpo del deslizamiento se presentaron brotes de agua en forma insipiente.

En la parte inferior, donde termina el represamiento, en el cauce del río, se apreció vegetación de color verde, esto indica que hay filtración de agua. (imagen captada por dron). Figura 14.

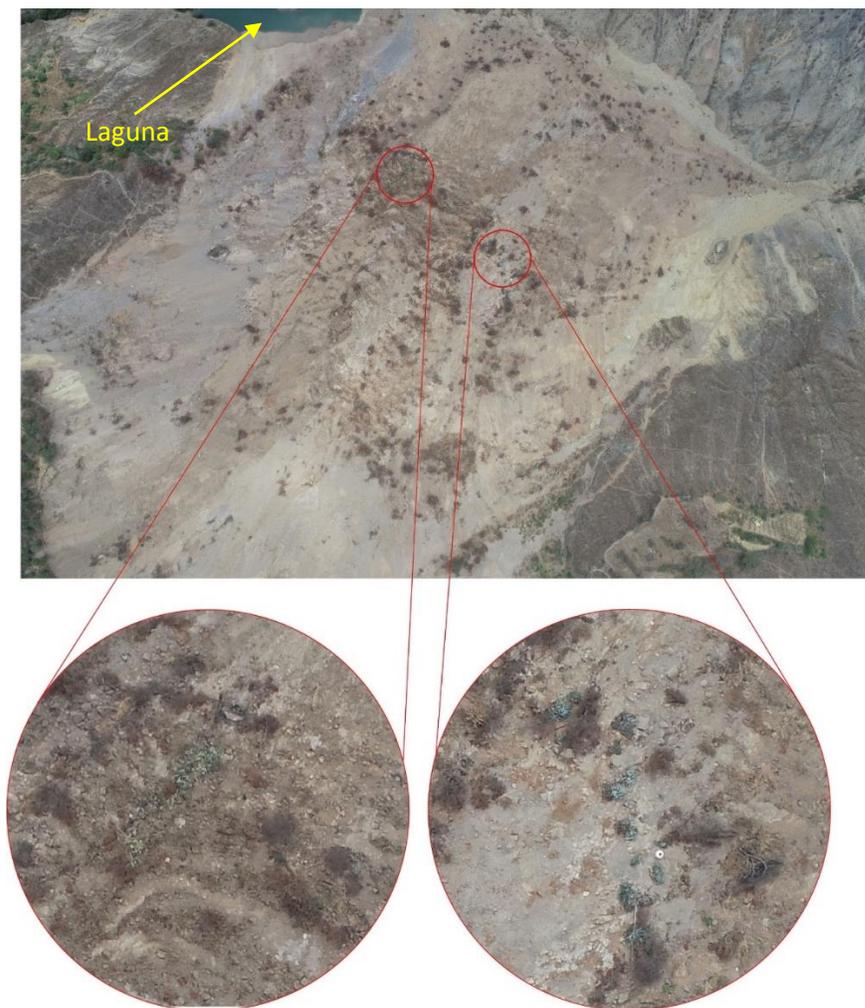


Figura 13: Se aprecia lugares con vegetación, donde se encuentran afloramientos de agua.



Figura 14: Parte frontal del dique, al fondo del valle se aprecia vegetación (color verde oscuro), que muestra la presencia de agua.

En el cuerpo del deslizamiento reciente, cercano a los escarpes laterales, se apreció que la superficie del terreno se encuentra muy disturbada, presenta agrietamientos Figura 15.

Con respecto a los agrietamientos identificados en el lado lateral derecho (figura 15-D), por encontrarse en el lado posterior al principal, indica que el deslizamiento tiene avance retrogresivo.





Figura 15: A) Muestra el escarpe lateral izquierdo del deslizamiento y el cuerpo del deslizamiento completamente disturbado. B) Agrietamientos del terreno cercanos al escarpe lateral izquierdo. C) Vista tomada con dron, flanco lateral derecho se aprecia el terreno agrietado. D) Lado lateral izquierdo, también observa agrietamientos del terreno.

4.2.2 Represamiento del río Arcamayo, sector Octuyo.

A raíz del deslizamiento del 14 de agosto en el sector de Octuyo - Manás, se generó un represamiento del río Arcamayo (figura 16), formó una laguna que el momento de la inspección (09 de octubre) tenía una longitud de 287 m, ancho máximo de 64 m, y volumen de 4095 m³.



Figura 16: Se aprecia la laguna y el área represada sobre el río Arcamayo.

a) Características

El tipo de represamiento, según la clasificación de Costa y Schuster (1988) es de tipo III, porque la represa ha llenado el valle de lado a lado y ocupa una distancia considerable aguas arriba y aguas abajo del sitio de falla de la ladera, abarca típicamente la mayor parte del material deslizado. Figura 17.

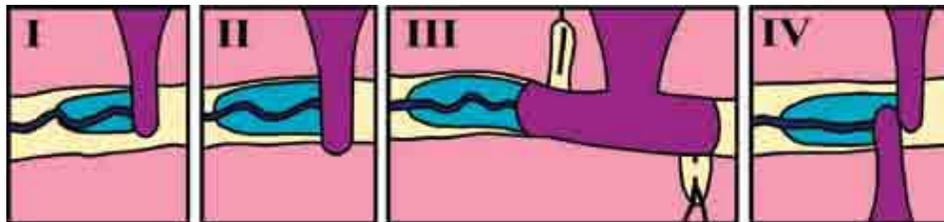


Figura 17: Clasificación de los represamientos según Costa y Schuster (1988)

Para poder extraer información, de las dimensiones de la presa formada y otros datos se realizaron perfiles A-A', B-B', C-C' y D-D'. Figura 18.

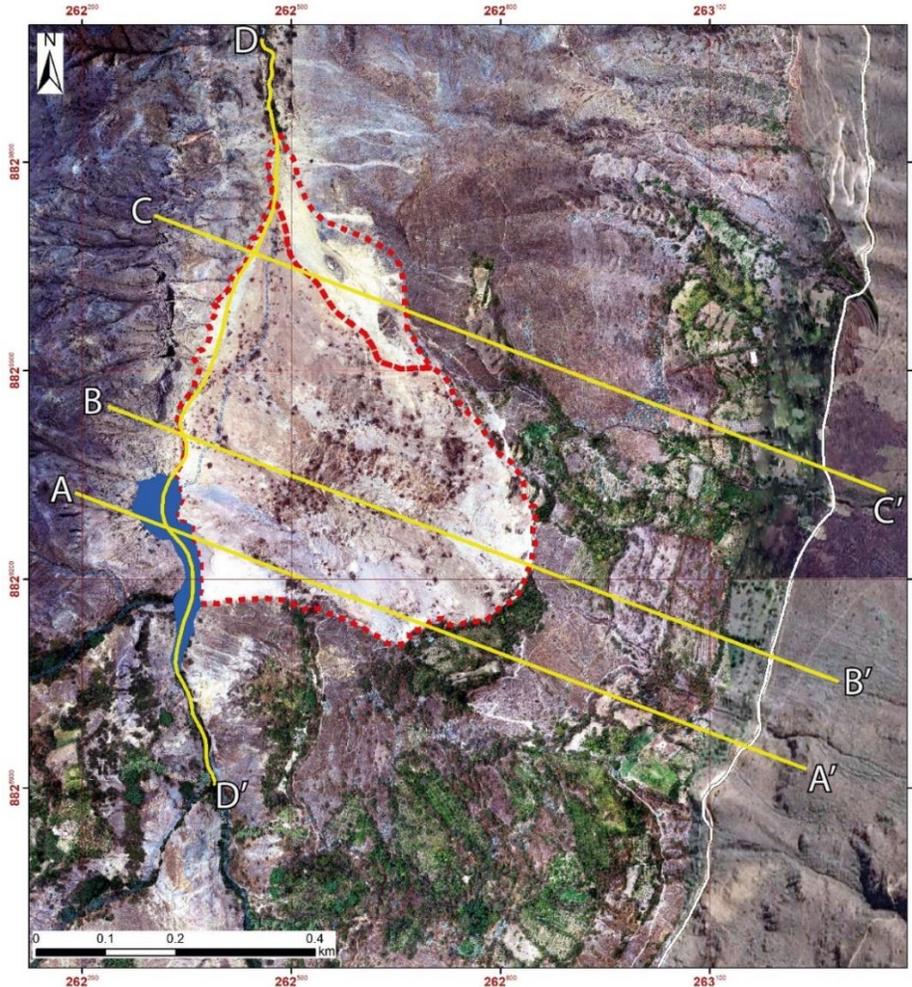


Figura 18: Se muestra el deslizamiento delimitado con línea roja (punteada) y las líneas de los perfiles A-A', B-B', C-C' y D-D'.

Para obtener los parámetros propuestos por Costa y Schuster (1988), se usaron los perfiles D-D'.

Parámetros	Longitudes (m)
Distancia horizontal entre el pie del talud aguas arriba y el pie del talud aguas abajo de la presa (Figura 19)	493
Altura: Distancia vertical en el centro de la corona de la presa, medida desde el nivel natural del cauce hasta la superficie de la corona. (Figura 19)	52
Ancho: Distancia horizontal transversal al curso de las aguas, medida a lo largo de la corona de la presa. (Figura 20).	189

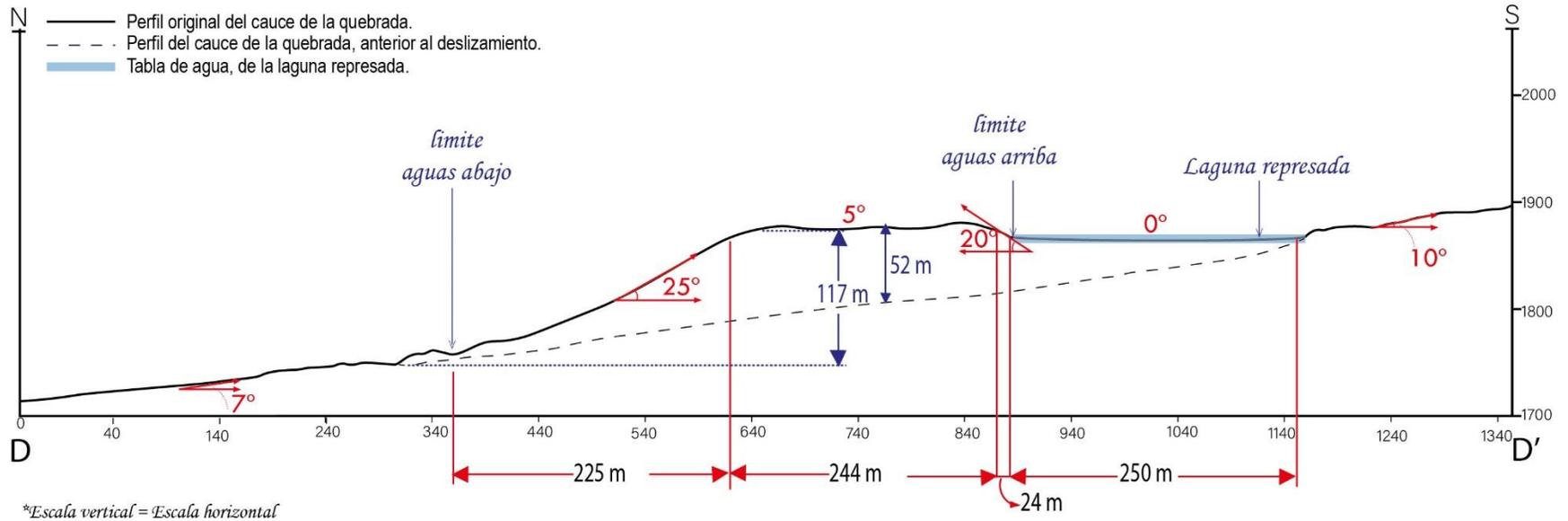


Figura 19: Perfil D-D'

- Distancia horizontal del dique (aguas arriba, hasta aguas abajo) = $225+244+24 = 493$ m.
- Distancia vertical en el centro de la corona de la presa (medida desde el nivel natural del cauce hasta la superficie de la corona) = 52m.
- Ángulo que forma la ladera frontal del dique es 25° .
- Según el modelo de elevación digital, el río presenta una pendiente de 7° .



Figura 20: Se muestra la longitud máxima rellenada de la quebrada, por efectos del deslizamiento.

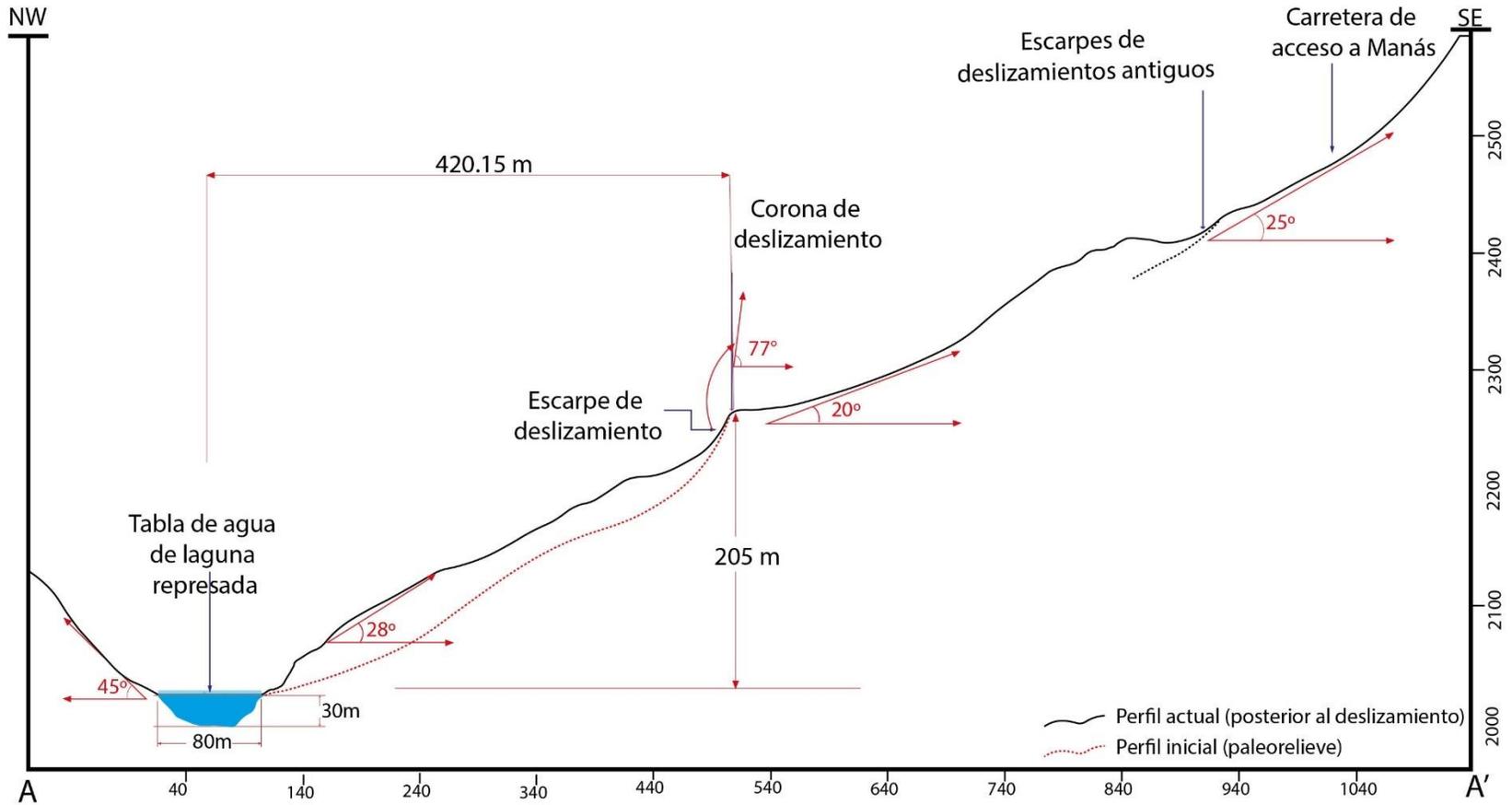


Figura 21: Perfil A-A'

- | | |
|---|----------|
| a) Longitud máxima de la laguna | = 80 m |
| b) Altura de la laguna | = 30 m. |
| c) Longitud horizontal del deslizamiento reciente | = 420 m. |
| d) Pendiente del terreno del deslizamiento reciente | = 28° |
| e) Pendiente del terreno del deslizamiento antiguo | = 20° |
| f) Pendiente del escarpe del deslizamiento reciente | = 77°. |

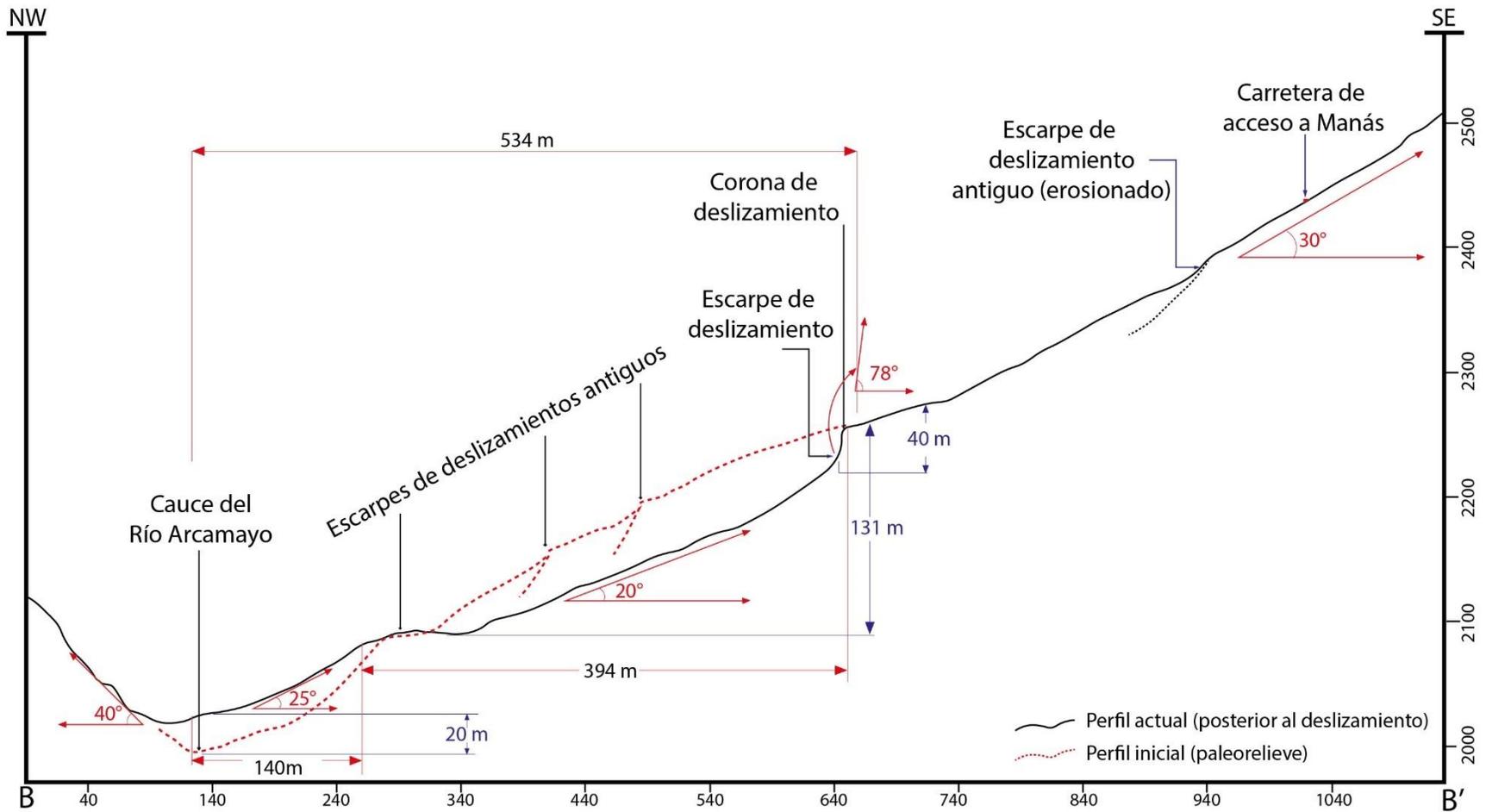


Figura 22: Perfil B-B':

- a) Ángulo del escarpe del deslizamiento reactivado 78°
- b) Ángulo del cuerpo del deslizamiento = 20°
- c) Ángulo de la pendiente de la ladera 30°
- d) Longitud horizontal del cuerpo del deslizamiento 532 m.

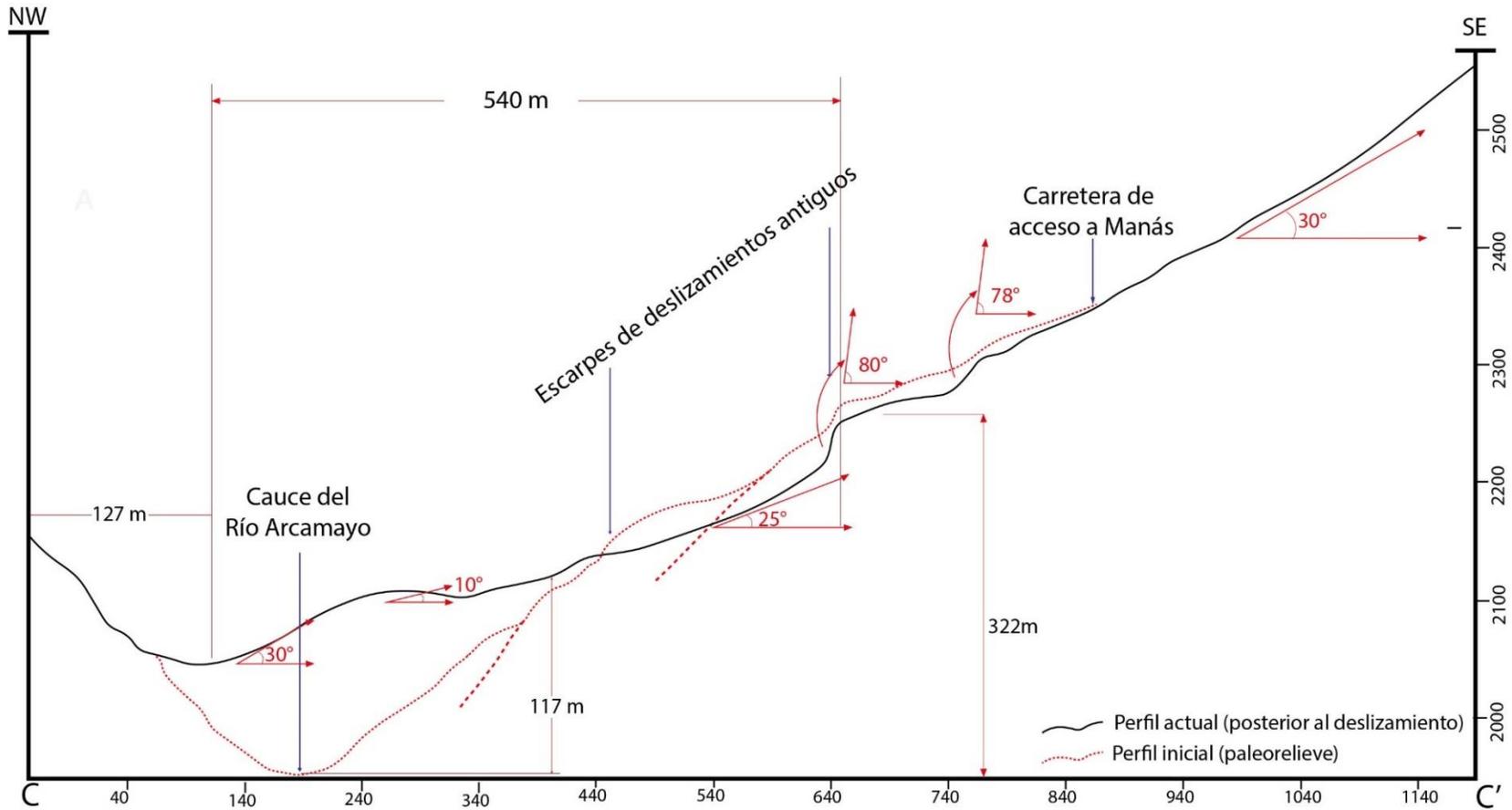


Figura XX: Perfil C-C'

- | | |
|--|----------|
| a) Altura máxima del dique (Parte frontal del represamiento) | = 117 m |
| b) Longitud horizontal de deslizamiento: | = 540 m. |
| c) Pendiente del escarpe principal | = 80° |
| d) Pendiente del terreno del deslizamiento | = 25°. |
| e) Pendiente del terreno inalterado | = 30° |

b) Otras características:

Se tiene lo siguiente:

- El río Arcamayo es un valle tipo "V", sus laderas de ambas márgenes presentan pendientes entre 50° (margen izquierda) a 60° (margen derecha). El represamiento afectó al valle juvenil.
- El represamiento, formo una laguna que, en el momento de la inspección, el espejo de agua tenía una cota de 2 048 m s.n.m.
- La altura máxima de la presa es de 117 m.
- Volumen del dique 420 985 m³.
- Al pie del dique, parte frontal, está filtrando agua (?), esto se deduce, porque en la desembocadura del río Arcamayo actualmente está discurriendo agua de color amarillento (fotografía 3) que anteriormente

Según los moradores, antes del embalse, por el cauce del río no discurría agua de color amarillento (fotografía 3), era incolora, lo cual lo están atribuyendo a las filtraciones de agua del dique (?).



Fotografía 3: Desembocadura de la quebrada Arcamayo, se aprecia un color amarillento,

4.2.3 Factores condicionantes

Las causas principales para la ocurrencia de movimientos en masa en la zona de Manás están relacionados a lo siguiente:

Factor geomorfológico

- La zona afectada, las laderas presentan pendientes que van mayores a los 30°.
- Los cuerpos de los deslizamientos antiguos tienen pendientes comprendidas menores a 30°, esto permite que el material suelto se erosione y se produzca un desplazamiento de la misma por efectos de la gravedad y/o acción de las aguas de escorrentía.

Factor litológico

- La presencia de suelo inconsolidado (gravas, limo-arena y bloques) conformados por depósitos coluvio -deluvial adosados en las laderas y partes llanas de la zona, son de fácil remoción ante sobresaturación de suelo y lluvias intensas.

Factor antrópico

- Los moradores en afán de regar sus terrenos de cultivo, lo realizan por medio de inundaciones, en este método no hay control del uso del agua, lo cual contribuyo a la sobresaturación del terreno.

4.2.4 Factores detonantes o desencadenantes

El factor desencadenante en el sector de Manás:

- Por la altura y la zona geográfica en donde se ubica el sector Manás se tiene presencia de lluvias periódicas los mismos que ayudan a la sobresaturación del terreno.
- Ocurrencia de sismos.

CONCLUSIONES

- a) El 14 de agosto del 2021 se generó un deslizamiento rotacional en el sector de *Octuyo*, que represó al río Arcamayo, se movilizó una masa de **2 000 000 m³** y afectó un área **218 620 m²**.
- b) El área de Manás se considera como geodinámicamente activa, a lo largo de las laderas (margen derecha) del río Arcamayo, se tiene una serie de deslizamientos rotacionales antiguos.
- c) El deslizamiento que originó el represamiento del río Arcamayo, según mencionan los pobladores, se empezó a reactivar desde los años 40. A raíz del terremoto del 30 de mayo 1970 nuevamente se reactiva, en los últimos años se incrementó su reactivación.
- d) En los años 1995-2015, hay un cambio en la agricultura, de Lima a Palta, este último necesita más agua, por lo que la población empleó la inundación para irrigar sus terrenos de cultivo, esto conllevó a la saturación de zonas inestables.
- e) El represamiento tiene las siguientes dimensiones:
 - Longitud del dique: 493 m.
 - Altura media de dique 52 m, altura máxima: 117m.
 - Volumen de la laguna: 4095 m³.
 - Volumen del dique: 420985 m³.
 - Pendiente de río 7° en la zona represada (Según modelo de elevación digital).Por la pendiente del río, se podría generar un desembalse.
- f) Las rocas de la Formación Carhuaz, son de mala calidad, generan procesos de movimientos en masa, como de tipo deslizamientos.
- g) Por las imágenes satelitales del 2016, el sector donde se presentó el deslizamiento del 14 de agosto 2021, presentaba en su paleorelieve cicatrices de movimientos en masa (deslizamientos y erosiones de ladera), esto contribuyó con la reactivación del deslizamiento. Es un área muy inestable.
- h) La población de Manás se encuentra sobre una terraza coluvio-deluvial, producto de un deslizamiento antiguo. El área colindante al río Arcamayo está siendo erosionada por el río Arcamayo y está formando deslizamientos.
- i) En los alrededores de la zona urbana de Manás, los terrenos de cultivo colindantes son regados por inundación, el terreno se está saturando, de no controlarse es muy probable que en un futuro se presenten deslizamientos y afecte la población.
- j) El lugar donde está asentado el poblado de Manás, no cuenta con un drenaje pluvial, esto está contribuyendo con la saturación del terreno.

- k) Los depósitos coluvio-deluvial son de fácil erosión, sus activaciones van a generar la reactivación en forma de deslizamientos. De seguir generándose en el sector de Manás, es muy probable que en un futuro se reactive y afecte a la población.

- l) Por las condiciones geológicas, de los sectores evaluados, el área urbana de Manás, se considera de **peligro alto**, se tiene controlar los procesos de deslizamientos que se están activando en la margen derecha del río Arcamayo; el sector de Octuyoj, se considera de **muy alto peligro**.

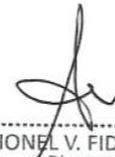
RECOMENDACIONES

- **Para el sector de Manás**
 - a) Los terrenos de cultivo que se encuentran alrededor del sector de Manás, deben de cambiar el tipo de riego, evitar el riego por gravedad.
 - b) Hacer un drenaje pluvial de la zona urbana de Manás, para evitar la filtración de agua al subsuelo.
 - c) La carretera de acceso debe contar con cuneta impermeabilizada, para evitar la filtración de agua al subsuelo.
 - d) Control visual de los deslizamientos formados colindantes al río Arcamayo. Ante nuevos desplazamientos se debe comunicar a las autoridades competentes.

- **Para el sector Octuyojo-Manás, zona de represamiento**
 - a) Suprimir el riego de los terrenos de cultivo que están dentro del cuerpo del deslizamiento que represó el río Aracamayo.
 - b) Para los terrenos que se encuentra por encima del deslizamiento, se debe cambiar el tipo de cultivo, deben usar siembras que necesiten poca agua.
 - c) Control diario del avance del “crecimiento del espejo de agua de la laguna”.
 - d) Sobre el dique, realizar un drenaje hacia la margen izquierda, con la finalidad que el agua del embalse al llegar al tope no erosione en forma intensa a la masa del represamiento.
 - e) Ante un posible desembalse violento, desarrollar un Sistema de Alerta Visual, que consistiría con comunicación por radio. Desde el dique hasta los poblados que se encuentran en la desembocadura (C.P. Chingos), y Pamplona, Santa Clara, Cahua (Margen izquierda del río Pativilca).



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

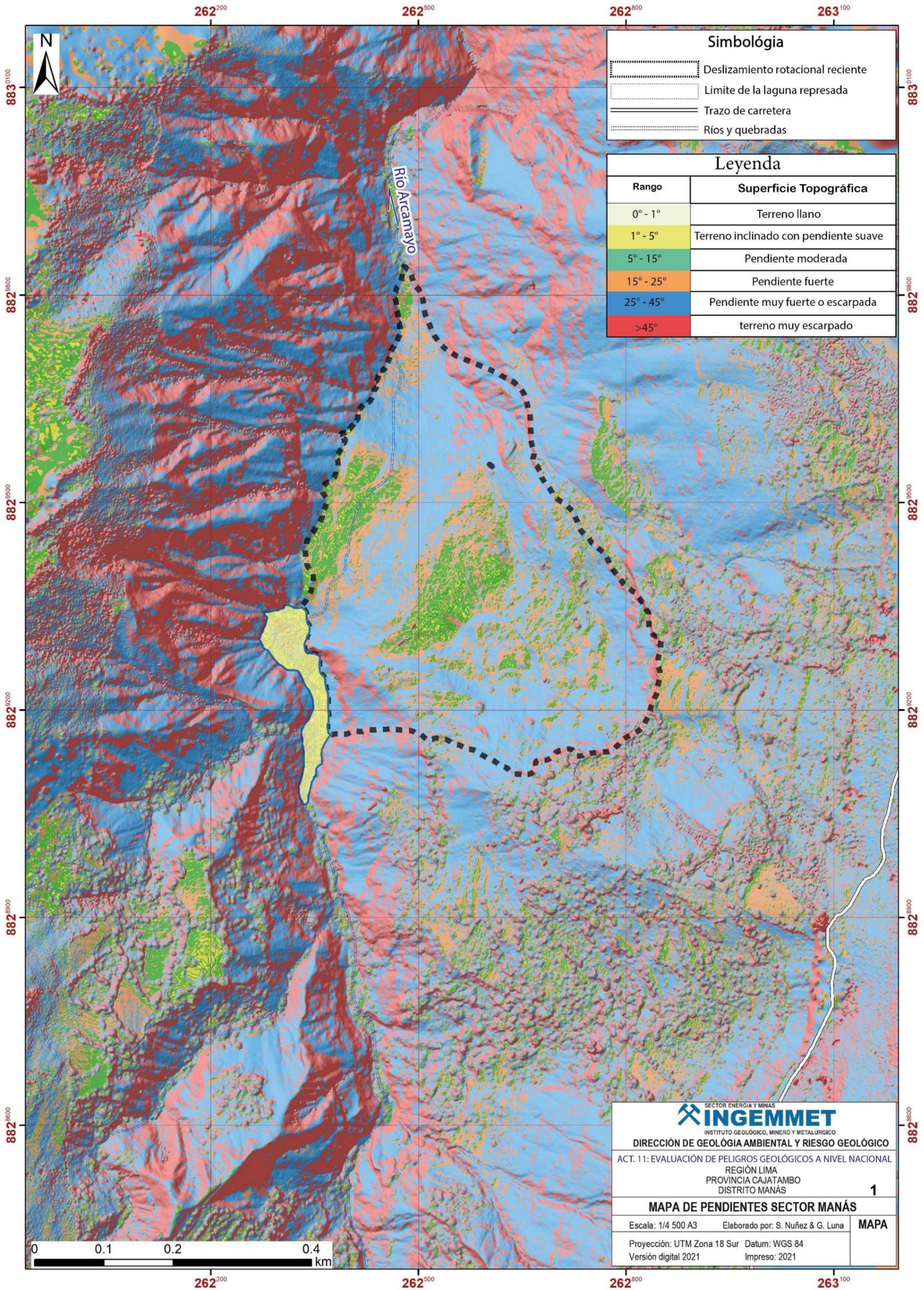


Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL
Director
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

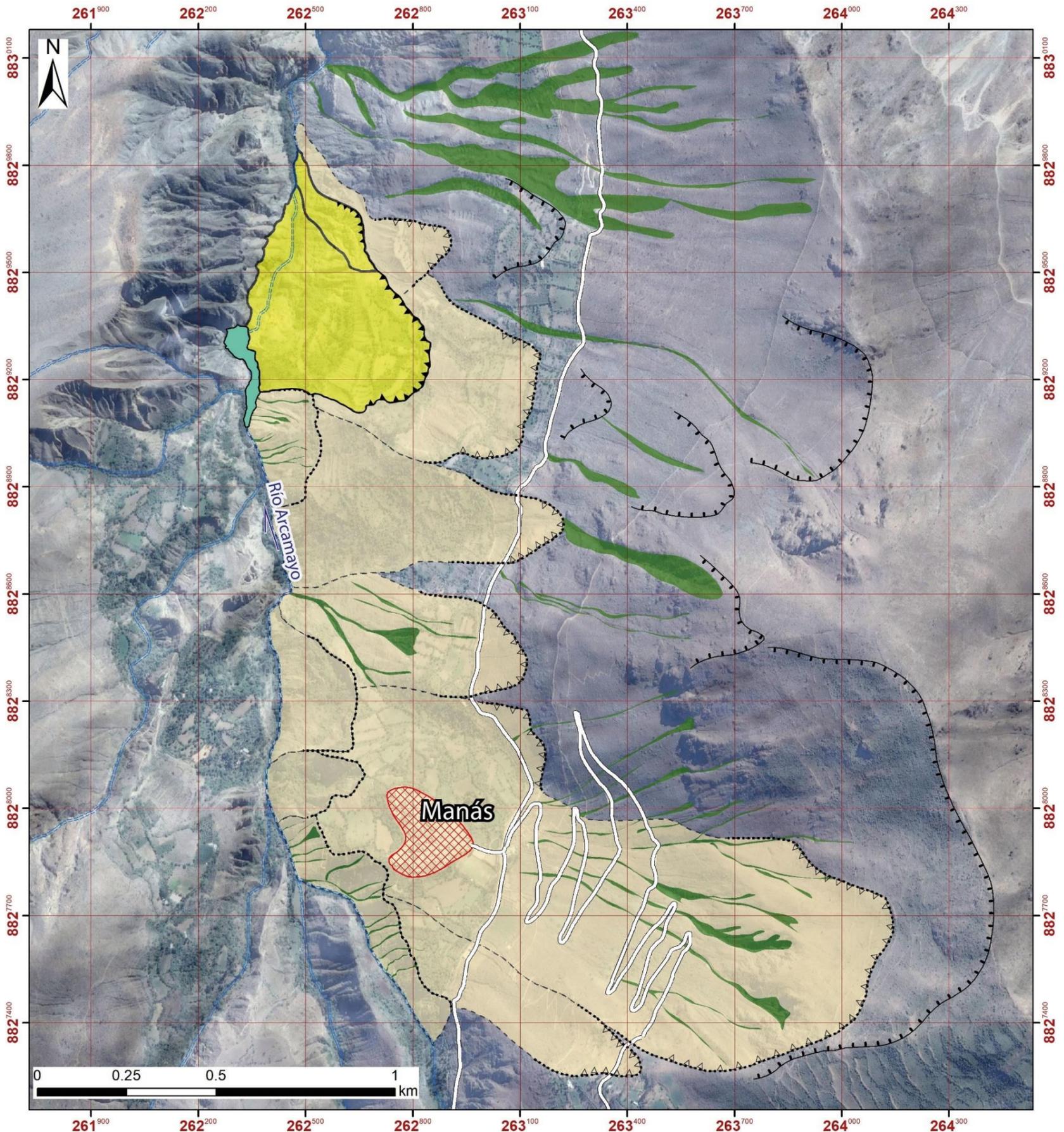
BIBLIOGRAFÍA

- Cobbing, E.J., Pitcher, W.S. & Garayar, J. (1973) - Geología de los cuadrángulos de Barranca, Ámbar, Oyón, Huacho, Huaral y Canta. Servicio de Geología y Minería, Boletín, 26, 172 p.
- Cobbing y Garayar, J. (1997). Mapas del cuadrángulo de Barranca elaborados a escala 1:100 000. Ingemmet.
- INEI (2018) Directorio Nacional de Centros Poblados. Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. 569 p.
- Ingemmet (2006). Estudio Riesgos Geológicos del Perú – Franja N° 4. Ingemmet, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, boletín N° 26.387 p.
- Luque, G., Rosado, M, & Pari, W. (2009). Peligro geológico en la región Lima, Ingemmet, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, boletín N° 76. 300p.
- Navarro, P., Pajuelo, D., Anastacio, A., Puquio, W. & Silva, N. (2013) Mapa geológico del Cuadrángulo de Ambar (22i-SectorI). Ingemmet.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007). movimientos en masa en la región andina: Una guía para la evaluación de amenazas. 432 p.

ANEXO 1: MAPAS



Mapa 1: Pendientes del terreno



Leyenda de peligros geológicos

Peligro	Tipo de Peligro	Sub-tipo de Peligro	Estado
Movimiento en masa	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	Activo reciente Antiguo
Otros peligros geológicos Hidrogeológicos	Erosión de laderas Lagunar	Erosión en cárcava Laguna represada	Activo Actualmente represado

Simbología

	Ríos y quebradas
	Corona de deslizamiento antiguo
	Corona de deslizamiento reciente
	Escarpa erosionada
	Trazo de carretera
	Poblado de Manás

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
REGIÓN LIMA
PROVINCIA CAJATAMBO
DISTRITO MANÁS

MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS SECTOR MANÁS

Escala: 1/10 000 Elaborado por: S. Nuñez & G. Luna **MAPA**

Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84 **2**

Versión digital 2021 Impreso: 2021

Mapa 2: Peligros del sector de Manás, margen derecha del río Arcamayo.