

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7192

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA: LAS BRISAS DE SANTA ROSA, PRO VIVIENDA PROFAM PERÚ Y ASENTAMIENTO HUMANO NUEVA ESTRELLA

Departamento Lima
Provincia Lima
Distrito Santa Rosa



NOVIEMBRE
2021

**EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA:
LAS BRISAS DE SANTA ROSA, PRO VIVIENDA PROFAM PERÚ Y ASENTAMIENTO
HUMANO NUEVA ESTRELLA**

(Distrito de Santa Rosa, provincia y departamento de Lima)

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

Equipo de investigación:

Griselda Luque Poma

Segundo Núñez Juárez

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2021). *Evaluación de peligros geológicos en las Asociaciones de Vivienda: Las Brisas de Santa Rosa, Pro Vivienda PROFAM Perú y Asentamiento Humano Nueva Estrella*. Distrito de Santa Rosa, provincia de Lima, departamento de Lima. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7192, 45 p.

ÍNDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1 Objetivos del estudio.....	2
1.2 Antecedentes y trabajos anteriores	2
1.3 Aspectos generales.....	4
1.3.1 Ubicación	4
1.3.2 Accesibilidad	5
1.3.3 Población	5
1.3.4 Clima	6
1.3.5 Microzonificación Sísmica	7
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	9
2.1 Unidades litoestratigráficas.....	9
2.1.1 Formación Ancón (JsKi-a)	10
2.1.2 Formación Ventanilla (JsKi-v)	11
2.1.3 Depósitos Cuaternarios	11
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	13
3.1 Modelo digital de elevaciones (MDE)	13
3.2 Pendientes del terreno.....	14
3.3 Unidades geomorfológicas.....	14
4. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	17
4.1 Peligros geológicos por movimientos en masa	17
4.1.1. Caída de rocas, derrumbes y arenamiento en la Asociación de Vivienda.....	17
4.1.2. Arenamiento y derrumbes en el Asentamiento Humano Nueva Estrella	20
4.1.3. Caída de rocas y derrumbes en la Asociación Profam Perú	21
5. CONCLUSIONES	26
6. RECOMENDACIONES	28
BIBLIOGRAFÍA	30
ANEXO 1: MAPAS	31
ANEXO 2: GLOSARIO.....	35
ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	37

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos en las Asociaciones de Vivienda: Las Brisas de Santa Rosa, Pro Vivienda Profam Perú y Asentamiento Humano Nueva Estrella, pertenecientes a la jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Santa Rosa, provincia de Lima, departamento de Lima. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología, en los tres niveles de gobierno (local, regional y nacional).

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona evaluada, corresponden a rocas volcánicas de las formaciones Ancón y Ventanilla, conformado por derrames lávicos muy fracturados y moderadamente meteorizados. Estas unidades se encuentran cubiertas por depósitos coluvio-deluviales, constituidos por materiales inconsolidados de bloques angulosos a subangulosos, con diámetros que varían de 0.3 a 1.5 m en promedio, inmersos en una matriz areno arcillosa. En las Asociaciones de vivienda Las Brisas de Santa Rosa y Profam Perú se distinguen depósitos eólicos, compuestos por arenas, mal clasificadas y medianamente consolidadas.

Las geoformas identificadas corresponden a las de origen tectónico – degradacional (colinas y lomadas modeladas en rocas volcánicas) y geoformas de carácter depositacional y agradacional principalmente originada por la ocurrencia de movimientos en masa antiguos, que configuran geoformas de piedemonte (vertiente coluvial de detritos, vertiente o piedemonte aluvio-torrencial, mantos de arena, campos de dunas y planicie eólica).

Dada la naturaleza del macizo rocoso (muy fracturado y meteorizado) y su cobertura superficial propensa a procesos erosivos y remoción, se han identificado movimientos en masa de tipo caídas de rocas y derrumbes. Los factores desencadenantes que podrían desestabilizar las laderas son: cortes de ladera para la construcción de viviendas, el agua que filtra de los silos, vibraciones de vehículos y sismos. La cobertura superficial esta propensa a derrumbes, principalmente en el cerro Loma Larga; estos pueden ser “detonados” por intensas y/o prolongadas precipitaciones pluviales extraordinarias (Fenómeno El Niño). Las laderas presentan pendientes escarpadas (30°- 41°), lo que permite que el material suelto se erosione y se remueva fácilmente pendiente abajo por efecto de la gravedad y acción de precipitaciones extraordinarias.

En las Asociaciones de vivienda Brisas de Santa Rosa y Profam Perú se categorizan de **Peligro Alto** a la ocurrencia de caídas (caída de rocas y derrumbes) que pueden ser reactivados con sismos o en temporada de lluvias intensas o prolongadas y excepcionales. A diferencia del Asentamiento Humano Nueva Estrella, de **Peligro Muy Alto**, por derrumbes en depósitos eólicos que pueden ser reactivados con sismos y cortes de ladera para la construcción de viviendas; así como la infiltración de las redes de agua y desagüe.

Finalmente, se recomienda reubicar a las viviendas afectadas por derrumbes de arena en la manzana B1 de la Asociación Nueva Estrella; y la construcción de muros de contención en laderas inestables de las Asociaciones Brisas de Santa Rosa y Profam Perú.

1. INTRODUCCIÓN

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

Atendiendo las solicitudes de la Municipalidad Distrital de Santa Rosa, según oficios N° 001-2021-SGGRD-GDEGP/MDSR, N° 002-2021-SGGRD-GDEGP/MDSR y N° 003-2021-SGGRD-GDEGP/MDSR para la identificación de zonas de alto riesgo por movimientos en masa, en el marco de nuestras competencias se realizó una evaluación de peligros geológicos, que puede afectar viviendas, tramos carreteros.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Griselda Luque Poma y Segundo Núñez Juárez, para realizar la evaluación de peligros geológicos, el 12 de agosto de 2021.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por Ingemmet, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS, fotografías con cámara digital y dron), la cartografía geológica y geodinámica, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

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

1.1 Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- Evaluar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa ocurridos en las Asociaciones de Vivienda Las Brisas de Santa Rosa, Pro Vivienda PROFAM Perú.
- Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos por movimientos en masa.
- Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

1.2 Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional en el sector Santa Rosa se tienen trabajos anteriores han estudiado la geodinámica y prevención de desastres en el área de Lima Metropolitana y en el sector Santa Rosa como:

- 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); se identificó un

total de 107 zonas críticas (gráfico 1) y 848 ocurrencias de peligros geológicos, tipo: caídas, deslizamientos, flujos, procesos de erosión de laderas, erosión fluvial, inundación fluvial, hundimientos y finalmente vuelcos. En el distrito Santa Rosa se identificó 2 peligros geológicos, tipo arenamiento, que afectan viviendas y la vía de acceso a la playa Santa Rosa, donde recomiendan realizar estudios detallados de suelos para determinar la capacidad portante y que tipo de construcción deben hacer. Si bien no se ha registrado zonas críticas; esto no significa que no se pueda generar un nuevo evento, en caso que cambien las condiciones del terreno.

El estudio también realizó un análisis de susceptibilidad a movimientos en masa, presentado en un mapa a escala 1: 100 000, donde los sectores evaluados presentan baja a media susceptibilidad (figura 1). Entendiéndose, la susceptibilidad a movimientos en masa como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico (movimiento en masa), expresado en grados cualitativos y relativos.

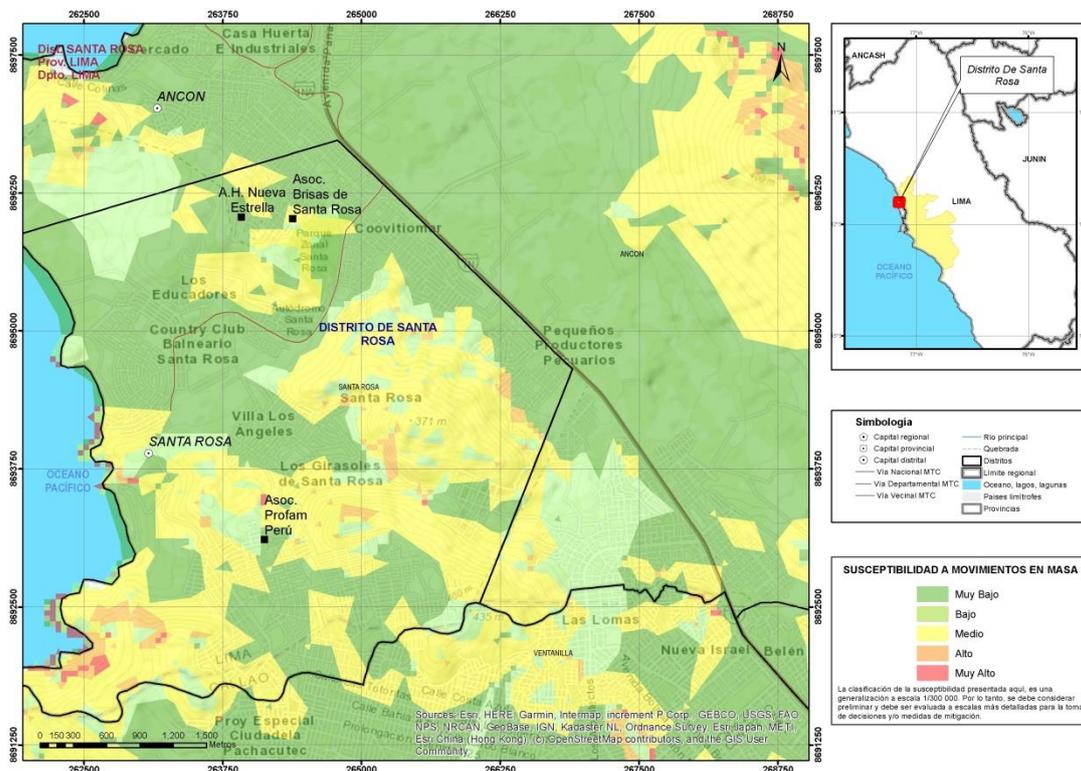


Figura 1. Niveles de susceptibilidad a movimientos en masa en los sectores evaluados. Fuente: Villacorta *et al.*, 2015

1. El “Estudio Riesgos Geológicos del Perú – Franja N° 4”, elaborado por Ingemmet (2006), completa el estudio de peligros geológicos en el ámbito de la provincia de Lima que abarca hasta aproximadamente los 11° 15’ de latitud sur, también a escala regional; se tratan acápites de geología, geomorfología, los peligros geológicos de tipo movimientos en masa y geohidrológicos, la susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa, finalmente identifica zonas críticas, la zona evaluada se encuentra en zonas de baja susceptibilidad a movimientos en masa.
2. Cuadrángulo de los cuadrángulos de Lima, Lurín, Chancay y Chosica 25-i, 25-j. 24-i, 24-j Boletín N°43 de la serie A (Palacios *et al.*, 1992), describe a la Formación Ancón como

“Volcánicos Ancón” y como equivalente lateral de las formaciones Puente Inga y Ventanilla, la sitúa sobreyaciendo parcialmente a la Formación Puente Inga, con afloramientos restringidos a los alrededores del balneario de Ancón y Santa Rosa y la pampa de Piedras Gordas (extremo NO de la hoja).

- Geología del cuadrángulo de Chancay-hoja 24i2. Boletín Serie L: Actualización Carta Geológica Nacional (Escala 1:50 000), elaborado por Mamani et al., 2021, describe la geología a escala 1: 50 000, información relacionada a los cambios más resaltantes sobre estratigrafía (formaciones Ventanilla y Ancón) del Grupo Puente Piedra. Además, señala de manera regional las unidades geomorfológicas (montañas modeladas en rocas volcánico-sedimentarias).

1.3 Aspectos generales

1.3.1 Ubicación

Las Asociaciones de Vivienda Las Brisas de Santa Rosa, Pro Vivienda Profam Perú y AA.HH. Nueva Estrella, que forman parte del distrito de Santa Rosa, se localizan en el litoral Norte de la provincia de Lima. Limita al norte y al este con el distrito de Ancón, al oeste con el Océano Pacífico, al sur con la región Callao (distrito de Ventanilla) (figura 2), en las coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18 s) siguientes (cuadro 1):

Cuadro 1. Coordenadas de las Asociaciones de Vivienda Las Brisas de Santa Rosa, Pro Vivienda PROFAM Perú y A.H. Nueva Estrella

N°	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	266713	8696695	-11.77º	-77.14º
2	266713	8691823	-11.82º	-77.14º
3	263254	8691823	-11.82º	-77.17º
4	263254	8696695	-11.77º	-77.17º
COORDENADA CENTRAL DE ASOC. VIV. LAS BRISAS DE SANTA ROSA				
C1	264381	8696017	-11.78º	-77.16º
COORDENADA CENTRAL DE A.H. NUEVA ESTRELLA				
C2	263920	8696033	-11.78º	-77.17º
COORDENADA CENTRAL DE ASOC. PRO VIVIENDA PROFAM PERÚ				
C3	264129	8693111	-11.81º	-77.16º

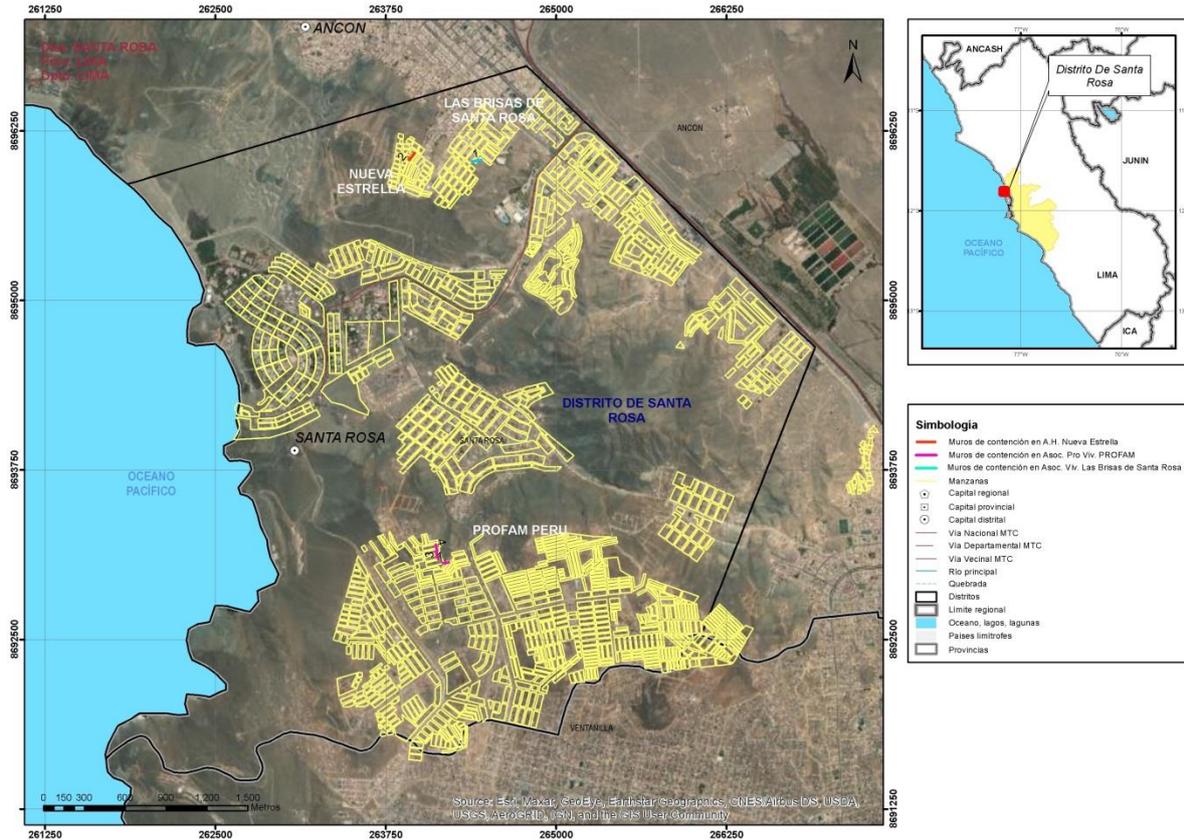


Figura 2. Ubicación de las Asociaciones de Vivienda Las Brisas de Santa Rosa, Pro Vivienda PROFAM Perú y AA.HH. Nueva Estrella; distrito de Santa Rosa, provincia y departamento de Lima.

1.3.2 Accesibilidad

Actualmente, el acceso al distrito de Santa Rosa, se realiza mediante el sistema vial Metropolitano de Lima. Partiendo desde la sede de Ingemmet (Av. Canadá), se sigue la ruta como se indica en el cuadro 2:

Cuadro 2. Rutas y accesos al distrito de Santa Rosa

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Ingemmet (sede Lima:Av. Canadá) –carretera Panamericana Norte-Municipalidad de Santa Rosa	Carretera asfaltada	42.5	1 h 10 minutos

1.3.3 Población

La población del distrito de Santa Rosa en el periodo 1972 al 2017 ha crecido aceleradamente, dado que de 217 habitantes en 1972 ha pasado a tener una población de 27 863 habitantes según el Censo del 2017, con una densidad poblacional de

305.06 hab/km². En el mismo periodo Lima Metropolitana ha triplicado su población (cuadro 3).

Cuadro 3. Población censada y tasa de crecimiento, 1972-2017

Población censada, 1972-2017					
Ámbito	1972	1981	1993	2007	2017
Lima Metropolitana	3 302 523	4 608 010	6 345 856	8 482 619	8 574 974
Santa Rosa	217	492	3903	10 903	27 863
Tasa de crecimiento promedio anual de la población censada, 1972-2017					
Ámbito	1972-1981	1981-1993	1993-2007	2017-2007	
Lima Metropolitana	3.7	2.7	2.1	1.2	
Santa Rosa	9.6	18.8	7.5	9.8	

Elaboración propia. Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - Censos Nacionales 1972, 1981, 1993, 2007 y 2017

1.3.4 Clima

Actualmente, el clima en Lima Metropolitana se caracteriza por temperaturas medias anuales suaves, entre 18°C y 20°C, y una precipitación total anual inferior a 20 mm (IMP, 2008). Es un clima templado-árido, resultado de la influencia combinada de diversos factores geográficos (Villacorta et al., 2015). De acuerdo a la clasificación climática de la región Lima (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, 2010), el clima es de tipo árido, con deficiencia de lluvias durante todo el año; solo presenta lloviznas ligeras entre abril y diciembre, con un ambiente atmosférico húmedo.

La ciudad de Lima y otras localidades costeras como la zona evaluada tienen un clima peculiar, caracterizado por presentar los días menos soleados de toda la franja costera peruana a lo largo del año. La cobertura nubosa es casi permanente día y noche, de junio a setiembre. De enero a abril, el brillo solar es mayormente a partir de la media mañana; la humedad relativa durante la noche y primeras horas del día fluctúa alrededor del 90%, disminuyendo a 80% al mediodía en los días de invierno y a 70% en los días de verano.

1.3.5 Microzonificación Sísmica

Es necesario indicar el mapa de zonificación sísmica, elaborado por Alva, J. et al (1984), utilizado como base en el nuevo Reglamento Peruano de Construcción Sísmica con la norma técnica de edificación E-30 (Diseño Sismorresistente, actualizado al 2016), donde el territorio nacional es dividido en cuatro zonas. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de estos con la distancia epicentral, así como la información neotectónica. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad (Diario El Peruano 2016). De acuerdo a este mapa, el área de estudio, se ubica en la zona 4 (figura 3), correspondiente a una zona de sismicidad alta, donde las aceleraciones con ventanas de tiempo para 20, 50 y 100 años de vida útil, corresponden 200, 500 y 1000 años de período de retorno respectivamente para un 10% de excedencia. Se determinó aceleraciones de 0.45 g.

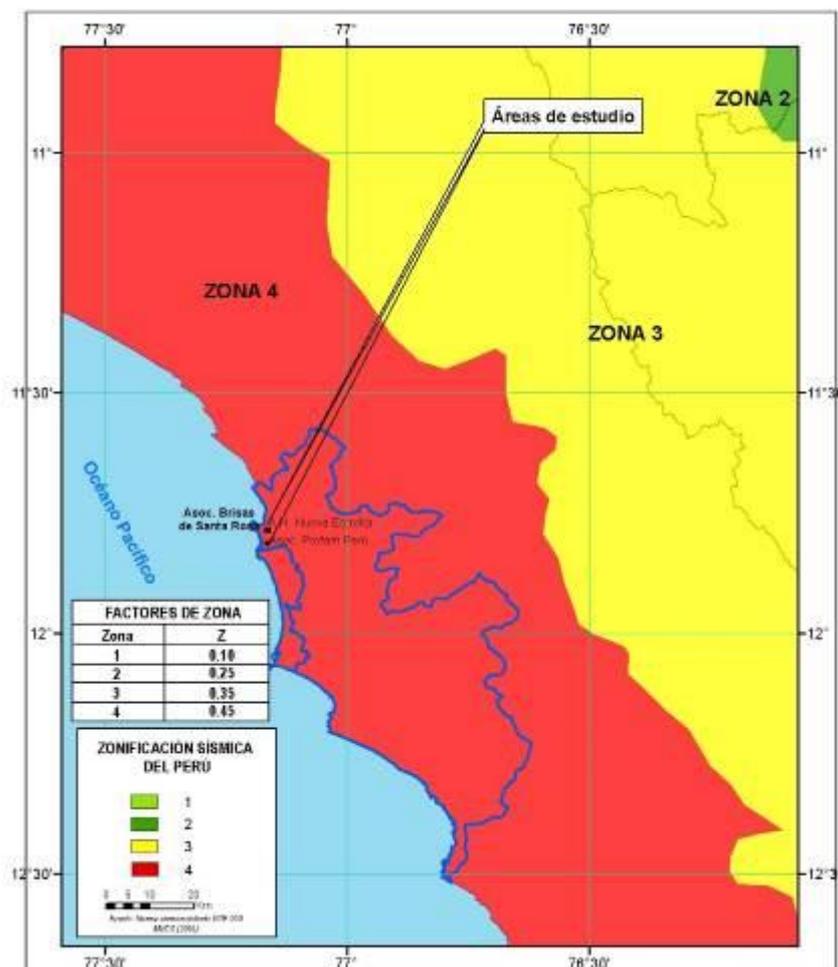


Figura 3. Zonificación sísmica del área de estudio (Fuente: El Peruano, 2016).

El plano de microzonificación del distrito de Santa Rosa (MVCS, CISMID, 2016), muestra la calidad de suelos y su comportamiento ante un peligro sísmico. Del cual se puede observar, que gran parte el distrito se encuentra en la zona II, conformado

por zonas con tierras arenosas, de compacidad media a densa y peligro geológico moderado. Así también hay zonas que cuentan con una microzonificación rocosa, de buena respuesta a una actividad sísmica, localizadas en las laderas de los cerros, no usadas para actividades residenciales (figura 4).

De acuerdo al mapa de intensidades máximas (INDECI-DIPRE, 2017) por sismo de 8.8 MW similares a las del terremoto de 1746. Gran parte de las provincias y distritos ubicados en la zona occidental de la región de Lima se verían sometidas a intensidades mayores a VIII (MM). En cuanto al distrito de Santa Rosa y toda Lima Metropolitana, evidentemente serían expuestas a las más altas intensidades debido a su cercanía a la zona de ruptura (figura 5), además se espera que ocurran efectos de licuefacción de suelos en la costa, asentamientos, movimientos en masa, entre otros.

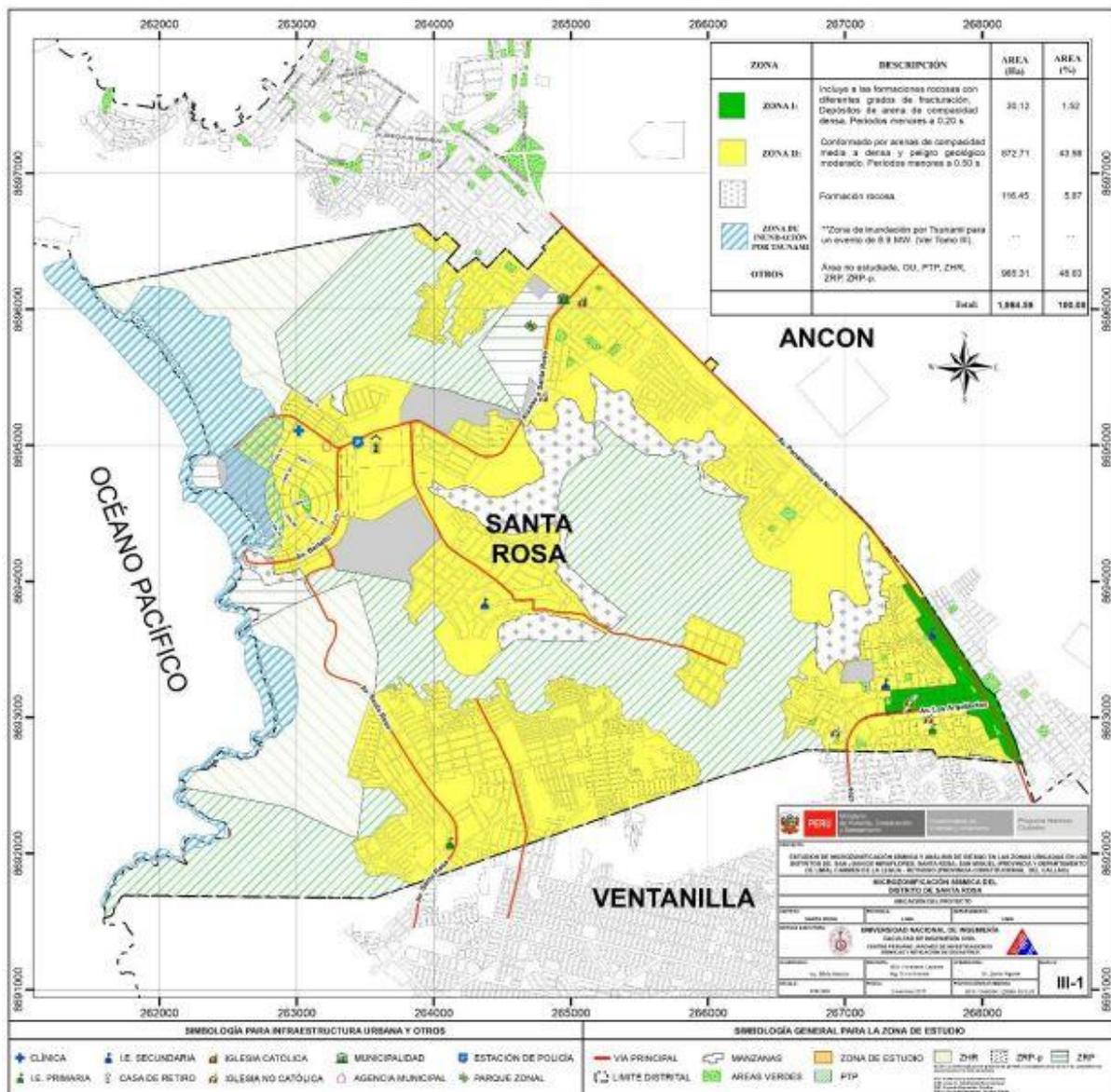


Figura 4. Microzonificación del distrito de Santa Rosa. Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), CISMID y la UNI CISMID, 2016.

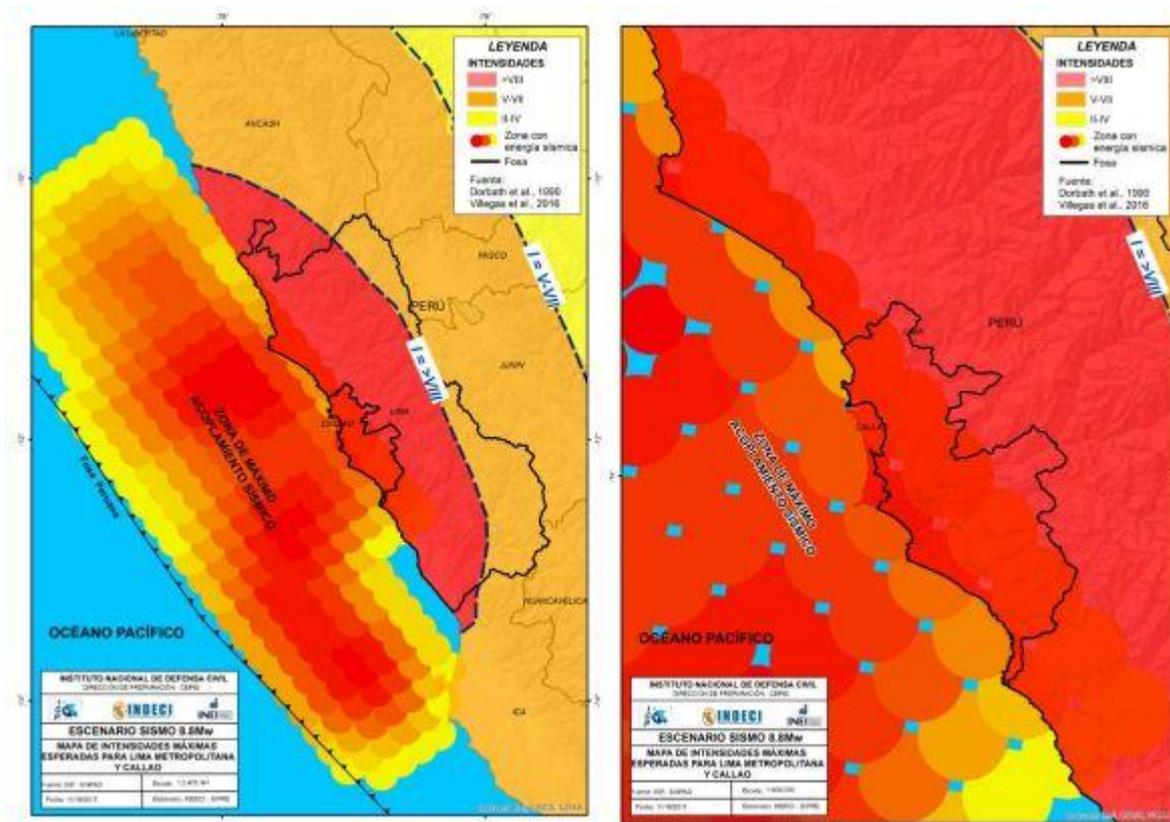


Figura 5. Departamentos y distritos que se verían sometidos a intensidad > VIII (MM). Fuente: INDECI-DIPRE, 2017

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico se desarrolló en base a la Geología de los cuadrángulos de Lima, Lurín, Chancay y Chosica 25-i, 25-j, 24-i, 24-j (Palacios *et al.*, 1992) de la Carta Geológica a escala 1/100 000 y la actualización de la hoja Chancay 24-i2, (1999) a escala 1:50 000. Teniendo afloramientos de rocas volcánico sedimentarias del Cretácico inferior y depósitos Cuaternarios. La cartografía geológica, se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotografías y observaciones de campo.

2.1 Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas aflorantes, son de origen volcánico sedimentario, corresponden a la Formación Ancón y Ventanilla, los cuales se encuentran muy fracturados y moderadamente meteorizados. Estas unidades se encuentran cubiertos por depósitos aluviales, coluviales y eólicos, que han sido acumulados desde el Pleistoceno hasta la actualidad (anexo 1 - mapa 1).

2.1.1 Formación Ancón (JsKi-a)

Se caracteriza por presentar niveles volcánicos de brechas y lavas de andesita, los que constituyen la secuencia basal de toda esta unidad litoestratigráfica, en la parte media afloran delgados niveles de depósitos volcánico sedimentarios en estratos tabulares de areniscas de granulometría media a gruesa con presencia de laminaciones horizontales y convolutas; así también se intercalan gruesos niveles de areniscas volcanoclásticas de grano grueso, los que, en algunos niveles estratigráficos suelen presentar conglomerados con clastos de andesita.

Distribuidos regularmente en el distrito de Santa Rosa, en la Asociación de Vivienda Brisas de Santa Rosa, A.H. Nueva Estrella y Asoc Profam Perú, cerros La Cruz, Loma Larga y Ceniza, con intenso fallamiento (fotografías 1 y 2), ligeramente meteorizado, cubierto en sectores por arenas y depósitos aluviales y coluviales.



Fotografía 1. Andesitas gris oscuras muy fracturadas y ligeramente meteorizadas de la Formación Ancón cubierto por depósitos coluviales y eólicos en la Asociación Brisas de Santa Rosa. Con coordenadas UTM (WGS 84): 264378 E, 8695960 N a 133 m s. n. m.



Fotografía 2. Andesitas gris oscuras muy fracturadas y ligeramente meteorizadas de la Formación Ancón en la Asociación. Profam Perú. Con coordenadas UTM (WGS 84): 264129 E, 8693111 N, 268 m s. n. m.

2.1.2 Formación Ventanilla (JsKi-v)

Consta de areniscas volcanoclásticas de coloración verde a gris o beige, con granulometría fina a gruesa, con presencia de granos angulosos a subredondeados.

Presenta los más extensos afloramientos en la localidad del mismo nombre ubicado al centro y oeste de la hoja. Por esta razón, se la puede ubicar de manera continua entre el río Chillón (por el sur) hasta Puente Piedra (por el norte), lo que corresponde a los distritos de Ventanilla y Puente Piedra.

2.1.3 Depósitos Cuaternarios

La zona evaluada se encuentra como cobertura de depósitos cuaternarios, los cuales son importantes depósitos no consolidados, dentro de la zona evaluada pueden clasificarse como: coluviales, eólicos y aluviales.

a) Depósitos coluviales (Q-co)

Estos depósitos de morfología cónica; se evidencian en la falda de cerros que presentan moderada a alta pendiente, y están dominados por movimientos en masa con muy poco o nulo contenido de agua. Además, presentan una granulometría grano-decreciente desde el ápice hasta la parte distal, debido a que son movilizados los fragmentos por gravedad. Los más grandes se trasladan más; por ello, se les puede observar al pie de estas geoformas. Esto puede apreciarse al pie de los cerros Loma Larga, Ceniza y otros. Fotografía 3.



Fotografía 3. Depósitos coluviales constituidos por fragmentos de andesitas de forma subangulosos a angulosos en el talud inferior de la carretera de acceso a la Asociación Profam Perú.

b) Depósito eólico (Q-eo)

Constituyen amplios depósitos en el sector noroeste de la hoja 24i2 y en el sector evaluado, como puede observarse en las faldas del cerro La Cruz, Loma Larga, parte del balneario de Santa Rosa y otras áreas menores (fotografía 4). Se aprecian como grandes mantos de arenas de hasta 20 m de espesor. Asimismo, se encuentran asociadas lateralmente con pequeños depósitos de escombros.

Los depósitos generados por la redistribución de arenas finas y limos realizada por el viento son muy abundantes en el distrito Santa Rosa, aunque sólo se conservan donde el desarrollo urbanístico y la construcción de infraestructuras han permitido su conservación. Son la expresión geomorfológica de las condiciones extremadamente secas que caracterizan el clima regional actual.

Sobre estos depósitos se han instalado asentamientos humanos. La solución de ese problema debe abordarse mediante una ordenación más eficiente del crecimiento urbano, es decir, mejor adaptada a la actividad de los procesos geomorfológicos.



Fotografía 4. Depósitos de arena en el Asentamiento Humano Nueva Estrella, se ha cortado la ladera de 30° de pendiente para la construcción de viviendas, se ha colocado fila de llantas al pie del talud para estabilizar la ladera.

c) Depósitos aluviales (Q-al)

Constituido de gravas y limos cubiertos de arena eólicas conformando en planicies y faldas de cerros. En el desarrollo de las “pampas” los que alcanzan una pendiente de hasta 3° corresponden al relleno de materiales sedimentarios compuesto por clastos irregulares angulosos. En estos depósitos, se pueden reconocer hasta dos niveles de abanicos superpuestos, como en las pampas de Piedras Gordas, áreas donde se pueden reconocer antiguas secuencias de abanicos que son recortados por flujos de corriente posteriores

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Para el análisis de la geomorfología, se obtuvo el modelo digital de terreno del servidor ALOS PALSAR con una resolución (GSD) de 12.5 m, además se realizó el análisis de imágenes satelitales para el estudio de la morfometría del relieve, complementada con los trabajos de campo.

3.1 Modelo digital de elevaciones (MDE)

La Asociación Brisas de Santa Rosa y el Asentamiento Humano. Nueva Estrella se distribuyen sobre un relieve con elevaciones entre 85 m s.n.m. y 150 m s.n.m.; mientras que la Asociación Profam Perú se asienta sobre superficies con elevaciones entre 100 m s.n.m y 260 m s.n.m, las que conforman las máximas elevaciones y que sobrepasan los 400 m de

altitud. Los procesos de arenamiento se producen debido a la acción eólica de mantos de arena en las laderas de los cerros Loma Grande, Piedras Gordas y Orara del distrito Santa Rosa, afectando parte del área urbana.

El área evaluada abarcó un total de 20.0 km², el 24 % (4.8 km²) conformado por relieves con pendientes llanas a suavemente inclinadas (<5°), seguido de pendientes moderadas (5° – 15°) en laderas de colinas y lomadas que abarcan el 42.6% (8.5 km²). Las pendientes fuertes a muy fuertes (15° – 45°) abarcan el 33.3% (6.7 km²), y conforman colinas y lomadas en rocas volcánicas. Finalmente, las pendientes muy escarpadas (>45) solo abarcan el 0.1% del área de estudio.

3.2 Pendientes del terreno

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

En el mapa 2 (anexo 1), se presenta el mapa de pendientes de terreno, elaborado en base a la información del modelo de elevación digital de 12.5 m de resolución (USGS), donde predominan laderas con pendientes moderadamente inclinados (5°-15°) a inclinados (15°-25°), con un cambio abrupto a terrenos de pendiente muy fuerte (>45°).

Las laderas que circunscriben la Asociación de Vivienda Brisas de Santa Rosa y el Asentamiento Humano Nueva Estrella presentan pendientes que varían de fuerte a muy fuerte (20° a 45°), las que conforman laderas del cerro Loma Larga, sobre la cual se da el escurrimiento superficial del agua de precipitación pluvial y el arrastre del material suelto disponible en las laderas, en caso de sismo o cualquier otra vibración facilita el derrumbe de los depósitos de arena acumulados a media ladera.

En la Asociación Profam Perú, las laderas tienen pendiente muy fuerte, de 30° en el talud superior de la carretera de acceso y de 35° en el talud inferior

3.3 Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio (anexo 1 - mapa 3), se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación a la erosión, denudación y sedimentación (Vílchez et al., 2020).

3.3.1 Geformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Están representadas por las formas de terreno resultados del efecto progresivo de procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

3.3.1.1 Unidad de colinas y lomadas

Tienen una altura menor de 300 m con respecto al nivel de base local; según el tipo de roca que las conforma y los procesos que han originado su forma actual, se diferencia las siguientes subunidades:

a) Subunidad de colinas y lomadas en rocas volcánicas (RCL-rv)

Relieve modelado en afloramientos de las formaciones Ancón y Ventanilla, conformadas por andesitas. Las colinas y lomadas de

los cerros Loma Grande, Piedras Gordas y Orara cubren gran parte de la zona de estudio, cuyas laderas de pendientes moderadas a escarpadas, varían de 25° a 55°, con cimas subredondeadas a agudas (fotografía 5).



Fotografía 5. Vista de colinas modeladas en rocas volcánicas (RCL-rv), en el cerro Piedras Gordas y Aurora, cuyas laderas presentan pendientes empinadas.

3.3.2 Geoformas de carácter depositacional y agradacional

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

a) Subunidad de vertiente con coluvial de detritos (V-d)

Son depósitos no consolidados, localizados al pie de las laderas, resultantes de la acumulación de material caído desde las partes altas, por acción de la gravedad y removidos por agua de escorrentía superficial.

b) Subunidad de piedemonte aluvio – torrencial (P-at)

Son el resultado de la acumulación de material movilizado a manera de flujos de detritos (huaicos), en la zona evaluada se localiza en Pampa Piedras Gordas entre los cerros Blanco y Ceniza forman un cono proluvial producto de la acumulación de material acarreado por huaicos antiguos. Estas formas del relieve de origen depositacional que se acumulan en el contacto de relieves destacados con superficies llanas, donde los cauces se ensanchan y la pendiente se atenúa, siempre que no exista un agente de evacuación suficientemente competente para impedir su conservación. En planta se asemejan a un segmento cónico que se irradia pendiente abajo. El material está conformado por bloques de naturaleza volcánica, de formas subangulosos a subredondeados, se encuentran medianamente consolidados.

c) Subunidad de vertiente con coluvial de detritos (V-d)

Los conos de detritos son las acumulaciones discontinuas de materiales generados al pie de algunos escarpes como consecuencia de procesos de caída libre por simple gravedad, y los taludes de detritos son las formas generadas por la coalescencia de conos en el mismo lugar. En algunas regiones, por ejemplo, en áreas de alta montaña, los desprendimientos suelen ser favorecidos por otros procesos, como la gelifracción. Sin embargo, en Lima Metropolitana, en particular en el distrito de Santa Rosa donde la extrema aridez es la principal característica del clima, los procesos ligados a la presencia de agua son bastante escasos y los episodios de caída libre deben de estar relacionados en mayor medida con sismos.

d) Subunidad campo de dunas (C-d)

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.

En los mapas geomorfológicos, las unidades de origen eólico están extensamente cartografiadas al norte y al sur de Lima Metropolitana (figura 5). Aparecen recubriendo los abanicos aluviales y glacis que se encuentran al pie de los relieves de las estribaciones de la cordillera. Esa disposición confirma que el clima regional ha tendido a ser más árido durante los últimos miles de años, porque las formas infrayacentes corresponden al dominio orofoclimático semiárido, en tanto que su recubrimiento es claramente hiperárido (Villacorta et al., 2015).

La ausencia de formas de acumulación eólica en algunos sectores del distrito Santa Rosa puede atribuirse a su desaparición como consecuencia de la expansión urbana durante los últimos siglos.

e) Subunidad manto de arena (M-a)

Son características de ambientes desérticos. Se trata, generalmente, de extensas depositaciones de arena eólica en llanuras o faldas de los cerros. Cubren casi siempre antiguas formaciones aluviales y marinas, así como colinas y lomadas con substrato rocosos. Estas acumulaciones son, en la actualidad, activas, es decir, que sus partículas superficiales están en constante remoción y arrastre lento en dirección al interior del continente. Son susceptibles a flujos secos y derrumbes que se deslizan por las laderas que avanzan continuamente interrumpiendo algunas viviendas del Asentamiento Brisas de Santa Rosa y Nueva Estrella.

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa de tipo caída de rocas y derrumbes (Proyecto Multinacional Andino: GCA, 2007). Estos procesos son resultado del proceso de modelamiento del terreno, en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978).

Uno de los peligros asociados a los sismos de pequeña, moderada y gran magnitud son los movimientos en masa. Otro efecto que puede producir un sismo, de las características que se proponen en este escenario, es el proceso de licuación de suelos. Para que se presente este fenómeno, se debe contar con algunas características básicas tanto del sismo como del suelo, como, por ejemplo: aceleración del suelo, duración del sismo (ambos parámetros relacionados a la magnitud del sismo), granulometría, densidad relativa, nivel freático (estos últimos relacionados con las características del suelo).

4.1 Peligros geológicos por movimientos en masa

Las Asociaciones Brisas de Santa Rosa, Asentamiento Humano. Nueva Estrella y Profam Perú presentan una geodinámica muy activa, representada por caída de rocas, derrumbes, arenamiento, y la presencia de depósitos antiguos de flujo de detritos o huaicos (anexo 1 - mapa 5).

A continuación, se describirá de manera detallada los eventos ocurridos:

4.1.1. Caída de rocas, derrumbes y arenamiento en la Asociación de Vivienda Brisas de Santa Rosa

El sector se encuentra asentado sobre antiguos depósitos eólicos y coluviales, conformado por bloques de rocas volcánicas, de formas angulosas a subangulosas, de hasta 0.5 m de diámetro y potentes depósitos de arena (fotografías 6, 7, 8 y 9); circundado por colinas modeladas en rocas volcánicas de la formación Ancón (andesitas), los cuales se encuentran ligeramente meteorizados y muy fracturados.



Fotografía 6. Caída de rocas en laderas del cerro Loma Larga con pendiente de 41° muy cerca al límite del substrato rocoso con mantos de arena.



Fotografía 7. Canchales de detritos colgados en laderas del cerro Loma larga



Fotografía 8. Mantos de arena cubren el substrato rocoso (andesitas) de la Formación Ancón, con pendiente de 30°, coordenadas UTM (WGS 84): 264381 E, 8696017 N, 109 m s.n.m.



Fotografía 9. A) Plataforma de concreto sin cemento, agrietado y flotando, B) Juntas separadas, paredes agrietadas y pisos levantados sin cemento, ambos construidos sobre depósitos de arena en la Asoc. Brisas de Santa Rosa.

4.1.2. Arenamiento y derrumbes en el Asentamiento Humano Nueva Estrella

En los cortes de talud, la arena busca su perfil de equilibrio, por ello la formación de derrumbes como en la Mz. B1 (fotografías 10, 11 y 12), que en algunos casos rellenan el vacío entre la pared de la vivienda y corte de talud. Para estabilizar estos depósitos de arena se han colocado llantas apiladas como especie de muros y sacos de arena, insuficientes.



Fotografía 10. Viviendas construidas en laderas con potentes depósitos de arena de 51° de pendiente en el Asentamiento Humano Nueva Estrella.



Fotografía 11. Viviendas construidas sobre relleno y depósitos de arena en el Asentamiento Humano Nueva Estrella.



Fotografía 12. Viviendas de material precario ubicadas en depósitos de arena del Asentamiento Humano Nueva Estrella.

4.1.3. Caída de rocas y derrumbes en la Asociación Profam Perú

Esta zona presenta dos rangos de pendiente; por encima del talud de la carretera de acceso con pendiente moderada de 27° y altura de hasta 21 m, y en el talud inferior con 35° de pendiente. Debido al corte de carretera y al intenso fracturamiento de las andesitas de la Formación Ancón, se han generado canchales de detritos que pueden afectar viviendas ubicadas en el talud inferior (fotografía 13). En los cortes de talud, se presentan derrumbes en el talud inferior de la ladera. La zona de arranque de mayor longitud es hasta 120 m, de forma irregular y discontinua.



Fotografía 13. Vista de canchales de detritos en el talud inferior de carretera de acceso, donde se ubican viviendas precarias de la Asociación Profam Perú.

4.1.4. Factores condicionantes

a) Factor litológico

Substrato rocoso de andesitas ligeramente meteorizadas y muy fracturadas, los cuales permiten mayor infiltración y retención de agua de lluvia al terreno, originando inestabilidad en las laderas.

Presencia de suelos no consolidados (depósitos coluviales y eólicos), adosados a las laderas de los cerros Loma Larga, Piedras Gordas, compuestos por bloques angulosos a subangulosos, con diámetros que alcanzan los 0.2 m, inmersos en una matriz areno arcillosa, de fácil erosión y remoción ante precipitaciones pluviales excepcionales y sismos. De acuerdo al plano de microzonificación del distrito de Santa Rosa (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento-CISMID, 2016), muestra suelos conformados por tierras arenosas y que tienen una compacidad media a densa y un peligro geológico moderado (Zona II).

b) Factor geomorfológico

Las viviendas de las Asociaciones Brisas de Santa Rosa, Nueva Estrella y Profam Perú se encuentran circundadas por colinas y lomadas modeladas en rocas volcánicas de la Formación Ancón, cuyas laderas presentan pendientes fuertes (30°) a escarpadas (51°); ello permite que el material suelto disponible se erosione y se remueva fácilmente pendiente abajo por efecto de la gravedad.

4.1.5. Factores desencadenantes

a) Sismos

Como es de conocimiento, Lima Metropolitana 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 zonificación sísmica, elaborado por Alva, J. et al (1984), utilizado como base en el nuevo Reglamento Peruano de Construcción Sísmica con la norma técnica de edificación E-30 (Diseño Sismorresistente, actualizado al 2016), donde el territorio nacional es dividido en cuatro zonas. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de estos con la distancia epicentral, así como la información neotectónica. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad (Diario El Peruano, 2016). De acuerdo a este mapa, el área de estudio, se ubica en la zona 4, correspondiente a una zona de sismicidad alta, donde las aceleraciones con ventanas de tiempo para 20, 50 y 100 años de vida útil, corresponden 200, 500 y 1000 años de período de retorno respectivamente para un 10% de excedencia. Se determinó aceleraciones de 0.45 g.

De acuerdo al mapa de intensidades máximas esperadas a nivel nacional que produciría un sismo de 8.8 MW similares a las del terremoto de 1746. Gran parte de las provincias y distritos ubicados en la zona occidental de la región de Lima se verían sometidas a intensidades mayores a VIII (MM). En cuanto al distrito de Santa Rosa y toda Lima Metropolitana, evidentemente serían expuestas a las más altas intensidades debido a su cercanía a la zona de ruptura, además se espera que ocurran efectos de licuefacción de suelos en la costa, asentamientos, movimientos en masa, entre otros.

b) Factores antrópicos

Se puede diferenciar dentro de los factores antrópicos, las actividades que contribuyen a la inestabilidad de las laderas (excavaciones, corte de talud), las prácticas inadecuadas de construcción (terraplenes artesanales, sobrecarga, etc.) y la ocupación inadecuada del territorio:

Actividades que contribuyen a la inestabilidad de las laderas. Las excavaciones para la construcción de viviendas, carreteras, entre otros, contribuyen a la inestabilidad de las laderas, el agua que filtra de los silos. Ejemplos de estas actividades los encontramos en los asentamientos humanos Brisas de Santa Rosa, Nueva Estrella, Profam Perú y otros del distrito de Santa Rosa. La construcción de carreteras debilita los materiales (suelos y rocas), si no se realizan labores de desquinche o perfilado del talud de corte se presentan casos como el de Loma Larga, Piedras Gordas (fotografía 14).

Prácticas inadecuadas de construcción. El uso de terraplenes artesanales inestables (pircas, llantas, costalillos de arena, etc.) contribuyen a incrementar el grado de vulnerabilidad de las poblaciones. Muchas viviendas de asentamientos humanos del distrito de Santa Rosa, como las ubicadas en los asentamientos evaluados han sido levantadas sobre pircas, bases artesanales que son propensas a los derrumbes por sismicidad, sobrecarga o humedecimiento del terreno. Las pircas están constituidas por bloques de roca y gravas apilados sobre una ladera con el fin de nivelar el terreno con respecto a la pendiente (fotografía 15). Los costalillos de arena o muros de llantas (fotografía 16) no proporcionan ninguna seguridad ya que se revientan o desmoronan. Son sobrecargas debido a construcciones en laderas: rellenos, acumulación de materiales, muros, reservorios de agua, etc. constituyen áreas muy inestables en caso de sismos de gran magnitud y representan un mayor peligro en el distrito de Santa Rosa.

Ocupación inadecuada del territorio. La población se hace más vulnerable cuando se ubica en terrenos susceptibles a sufrir los efectos de los procesos naturales, es decir en laderas inestables, depósitos de movimientos en masa antiguos, zonas arenosas y dunas; al pie de los taludes de corte de carreteras, en zonas de rellenos, entre otros. Esto sucede porque no se consideran los factores geológicos, climáticos, procesos geodinámicos, etc. al momento de elegir un lugar para vivir. Se dan casos en que las autoridades locales, regionales y nacional permiten a los pobladores que se ubiquen en estas zonas, inclusive proporcionándoles servicios básicos (luz, agua y desagüe).



Fotografía 14. Pirca sobre la que se ha levantado una vivienda de madera, ladrillos y calamina en la Asociación Brisas de Santa Rosa.



Fotografía 15. Viviendas de madera y calamina sobre bases de muros de llantas en el Asentamiento Humano Nueva Estrella.



Fotografía 16. Los cortes de talud para la carretera pueden desestabilizar la masa rocosa cuando hay presencia persistente de fracturas en talud superior e inferior en la Asociación Profam Perú.

5. CONCLUSIONES

a) Asociación de Vivienda Brisas de Santa Rosa

1. En el sector se observa depósitos de detritos conformado por fragmentos de roca volcánica (andesitas) de la Formación Ancón cubiertas por mantos de arena adosadas en laderas provenientes de la parte alta del cerro Loma Grande. la pendiente está comprendida entre 30° a 40°, en la cual se presentan caídas de rocas y derrumbes.
2. El factor desencadenante para la ocurrencia de caída de rocas y derrumbes en laderas del cerro Loma Grande, son los sismos, así como procesos de licuefacción que pueden ser desencadenados por estos. Según el mapa de zonificación sísmica, el área se encuentra en la zona de alta sismicidad y según el mapa de distribución de máximas intensidades de escala de Mercalli modificada, se encuentra en la escala de intensidades de VIII. Así como los cortes de ladera para la construcción de viviendas.
3. El daño probable comprende la destrucción de viviendas, tramos carreteros, y reservorio de agua del sector.
4. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, el sector Brisas de Santa Rosa, es considerado como zona de Peligro Alto a la ocurrencia de caída de rocas que pueden ser desencadenados por sismos.

b) Asentamiento Humano Nueva Estrella

1. En laderas del cerro Loma Grande, específicamente en la manzana B1 del asentamiento Humano Nueva Estrella, las viviendas se encuentran sobre una ladera cubierta por depósitos eólicos, la pendiente está comprendida entre 30° a 35°, no es conocido su espesor. Se ha identificado derrumbes localizados producidos por cortes de talud.
2. Las viviendas se encuentran construidas sobre depósitos eólicos, de acuerdo a la propuesta de la construcción de muros de contención de la Municipalidad Distrital de Santa Rosa en este lugar no es factible debido a la presencia de estos.
3. El factor desencadenante para la ocurrencia de derrumbes en el A.H. Nueva Estrella son los sismos y corte de talud. Según el mapa de zonificación sísmica, el área se encuentra en la zona de alta sismicidad y según el mapa de distribución de máximas intensidades de escala de Mercalli modificada, se encuentra en la escala de intensidades de VIII. Así como los cortes de ladera para la construcción de viviendas, el agua que filtra de los silos.
4. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, el sector A.H. Nueva Estrella, es considerado zona de **Peligro Muy Alto** a la ocurrencia de derrumbes, así como procesos de licuefacción que pueden ser desencadenados por sismos.

c) Asociación de Vivienda Profam Perú

1. El sector Profam Perú se encuentra asentado sobre antiguos depósitos coluviales, y eólicos, poco consolidados, que se originaron por la acumulación de eventos antiguos. En caso ocurriera un movimiento sísmico de gran intensidad, los cortes de talud colapsarían y afectarían las viviendas que se encuentran en la parte inferior.
2. En los cortes de talud, se presentan “derrumbes localizados” en el talud inferior de la ladera que llegan a tener una altura de hasta 21 m. La zona de arranque de mayor longitud es hasta 120 m, de forma irregular y discontinua.
3. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, el sector Asoc. Profam Perú, es considerado como zona de Peligro Alto a la ocurrencia de caída de rocas que pueden ser desencadenados por sismos; así como cortes de ladera para la construcción de viviendas, el agua que filtra de los silos y vibraciones de vehículos.
4. El factor desencadenante para la ocurrencia de caída de rocas en laderas del cerro Orara, son los sismos. Según el mapa de zonificación sísmica, el área se encuentra en la zona de alta sismicidad y según el mapa de distribución de máximas intensidades de escala de Mercalli modificada, se encuentra en la escala de intensidades de VIII.

6. RECOMENDACIONES

a) Asociación de Viviendas Brisas de Santa Rosa

1. Realizar estudios de evaluación de riesgos (EVAR). Prohibir la expansión urbana sobre la ladera cubierta por arena o en laderas inestables, para lo cual es necesario colocar señaléticas.
2. Realizar monitoreo visual y constante en las laderas del cerro Loma Grande ante la ocurrencia de caída de rocas y derrumbes, que pueden ser originados por sismos.
3. Realizar estudios geofísicos para conocer el espesor de depósitos eólicos, así como estudios detallados de suelos para determinar su capacidad portante y contenido de sales y sulfatos, para saber el tipo y profundidad de cimentación y clase de cemento a usar; estabilidad de taludes para determinar el comportamiento del terreno frente a las edificaciones, corte de talud y presencia de capas de sales. Así como simulaciones para determinar la zona de colapso del talud. Con ello, permitirá la construcción de medidas correctivas certeras.
4. En caso de un movimiento sísmico de gran intensidad, los cortes de talud colapsarían y afectarían las viviendas que se encuentran en la parte inferior. Para las manzanas G, R se deben construir muros de contención, los cuales deben ser realizados por profesionales especializados.
5. Realizar charlas de sensibilización y concientización sobre peligro y riesgo a las que se encuentran expuestos los sectores de Asociación. Brisas de Santa Rosa, Asentamiento Humano Nueva Estrella y Asociación Profam Perú y otras localidades asentadas en laderas de los cerros del distrito Santa Rosa.

b) Asentamiento Humano Nueva Estrella

1. Por fines preventivos, es necesario reubicar las viviendas que se encuentran asentadas sobre depósitos de arena en laderas del cerro Loma Larga, como la manzana B1, labor que debe realizar la Municipalidad distrital de Santa Rosa a la cual deberá designar el área. Mediante estudios de evaluación de riesgos (EVAR), que determinen la reubicación definitiva, debido a que se encuentran en zona de peligro muy alto ante la ocurrencia de caídas.
2. Prohibir y restringir la expansión urbana sobre la ladera cubierta por arena, colocar señaléticas.
3. La Municipalidad Distrital de Santa Rosa, junto con la Municipalidad de Lima Metropolitana, debe realizar campañas de sensibilización, respecto a los peligros geológicos, que puedan ocurrir en zonas arenosas.

4. Las redes de tuberías de agua y desagüe futuras, deben siempre estar en buenas condiciones, porque de colapsar pueden humedecer el terreno, lo cual disminuye la capacidad portante del suelo.
5. Realizar estudios geofísicos para conocer el espesor de estos depósitos eólicos, así como estudios detallados de suelos para determinar su capacidad portante y contenido de sales y sulfatos, para saber el tipo y profundidad de cimentación y clase de cemento a usar; estabilidad de taludes para determinar el comportamiento del terreno frente a las edificaciones, corte de talud y presencia de capas de sales. Así como simulaciones para determinar la zona de colapso del talud. Con ello, permitirá la construcción de medidas correctivas certeras.

c) Asociación de Vivienda Profam Perú

1. Realizar estudios de evaluación de riesgos (EVAR) en los sectores evaluados.
2. En caso de un movimiento sísmico de gran intensidad, los cortes de talud colapsarían y afectarían las viviendas que se encuentran en la parte inferior y el borde de la parte superior. Por fines preventivos, se deben construir muros de contención, los cuales deben ser realizados por profesionales especializados.
3. La Municipalidad Distrital de Santa Rosa, junto con la Municipalidad de Lima Metropolitana, debe realizar campañas de sensibilización



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

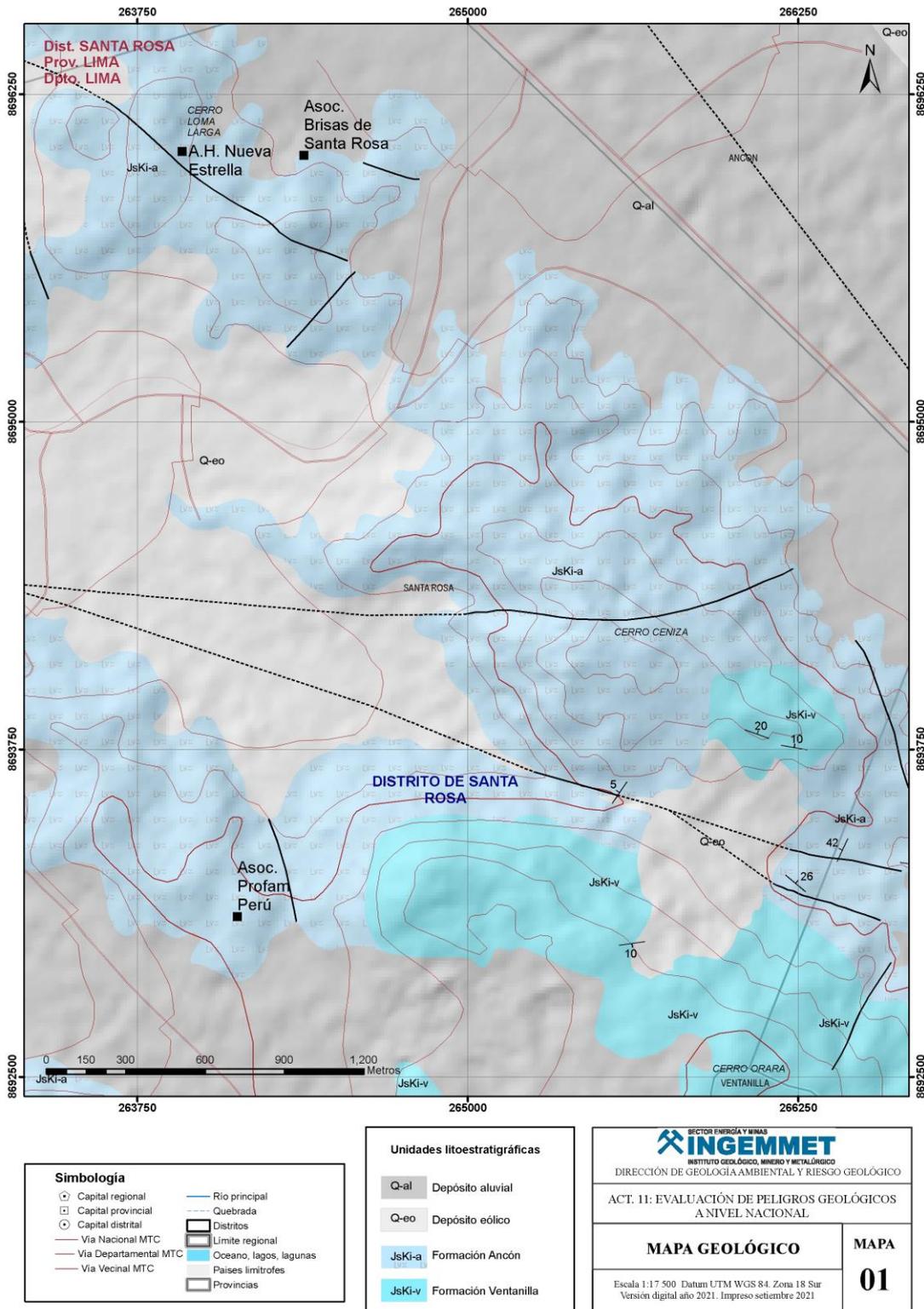


Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL
Director
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

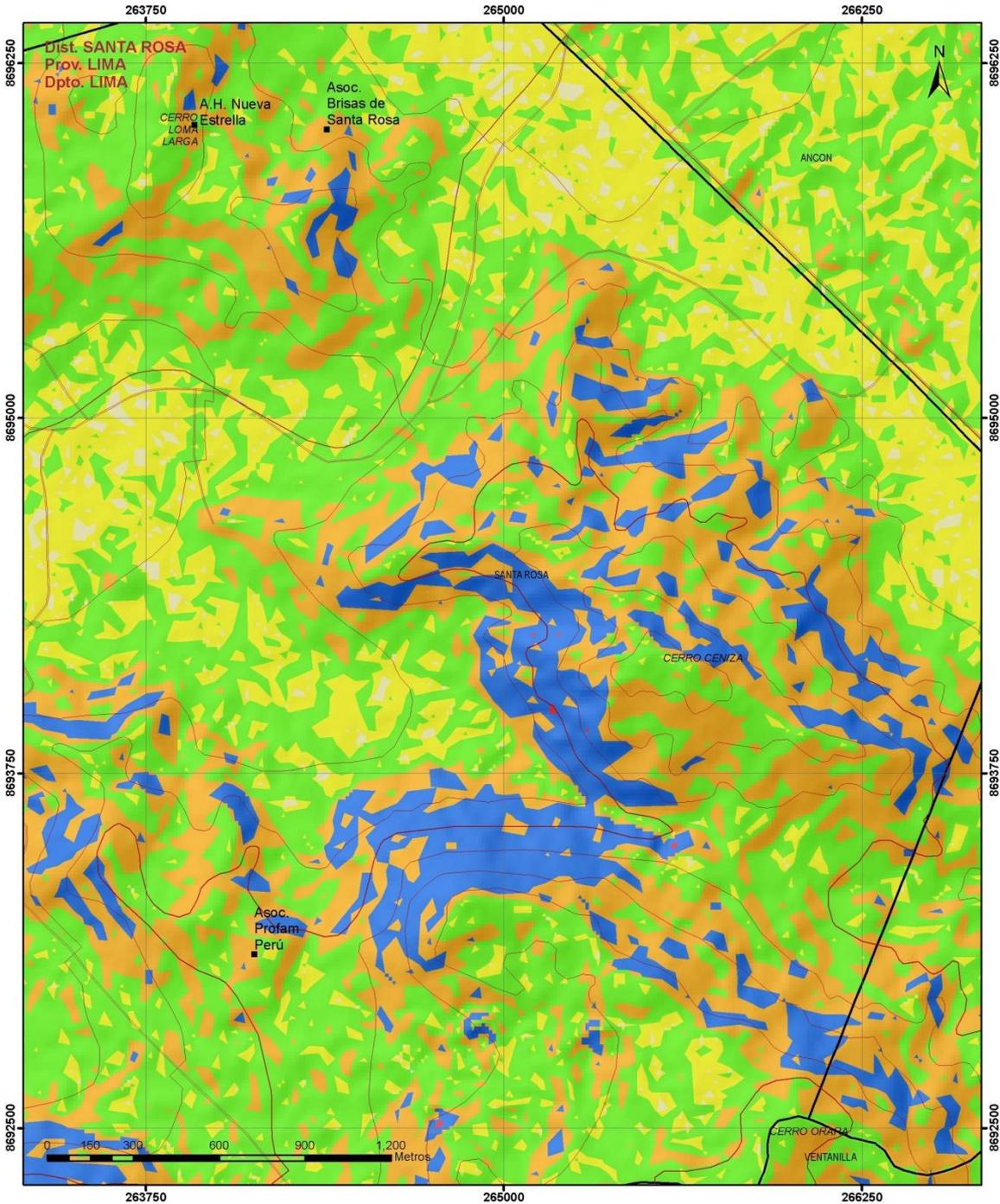
BIBLIOGRAFÍA

- Diario Oficial El Peruano (2016). Decreto Supremo que modifica la Norma Técnica E.30 “Diseño sismorresistente” del Reglamento Nacional de Edificaciones, aprobada por Decreto Supremo N°011-2006-Vivienda, modificada con Decreto Supremo N° 002-2014-Vivienda. Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Dirección de Preparación. Instituto Nacional de Defensa Civil-INDECI (2017) Escenario sísmico para Lima Metropolitana y Callao: Sismo 8.8 Mw, 54 p
<https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/201711231521471-1.pdf>
- Fidel, L., Zavala, B., Nuñez, S.; Valenzuela, G. (2006) - Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja N° 4. Ingemmet, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 29, 376 p.
- 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 25-i, 25-j. 24-i, 24-j. INGEMMET. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, n° 43, 163 p.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) - Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 432 p., Publicación Geológica Multinacional, 4.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2010) - Guía climática turística (en línea). Lima: SENMAHI, 216 p. (consulta: 14 de octubre de 2021). Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-20.pdf>
- Villacorta, S., et al (2015) Peligros Geológicos en el área de Lima Metropolitana y la Región Callao. INGEMMET. Boletín serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica. 162 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

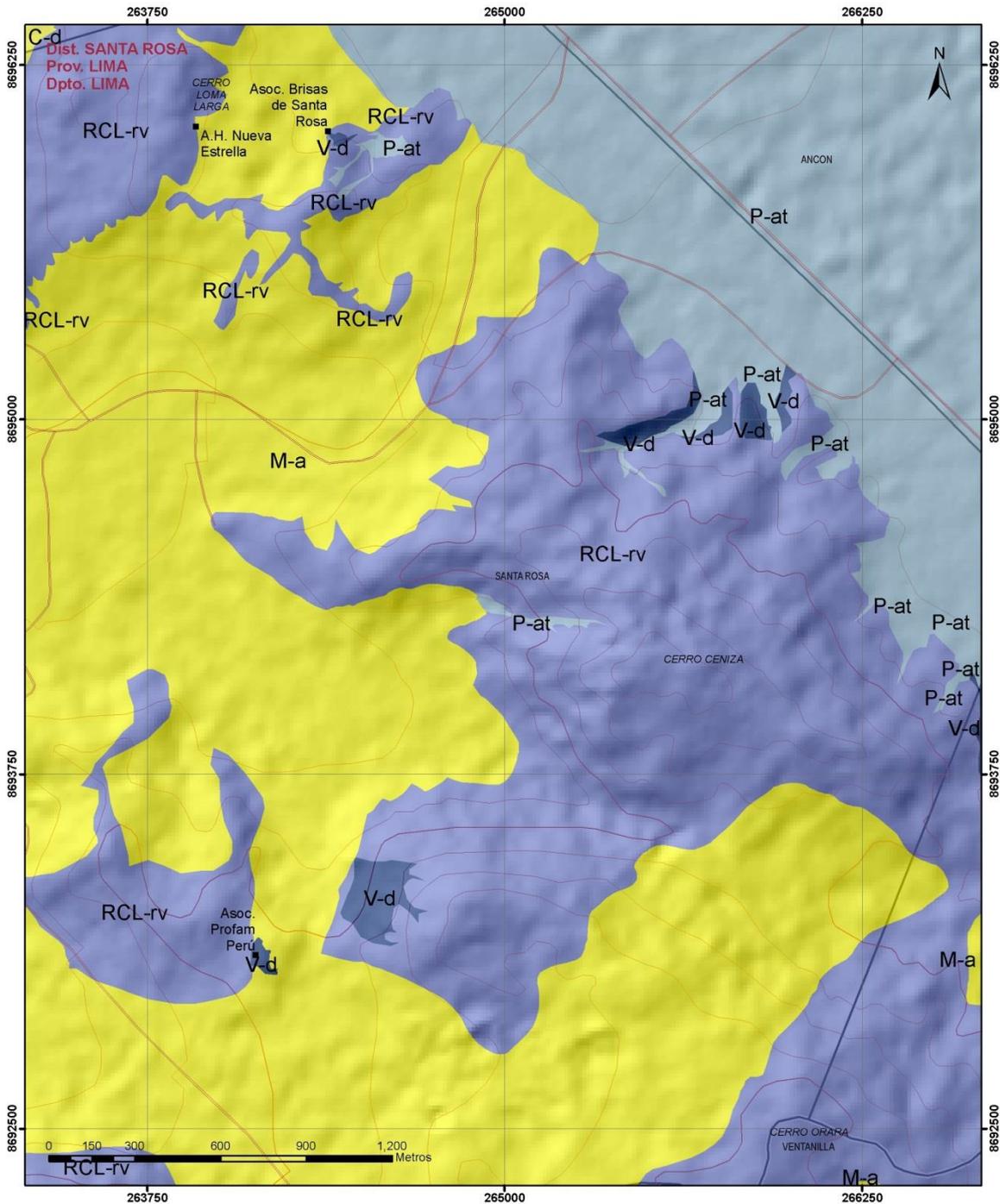


Mapa 1. Mapa geológico del sector evaluado. Fuente: Mamani et al., 2020



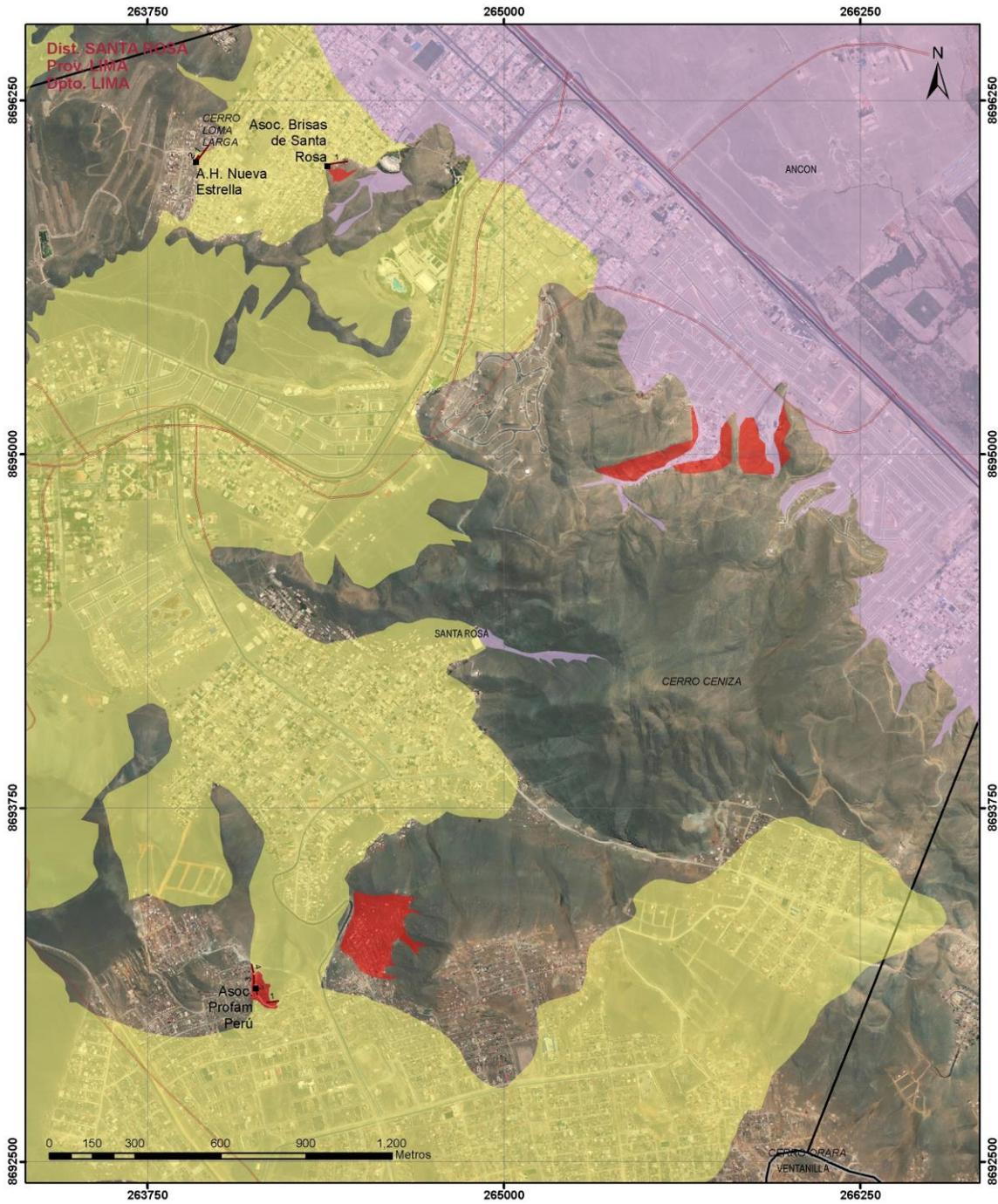
<p>Simbología</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Capital regional □ Capital provincial ○ Capital distrital — Via Nacional MTC — Via Departamental MTC — Via Vecinal MTC — Río principal — Quebrada — Distritos — Limite regional — Océano, lagos, lagunas — Países limítrofes — Provincias 	<p>Rango de pendiente</p> <ul style="list-style-type: none"> < 1° Terreno llano con pendiente muy suave 1°-5° Terreno inclinado con pendiente suave 5°-15° Pendiente moderada 15°-25° Pendiente fuerte 25°-45° Pendiente muy fuerte > 45° Pendiente abrupta 	<p>SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO</p> <p>ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL</p> <table border="1"> <tr> <td>PENDIENTE DEL TERRENO</td> <td>MAPA</td> </tr> <tr> <td></td> <td>02</td> </tr> </table> <p>Escala 1:17 500 Datum UTM WGS 84. Zona 18 Sur Versión digital año 2021. Impreso setiembre 2021</p>	PENDIENTE DEL TERRENO	MAPA		02
PENDIENTE DEL TERRENO	MAPA					
	02					

Mapa 2. Mapa de pendientes de terreno. Fuente: Elaboración propia.



<p>Simbología</p> <ul style="list-style-type: none"> ⊙ Capital regional ⊠ Capital provincial ⊙ Capital distrital — Via Nacional MTC — Via Departamental MTC — Via Vecinal MTC — Río principal — Quebrada □ Distritos □ Limite regional □ Océano, lagos, lagunas □ Países limítrofes □ Provincias 	<p>Unidades Geomorfológicas</p> <ul style="list-style-type: none"> C-d Campo de dunas M-a Manto de arena P-e Planicie eólica RCL-rv Colinas y lomadas en roca volcánica P-at Vertiente o piedemonte aluvio torrencial V-d Vertiente coluvial de detritos 	<p>SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO</p> <p>ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL</p> <p>MAPA GEOMORFOLÓGICO</p> <p>Escala 1:17 500 Datum UTM WGS 84. Zona 18 Sur Versión digital año 2021. Impreso setiembre 2021</p> <p>MAPA 03</p>
--	---	---

Mapa 3. Mapa geomorfológico de la zona evaluada. Fuente: Elaboración propia.



<p>Simbología</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Capital regional □ Capital provincial ○ Capital distrital — Via Nacional MTC — Via Departamental MTC — Via Vecinal MTC — Muros de contención propuestos por MDSR — Río principal — Quebrada □ Distritos □ Limite regional □ Océano, lagos, lagunas □ Paisés limítrofes □ Provincias 	<p>PELIGROS GEOLÓGICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Arenamiento ■ Caída de rocas ■ Flujo de detritos antiguo 	<p style="text-align: center;">INGEMMET INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO</p> <p style="text-align: center;">ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS ANIVEL NACIONAL</p> <p style="text-align: center;">CARTOGRAFÍA DE PELIGROS GEOLÓGICOS</p> <p style="text-align: center;">Escala 1:17 500 Datum UTM WGS 84. Zona 18 Sur Versión digital año 2021. Impreso setiembre 2021</p> <p style="text-align: right;">MAPA 04</p>
---	--	---

Mapa 4. Cartografía de peligros geológicos de las zonas evaluadas. Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 2: GLOSARIO

En el presente Glosario se describe según los términos establecidos en el Proyecto Multinacional Andino - Movimientos en Masa GEMMA, del PMA: GCA:

ARENA (sand) Suelo para ingeniería con tamaño de granos entre 0.075 mm y 4.75 mm y por lo cual son visibles a simple vista. Estos suelos se caracterizan por no presentar plasticidad ni cohesión. Entre las propiedades importantes de estos suelos que influyen en su comportamiento geomecánico, están la distribución granulométrica, la densidad y la forma de los granos.

ARENAMIENTO Son traslados e invasiones de arena sobre la superficie terrestre y ribera litoral por la acción de los vientos y/o corrientes marinas, favorecidas en muchos casos por la morfología del terreno. Este proceso morfodinámico se presenta en el desierto costero del territorio peruano originando depósitos de arenas de formas típicas conocidas como dunas, barcanas y mantos. Al no encontrar obstáculos, su avance natural produce la invasión de áreas agrícolas, redes viales, canales y ciudades.

AGRIETAMIENTO (cracking) Formación de grietas causada por esfuerzos de tensión o de compresión sobre masas de suelo o roca, o por desecación de materiales arcillosos.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES (slope stability analysis) Proceso en el que se evalúa cuantitativamente la interacción entre las fuerzas (o momentos) estabilizantes o resistentes y las fuerzas (o momentos) destabilizantes o movilizantes que actúan sobre un talud. A partir de esto, se establecen las condiciones de estabilidad actual o hipotética de ese talud. Usualmente esta condición de estabilidad se expresa en términos de un factor de seguridad. También puede involucrar el análisis de deformaciones del terreno.

CAÍDA (fall): La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978). 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.

Se pueden agrupar en dos subgrupos:

1. Caída de rocas: Desprendimientos o caídas de rocas que ocurren tanto en materiales no compactados o semi-compactados como en materiales coherentes (rocas) o suelos cementados con pendientes mayores de 40°. Las caídas individuales de rocas causan relativamente pocas muertes y daños limitados, mientras que cuando caen colectivamente se consideran peligros importantes inducidos por sismos. En materiales coherentes (rocas) o suelos cementados, el fenómeno más común es el desprendimiento de bloques, iniciados la mayor parte de estos por fracturamientos de tipo cuña o planares.
2. Derrumbes: Las caídas de detritos y tierras se pueden considerar o denominar comúnmente "derrumbes"; son producidos por el socavamiento de la base en riberas fluviales o áreas costeras o acantilados rocosos, o por la saturación de suelos incoherentes, en laderas de valles de moderada a fuerte pendiente, por

acción de la lluvia, vibración sísmica y o antrópica en cortes de carreteras o áreas agrícolas.

FRACTURA (crack) 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 (weathering) 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 (mass movement, landslide) sin.: Fenómeno de remoción en masa (Co, Ar), proceso de remoción en masa (Ar), remoción en masa (Ch), fenómeno de movimiento en masa, movimientos de ladera, movimientos de vertiente. Movimiento ladero abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991).

ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

A partir de la evaluación geológica-geodinámica realizada, se dan algunas propuestas de intervención de forma general para las zonas evaluadas, con la finalidad de minimizar las ocurrencias de derrumbes, caídas de rocas, entre otros. Así como también para evitar la generación de nuevas ocurrencias. 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. Se recomienda evaluar al detalle, estos sectores para el correcto diseño de las obras de mitigación sugeridas, con especialistas. A continuación, se señalan una serie de recomendaciones que pueden servir como base para mitigar los peligros geológicos en las zonas evaluadas.

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 "asegararlos". 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 6, 7 y 8).
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.

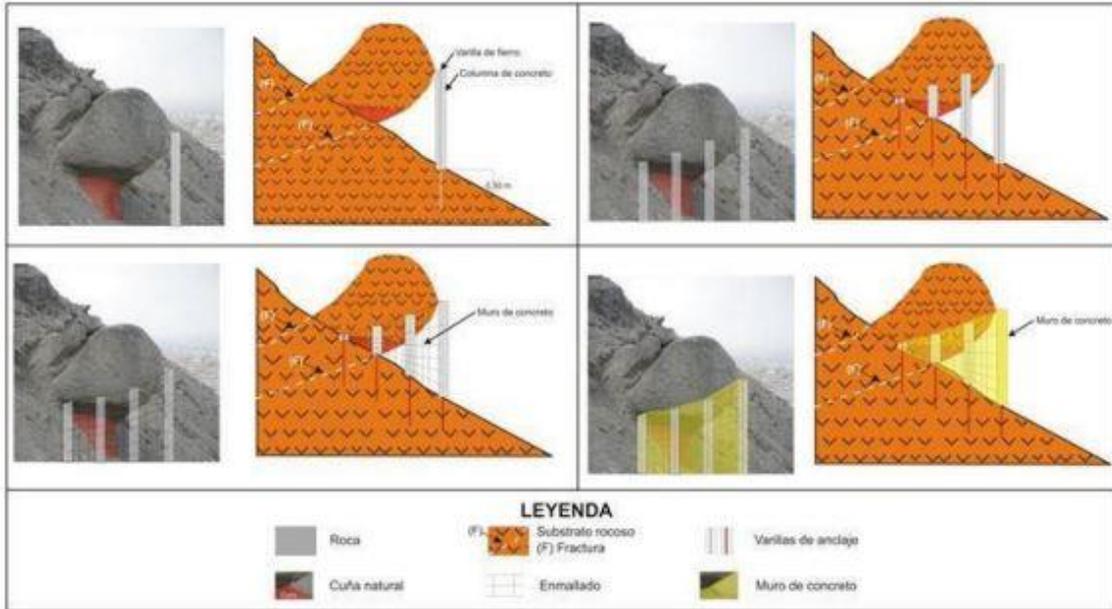


Figura 6. Muro en base del bloque para proteger viviendas aledañas.

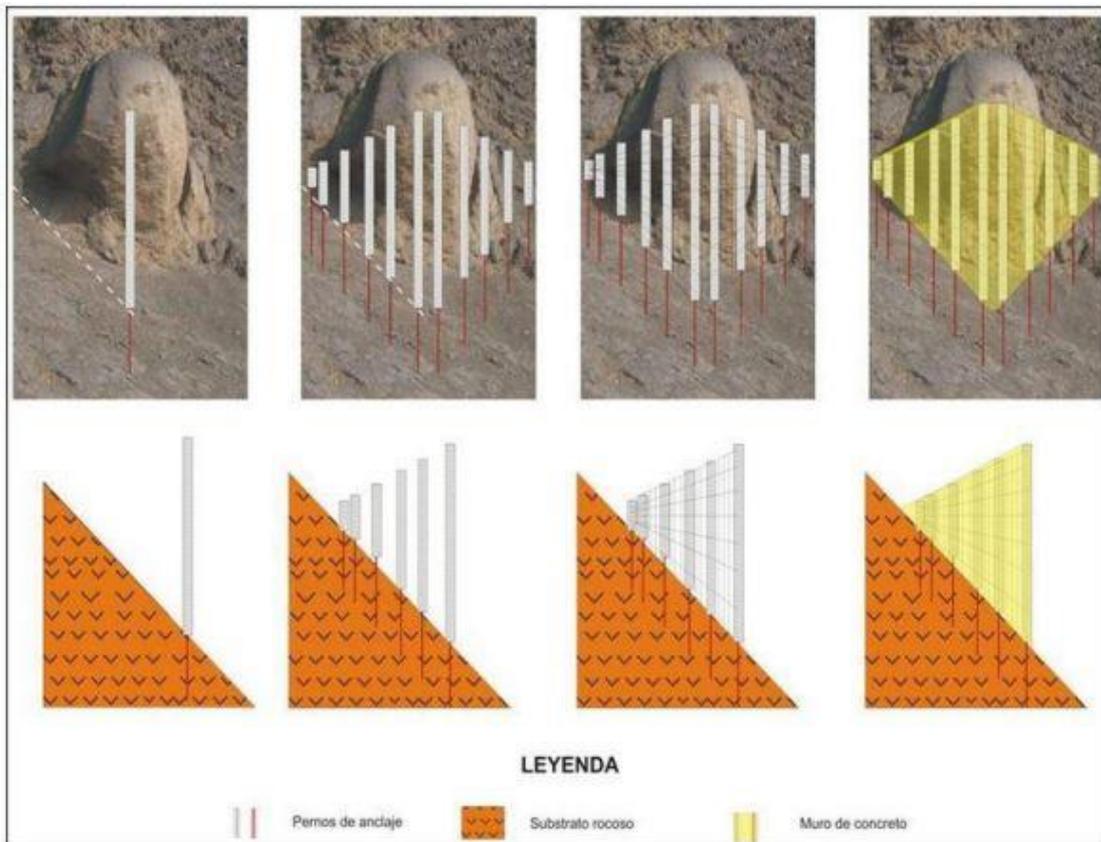


Figura 7. Esquema explicativo del bloque de roca.

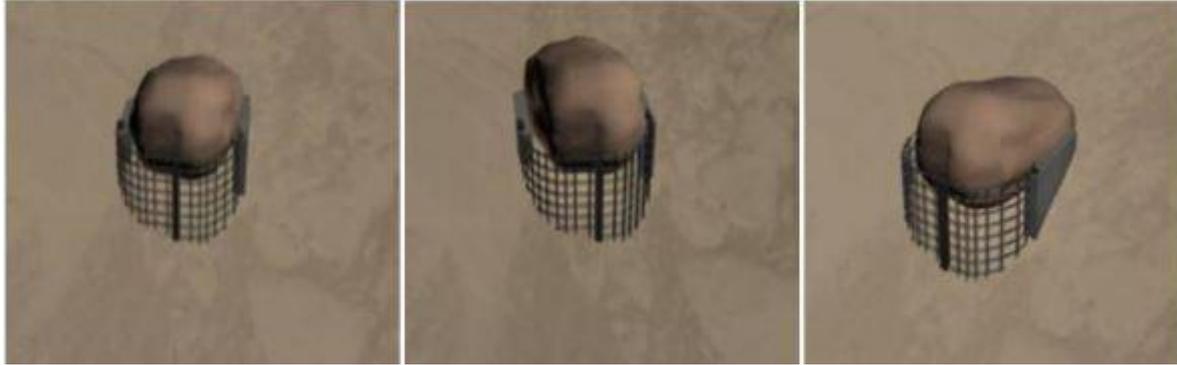


Figura 8. Se indica cómo quedaría el sostenimiento final.

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 9).
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 ubicadas en la falda de la ladera.



Figura 9. 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. Además de lo anterior, es recomendable en este sector la ubicación de anclajes de refuerzo, gunita sistemática y muros de hormigón, de anclaje en las zonas donde se observen procesos de desprendimientos de rocas activos. 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 10). 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).



Figura 10. Control de caída de rocas utilizando mallas ancladas.

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.

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 11).



Figura 11. 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, permite 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 12).

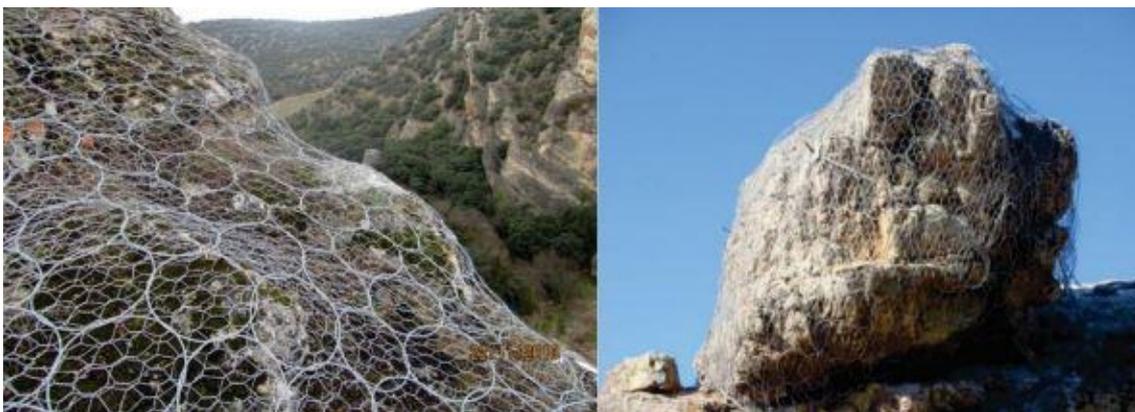


Figura 12. Ejemplos de estabilización con red de anillos.

Muros: que se construyen al pie del talud como elementos resistentes de sostenimiento, contención o revestimiento (figura 13) y pueden ser de: 1) gravedad, contruidos de hormigón en masa, concreto ciclópeo, mampostería, piedra seca o piedra argamasa para taludes pequeños, y 2) aligerados, ejecutados con hormigón armado en forma de "L", aquí la

pantalla vertical actúa como viga en voladizo y contrarrestan el momento volcador del empuje del terreno principalmente con el momento estabilizador de las tierras situadas sobre el talón, y 3) muros contrafuertes.

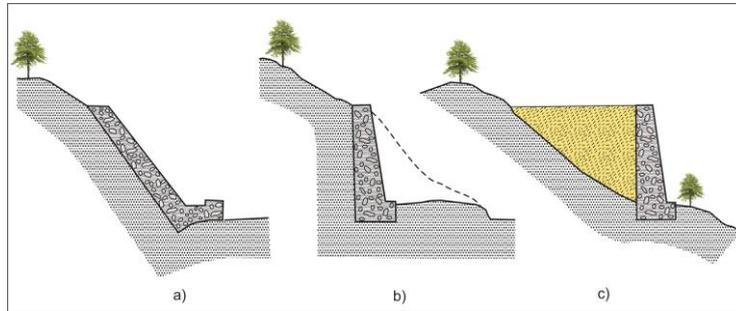


Figura 13. Tipo de muros: a) revestimiento, b) contención, c) sostenimiento. **Fuente:** Jiménez & et al., 1976

También se usan los *muros de pantalla*, enterrados de hormigón armado, su acción estabilizadora ante los derrumbes existentes o potenciales es muy similar a la de las pantallas de pilotes (figura 14).

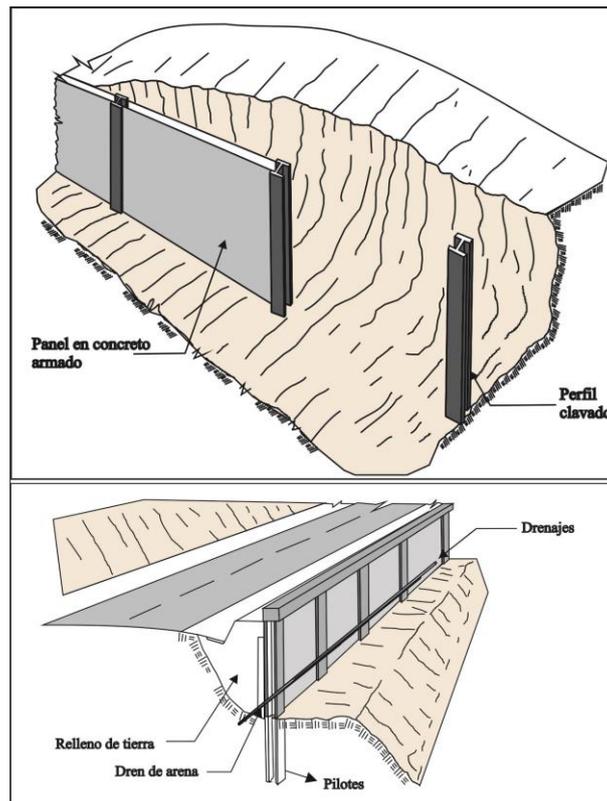


Figura 14. Ejemplo de muros de pantalla y muros con pilotes.