

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7527

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR CAÍDA DE ROCAS EN EL ASENTAMIENTO HUMANO LOS JAZMINES

Provincia: Provincia constitucional del Callao

Distrito: Mi Perú



JULIO
2024

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR CAÍDA DE ROCAS EN EL ASENTAMIENTO HUMANO LOS JAZMINES

*Distrito Mi Perú
Provincia constitucional del Callao*



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

Equipo de investigación:

Mauricio A. Núñez Peredo

Norma L. Sosa Senticala

Referencia bibliográfica

Núñez, M. & Sosa, N. (2024). "Evaluación de peligros geológicos por caída de rocas en el Asentamiento Humano Los Jazmines". Distrito Mi Perú, provincia constitucional del Callao. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N°A7527, 48p.

ÍNDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Objetivos del estudio	2
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	3
1.3. Aspectos generales	4
1.3.1. Ubicación.....	4
1.3.2. Población.....	4
1.3.3. Accesibilidad.....	4
1.3.4. Clima	6
2. DEFINICIONES	7
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	8
2.1. Unidades litológicas	9
2.1.1. Formación Ventanilla.....	9
2.1.2. Depósitos cuaternarios.....	10
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	11
4.1. Pendientes del terreno	11
4.2. Unidades geomorfológicas	12
4.2.1. Subunidad de lomadas en roca volcanosedimentaria (L-rvs):.....	12
4.2.2. Subunidad de vertiente coluvial (V-c):.....	13
4.2.3. Subunidad de planicie aluvial (PI-a).....	14
4.2.4. Subunidad de Mantos de arena (MN-ar).....	14
5. PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA	14
5.1. Caída de rocas	14
5.1.1. Características visuales	16
5.1.2. Análisis de perfil transversal.....	17
5.1.3. Caracterización geomecánica.....	19
5.1.4. Análisis cinemático	19
5.1.5. Factores condicionantes	24
5.1.6. Factores detonantes desencadenantes.....	25
5.1.7. Factor antrópico	26
5. CONCLUSIONES	28
6. RECOMENDACIONES	29
7. BIBLIOGRAFÍA	30
ANEXO 1: Mapas	31
ANEXO 2: Fichas de clasificación geomecánica	36
ANEXO 3: Alternativas de prevención y/o mitigación en la zona evaluada.	40

RESUMEN

El Ingemmet, institución técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) el “Servicio de asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico.

En el área de estudio afloran rocas volcanoclástica de la Formación Ventanilla. Geotécnicamente, el substrato rocoso presenta una resistencia baja (25-50 MPa), con cinco familias de discontinuidades, no persistentes (< 3m); muy fracturadas, con espaciamientos muy próximos a próximos entre si (0.06-0.20 m), aberturas algo abiertas (0.1 – 1.0 mm) y sin relleno visible. Superficialmente, la roca se muestra moderadamente meteorizado y muy alterado.

La subunidad geomorfológica donde se ubicas las caídas de roca corresponde a ladera de lomada modelada en roca volcanosedimentaría con superficie intensamente meteorizada. La ladera presenta pendiente variables de fuertes a muy fuerte (15° a 45°); además, se tiene depósitos de desmonte asociado a cortes de talud y no se observa vegetación nativa.

Geodinámicamente, el área evaluada presenta varios bloques de roca inestables ya sea aislados o separados del macizo rocoso, o bloques sueltos acumulados en la ladera, susceptibles a desprenderse pendiente abajo comprometiendo la seguridad física de viviendas y personas asentadas ladera abajo.

De acuerdo con el testimonio de los pobladores, se tienen caídas de roca esporádicas y recurrentes a lo largo del año provenientes de la ladera superior, con tamaños de roca variable entre 0.10 m a 0.30 m que no llegan a ocasionar daños.

El principal sector crítico identificado del área avaluada, se ubica a solo 30 m hacia el noroeste de la mazana N1´ del A.H. Los Jazmines. Se trata de un macizo rocoso fuertemente fracturado, con dos sistemas principales de diaclasas, muy abiertas, que dejan un bloque aislado con una separación entre 0.30 a 0.50 m. Considerando el tipo de roca y su densidad (~2.4 g/cm³), se estiman una masa de ~21.9 toneladas de material susceptible a caer.

En general, el macizo rocoso presenta una calidad geotécnica mala; una resistencia a la comprensión simple catalogada como baja (25-50 Mpa); un grado de fracturación clasificado como muy mala (<25%) y superficialmente la matriz rocosa se encuentra muy alterada (50-90%).

Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas mencionadas, 12 viviendas de la manzana N1´ del A.H. Los Jazmines, se encuentran en **Peligro Alto** ante la ocurrencia de caída de rocas, debido que se encuentran dentro de la zona de alcance máximo del principal sector crítico identificado; los cuales pueden ser desencadenados en temporada de lluvias intensas y/o sismos.

Finalmente, se brinda algunas recomendaciones correctivas generales a fin de que las autoridades competentes lo pongan en práctica como son: implementar medidas de mitigación estructural frente a caídas de rocas necesarias para proteger a los elementos expuestos, realizar el desquinche de las rocas sueltas, construir muros de contención para mitigar los efectos de las caídas de rocas, entre otras.

1. INTRODUCCIÓN

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

Atendiendo la solicitud del Gobierno Regional del Callao, según Oficio N°000329-2024-GRC/GRDNDYSC; 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 Asentamiento Humano Los Jazmines del distrito de Mi Perú.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los ingenieros geólogos Mauricio Núñez Peredo y Norma Sosa Senticala, para realizar la evaluación de peligros geológicos respectiva, en el sector mencionado en el párrafo anterior, el día 11 de abril del año en curso. Los trabajos de campo se realizaron en coordinación con los representantes del Gobierno Regional del Callao, la subgerencia de Riesgo de desastres de la Municipalidad distrital de Mi Perú y autoridades locales del Asentamiento Humano Los Jazmines.

La evaluación técnica se realizó en 03 etapas: etapa de pre-campo con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET; etapa de campo a través de la observación, toma de datos (sobrevuelos dron, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada; y para la etapa final de gabinete se realizó el procesamiento de toda información terrestre y aérea adquirida en campo, fotointerpretación de imágenes satelitales, cartografiado e interpretación, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del informe.

Este informe se pone a consideración del Gobierno Regional del Callao, Municipalidad Distrital de Mi Perú 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. A fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa en el Asentamiento Humano Los Jazmines del distrito Mi Perú, Callao.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes de la ocurrencia de peligros geológicos.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación 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 temas de geología y geodinámica externa (boletines), de los cuales destacan los siguientes:

- A) Boletín N°33 serie L, Actualización de la Carta Geológica Nacional: “Geología del cuadrángulo de Chancay” (Mamani, Fabián & Jacay; 2021). Describe la geología regional a escala 1:50, 000 de la zona evaluada, donde se exponen principalmente areniscas volcanoclásticas de la Formación Ventanilla.
- B) Boletín N°70, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Peligros geológicos en la región Lima” (Luque *et al.*, 2020). Los autores señalan que las caídas de rocas y los derrumbes son los más predominantes, condicionados por la pendiente del terreno, al fuerte fracturamiento de las rocas y cortes de talud.
- C) Boletín N°59, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Peligros geológicos en el área de Lima Metropolitana y la región Callao” (Villacorta *et al.*, 2015). El estudio concluye que los procesos de caídas de rocas y derrumbes, son los más recurrentes, asociados por la pendiente del terreno y el fuerte fracturamiento de la roca (rocas sueltas en la ladera).
- D) Mapa de susceptibilidad por movimiento en masa del Perú (Fidel *et al.*, 2010). Donde se muestra que el distrito Mi Perú, se localizan en zonas de susceptibilidad alta a muy alta (figura 1).

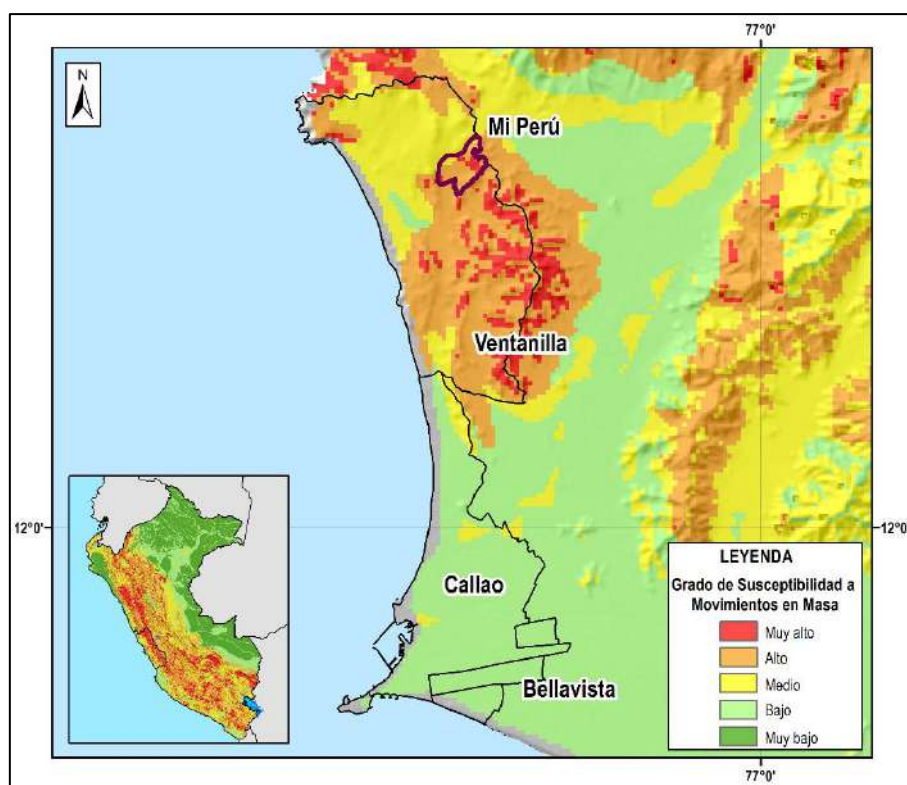


Figura 1: Susceptibilidad por movimientos en masa de la provincia constitucional del Callao y alrededores. **Fuente:** Fidel *et al.*, 2010.

- E) Boletín N°43 serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología de los cuadrángulos de Lima, Lurín, Chancay y Chosica” (Palacios, Caldas & Vela, 1992). Describe la geología regional a escala 1:100, 000 de la zona evaluada.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El Asentamiento Humano (A.H.) Los Jazmines políticamente pertenece al distrito Mi Perú, provincia constitucional del Callao (figura 2). Las coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18S) se muestran en la tabla 1 que a continuación se detalla:

Tabla 1. Coordenadas del área de estudio.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	269456.2871	8688751.098	-11.85368089°	-77.11623934°
2	269456.2871	8688592.207	-11.85511684°	-77.1162504°
3	269288.5863	8688592.207	-11.85510533°	-77.11778906°
4	269288.5863	8688751.098	-11.85366939°	-77.11777798°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
	269353.058	8688682.196	-11.8542965°	-77.11719126°

1.3.2. Población

Según el Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, el distrito Mi Perú presenta una población censada de 45 297 habitantes distribuidos en un total de 11 895 viviendas particulares.

Así mismo, de acuerdo al plano distrital de Mi Perú, el A.H. Los Jazmines presenta un total 55 viviendas (Municipalidad Distrital de Mi Perú, 2018).

Tabla 2: Distribución poblacional en el distrito Mi Perú

DISTRITO	POBLADO	POBLACIÓN	VIVIENDAS
Mi Perú	Mi Perú	45 297	11 895

1.3.3. Accesibilidad

El acceso se realizó por vía terrestre desde la sede central de Ingemmet, mediante la siguiente ruta (tabla 3):

Tabla 3. Ruta de acceso.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Callao – Mi Perú – Los Jazmines	Asfaltada	37.9	1 hora 34 min

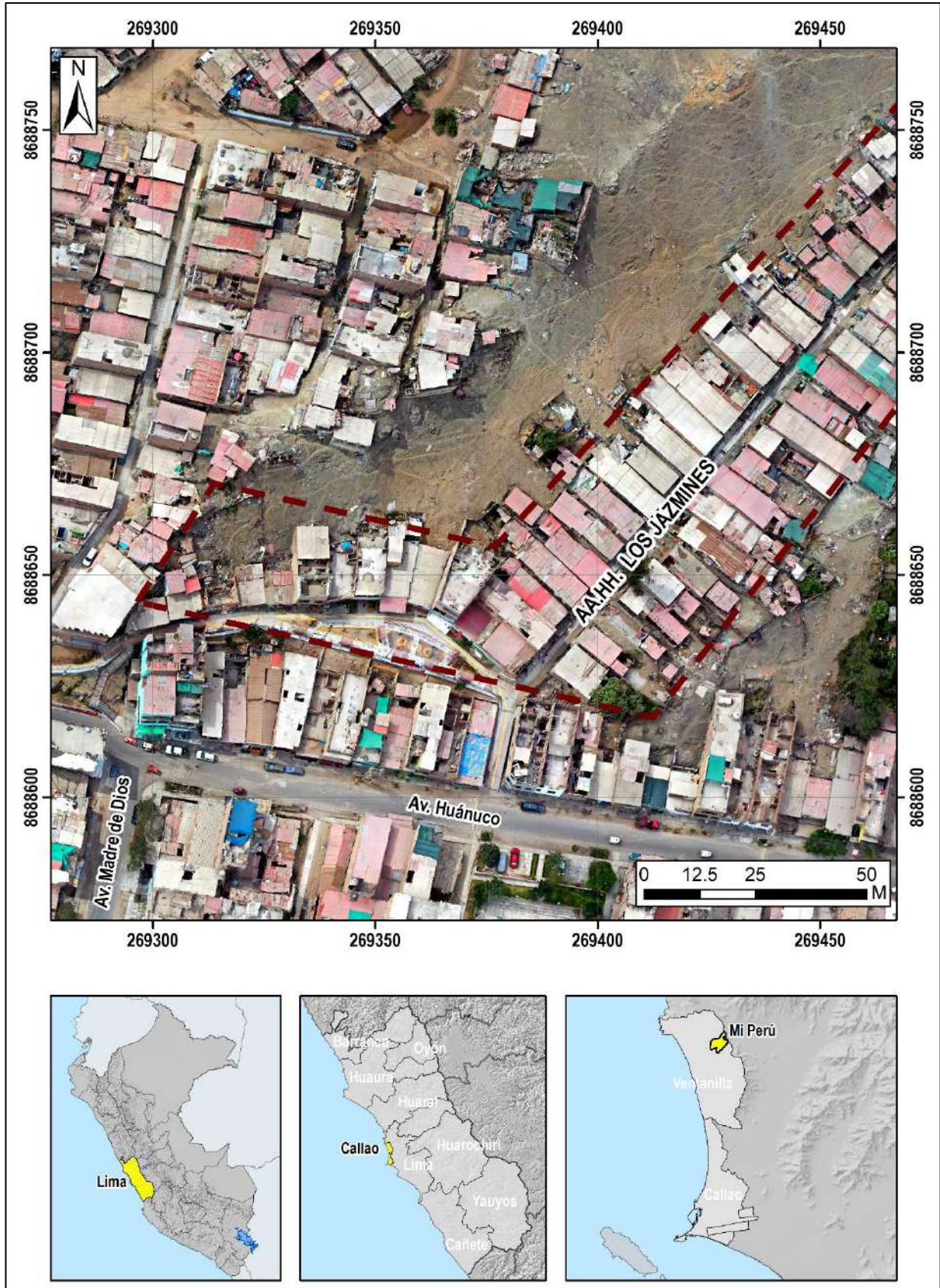


Figura 2: Ubicación del Asentamiento Humano Los Jazmines (demarcado en líneas entrecortadas cafés). Distrito Mi Perú, provincia constitucional del Callao.

1.3.4. Clima

Según la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 2020), el distrito Mi Perú, presenta un clima desértico semicálida, con deficiencia de lluvias en todas las estaciones del año, y con humedad relativa calificada como húmeda.

En cuanto a la cantidad de lluvia, según datos meteorológicos y pronóstico del tiempo del servicio de aWhere (que analiza los datos de 2 millones de estaciones meteorológicas virtuales en todo el mundo, combinándolos con datos raster y de satélite), la precipitación máxima registrada en el periodo enero 2021 – mayo 2024 fue de 3.9 mm, (figura 3).

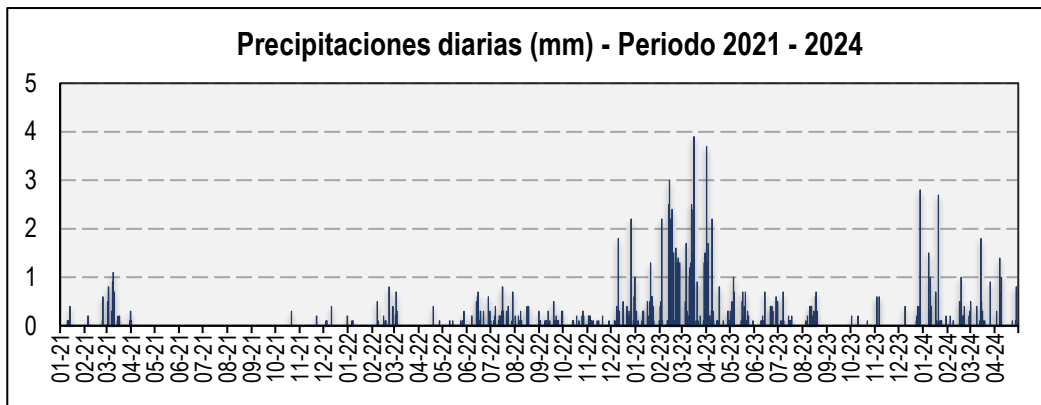


Figura 3. Precipitaciones máximas diarias en mm, distribuidas a lo largo del periodo 2021-2024. La figura permite analizar la frecuencia de las anomalías en las precipitaciones pluviales que inducen al desarrollo de la erosión del suelo. Fuente: Landviewer, disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/10036911>.

La temperatura anual oscila entre un máximo de 29.0°C en verano y un mínimo de 08.0°C en invierno (figura 4). Así mismo, presenta una humedad promedio de 73.7% durante casi todo el año, (Servicio aWhere).

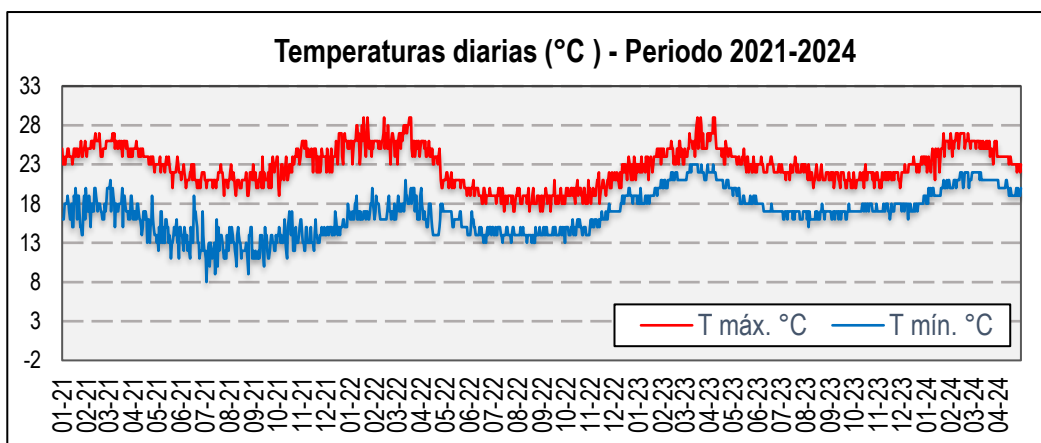


Figura 4. Temperaturas máximas y mínimas diarias, distribuidas a lo largo del periodo 2021-2024. La figura permite analizar la variedad, saltos extremos de temperatura, duración y regularidad. Fuente: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/10036911>.

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:

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.

ALUVIAL: Génesis de la forma de un terreno o depósito de material debida a la acción de las corrientes naturales de agua.

CAÍDA: Tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de la superficie de un talud, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire, pero con algunos golpes, rebotes y rodamiento. Dependiendo del material desprendido se habla de una caída de roca, o una caída de suelo. Algunos autores, como Corominas y Yague (1997) denominan colapso a los casos en que el material cae de manera eminentemente vertical.

CAÍDA DE ROCAS: Tipo de caída producido cuando se separa una masa o fragmento de rocas y el desplazamiento es a través del aire o caída libre, a saltos o rodando.

COLUVIAL: Forma de terreno o material originado por la acción de la gravedad.

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.

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.

FORMACIÓN GEOLÓGICA: Unidad litoestratigráfica formal que define cuerpos de rocas caracterizados por presentar propiedades litológicas comunes (composición y estructura) que las diferencian de las adyacentes.

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, huaicos, 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.

ZONA CRÍTICA: Las zonas o áreas consideradas como críticas (Fidel et al., 2006), presentan recurrencia en algunos casos periódica a excepcional de peligros geológicos y geohidrológicos; alta susceptibilidad a procesos geológicos que puede causar desastres y alto grado de vulnerabilidad.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La geología local, se desarrolló teniendo como base el mapa geológico del cuadrángulo de Chancay (24i-II), a escala 1: 50,000 (Mamani, Jacay & Fabián; 2021); así como la referencia del Boletín N°L33: "Geología del cuadrángulo de Chancay (Mamani, Fabián & Jacay; 2021), publicados por Ingemmet.

De igual manera, esta información se complementó con trabajos de interpretación de imágenes de satélite, vuelos de dron y observaciones de campo.

2.1. Unidades litológicas

La unidad litológica que aflora en el área de estudio está conformada principalmente por la Formación Ventanilla del Cretácico inferior. Esta unidad se encuentra cubierta por depósitos recientes coluviales, eólicos y aluviales, que han sido acumulados desde el Pleistoceno hasta la actualidad, (anexo 1: Mapa 01).

2.1.1. Formación Ventanilla

Esta unidad litoestratigráfica está constituido por areniscas volcanoclásticas de coloración verde a gris, con granulometría fina a gruesa con presencia de granos angulosos a subredondeados. Superficialmente, la roca se muestra moderadamente meteorizado y muy alterado (fotografía 1).

Geotécnicamente, el substrato rocoso presenta una resistencia baja (25-50 MPa), con cinco familias de discontinuidades no persistentes (< 3m); muy fracturadas, con espaciamentos muy próximos a próximos entre si (0.06-0.20 m), aberturas algo abiertas (0.1 – 1.0 mm) y sin relleno visible.



Fotografía 1. Vista del substrato rocoso constituido por areniscas volcanoclásticas, de coloración verde a gris, granulometría fina a gruesa de la Formación Ventanilla. Superficialmente se muestra el sistema de fracturamiento, con espaciamentos muy próximos a próximos entre sí, aberturas algo abiertas y sin relleno visible. Coordenadas referenciales UTM WGS-84, 18S: E: 269348; N: 8688666.

2.1.2. Depósitos cuaternarios

a. Depósito eólico (Q-eo):

Los depósitos eólicos están conformados por arenas de grano medio a fino, de color beige, secas, masivas a ligeramente estratificadas, inconsolidados y acumuladas al pie de las laderas (fotografía 2).

Estos depósitos se caracterizan por ser de compacidad suelta a muy suelta, poco cohesivos y de fácil excavación, en general, presentan problemas como materiales de fundación, especialmente relacionada a su comprensividad y resistencia (asentamientos y capacidad de carga); este tipo de suelo predomina con espesores entre 1 y 5 m, sobre los cuales se asienta el A.H. “Los Jazmines”.



Fotografía 2. Vista de depósito eólico (Q-eo) conformado por arenas inconsolidados de grano medio a fino, acumuladas al pie de la ladera. Se caracteriza por ser de compacidad suelta a muy suelta y poco cohesivos. Coordenadas referenciales UTM WGS-84, 18S: E: 269360; N: 8688663.

b. Depósito coluvial (Q-co)

Corresponde a depósitos inconsolidados acumulados al pie o en las laderas, en forma de talud de detritos irregulares que descienden hacia terrenos con menor pendiente por acción de la gravedad.

Presenta una naturaleza litológica homogénea que corresponde a bloques sueltos (hasta 0.5 m de diámetro) y gravas (fotografía 3); sin embargo, su granulometría es variable con fragmentos angulosos a subangulosos y su grado de compacidad es bajo, no consolidado.

Este tipo de depósito corresponde a material potencialmente inestable en las laderas, que ante movimientos sísmicos de moderada a fuerte magnitud podrían generar daños en las viviendas asentadas ladera abajo.



Fotografía 3. Vista de depósitos coluviales (Q-c), formando por fragmentos líticos, angulosos a subangulosos, heterométricos, inconsolidados, acumulados al pie de laderas, en forma de talud de detritos irregulares. Coordenadas referenciales UTM WGS-84, 18S: E: 269368; N: 8688687.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

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

En el anexo 1: Mapa 02, se presenta el mapa de pendientes elaborado en base a información del modelo de elevación digital (DEM) de 0.20 m de resolución obtenido de sobrevuelos de dron.

De acuerdo a este mapa, la zona de evaluación se localiza en laderas de montañas cuyos rangos de pendientes van desde muy fuerte (25° a 45°) a muy escarpado ($>45^\circ$). Este rango de pendientes es el resultado de una intensa erosión y desgaste de la superficie terrestre (figura 5).



Figura 5. Vista de la inclinación de las laderas colindantes al A.H. Los Jazmines, mostrando pendiente muy fuerte a muy escarpadas (25° - $>45^\circ$). Coordenadas referenciales UTM WGS-84, 18S: E: 2693336; N: 8688668.

4.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio (Anexo 1: Mapa 03), se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación con la erosión, denudación y sedimentación; además se usó como referencia el mapa geomorfológico regional a escala 1:250 000 elaborado por Ingemmet.

En la zona evaluada y alrededores se han diferenciado las siguientes geoformas:

A) Unidad de lomadas

Corresponden a relieves con diferentes grados de disección; son de menor altura que una montaña (menor de 300 m desde el nivel base local) y con inclinación de laderas promedio superior a 16%. Esta unidad se geomorfológica, generalmente, se ubica próxima a la unidad de montañas y viene a formar parte de las estribaciones andinas, (Villota, 2005).

4.2.1. Subunidad de lomadas en roca volcanosedimentaria (L-rvs):

Corresponde a superficie formada en roca volcanosedimentaria intensamente meteorizado; además, presenta cimas redondeadas y laderas con pendientes que varían entre 25° a 55° (catalogada como muy fuertes a escarpadas).



Fotografía 4. Vista de la subunidad de lomada modelada en rocas volcanosedimentaria. Sus relieves se encuentran asociadas a procesos dominantes de caídas de rocas y derrumbes. Coordenadas referenciales UTM WGS-84, 18S: E: 269420; N: 8688755.

B) Unidad de vertiente

Corresponde a la acumulación de material muy heterogéneo, constituido por bloques, cantos, arenas, limos y arcilla inconsolidados ubicado al pie de las cadenas montañosas; estos depósitos ocupan grandes extensiones. Se identificó las siguientes subunidades:

4.2.2. Subunidad de vertiente coluvial (V-c):

Son depósitos inconsolidados acumulados al pie de las lomadas, en forma de taluds de detritos irregulares de origen coluvial, de edad reciente, que descienden cuesta abajo. Presentan una naturaleza litológica homogénea de granulometría variable con fragmentos angulosos y grado de compacidad bajo, no consolidado.

Son representados por la escala de trabajo empleado, conforman materiales potencialmente inestables de las laderas que caen o ruedan por la fuerza de gravedad, con ayuda de las lluvias intensas o movimientos sísmicos.

C) Unidad de planicie

Superficies planas con ligeras ondulaciones. Están asociadas a depósitos aluviales limitados en muchos casos por depósitos de piedemonte y laderas de montañas o colinas.

4.2.3. Subunidad de planicie aluvial (PI-a)

Se caracterizan por ser terrenos planos (pendiente suave entre 1 y 5°) y de ancho variable. Sobre esta forma de relieve se encuentra asentada la mayor parte de zona urbana del distrito Mi Perú.

D) Unidad de geformas eólicas acumulativas

La capacidad del viento para incorporar partículas al flujo y transportarlas hacia otro lugar afecta exclusivamente a las arenas finas y requiere condiciones de absoluta aridez. La deposición suele suceder a sotavento de relieves u obstáculos como consecuencia de la disminución de la turbulencia del fluido, pero las formas de origen eólico pueden adoptar una variada tipología dependiendo de las variaciones en el sentido del flujo.

4.2.4. Subunidad de Mantos de arena (MN-ar)

Son características de ambientes desérticos. Se trata generalmente de extensas deposiciones de arena eólica en llanuras con pendiente que oscilan entre 0° y 25°. Se observa al pie de lomadas y debido a su fácil excavación y poca resistencia, son utilizados para el asentamiento de la mayoría de viviendas del A.H. Los Jazmines.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA

Los peligros geológicos por movimientos en masa identificados en el área de estudio, corresponden al tipo caída, subtipo caída de rocas (anexo 1: Mapa 4).

La caracterización de estos eventos, se realizó en base a la información obtenida durante los trabajos de campo, donde se identificaron los tipos de movimientos en masa a través del cartografiado geológico y geodinámico, basado en la observación y descripción morfométrica in situ; de igual modo, se tomó datos con GPS, fotografías a nivel de terreno y levantamiento fotogramétrico con dron, a partir del cual se obtuvo un modelo digital de terreno y un ortomosaico con una resolución de 0.15 y 0.05 cm/pixel respectivamente, complementada con el análisis de imágenes satelitales.

Además de ello, la zona es considerada de alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa (Fidel et al., 2010):

5.1. Caída de rocas

Las laderas superiores inmediatas al lado norte y noroeste del A.H. Los Jazmines, presentan varios bloques inestables e inconsolidados; ya sea como bloques individuales separados del macizo rocoso, o bloques sueltos acumulados en las laderas,

susceptibles a desprenderse pendiente abajo, comprometiendo la seguridad física de viviendas y personas asentadas ladera abajo. (figura 6).

La ladera fuente tiene forma abrupta, con variaciones de pendiente, mayormente superiores a 35° orientadas hacia el sureste; además, el área de estudio no presenta vegetación nativa; por el contrario, se tiene depósitos de desmonte asociado a cortes de talud para la construcción de nuevas viviendas.

De acuerdo con el testimonio de los pobladores, se tienen caídas de roca esporádicas y recurrentes a lo largo del año, provenientes de la ladera superior, con tamaños de roca variable entre 0.10 m a 0.30 m (figura 6); que no llegan a ocasionar mayores daños.



Figura 6. Vista de ladera colindante al A.H. Los Jazmines, mostrando varios bloques de roca, sueltos e inestables susceptible a desprenderse pendiente abajo. En flechas entre cortadas rojas se muestra la dirección de caída preferente. Así mismo; se señala en color amarillo, la ubicación y el tamaño de las rocas caídas, reportados por la población.

Sin embargo; el principal sector crítico (SC) susceptible a desprenderse se ubica en las coordenadas referenciales UTM WGS-84, 18S: E: 269357; N: 8688676; a solo 30 m hacia el noroeste de la mazana N1' del A.H. Los Jazmines, generando un riesgo potencial para las personas y viviendas ubicadas próximas a la ladera (figuras 7).

El área fuente susceptible a la caída, está conformada por un macizo rocoso de calidad geotécnica mala; una resistencia a la comprensión simple catalogada como baja (25-50 Mpa); un grado de fracturación clasificado como muy mala (<25%) y superficialmente la matriz rocosa se encuentra muy alterada (50-90%).

Así mismo, el macizo rocoso se encuentra fuertemente fracturado, con dos sistemas principales de fracturas muy abiertas, que dejan un bloque aislado con una separación entre 0.30 a 0.50 m (figura 8). Este bloque, de forma cónica, presenta una longitud de 5.0 m y un ancho de 3.5 m aproximadamente, que hacen un volumen de ~9.16 m³.

Considerando el tipo de roca y su densidad ($\sim 2.4 \text{ g/cm}^3$), se estiman una masa de ~ 21.9 toneladas de material susceptible a caer.

En este sentido, uno de las principales condicionantes de las caídas de rocas, es la red de discontinuidades del macizo rocoso. Esta red da lugar a una estructura de planos de debilidad que determina la forma y el tamaño de los elementos inestables. Además, su orientación respecto a la ladera, determina la dinámica de su inestabilidad.



Figura 7. Vista del principal sector crítico susceptible a desprenderse (polígono color rojo), el cual está formado por un macizo rocoso, fuertemente fracturado (líneas entrecortadas rojas), lo que dada la naturaleza de su composición lo hace inestable. Coordenadas referenciales UTM WGS-84, 18S: E: 269354; N: 8688681.

5.1.1. Características visuales

El principal sector crítico susceptible a caída de roca, presenta las siguientes características:

- Arranque: Talud rocoso fracturado.
- Tipo de rotura: Planar, cuña y vuelco
- Zona de arranque: Ladera.
- Forma de zona de arranque: Irregular.
- Características del depósito: Bloques aislados
- Alcance máximo: 35 metros
- Tamaño de bloque: ~ 5.0 m de longitud, ~ 3.5 m de ancho.
- Masa de bloque: ~ 21.9 toneladas.
- Efecto principal: Podría afectar viviendas de la mazana N1 del A.H. Los Jazmines.
- Bloques aislados que varían de 0.10 a 0.30 m de diámetro.
- La pendiente varía entre 35° a 55° .



Figura 8. Vista de perfil del sector crítico (SC), formado por un macizo rocoso fuertemente fracturando, con dos sistemas de fracturas muy abiertas, que dejan un bloque aislado (polígono color rojo), con una separación entre 0.30 a 0.50 m.

5.1.2. Análisis de perfil transversal

En base al levantamiento fotogramétrico con dron se generó un modelo digital de terreno (MDT), obteniendo un perfil trasversal A-A´ (figura 9), de la ladera colindante al A.H. Los Jazmines.

El perfil transversal A-A´ muestra el principal sector crítico susceptible a caída, ubicado sobre los 100 m s.n.m. y con un ángulo de arranque de 40° (pendiente del terreno). El bloque podría caer y tumbar la pared de viviendas ubicadas a solo 30 metros en línea horizontal, haciendo que esta se desvíe y pierda su velocidad de caída.

Según el criterio de Evans y Hungr (1993), basado en métodos empíricos, sugiere usar el análisis de caída de rocas en un terreno inclinado un “ángulo mínimo de sombra de 27.5°”, con ello se podrá determinar un alcance máximo de los bloques de roca.

Aplicando este criterio, se observa que 12 viviendas de la manzana N1´ del A.H. Los Jazmines, se ubica dentro la zona de alcance máximo de las rocas (figura 9), lo que permite indicar que, ante la ocurrencia de sismos de gran magnitud, los bloques tienen alta probabilidad de impactar y afectar las viviendas (figura 10).

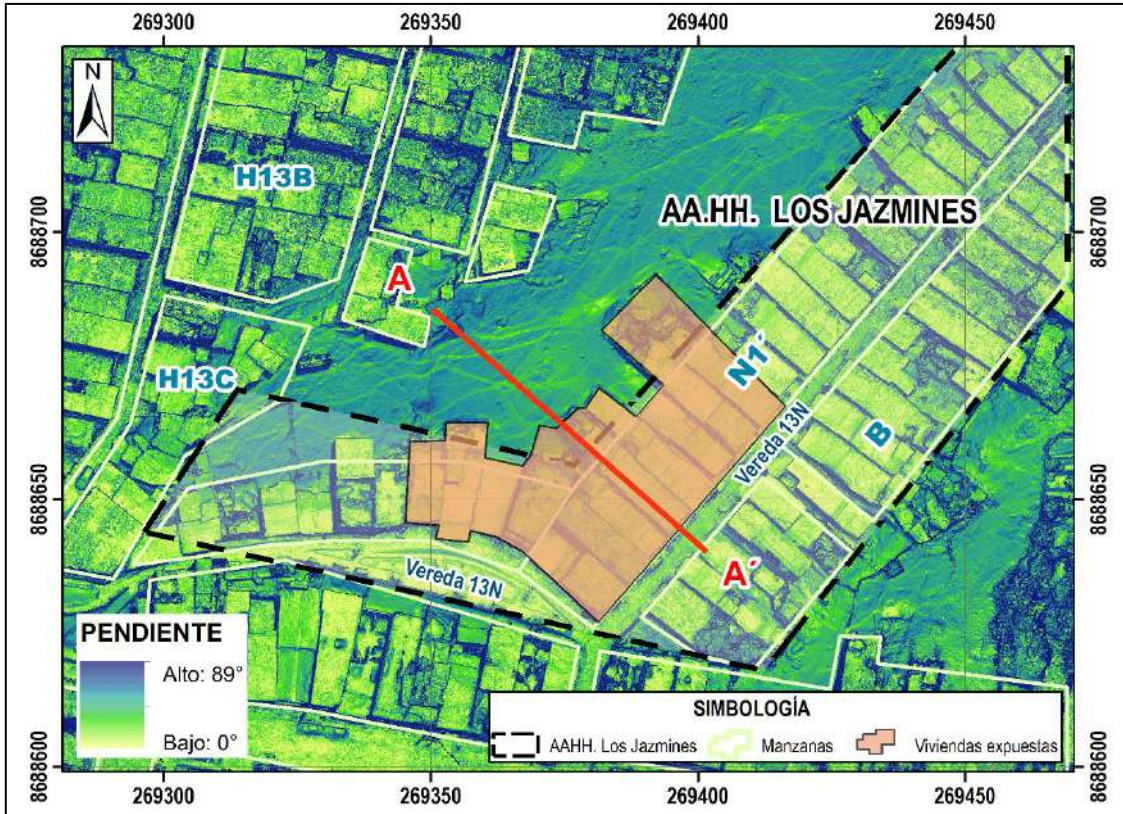


Figura 9. Ubicación del perfil A-A' trazado en el principal sector crítico susceptible a caer y las viviendas expuestas demarcadas en polígono naranja.

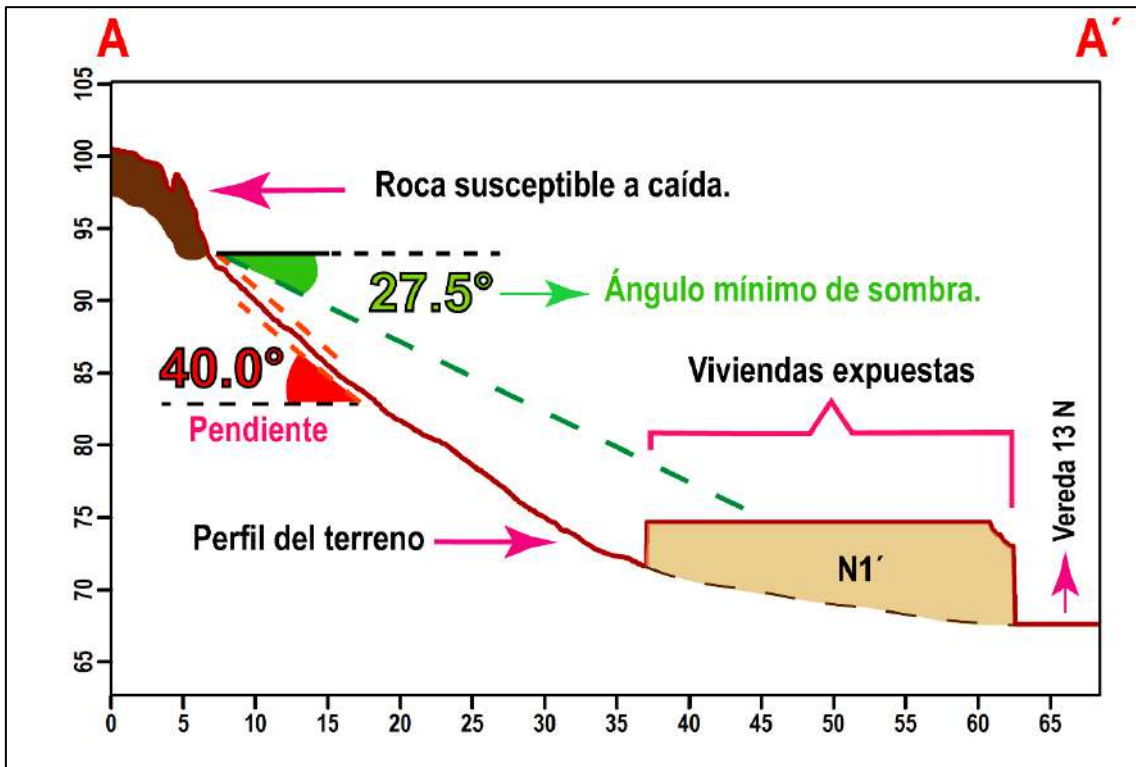


Figura 10. Perfil transversal del principal sector crítico susceptible a caída de rocas, mostrando un ángulo de arranque de 40° así como las viviendas expuestas de la manzana N1'. Así mismo se muestra el ángulo mínimo de sombra, como el alcance máximo que se debería considerar según el criterio de Criterio de Evans, S.G. y Hungr, O. (1993).

Para determinar el comportamiento geotécnico de los macizos rocosos circundantes al sector crítico se consideraron 03 estaciones geomecánicas con separaciones de 5.0 a 8.0 m; además, con el fin de analizar los desprendimientos de rocas, se realizó un análisis cinemático de inestabilidades potenciales por proyección estereográfica.

5.1.3. Caracterización geomecánica

Con la información lito-estructural y la caracterización de la masa rocosa, se ha clasificado al macizo rocoso involucrado en las diferentes celdas de detalle del mapeo geotécnico utilizando los criterios de clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR: Rock Mass Rating 1989). En general, el área de estudio presenta calidades de roca clasificadas como regulares a malas (ver detalle en anexo 2).

En la tabla 4, se presenta el resumen de la distribución de calidades del macizo rocoso circundante al sector crítico; de esta manera los resultados de la caracterización geomecánica nos permiten deducir que estas están relacionadas directamente con el fuerte fracturamiento de la zona de estudio y los procesos de caídas de rocas.

Tabla 4. Resumen de las estaciones geomecánicas.

NRO. ESTACIÓN	TALUD DIP / DIP DIR	RMR TOTAL	DESCRIPCIÓN
E-01	53/168	46	REGULAR
E-02	52/160	48	REGULAR
E-03	49/170	37	MALA

El macizo rocoso se categoriza de calidad geotécnica mala presenta resistencia baja (25-50 Mpa); un grado de fracturación muy mala (<25%); las juntas se encuentran muy próximos a próximos (<0.06 - 0.2 m); sub persistente (3-10 m) a no persistentes (1-3 m); además estas se encuentran muy abiertas (> 5 mm), ligeramente rugosas, con rellenos suaves (>5 mm), y superficialmente muy meteorizada.

El macizo también presenta sectores con calidad geotécnica regular con resistencia baja (25-50 Mpa), grado de fracturación muy mala (<25%); además, las juntas se encuentran muy próximos a próximos (<0.06 - 0.2 m), no persistentes (1-3 m); estas se encuentran cerradas a algo abiertas (0.1-1.0mm); ligeramente rugosas a lisas, sin relleno y superficialmente de moderada a muy meteorizadas.

5.1.4. Análisis cinemático

Con el fin de analizar los diferentes desprendimientos de materiales que se observaron en campo, se realiza un análisis cinemático para los taludes según los sets de discontinuidades definidos en cada estación geomecánica. Los modos de falla a analizar corresponden a falla planar, cuña y volcamiento de bloques.

En todos los análisis se utilizó un ángulo de fricción interna de 30°, definido por el software RocData, valor que se obtuvo de acuerdo a las observaciones de campo in situ y los valores obtenidos en las fichas geomecánicas.

En general, las 3 estaciones geomecánicas realizadas presentan diferentes tipos de rotura, tal y como se puede visualizar en la siguiente tabla resumen:

Tabla 5. Resumen del análisis cinemático para el talud colindante al A.H. Los Jazmines.

NRO. ESTACIÓN	TALUD DIP / DIP DIR	UCS (MPa)	ϕ	ANÁLISIS CINEMÁTICO		
				Falla planar	Falla por cuña	Falla por volcamiento
E-01	53/168	42	30°	Falla planar	Falla por cuña	Falla por volcamiento
E-02	52/160	44	30°		Falla por cuña	Falla por volcamiento
E-03	49/170	47	30°		Falla por cuña	Falla por volcamiento

La estación geomecánica 01, presenta probabilidades de roturas planares, en cuña y por volcamiento directo: La rotura planar se desarrolla a través de la familia J1 (figura 11), que corresponden a discontinuidades con buzamientos a favor de la pendiente favoreciendo la ruptura e inestabilidad del talud.

Así mismo; se tiene probabilidad de rotura en cuña (figura 12) a lo largo de dos planos de debilidad a favor de su línea de intersección (familias J1 y J5) y controlados por el buzamiento del talud (figura 13).

Y, por último, se tiene probabilidad de rotura por volcamiento, debido a la familia J1. El espaciado (< 0.06 m) y persistencia (<1m) de las fracturas ocasionarían caídas de roca de bajo volumen.

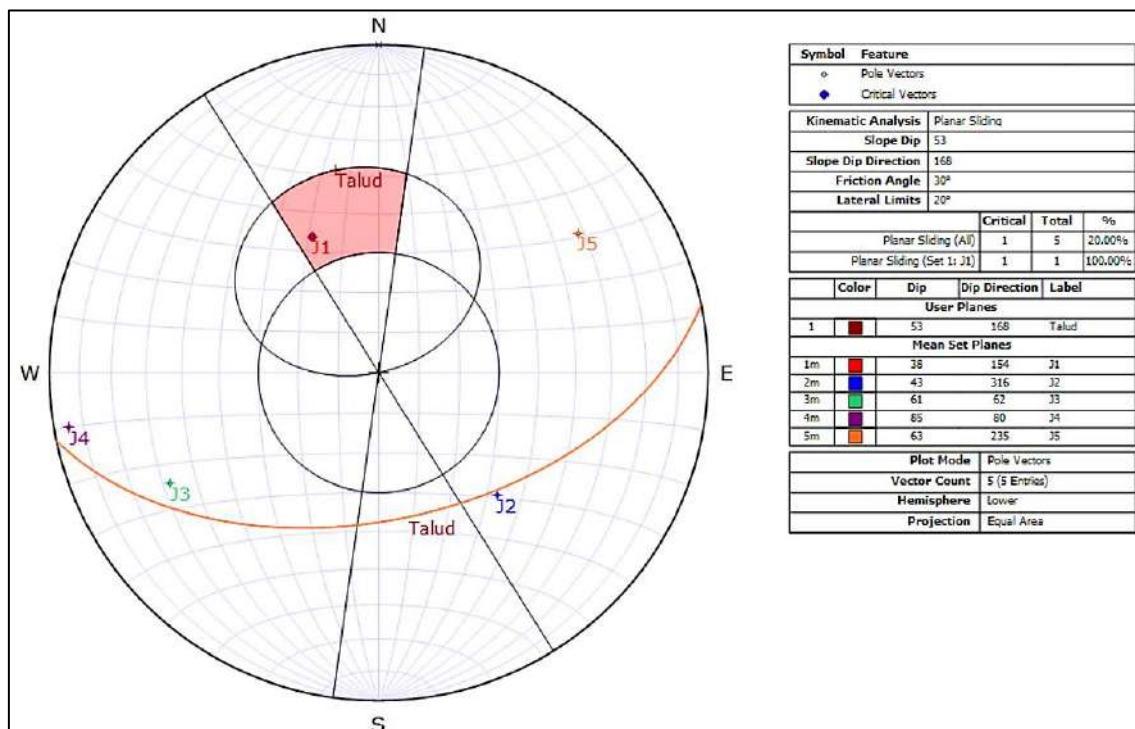


Figura 11. Análisis cinemático por rotura planar de la estación geomecánica E-01.

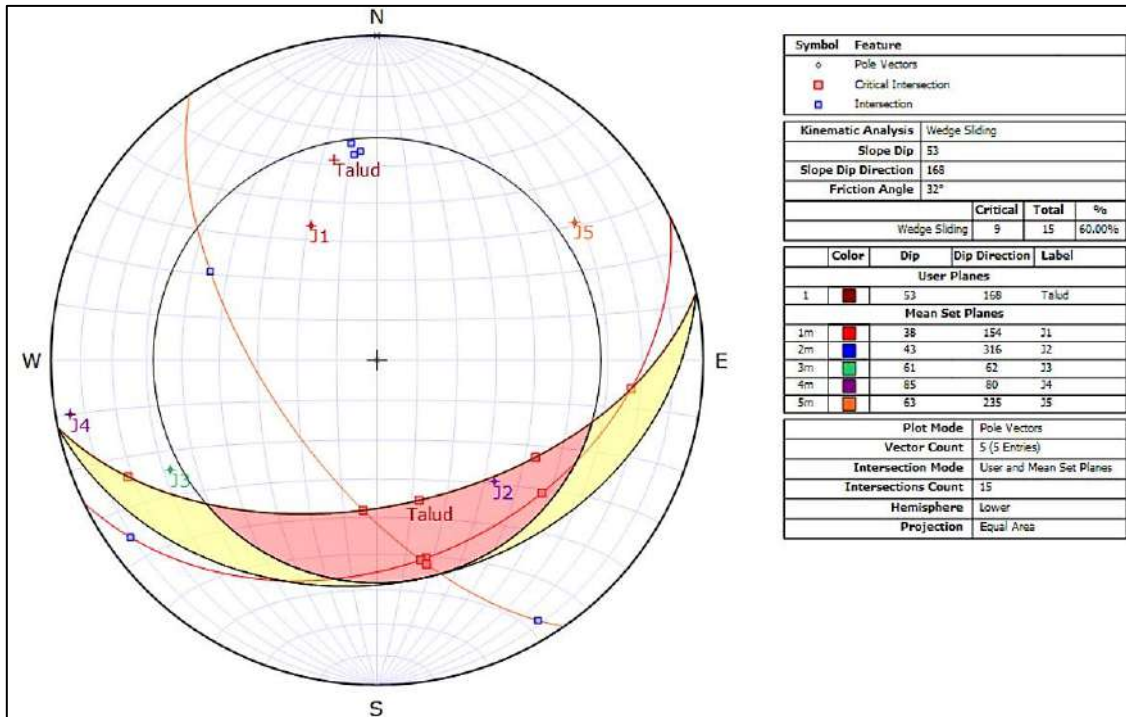


Figura 12. Análisis cinemático por rotura en cuña de la estación geomecánica E-01.

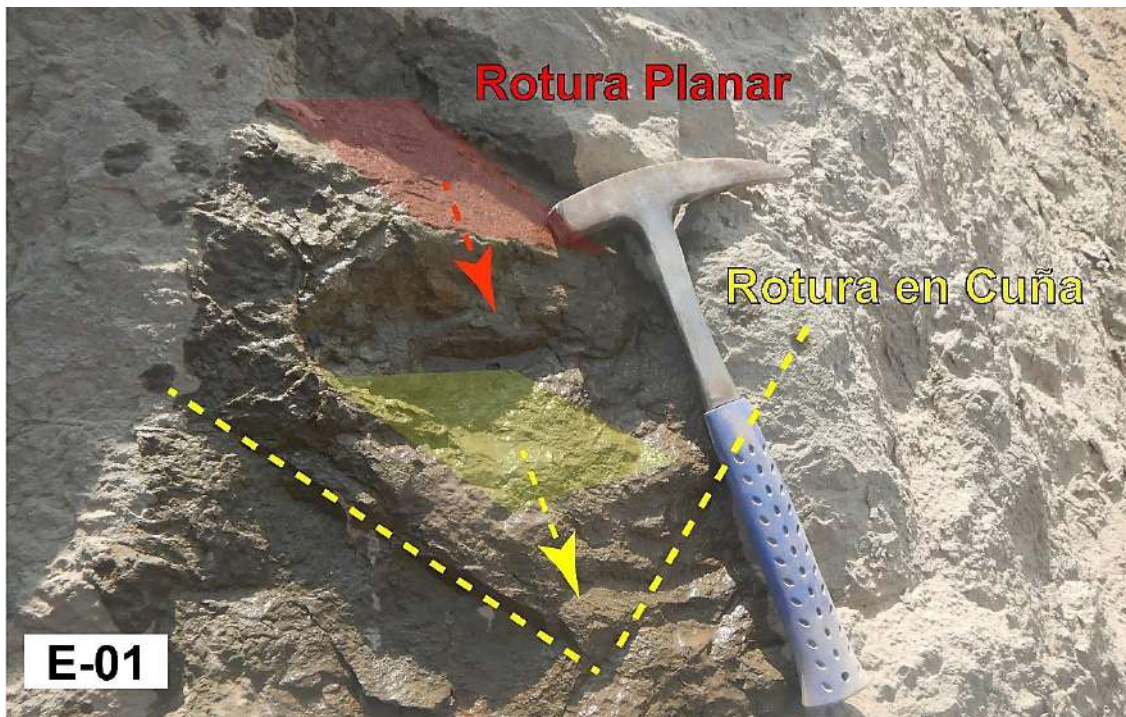


Figura 13. Vista de la estación geomecánica E-01, con claras evidencias de roturas planar y en cuña; además se muestra su dirección probable de caída (señaladas con flechas), con dirección a favor de la pendiente, favoreciendo la inestabilidad del Talud. Coordenadas referenciales UTM WGS-84, 18S: E: 269351; N: 8688673.

La estación geomecánica 02, presenta probabilidad de rotura en cuña (figura 14) a lo largo de dos planos de debilidad que se cruzan (familias J2 y J3) y controlados por el buzamiento del talud.

Así mismo; se tiene probabilidad de rotura por volcamiento (figura 15), debido a la intersección de familias J1, J2 y J3. De igual modo, el espaciado (< 0.06 m) y persistencia (<1m) de las fracturas ocasionarían caídas de roca de bajo volumen (figura 16).

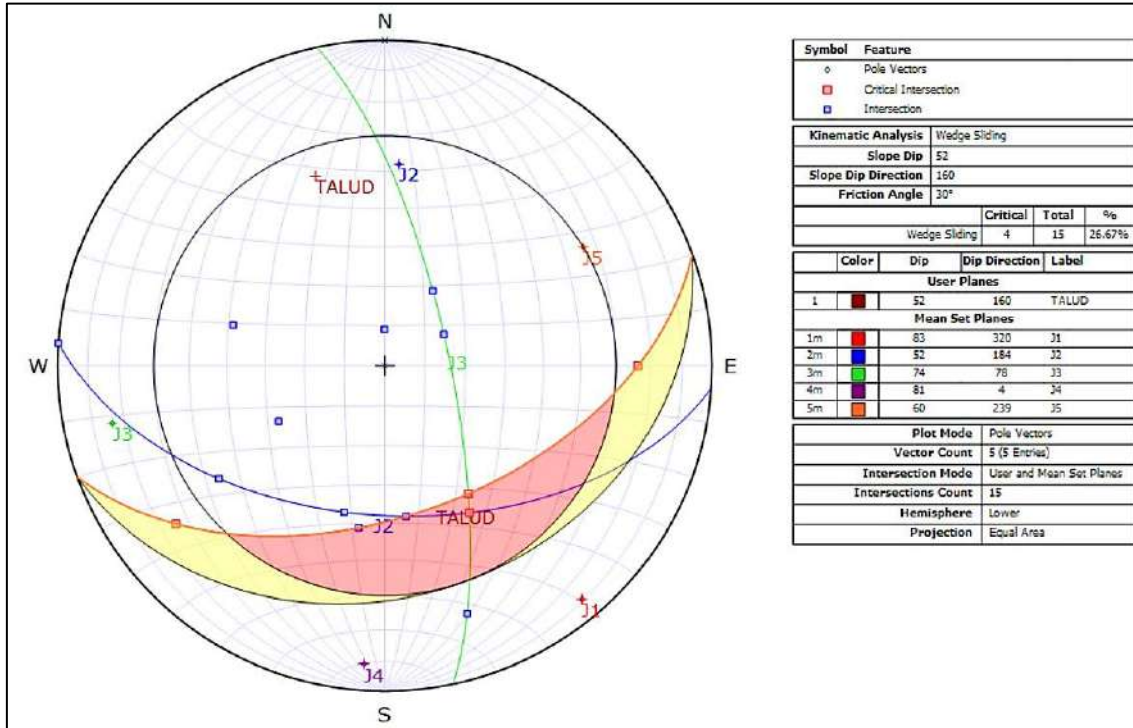


Figura 14. Análisis cinemático por rotura en cuña de la estación geomecánica E-02.

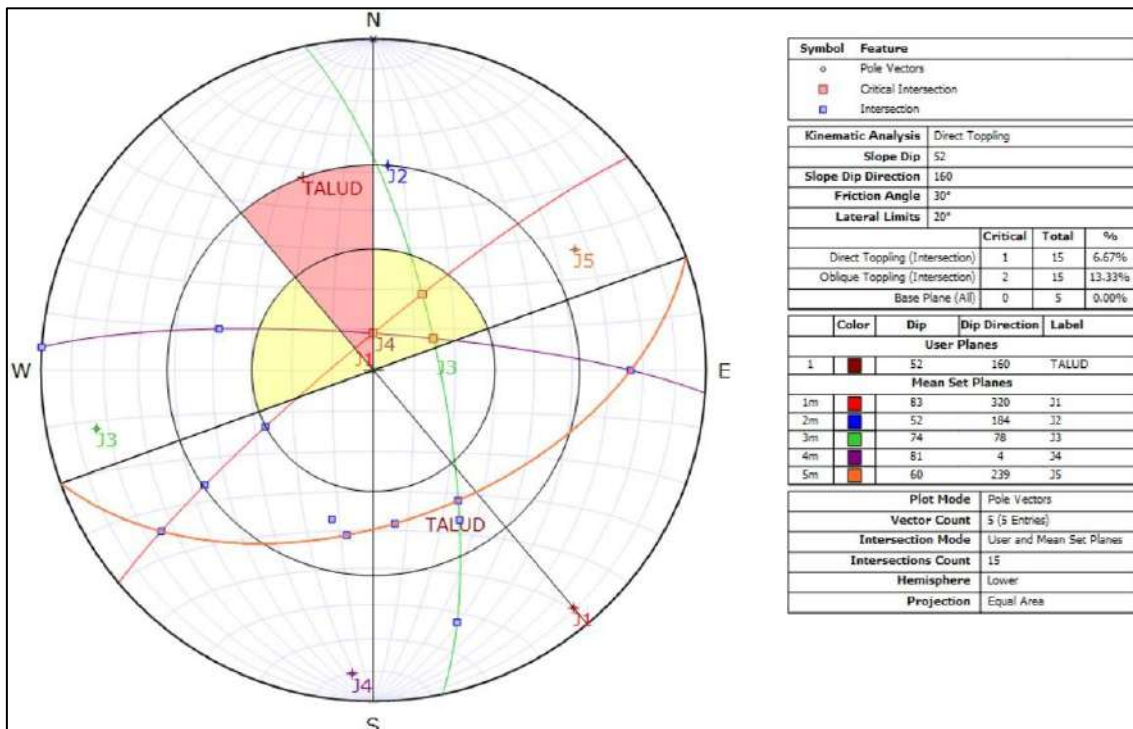


Figura 15. Análisis cinemático por volcamiento de la estación geomecánica E-02.



Figura 16. Vista de la estación geomecánica E-02, con evidencias de roturas por volcamiento; además se muestra su dirección de caída (señala con flecha roja). Coordenadas referenciales UTM WGS-84, 18S: E: 269357; N: 8688676.

La estación geomecánica 03, presenta probabilidad de roturas en cuña (figura 17) a lo largo de dos planos de debilidad que se cruzan (familias J3 y J4) y controlados por el buzamiento del talud. Esto ocasionaría caídas de bajo volumen, pero podrían desencadenar procesos de mayor tamaño al desestabilizarse el talud (fotografía 5).

Así mismo; se tiene probabilidad de rotura por volcamiento, debido a la intersección de familias J2 y J5. El espaciamiento (0.06-0.2 m) y persistencia (3-10 m) de las fracturas ocasionarían caídas de roca de bajo volumen.

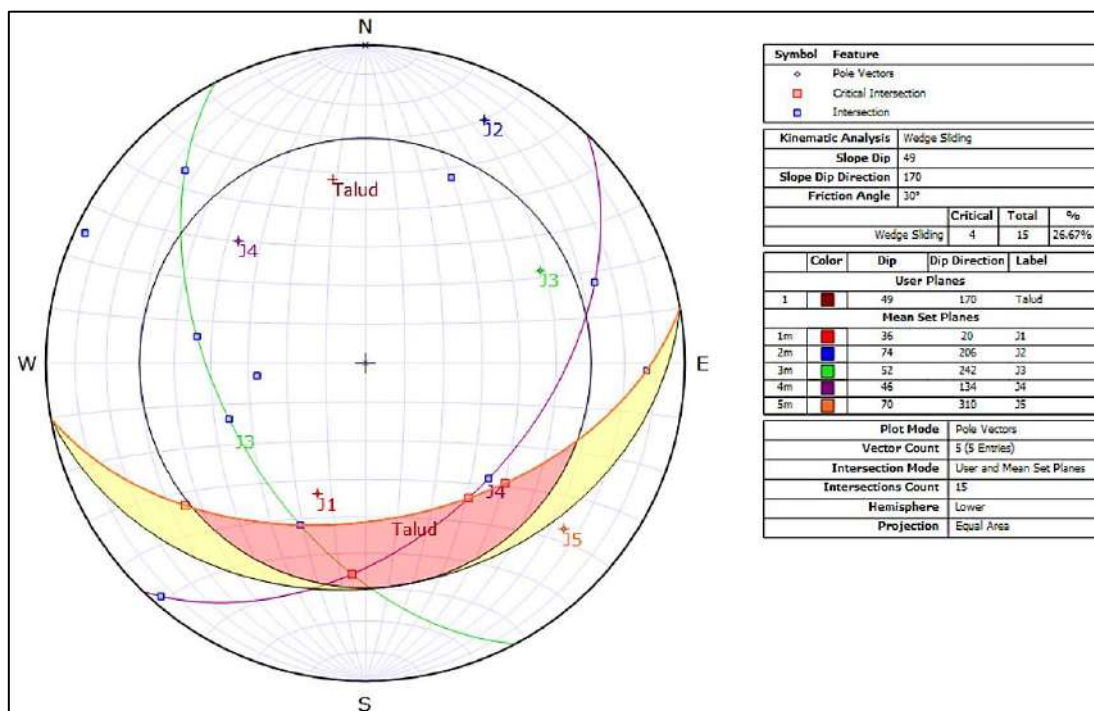


Figura 14. Análisis cinemático por rotura en cuña de la estación geomecánica E-03.



Fotografía 5. Vista de rotura en cuña formado por la intersección de dos planos de debilidad que se cruzan, lo que generan un bloque susceptible a desprenderse. Coordenadas referenciales UTM WGS-84, 18S: E: 269357; N: 8688676.

5.1.5. Factores condicionantes

Factor litológico-estructural

- Características litológicas del área de estudio, conformado por areniscas volcanoclásticas, de calidad geotécnica regular a mala; resistencia a la compresión simple baja (25-50 Mpa); grado de fracturación muy mala (<25%), juntas muy próximas a próximos entre sí (<0.06 - 0.2 m); sub persistente (3-10 m) a no persistentes (1-3 m); cerradas a muy abiertas; ligeramente rugosas a lisas y superficialmente de moderadas muy alteradas (50-90%).
- Macizo rocoso muy fracturado con cinco familias de discontinuidades, algunas presentándose muy abiertas, que dejan un bloque aislado con una separación entre 0.30 a 0.50 m. Considerando el tipo de roca y su densidad ($\sim 2.4 \text{ g/cm}^3$), se estiman una masa de ~ 21.9 toneladas de material susceptible a caer.
- Depósitos inconsolidados de tipo coluvial formado por bloques sueltos (hasta 0.5 m de diámetro) y gravas angulosas a subangulosos, acumulados en la ladera y potencialmente inestables.

Factor geomorfológico

- Configuración geomorfológica de la zona de estudio: Montañas modeladas en rocas volcanosedimentaria, fracturadas y muy meteorizadas que generan laderas inestables.
- Pendiente promedio de la ladera (41°) lo que permite que el material suelto disponible se erosione y se remueva fácilmente pendiente abajo por efecto de la gravedad y acción de las aguas de escorrentía.

5.1.6. Factores detonantes desencadenantes

a. SISMOS:

El departamento de Lima muestra un índice alto de pérdidas asociadas a sismos en el periodo reciente, registrado desde el siglo XVI (IGP, 2005). Debido a la cercanía de las costas del Perú a la zona de subducción, es decir a causa de la interacción de las placas de Nazca y Sudamericana, Lima ha soportado a lo largo de su historia eventos naturales desastrosos como terremotos y tsunamis. Los más importantes fueron los terremotos de 1586, 1609, 1655, 1687, 1746, 1940, 1966 y 1974, que causaron pánico y destrucción de viviendas e infraestructura, especialmente en zonas donde las condiciones geológicas son menos favorables y donde viven las poblaciones más pobres.

En este contexto, es necesario indicar el mapa de intensidades máximas (INDECI-DIPRE, 2017) elaborado para sismos de 8.8 Mw similares a las del terremoto de 1746, donde se muestra que gran parte de las provincias y distritos ubicados en la zona occidental del departamento de Lima se verían sometidas a intensidades mayores a VIII (MM). En cuanto al distrito de Mi Perú y la zona de estudio serían expuestas a las más altas intensidades debido a su cercanía a la zona de ruptura (figura 25).

Así mismo, para conocer el nivel de aceleración sísmica o sacudimiento del suelo (PGA) para Lima y Callao, se usa el mapa de aceleraciones propuesta por Pulido et al. (2015) para un sismo de magnitud 8.8Mw - 8.9Mw (figura 26). Este estudio indica que la aceleración máxima promedio en el centro de Lima (donde los suelos son competentes), sería entre 2 a 3 veces más grande que el observado en los sismos de 1966 (8.0Mw) y 1974 (7.9Mw); mientras que, los espectros simulados en el centro de Lima muestran valores de hasta 4 veces más grande al observado durante estos sismos.

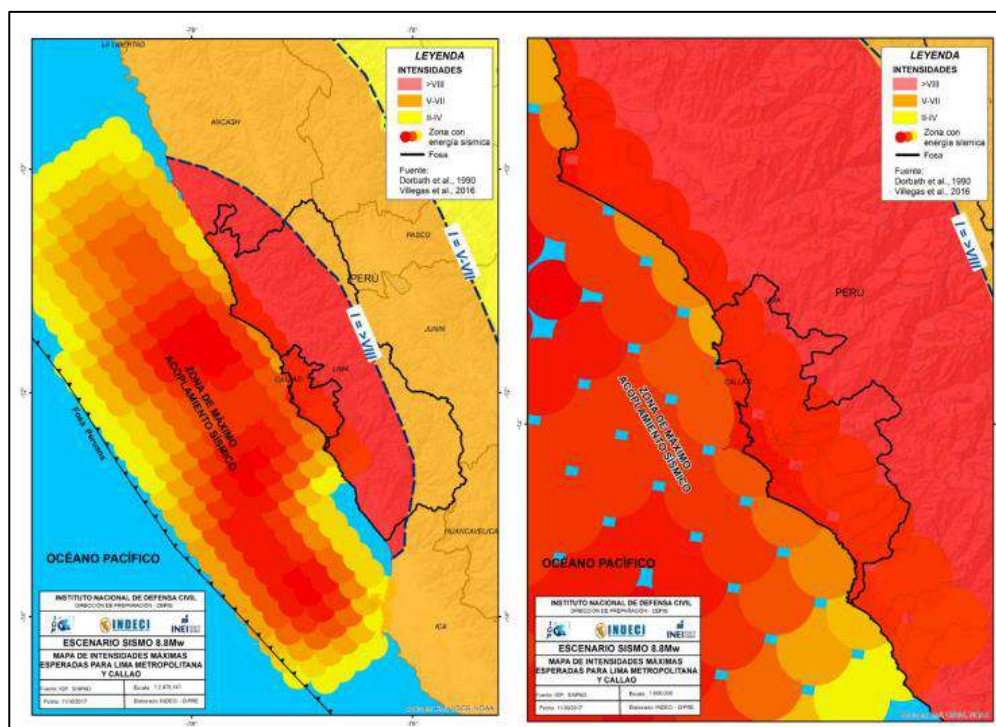


Figura 25. Departamentos y distritos que se verían sometidos a intensidad > VIII (MM). Fuente: INDECI-DIPRE (2017).

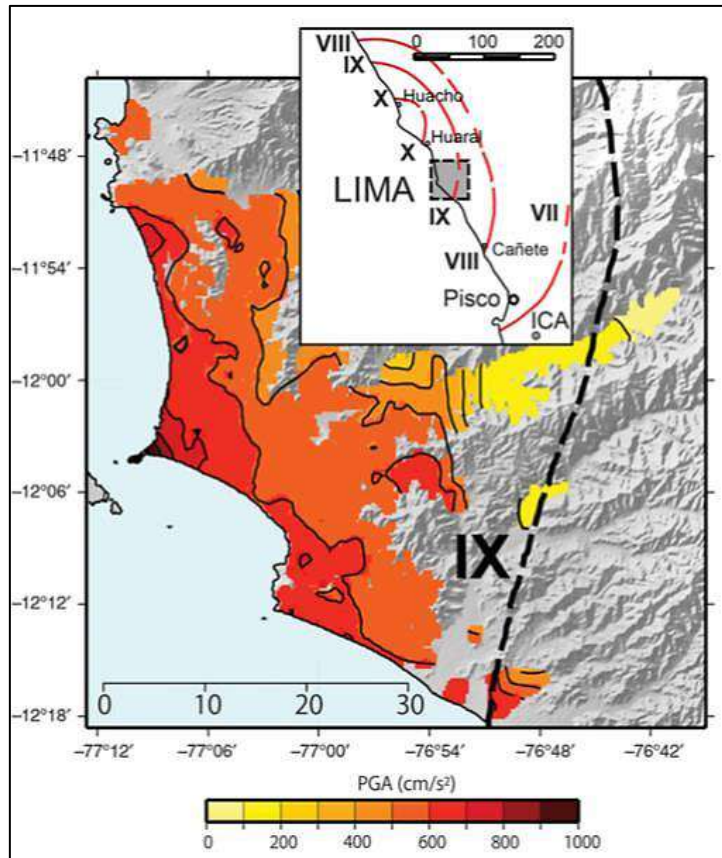


Figura 26. Aceleración máxima para Lima Metropolitana y Callao, tomando en cuenta el acoplamiento sísmico existente en la costa central de Perú (Pulido et al., 2015).

b. PRECIPITACIONES:

Intensas precipitaciones pluviales y/o excepcionales, principalmente entre los meses de diciembre a abril. El ingreso del agua proveniente de las precipitaciones pluviales en las fracturas que presenta el macizo rocoso, disminuye su resistencia y permite la aceleración del proceso de caída de rocas.

5.1.7. Factor antrópico

Actividades que contribuyen a la inestabilidad de la ladera: Las laderas colindantes al A.H. Los Jazmines, presentan botaderos de desmonte (fotografía 5) relacionados a cortes de talud para la construcción de viviendas (fotografía 6); esta acción contribuye a la inestabilidad de la ladera que debilita los materiales (suelos y rocas), si no se realizan labores de desquinche o perfilado del talud de corte. Así mismo, estos bloques se encuentran sobre el talud, conformando bloques de roca aislados e inestables, susceptible a desprenderse ladera abajo.

Ocupación inadecuada: La población del A.H. Los Jazmines se ubica en terrenos susceptibles a la ocurrencia de caídas de rocas, laderas inestables, zonas arenosas, entre otros. Esto sucede porque no se consideran los factores geológicos, climáticos, ni procesos de geodinámica externa, al momento de elegir un lugar para vivir.



Fotografía 5. Botaderos de desmonte relacionados a cortes de talud, lo que condiciona bloques de roca aislados e inestables susceptible a desprenderse ladera abajo. Coordenadas referenciales UTM WGS-84, 18S: E: 269333; N: 8688678.



Fotografía 6. Cortes de talud realizados en depósitos eólicos para la construcción de viviendas. Esta acción contribuye a la inestabilidad de la ladera. Coordenadas referenciales UTM WGS-84, 18S: E: 269361; N: 8688663.

5. CONCLUSIONES

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

- 1) El área evaluada presenta bloques inestables; ya sea como bloques individuales separados del macizo rocoso o bloques sueltos acumulados en la ladera susceptibles a desprenderse pendiente abajo comprometiendo la seguridad física de viviendas y personas de la manzana N1´ del A.H. Los Jazmines.
- 2) El principal sector crítico (SC) susceptible a desprenderse, se ubica a 30 m hacia el noroeste de la manzana N1´ del A.H. Los Jazmines. Se trata de un macizo rocoso fuertemente fracturado con dos sistemas principales de fracturas, muy abiertas que deja un bloque aislado con una separación entre 0.30 a 0.50 m y con una masa estimada de ~21.9 toneladas susceptible a caer.
- 3) Además, el macizo rocoso crítico de acuerdo al RMR presenta una calidad geotécnica mala; una resistencia a la comprensión simple catalogada como baja (25-50 Mpa); un grado de fracturación clasificado como muy mala (<25%) y superficialmente la matriz rocosa se encuentra muy alterada (50-90%).
- 4) El análisis cinemático realizado en los distintos taludes del área de estudio, muestran probabilidades de rotura de tipo planar, en cuña y por volcamiento; los cuales, por el espaciado y persistencia de sus fracturas ocasionarían caídas de roca de bajo volumen acepción del sector crítico identificado, el cual podrían desencadenar procesos de mayor tamaño al desestabilizarse el talud.
- 5) La ocurrencia de peligros geológicos por caída de rocas en la zona evaluada está condicionada por los siguientes factores:
 - Características litológicas, conformado por areniscas volcanoclásticas, de calidad geotécnica regular a mala, resistencia baja (25-50 Mpa), grado de fracturación muy mala (<25%), muy fracturada con cinco familias de discontinuidades, algunas presentándose muy abiertas, ligeramente rugosas a lisas y superficialmente de moderadas muy alteradas (50-90%).
 - Depósitos inconsolidados de tipo coluvial, formado por bloques sueltos (hasta 0.5 m de diámetro) y gravas angulosas a subangulosos, acumulados en la ladera y potencialmente inestables.
 - Pendiente promedio de la ladera de la montaña entre los 25° a <45°, lo que permite que el material suelto disponible se erosione y se remueva fácilmente pendiente abajo, por efecto de la gravedad y acción de las aguas de escorrentía superficial.
- 6) El factor desencadenante, se les atribuye a sismos y precipitaciones pluviales excepcionales. El ingreso del agua proveniente de las precipitaciones pluviales en las fracturas del macizo rocoso, disminuye su resistencia y permite la aceleración del proceso de caída de rocas.

- 7) Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, 12 viviendas de la manzana N1´ del A.H. Los Jazmines, se encuentran en **Peligro Alto** ante la ocurrencia de caída de rocas, debido que se encuentran dentro de la zona de alcance máximo del principal sector crítico identificado; los cuales pueden ser desencadenados en temporada de lluvias intensas y/o sismos.

6. RECOMENDACIONES

En base a la evaluación de peligros geológicos realizada en el presente informe, se brindan las siguientes recomendaciones:

- 1) Para el principal sector crítico (SC) susceptible a desprenderse, se debe implementar medidas de mitigación estructural para su estabilización, a fin de proteger a los elementos expuestos. Estos pueden ser: instalación de mallas ancladas, barreras dinámicas, red de anillos, entre otros; utilizados en forma independiente o combinada, con el fin de reducir el peligro frente a la caída de rocas (ver Anexo 3). Dichas obras deben ser realizadas por profesionales especializados que deben evaluar primeramente la capacidad portante de la roca.
- 2) Realizar el desquinche de las rocas sueltas ubicadas en las laderas adyacentes al A.H. Los Jazmines. Este trabajo debe ser realizado y dirigido por profesionales especializados en el tema para evitar accidentes.
- 3) Construir muros de contención de concreto armado para mitigar los efectos de las caídas de rocas y derrumbes, previo estudio de mecánica de suelos.
- 4) Realizar la limpieza de los desmontes que se encuentren en el talud del área evaluada susceptible a desprenderse ladera abajo.
- 5) Prohibir la construcción de nuevas viviendas y/o algún tipo de infraestructuras civiles en las laderas colindantes al A.H. Los Jazmines. Además, no permitir cortes de taludes en la ladera.
- 6) Elaborar un plan de contingencias ante caídas de rocas; además, se debe señalar las rutas de evacuación y las zonas seguras en caso de activación de caídas de rocas a causa de sismos.
- 7) Realizar estudio de evaluación de riesgos (EVAR) por parte de las autoridades locales, a fin de determinar medidas de control adicionales, como la reubicación de las 12 viviendas expuestas, por encontrarse dentro de la sombra de caída de rocas (ver figura 10).
- 8) Realizar actividades de sensibilización y concientización del peligro al que se encuentran expuestos los pobladores del A.H. Los Jazmines y alrededores.


MAURICIO ANTONIO NUÑEZ PEREDO
Ingeniero Geólogo
CIP N° 278509


ING. JERSY MARIÑO SALAZAR
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

7. BIBLIOGRAFÍA

Bieniawski, Z.T. (1989) - Engineering rock mass classifications: a complete manual for engineers and geologists in mining, civil and petroleum engineering. New York: John Wiley & Sons, 251 p.

Fuente de Datos Meteorológicos y Pronostico del tiempo del Servicio de Awhere. (2021). Disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/10036911>.

INDECI – DIPRE (2017) Escenario sísmico para Lima Metropolitana y Callao: Sismo 8.8Mw. Disponible en: <https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/201711231521471-1.pdf>

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. (Consulta: Junio 2021). Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm.

Luque, G.; Rosado, M.; Pari, W.; Peña, F. & Huamán, M. (2020) - Peligro geológico en la región Lima. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica, 76, 298 p., 9 mapas.

Mamani, Y.; Fabián, C. & Jacay, J. (2021) - Geología del cuadrángulo de Chancay (hoja 24i2). INGEMMET, Boletín, Serie L: Actualización Carta Geológica Nacional (Escala 1: 50 000), 33, 44 p., 1 mapa.

Palacios, O.; Caldas, J. & Vela, Ch. (1992) - Geología de los cuadrángulos de Lima, Lurín, Chancay y Chosica. Hojas 25-i, 25-j. 24-i, 24-j INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 43, 163 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/163>.

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.

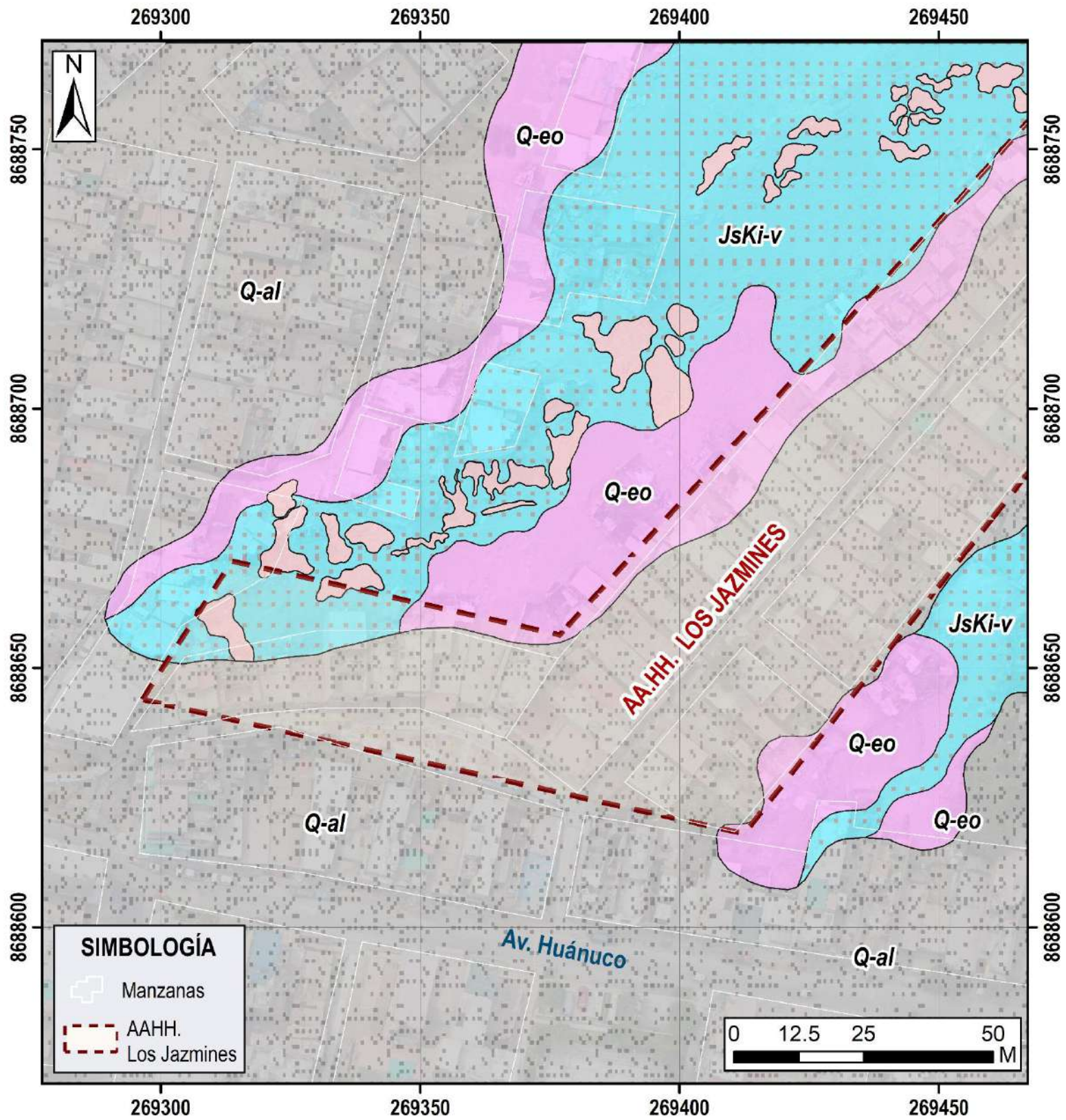
Pulido et al. (2015). Scenario source model and strong motion for future mega-earthquakes: Application to Lima, Central Perú. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 105, N° 1, 368-386 p.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrológica, SENAMHI (2020) – Mapa de clasificación climática del Perú (Texto). Lima, Perú. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2185020/Climas%20del%20Per%C3%BA%3A%20Mapa%20de%20Clasificaci%C3%B3n%20Clim%C3%A1tica.pdf>.

Villacorta, S.; Núñez, S.; Vásquez, J.; Pari, W.; Ochoa, M., et al. (2015) - Peligros geológicos en el área de Lima Metropolitana y la región Callao. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 59, 156 p.

Villota, H. (2005) - Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.

ANEXO 1: MAPAS



SIMBOLOGÍA

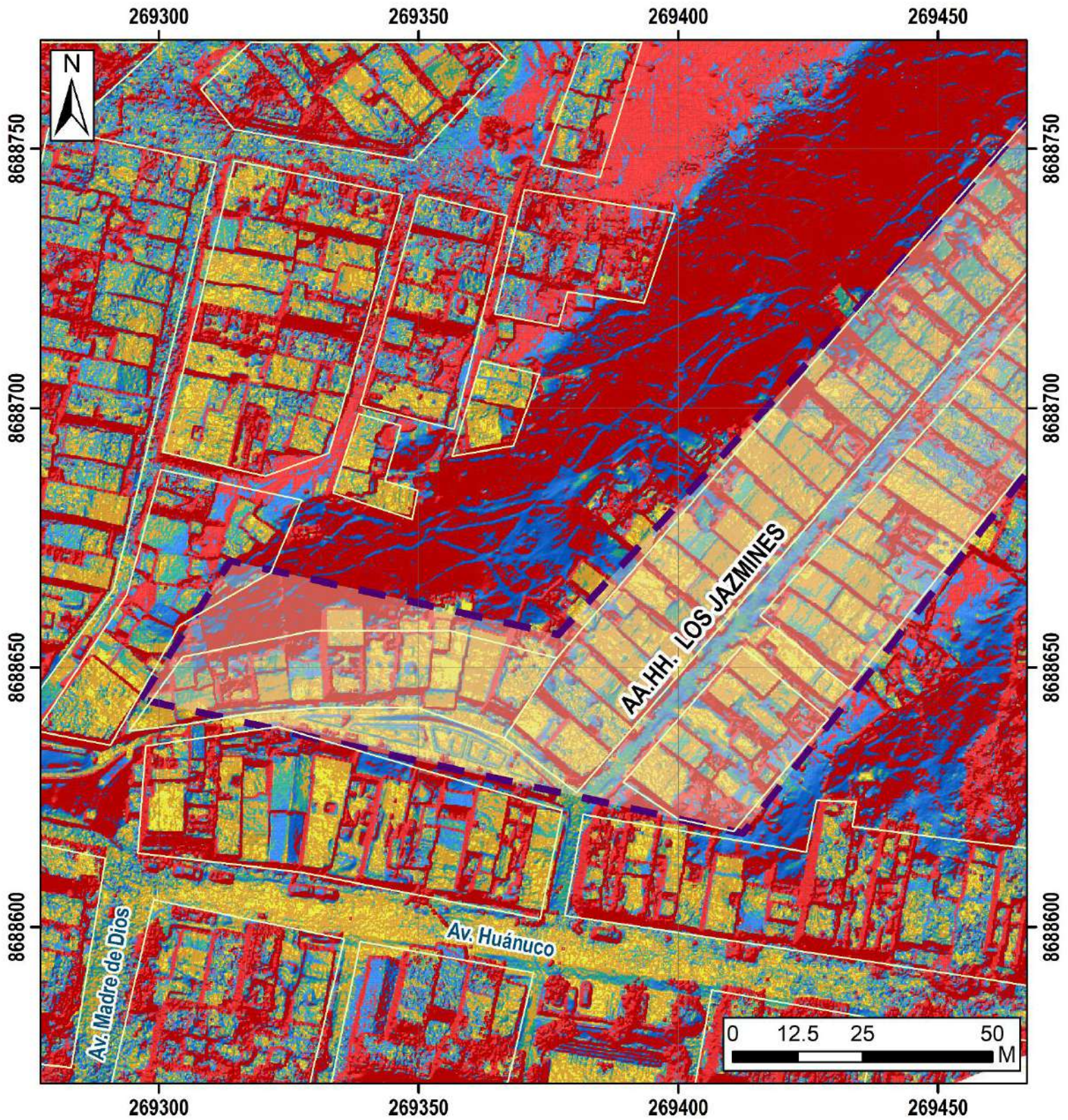
- Manzanas
- AA.HH. Los Jazmines

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Depósito coluviales	Q-cl
			Depósito eólicos	Q-eo
			Depósito aluviales	Q-al
MESOZOICO	CRETÁCICO	INFERIOR	Formación Ventanilla	JsKi-v

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLOGICO
 PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO
 DISTRITO: MI PERÚ

GEOLOGICO

Escala: 1/1,000	Elaborado por: Nuñez, M.	MAPA 01
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2024	Impreso: Junio, 2024	



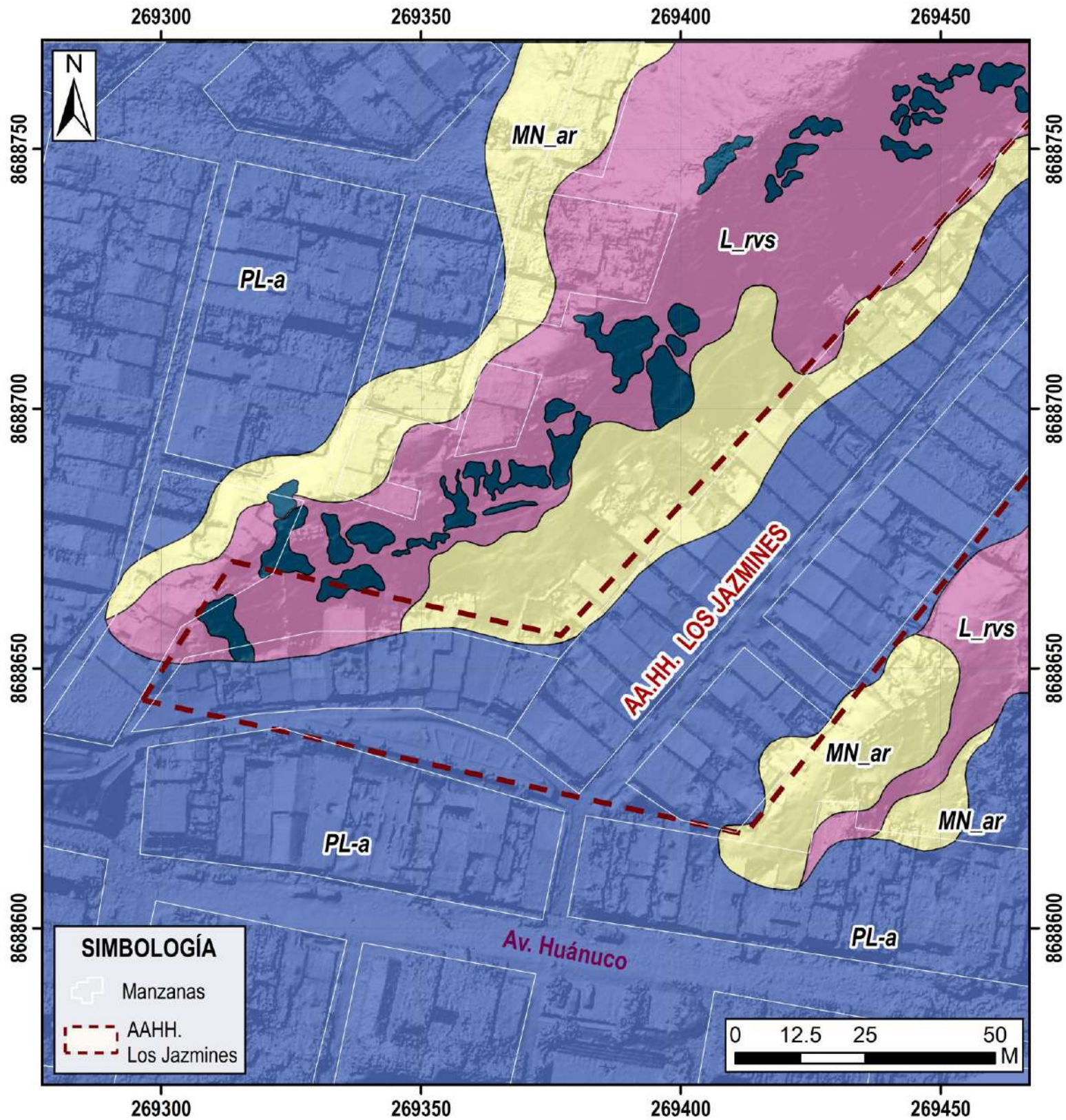
RANGO DE PENDIENTES

0°-1°	Terreno llano
1°-5°	Terreno inclinado con pendiente suave
5°-15°	Pendiente moderada
15°-25°	Pendiente fuerte
25°-45°	Pendiente muy fuerte a escarpada
>45°	Terreno muy escarpado

SIMBOLOGÍA

	Manzanas
	AA.HH. Los Jazmines

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET <small>INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO</small>		
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLOGICO		
PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO DISTRITO: MI PERÚ		
PENDIENTES DE LOS TERRENOS		
Escala: 1/1,000	Elaborado por: Nuñez, M.	MAPA 02
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2024	Impreso: Junio, 2024	



SIMBOLOGÍA

- Manzanas
- AA.HH. Los Jazmines

UNIDAD	SUBUNIDAD GEOMORFOLÓGICA	
LOMADA	Lomada en roca volcanosedimentaria	L-rvs
VERTIENTE	Vertiente coluvial de detritos	V-c
PLANICIE	Planicie aluvial	PL-a
GEOFORMA EÓLICA ACUMULATIVA	Manto de arena	MN_ar

SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INGEMMET

 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

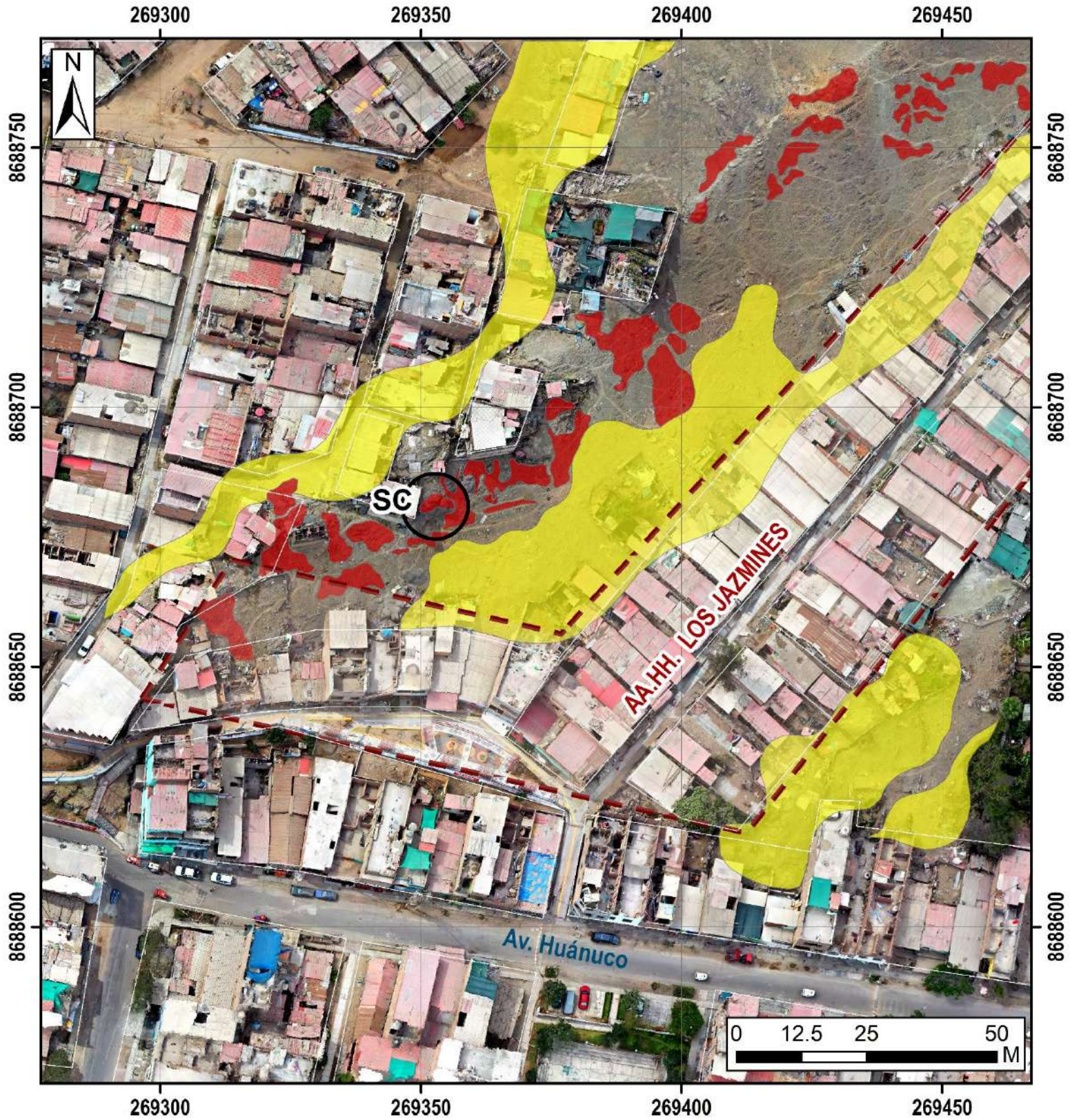
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO



 PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO

 DISTRITO: MI PERÚ

GEOMORFOLÓGICO

Escala: 1/1,000	Elaborado por: Nuñez, M.	MAPA 03
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2024	Impreso: Junio, 2024	



LEYENDA	
	Caída de rocas, Activo
	Arenamiento, Activo

SIMBOLOGÍA	
	Sector Crítico

SIMBOLOGÍA	
	Manzanas
	AAHH. Los Jazmines

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO
 DISTRITO: MI PERÚ

PROCESOS DE MOVIMIENTOS EN MASA

Escala: 1/1,000	Elaborado por: Nuñez, M.	MAPA 04
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2024	Impreso: Junio, 2024	


ANEXO 2: FICHAS DE CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA

FORMATO	Código : M2.1-F-079 Versión : 00 Fecha aprob. : 22/11/2021 Página : 1 de 1
CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA	
Sector: AAHH Los Jazmines Distrito: Mi Perú	Ubicación: WGS-84, Zona 18S E: 269351; N: 8688673; 149 m s.n.m.
Sector: AAHH Los Jazmines Distrito: Mi Perú	POR: M. NUÑEZ FECHA: 11/4/2024 HOJA: 1/3

N° ESTACIÓN	ORIENTACIÓN DE LA CARA		TRAMO		VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R. 1989)	VALOR
	DIP	DIRECTION	DESE	HASTA		
E-01	53					
TIPO DE ROCA						
A	%		%		RANGO DE VALORES	
ar-v	100					
TIPO ESTRUCT.	DIP	ESPALEMIENTO	PERSISTENCIA	ABERTURA	RUGOSIDAD	FLUJO DE AGUA
J1	38	0.06-0.2	<1	0.1-1.0	Lisa	Seco
J2	43	<0.06	<1	0.1-1.0	Lig. Rugosa	Seco
J3	61	<0.06	<1	0.1-1.0	Lisa	Seco
J4	85	<0.06	<1	0.1-1.0	Lig. Rugosa	Seco
J5	63	0.06-0.2	<1	<0.1	Lig. Rugosa	Seco

ABRUVIACION DE TIPO DE ROCA ar-v volcanoclásticas	ABRUVIACION DE TIPO DE ESTRUCTURAS J Juntas F Falla S Esquistosidad E Estratificación	ABRUVIACION DE TIPO DE RELLENO A Arcilla G Grava Q Cuarzo Y Yeso O Óxido
ESPALEMIENTO (m) Muy próximas < 0.06 Próximas 0.20 - 0.06 Medianamente separadas 0.60 - 0.20 Separadas 2.00 - 0.60 Muy separadas > 2.00		

GRADO (ISRM)	INDICE DE ALTERACIÓN DESCRIPCIÓN	RANGO RES. COMP. Mpa
I SANA	No aparecen signos de meteorización	1.0 - 5.0
II ALGO METEOR.	La decoloración indica alteración del material rocoso y de las superficies de discontinuidad. Todo el conjunto rocoso está decolorado por meteorización.	5 - 25
III METEORIZADA	Menos de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece como una estructura continua o como núcleos aislados.	25 - 50
IV MUY METEOR.	Más de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece como una estructura continua o como núcleos aislados.	50 - 100
V COMPLETAM. METEOR.	Todo el macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en suelo. Se conserva intacta la estructura original del macizo rocoso.	100 - 250
VI SUELO RESD.	Todo el macizo rocoso se ha transformado en un suelo. Se ha destruido la estructura del macizo rocoso y la fábrica del material.	> 250

	FORMATO		Código : M2.1-F-079
	CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA		Versión : 00
Ubicación: AAHH Los Jazmines Distrito: M Perú			Fecha aprob. : 22/11/2021
Sector: AAHH Los Jazmines Distrito: M Perú			Página : 1 de 1
WGS-84, Zona 18S E: 269357, N: 8688676, 166 m s.n.m.			POR: M. NUÑEZ
160			FECHA: 11/4/2024
52			HOJA: 2/3

N° ESTACIÓN		ORIENTACIÓN DE LA CARA		TRAMO		VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R. 1989)	
E-02		DIP	DIRECCIÓN	DESDE	HASTA	RANGO DE VALORES	
A		160		40/1		VALOR	
TIPO DE ROCA		%		%		VALOR	
ar-v		100		40/1		VALOR	
TIPO ESTRUCC.	DIP DIR.	ABERTURA RA (mm)	PERSISTENCIA (m)	RUGOSIDAD	FLUJO DE AGUA	R.M.R.	
J1	320	83	< 0.06	Lisa	Secco	100-250	48
J2	184	52	0.06-0.2	Lig. Rugosa	Secco	75-90	48
J3	078	74	< 0.06	Lig. Rugosa	Secco	50-75	48
J4	004	81	0.06-0.2	Lig. Rugosa	Secco	25-50	48
J5	239	60	< 0.06	Lig. Rugosa	Secco	0.06-0.2	48

GRADO (ISM)	INDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	RANGO RES. COMP. Mpa
R1	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desconcha con una cuchilla	1.0 - 5.0
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)	5 - 25
R3	No se raya ni desconcha con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo	25 - 50
R4	La muestra se rompe con mas de un golpe del martillo	50 - 100
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100 - 250
R6	Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo	> 250

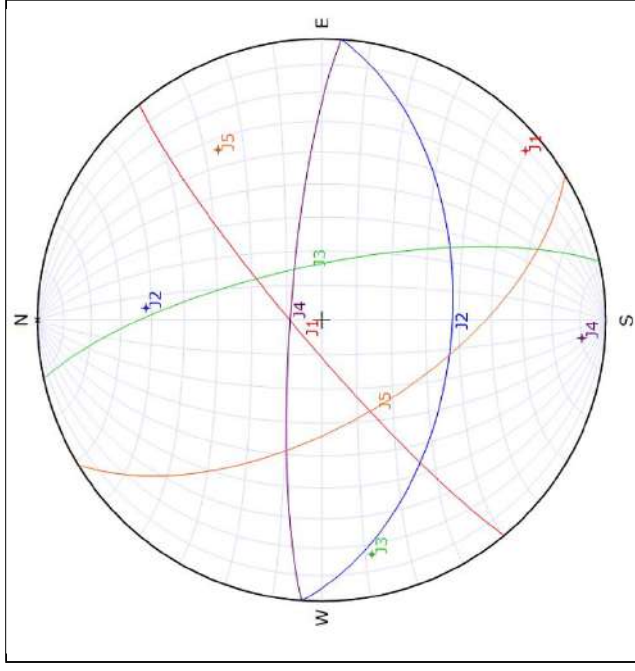
GRADO (ISM)	INDICE DE ALTERACIÓN DESCRIPCIÓN
I SANA	No aparecen signos de meteorización
II ALGO METEOR.	La decoloración indica alteración del material rocoso y de las superficies de discontinuidad. Todo el conjunto rocoso está decolorado por meteorización.
III METEORIZADA	Menos de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece como una estructura continua o como núcleos aislados.
IV MUY METEOR.	Más de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece como una estructura continua o como núcleos aislados.
V COMPLETAM. METEOR.	Todo el macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en suelo. Se conserva intacta la estructura original del macizo rocoso.
VI SUELO RESID.	Todo el macizo rocoso se ha transformado en un suelo. Se ha destruido la estructura del macizo rocoso y la fábrica del material.

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA	DESCRIPCIÓN
ar-v	Areniscas volcanoclasticas

ABREVIACION DE TIPO DE ESTRUCTURAS	DESCRIPCIÓN
J	Jointas
F	Falla
S	Esquistosidad
E	Estratificación

ABREVIACION DE TIPO DE RELLENO	DESCRIPCIÓN
A	Arcilla
G	Grava
Q	Cuarzo
Y	Yeso
O	Óxido

ESPACIAMIENTO (m)	DESCRIPCIÓN
< 0.06	Muy próximas
0.20 - 0.06	Próximamente separadas
0.60 - 0.20	Mediamente separadas
2.00 - 0.60	Separadas
> 2.00	Muy separadas



FORMATO	Código : M2.1-F-079
CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA	Versión : 00
	Fecha aprob. : 22/11/2021
	Página : 1 de 1

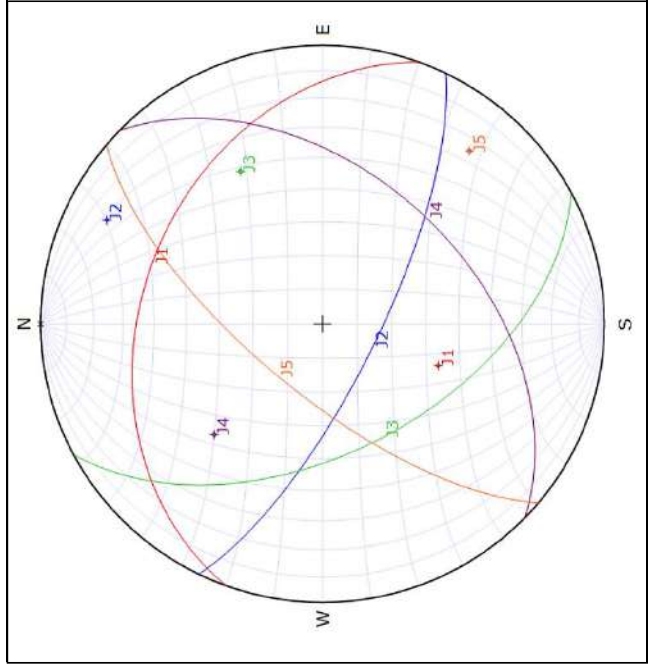
Sector: AAHH Los Jazmines
Distrito: M^o Perú

Ubicación: WGS-84, Zona 18S
E: 269352; N: 8688678; 168 m s.n.m.

POR: M. NUÑEZ
FECHA: 11/4/2024
HOJA: 3/3

N° ESTACIÓN	ORIENTACIÓN DE LA CARA		TRAMO		VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R. 1989)										VALOR
	DIP DIRECCION	DIP	DESDE	HASTA	PARÁMETRO					RANGO DE VALORES					
E-03	170	49			FRECUENCIA FRACTURA					R.M.R. UNIAIXIAL (MPa)					1
TIPO DE ROCA					N° Fract. / m.					ROD. %					2
TIPO DE ROCA					%					ESPACIAMIENTO (m)					3
TIPO DE ROCA					%					PERSISTENCIA (1)					4
TIPO DE ROCA					%					ABERTURA (2)					5
TIPO DE ROCA					%					CONDICIÓN DE JUNTAS					6
TIPO DE ROCA					%					RELLENO (4)					7
TIPO DE ROCA					%					ALTERACIÓN (5)					8
TIPO DE ROCA					%					AGUA SUBTERRÁNEA					9
TIPO DE ROCA					%					SECO					10
TIPO DE ROCA					%					SECO					11
TIPO DE ROCA					%					SECO					12
TIPO DE ROCA					%					SECO					13
TIPO DE ROCA					%					SECO					14
TIPO DE ROCA					%					SECO					15
TIPO DE ROCA					%					SECO					16
TIPO DE ROCA					%					SECO					17
TIPO DE ROCA					%					SECO					18
TIPO DE ROCA					%					SECO					19
TIPO DE ROCA					%					SECO					20
TIPO DE ROCA					%					SECO					21
TIPO DE ROCA					%					SECO					22
TIPO DE ROCA					%					SECO					23
TIPO DE ROCA					%					SECO					24
TIPO DE ROCA					%					SECO					25
TIPO DE ROCA					%					SECO					26
TIPO DE ROCA					%					SECO					27
TIPO DE ROCA					%					SECO					28
TIPO DE ROCA					%					SECO					29
TIPO DE ROCA					%					SECO					30
TIPO DE ROCA					%					SECO					31
TIPO DE ROCA					%					SECO					32
TIPO DE ROCA					%					SECO					33
TIPO DE ROCA					%					SECO					34
TIPO DE ROCA					%					SECO					35
TIPO DE ROCA					%					SECO					36
TIPO DE ROCA					%					SECO					37

GLASE DE MACIZO ROCOSO				
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	20 - 0
DESCRIPCIÓN	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) = 37				



ABREVIACION DE TIPO DE ROCA	ar-v
Areniscas	
volcanoclasticas	

ABREVIACION DE TIPO DE ESTRUCTURAS	J Juntas
F Falla	
S Esquistosidad	
E Estratificación	

ABREVIACION DE TIPO DE RELLENO	A Arena
S Brecha	
G Grava	
Q Cuarzo	
C Calcita	
Y Yeso	
O Óxido	

ESPACIAMIENTO (m)	< 0.06
Muy próximas	0.20 - 0.06
Próximamente	0.60 - 0.20
separadas	2.00 - 0.60
Muy separadas	> 2.00

GRADO	INDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	RANGO RES. COMP. Mpa
R1	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desconcha con una cuchilla	1.0 - 5.0
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)	5 - 25
R3	No se raya ni desconcha con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo	25 - 50
R4	La muestra se rompe con mas de un golpe del martillo	50 - 100
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100 - 250
R6	Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo	> 250

GRADO (ISRM)	INDICE DE ALTERACIÓN DESCRIPCIÓN
I SANA	No aparecen signos de meteorización
II ALGO METEOR.	La decoloración indica alteración del material rocoso y de las superficies de discontinuidad. Todo el conjunto rocoso está decolorado por meteorización.
III METEORIZADA	Menos de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece como una estructura continua o como núcleos aislados.
IV MUY METEOR.	Más de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece como una estructura continua o como núcleos aislados.
V COMPLETAM. METEOR.	Todo el macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en suelo. Se conserva intacta la estructura original del macizo rocoso.
VI SUELO RESD.	Todo el macizo rocoso se ha transformado en un suelo. Se ha destruido la estructura del macizo rocoso y la fábrica del material.

**ANEXO 3: ALTERNATIVAS DE PREVENCIÓN Y/O MITIGACIÓN EN LA
ZONA EVALUADA.**

A partir de la evaluación geológica-geodinámica realizada, se dan algunas propuestas de intervención de forma general para la zona evaluada. Se debe considerar como medidas de prevención y mitigación ante futuros eventos que puedan causar desastres en las laderas del cerro, el no permitir la expansión urbana hacia las laderas.

Algunas medidas específicas para los procesos registrados en el área de estudio se muestran a continuación:

Para bloques que sobresalen en el talud y no están sueltos.

Debido a que algunos de los bloques se encuentran directamente sobre las viviendas, se recomienda "asegurarlos". Para ello se debe implementarse lo siguiente:

- 1) Construir un muro alrededor del bloque, con una altura que cubra hasta más de la mitad los bloques de mayor dimensión, (ver figuras 27, 28 y 29).
- 2) La base del muro debe estar cimentada sobre roca fresca. Las varillas de fierro que se van a fijar al muro, deberán ser introducidas en el substrato hasta medio metro (llegar a roca fresca).
- 3) Hacer un enmallado para la construcción de un muro, teniendo como base las varillas fijadas.
- 4) Una vez terminado el enmallado del muro, se empieza a vaciar el concreto, hasta formar el muro con un ancho aproximado de 1 m.
- 5) Una vez terminado el muro, se rellanará con concreto el espacio dejado entre el muro y el bloque, formando una cuña. Antes de comenzar estas actividades se debe reubicar y/o desocupar las viviendas, por fines preventivos, porque podría generarse un rodamiento de las rocas sueltas.

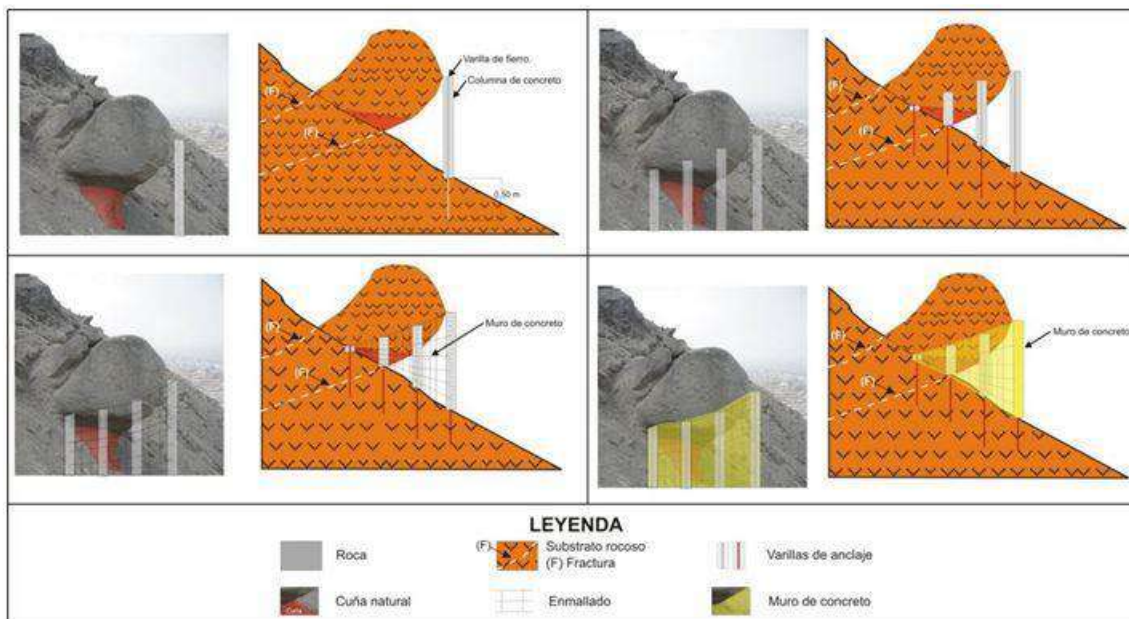


Figura 27. Muro en base del bloque para proteger viviendas aledañas.

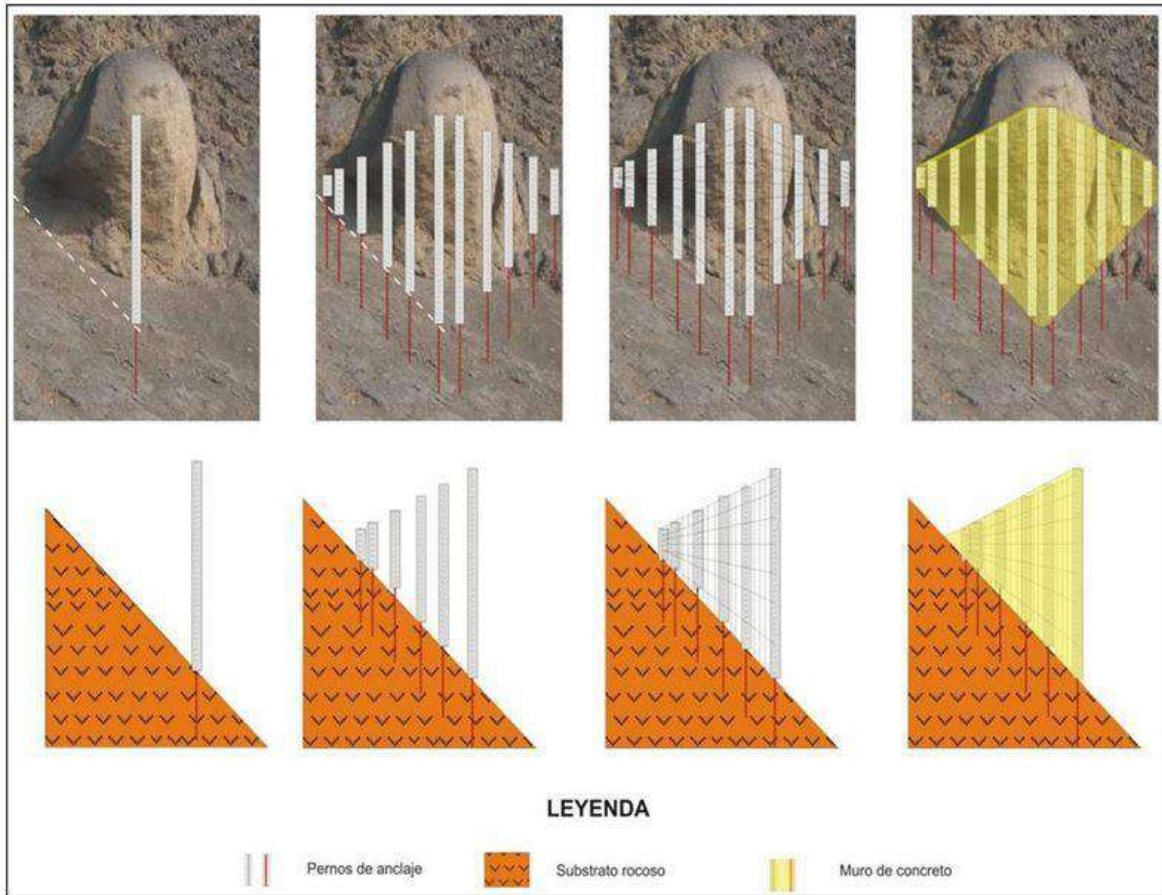


Figura 28. Esquema explicativo del bloque de roca.

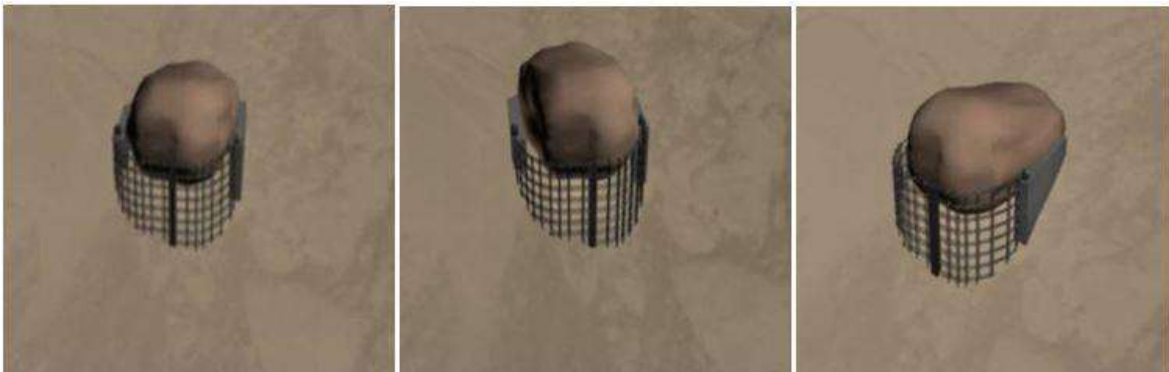


Figura 29. Se indica cómo quedaría el sostenimiento final.

Para los bloques sueltos

- 1) Desatar los bloques inestables de la ladera.
- 2) Fragmentar los bloques inestables que tengan dimensiones menores a 1.50 m, en base al sistema de dilatación y contracción. Este proceso consiste en quemar la roca y una vez que alcance una alta temperatura (color rojo), agregar agua. Esto ocasionará una contracción muy violenta, dando como resultado su fragmentación.

- 3) En la ladera con bloques inestables y con buena cobertura de suelo, se puede estabilizar de la siguiente manera: hacer una excavación en la parte inferior del bloque, con la finalidad que este pierda estabilidad y caiga hacia la parte excavada (figura 30).
- 4) Para fines de prevención, al momento de desatar los bloques sueltos, es muy probable que estos se desplacen cuesta abajo, por lo que es necesario poner en alerta a los pobladores de las viviendas e infraestructuras ubicadas en la falda de la ladera.



Figura 30: Tratamiento de un bloque suelto en suelo potente.

Se recomienda la construcción de zanjas o vallas simples de contención o la ubicación de redes (malla galvanizada) para captar los bloques más pequeños que se desprendan de las laderas superiores a la zona de corte.

Los macizos rocosos atravesados presentan características geológicas-geotécnicas complejas y heterogéneas con un elevado índice de fracturación que da lugar a un proceso permanente de caída de rocas de tamaños decimétricos hasta métricos.

Los sistemas propuestos son: mallas ancladas, barreras dinámicas y red de anillos, utilizados en forma independiente o combinada, según las características de cada contra talud:

Mallas ancladas: Es un sistema de protección frente a desprendimientos rocosos o que cubre la superficie afectada del talud/ladera por medio de una malla de alambre de acero galvanizado de triple torsión, reforzada con anclajes cortos dispuestos en una grilla, que además se vinculan diagonal y perimetralmente por los extremos con cables de acero (figura 31). Debe tenerse en cuenta que los anclajes de mallas protegen de la caída de bloques superficiales, pero no representan estabilidad para el caso de fallas de bloques grandes o movimientos de grandes masas de suelo o roca.

Todos estos elementos poseen recubrimiento anticorrosivo salvo los elementos de anclaje (bulones intermedios, los anclajes superiores, tuerca y placas de anclaje).

Las mantas de malla ancladas pueden utilizarse para impedir el movimiento de bloques pequeños (menos de 0.6 a 1 m de diámetro) o masas subsuperficiales delgadas de roca. Sin embargo, en ocasiones las mallas ayudan a atenuar el movimiento de grandes bloques. En principio la malla anclada actúa como una membrana alrededor de la masa o bloque inestable; a su vez pueden ser reforzadas con cables, los cuales se amarran a los anclajes.



Figura 31. Control de caída de rocas utilizando mallas ancladas.

Barreras dinámicas: Es un sistema de protección utilizado en taludes con riesgo de caída de rocas, diseñado específicamente para interceptar y retener las rocas en un punto de su trayectoria de caída, disipando la energía cinética del movimiento a través de la deformación plástica de determinados elementos del sistema diseñados a tal efecto, y de la actuación elástica de elementos diseñados con determinados grados de libertad respecto del impacto recibido.

En ciertas situaciones de riesgo de caída de roca, puede que no sea práctico instalar una malla de protección contra cortinas o estabilización de la superficie debido a problemas técnicos, topográficos, de acceso o económicos. En estos casos a menudo se proporciona una solución rentable mediante la instalación de barreras dinámicas de caída de rocas en la cara de la pendiente. Las barreras dinámicas de protección contra desprendimientos se caracterizan por su capacidad de absorción de impactos.

Por ello conforman un sistema muy eficaz y seguro para detener la caída de rocas y otras masas. Su configuración varía de acuerdo con la energía requerida en el impacto previsto (figura 32).



Figura 32. Ejemplo de barrera dinámica.

Red de anillos: es un sistema de protección utilizado en taludes con riesgo de caída grande rocas, el que, actuando directamente sobre la zona afectada, permita fijar in situ los bloques rocosos inestables, conteniendo los mismos y por tanto eliminando el riesgo de desprendimientos.

Está constituida por anillos de acero entrelazados entre sí, sin solución de continuidad y de elevada resistencia. Su configuración permite gran adaptabilidad a la morfología del talud en laderas irregulares. Los anillos trabajan en conjunto en la red, y por ello son ideales para soportar altas cargas e impactos de alta energía ya sea de forma concentrada y distribuida. La red es colocada con anclajes al terreno, conteniendo el macizo fracturado o con riesgo de desprendimiento, la resistencia de la red de anillos es muy elevada (figura 33).



Figura 33. Ejemplos de estabilización con red de anillos