



PERÚ

Ministerio
de Energía y Minas

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7611

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR HUELLOC

Departamento: Ancash

Provincia: Yungay

Distrito: Mancos



ABRIL
2025

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR HUELLOC

(Distrito Mancos, Provincia Yungay, Departamento Ancash)



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

Equipo Técnico

*Wilson Gómez Cahuaya
Mauricio Núñez Paredo
Freddy Córdova Castro*

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2025). *Evaluación de peligros geológicos por deslizamiento en el sector Huelloc. Distrito Mancos, provincia Yungay y departamento Áncash*. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A7611, 42 p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1. Objetivos del estudio.....	5
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	6
1.3. Aspectos generales.....	7
1.3.1. Ubicación.....	7
1.3.2. Población.....	7
1.3.3. Accesibilidad.....	8
1.3.4. Clima	8
1.3.5. Sismos.....	9
2. DEFINICIONES	10
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	13
2.1. Unidades litoestratigráficas	13
2.1.1. Formación Santa (Cretácico inferior)	13
2.1.2. Depósitos Cuaternarios	15
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	17
4.1. Pendientes del terreno.....	17
4.2. Unidades geomorfológicas.....	18
4.2.1. Montaña en Roca Sedimentaria (RM-rs)	18
4.2.2. Vertiente Coluvio-deluvial (V-cd).....	19
5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	20
5.1. Movimientos en masa en el sector Huelloc.....	20
5.1.1. Deslizamiento activo	20
6. CONCLUSIONES.....	30
7. RECOMENDACIONES.....	32
8. BIBLIOGRAFÍA.....	34
ANEXO 1: MAPAS.....	35
ANEXO 2: PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTIVAS	39

RESUMEN

El presente informe es el resultado de la evaluación de peligros geológicos asociados a movimientos en masa en el sector Huelloc, ubicado en el distrito Mancos, provincia Yungay y departamento Áncash. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico cumple con la función de brindar asistencia técnica en materia de peligros geológicos a los tres niveles de gobierno, es decir, local, regional y nacional.

En el sector Huelloc se evidencia un incremento acelerado de la actividad agrícola. Junto con ello, el mal uso del suelo y prácticas de riego inadecuadas, han contribuido significativamente con la saturación del terreno, provocando la pérdida de la cohesión del terreno, lo que ha ocasionado movimientos en masa. La expansión de las áreas cultivadas, en particular de árboles y plantas frutales, y la habilitación de trochas carrozables e infraestructura local han modificado negativamente las condiciones estructurales del terreno, dando como resultado de esta dinámica, un deslizamiento en estado activo.

La geología local está representada por una secuencia deformada y poco competente atribuida a la Formación Santa del Grupo Goyllarisquizga; su litología consiste de calizas masivas en estratos medianos de 10 a 40 cm de espesor. Estos macizos rocosos presentan características físicas que indican una resistencia baja a media con valores entre 50 a 100 Mpa. Además, se presentan muy fracturados, con más de cinco familias de discontinuidades, que presentan espaciamientos que van de 10 a 30 cm. Estas fracturas se hallan abiertas entre 1 a 5 mm con una superficie de rugosidad suave, encontrándose fuertemente meteorizadas, lo que reduce aún más su estabilidad y resistencia.

Estructuralmente, estas secuencias, se hallan fuertemente plegadas y deformadas, resultado de una intensa actividad tectónica en el pasado, donde sus estructuras se manifiestan en superficie a manera de fracturas, foliaciones y discontinuidades, que le han heredado un aspecto fragmentado y triturado al macizo rocoso.

Depósitos coluvio-deluviales descansan discordantemente sobre la Formación Santa. Se trata de acumulaciones inconsolidadas e incompetentes constituidas de fragmentos heterométricos y polimíticos, dispuestos en una matriz limo arenosa y arcillosa; provienen de antiguos depósitos y suelos residuales. Estas características físicas y geomecánicas, y por su naturaleza suelta e inconsolidada, la caracterizan por tener una baja cohesión y que ofrecen una baja resistencia a la erosión, condiciones que favorecieron la ocurrencia de movimientos en masa.

Desde el punto de vista geomorfológico, los procesos por movimientos en masa ocurren sobre una montaña labrada y modelada en roca sedimentaria, con un relieve accidentado, donde las pendientes van de fuertes a muy fuertes, entre 15° a 25° y de 25° a 45°. Las geoformas originadas, así como, la Vertiente Coluvio-deluvial están conformados por depósitos acumulados por la acción combinada de procesos gravitacionales y la dinámica deluvial, y se encuentran dispuestos en terrenos con pendientes muy pronunciadas.

El deslizamiento identificado en el sector Huelloc, afecta la ladera media-baja del cerro montañoso. Presenta una morfología circular e irregular con flancos abiertos que involucró un área total de ~ 31.7 ha. La zona de escarpe, con un ancho de ~ 700 m, muestra un desnivel vertical de 205 m con respecto al terreno. La dirección del

movimiento se da en promedio con una orientación de NO-SE. Su escarpe principal inferido a partir de evidencias del terreno, nace en la 2790 m y exhibe una morfología semicircular de ~1200 m de longitud.

Las grietas de tensión se localizan en el cuerpo del deslizamiento; se concentran en la zona medio-superior y se disponen de manera semiparalela y transversal al escarpe principal. La longitud de las grietas y su profundidad revelan el movimiento en estado activo del deslizamiento.

De acuerdo a las características geológicas, geomorfológicas y geodinámicas que presenta el sector evaluado, se considera al sector Huelloc como **Peligro Alto** por deslizamiento.

Por último, se brindan las recomendaciones para las autoridades competentes y tomadores de decisiones, así como, implementar un sistema de drenaje a fin de disminuir la saturación del terreno en el cuerpo del deslizamiento y alrededores, sellar los agrietamientos con materiales arcillosos a fin de evitar la infiltración del agua, construir canales de drenaje/coronación con una sección de concreto armado u otro material impermeable (como geomembranas o arcillas), a fin de evitar filtraciones, además de continuos trabajos de mantenimiento de estos, reforestar las laderas con especies nativas y de raíces densas a fin de dar una mayor resistencia y cohesión a los suelos incompetentes, cambiar el riego por goteo o inundación a otro más tecnificado, de preferencia, restringir los cultivos que requieran grandes cantidades de agua, revestir el canal de riego y realizar limpieza constante y finalmente, realizar el EVAR correspondiente.

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 “Servicio de asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 16)”, 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 de la Gerencia Municipal del Distrito de Mancos, según Oficio N°049 -2023-MDM-GM. Es en el marco de nuestras competencias que se realiza la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa y otros peligros geológicos en el sector Huelloc.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Geólogos Wilson Gomez Cahuaya, Mauricio Núñez Peredo y al Bach. Freddy Córdova Castro para realizar la evaluación de peligros geológicos respectiva, en el sector antes mencionado, el cual, se efectuó en coordinación con las autoridades locales del distrito de Mancos.

La evaluación técnica se ejecutó en tres etapas: i) Pre-campo, con la recopilación de antecedentes de estudios de geología, geodinámica externa y geomorfología por parte del INGEMMET; ii) campo, el cual consistió en la observación geológica, toma y medición de datos estructurales (levantamiento fotogramétrico con dron, captura de imágenes fotográficas), cartografiado al detalle, recopilación de información y testimonios de población local afectada; iii) etapa final de gabinete, donde se realizó el procesamiento digital e interpretación de toda la data extraída en campo, que involucra fotointerpretación cartográfica geológica y geodinámica para la identificación de procesos de movimientos en masa a través de imágenes satelitales que ofrece la plataforma Google Earth, imagen ortomosaico generado a partir del levantamiento fotogramétrico con dron, elaboración de mapas, figuras temáticas y finalmente redacción del informe final.

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Distrital de Mancos, Gobierno Regional de Áncash, e instituciones técnico normativas del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – Sinagerd, como el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre - CENEPRED, a fin de proporcionar información técnica de la inspección, conclusiones y recomendaciones que contribuyan con la reducción del riesgo de desastres en el marco de la Ley 29664.

1.1. Objetivos del estudio

El presente estudio tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa en el sector Huelloc del distrito de Mancos, provincia de Yungay y departamento de Ancash.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes de la ocurrencia de peligros geológicos.

- c) Proponer y recomendar medidas de prevención y reducción ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del Ingemmet, que incluyen sectores aledaños a las zonas de evaluación (informes técnicos) y otros estudios regionales relacionados a la geología y geodinámica externa (boletines), de los cuales destacan los siguientes:

- A) Boletín N°34, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: "Riesgos Geológicos en la región Áncash" de Zavala & Vilchez (2009). Este trabajo presenta un inventario 2129 peligros geológicos, y según el mapa regional de susceptibilidad por movimientos en masa, a escala 1:250 000, el sector Huelloc se encuentra en zona de susceptibilidad alta a muy alta.
- B) En la "Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Carhuaz, hoja 19-h" de De La Cruz & Chacaltana (2003), describen las características litoestratigráficas de las formaciones Chimú y Santa correspondientes al Grupo Goyllarisquizga.
- C) Boletín N°76 serie A, Carta Geológica Nacional: "Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari. Hojas: 17-h, 17-i, 18-h, 18-i, 19-h, y 19-i" de Wilson et al., (1995). Describe las principales unidades geológicas en el valle del río Santa, a escala 1:100,000.

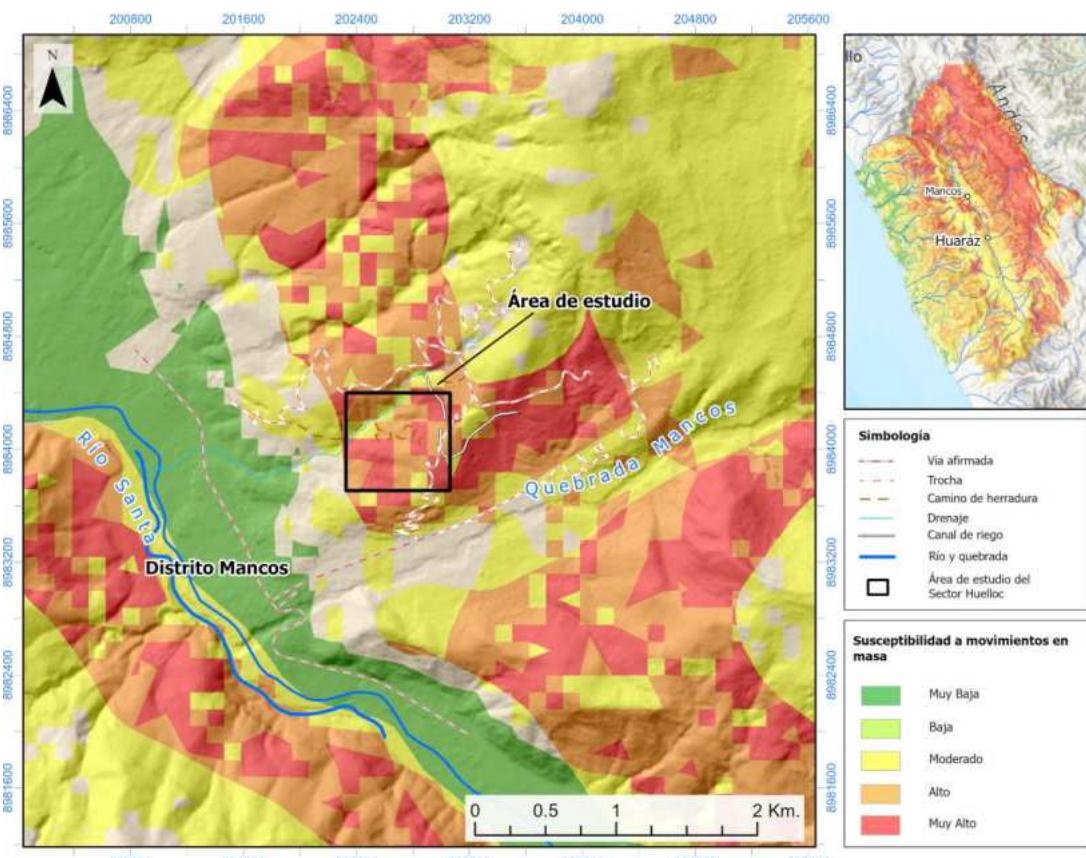


Figura 1. Los valores de susceptibilidad por movimientos en masa en el sector Huelloc muestran muy alto. Tomados de Zavala & Vilchez (2009). Fuente: Elaboración propia.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El sector Huelloc pertenece políticamente al distrito de Mancos, provincia Yungay, departamento Áncash. Morfoestructuralmente, se ubica en la depresión del valle del río Santa en Cordillera Occidental del centro del Perú (**Figura 2**).

Los sectores estudiados se enmarcan dentro de las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18S):

Tabla 1. Coordenadas del área de estudio. Sector Huelloc.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Longitud	Latitud
1	202227.00	8984438.00	-77.70951176	-9.17715882
2	203279.00	8984438.00	-77.69994667	-9.17723043
3	203279.00	8983659.00	-77.69999996	-9.18426861
4	202227.00	8983659.00	-77.70956524	-9.18419695
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA				
	202810.00	8984136.00	-77.70423165	-9.17992706

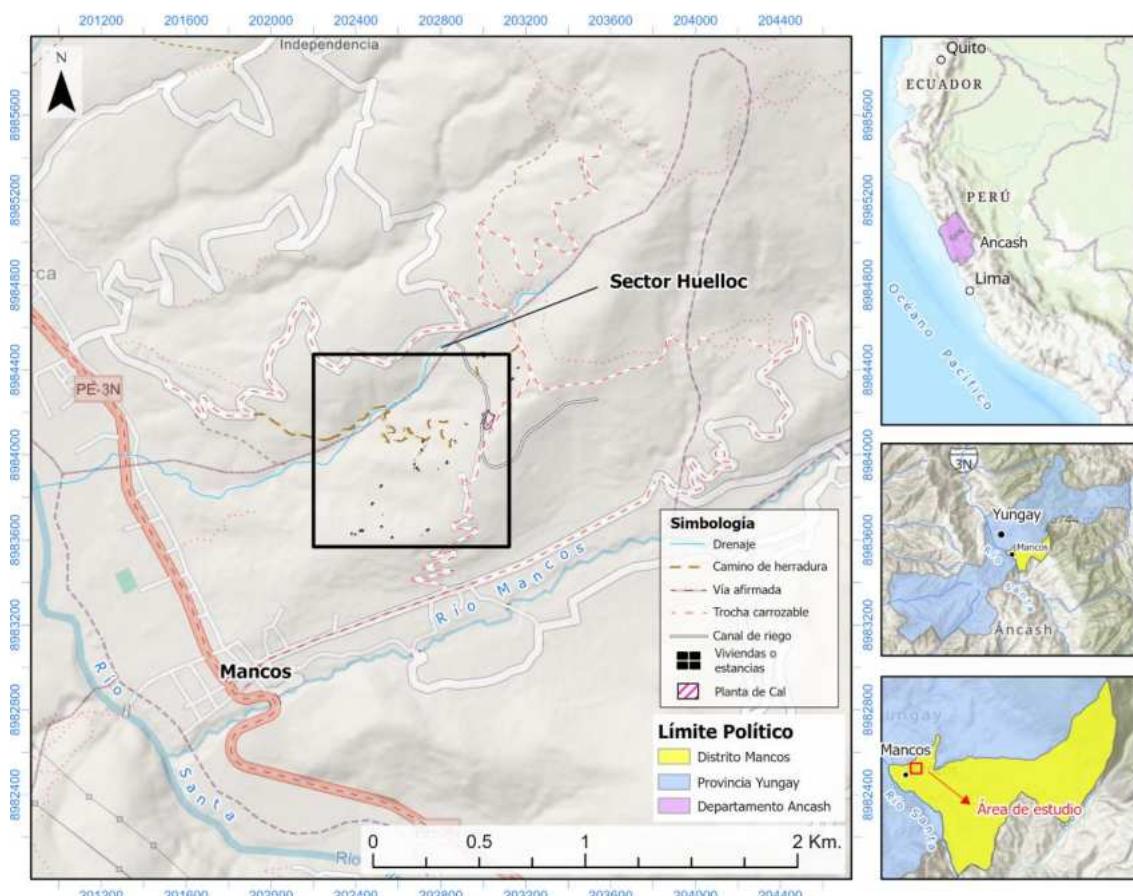


Figura 2. Ubicación del sector Huelloc. Distrito Mancos, provincia Yungay, Áncash.

1.3.2. Población

Según lo que se ha podido observar durante la inspección, en el área de influencia de los movimientos en masa en el sector Huelloc, se ha contabilizado alrededor de 20

viviendas o estancias dispuestas en la ladera ocupada principalmente por la actividad agrícola (**Figura 2**).

1.3.3. Accesibilidad

El acceso se realiza por vía terrestre desde la ciudad de Lima, mediante la siguiente ruta (**Tabla 2**):

Tabla 2. Ruta de acceso.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima –Huaráz	Asfaltada	402	7 horas
Huaraz – Distrito Mancos	Asfaltada	10	20 min

1.3.4. Clima

De manera general y de acuerdo a la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 2020), el valle del río del Santa presenta cinco climas diferentes de los 38 definidos en la clasificación a nivel nacional. Se caracteriza por presentar una variación de climas que va de templado a frío (**Figura 3**).

Tabla 3. Tipo de climas en el distrito de Mancos, a partir del mapa climático del Perú (SENAMHI 2020).

Simbología	Descripción
C (i) B'	Semiseco con invierno seco. (Templado).
C (o, i) B'	Semiseco con otoño e invierno secos. (Templado)
B (o, i) B'	Lluvioso con otoño e invierno secos. (Templado)
B (o, i) C'	Lluvioso con otoño e invierno secos. (Frío)
A (r) C'	Muy lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año (Frío).

Respecto a las precipitaciones, se tiene datos recopilados y disponibles de la NASA, en la que se tiene datos más puntuales en la zona evaluada que corresponden a los años 2021, 2012 al 2023 y 2024 (enero a abril), el cual muestra que las precipitaciones más altas y anómalas registradas corresponden al mes de diciembre del 2021 y 2022 y al mes de marzo del 2023, fecha en la que se reportaron movimientos en masa en el sector Huelloc. (**Figura 4**).

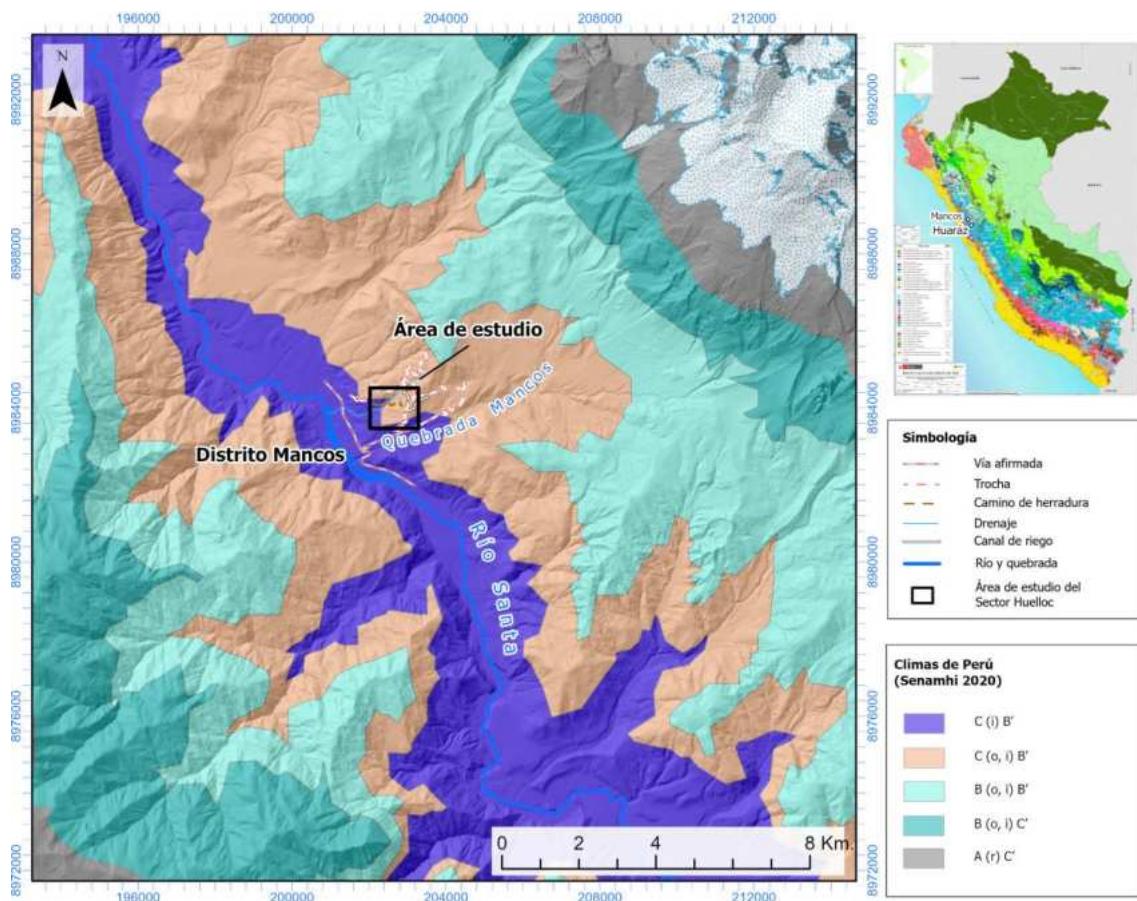


Figura 3. Variación de climas entre en sector Chacatama. Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>

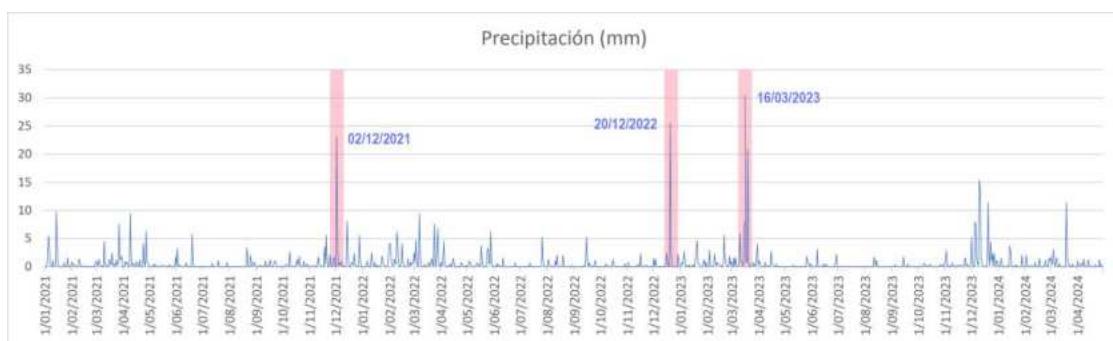


Figura 4. Precipitaciones diarias registradas por la NASA en el sector Huelloc. Fuente: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

1.3.5. Sismos

Para estudios de movimientos en masa en el sector Huelloc se ha analizado la base de datos del IGP, donde se plotea la distribución espacial de los epicentros de sismos ocurridos entre los años 1960 a junio del 2024. Asimismo, se plotea las fallas regionales y locales provenientes de la Carta Geológica Nacional (Geocatmin-Ingemmet). El cual, se observa que los sismos superficiales (menores a 30 km) que varían entre magnitudes

que van de 4 a 5, estarían probablemente relacionados estructuras regionales de dirección NNO y NE, como es el caso del Sistema de la Cordillera Blanca (SFCB).

Las disparadas sísmicas podrían estar relacionados a la ocurrencia de movimientos en masa, sobre todo en el sector Huelloc, estos movimientos causan inestabilidad en las laderas con material semiconsolidado y dispuestos en pendientes fuertes a abruptas (**Figura 5**).

Tabla 4. Sismos según su profundad.

Tipo	Profundidad (km)
Superficiales	0 a 30
Intermedios	30 a 100
Profundos	>100

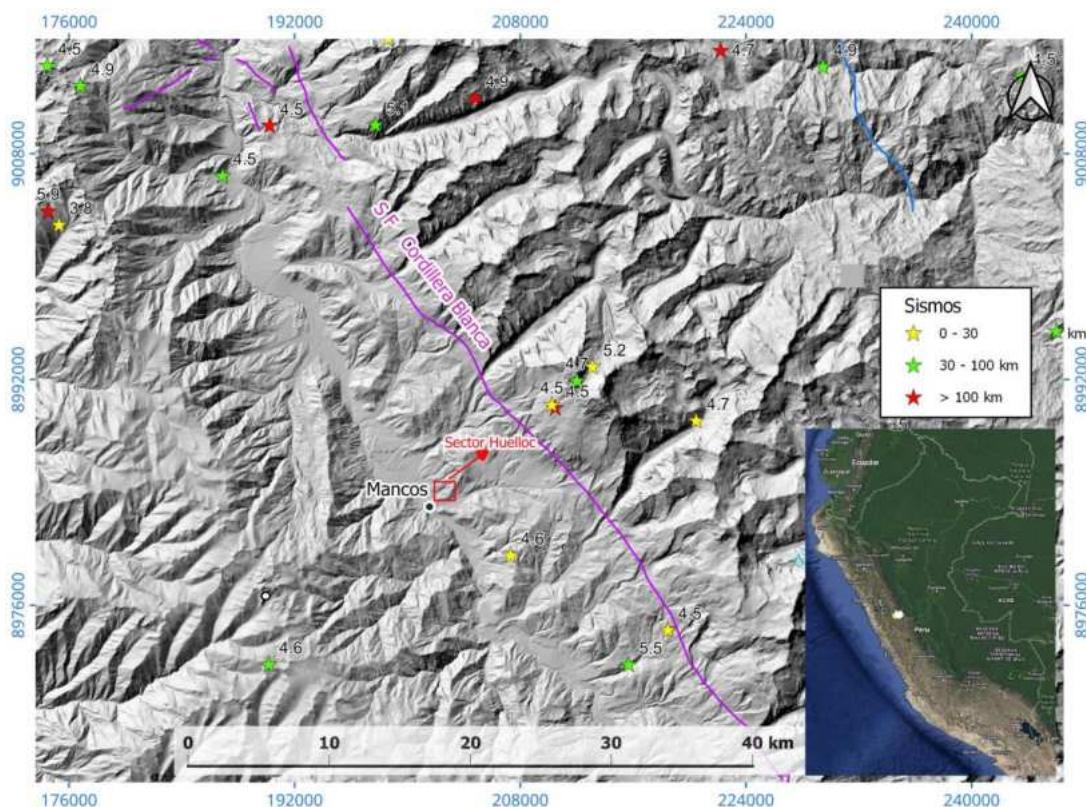


Figura 5. Sismos que podrían estar relacionados a los movimientos en masa en el sector Huelloc. Los datos fueron descargados de la plataforma del IGP (<https://ultimosismo.igp.gob.pe/descargar-datos-sismicos>). Las líneas de colores corresponden a sistemas de fallas (SF) regionales extraídas de la Carta Geológica Nacional. Fuente: Elaboración propia.

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, no necesariamente geólogos; en el cual se desarrollan diversas terminologías y definiciones vinculadas a la identificación, tipificación y caracterización de peligros geológicos; es por ese motivo, considerando como base el libro de “Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas” del Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para

las Comunidades Andinas (2007), se desarrolla algunas definiciones relevantes en términos sencillos como son:

Actividad. La actividad de un movimiento en masa se refiere a tres aspectos generales del desplazamiento en el tiempo de la masa de material involucrado: el estado, la distribución y el estilo de la actividad. El primero describe la regularidad o irregularidad temporal del desplazamiento; el segundo describe las partes o sectores de la masa que se encuentran en movimiento; y el tercero indica la manera como los diferentes movimientos dentro de la masa contribuyen al movimiento total. El estado de actividad de un movimiento en masa puede ser: activo, reactivado, suspendido, inactivo latente, inactivo abandonado, inactivo estabilizado e inactivo relicto (WP/WLI, 1993).

Activo. Movimiento en masa que actualmente se está moviendo, bien sea de manera continua o intermitente.

Agrietamiento. Formación de grietas causada por esfuerzos de tensión o de compresión sobre masas de suelo o roca, o por desecación de materiales arcillosos.

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

Derrumbe. Son desprendimientos de masas de roca, suelo o ambas, a lo largo de superficies irregulares de arranque o desplome como una sola unidad, que involucra desde pocos metros hasta decenas y centenas de metros. Se presentan en laderas de montañas de fuerte pendiente y paredes verticales a subverticales en acantilados de valles encañonados. También se presentan a lo largo de taludes de corte realizados en laderas de montaña de moderada a fuerte pendiente, con afloramientos fracturados y alterados de diferentes tipos de rocas; así como en depósitos poco consolidados.

Deslizamiento. Son movimientos de masas de roca, residuos o tierra, hacia abajo de un talud (Cruden, 1991). Los deslizamientos producen cambios en la morfología del terreno, diversos daños ambientales, daños en las obras de infraestructura, destrucción de viviendas, puentes, bloqueo de ríos, etc.

Erosión de laderas. Se manifiesta a manera de láminas, surcos y cárcavas en los terrenos. Un intenso patrón de estos tipos de erosiones se denomina tierras malas. Este proceso comienza con canales muy delgados cuyas dimensiones, a medida que persiste la erosión, pueden variar y aumentar desde estrechas y poco profundas (< 1 m) hasta amplias y de varios metros de profundidad.

Escarpe. Superficie vertical o semi vertical que se forma en macizos rocosos o de depósitos de suelo debido a procesos denudativos (erosión, movimientos en masa, socavación), o a la actividad tectónica. En el caso de deslizamientos se refiere a un rasgo morfométrico de ellos.

Factor condicionante. Se refiere al factor natural o antrópico que condiciona o contribuye a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituye el evento detonante del movimiento.

Factor detonante. Acción o evento natural o antrópico, que es la causa directa e inmediata de un movimiento en masa. Entre ellos pueden estar, por ejemplo, los

terremotos, la lluvia, la excavación del pie de una ladera, la sobrecarga de una ladera, entre otros.

Fractura. Corresponde a una estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan.

Meteorización. Se designa así a todas aquellas alteraciones que modifican las características físicas y químicas de las rocas y suelos. La meteorización puede ser física, química y biológica. Los suelos residuales se forman por la meteorización in situ de las rocas subyacentes.

Movimiento en masa. Son procesos que incluyen todos aquellos movimientos ladera abajo, de una masa de rocas o suelos por efectos de la gravedad. Los tipos más frecuentes son: caídas, deslizamientos, flujos, vuelcos, expansiones laterales, reptación de suelos, entre otros. Existen movimientos extremadamente rápidos (más de 5 m por segundo) como avalanchas y/o deslizamientos, hasta extremadamente lentos (menos de 16 mm por año) a imperceptibles como la reptación de suelos.

Peligros geológicos. Son procesos o fenómenos geológicos que podrían ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud. Daños a la propiedad, pérdida de medios de sustento y servicios, trastornos sociales y económicos o daños materiales. Pueden originarse al interior (endógenos) o en la superficie de la tierra (exógenos). Al grupo de endógenos pertenecen los terremotos, tsunamis, actividad y emisiones volcánicas; en los exógenos se agrupan los movimientos en masa (deslizamientos, aludes, desprendimientos de rocas, derrumbes, avalanchas, aluviones, huertos, flujos de lodo, hundimientos, entre otros), erosión e inundaciones.

Susceptibilidad. Está definida como la propensión o tendencia de una zona a ser afectada o hallarse bajo la influencia de un proceso de movimientos en masa determinado.

Talud. Superficie artificial inclinada de un terreno que se forma al cortar una ladera, o al construir obras como por ejemplo un terraplén.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Para describir este acápite se realizaron distintas mediciones en campo y finalmente apoyada con la información existente que proviene de la Carta Geológica Nacional del INGEMMET.

La zona evaluada se enmarca dentro de una extensa franja de dirección andina NO-SE, que constituye desde una perspectiva morfoestructural a la depresión del río Santa. Esta franja está ocupada por rocas sedimentarias, las cuales han sufrido un intenso proceso de deformación a lo largo del tiempo, lo que pone en evidencia una intensa actividad tectónica pasada. Estas secuencias son atribuidas a las formaciones Chimú y Santa, pertenecientes al Grupo Goyllarisquizga. Ambas unidades, se encuentran tapizadas y cubiertas discordantemente por una capa de suelos residuales y depósitos coluvio-deluviales dispuestas en una ladera pronunciada, cuya descripción se detallan más adelante

2.1. Unidades litoestratigráficas

La unidad litoestratigráfica que interviene directamente en los procesos de movimientos en masa y además constituye como parte del substrato rocoso es la Formación Santa, así también, como depósitos coluvio-deluviales (**Figura 6**).



Figura 6. Unidades litoestratigráficas que afloran en el sector Huelloc. Vista panorámica mirando al noreste.

2.1.1. Formación Santa (Cretácico inferior)

Esta unidad aflora extensamente en el área evaluada, sus principales afloramientos se observan en la ladera media ubicada al oeste del cerro montañoso, se trata de rocas calcáreas, representadas por calizas masivas de color gris oscuro con tonalidades

amarillentas en estructuras algo bandeadas y en estratos medianos con espesores que van de 10 a 40 cm.

Estructuralmente, estas rocas se hallan fuertemente plegadas y deformadas que previamente fueron afectadas por una intensa actividad tectónica a la que fue sometida en el pasado. Sus estructuras se manifiestan en superficie a manera de fracturas, foliaciones y discontinuidades que le dan un aspecto fragmentado y triturado (**Figura 7**).

La Formación Santa se caracteriza por presentar un macizo rocoso con características físicas de resistencia baja a media (al golpe del matillo) que oscila entre los 50 a 100 Mpa. Asimismo, se encuentra muy fracturado con más de cinco familias de discontinuidades, con espaciamientos centimétricos que van de 10 a 30 cm con aberturas muy abiertas de 1 a 5 mm y rugosidad suave a rugosa, el cual, superficialmente se encuentran muy meteorizados, lo que las convierte en secuencias incompetentes con baja resistencia a la erosión y que favorecen los movimientos en masa. (**Figuras 8**).



Figura 7. Afloramiento de calizas gris oscuras de la Formación Santa, estas rocas se hallan muy fracturadas y meteorizadas (UTM WGS-84. E203066, N8984025). Vista panorámica mirando al noreste.



Figura 8. Detalle del macizo rocoso con aspecto fragmentado y triturado con más de cinco familias de discontinuidades. Vista mirando al noreste.

2.1.2. Depósitos Cuaternarios

a. Depósitos Coluvio-deluviales (Q-cd)

Estos depósitos se alojan en la parte media a baja de la ladera del cerro montañoso. Se trata de secuencias inconsolidadas, con fragmentos heterométricos y polimícticos de calizas, lutitas y areniscas dispuestos en una matriz limo-arenosa pobemente graduado. Sus fragmentos tienen formas subangulosos a subredondeados que van de 2 a 30 cm de diámetro.

Por sus características físicas y geomecánicas, estas secuencias forman suelos inconsolidados con baja cohesión y poco competentes que ofrecen baja resistencia a la erosión, dispuestas en una ladera con pendientes moderadas a fuertes, el cual implica terrenos inestables, lo que las convierte altamente susceptibles a la remoción de masas y procesos gravitacionales, así como deslizamientos y derrumbes.



Figura 8.5. Depósitos Coluvio-deluviales ubicado en la ladera baja del cerro montañoso que da al sector Huelloc. Vista mirando al noreste.



Figura 9. Detalle de los fragmentos heterométricos que conforman los depósitos coluvio-deluviales. Vista mirando al sureste.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

El análisis de la pendiente del terreno es un parámetro importante en la evaluación de procesos por movimientos en masa, ya que actúa como factor condicionante y dinámico en la propagación de las mismas.

Se consideraron seis rangos de pendientes que van de 0° - 1° considerados terrenos llanos; 1° a 5° terrenos inclinados con pendiente suave; 5° a 15° pendiente moderada; 15° a 25° pendiente fuerte; 25° a 45° pendiente muy fuerte a escarpado; finalmente, mayor a 45° terreno como muy escarpado.

Para la zona evaluada se elaboró un mapa de pendientes de acuerdo con el modelo de elevación digital DEM SPOT de 3 m resolución y a partir del levantamiento fotogramétrico de dron de resolución 0.14 m de resolución. Los procesos de movimientos en masa (deslizamientos) originados en el sector Huelloc oscilan entre las pendientes fuertes de 15° a 25° muy fuertes 25° a 45° , de inclinación. (**Figura 10**).

Los depósitos coluvio-deluviales, en donde se originó el deslizamiento, se encuentran dispuestas sobre laderas con pendientes pronunciadas que van de fuertes a muy fuertes, lo que aumenta significativamente su susceptibilidad a los movimientos en masa. La combinación de la inclinación del terreno y la naturaleza de estos materiales hace que estas zonas sean particularmente propensas a deslizamientos, especialmente durante eventos de lluvias intensas o alteraciones en la estabilidad del suelo.



Figura 10. Pendientes pronunciadas que van de fuertes a muy fuertes que oscilan entre 15° a 25° y 25° a 45° respectivamente en el sector Huelloc. Vista panorámica mirando al sureste.

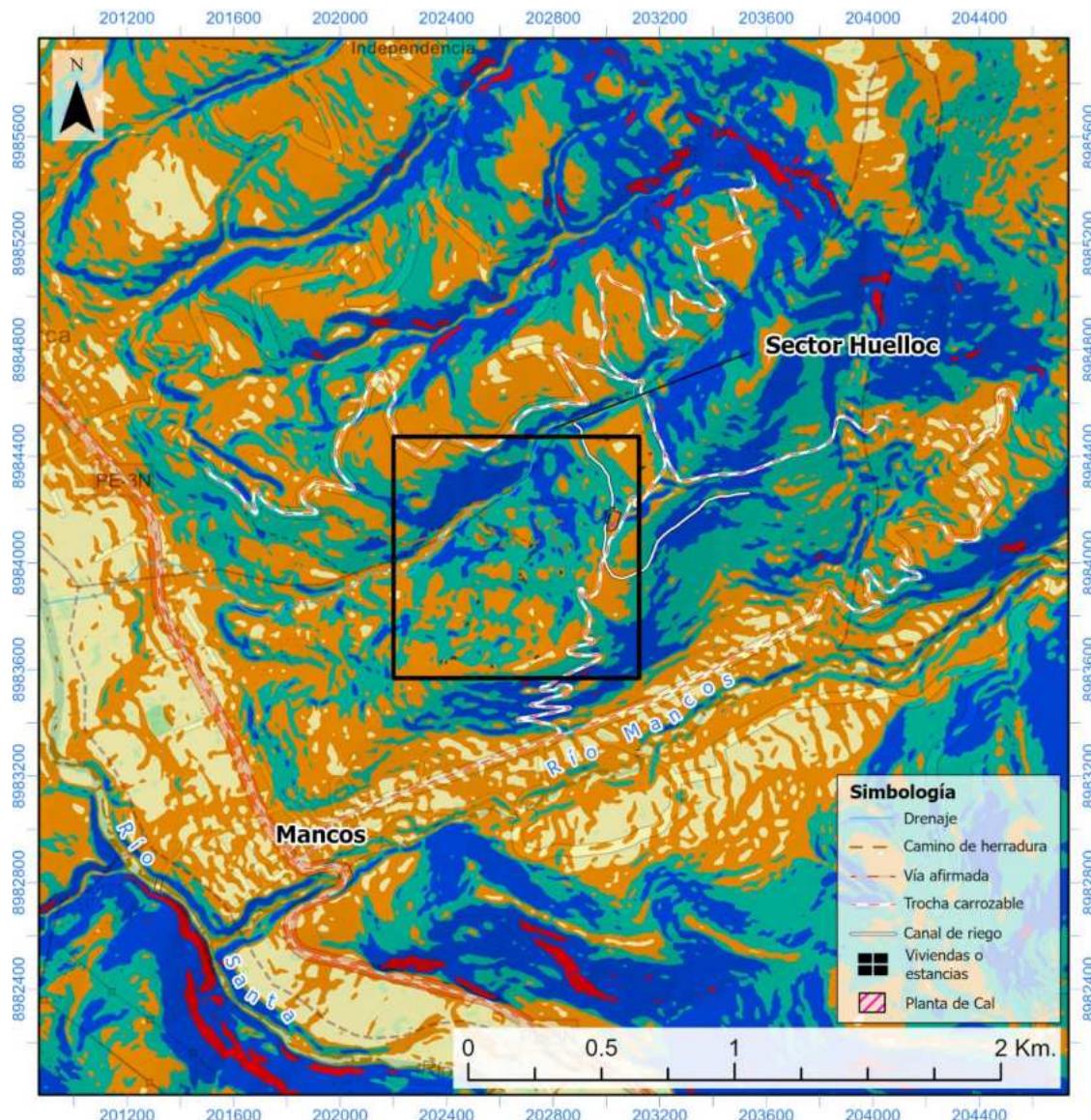


Figura 11. Mapa de pendientes de la zona evaluada del sector Huelloc a partir de un DEM SPOT de 3 m de resolución.

4.2. Unidades geomorfológicas

En la zona de estudio se identificaron dos unidades geomorfológicas: a) relieves montañosos emplazados en rocas metamórficas, que es de carácter degradacional y b) vertiente coluvial-deluvial, que es de carácter agradacional.

4.2.1. Montaña en Roca Sedimentaria (RM-rs)

Geoforma labrada en roca sedimentaria perteneciente al Grupo Goyllarisquizga. Esta unidad se extiende de manera significativa y ampliamente en el sector Huelloc, donde el relieve predominante es de tipo montañoso. Su ladera suroeste presenta una morfología algo escalonada, resultado de procesos geológicos antiguos.

Su cima, el cerro montañoso tiene un desnivel casi de 441 m desde el pie del talud, es decir, su base a la que llamaremos quebrada Huelloc. Su origen se debe principalmente a fases de exhumación que involucró procesos tectónicos y erosivos que dieron lugar a

una topografía accidentada. Su ladera suroeste aloja depósitos coluvio-deluviales dispuestas en pendientes moderadas, fuertes a muy fuertes que en la actualidad representan zonas inestables y sujetas a procesos de movimientos en masa (**Figuras 11.5 y 12**).



Figura 11.5. Montaña labrada en roca sedimentaria y vertiente coluvio-deluvial en el sector Huelloc. Nótese, el relieve agreste, al fondo de observa los nevados de la Cordillera Blanca. Vista mirando al este.



Figura 12. El sector Huelloc emplazado en la parte media de la ladera oeste de la montaña en roca sedimentaria. Vista mirando al noroeste.

4.2.2. Vertiente Coluvio-deluvial (V-cd)

Estas geoformas se emplazan en la parte media a baja de la ladera suroeste del relieve montañoso en el sector Huelloc. Estos depósitos han sido originados por la acumulación de depósitos de un deslizamiento que ocurrió en el pasado y suelos residuales producto de la intensa meteorización de las areniscas, lutitas y calizas de las formaciones Chimú y Santa (**Figuras 11.5 y 13**).



Figura 13. Vertiente Coluvio-deluvial alojado en una pendiente pronunciada que en promedio oscilan entre muy fuerte que va de 25° a 45° en el sector Huelloc. Vista mirando al sureste.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

En el área estudiada se identificaron y cartografiaron procesos de movimientos en masa, lo que configuran como peligros geológicos según la clasificación sugerida por el “Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007”.

En el presente informe, se describen los principales peligros geológicos detalladas en el sector Huelloc.

5.1. Movimientos en masa en el sector Huelloc

La caracterización de estos eventos en el área evaluada, se realizó en base al análisis a detalle de los rasgos geológicos, geomorfológicos, y de geodinámica durante los trabajos de campo y gabinete, en donde, se identificaron y cartografiaron los diferentes tipos de movimientos en masa a través de la toma de datos estructurales que conlleva esta misma, basado principalmente en la observación y caracterización morfométrica *in situ*; de igual modo se tomaron capturas de imágenes y fotografías a nivel de terreno, complementada con el análisis de imágenes satelitales de la plataforma Google Earth y Sentinel 2. Así también, de la imagen ortomosaico de alta resolución de 0.7 cm/pixel que se obtuvo a partir de un levantamiento fotogramétrico con dron.

5.1.1. Deslizamiento activo

En el sector Huelloc se evidencia un incremento acelerado de la actividad agrícola, junto con ello, el mal uso del suelo y prácticas de riego inadecuadas, han contribuido significativamente a la generación de movimientos en masa. La expansión de las áreas

cultivadas, en particular de árboles y plantas frutales, y la habilitación de trochas carrozables e infraestructura local suelen modificar negativamente las condiciones de estabilidad del terreno.

Según las versiones trasmítidas verbalmente por los pobladores de la zona, y el análisis de imágenes satelitales en retrospectiva que ofrece la plataforma de Google Earth, las primeras evidencias de alteración del terreno, se aprecian en el 2009, con la construcción de trochas carrozables, tanto en la parte baja y en la parte media-alta de la ladera. Posteriormente, en el 2013 se instala la mina de cal y sus canteras de roca pocos metros arriba, localizadas en la parte superior de la ladera (**Figura 14**).

En la ladera norte de la montaña, se aprecian recientemente movimientos de terreno, el cual se manifiestan a través de grietas de tensión. Se trata de un deslizamiento en estado activo, que involucra material residual proveniente de calizas de la Formación Santa y de depósitos coluvio-deluviales de antiguos eventos, dispuestos sobre una ladera con pendiente pronunciada, que va de fuerte a muy fuerte que oscilan entre 15° a 25° y de 25° a 45°, además se emplaza geomorfológicamente en una montaña labrada en roca sedimentaria (**Figura 14**).

El deslizamiento tiene una geometría circular e irregular con flancos abiertos que afecta un área total de ~31.7 ha. La zona de escarpe y hundimiento tiene un ancho de ~700 m y la zona más distal tiene un ancho de ~775 m. La longitud del deslizamiento, es decir, del escarpe al pie tiene una distancia de ~490 m y un desnivel de ~205 m con respecto a la vertical. La dirección del movimiento del deslizamiento tiene orientación NO-SE (**Anexo 1. Mapa de peligros geológicos**).

El escarpe principal, inferido a partir de evidencias del terreno, nace en la cota 2790 m.s.n.m. y tiene una forma semicircular de ~1200 m de longitud, el escarpe deja un desnivel incipiente (**Figura 14**).

Las grietas de tensión localizadas en el cuerpo del deslizamiento, se distribuyen principalmente en la parte medio-superior del cuerpo; se disponen de manera semiparalela al escarpe principal, así también, longitudinalmente a la dirección del movimiento. Se han identificado 10 grietas que en promedio presentan una longitud de 12 a 62 m y aberturas que van de 12 a 60 cm, lo que ponen en evidencia la magnitud del evento (**Figura 14**).

En la parte inferior del escarpe del deslizamiento se identificó una grieta transversal al escarpe principal, que se expone de manera discontinua y en total recorren una longitud de ~18 m, tiene una abertura de ~12 cm y una profundidad visible de 50 cm. Asimismo, esta grieta se dirige peligrosamente en dirección de la carretera carrozable localizada debajo de la mina de cal (**Figura 15**).

Por otro lado, una grieta de ~50 cm de ancho y una profundidad visible de 1.30 m atraviesa el terreno de manera transversal al escarpe principal del deslizamiento, haciendo un recorrido de ~15 m de longitud. Esta grieta se genera en una pendiente muy pronunciada que compromete áreas de cultivo (**Figura 16**).

Una grieta que se localiza en la parte media-superior del cuerpo del deslizamiento, corresponde a una abertura en el terreno de 60 cm de ancho y con una profundidad visible de 80 cm, el cual, atravesó y seccionó por la mitad al tallo de un árbol de Palto. Se extiende a lo largo de 45 m de longitud, en el que, se dirige en dirección oblicua al escarpe principal del deslizamiento (**Figura 17**).



Figura 14. Detalle del deslizamiento activo emplazado en la ladera media con pendiente muy fuerte del cerro montañoso. El escarpe principal inferido se localiza debajo de canal de riego. Vista panorámica mirando al sureste.



Figura 15. Grieta transversal al escarpe principal del deslizamiento (UTM-WGS-84. E: 202979, N: 8984240). Esta grieta se dirige sigilosamente a la trocha carrozable. Vista mirando al noreste.



Figura 16. Grieta profunda de 50 cm de ancho y de hasta 1.30 m de profundidad visible localizado en el cuerpo del deslizamiento (E: 202922, N: 8984228). Vista mirando al noreste.



Figura 17. Grieta que cortó y seccionó por la mitad el tallo de un árbol de palto. Nótese, la magnitud del movimiento (E: 202914, N: 8984187). Vista mirando al norte.



Figura 18. Grieta localizada en la parte media del cuerpo del deslizamiento. Vista mirando al noreste.

5.1.1.1. Factores condicionantes

Los factores condicionantes que están relacionados a los procesos de movimientos en masa, es decir, la ocurrencia del deslizamiento se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 6. Factores condicionantes de los procesos de movimientos en masa.

Factores	Características asociadas
Litológico	<ul style="list-style-type: none"> Substrato rocoso constituido por secuencias deformadas de calizas muy fracturadas y meteorizadas de la Formación Santa. Estas rocas se caracterizan por presentar secuencias incompetentes altamente inestables asociadas al origen de los procesos gravitacionales. Suelos residuales y depósitos coluvio-deluviales inconsolidados poco resistentes a la erosión y de baja cohesión, provenientes de antiguos depósitos se emplazan en una ladera media y baja adosadas en pendientes fuertes a muy fuertes, lo cual las convierten en zonas inestables propicias a la generación de deslizamientos.
Geomorfológicos	<ul style="list-style-type: none"> El deslizamiento de instala en la parte media-baja de la ladera, además, se emplaza en una montaña labrada en roca sedimentaria. Las geoformas originadas, así como, la vertiente coluvio-deluvial se sitúa en la parte media-baja de la ladera del cerro montañoso y se caracterizan por estar conformados por depósitos acumulados por la acción combinada de procesos gravitacionales y la dinámica deluvial, se encuentran dispuestos en terrenos con pendientes muy pronunciadas que oscilan de 15° a 25° y de 25° a 45°.

5.1.1.2. Factores desencadenantes

Los principales factores desencadenantes que están asociadas a la ocurrencia de movimientos en masa se detallan a continuación.

Tabla 7. Factores desencadenantes por movimientos en masa.

Factores	Características asociadas
Precipitaciones	<ul style="list-style-type: none"> Intensas precipitaciones pluviales y/o excepcionales, principalmente entre los meses de diciembre a marzo. Que llegan a saturar al terreno.
Hidrogeológicos	<ul style="list-style-type: none"> Aguas de escorrentía superficial que discurren la parte media alta de la ladera y desembocan en el cuerpo del deslizamiento activo. Asimismo, surcan depósitos coluvio-deluviales y sobresaturan el suelo. Depósitos saturados de fácil erosión.
Sismos	<ul style="list-style-type: none"> La ocurrencia de sismos superficiales podría estar relacionados con la inestabilidad de laderas dispuestas en pendientes muy pronunciadas, tal como se muestra en la figura 5.
Antrópicos	<ul style="list-style-type: none"> Cortes de carretera y ensanchamiento de las trochas en la zona de escarpe del deslizamiento. Habilitación de trochas carrozables en la parte media y baja del cuerpo del deslizamiento. Expansión inadecuada de áreas de cultivo de plantas y árboles frutales sobre la ladera inestable, el cuál remueven material haciendo perder cohesión al suelo, esto, ubicados en el cuerpo del deslizamiento. Riego inadecuado no tecnificado que sobresatura el suelo incompetente. Canal de riego ubicado sobre el escarpe del deslizamiento en mal estado, que causa filtraciones de agua hacia la zona inestable.

	<ul style="list-style-type: none"> Las construcciones con material noble y las canteras de roca, realizadas por parte de la mina de cal instalada en la parte media-alta de la ladera, implica una modificación negativa de las condiciones estructurales del terreno. Lo que favorece a la inestabilidad de la ladera.
--	--



Figura 19. Canal de riego de 50 cm de ancho en mal estado. Se observa un tramo pobremente revestido de concreto y el otro sin revestimiento, lo que ocasiona filtración de agua hacia las zonas inestables y saturación a los depósitos coluvio-deluviales. Además de presentar malezas sobre en canal.



Figura 20. Canal de riego desplazado 5 cm lateralmente en dirección a la ladera. Esto ocurre por la presión de agua hacia las esquinas que no presenta juntas de dilatación, así también, debido a la presión que ejerce la ladera sobre el canal (E: 202985, N: 8984126).



Figura 21. Desborde de agua hacia la ladera inestable y a la grieta, localizado en el paso al canal subterráneo que se extiende por debajo de la trocha (E: 202989, N: 8984141).



Figura 22. Filtraciones de agua por riego inadecuado. A) Agua que se infiltra por el subsuelo hacia el cuerpo del deslizamiento y se canaliza por la trocha carrozable (E: 202797, N: 8984083). B) Filtraciones de agua por exceso de riego de cultivos de durazno (E: 202791, N: 8984113).



Figura 23. Zona húmeda, resultado de las filtraciones de agua que derivan de la manguera en mal estado. Asimismo, se observa la sobrecarga que ejerce la construcción de material noble de la mina de cal hacia la ladera inestable, ubicada en la parte superior del escarpe principal del deslizamiento.

6. CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica, geomorfológica y geodinámica de la zona de estudio, así como a los trabajos de campo y la evaluación de peligros geológicos, se emiten las siguientes conclusiones:

- 1) El substrato rocoso representado por la Formación Santa, está constituido esencialmente por calizas masivas de color gris oscuro con tonalidades amarillentas en estrato medianos de 10 a 40 cm de espesor. Como macizo rocoso presenta características físicas que indican una resistencia baja a media con valores entre 50 a 100 Mpa. Además, se presentan muy fracturados, con más de cinco familias de discontinuidades, con espaciamientos que van de 10 a 30 cm. Estas fracturas se hallan abiertas entre 1 a 5 mm con una superficie de rugosidad suave; se encuentran fuertemente meteorizados, lo que reduce aún más su estabilidad y resistencia.
- 2) Estructuralmente, las rocas de la Formación Santa, se hallan fuertemente plegadas y deformadas, resultado de una intensa actividad tectónica en el pasado, el cual, sus estructuras se manifestaron en superficie a manera de fracturas, foliaciones y discontinuidades, que le han heredado un aspecto fragmentado y triturado al macizo.
- 3) Los depósitos coluvio-deluviales descansan discordantemente sobre la Formación Santa. Se trata de acumulaciones inconsolidadas e incompetentes constituidas por fragmentos de roca heterométricos y polimíticos de calizas, lutitas y areniscas, dispuestos en matriz limo arenosa y arcillosa; provienen de antiguos depósitos, suelos residuales y de movimientos en masa. Estas características físicas y geomecánicas, junto con su naturaleza suelta e inconsolidada, se caracterizan por tener una baja cohesión que ofrecen una baja resistencia a la erosión, condiciones que favorecieron la ocurrencia de movimientos en masa.
- 4) Geomorfológicamente, los procesos por movimientos en masa ocurren sobre una montaña labrada y modelada en roca sedimentaria con un relieve accidentado, con pendientes que van de fuertes a muy fuertes, entre 15° a 25° y de 25° a 45° respectivamente. Las geoformas originadas como, la Vertiente Coluvio-deluvial se caracterizan por estar conformadas por la acumulación de depósitos generados por una acción combinada de procesos gravitacionales y la dinámica deluvial, se encuentran dispuestos en terrenos con pendientes muy pronunciadas.
- 5) El deslizamiento identificado en el sector Huelloc, afecta la ladera media-baja del cerro montañoso. Se caracteriza por presentar una geometría circular e irregular con flancos abiertos que involucró un área total de ~ 31.7 ha. La zona de escarpe tiene un ancho de ~ 700 m, y de la cabeza al pie tiene una diferencia vertical de 205 m con respecto al terreno. La dirección del movimiento se da en promedio NO-SE. Su escarpe principal inferido a partir de evidencias del terreno, nace en la cota 2790 m y tiene una morfología semicircular con longitud de ~1200 m.
- 6) Grietas de tensión se localizan en el cuerpo del deslizamiento, las cuales se distribuyen en la parte medio-superior del cuerpo y se disponen de manera semiparalela y transversalmente al escarpe principal. La longitud de las grietas y su profundidad revelan un movimiento en estado activo del deslizamiento.

- 7) Los factores desencadenantes identificados ante la ocurrencia del deslizamiento, se deben principalmente a: precipitaciones pluviales anómalas y prolongadas durante los meses de diciembre a marzo; riego inadecuado dedicado a la actividad agrícola, que causa la infiltración de agua sobre el cuerpo del deslizamiento; canal de riego en mal estado, responsable de la infiltración de agua hacia la zona inestable. Asimismo, el desarrollo de la mina de cal y la habilitación de trochas carrozables, implican una modificación negativa de las condiciones estructurales del terreno, lo que favorece a la inestabilidad de la ladera.
- 8) De acuerdo a las características geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se considera al sector Huelloc como **Peligro Alto** frente a la ocurrencia de deslizamientos.

7. RECOMENDACIONES

A continuación, se brindan recomendaciones con la finalidad de mitigar el impacto de los peligros geológicos identificados en sector Huelloc. En tanto, la implementación de estas mismas permitirá darle mayor seguridad a la población y medios de vida expuesta.

Transversales a autoridades y población

- 1) Incluir los peligros geológicos identificados por el Ingemmet en los planes específicos de la gestión del riesgo de desastres de la Municipalidad distrital de Mancos.
- 2) Identificar rutas de evacuación y zonas seguras ante la ocurrencia de peligros geológicos. Posteriormente, implementar simulacros de evacuación y simulaciones, con la finalidad de contar con una respuesta rápida y adecuada en situaciones de emergencia.
- 3) Implementar Sistemas de Alerta Temprana-SAT en coordinación con el INDECI, para la inmediata información de ocurrencia de peligros geológicos en caso enfrentara la población del sector Huelloc.
- 4) Elaborar evaluaciones de riesgo (EVAR) con la finalidad de determinar las medidas de control de riesgo a implementarse frente a los peligros. Es necesario esta medida en el sector Huelloc, donde estos peligros pueden ocurrir y causar daños a la infraestructura, así como, vías de acceso, viviendas, áreas de cultivo, entre otros.

Ante deslizamientos

- a) Implementar un sistema de drenaje a fin de disminuir la saturación del terreno en el cuerpo del deslizamiento y alrededores.
- b) Sellar los agrietamientos con materiales arcillosos a fin de evitar la infiltración del agua durante lluvias intensas.
- c) Construir canales de drenaje/coronación con una sección de concreto armado u otro material impermeable (como geomembranas o arcillas), a fin de evitar filtraciones, además de continuos trabajos de mantenimiento de estos.
- d) Construir zanjas de coronación en la cabecera del escarpe para derivar las aguas de escorrentía superficial a otro cauce.
- e) Reforestar las laderas con especies nativas y de raíces densas a fin de dar una mayor resistencia y cohesión a los suelos incompetentes.
- f) Prohibir la construcción de viviendas u otra infraestructura local en áreas de ocurrencia del deslizamiento activo, ubicado en el sector de Huelloc.
- g) Evaluar el reasentamiento de viviendas o estancias establecidas actualmente en el cuerpo del deslizamiento.
- h) Cambiar el riego por inundación a otro más tecnificado. De preferencia, restringir el desarrollo de cultivos que requieran grandes cantidades de agua.

- i) Revestir el canal de riego y realizar limpieza periódica del mismo.
- j) Realizar estudios de evaluación de riesgos (EVAR), con el objetivo de evaluar los elementos expuestos en el sector Huelloc.



Segundo A. Núñez Juárez
ESPECIALISTA EN PELIGROS GEOLÓGICOS

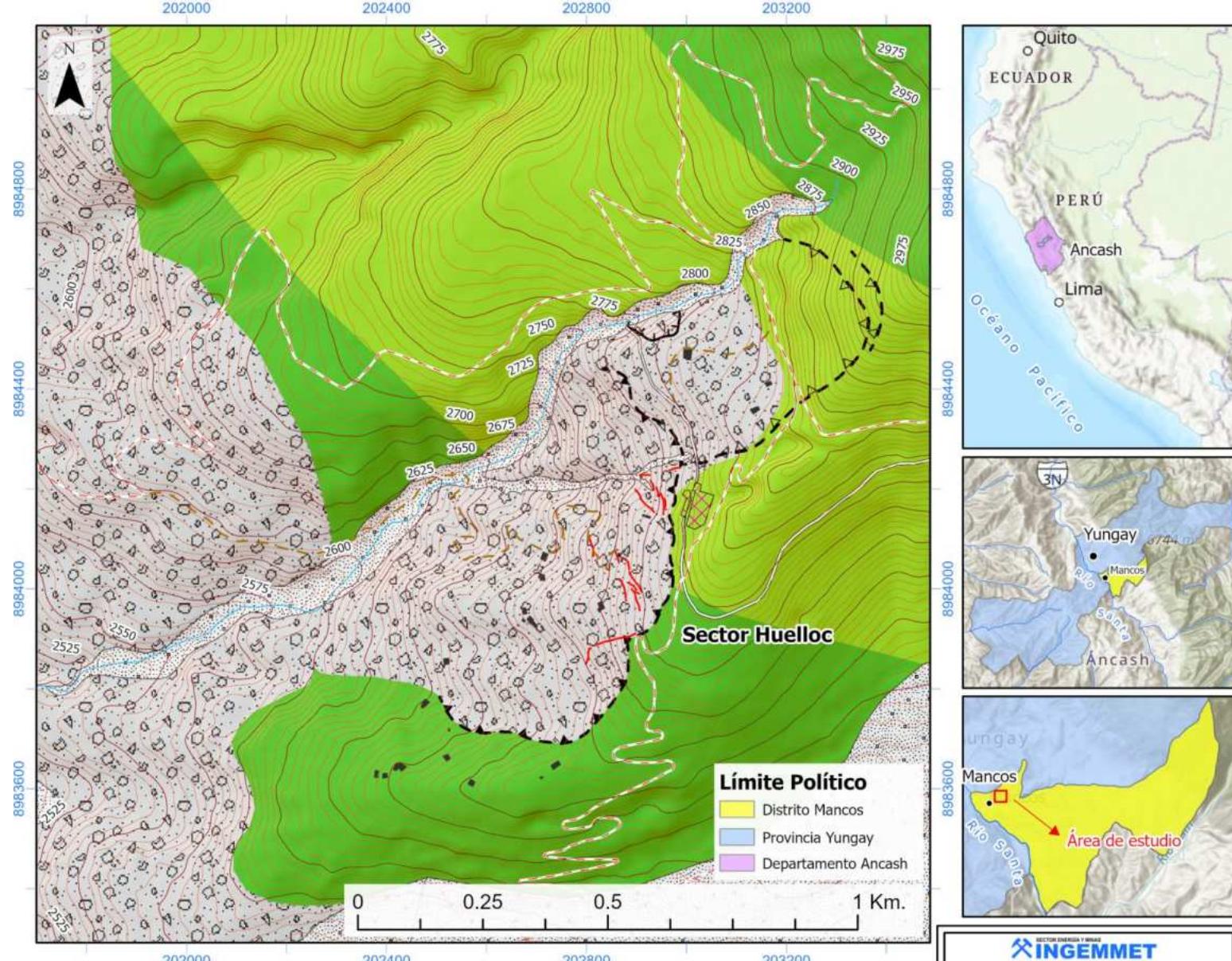


Ing. GILBERTO ZAVALA CARRÓN
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

8. BIBLIOGRAFÍA

- Cruden, D. M., Varnes, D.J., (1996). Landslide types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslide's investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportatión researchs board Special Report 247, p. 36-75.
- Evans, S. G., y Hungr, O., (1993). The analysis of rock fall hazard at the base of talus slope: Canadian Geotechnical Journal, v. 30p.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (2017). Directorio Nacional de Centros Poblados. Censos Nacionales 2017: XII de Población; VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.
- ISRM (1981). Suggest method for the quantitative description of discontinuities in rock masses: International Journal of Rock Mechanics, Min. Sci. & Geomech. Abstr. V. 18, p. 85-110.
- 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.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, SENAMHI (2020). Mapa de clasificación climática del Perú (Texto). Lima, Perú.
- Suárez Díaz, J. (2007). Deslizamientos - Técnicas de Remediación (1a ed.). Erosion.com.
- Varnes, D. J. (1978). Slope movement types and processes, en Shuster R.L., y Krizek R.J., ed, Landslides analysis and control: Washington D.C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 176, p. 9-23.
- Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. España: Instituto Geográfico Agustín Codazi
- WP/WLI, (1993). A suggest method for describing the activity of a landslide: Bulletin of the International Association of Engineering Geology, N°47. p. 53-57.
- Zavala, B. & Vilchez, M. (2009). Estudio de Riesgos Geológicos en la Región Áncash. Boletín N°34, Serie C. INGEMMET.

**ANEXO 1: MAPAS
MAPAS DEL SECTOR HUELLOC**



Peligros geológicos

- Depósitos aluviales
- Depósitos Coluvio-deluvial
- Formación Santa
- Formación Chimú

Simbología

- | | |
|---|---------------------|
| Escarpe | Drenaje |
| - - - Escarpe de deslizamiento inferido | Camino de herradura |
| - - - Escarpe de deslizamiento antiguo inferido | Vía afirmada |
| — Grietas internas | — Trocha carrozable |
| | — Canal de riego |

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALÚRGICO

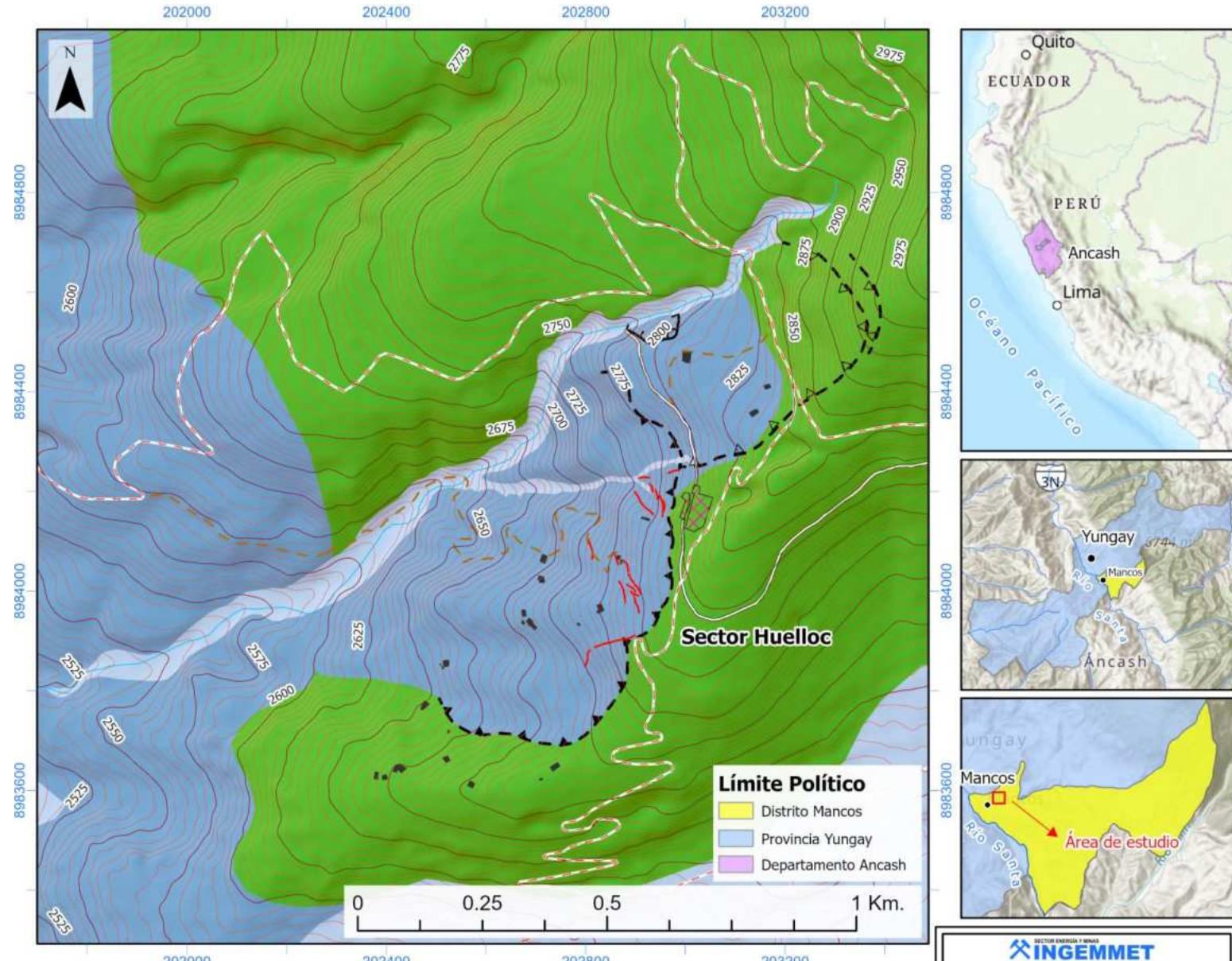
**DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL
Y RIESGO GEOLÓGICO**

ACT16: Servicio de asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional

**Mapa Geológico
Sector Huelloc**

Datum: UTM-WGS84, Zona 18s
Versión digital: año 2024. Versión Impresa: 2024

01



Unidades Geomorfológicas	
V-at	Vertiente aluvio-torrencial
V-cd	Vertiente coluvio-deluvial
RM-rs	Montaña en roca Sedimentaria

Simbología

- Escarpe
- Escarpe de deslizamiento inferido
- Escarpe de deslizamiento antiguo inferido
- Grietas internas
- Drenaje
- Camino de herradura
- Vía afirmada
- Trocha carrozable
- Canal de riego
- Viviendas o estancias
- Planta de Cal
- Curvas secundarias
- Curvas maestras

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALÚRGICO

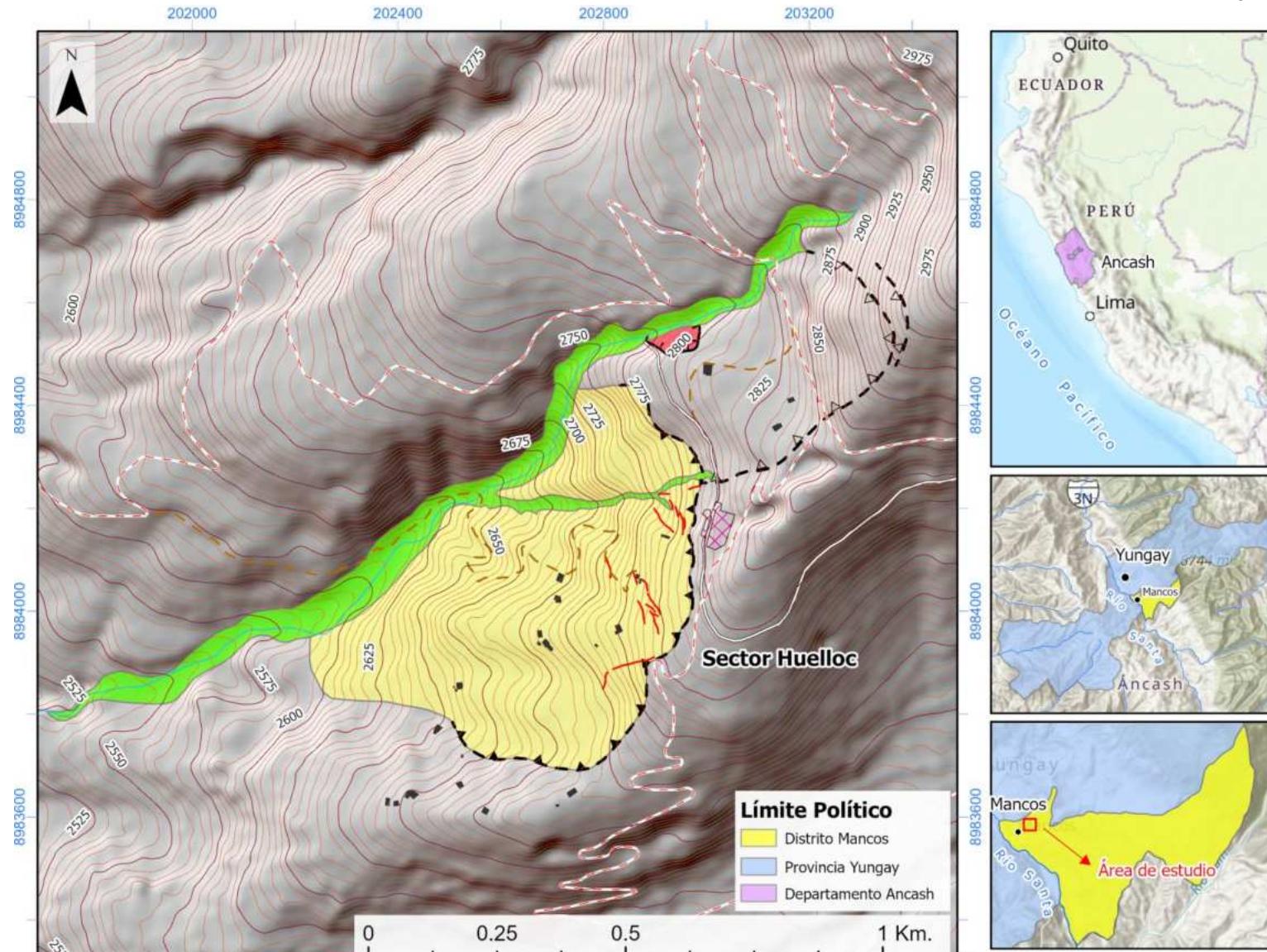
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

ACT16: Servicio de asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional

Mapa Geomorfológico Sector Huelloc

Datum: UTM-WGS84 Zona 18s
 Versión digital: año 2024. Versión impresa: 2024

02



Peligros geológicos

- Deslizamiento activo
- Derrumbe
- Cárcava

Simbología

- Escarpe
- - Escarpe de deslizamiento inferido
- - - Escarpe de deslizamiento antiguo inferido
- Grietas internas

- Drenaje
- Camino de herradura
- Vía afirmada
- Trocha carrozable
- Canal de riego

- Viviendas o estancias
- Planta de Cal
- Curvas secundarias
- Curvas maestras

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL
 Y RIESGO GEOLÓGICO

ACT16: Servicio de asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional

Cartografía de peligros Geológicos

Datum: UTM-WGS84, Zona 18s
 Versión digital: año 2024. Versión impresa: 2024

03

ANEXO 2: PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTIVAS

Para deslizamientos

En la zona evaluada para la mitigación de los peligros geológicos, se debe controlar la infiltración del agua hacia afuera del cuerpo en movimiento. Los métodos de

estabilización de los movimientos en masa, que contemplan el control del agua, tanto superficial como subterránea, son muy efectivos y generalmente más económicos que la construcción de grandes obras de contención, desactivan y disminuyen la presión de los poros, considerada el principal elemento desestabilizante en laderas. El drenaje reduce el peso de la masa y al mismo tiempo aumenta la resistencia de la ladera (Suárez Díaz, 1998). Las medidas de drenaje recomendadas son:

a. Drenaje Superficial

Las zanjas construidas permiten la recolección de aguas superficiales, captan la escorrentía tanto de la ladera, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y desvía el agua a las quebradas adyacentes al cuerpo de la zona afectada, evitando su infiltración, captando el agua de escorrentía, llevándola a un sitio lejos del movimiento. Éstas deben ser construidas en la parte superior de la zona en movimiento (**Figura A**). En las obras construidas - zanjas de drenaje es necesario impermeabilizar la caja hidráulica captando y evitando totalmente la infiltración de las aguas de escurrimiento la ladera, según las imágenes adjuntas.

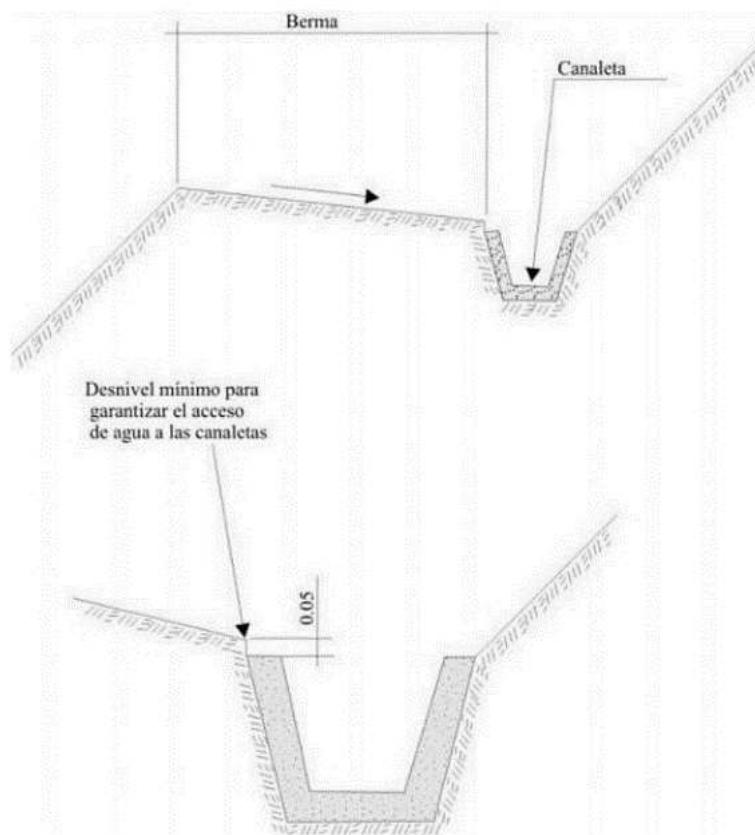


Figura A. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

b. Revegetación

Los árboles y arbustos de raíz profunda aportan una resistencia cohesiva significativa a los mantos de suelo más superficiales y al mismo tiempo, facilitan

el drenaje subterráneo, reduciendo en esta forma la probabilidad de movimientos en masa poco profundos (Suárez Díaz, 2007).

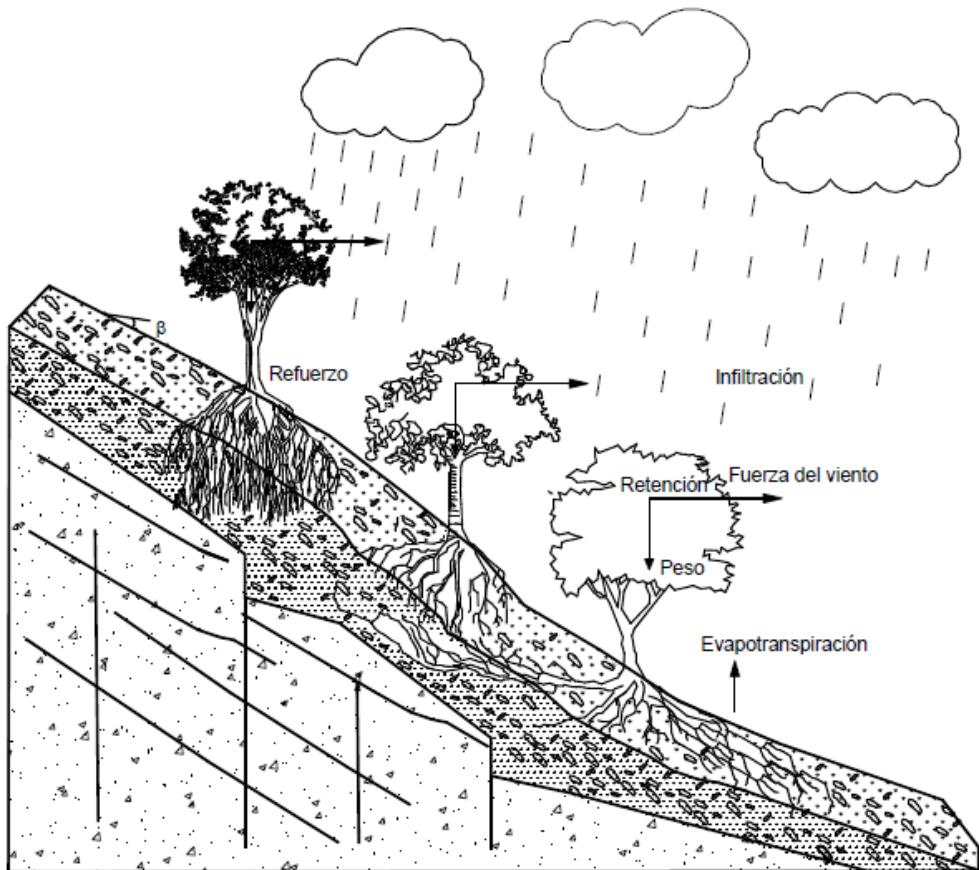


Figura B. Estabilización de taludes utilizando vegetación. Fuente: Suárez, Díaz (2007).



Figura C. Ejemplo de bioingeniería con arbusto (vetiver) en taludes de materiales sueltos.