

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7127

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CENTRO POBLADO DE MALLAS

Región Áncash
Provincia Huari
Distrito Huari



MARZO
2021

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CENTRO POBLADO DE MALLAS

Región Ancash

Provincia Huari

Distrito Huari

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

Equipo de investigación:

Gonzalo Luna Guillén.
Norma Sosa Senticala.

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2021). Evaluación de peligros geológicos en el centro poblado Mallas. Distrito de Huari, provincia de Huari, región Ancash, Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7127, 53p

INDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. Objetivos del estudio	3
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	4
1.3. Aspectos generales	5
1.3.1. Ubicación	5
1.3.2. Accesibilidad	8
1.4. Unidades litoestratigráficas	9
1.4.1. Formación Oyón (ki-oy).....	9
1.4.2. Formación Chimú (ki-chi)	9
1.4.3. Formación Santa (ki-sa).....	13
1.4.4. Formación Pariahuanca (ki-ph).....	13
1.4.5. Formación Jumasha (Ks-j)	13
1.4.6. Depósitos Coluviales (Qh-co)	14
1.4.7. Depósitos aluvial (Qh-al).....	15
1.4.8. Depósitos proluvial (Qh-pl).....	15
2. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	17
2.1. Pendientes del terreno	17
2.2. Unidades geomorfológicas	20
2.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional	20
2.2.2. Geoformas de carácter tectónico depositacional y agradacional.....	20
3. PELIGROS GEOLÓGICOS	25
3.1. Peligros geológicos por movimientos en masa	25
3.2. Deslizamiento Compuesto	25
3.2.1. Características visuales del deslizamiento compuesto	26
3.3. Deslizamientos reactivados identificados en el centro poblado Mallas	26
3.2. Deslizamiento 1 (DES 1)	26
3.3.1. Características visuales del deslizamiento 1 (DES 1).....	30
3.4. Deslizamiento 2 (DES 2)	30
3.4.1. Características visuales del deslizamiento 2 (DES 2).....	31

3.5. Deslizamiento 3 (DES 3)	32
3.5.1. Características visuales del deslizamiento 3 (DES 3).....	33
3.5.2. Factores condicionantes para la ocurrencia de deslizamientos.....	36
3.5.3. Factores desencadenantes para la ocurrencia de deslizamientos	38
3.5.4. Daños ocasionados por peligros geológicos.....	39
4. CONCLUSIONES	43
5. RECOMENDACIONES	44
6. BIBLIOGRAFÍA	46
ANEXO 1: GLOSARIO	48
ANEXO 2: ALTERNATIVAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	49

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizados en el al centro poblado de Mallas, jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Huari, provincia de Huari, región Ancash.

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 identificadas que afloran en el área de estudio son principalmente areniscas cuarzosas intercaladas con limoarcillitas negras de la Formación Oyón, de edad Cretácico inferior, cubiertos por un depósito cuaternario coluvial de deslizamientos antiguos.

Las areniscas cuarzosas de la Formación Oyón presentan una dirección de rumbo N 170° y Bz 50° suroeste, forman parte del flanco este de un sinclinal, por lo cual se observan altamente fracturadas por su cercanía al eje, estos se encuentran intercalados con capas delgadas de limoarcillitas igualmente fracturadas y son altamente erosionables, en la zona de estudio se observan procesos de meteorización física de grado IV (altamente meteorizada), con descomposición de la roca mayor al 50% (ISRM, 1981), de calidad baja y poco competentes.

El centro poblado de Mallas, se asienta sobre depósitos coluviales conformados por bloques y gravas no consolidadas heterométricas angulosas, de naturaleza sedimentario (areniscas cuarzosas y limolitas) provenientes de un deslizamiento, englobados por una matriz limoarcillosa color rojo pardusco en algunos sectores de coloraciones oscuras, de baja cohesión, plasticidad media, húmedas al tacto, considerados suelos no competentes susceptibles a generar reactivación de movimientos en masa tipo deslizamientos.

Las principales geoformas identificadas son de origen tectónico degradacional (montañas estructurales en roca sedimentaria) y geoformas de carácter tectónico depositacional y agradacional, (subunidad de vertiente o pie de monte de deslizamiento)

Las montañas estructurales en roca sedimentaria, se presentan como alineamientos montañosos de dirección norte-sur, formando parte del flanco este de un sinclinal, esta subunidad presenta pendientes que varían de fuertes (15°-25°) a muy fuertes o escarpadas (25°-45°), geodinámicamente son susceptibles a la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes.

Las pendientes de las laderas varían de moderada (5°-15°) a fuerte (>25°), por sus características geodinámicas esta unidad es susceptible a la ocurrencia o reactivación de deslizamientos, derrumbes, flujos o avalanchas de detritos.

Los procesos geodinámicos identificados en el sector de estudio corresponden a un antiguo megadeslizamiento de tipo rotacional compuesto, cuya extensión es de 316 ha, presenta múltiples coronas hacia el norte del cuerpo principal.

La masa deslizada llegó hasta el río Rurichinchay. El cuerpo del megadeslizamiento ha sufrido tres reactivaciones en forma de deslizamiento (DES-1, DES-2 y DES-3), con áreas de 73, 17 y 48 ha, en forma respectiva.

El río Rurichinchay al erosionar el pie del deslizamiento principal, desestabiliza la ladera y favorece el desplazamiento de la masa inestable. En el cuerpo del deslizamiento se observan agrietamientos del terreno con profundidades visibles mayores a 3 m y longitudes superiores a 40 m, como también asentamientos.

La inestabilidad del terreno, ha provocado que las viviendas del centro poblado, sufran daños graves en su infraestructura, como agrietamientos en las paredes de viviendas y asentamientos del terreno, este hecho pone en peligro a sus ocupantes.

El área evaluada se considera de **Muy Alto Peligro, el peligro sigue latente** por la continua erosión lateral del río Rurichinchay (margen izquierda), esto desestabiliza el pie del deslizamiento. Los factores desencadenantes son lluvias periódicas e intensas y movimientos sísmicos.

Finalmente, en el informe se brinda recomendaciones que se consideran importantes, para que las autoridades pongan en práctica, la principal recomendación planteada es la REUBICACIÓN del centro poblado Mallas. También se debe realizar un control de aguas superficiales, mediante la impermeabilización de canales, la zona deslizada no es apta para vivienda, el riego de los terrenos debe ser tecnificado.

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 (ACT11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la municipalidad provincial de Huari según Oficio N° 005-2021-MPHI-GM-GEHO, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos en el sector del centro poblado de Mallas

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó a la Ingeniera Norma Sosa y Geol. Gonzalo Luna, para realizar la evaluación geológica, geomorfológica y geodinámica de los peligros geológicos que afectan viviendas, trazos de carretera y terrenos de uso agrícola, los trabajos de campo se realizaron los días 24 y 25 de enero del 2021.

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), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad provincial de Huari, donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la reducción 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) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se presentan en el sector del centro poblado de Mallas, eventos que pueden comprometer la seguridad física de personas, vehículos, medios de vida (cultivos agrícolas) y vías de comunicación en la zona de influencia de los eventos.”
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los diferentes peligros identificados.
- c) Emitir las recomendaciones pertinentes para la reducción de los daños que pueden causar los peligros geológicos identificados.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

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

- a) Informe Técnico A6865 - INGEMMET: “Evaluación geológica del deslizamiento de San Bernardo de Colpa” (Concha & Fernandez.,2019); describe las características geodinámicas y geológicas de un antiguo deslizamiento rotacional con evidencias de reactivaciones en el poblado de Colpa, ubicado en la margen derecha del río Rurichinchay, este poblado se encuentra al frente del centro poblado de Mallas. Ambos tienen características geológicas y geodinámicas similares.
- b) Boletín N° 28, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Riesgos Geológicos en la Región Ancash” (Zavala et al., 2009); dentro de este boletín el centro poblado de Mallas se considera como zona crítica por movimiento en masa, por presentar deslizamientos y flujos de tierra activos. El mapa de susceptibilidad a movimientos en masa lo señala de Muy Alta Susceptibilidad y lo considera como la zona crítica N°46.
- c) Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Huari - 19-i, (Valdivia. & Mamani, 2003); Hace mención a las unidades litoestratigráficas aflorantes en el área de estudio, tenemos afloramientos de areniscas y limoarcillitas jurásicas de las formaciones Chicama y Oyón.

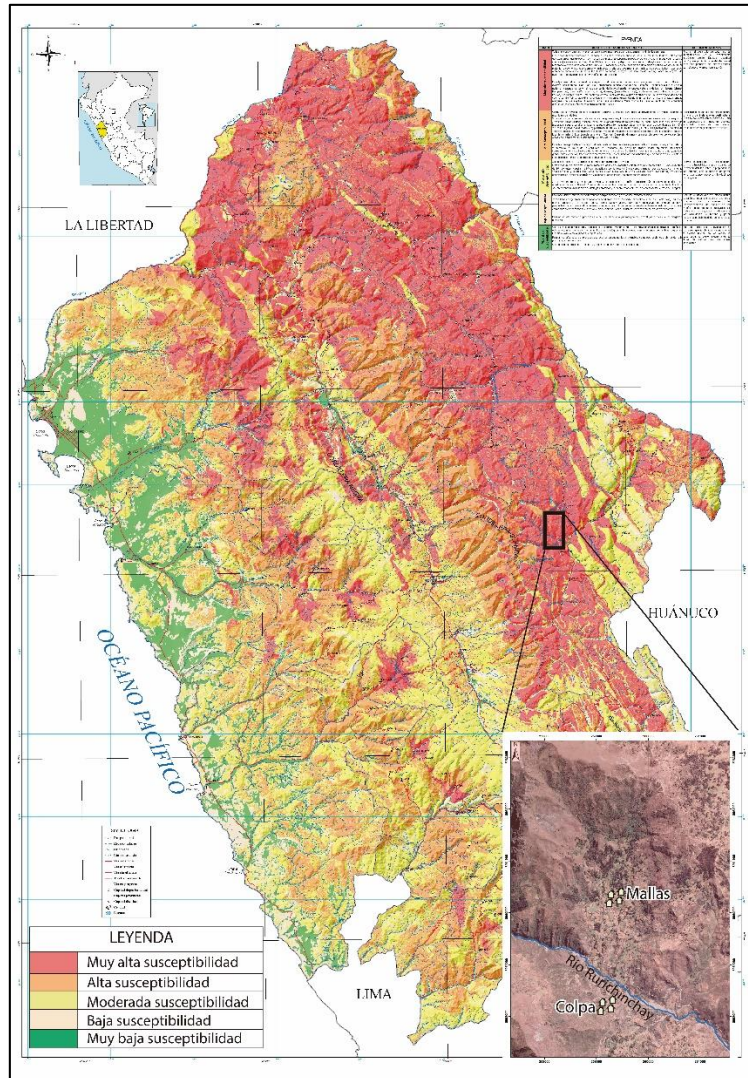


Figura 1. Mapa de susceptibilidad de la región Ancash a escala 1:250 000, muestra que el centro poblado Mallas se encuentra en un área de alta susceptibilidad (Zavala et al., 2009).

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El centro poblado de Mallas, se ubica a 7 km, al sur de la ciudad de Huari, políticamente pertenece al distrito y provincia de Huari, departamento Ancash.

Geográficamente se ubica en la margen derecha del río Rurichinchay y Rurec, estos son afluentes del río Marañón que es parte de la red fluvial de la cuenca amazónica. Las coordenadas del área de estudio se detallan en el cuadro 1 y figuras 2-3.

Cuadro 1. Coordenadas del área de estudio en el sector del centro poblado Mallas.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	261114	8957914	9°25'13.85"S	77°10'31.67"O
2	261125	8963473	9°22'12.97"S	77°10'30.18"O
3	257227	8963454	9°22'12.80"S	77°12'37.89"O
4	257329.	8959544.	9°24'20.04"S	77°12'35.36"O
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	259389	8959786	9°24'12.59"S	77°11'27.81"O

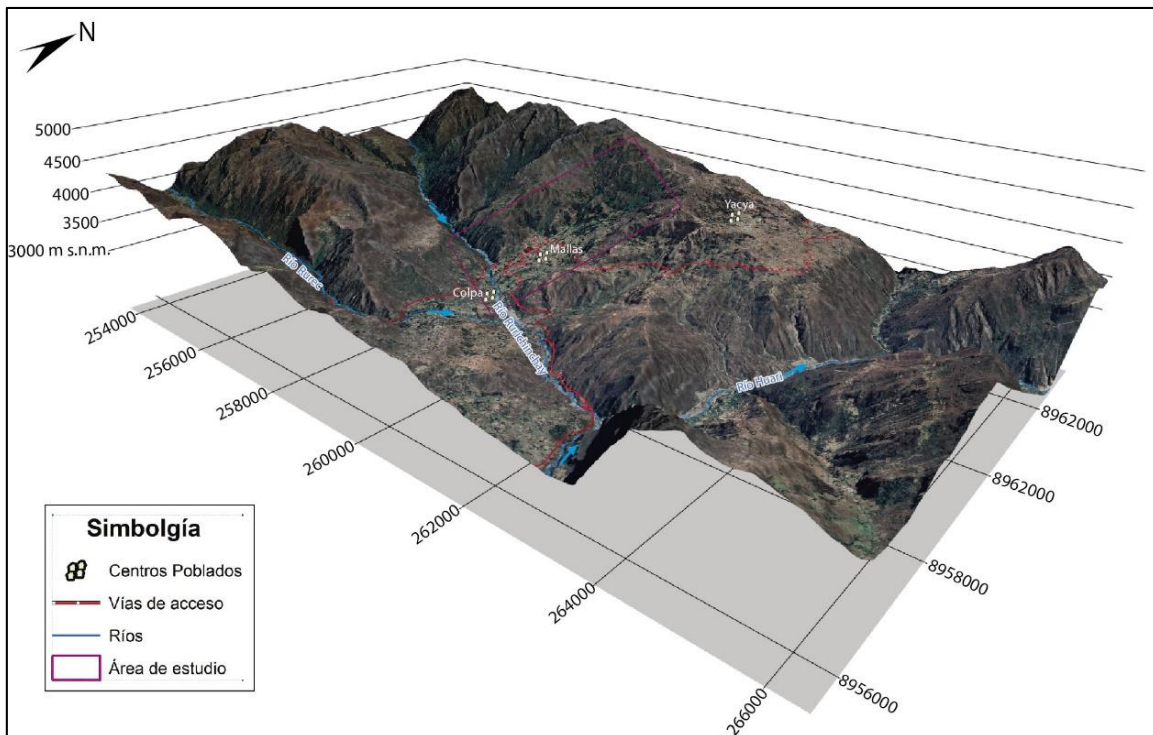


Figura 2. Vista 3D de la ubicación del centro poblado Mallas.

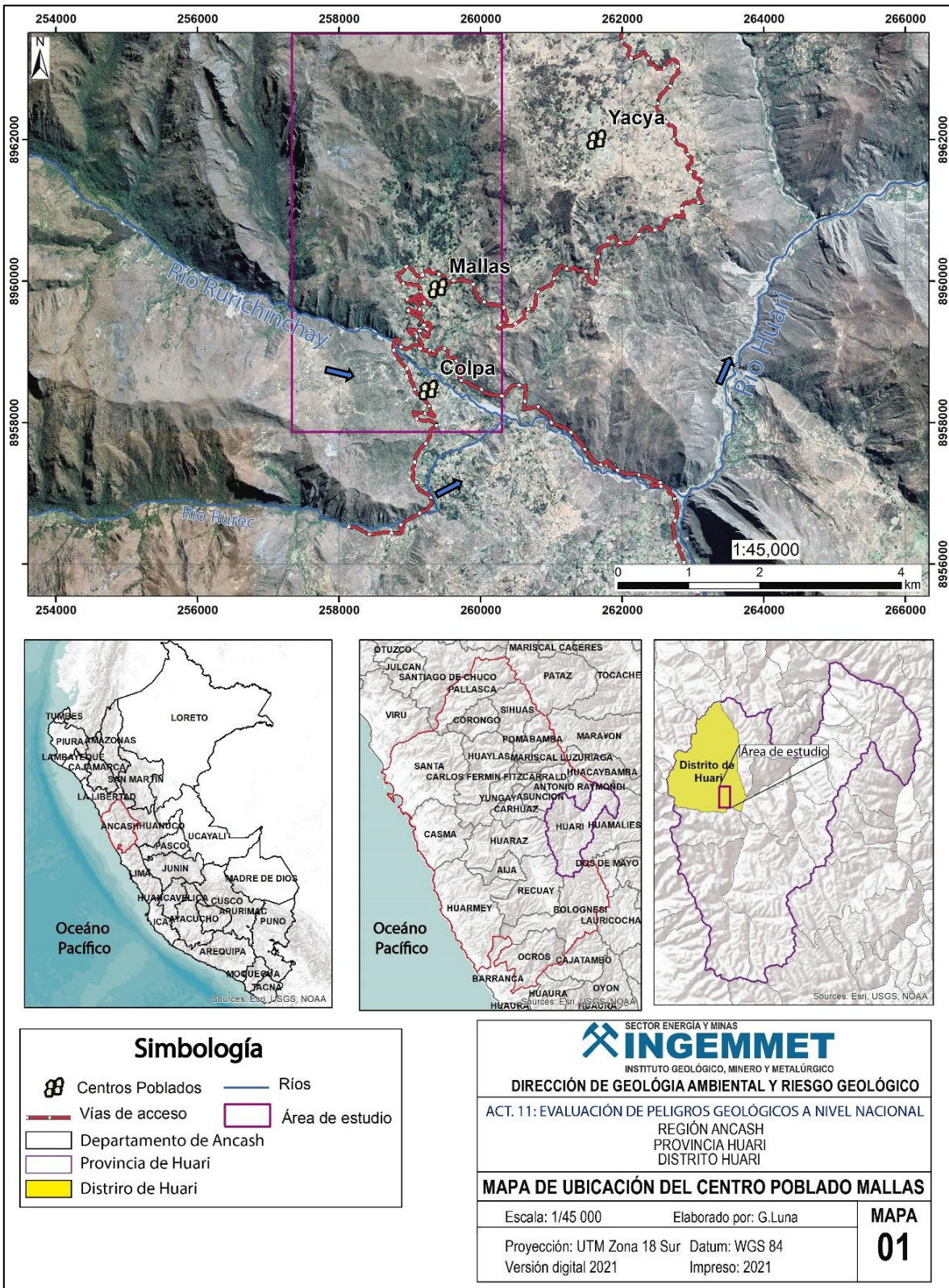


Figura 3. Mapa de ubicación del centro poblado Mallas.

1.3.2. Accesibilidad

El acceso a la zona utilizando movilidad terrestre desde el INGGEMMET (Lima) es posible mediante la Panamericana Norte, hasta cercanías de Paramonga, desde donde se toma la carretera 16N, hacia Huaraz, donde pasando el poblado de Catac se toma la carretera hacia Huanter que llega hasta el centro poblado de Mallas. La ruta de acceso se describe en el cuadro 2 y figura 4:

Cuadro 2. Rutas y accesos a la zona evaluada: centro poblado Mallas.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima - Huari	Asfaltada	473	8.3 horas
Huari – centro poblado Mallas	Asfaltada-trocha carrozable	15	40 min

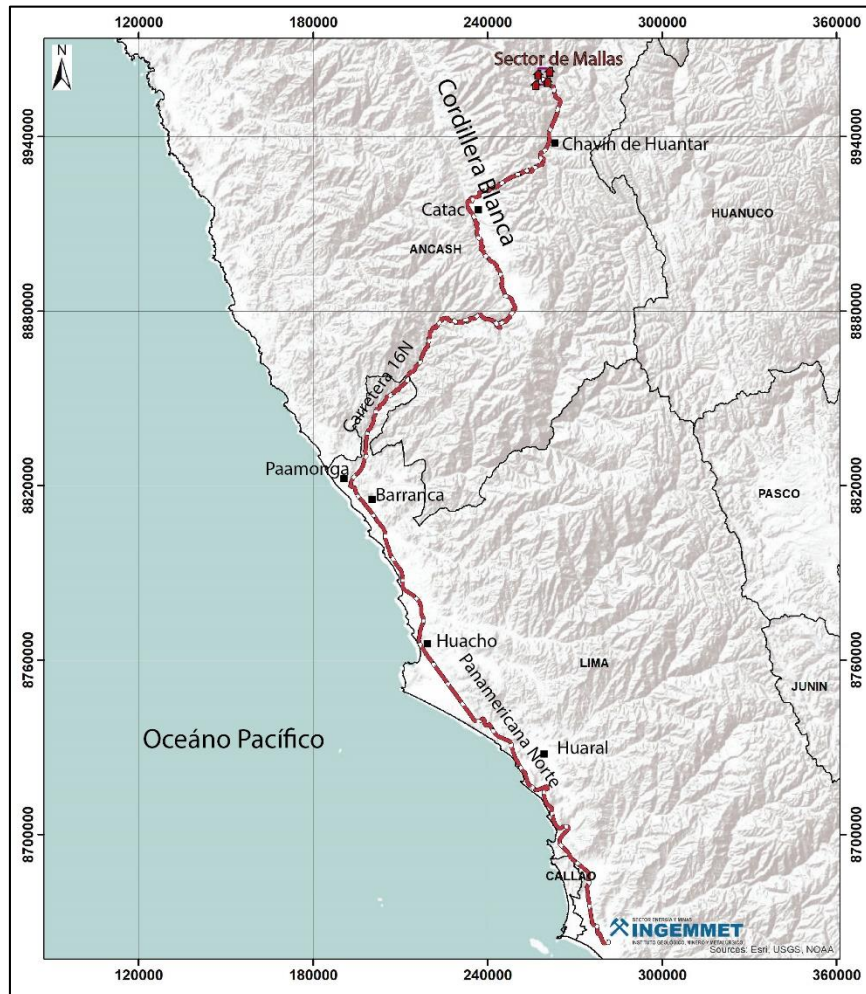


Figura 4. Mapa de accesibilidad al centro poblado Mallas desde la ciudad de Lima.

ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico, se desarrolló en base a la memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Huari, hoja 19-i, elaborado por Valdivia & Mamani (2003) a escala 1:100 000 que se basó en los cuadrángulos de Huari (Wilson, J.1967), publicado en el boletín N°16 del Instituto de Geología y Minería, Lima-Perú, el mismo que fue previamente ampliado por Molina, O (1993) y publicado en el Boletín N°60, de la serie A: Carta Geológica Nacional, Lima – Perú, así mismo se realizaron interpretaciones de imágenes satelitales, fotos aéreas y observaciones de campo para detallar las unidades locales identificadas (Figura 12).

1.4. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona inspeccionada y alrededores son de origen sedimentario como son las formaciones Oyón, Chimú, Santa, Pariahuanca y Jumasha, a continuación, se describen todas ellas, resaltando la Formación Oyón, ya que, sobre esta, se sitúan suelos coluviales, producto de deslizamientos antiguos en proceso de reactivación y con evidencias de movimientos considerables y recientes (escarpes y grietas), sobre los que se ha situado el centro poblado de Mallas.

1.4.1. Formación Oyón (ki-oy)

La Formación Oyón de edad Cretácica Inferior, se caracteriza por estar constituido de areniscas cuarzosas grises y blancas en estratos delgados, intercalados con limoarcillitas negras y grises con nódulos ferruginosos y pirita (Valdivia.& Mamani, 2003), esta formación se subdivide en dos unidades, la unidad inferior (unidad aflorante en el área de estudio), se encuentra plegada, formando parte del flanco este de un sinclinal, sus estratos intercalados entre areniscas cuarzosas y limoarcillitas negras llegan a medir hasta 60 cm de espesor, con alto fracturamiento que reduce su resistencia de media a baja y altamente meteorizados, tiene estratificaciones de dirección N170° y buzamiento 50°SO que se observan al oeste del área de estudio (figuras 5 – 6 y fotografía 1). Esta formación se encuentra cubierta por depósitos coluviales de deslizamientos activos, sobre el cual se sitúa el centro poblado de Mallas

1.4.2. Formación Chimú (ki-chi)

La Formación Chimú de edad Cretácica Inferior está compuesta por bancos medianos a gruesos de areniscas cuarzosas blancas de grano fino a medio, intercaladas con limoarcillitas carbonosas (figura 7) y niveles discretos de carbón, hacia la parte superior está compuesta por bancos gruesos de areniscas cuarzosas de grano medio a grueso, frecuentemente con laminaciones sesgadas y horizontales (Valdivia. & Mamani, 2003).

En el área de estudio se observan capas de carbón y estratos gruesos de areniscas en la margen derecha del río Rurichinchay, así mismo las imágenes

aéreas con dron nos permiten visualizar afloramientos de areniscas de capas gruesas, que forman parte del flanco este de un sinclinal, por ello se infiere su alto grado de fracturación, meteorización moderada a alta y resistencia media a baja.



Figura 5. Se observa la intercalación de areniscas cuarzosas y limoarcillitas negras de la Formación Oyón. Las areniscas se encuentran altamente fracturadas, y las limoarcillitas de capas delgadas muestran erosión diferencial evidente en comparación con las capas de areniscas (Coordenadas: 258832 E, 8959194 N).



Figura 6. Se observa afloramiento de areniscas cuarzosas de grano medio, de rumbo N170°, con un buzamiento de 50° SO, pertenecientes a la Formación Oyón, se encuentran plegadas, son de resistencia media a baja debido al alto grado de fracturamiento que presentan por su cercanía al eje sinclinal, sus estratos miden hasta 50 cm de espesor.



Fotografía 1. Vista área con dron de afloramientos de limoarcillitas negras, pertenecientes a la Formación Oyón, sobre las cuales se encuentran viviendas del centro poblado Mallas (Coordenadas: 259320 E, 8959520 S).



Figura 7. Se observa afloramiento de limoarcillitas carbonosas en la margen derecha del río Rurichinchay, pertenecientes a la Formación Chimú (Coordenadas: 258837 E, 8959024 S).

1.4.3. Formación Santa (ki-sa)

La Formación Santa de edad Cretácico inferior, litológicamente está compuesta por intercalaciones de areniscas cuarzosas y limoarcillitas calcáreas de color verde, además de delgados niveles de calizas. En el área de estudio se observa a esta formación aflorante al noroeste del poblado de Mallas, conformando el núcleo de un sinclinal (figura 8)

1.4.4. Formación Pariahuanca (ki-ph)

De edad Cretácico inferior está conformado por calizas grises y negras con niveles de limoarcillitas gris oscuras y areniscas (Valdivia. & Mamani, 2003), estos afloramientos se observan mediante imágenes aéreas dron al sureste del cuerpo de deslizamiento, en la margen izquierda de la quebrada Palgaragra (figura 9)

1.4.5. Formación Jumasha (Ks-j)

De edad Cretácico superior, está conformada por una alternancia de limoarcillitas calcáreas negras y grises con delgados niveles de caliza (Valdivia. & Mamani, 2003), esta unidad es reconocida a través de imágenes aéreas dron al sureste de la zona de evaluación, afloran en la margen derecha de la quebrada Palgaragra, por su cercanía a lineamientos de fallas inferidos se asume que esta unidad se encuentra altamente fracturada con resistencia media a baja y altamente meteorizada (figura 9).

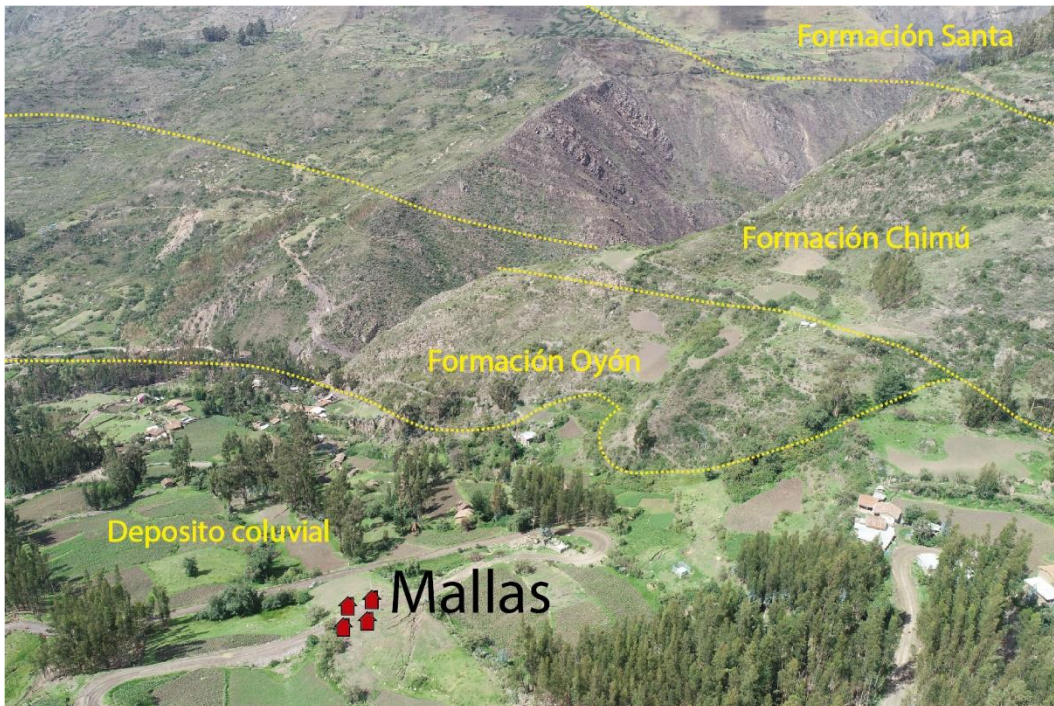


Figura 8. Se muestran las unidades litoestratigráficas aflorantes río arriba del centro poblado de Mallas.

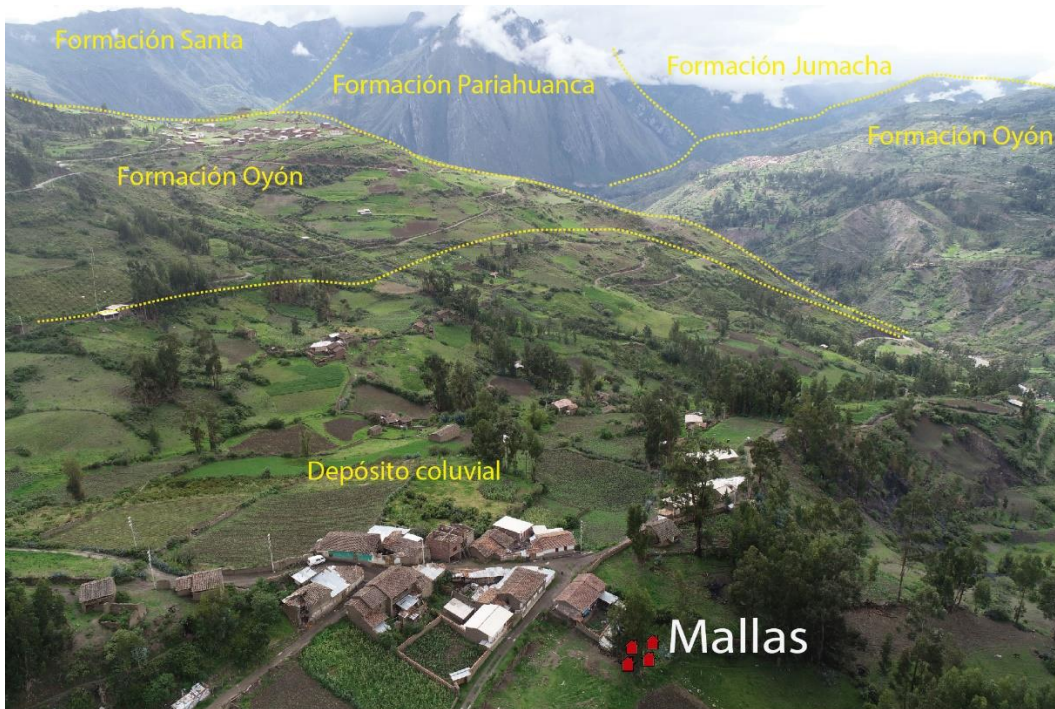


Figura 9. Se muestran las unidades litoestratigráficas aflorantes río abajo del centro poblado de Mallas.

1.4.6. Depósitos Coluviales (Qh-co)

En el sector evaluado encontramos depósitos coluviales producto de deslizamientos antiguos, depositados sobre la Formación Oyón, sobre el que se asienta el centro poblado de Mallas.

Estos depósitos están constituidos por bloques y gravas no consolidadas, heterométricas angulosas de origen sedimentario mayoritariamente de la Formación Oyón (areniscas cuarzosas y lutitas rojas parduscas y negras), dentro de una matriz limo arcillosa color rojo pardusco, con escasa cohesión, plasticidad media, húmedas al tacto e inestables, presentan malas características geotécnicas y se consideran suelos no competentes, susceptibles a la generación de movimientos en masa, por las evidencias que presentan se cataloga este depósito como una zona inestable (figura 10).



Figura 10. Imágenes donde se pueden evidenciar material de depósitos coluviales conformado por clastos y bloques de rocas sedimentarias como areniscas cuarzosas, envueltos en material fino de naturaleza limo-arcillosa, ubicados dentro del cuerpo del deslizamiento, sobre el cual se sitúa el centro poblado de Mallas.

1.4.7. Depósitos aluvial (Qh-al)

Corresponden a los depósitos de conos aluviales y algunas terrazas, en las márgenes de los ríos principales, están conformados por bloques de roca y gravas subangulosas a subredondeadas, envueltos en una matriz arenolimososa, se observan adyacentes al río Rurichinchay y Rurec, formando terrazas bajas, que se encuentran en proceso de socavamiento (figura 11).

1.4.8. Depósitos proluvial (Qh-pl)

Están conformados por fragmentos rocosos heterométricos (cantos y bloques), con relleno arenolimososa depositado en el fondo de quebradas tributarias y conos deyectivos en confluencia con río Rurichinchay.



Figura 11. Se observan depósitos aluviales, formando terrazas bajas en las márgenes del río Rurichinchay (Coordenadas: 258764 E, 8959150 S).

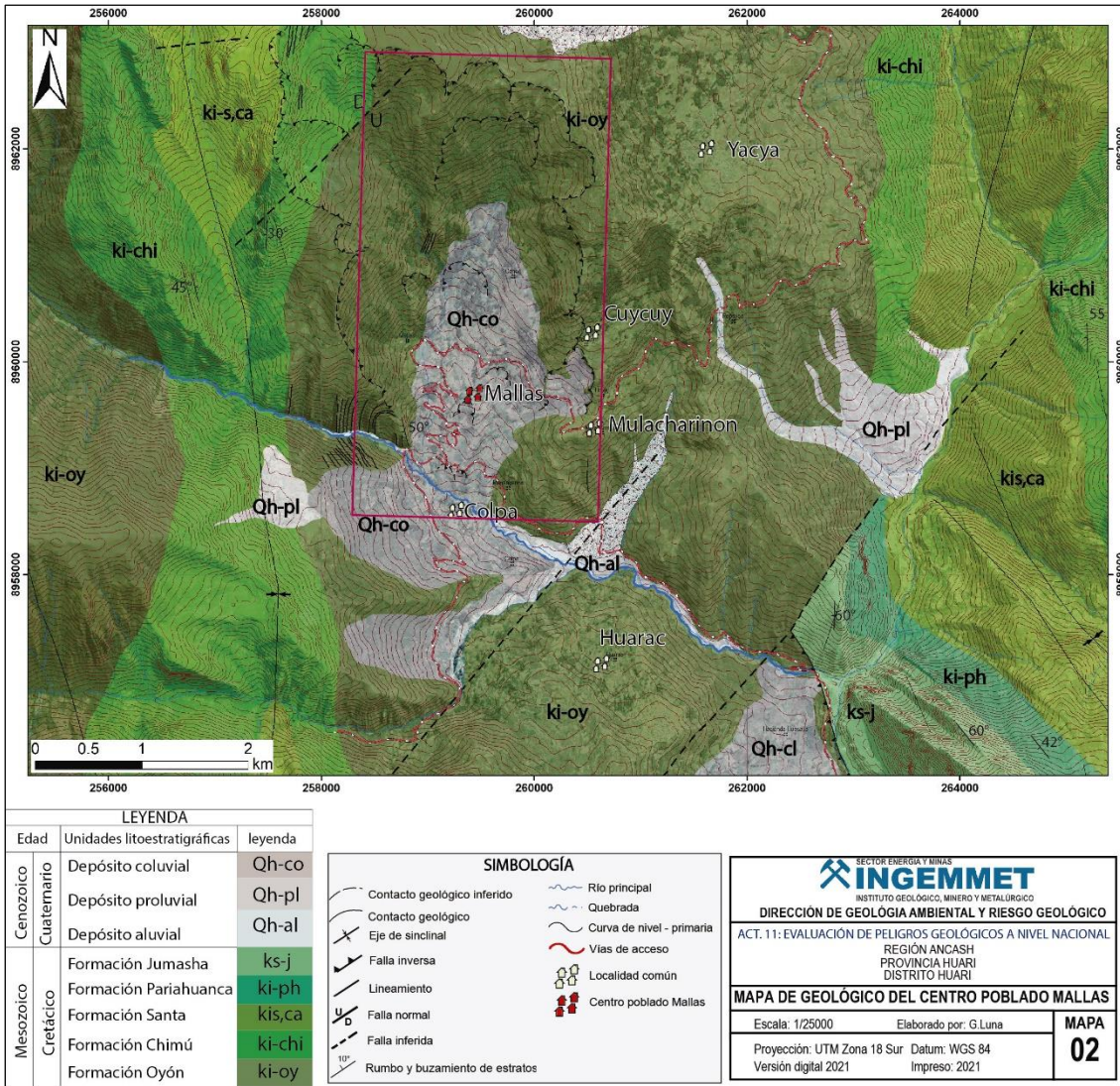


Figura 12. Geología del cuadrángulo de Huari (19-i) modificado de Valdivia. & Mamani, 2003, del mapa original a escala 1:100 000.

2. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

2.1. Pendientes del terreno

Las pendientes predominantes en el sector del centro poblado de Mallas son moderadas (5°-15°) y fuertes (15°-25°), siendo la pendiente promedio del cuerpo coluvial sobre el cual se asienta el poblado de 20° (pendiente fuerte), ver figura 13.



Figura 13. En el sector del centro poblado de Mallas, se estima que la pendiente promedio dentro del cuerpo deslizado es de es de 20°.

De igual manera se puede observar las variaciones de la pendiente en el área de estudio a través de la elaboración de un mapa de pendientes en base al DEM ALOS PALSAR de 12.5 m/px (figura 14)

Así se tiene que en el cauce del río Rurichinchay, a través de su eje de fluencia entre las cotas 3000 y 2724 la pendiente promedio varía de 2° a 11°, suficiente para generar velocidades erosivas del caudal en las laderas de las márgenes del río, especialmente en meses de avenida (diciembre-marzo), que favorecen la erosión del pie del deslizamiento.

Los extremos este y oeste del cuerpo coluvial, pertenecientes a afloramientos rocosos (areniscas intercaladas con limoarcillitas negras), de la Formación Oyón presentan pendientes fuertes (15°-25°) a muy fuertes (25°-45°), esta tendencia va desde los 4331 m s.n.m hasta los 3500 m s.n.m, en este tramo se observan coronas de deslizamiento antiguos, algunos sectores de esta área llegan a alcanzar pendientes de 47° y 50° (pendientes muy escarpadas) en las márgenes adyacentes al río Rurichinchay

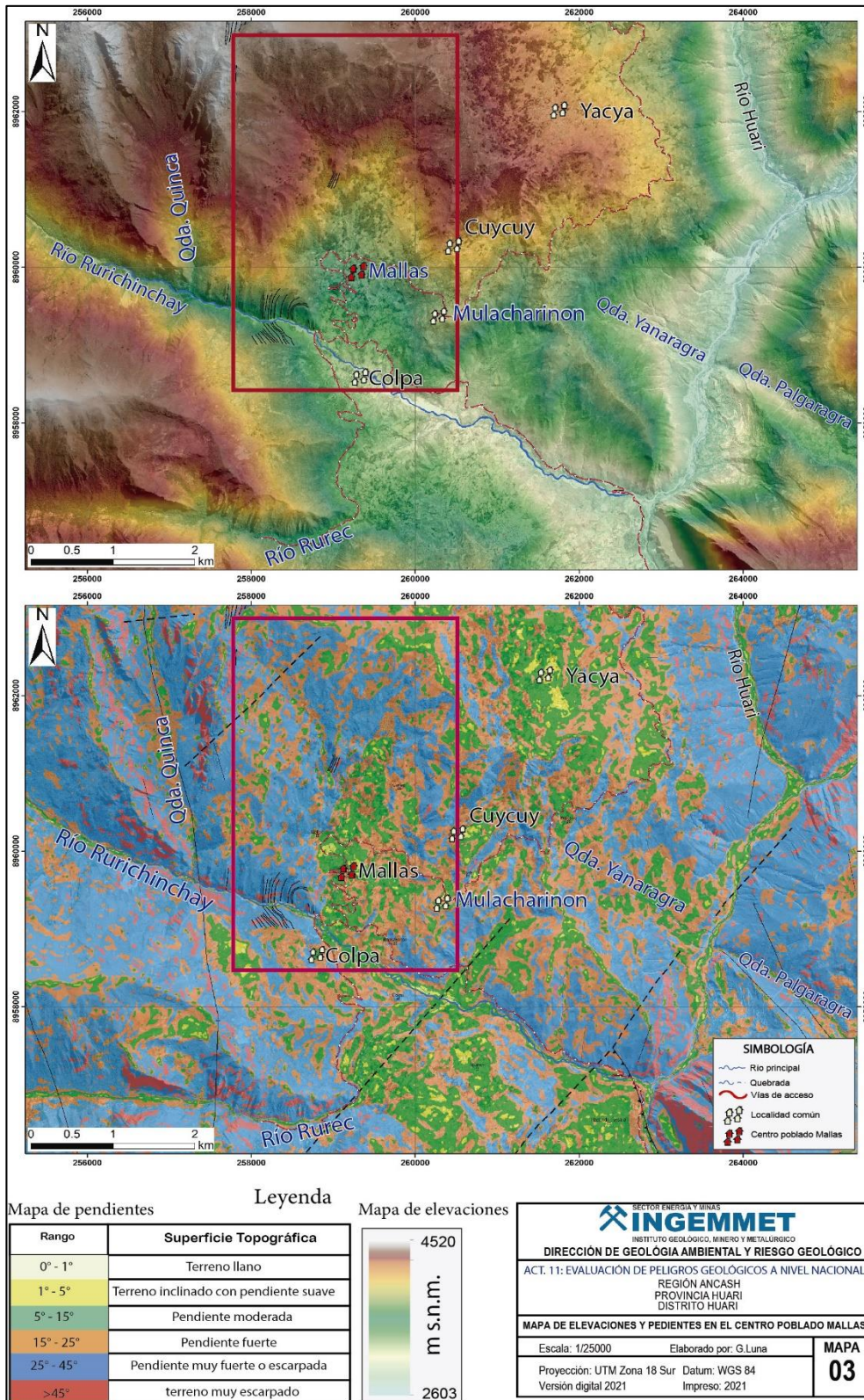


Figura 14. Mapa de pendientes y elevaciones del área de estudio en el centro poblado de Mallas.

2.2. Unidades geomorfológicas

Para la clasificación y caracterización de las unidades geomorfológicas en el centro poblado Mallas, se han empleado los trabajos de Villota (2005) y la clasificación de unidades geomorfológicas utilizadas en los estudios del INGEMMET; cuyas concepciones se basan en considerar el efecto de los procesos morfodinámicos (degradacionales o denudativos y agradacionales o deposicionales) en la evolución del relieve.

2.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

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

2.2.1.1. Unidad de montaña

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

Esta unidad geomorfológica conforma alineamientos alargados de dirección andina, esta disectada por el río Rurichinchay y quebradas.

Sub unidad de montaña estructural en roca sedimentaria (RME-rs)

Su asociación litológica es principalmente sedimentaria en su mayoría areniscas. cuarzosas intercaladas con limoarcillitas negras de la Formación Oyón, y estructuralmente se presentan como alineamientos montañosos compuestos por secuencias estratigráficas plegadas y/o con buzamientos de las capas que controlan la pendiente de las laderas, sus pendientes varían desde moderadas hasta muy escarpadas (5°-45°), estas unidades se observan en los flancos del depósito coluvial. ver figura 15.

2.2.2. Geoformas de carácter tectónico depositacional y agradacional

Están representadas por formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas anteriores, aquí se tiene:

2.2.2.1. Unidad de piedemonte

Corresponden a aquellas geoformas con acumulación de material detrítico, siendo identificados por sus cambios bruscos de pendiente, se observan en las laderas de las montañas o en la base de las mismas (Zavala et al., 2009).

Sub unidad vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)

Corresponden a la acumulación de depósitos de movimientos en masa o remoción por deslizamientos, derrumbes, caída de rocas, avalanchas de roca o detritos, de magnitudes cartografiables, relativamente antiguos hasta depósitos recientes, usualmente se asocia con áreas de represamiento de valles y desviaciones de cauces fluviales (Zavala et al., 2009).

Por su característica geodinámica están ligados principalmente a la ocurrencia o reactivación de movimientos en masa, como deslizamientos, derrumbes, flujos o avalanchas de detritos y movimientos complejos.

En esta subunidad se asienta el centro poblado de Mallas, posee una pendiente promedio de 20°, en general la vertiente de deslizamiento varía de pendientes moderadas (5°-15°) a fuertes (15°-25°), desde su base en la margen izquierda del río Rurichinchay, hasta su cabecera en la cota 3380, a partir de la cual empiezan las montañas en rocas sedimentarias de la Formación Oyón.

Sub unidad vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd)

Son depósitos acumulados en las laderas o vertientes de montaña y colinas, en forma de talus de detritos coluvio – deluviales de edad reciente que no muestran una geoforma característica única, sino una mezcla de varios eventos, estos depósitos se observan al sureste de la zona de estudio.

Sub unidad vertiente o piedemonte aluvial (V-al)

Son depósitos de flujos de detritos, principalmente canalizados, acumulados en forma de abanico y ubicados en la parte terminal o desembocadura de una quebrada o curso fluvial de régimen, torrentoso, estacional o excepcional (Zavala et al., 2009). En el área de estudio se han identificado estas geoformas al este y suroeste, sobre esta unidad se ubica el centro poblado de Mallas.

Está conformado por grabas redondeadas a subredondeadas, que llegan hasta el cauce principal del río Rurichinchay, presentan pendientes moderadas (5°-15°)

2.2.2.2. Unidad de planicies

Están asociados a depósitos aluviales, limitados en muchos casos por depósitos de piedemontes y laderas de montañas en afloramientos rocosos, usualmente de pendientes bajas o como su nombre sugiere allanadas.

Sub unidad de terraza aluvial (T-al)

Corresponden a terrenos ubicados encima del cauce del río Rurichinchay, con planicies de anchos variables, limitados a los valles, muestran pendientes entre 1° y 5°, es común que se produzcan en sus márgenes procesos de erosión fluvial.



Figura 15. Sub unidades geomorfológicas identificadas al noreste del centro poblado Mallas.



Figura 16. Sub unidades geomorfológicas identificadas al suroeste del centro poblado Mallas.

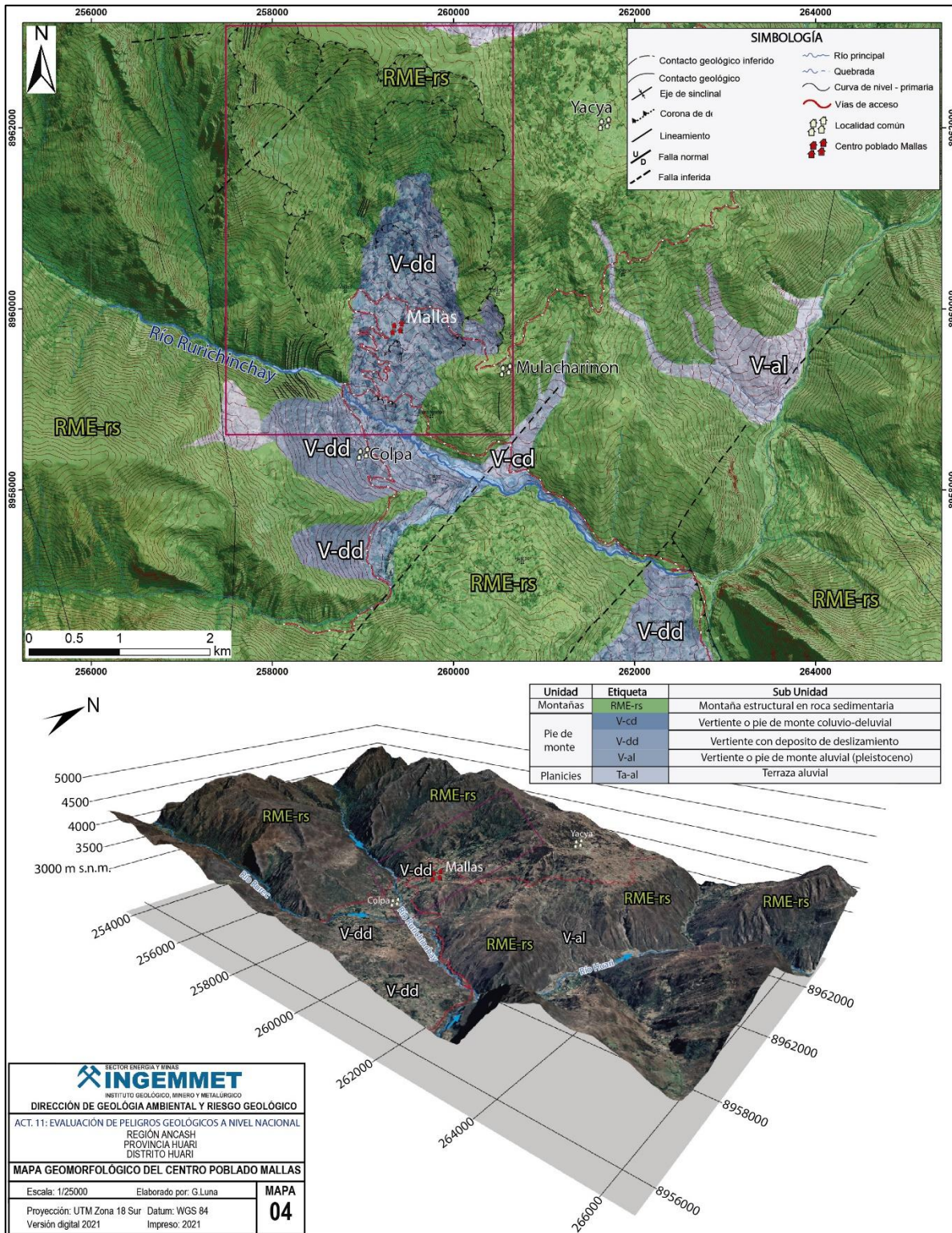


Figura 17. Mapa geomorfológico en el sector del centro poblado Mallas.

3. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los movimientos en masa son parte de los procesos denudativos que modelan el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre. La meteorización, las lluvias, los sismos y otros eventos (incluyendo la actividad antrópica), actúan sobre las laderas desestabilizándolas y cambian el relieve a una condición más plana (Proyecto Multinacional Andino, 2007).

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa de tipo deslizamiento (PMA: GCA, 2007). Estos procesos son resultado del proceso de modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los cursos de agua en 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 hacia el curso de los ríos.

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.

3.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

En el centro poblado Mallas se identificó un deslizamiento de tipo compuesto sobre el cual se ha reactivado, formando tres deslizamientos rotacionales, se aprecian agrietamientos del terreno, formación de escarpes secundarios y basculamiento en el terreno.

Según la versión de los pobladores estos eventos se dan continuamente. Durante el fenómeno de “El Niño” 2017, producto de las lluvias extraordinarias, la reactivación del deslizamiento fue notable; también se incrementó el caudal del río Rurichinchay, esto ocasionó una erosión en la base de la ladera coluvial, ocasionando inestabilidad.

De igual manera el 2019, producto de sismos recurrentes los vectores de movimiento, de estos deslizamientos se habrían incrementado.

Para caracterizar los eventos geodinámicos ocurridos en el sector del centro poblado de Mallas, se realizaron los trabajos de campo en donde se identificó el tipo de movimientos en masa a través del cartografiado geológico y geodinámico basado en la observación y descripción morfométrica in situ, la toma de datos GPS, fotografías a nivel del terreno, fotografías aéreas y modelos digitales de terreno.

3.2. Deslizamiento Compuesto

El deslizamiento que se encuentra en el Centro Poblado Mallas, se le cataloga como compuesto, por haber presentado diferentes movimientos, tipo deslizamientos y derrumbes, estos han ocurrido en diferentes tiempos. como evidencias de ello tenemos múltiples coronas de deslizamientos secundarios hacia al norte del depósito (figura 18), los nuevos movimientos tienen avance hacia el cauce del río Rurichinchay

Por su naturaleza geodinámica este cuerpo se considera inestable, por ello es susceptible a presentar reactivaciones, actualmente se han identificado tres deslizamientos (DES 1, DES 2 y DES 3) en proceso de formación. Estos se describen líneas abajo.

3.2.1. Características visuales del deslizamiento compuesto

El deslizamiento compuesto, tiene las siguientes características y dimensiones (Figura 27):

- Salto vertical del escarpe principal: 182 m
- Ancho promedio de la zona de arranque: 860 m
- Forma de la superficie de rotura: irregular alargada
- Diferencia de altura aproximada de la corona al pie de deslizamiento: 892 m
- Área del deslizamiento: 3.16 km² o 316 ha.



Figura 18. Se aprecian las coronas y la parte del cuerpo superior del deslizamiento compuesto, sobre el cual se ubica el centro poblado Mallas.

3.3. Deslizamientos reactivados identificados en el centro poblado Mallas

3.2. Deslizamiento 1 (DES 1)

Se trata de un deslizamiento rotacional de forma elongada, que se ha desarrollado sobre el material coluvial del deslizamiento compuesto anteriormente descrito, su escarpe principal está a 3370 m s.n.m. y su pie a 3036 m s.n.m. lo que hace un desnivel de 334 m, este llega hasta el río Rurichinchay. En el pie del deslizamiento se evidencia procesos de erosión fluvial, lo cual acelera en movimiento de la masa inestable. En el cuerpo del deslizamiento se aprecian las grietas con longitudes hasta de 60 m, con profundidades visibles de 3 m (figuras 19 y 20).

La dirección del desplazamiento de la masa deslizada es hacia el suroeste, esto se evidencia en la disposición de los escarpes secundarios y grietas.

La escarpa secundaria lateral más resaltante de este deslizamiento, tiene dirección noroeste –sureste y está ubicado a 100 m de la iglesia del poblado, presenta una longitud de aproximadamente 400 m (figuras 21 y 22).



Figura 19. Se muestra el proceso de erosión (socavamiento) del río Rurichinchay en la ladera del depósito coluvial (pie del deslizamiento), que favorece la inestabilidad del cuerpo deslizado, por ello tenemos áreas con formación de agrietamientos en los terrenos, con longitudes de hasta 60 m, anchos de 1 m y profundidades visibles de 3 m (señaladas con líneas entrecortadas rojas)

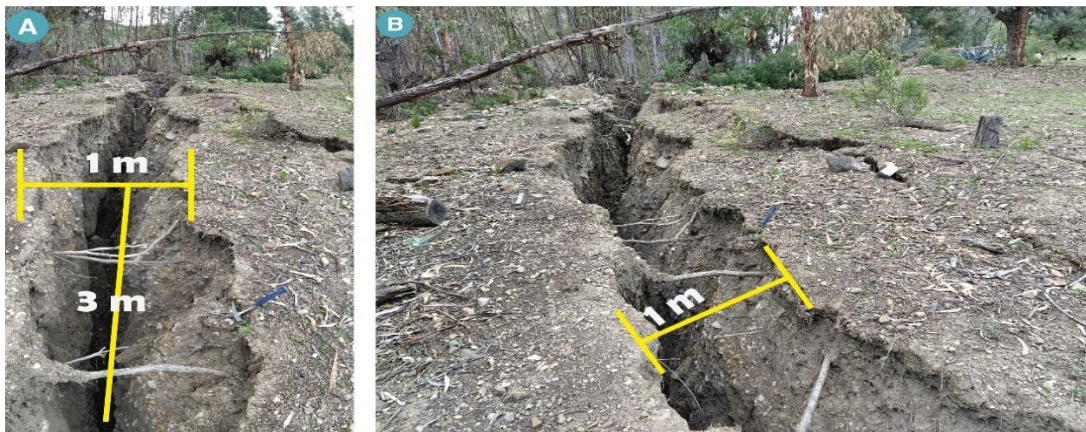


Figura 20. Se muestra la longitud, apertura y profundidad de grietas en el área del pie de los deslizamientos. (Coordenadas: 258963 E, 8958994 S).



Figura 21. Escarpe lateral en el cuerpo del deslizamiento 1 (DES-1), con dirección sureste, noreste con una longitud de aproximadamente 400 m (Coordenadas: 259331 E, 8959979 N).



Figura 22. Escarpe lateral en el cuerpo del deslizamiento 1 (DES-1), con dirección sureste, noreste con una longitud de aproximadamente 400 m, tiene una altura promedio de 1.2 m, el acercamiento de la figura muestra estrías de desplazamiento que revelan una dirección de movimiento suroeste. (Coordenadas: 259331 E, 8959979 N).

3.3.1. Características visuales del deslizamiento 1 (DES 1)

Según versiones de pobladores las grietas habrían empezado a aparecer el año 2017 e incrementado sus vectores de movimiento el año 2019, generando el colapso de viviendas, asentamientos en trochas y caminos de herradura,

El deslizamiento 1 (DES 1) tiene las siguientes características y dimensiones

- Altura del Escarpe principal (figura 9, 10 y 11): 2 m.
- Ancho promedio de la zona de arranque: 386 m.
- Forma de la superficie de rotura: irregular alargada aproximadamente de 2 km.
- Diferencia de altura aproximada de la corona a la base del derrumbe: 334 m.
- Área del deslizamiento: 0.73 km² o 73 ha.

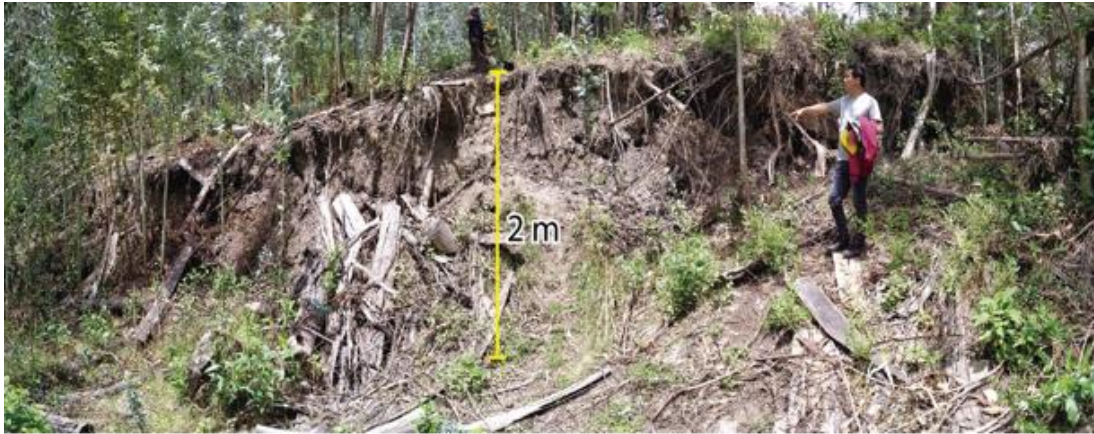


Figura 23. Escarpe principal del deslizamiento 1 (DES-1), presenta un salto vertical de 2 m (Coordenadas: 259385 E, 8960700 N).

3.4. Deslizamiento 2 (DES 2)

Se trata de un deslizamiento, tipo rotacional elongado producto de la reactivación de un antiguo deslizamiento compuesto, el escarpe principal se ubica a 3169 m s.n.m., con una longitud aproximada de 300 m (figura 25)

En el cuerpo de este deslizamiento se observan grietas de hasta 113 m de longitud, con profundidades visibles de hasta 1m, con dirección de movimiento NE-SW (figura 24), su pie de avance llega hasta el río Rurichinchay, donde se evidencia el socavamiento del cauce sobre la ladera.

Este deslizamiento se encuentra entre los deslizamientos 1 y 3, y es de menor dimensión que los anteriores, en su cuerpo se observa bloques y gravas de limoarcillitas color negro, altamente saturadas.

La dirección predominante de la masa del deslizamiento es hacia el suroeste.

3.4.1. Características visuales del deslizamiento 2 (DES 2)

Este evento igual que el primero (DES-1), habría mostrado incrementos en sus vectores de movimiento a partir de los años 2017 y 2019, sin embargo, sus características indicarían que ha presentado mayor actividad desde años anteriores, que han condicionado su relieve (más cóncavo) hasta la actualidad.

El deslizamiento tiene las siguientes características y dimensiones.

- Salto del escarpe principal: 10 m
- Ancho promedio de la zona de arranque: 131 m
- Forma de la superficie de rotura: irregular alargada de aproximadamente 0.8 km
- Diferencia de altura aproximada de la corona a la base del deslizamiento: 218 m
- Área del deslizamiento: 0.17 km² o 17 ha.



Figura 24. Grietas en el cuerpo del deslizamiento 2 (DES-2), llegan a alcanzar hasta 113 m de longitud de aperturas entre 50 cm y 1 m.



Figura 25. Muestra el escarpe principal del deslizamiento 2 (DES-2), donde se aprecia material suelto detrítico de composición limoarcillosa color negro. (Coordenadas: 259299 E, 8959518 N).

3.5. Deslizamiento 3 (DES 3)

Al igual que los anteriores, se trata de un deslizamiento rotacional elongado, producto de la reactivación de un antiguo deslizamiento compuesto, su escarpe principal se ubica a 3310 m s.n.m y su pie llega hasta el río Rurichinchay, donde se evidencia el socavamiento del cauce sobre la ladera.

El movimiento de la masa del deslizamiento es hacia el suroeste, con tendencia al oeste, esto debido al contacto lateral con las montañas estructurales sedimentarias de la Formación Oyón

Al noreste de este cuerpo se pueden observar evidencias de otros deslizamientos sobre la cota 3200, aledaño a los poblados Cuycuy, Urpay y Mulacharion.

3.5.1. Características visuales del deslizamiento 3 (DES 3)

Este evento igual que los anteriores, incremento su movimiento el año 2017, por las lluvias intensas registradas durante el fenómeno de “El Niño Costero”. En el 2019 registro activación por movimientos sísmicos.

El deslizamiento tiene las siguientes características y dimensiones:

- Salto del escarpe principal: 5 m
- Ancho promedio de la zona de arranque: 329 m
- Forma de la superficie de rotura: irregular alargada de aproximadamente 1.5 km
- Diferencia de altura aproximada de la corona a la base del deslizamiento: 330 m
- Área del deslizamiento: 0.48 km² o 48 ha.



Figura 26. Vista donde se observan grietas tensionales en el cuerpo del deslizamiento 3 (DES-3), con dirección suroeste - noroeste con distancias longitudinales de hasta 64 m.

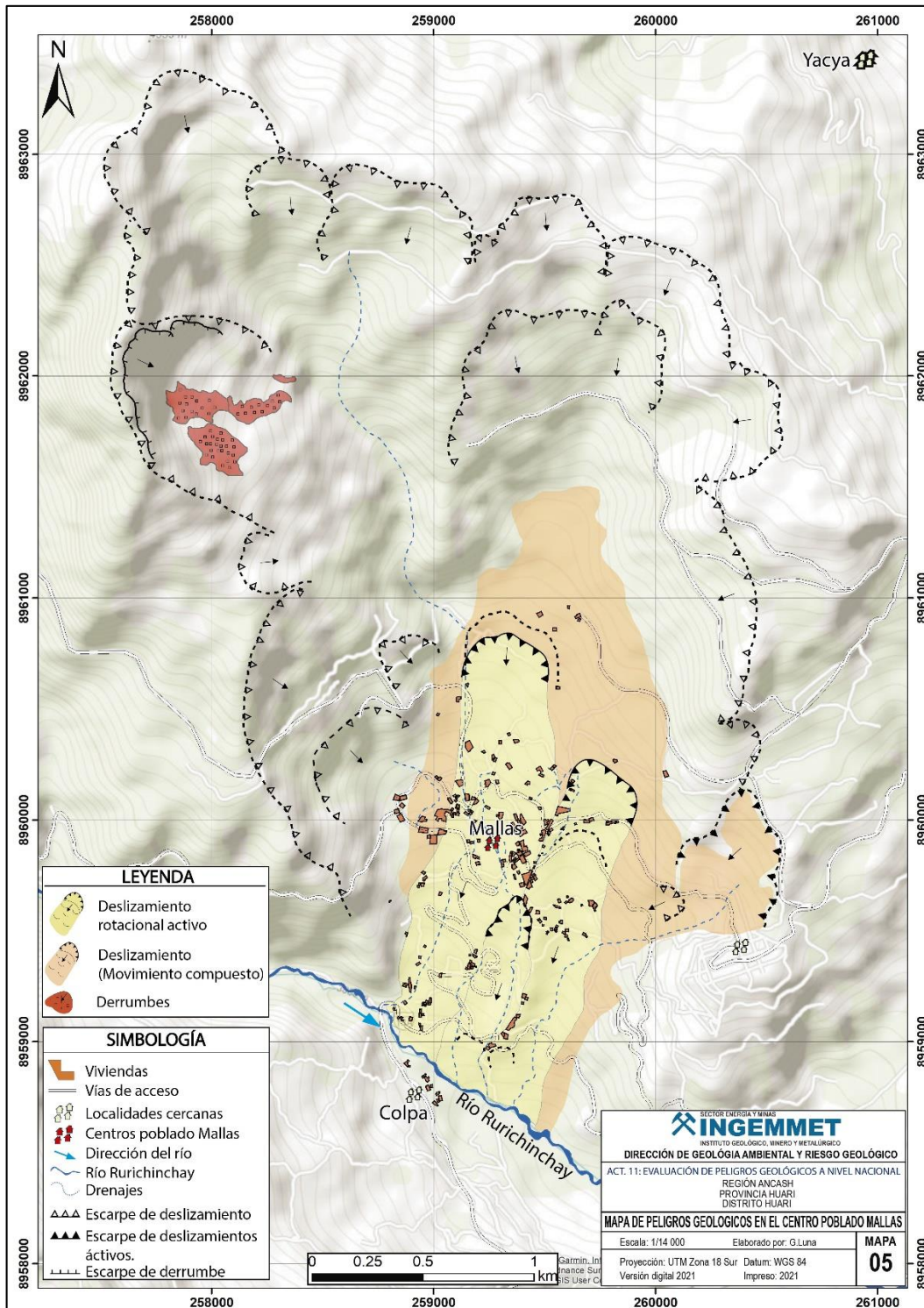


Figura 27. Mapa de peligros geológicos en el centro poblado Mallas. Donde se resalta las coronas de deslizamientos antiguos y deslizamientos reactivados (DES 1, DES 2 y DES 3)

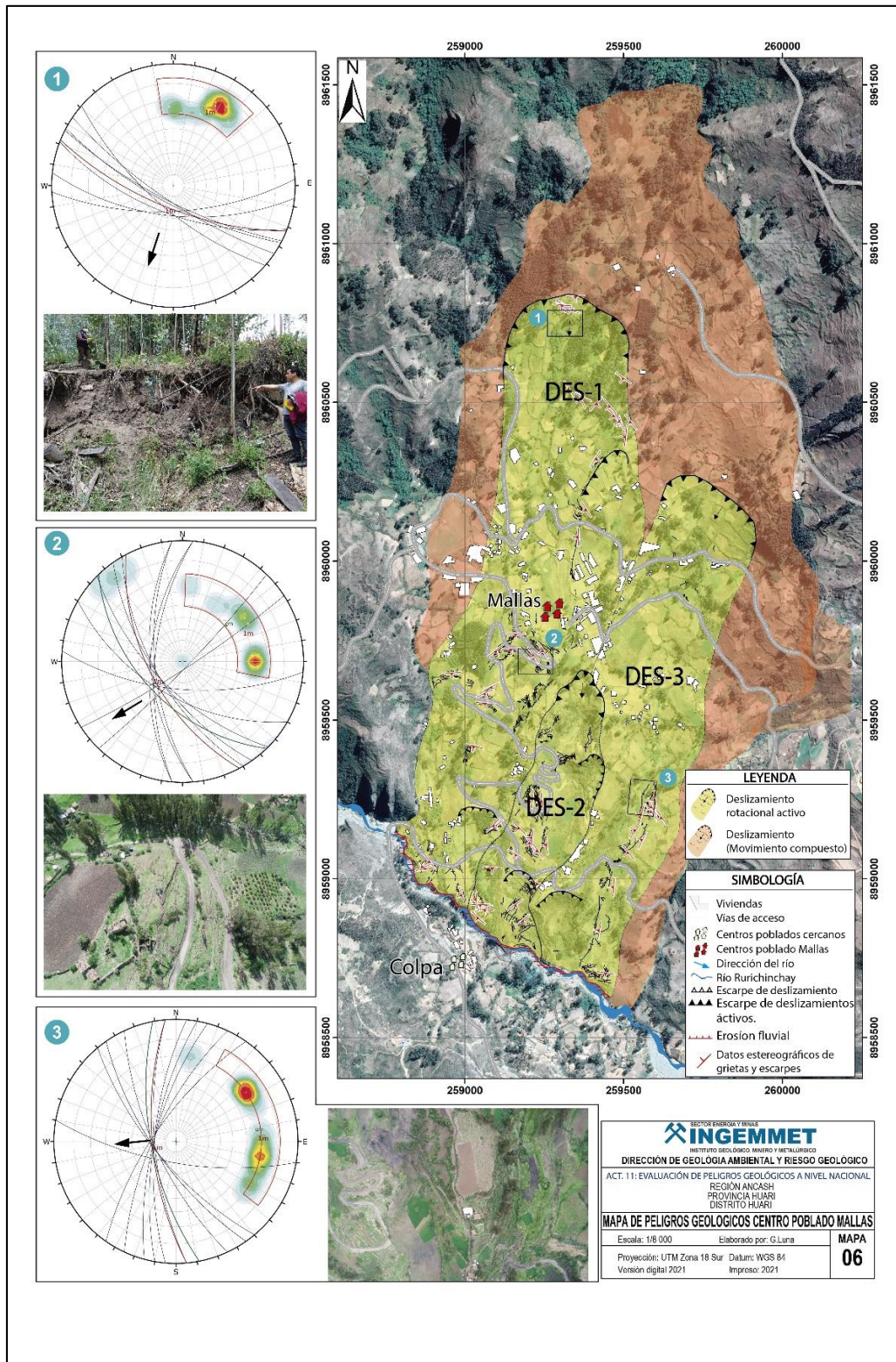


Figura 28. Mapa de peligros geológicos en el centro poblado Mallas, mostrando la interpretación estereográfica de movimientos. Donde se resalta los escarpes de los deslizamientos DES 1, DES 2 y DES 3.

3.5.2. Factores condicionantes para la ocurrencia de deslizamientos

Factor litológico

Dentro de los factores litológicos que han condicionado los deslizamientos rotacionales identificados en el cuerpo de la masa inestable coluvial en la margen izquierda del río Rurichinchay, podemos mencionar los siguientes:

- La Formación Oyón compuesta por areniscas cuarzosas de grano medio a fino altamente fracturadas, intercaladas con limoarcillitas rojo parduzco y negras de grano fino son fácilmente erosionables y se encuentran altamente meteorizadas, estas características favorecen la formación de planos de falla, para la ocurrencia de deslizamientos.
- Las rocas de la Formación Oyón, calificadas como macizos rocosos de baja resistencia han condicionado la ocurrencia del evento. El substrato rocoso se encuentra altamente fracturado y meteorizado, esto es porque forma parte del flanco este de un sinclinal y su cercanía al eje.
- Suelos inconsolidados (depósito coluvial), de fácil erosión constituidos por suelos con bloques angulosos a sub angulosos de areniscas cuarzosas ferruginosas heterométricas envueltos en una matriz limoarcillosa cohesiva y plástica de resistencia baja, húmeda al tacto y no competente, que forman parte del cuerpo activo de un deslizamiento, sobre los cuales se presentan grietas de tensión, escarpes secundarios y evidencian procesos de basculamiento de suelos, este tipo de materiales (arcillosos), retienen el agua, aumentando su peso y favoreciendo la ocurrencia de movimientos en masa

Factor geomorfológico

- La pendiente de la ladera donde ocurre el deslizamiento, varía de moderada (5° - 15°) a fuerte (25° - 45°), considerando un promedio de 20° , que favorece el desplazamiento de la masa inestable.
- Geomorfológicamente el deslizamiento se presenta sobre una montaña estructural en roca sedimentaria de la Formación Oyón con pendientes fuertes a (15° - 25°) a muy fuertes o escarpadas (25° - 45°) altamente fracturada y meteorizada cubierta por suelos coluviales en una matriz arcillo limosa de alta plasticidad y cohesión, fácilmente erosionables.

Factores hidrológico-hidrogeológicos

- En las quebradas afluentes al río Rurichinchay, en la parte alta se tienen bofedales (figura 29), posiblemente puquiales, que saturan los suelos de la ladera de la margen izquierda, esto aumenta la presión intersticial de poros y por ende el peso del material, favoreciendo su desplazamiento por gravedad.
- El río Rurichinchay erosiona los márgenes inferiores de la ladera, perteneciente al pie de avance del deslizamiento, este proceso es conocido como socavamiento, favoreciendo la inestabilidad del cuerpo, generando

grietas tensionales de profundidad considerables (>3m), en la parte baja del cuerpo coluvial.

Otros factores antrópicos

- El corte de talud generado para la construcción de las vías de comunicación al no contar con obras de estabilización (badenes y muros de escollera) favorecen la inestabilidad de la ladera y el talud generado.
- Canales de riego no impermeabilizados que fluyen a lo largo de la vertiente coluvial, saturan el suelo progresivamente, aumentando la presión intersticial de poros y por ende el peso del cuerpo que se desplaza por gravedad ladera abajo.



Figura 29. A) Vista donde se observa un bofedal ubicado en la parte alta del centro poblado Mallas de 65 m de largo y 39 m de ancho, con agua permanente que a porta a las quebradas todo el año, algunos pobladores indican que antes, en este punto existía una laguna, esto probablemente provocado por el basculamiento de antiguos deslizamientos que generaron un entrampamiento de aguas. Las figuras B, C y D, muestran la existencia de canales sin revestimiento que discurren aguas abajo (Coordenadas del bofedal 259609 E, 8961195 N).

3.5.3. Factores desencadenantes para la ocurrencia de deslizamientos

Los factores que se consideran desencadenante, son los siguientes:

- Las lluvias intensas y/o extraordinarias como por ejemplo las que se produjeron el año 2017, por el fenómeno de “El Niño”, saturan el terreno infiltrándose por el cuerpo coluvial a través de las grietas de tensión ya existentes aumentando la presión de poros y el peso del material favoreciendo su movimiento.
- La sismicidad relacionada a efectos cosísmicos de los movimientos telúricos registrados por el IGP, en el año 2019 (cuadro 3), que al interactuar con los suelos blandos del depósito coluvial experimentan considerables incrementos en sus niveles de sacudimiento, favoreciendo el movimiento de la masa inestable ladera abajo.

Cuadro 3. Reporte acelerométrico de sismos en la región Ancash (IGP, 2019).

FECHA	MAGNITUD	HOLA LOCAL	PROF.	INTENSIDAD MÁXIMA	LATITUD	LONGITUD
31 de marzo del 2019	5.7 (ML)	10h 27 min	24 km	Samanco Ancash (IV)	10.06° S	79.69° O
07 de abril del 2019	M 4.2	18h 25 min	54 km	Huarmey (II)	09.91° S	78.82° O
17 de mayo del 2019	M 3.9	21h 0.9 min	59 km	Chimbote Ancash (II)	8.94 ° S	79.12° O
26 de mayo del 2019	M 4.2	19h 47 min	30 km	Samanco Ancash (II)	9.47°S	79.10°O
02 de junio del 2019	M 3.7	20h 35 min	18 km	Huaraz (II)	9.46° S	77.61° O
05 de junio del 2019	M 4.0	23h 25 min	15 km	Carhuaz (Ancash)	9.42° S	77.61° O
06 de junio del 2019	M 3.5	04h 12 min	15 km	Huaraz (II)	9.43° S	77.59° O
07 de junio del 2019	M 3.6	05h 31 min	18 km	Corongo (II)	8.53 °S	77.86°O
04 de agosto del 2019	M 4.2	03h 54 min	43 km	Chimbote Ancash (II)	8.93° S	79.40° O
05 de septiembre del 2019	M 4.6	08h 52 min	32 km	Chimbote Ancash (III)	9.26° S	79.27° O
18 de octubre del 2019	M 4.1	03 h 49 min	20 km	Huarmey II	10.27° S	78.87° O
17 de noviembre de 2019	M 4.3	13 h 57 min	30 km	Samanco II - III	9.74° S	78.87° O

3.5.4. Daños ocasionados por peligros geológicos

El centro poblado Mallas y las vías de comunicación que atraviesan el poblado (conectan con las localidades de Colpa, Cuycuy, Urpay y Mulacharion), presentan daños. Actualmente se tienen viviendas abandonadas por ser inhabitables.

La institución inicial del centro poblado fue abandonada por los agrietamientos que presentaba su infraestructura (fotografía 1), se observan muchas casas con agrietamientos en el terreno e infraestructura (figura 30 y 31), postes de energía eléctrica inclinados 15° aproximadamente (fotografía 1) y asentamientos en vías de comunicación (figura 32 y 33).



Fotografía 1. Se observa la institución educativa inicial del centro poblado Mallas abandonado por el constante y severo daño que sufrían sus muros, así mismo se puede observar postes de energía eléctrica inclinados $\sim 15^\circ$ en las coordenadas UTM 8959818 N, 259360 E, con una altitud de 3153 m s.n.m



Figura 30. A) Muestra la ubicación de una vivienda habitada, se ubicada a 116 y 85 m del río, donde se evidencia inestabilidad. B) Muestra agrietamientos del terreno y escarpes secundarios C) Se observan los muros de la vivienda agrietada (0.8 a 10 cm), en las coordenadas del 258891 E, 8959098 N.



Figura 31. En las figuras 1), 4), 5) y 6) se aprecian los muros (adobe y ladrillo) de las viviendas agrietadas. Figura 2) y 3), se observan viviendas destruidas.



Figura 32. Se observa asentamiento de un tramo de 80 m. entre Mallas y Colpa, ubicada en las coordenadas UTM 8959435 N, 259260 E con una altitud de 3057 m s.n.m.



Figura 33. Se observa: A) Asentamiento 80 m de tramo de carretera en el poblado Mallas (8960117 N, 259359 E, altitud 3193 m s.n.m), B) Alcantarilla de concreto afectado (8959384 N, 259188 E, altitud 3075 m s.n.m) y D) 140 m, de tramo asentado (8959435 N, 259260 E, altitud 3076 m s.n.m).

4. CONCLUSIONES

1. Las unidades litoestratigráficas que afloran en el sector el centro poblado Mallas corresponden a areniscas cuarzosas de la Formación Oyón. Esta unidad presenta rumbo N 170° y Bz 50° SE, forma parte del flanco este de un sinclinal. Por estar cerca de la estructura mencionada, las rocas se encuentran altamente fracturadas y meteorizadas.
2. Geomorfológicamente el sector Mallas se encuentra sobre la ladera de un depósito coluvial, que presenta pendientes moderadas (5°-15°) a fuertes (15°-25°). El depósito se encuentra sobre una ladera de montaña estructural en rocas sedimentarias (Formación Oyón), con pendientes que varían de fuertes a muy fuertes o escarpadas (25°-45°). Geodinámicamente estas son propensas a la generación de deslizamientos y derrumbes.
3. El poblado de Mallas está asentado sobre depósitos coluviales, proveniente de un deslizamiento compuesto, abarca un área de 316 ha. El cuerpo del deslizamiento está conformado por bloques y gravas no consolidadas heterométricas, angulosas, de naturaleza sedimentaria (areniscas cuarzosas), envueltos por una matriz limoarcillosa.
4. El depósito presenta baja cohesión, plasticidad media, húmedo, de fácil erosión; por lo que considerada como suelos susceptibles a ser removidos.
5. En el centro poblado de Mallas y alrededores se identificaron deslizamientos rotacionales antiguos. En el poblado se identificaron procesos de reactivación en forma de deslizamientos rotacionales (DES-1, DES-2 y DES-3), estos eventos se catalogan como **muy alto peligro y zona crítica**.
6. Los 3 deslizamientos reactivados DES 1, DES 2 Y DES 3, son de tipo rotacional de forma elongada, abarcan áreas de 73, 17 y 48 ha. En los cuerpos de los deslizamientos se observan agrietamientos, con longitudes hasta de 100m, aberturas de 1m y profundidades visibles de 3 m a 0.2 m.
7. Los deslizamientos reactivados han causado daños en:
 - Viviendas, se aprecia paredes y pisos agrietadas, que en algunos casos están destruidas.
 - El centro educativo inicial está afectado.
 - La vía que conecta al poblado de Mallas con los poblados de Colpa, Cuycuy, Mulacharinon, etc., presenta asentamientos y agrietamientos.
 - Los postes de tendido eléctrico se encuentran inestables, presentan inclinaciones hasta de 15°.
 - En los terrenos de cultivo, se observan agrietamientos y asentamientos.
8. Debido a las características geodinámicas, geológicas y geomorfológicas descritas; el área evaluada en el centro poblado Mallas se considera de **Muy Alto Peligro y Zona Crítica**.

5. RECOMENDACIONES

1. La primera medida a efectuar es la reubicación inmediata de las viviendas afectadas del centro poblado Mallas.
2. Las zonas que se designen para la reubicación del poblado, deberán contar con estudios geológicos y geodinámicos. La reubicación deberá realizarse de manera progresiva, priorizando las zonas de mayor afectación.
3. Restringir el ingreso de personas en las áreas de deslizamientos reactivados y un perímetro de 50 m desde sus límites.
4. Cambiar el tipo de riego, de gravedad a tecnificado.
5. Se debe realizar el relleno y sellado de grietas, localizadas dentro del cuerpo del deslizamiento, para evitar la infiltración de aguas de lluvia que saturan el subsuelo.
6. No construir infraestructura o viviendas en las áreas delimitadas como deslizamientos, porque estos son susceptibles a generar movimientos en masa.
7. Los canales que se encuentren en el cuerpo del deslizamiento deben ser impermeabilizados, mediante mangueras o tuberías de PVC, para evitar infiltraciones al subsuelo.
8. En el cuerpo del deslizamiento se debe construir zanjas de drenajes de tipo espina de pez, con canales revestidos con geotextiles y/o piedra con arcilla, alternativamente se podría usar tubos de PVC o mangueras.
9. Construir un canal de coronación en la parte superior del deslizamiento principal, con la finalidad de interceptar el escurrimiento en la zona de mayor pendiente, derivando las aguas a las quebradas principales.
10. Implementar sistemas de monitoreo permanente del deslizamiento, a través de un control geodésico topográfico EDM (*Electronic Distance Measurement*), y monitoreo por dron; lo que permitirá determinar los cambios de la morfología del cuerpo deslizante.
11. Sensibilizar a la población a través de talleres o charlas con el objetivo de concientizar en gestión de riesgos, para evitar asentamientos de viviendas o infraestructura en zonas de peligro, estas charlas pueden ser coordinadas e impartidas por el INGEMMET.

12. Implementar sistemas de defensa ribereña, como enrocados o muro de gaviones en el río Rurichinchay, priorizando el tramo que atraviesa el pie de deslizamiento principal, para reducir el proceso de erosión fluvial en la ladera. Para realizar esta medida se deben implementar estudios geotécnicos previos.

13. Todas las medidas correctivas estructurales, deben ser planificados y elaborados por especialistas.



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



Ing. NORMA LUZ SOSA SENTICALA
Especialista en Peligros
Geológicos
INGEMMET

6. BIBLIOGRAFÍA

- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2019) – “Evaluación geológica del deslizamiento de San Bernardo de Colpa” (Concha & Fernandez.,2019) (Región Ancash, Provincia Huari, Distrito Huari). (Disponible A.T. Ingemmet A6865).
- Instituto Geofísico del Perú (2019). “Boletín Acelerométrico N°004” Sismo del 31 de marzo del 2019. https://www.igp.gob.pe/version-anterior/sites/default/files/images/documents/sismos/aceleracion/2019/2019_004.pdf
- Instituto Geofísico del Perú (2019). “Boletín Acelerométrico N°110” Sismo del 07 de abril del 2019 https://www.igp.gob.pe/version-anterior/sites/default/files/images/documents/sismos/aceleracion/2019/2019_110.pdf
- Instituto Geofísico del Perú (2019). “Boletín Acelerométrico N°163” Sismo del 17 de mayo del 2019 https://www.igp.gob.pe/version-anterior/sites/default/files/images/documents/sismos/aceleracion/2019/2019_163.pdf
- Instituto Geofísico del Perú (2019). “Boletín Acelerométrico N°180” Sismo del 26 de mayo del 2019 https://www.igp.gob.pe/version-anterior/sites/default/files/images/documents/sismos/aceleracion/2019/2019_180.pdf
- Instituto Geofísico del Perú (2019). “Boletín Acelerométrico N°207” Sismo del 02 de junio del 2019 https://www.igp.gob.pe/version-anterior/sites/default/files/images/documents/sismos/aceleracion/2019/2019_207.pdf
- Instituto Geofísico del Perú (2019). “Boletín Acelerométrico N°211” Sismo del 05 de junio del 2019 https://www.igp.gob.pe/version-anterior/sites/default/files/images/documents/sismos/aceleracion/2019/2019_211.pdf
- Instituto Geofísico del Perú (2019). “Boletín Acelerométrico N°213” Sismo del 06 de junio del 2019 https://www.igp.gob.pe/version-anterior/sites/default/files/images/documents/sismos/aceleracion/2019/2019_213.pdf
- Instituto Geofísico del Perú (2019). “Boletín Acelerométrico N°215” Sismo del 07 de junio del 2019 https://www.igp.gob.pe/version-anterior/sites/default/files/images/documents/sismos/aceleracion/2019/2019_215.pdf
- Instituto Geofísico del Perú (2019). “Boletín Acelerométrico N°267” Sismo del 04 de agosto del 2019 https://www.igp.gob.pe/version-anterior/sites/default/files/images/documents/sismos/aceleracion/2019/2019_267.pdf
- Instituto Geofísico del Perú (2019). “Boletín Acelerométrico N°322” Sismo del 05 de septiembre del 2019 https://www.igp.gob.pe/version-anterior/sites/default/files/images/documents/sismos/aceleracion/2019/2019_322.pdf
- Instituto Geofísico del Perú (2019). “Boletín Acelerométrico N°369” Sismo del 18 de octubre del 2019 https://www.igp.gob.pe/version-anterior/sites/default/files/images/documents/sismos/aceleracion/2019/2019_369.pdf

- [anterior/sites/default/files/images/documents/sismos/aceleracion/2019/2019_369.pdf](https://www.igp.gob.pe/version-anterior/sites/default/files/images/documents/sismos/aceleracion/2019/2019_369.pdf)
- Instituto Geofísico del Perú (2019). “Boletín Acelerométrico N°391” Sismo del 17 de noviembre del 2019 https://www.igp.gob.pe/version-anterior/sites/default/files/images/documents/sismos/aceleracion/2019/2019_391.pdf
 - International Society for Rock Mechanics (1981) Descripción del grado de meteorización de la roca (Tabla N°2)
 - Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007). Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.
 - Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. España: Instituto Geográfico Agustín Codazi.
 - Valdivia, V & Mamani, C. (2003) – Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Huari (19-i)
 - Zavala, B.; Valderrama, P.; Parí, W.; Luque, G & Barrantes, R. (2009)-Riesgos geológicos en la región Ancash. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 38, 280 p.

ANEXO 1: GLOSARIO

Deslizamiento

Según la Guía para Evaluación de Amenazas de Movimientos en Masa en la Región Andina (PMA, 2007), los deslizamientos son movimientos ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante (figura 34).

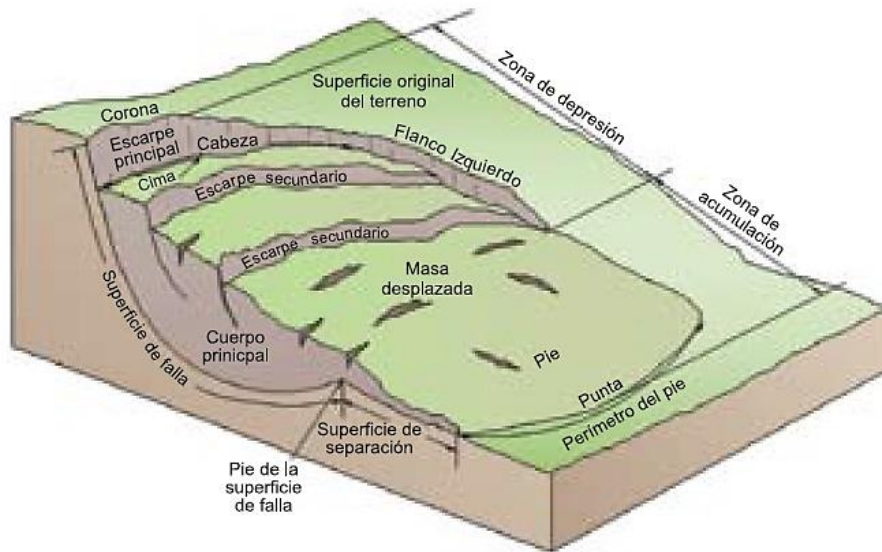


Figura 34. Diagrama de bloque de un deslizamiento (WP/WLI, 1990).

Deslizamiento Compuesto

Inicialmente empleado como sinónimo de “complejo”, Cruden y Varnes (1996) proponen el termino para referirse a un estilo de movimiento en masa en el cual diferentes tipos de movimiento ocurren en diferentes áreas de la masa desplazada, en ocasiones simultáneamente.

Corona de deslizamiento

Zona adyacente arriba del escarpe principal de un deslizamiento que prácticamente no ha sufrido desplazamiento ladera abajo. Sobre ella suelen presentarse algunas grietas paralelas o semiparalelas conocidas como grietas de tensión o de tracción

ANEXO 2: ALTERNATIVAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

Sistema de defensa ribereña y reforestación de la masa deslizada

El río Rurichinchay erosiona el pie de los deslizamientos favoreciendo su inestabilidad, evidencia de esto es que las grietas más profundas identificadas en el cuerpo del deslizamiento se encuentran en esta área, es por ello que se recomienda implementar sistemas de defensa ribereña como pueden ser enrocados o muro de gaviones, que protejan la ladera escarpada del socavamiento, así como la construcción e impermeabilización de drenajes que drenen, el agua superficial hacia el río principal, estas obras deben ser realizadas y supervisadas por especialistas geotécnicos, la reforestación del área con especies nativas también favorecerá la estabilidad del talud, de igual manera un plan de forestación debe ser implementado y supervisados por especialistas.

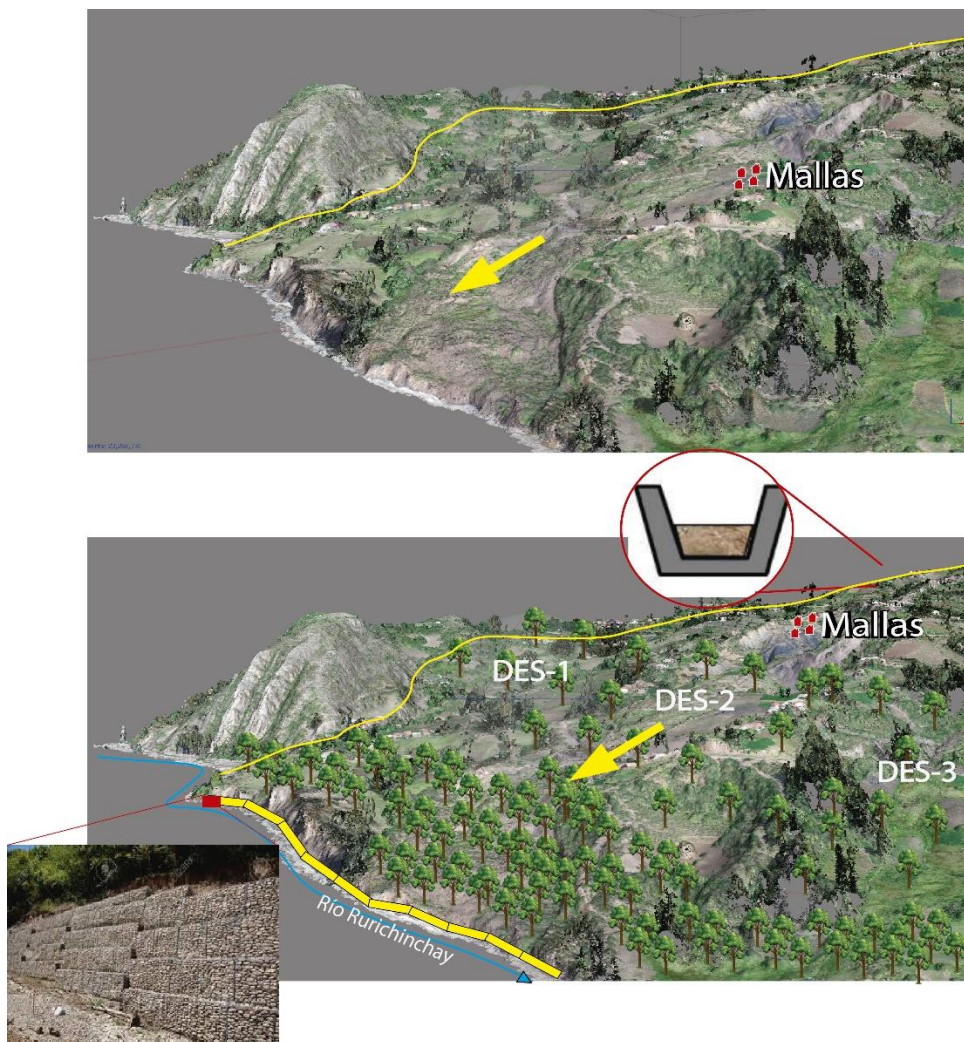


Figura 35: Ejemplo de la evolución del pie y cuerpo del deslizamiento después de implementar obras de defensa ribereña, sistemas de drenaje impermeabilizados y reforestación en las zonas inestables, dichos trabajos deben ser gestionados y supervisados por especialistas geotécnicos.

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 diferentes técnicas de medición que permiten obtener información relacionada al movimiento de masas, estas se resumen en la Cuadro 4.

Cuadro 4. Métodos de monitoreo existentes y empleados en deslizamiento como el de Maca (Caylloma – Arequipa) (fuente Taype et al.,2017).

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



Figura 36: Ejemplo de estaciones permanentes con sistemas de transmisión de datos en tiempo real usados por ejemplo en el deslizamiento de Maca (Caylloma – Arequipa)

Construcción de drenajes superficiales impermeabilizados: Su fin es recoger las aguas superficiales o aquellas recogidas por los drenajes profundos y evacuarlas lejos del talud, evitándose su infiltración (figura 37)

Las aguas de escorrentía se evacuan por medio de zanjas de drenaje, impermeabilizadas y aproximadamente paralelas al talud. Estas deben situarse a poca distancia de la cresta del talud y detrás de la misma (figura 38), 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.

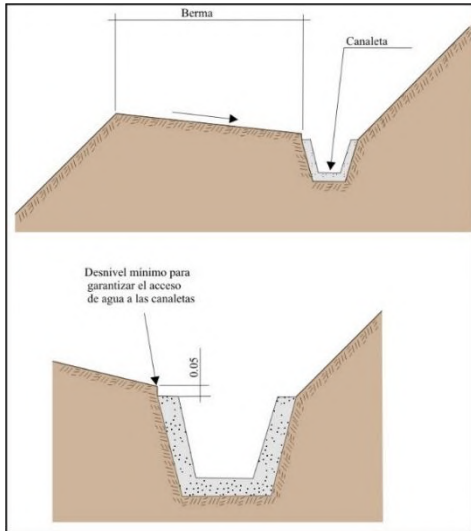


Figura 37: Detalle de una canaleta de drenaje superficial (tomado de INGGEMMET, 2000).

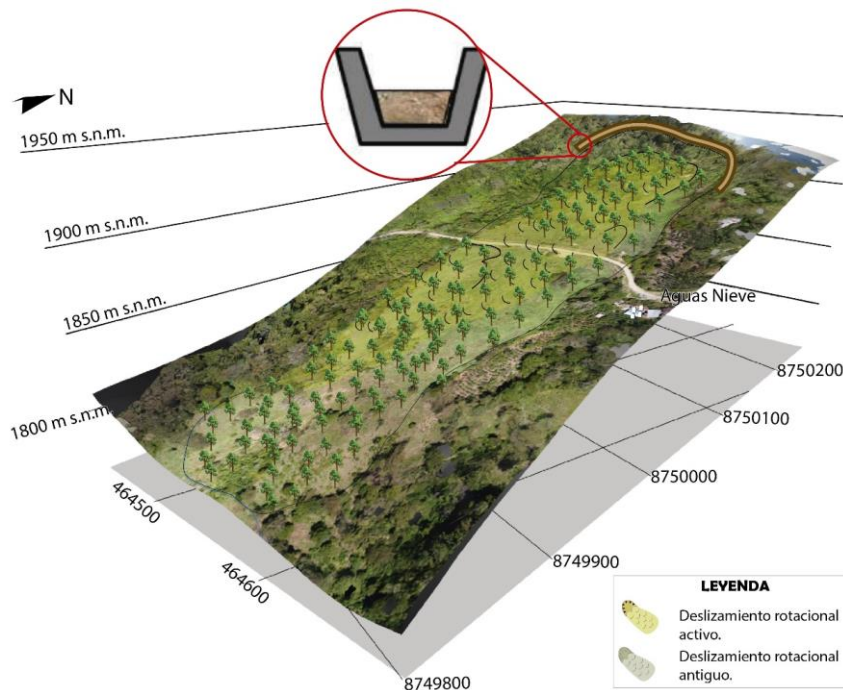


Figura 38: Detalle de una canaleta de drenaje superficial detrás de la corona de un deslizamiento (Luna et al.,2020)

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.

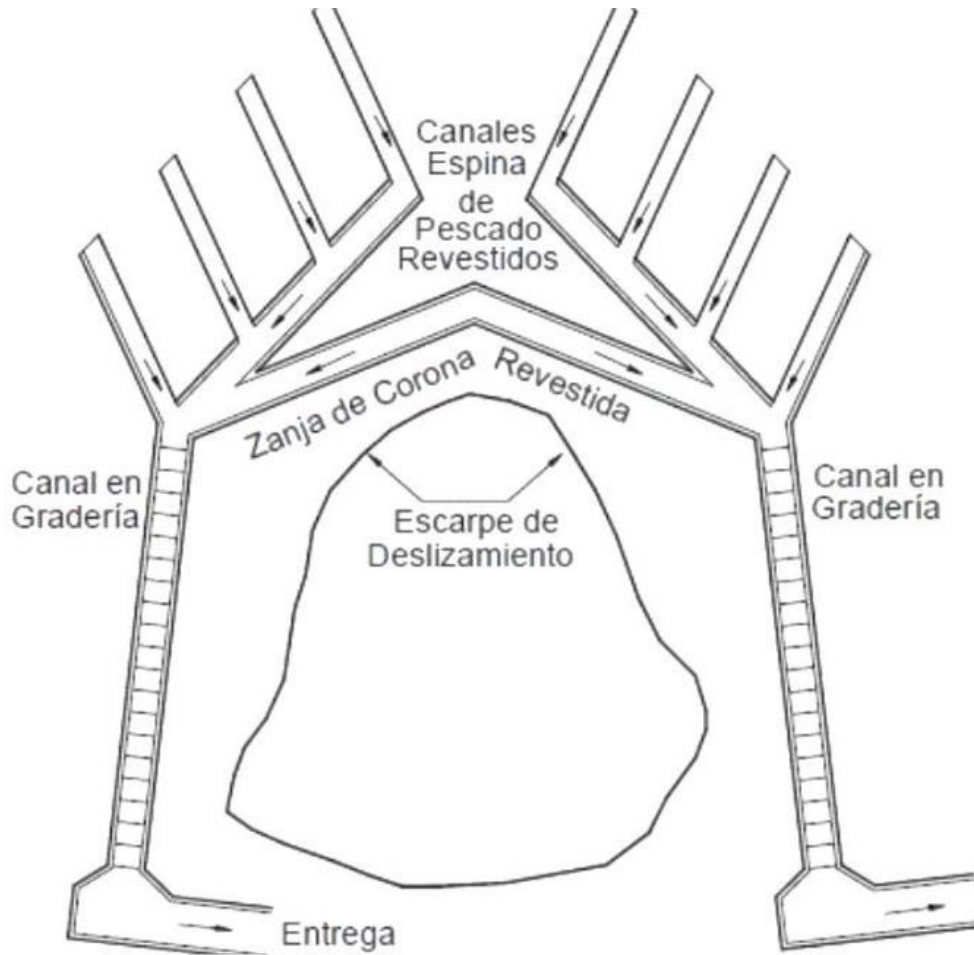


Figura 39. Esquema en planta de canales colectores “Espina de Pescado”. (Suarez, J.2010)