

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7622

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR 9 GRUPO RESIDENCIA 3-A (LOMO DE CORVINA)

Departamento: Lima
Provincias: Lima
Distrito: Villa el Salvador



**MAYO
2025**

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR 9 GRUPO RESIDENCIA 3-A (LOMO DE CORVINA)

(Distrito Villa el Salvador, Provincia Lima, Departamento Lima)



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

Equipo técnico:

*Wilson Gomez Cahuaya
Mauricio Núñez Peredo
Segundo Núñez Juárez*

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2025). "Evaluación de peligros geológicos en el Sector 9 Grupo Residencia 3-A (Lomo de Corvina)". Distrito Villa el Salvador, Provincia Lima, Departamento Lima, Informe Técnico N°A7622, Ingemmet 51p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1. Objetivos del estudio	5
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores.....	6
1.3. Aspectos generales	7
1.3.1. Ubicación.....	7
1.3.2. Población.....	7
1.3.3. Accesibilidad.....	10
1.3.4. Clima	10
2. DEFINICIONES	10
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	12
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	12
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	15
4.1. Pendiente del terreno	15
4.2. Unidades y subunidades geomorfológicas.....	18
4.2.1. Unidad de Planicies	18
5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	18
5.1. Derrumbes relacionados con la actividad minera al pie de la ladera de Lomo de Corvina.....	19
5.1.1. Factores condicionantes.....	22
5.1.2. Factores desencadenantes.....	22
5.2. Arenamiento	26
5.3. Sismos.....	28
5.4. Cálculo de estabilidad de laderas	30
6. CONCLUSIONES.....	37
7. RECOMENDACIONES.....	39
8. BIBLIOGRAFÍA.....	40
ANEXO 1: MAPAS	41
ANEXO 2: PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTIVAS.....	45
ANEXO 3: ENSAYOS DE LABORATORIO.....	47

RESUMEN

El presente informe es el resultado de la evaluación de peligros geológicos asociados a movimientos en masa en el sector 9 Grupo Residencia 3-A, ubicado en el distrito Villa El Salvador, provincia y departamento de Lima. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico cumple con la función de brindar asistencia técnica en materia de peligros geológicos a los tres niveles de gobierno, es decir, local, regional y nacional.

El Lomo de Corvina, una geoforma particular con características geológicas y geotécnicas desfavorable para la habilitación urbana, ha sufrido en los últimos años una expansión urbana acelerada carente de planificación adecuada y sin contar con estudios de ordenamiento territorial. Su ocupación ha conllevado al asentamiento del sector 9 Grupo Residencia 3-A, ubicado en la cresta de dicha estructura. La construcción de viviendas en zonas no permitidas, ha dado como resultado un ligero desplazamiento horizontal en el muro de contención, lo que pone en evidencia una clara inestabilidad en el substrato arenoso en la parte superior del Lomo de Corvina. Además, se ha identificado movimientos en masa al pie de la ladera, los cuales, indican una pérdida de equilibrio geotécnico en la ladera inestable.

En el contexto litológico, afloran depósitos eólicos constituidos por arenas sueltas mal graduadas de color gris marrones de grano medio a fino, con estructuras estratificadas con aparentes laminaciones oblicuas, típicas de ambientes eólicos. El espesor de los depósitos que forman la duna sobrepasa los 120 m. Por su naturaleza suelta e inconsolidada, se caracterizan por tener una baja cohesión, con poca resistencia a la erosión y, además, dispuestas sobre laderas con pendientes pronunciadas, consideradas zonas de muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes que ponen en peligro a las poblaciones asentadas tanto en la parte baja y la cabecera del depósito.

Geoformas originadas por la acumulación de arenas, han dado como resultado una estructura de Mantos de Arena. Su ladera oeste expone una superficie con morfología algo escalonada con cambios bruscos de pendiente. En promedio, la cresta de la duna presenta una pendiente suave de 1° a 5° ; por el lado oeste de la ladera, presenta pendientes entre fuerte a muy fuerte que oscilan entre 15° a 25° y de 25° a 45° . Las paredes subverticales se localizan en las zonas donde se explotan las arenas, en el que realizaron cortes de talud, sus pendientes superan los 45° .

Se han identificado tres zonas altamente susceptibles a derrumbes, debido al socavamiento causado por la explotación de arenas. Estos procesos podrían afectar la ladera oeste del Lomo de Corvina, y que implican una modificación negativa de las condiciones estructurales y geotécnicas del terreno arenoso, lo que favorece a la inestabilidad de la ladera. Estas zonas se localizan a 180 m del muro de contención ubicado en el flanco oeste del sector 9 Grupo Residencia 3-A.

En el análisis de estabilidad de laderas y/o taludes realizados para las secciones A-A', B-B' y C-C', utilizando en software Rocscience-Slide, se calcularon los factores de seguridad tanto estáticos y pseudo-estáticos, tomando en cuenta las propiedades geotécnicas del suelo, como la cohesión y ángulo de fricción, así también como, las características geométricas del talud y las condiciones geotécnicas predominantes de la ladera, muestran como resultado una alta susceptibilidad a generarse deslizamientos, ante un eventual sismo de mayor magnitud.

De acuerdo a las características geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se considera al sector 9 Grupo Residencia 3-A (Lomo de Corvina) como zona de **Peligro Alto** por derrumbes y deslizamientos y **Peligro Bajo** por arenamiento.

Finalmente, se recomienda a las autoridades competentes y tomadores de decisiones, implementar medidas para mitigar los peligros geológicos identificados, así como, restringir la edificación de viviendas o infraestructura local con más de un nivel y considerar prohibir el asentamiento de población en la ladera oeste del Lomo de Corvina, permitir el crecimiento de cobertura vegetal nativa para fines de estabilización Y, por último, se recomienda realizar el EVAR correspondiente.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la “Servicio de Asistencia Técnica en la Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 16)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico (movimientos en masa en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud del Sector 9 Grupo Residencia 3-A de Villa El Salvador (Lomo de Corvina) distrito Villa El Salvador, del departamento de Lima; es en el marco de nuestras competencias que se realiza la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó a los Ingenieros Wilson Gomez, Segundo Núñez y Mauricio Núñez, para realizar la evaluación de peligros geológicos respectiva en el Sector 9 Grupo Residencia 3-A de Villa El Salvador (Lomo de Corvina), el cual se efectuó con previa coordinación con los representantes del sector mencionado.

La evaluación técnica se ejecutó en 03 etapas: la etapa de pre-campo empezó con la recopilación de antecedentes de estudios de geología, geodinámica externa y geomorfología por parte del INGEMMET; etapa de campo consistió en la observación geológica, toma y medición de datos estructurales (levantamiento fotogramétrico con dron, captura de imágenes fotográficas), cartografiado al detalle, recopilación de información y testimonios de población local afectada; y para la etapa final de gabinete se realizó el procesamiento digital e interpretación de toda la data extraída en campo, que involucra fotointerpretación cartográfica geológica y geodinámica para la identificación de procesos de movimientos en masa a través de imágenes satelitales que ofrece la plataforma Google Earth, elaboración de mapas, figuras temáticas y finalmente redacción del informe final.

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

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa en el Sector 9 Grupo Residencia 3-A de Villa El Salvador (Lomo de Corvina), Provincia y Departamento de Lima.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción ante peligros geológicos evaluados.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

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

- a) Peligro Geológico en la región Lima INGEMMET (Luque et al., 2020). Se señala que el sector de Lomo de Corvina presenta susceptibilidad a movimientos en masa con grado muy baja a baja (**Figura 1**).
- b) Riesgo Geológico de la Franja 3 (INGEMMET, 2003), el Primer Reporte de Zonas Críticas de Lima Metropolitana” (Núñez. & Vásquez, 2009), el informe de Inspección de la Seguridad Física AA.HH. Héroes del Cenepa” Núñez, S. (2010), entre otros. Aquí se señala que el sector Lomo de Corvina es propenso a derrumbes (en los taludes de corte), flujos secos (típicos en materiales granulares), licuación de suelos (con sismos y rotura de tuberías de agua y/o desagüe), y arenamiento (proceso ligado a la migración de las arenas – dunas).
- c) Primer Reporte de Zonas Críticas de Lima Metropolitana”, (Núñez & Vásquez, 2009). Donde catalogan al sector Lomo de Corvina como una zona crítica, donde no se debe permitir la ubicación de viviendas.
- d) Núñez (2010), en el informe “Inspección de la Seguridad Física del A.H. Héroes del Cenepa”, (asentamiento humano ubicado en la ladera oeste del Lomo de Corvina); en sus recomendaciones menciona que no se debe admitir más asentamientos humanos (AA.HH.) en el flanco oeste de Lomo de Corvina, porque es una zona inestable, debido a que los cortes de talud han inestabilizado los depósitos de arena presentándose derrumbes y flujos secos.
- e) Geología de los cuadrángulos de Lima, Lurín, Chancay y Chosica INGEMMET (Palacios; Caldas y Vela, 1992). Determinan las unidades geológicas del sector en estudio.
- f) Descripción geológica de los cuadrángulos de Mala y Lurín INGEMMET (León y De la Cruz, 2003), actualización de la carta geológica a escala 1:50,000.
- g) Atlas Ambiental de Lima Metropolitana (IMP, 2008), mapa de susceptibilidad en ordenamiento territorial a nivel de Lima Metropolitana.

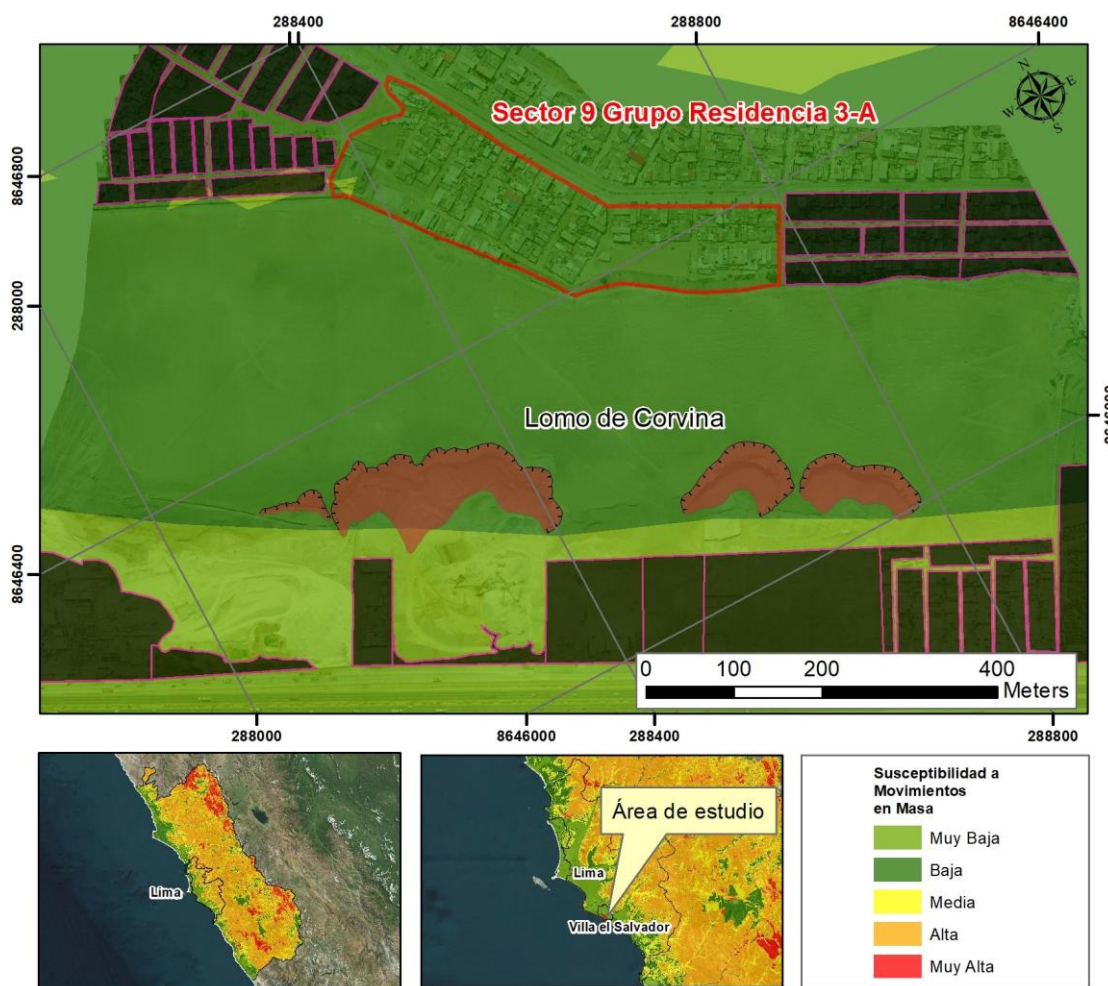


Figura 1: Susceptibilidad por movimientos en masa del sector de Lomo de Corvina. Tomado de Luque et al., (2020). Fuente: Elaboración propia.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El sector 9 Grupo Residencia 3-A del Lomo de Corvina se ubica a la altura del km 24, de la Panamericana Sur. Políticamente, pertenece al distrito Villa el Salvador, provincia y región Lima. Está comprendido entre las siguientes coordenadas UTM WGS 84: 288728 Este y 8646391 Norte (**Figura 2**).

1.3.2. Población

De acuerdo con la información catastral del Sector 9 Grupo Residencia 3-A obtenida de la Municipalidad de Villa el Salvador. Se tiene 2019 lotes distribuidas en 11 manzanas que ocupan un total de 60600 m² (**Figura 3**).

De acuerdo con la información del XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas del 2017. La población total susceptible a movimientos en masa es de 2007 habitantes distribuidas en 490 viviendas (**Figura 4**).

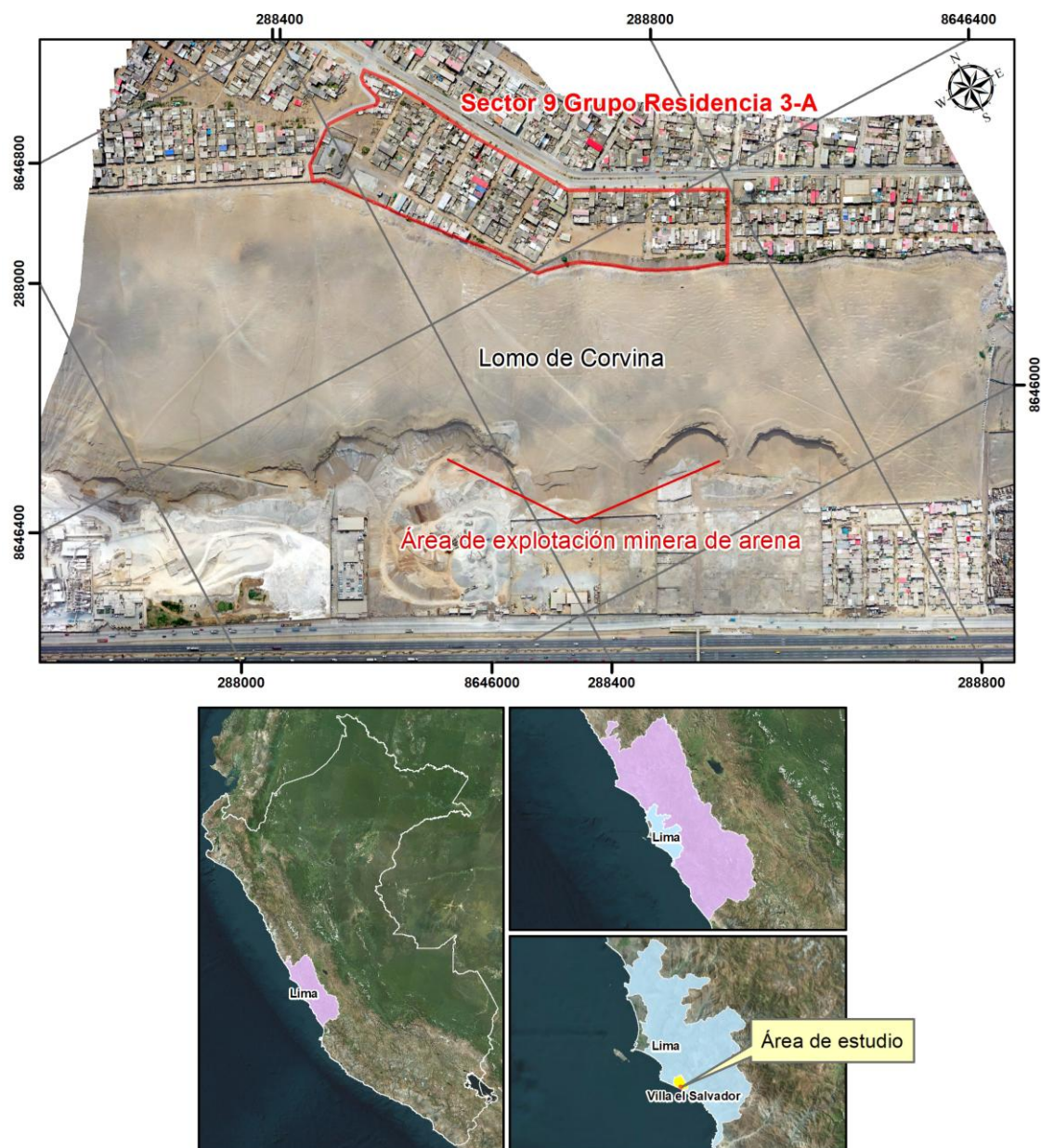


Figura 2. Ubicación de la zona evaluada en el sector 9 Residencia 3-A, distrito Villa El Salvador, provincia y departamento Lima.

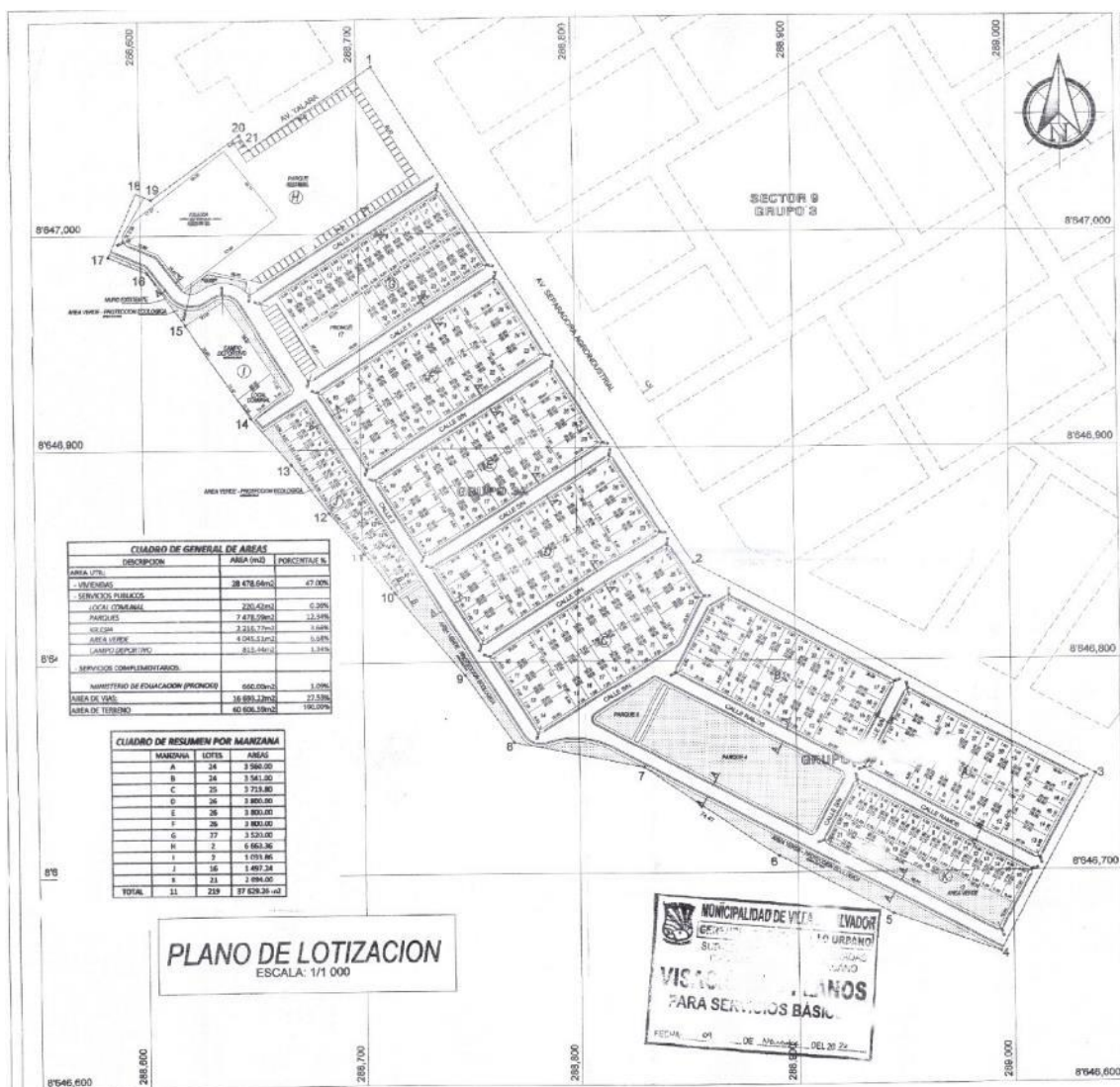


Figura 3. Viviendas y lotes distribuidos en 11 manzanas del Sector 9 Grupo Residencia 3-A Lomo de Corvina del distrito de Villa el Salvador. Tomado de la Municipalidad de Villa el Salvador.

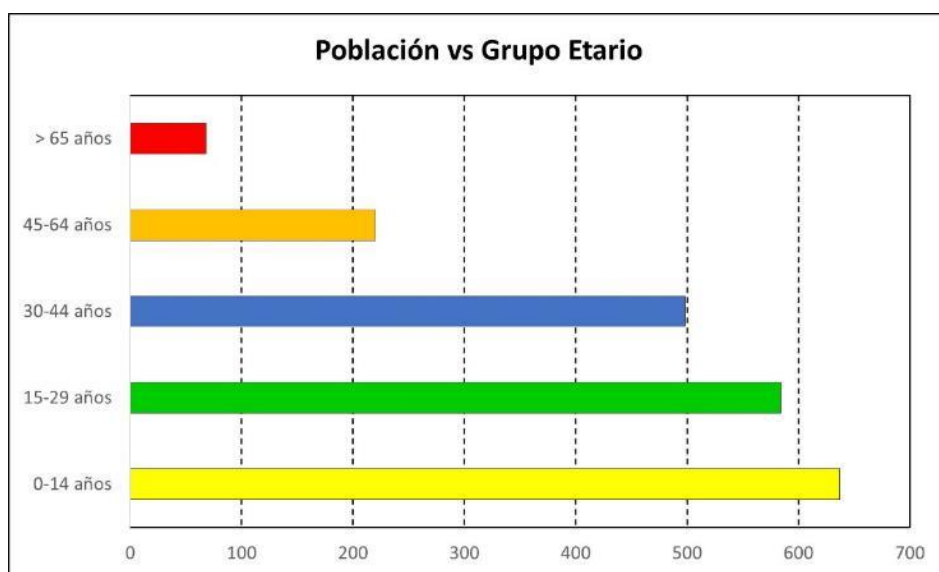


Figura 4. Distribución poblacional asentada del Sector 9 Grupo Residencia 3-A Lomo de Corvina expuesta a peligro geológico (<https://censo2017.inei.gob.pe/>). Fuente: Elaboración propia.

1.3.3. Accesibilidad

Para acceder al área de evaluación, desde la sede principal del INGEMMET, ubicada en el distrito de San Borja, Lima, se sigue la ruta que se presenta en la siguiente tabla y figura.

Tabla 1. Ruta y acceso a la zona evaluada

Ruta	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Ciudad de Lima (INGEMMET) – Sector Lomo de Corvina (Huánuco)	Asfaltada y sin pavimentar	25.5	39 a 43 min

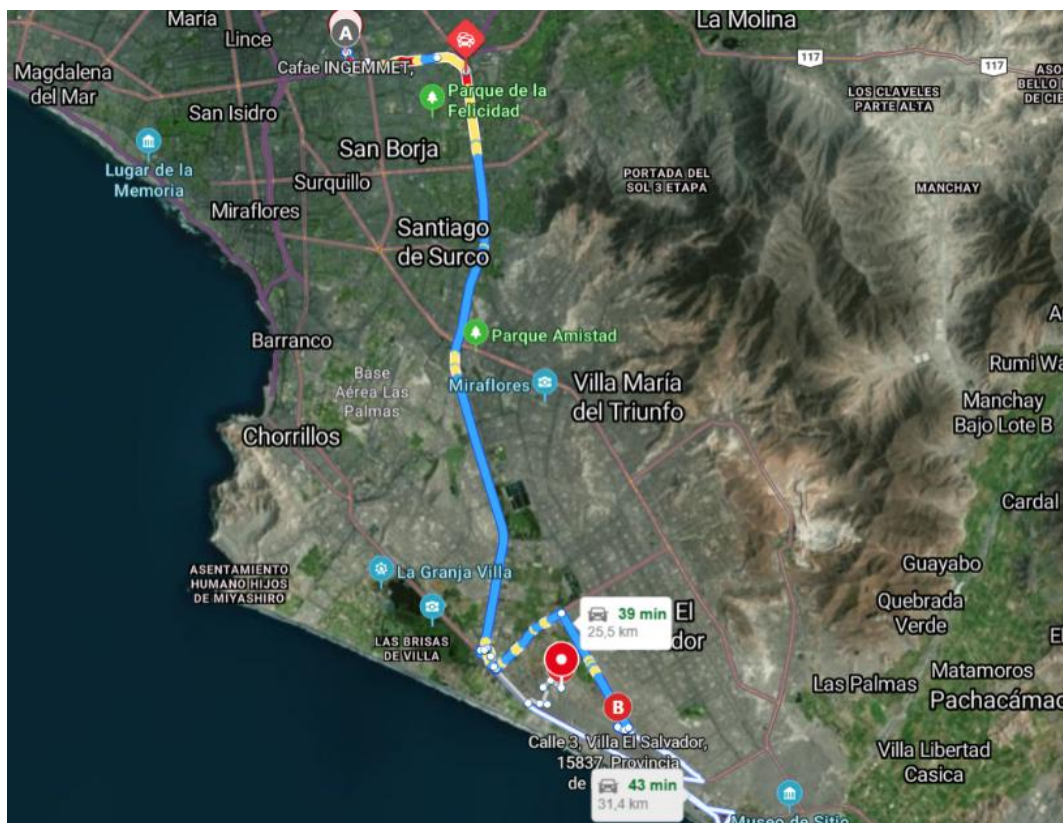


Figura 5. Mapa de accesibilidad al Sector 9 Grupo Residencia 3-A Lomo de Corvina.

1.3.4. Clima

Utilizando el mapa climático del SENAMHI (2020), el distrito de Villa el Salvador se ubica en una zona con un clima semicálido (desértico-árido-subtropical) con temperatura media anual de 15° a 19°.

En el litoral costero hay escasa o nula precipitación, por lo que, se le considera como zona árida. En otoño e invierno amanece nublado o cubierto y hacia el mediodía las nubes rápidamente se disipan permitiendo brillo solar.

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, para la elaboración de informes y documentos técnicos en el marco de la gestión de riesgos de desastres.

Todas estas denominaciones tienen como base el libro: “Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas” desarrollado en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), donde participó la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet. Los términos y definiciones se detallan a continuación:

- **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.
- **Arcilla:** Suelo con tamaño de partículas menores a 2 micras (0,002 mm) que contienen minerales arcillosos. Las arcillas y suelos arcillosos se caracterizan por presentar cohesión y plasticidad; muy influenciados por el agua en su comportamiento.
- **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.
- **Ladera:** Superficie natural inclinada de un terreno.
- **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:** Fenómeno de remoción en masa (Colombia, Argentina), proceso de remoción en masa (Argentina), remoción en masa (Chile), Movimiento ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991). Estos procesos corresponden a caídas, vuelcos, deslizamientos, flujos, entre otros. Sin.: Remoción en masa y movimientos de ladera.
- **Peligro geológico:** Proceso o fenómeno geológico que podría ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.
- **Susceptibilidad:** La susceptibilidad está definida como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico, expresado en grados cualitativos y relativos. Los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos geodinámicos son intrínsecos (la geometría del terreno, la resistencia de los materiales, los estados de esfuerzo, el drenaje superficial y subterráneo, y el tipo de cobertura del terreno) y los detonantes o disparadores de estos eventos son la sismicidad y la precipitación pluvial.
- **Zonas críticas:** Son zonas o áreas con peligros potenciales de acuerdo a la vulnerabilidad asociada (infraestructura y centros poblados), que muestran una recurrencia, en algunos casos, entre periódica y excepcional. Algunas pueden presentarse durante la ocurrencia de lluvias excepcionales y puede ser necesario considerarlas dentro de los planes o políticas nacionales, regionales y/o locales sobre prevención y atención de desastres.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

De acuerdo a la Carta Geológica Nacional, en el Lomo de Corvina se tienen depósitos superficiales de naturaleza arenosa, de origen eólico. Proviene de las primeras estribaciones de la Cordillera Occidental habiéndose movilizado y depositado al borde del abanico aluvial de Lima por acción del viento en este sector. Las acumulaciones han formado la duna del mismo nombre, de edad Pleistoceno – Holoceno (Palacios et al., 1992).

3.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran en el área de estudio corresponden a depósitos cuaternarios recientes.

a) Depósitos eólicos (Q-eo)

En el sector de estudio, se observa depósitos de arena suelta de color gris amarillenta algo marrones de grano medio a fino. En el talud de la ladera oeste del Lomo de Corvina, se observa estructuras estratificadas o pseudoestratificadas con aparentes laminaciones oblicuas, típicas de deposición en ambientes eólicos (**Figura 8**).

Estas arenas se encuentran mal graduadas de consistencia suelta a poco densa. También se presentan con estructura masiva muy permeables. El espesor de los depósitos que forman la duna sobrepasa los 120 m. Asimismo, no se observa afloramientos rocosos en el sector evaluado (**Figura 6 y 7**).

Por su naturaleza suelta e inconsolidada, se caracterizan por tener una baja cohesión, con poca resistencia a la erosión y, además, dispuestas sobre laderas con pendientes pronunciadas. Se caracterizan como zonas de muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes que ponen en peligro a las poblaciones asentadas tanto en la parte baja y la cabecera del depósito.

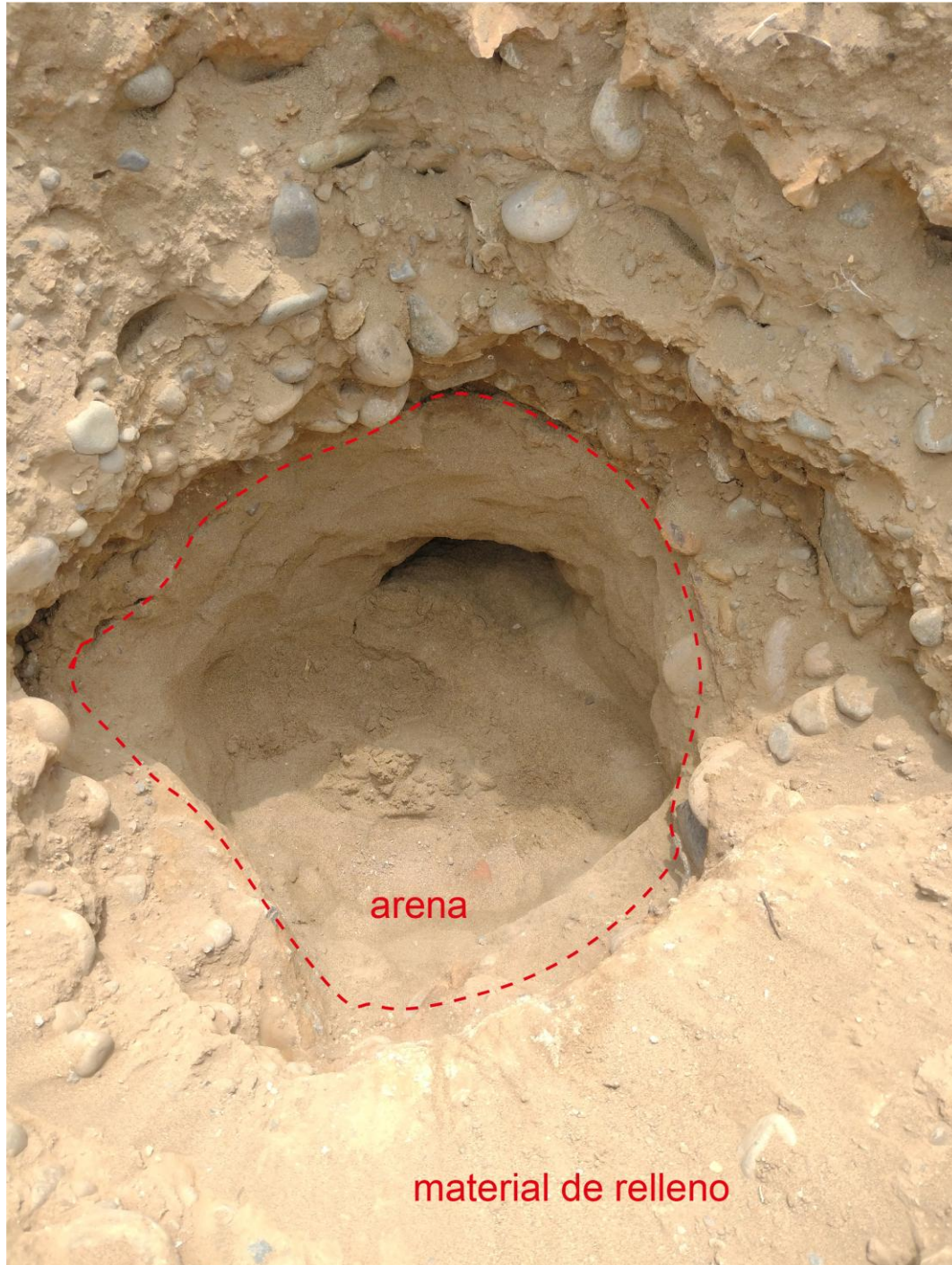


Figura 6. Arenas sueltas en estructura masiva en el Sector 9 Grupo Residencia 3-A, estas están cubiertas por material de relleno. E: 288628, N:8646419.



Figura 7. Detalle de la arena de color marrón con ligera humedad. E: 288628, N:8646419.



Figura 8. Vista del talud (zona de explotación de arenas), se observa arenas eólicas en aparente estructura estratificada con laminaciones oblicuas, situadas en la parte baja de la ladera de la duna “Lomo de Corvina”.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

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

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

El sector Lomo de Corvina corresponde a una duna fósil formada por acumulación de materiales eólicos provenientes de los cerros bajos ubicados al NE (Cordillera occidental), así también por el sector oeste de la línea costera.

Para el sector en mención se elaboró un mapa de pendientes a partir de un modelo de elevación digital (DEM) obtenida de un vuelo fotogramétrico con dron de resolución del 0.10 m/píxel (**Figura 9**).

Además de la cartografía de geomorfología, se tomó como base el mapa geomorfológico a escala 1:500,000 del boletín N°76 de la Serie C: Peligro geológico en la región Lima. INGEMMET.

4.1. Pendiente del terreno

El Lomo de Corvina, se denomina a así a una duna con morfología ondulada a manera de una lomada con altitudes bajas.

El área muestra un relieve accidentado en la ladera oeste del Lomo Corvina, con pendientes llanos a semillanos que van de 0° a 5° localizadas en la cabecera de la duna, en donde se asienta la población del Sector 9 Grupo Residencia 3-A. Por el lado oeste, presenta pendientes suaves que van de 5° a 15°. Las pendientes fuertes a muy fuertes, se localizan en la parte baja de la ladera oeste de Lomo de Corvina, cerca del pie del talud se observa movimientos en masa como derrumbes con pendientes que oscilan entre 25° a 45° y >45° (**Figura 10**).

Tabla 2. Rango de pendientes del terreno.

RANGOS DE PENDIENTES DE TERRENO		
Pendiente	Rango	Descripción
0° - 1°	Muy baja	Comprende terrenos planos o llanos como mesetas formadas en la cresta de la duna Lomo de Corvina.
1° - 5°	Baja	Terrenos planos con ligera inclinación que se distribuye en la cresta de la duna Lomo de Corvina y la parte oeste de la ladera del mismo nombre.
5° - 15°	Media	Ladera oeste de Lomo de Corvina que se acerca hacia el pie del talud. Corresponden terrenos algo ondulados con relieves suaves.
15° - 25°	Fuerte	Pendientes que se distribuyen principalmente en el borde oeste de la ladera casi en el pie del talud. Aquí, ocurre removilización de material a manera de arenamiento con depósitos ondulados que sobresalen al relieve. Esto, producto de los vientos del litoral hacia la costa.
25° - 45°	Muy fuerte	Se encuentran en el pie del talud. El relieve se moldea producto de derrumbes por socavamiento de arenas en la parte baja de la ladera de Lomo de Corvina. Producto de explotación de arenas)
>45°	Muy escarpado	Muestra relieve con paredes subverticales en los escarpes de los derrumbes al pie del talud de Lomo de Corvina. Producto del corte de talud para la explotación de agregados.

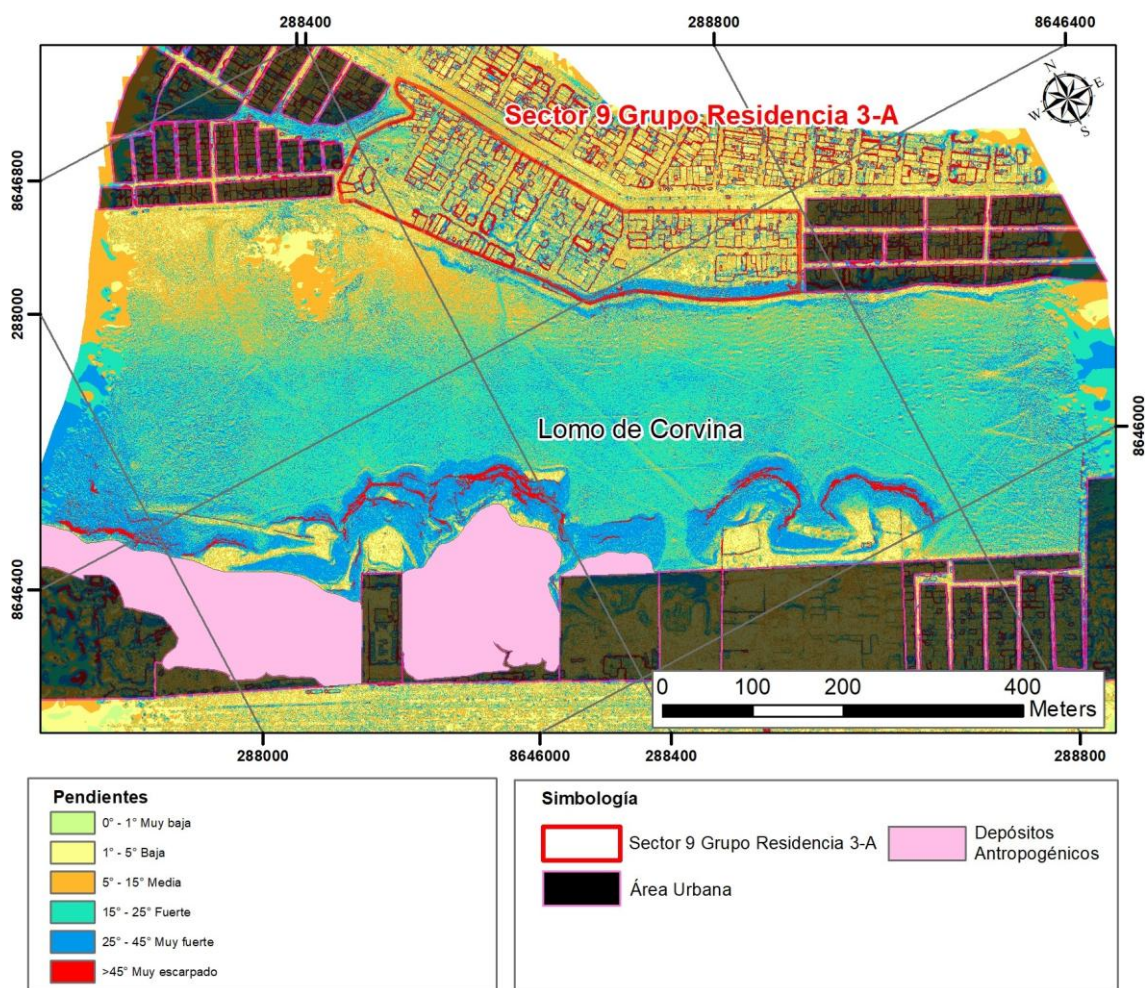


Figura 9. Mapa de pendientes en el Sector 9 Grupo Residencia 3-A Lomo de Corvina de Villa el Salvador.



Figura 10. Relieve relativamente accidentado en la ladera oeste del Lomo de Corvina con pendientes que van de suaves a muy escarpados. Nótese, la población asentada en la cresta de la duna. Vista panorámica mirando al este.

4.2. Unidades y subunidades geomorfológicas

Las geoformas presentes en el área de estudio, comprenden unidades de relieves moderados, emplazadas en depósitos cuaternarios, que conforman ambientes propios de las zonas de baja altitud que han sido modelados por la dinámica de los procesos exógenos, en la que se agrupan en geoformas de carácter y agradacional. En el área de estudio se han identificado y agrupado una unidad carácter degradacional, es decir, Mantos de Arena y Llanura o Planicie Aluvial.

4.2.1. Unidad de Planicies

Subunidad de Mantos de Arena (M-a)

Geoforma modelada en depósitos eólicos que dieron forma a una duna producto de acumulaciones de arena. En la cresta de la duna, forma una planicie de pendiente suave a llana en donde se asentó la población y el área urbana del Sector 9 Grupo Residencia 3-A. La morfología de la superficie que expone la ladera oeste del Lomo de Corvina es algo accidentado, el cambio brusco de pendiente moderado a muy fuerte obedece al socavamiento del pie de talud, que dio lugar a la formación de superficies subverticales producto de la extracción de materiales.



Figura 11. Unidad geomorfológica de planicie. Geoforma de duna moldeada por acumulaciones de arena de origen eólico en el sector de Lomo de Corvina. Vista panorámica mirando al sur.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Desde una perspectiva geotécnica, las arenas se comportan como suelos inconsolidados de baja cohesión y densidad reducida, caracterizados por una elevada permeabilidad y alta compresibilidad. Estos materiales presentan una respuesta rápida a la aplicación de carga, evidenciando un asentamiento o compactación significativa. Sin embargo, la saturación hídrica puede inducir la degradación de la estructura

intergranular, debilitando o destruyendo los enlaces internos y, en consecuencia, provocando el colapso (González de Vallejo, 2003).

Este comportamiento está relacionado con el material de suelos arenosos de naturaleza suelta y el incremento de sobrecarga o contenido de humedad (ocasionada por fuga de agua), van a ocasionar fallas estructurales en el talud. Dicho de otra manera, el hecho de que se tenga fugas de agua va a cambiar completamente su capacidad portante del suelo, donde, la estructura que se encuentre sobre la superficie falle.

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

En la localidad de Sector 9 Grupo Residencia 3-A, se describen los principales peligros geológicos localizados en la ladera oeste de “*Lomo de Corvina*”, así como derrumbes y arenamiento (**Figura 12**).

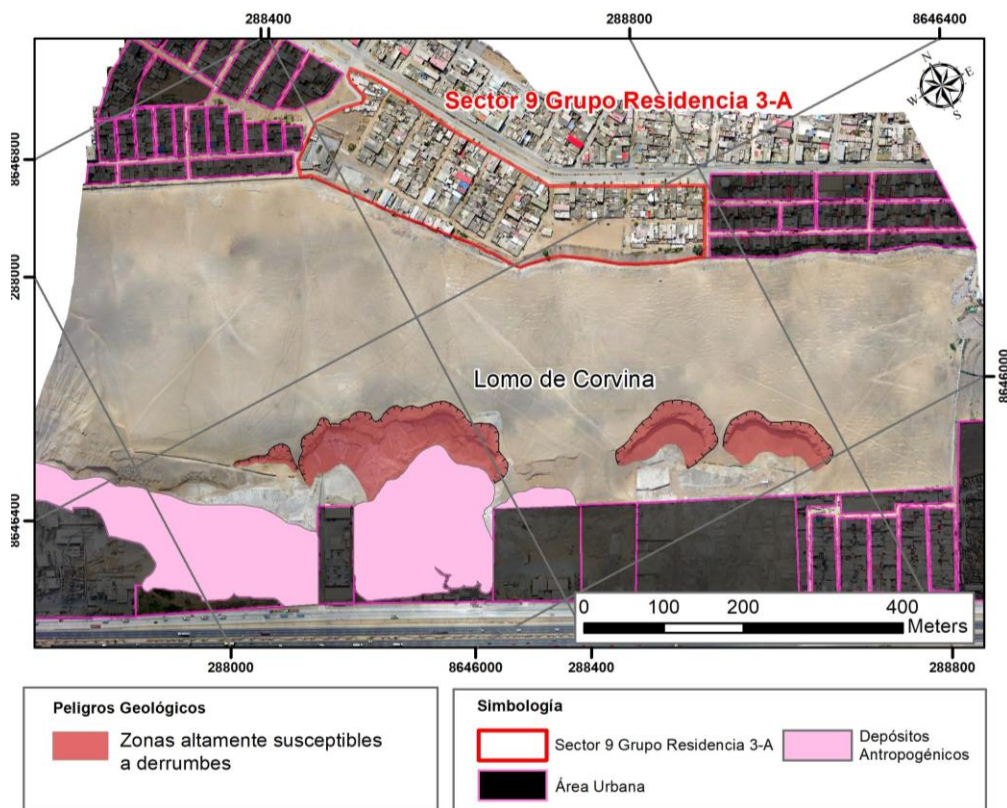


Figura 12. Mapa de cartografía de peligros geológicos en el Sector 9 Grupo Residencia 3-A Lomo de Corvina de Villa el Salvador.

5.1. Derrumbes relacionados con la actividad minera al pie de la ladera de Lomo de Corvina

Este evento se registra en el pie del talud de la ladera oeste del “*Lomo de Corvina*”. Este proceso de movimiento en masa asociado a la inestabilidad de laderas consiste en la caída repentina de una masa de rocas y suelos, sin evidencia de desplazamiento cortante significativo a lo largo de la superficie de falla.

Este fenómeno, probablemente inducido por la interacción de sismicidad y la actividad antrópica (explotación de arena), compromete la estabilidad geotécnica local.

En este contexto, la intervención antrópica ha sido determinante, ya que los cortes de talud generados por el socavamiento y sobre excavación de arena han debilitado las

condiciones estructurales del terreno en la parte inferior de la ladera oeste del lomo de corvina.

En el sector evaluado, se ha cartografiado tres sectores donde se pueden generar derrumbes denominados D1, D2, y D3, distribuidos de manera discontinua en la parte baja del talud de la ladera oeste de “*Lomo de Corvina*”, asimismo, se localizan y comprometen la parte inferior de las viviendas asentadas en el sector inspeccionado (**Figura 13**).

La zona del posible derrumbe denominado (D1) presenta una geometría con morfología semicircular ovalada con flancos abiertos que compromete un área total de ~1.78 ha. La superficie de arranque nace en la cota 70 m.s.n.m. y tiene una morfología semicircular, irregular y continua que recorre una longitud de ~420 m. La zona de arranque expone paredes subverticales que van de 6 a 8 m de desnivel con respecto al terreno (**Figura 13**).

Los posibles derrumbes denominados D2 y D3 que se instalan en al pie del talud del Lomo de Corvina, se localizan a ~138 m del D1 en dirección sureste. El D2 tiene una morfología semicircular que involucra un área de ~0.64 ha y su zona de arranque 255 m de longitud, mientras que, el D3 presenta una morfología semicircular algo ovalada que afecta un área de ~0.62 ha, y una superficie de ruptura de 208 m (**Figura 13**).

Estos posibles derrumbes representan un peligro significativo para el sector evaluado y alrededores, debido a que la superficie de socavación del material arenoso se sitúa a tan solo 180 m del muro de contención. Estos eventos podrían magnificarse con una actividad sísmica de mayor magnitud.



Figura 13. Áreas de alta susceptibilidad a derrumbes D1, D2, y D3 alojados en la parte inferior del talud del Lomo de Corvina. En la cresta de la lomada se encuentra asentada el sector 9 Grupo Residencia 3-A. Vista panorámica mirando al noreste.

Por otro lado, se realizó el análisis multitemporal en retrospectiva a partir de imágenes satelitales que ofrece la plataforma de Google Earth y la imagen ortomosaico obtenida con el levantamiento fotogramétrico, con el objetivo de verificar los cambios multitemporales en la superficie a lo largo del tiempo, ocurridos en la ladera de Lomo de Corvina (**Figura 14**).

En el año 2002 se observa el desarrollo poblacional del sector 9 Grupo Residencia 3-A asentada en la cresta del Lomo de Corvina; también se distingue una pequeña zona de depresión, que fue nivelada con material de relleno posteriormente. Esto evidencia, una

práctica en el uso de material de relleno sobre las arenas para darle más cohesión al suelo, con el objetivo de construir y edificar las viviendas más adelante. Asimismo, no se observa indicios de movimientos en masa al pie del talud de Lomo de Corvina (**Figura 14A**).

El mes de enero del 2013, evidencia inicios de la explotación de la arena al pie del talud de la ladera, relacionados con la extracción del suelo arenoso inconsolidado que se incrementó y evolucionó en el mes de marzo. Mientras que, en abril de mismo año, se refleja dos zonas de extracción más localizadas al sureste localizados a 190 m del primero (**Figuras B, C y D**).

En el 2021, se pone en evidencia el desarrollo de la extracción de material, denominado como zona de posible derrumbe (2) y (3). Asimismo, en el D1 se observa en la zona socavada un relleno incipiente (**Figura 14E**), que, posteriormente en el año 2024 se reinicia el socavamiento por la extracción del material, situación que actualmente permanece en las mismas condiciones, el cual podría desencadenar y originar derrumbes (**Figura 14F**).

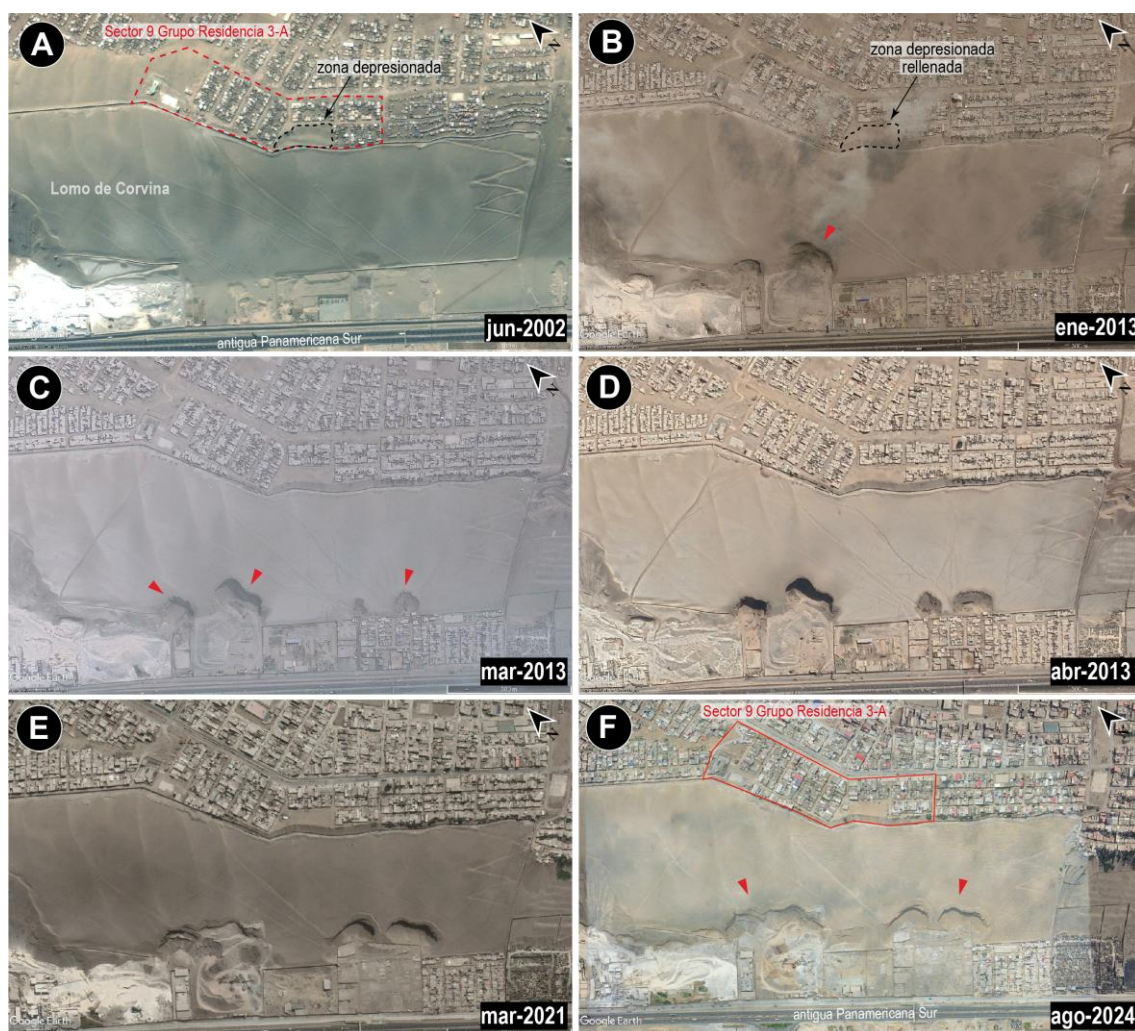


Figura 14. Análisis multitemporal entre los años 2002 al 2024 del sector 9 Grupo Residencia 3-A, ubicado en la cresta del Lomo de Corvina y sus implicancias en los movimientos en masa, instalados al pie del talud. Por otro lado, nótese, el incremento de la construcción de viviendas y población en el sector evaluado.

5.1.1. Factores condicionantes

Los factores condicionantes para la ocurrencia de derrumbes se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 3. Factores condicionantes de los procesos de movimientos en masa.

Factores	Características asociadas
Litológico	- Depósitos eólicos conformado con arenas sueltas de color gris amarillenta de grano medio a fino. Estos depósitos tienen alrededor de 120 m de potencia. Presentan estructuras estratificadas con laminaciones oblicuas. - Por su naturaleza suelta e inconsolidada, se caracterizan por tener una baja cohesión, con poca resistencia a la erosión y, además, dispuestas sobre laderas con pendientes pronunciadas, se muestran como zonas de muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes que ponen en peligro a las poblaciones asentadas tanto en la parte baja y la cabecera del depósito. - Depósitos antropogénicos constituidos de gravas redondeadas envueltos en una matriz limoarcillosa. Estos depósitos se usaron como material de relleno para nivelar el terreno en el sector 9 Residencia Grupo 3-A, tal como se observa en la figura 6.
Geomorfológico	Geoformas originadas por la acumulación de arenas, han dado como resultado una estructura de Mantos de Arena. Su ladera oeste expone una superficie con morfología algo escalonada con cambios de pendientes bruscos. En promedio, la cresta de la duna presenta una pendiente suave de 1° a 5°, por el lado oeste de la ladera, presenta pendientes que van de fuerte a muy fuerte y que oscilan entre 15° a 25° y de 25° a 45° (por origen antropogénico). Las paredes subverticales que exponen pueden generar derrumbes, tienen pendientes que superar los 45° de inclinación.

5.1.2. Factores desencadenantes

Los factores desencadenantes ante la ocurrencia de deslizamientos se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 4. Factores desencadenantes por movimientos en masa.

Factores desencadenantes	Características asociadas
Antrópicos	- Construcciones y edificaciones de viviendas con material noble con hasta 3 niveles. Esto aporta carga aplicable hacia un substrato inestable. - Explotación de arenas al pie del talud, que genera socavamientos, el cual, inestabiliza la ladera baja del Lomo de Corvina.
Sismos	Ocurrencia de sismos de mayor magnitud que pongan en peligro la ladera del Lomo de Corvina. Según el mapa de microzonificación sismo-geotécnica, el sector del Lomo de Corvina se encuentra en la Zona IV, el cual puntualiza que dicho sector son los más desfavorables para cimentaciones y/o construcciones, pues representan mayor vibración ante los eventos sísmicos y la amplificación de las ondas sísmicas son las más elevadas, tal como se muestra en la figura 14.



Figura 15. Muro de contención ubicado en la cresta del Lomo de Corvina, en la parte sur del sector evaluado. Este muro presenta rajaduras en la parte inferior y superior, esto pone en evidencia la presión que ejerce el material de relleno y las viviendas sobre el muro y la inestabilidad del substrato arenoso.



Figura 17. Viviendas de material noble de hasta de 3 niveles construidas en la parte inmediatamente superior al muro de contención. También se observa desmontes de tierra y basura. Esto, ubicado en la parte sur del sector evaluado.



Figura 18. Zona rellenada en el año ~2013 con material de gravas y limoarcillas en la parte superior llega a tener 1.20 m de espesor. Este relleno, se realizó sobre el muro de contención que actualmente presenta rajaduras, ubicado en la cresta del Lomo de Corvina.



Figura 19. Zona rellenada de ~1 m de espesor aproximadamente con material de gravas, arenas y limoarcillas en el sector 9 Grupo residencia 3-A. Este relleno se hizo sobre suelos incompetentes del Lomo de Corvina. Se observa buzones y desagües, tuberías que podrían colapsar con eventos sísmicos, asimismo, al fondo de visualiza construcciones de viviendas con material noble de hasta 2 pisos.

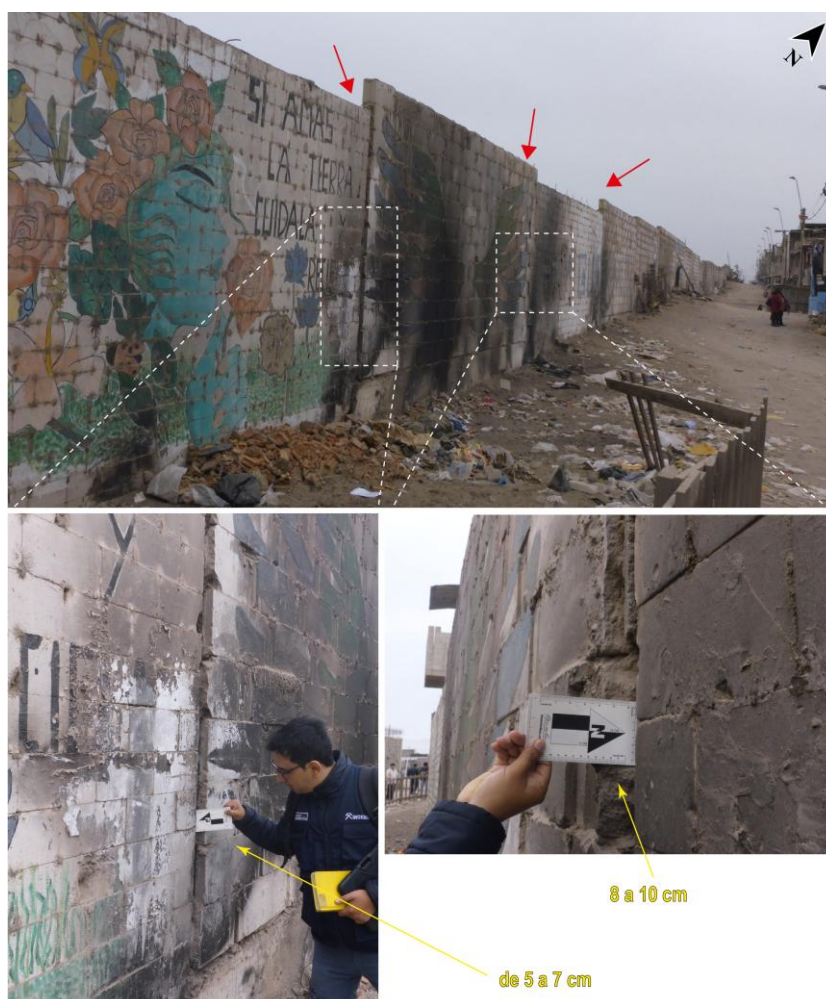


Figura 20. Muro de contención en la parte norte de la zona evaluada. Se observa desplazamiento horizontal de las paredes que van de 5 a 7 cm y de 8 a 10 cm de separación. Esto pone en evidencia la inestabilidad del depósito arenoso en el “Lomo de Corvina”.



Figura 21. Muro con desplazamiento horizontal en las paredes, que van de 4 a 8 cm de separación, asimismo, se observa rajaduras en la pared. Ubicado en la zona norte del sector evaluado.

5.2. Arenamiento

La ausencia y escasa precipitación es uno de los principales factores del avance de la arena, debido a que los vientos que erosionan, transportan y depositan las partículas de suelo en áreas secas donde el suelo no es retenido por la vegetación, en la que favorecen la migración y acumulación de arena en forma de mantos de arena, meandros o dunas (Villacorta et al., 2008).

En el sector evaluado, se tiene procesos de arenamiento que nace principalmente en el pie de la duna de Lomo de Corvina y que posteriormente se dirige hacia la cresta de la ladera comprometiendo las viviendas asentadas en el sector 9 Grupo Residencia 3-A (Figura 22).

Estos eventos, obedecen principalmente a la acción eólica, la velocidad y dirección de los vientos y fuertes ventarrones, que vienen del océano y que dirigen en dirección NE-SO, sobre terrenos de arena o dunas, como es el caso del Lomo de Corvina (**Figura 23**).

Por su parte, según el mapa de susceptibilidad por arenamiento de Villacorta et al., (2015), el Sector 9 Grupo Residencia 3-A esta dentro de una zona que alta probabilidad de presentar procesos de arenamiento (**Figura 24**).



Figura 22. Marcas de estructuras tipo “ripples” formadas por acción eólica (flechas de color blanco), con ellas se evidencia procesos de arenamiento en el sector evaluado.

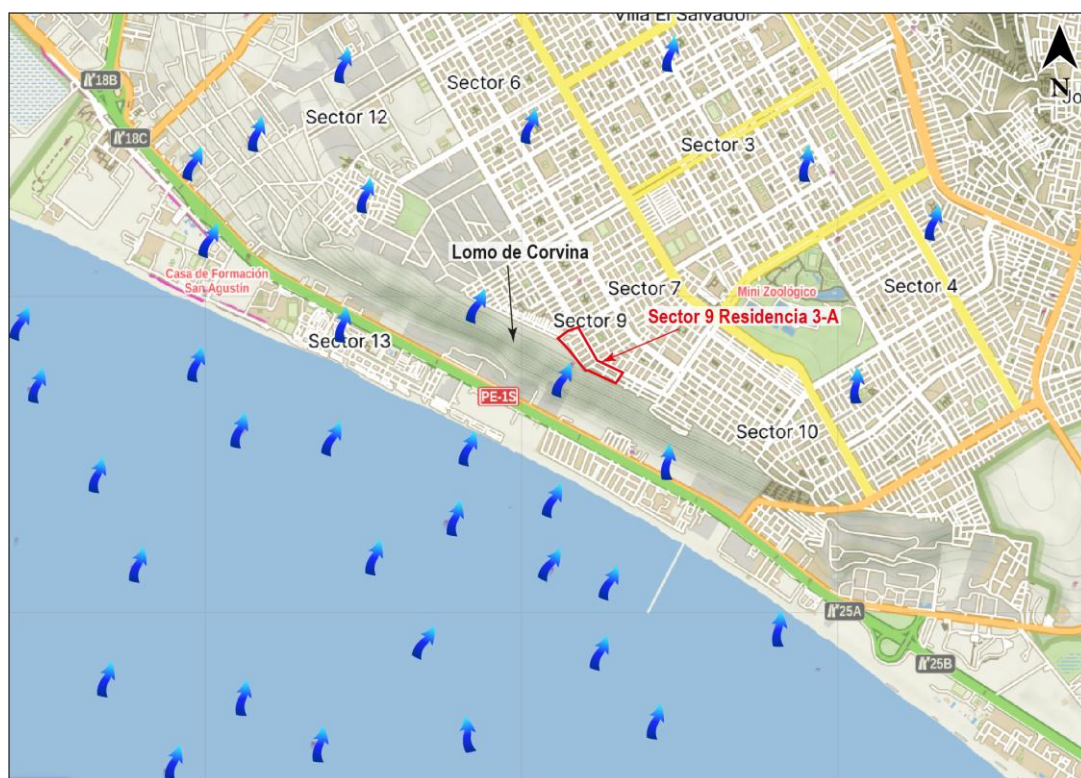


Figura 23. Dirección de los vientos que vienen del océano en dirección NE-SO que afectan el Lomo de Corvina. Modificado de: <https://www.windy.com/?-12.243,-76.934,14>

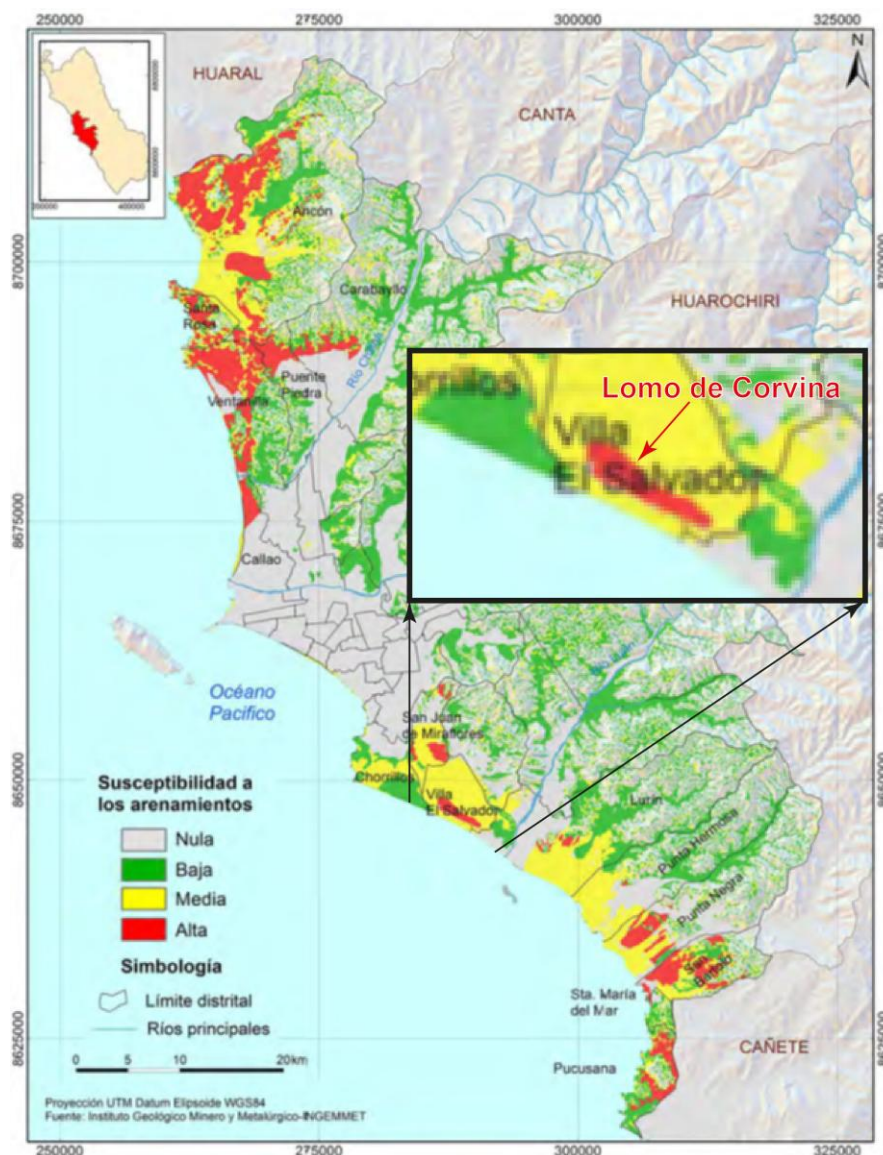


Figura 24. Mapa de susceptibilidad a arenamiento en el Sector 9 Grupo Residencia 3-A asentado en la duna Lomo de Corvina. Modificado de Villacorta et al., (2015).

5.3. Sismos

La ciudad de Lima, y en especial el distrito de Villa El Salvador se encuentra en una zona de alta actividad sísmica, por lo que sus laderas están expuestas a los efectos de sismos de gran magnitud. Los sismos ocurridos en el pasado, afectaron áreas que en ese entonces no estaban habitadas, como es el caso del sector Lomo de Corvina.

Teniendo en cuenta los estudios de microzonificación sísmica del Centro Peruano-Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISIMID, 2010). Se tiene identificada las siguientes zonas sísmicas en Lima Metropolitana.

ZONA I: Zona conformada por grava aluvial y afloramientos rocosos. La constituye la mayor parte de Lima. Se denomina suelo rígido (S1 según la norma sismorresistente nacional). En este tipo de suelos, al producirse un sismo, la deformación es mínima. Son los más favorables para las construcciones.

ZONA II: Zona donde se presenta suelo arcilloso o areno-limoso, medianamente rígido (S2 según la norma sismorresistente nacional), que no permite la disipación intersticial (organización mineral en la corteza). Por ello, al ser sometidos a carga constante o

aplicada, se esperan amplificaciones o desprendimientos superficiales moderados en períodos bajos e intermedios.

ZONA III: Depósitos de suelos finos y arenas de gran espesor (S3 según la norma sismoresistente nacional). Se presentan en algunos sectores de los distritos de Puente Piedra, La Molina y Lurín, y en los depósitos de arenas eólicas que cubren parte de los distritos de Ventanilla y Villa El Salvador. Son desfavorables para las edificaciones, debiéndose tomar medidas antes de construirlas.

ZONA IV: Áreas puntuales de depósitos eólicos como los observados en Villa El Salvador y zona de canteras de Pachacámac. El suelo es inconsolidado de baja resistencia a la fricción y alta capacidad de drenaje (tipo S4, según la norma sismoresistente nacional). Generalmente son zonas arenosas, con presencia de agua, nivel freático superficial, lodo, etc. Son los más desfavorables para cimentaciones y/o construcciones pues representan mayor vibración ante la ocurrencia de un sismo y la amplificación de las ondas sísmicas son las más elevadas.

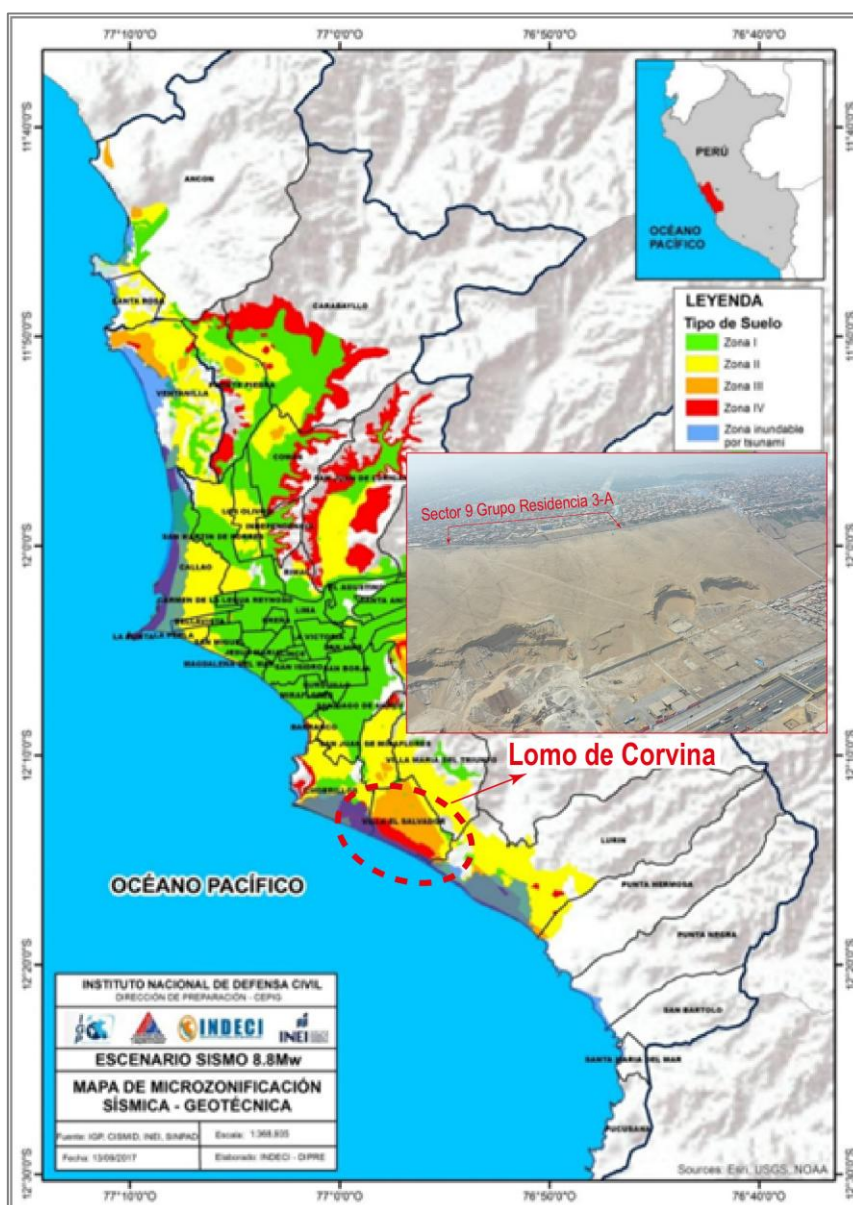


Figura 25. Mapa de microzonificación sísmica-geotécnica para Lima metropolitana y Callao (CISMID, 2015 e IGP, 2010), según la Norma E.030.

De acuerdo al mapa, el Sector 9 Grupo Residencia 3-A Lomo de Corvina de Villa de Salvador se ubica en la zona IV, que correspondiendo en general a un suelo “arenoso” es catalogado sísmicamente como suelo excepcional por la norma sismo resistente nacional. Esto indica que este tipo de suelo vibraría más que los suelos rígidos y la onda sísmica se amplificaría más. Por lo que, habría una mayor deformación en las estructuras construidas (viviendas, etc.), las cuales se destruirán más rápido que aquellas que están en suelo más rígido.

5.4. Cálculo de estabilidad de laderas

El análisis de estabilidad de laderas, se realizó utilizando el programa de cómputo geotécnico, Rockscience - Slide, en el cual se calculó el factor de seguridad (FS) tomando en cuenta los parámetros resistentes del suelo (peso unitario, cohesión y ángulo de fricción), las características geométricas del talud y las variables desencadenantes del deslizamiento.

5.4.1. Criterio de Análisis

Para el análisis de estabilidad se consideró superficies potenciales de falla circulares, utilizando el método de Equilibrio Limite (MEL) con el método de cálculo GLE (Morgenstern-Price) y Spencer. El análisis de estabilidad fue realizado utilizando el programa SLIDE, versión 6.0.

Así mismo, el factor de seguridad calculado para las secciones A-A', B-B' y C-C' se realizó en condiciones estáticas y pseudo estáticas mediante el criterio de Mohr-Coulomb.

5.4.2. Parámetros geotécnicos

Los parámetros geotécnicos se obtuvieron de 01 muestra de suelo extraída de una calicata de 1.2 m de profundidad para posteriormente ser ensayada en el laboratorio de Ingeniería Civil de la UNMSM, los mismos que se adjuntan en los anexos de geotecnia, y resumido en la siguiente figura:

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface	Ru
ARENAS MAL GRADADO		12.45	Mohr-Coulomb	0	23.2	None	0

Figura 26. Parámetros geotécnicos usados para el análisis de estabilidad de taludes.

5.4.3. Escenario de análisis

Los escenarios de análisis para el cálculo de estabilidad fueron los siguientes:

– Análisis de Estabilidad Estático:

Considera como fuerzas desestabilizadoras actuantes solamente los esfuerzos producidos por el peso propio del material que conforma la ladera. Para el presente estudio por la naturaleza del material involucrado en la estabilidad de la ladera se han considerado parámetros en términos de esfuerzos normales.

– Análisis de estabilidad sísmica (Pseudo-estático)

Para el análisis pseudo estático se tomó en cuenta la aceleración del suelo (PGA), como la fuerza sísmica máxima que experimenta una estructura durante un sismo. Para conocer el nivel de aceleración o sacudimiento del suelo 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 27**).

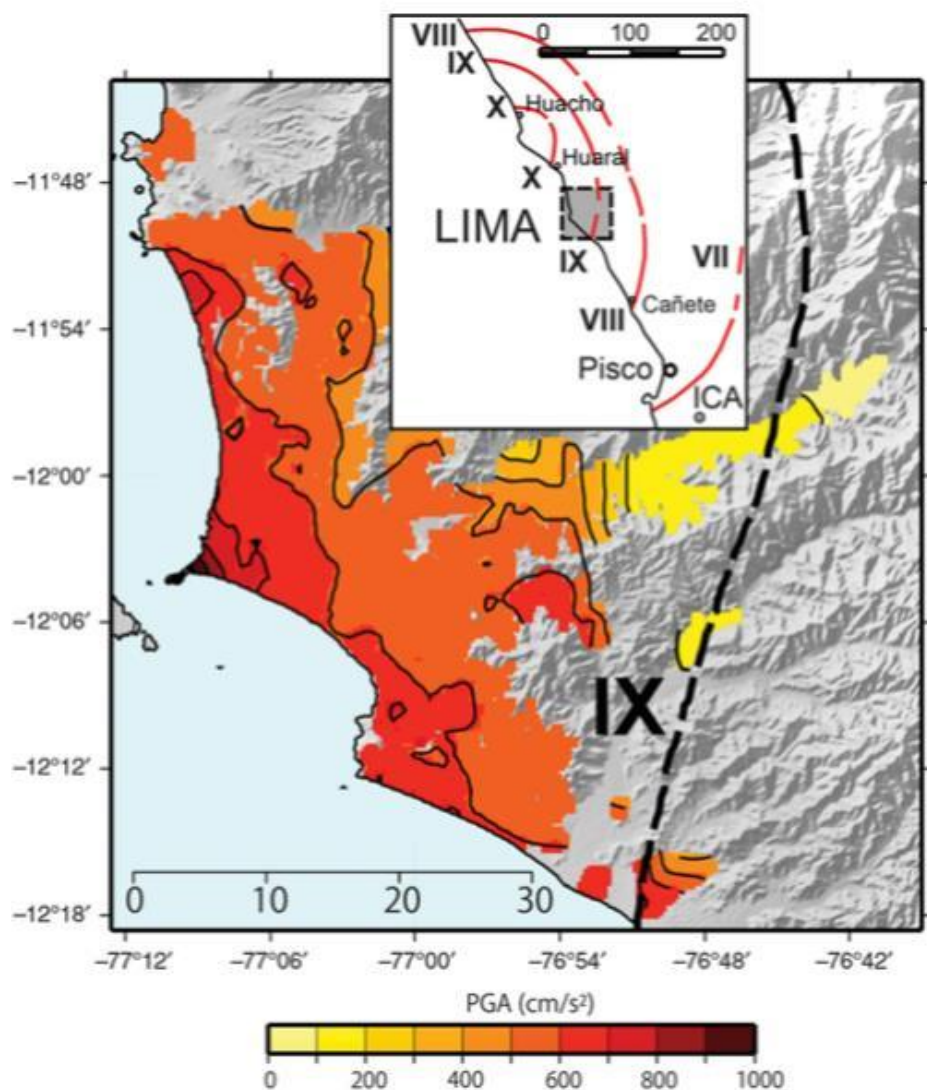


Figura 27. Aceleración máxima para Lima Metropolitana y Callao, tomando en cuenta el acoplamiento sísmico existente en la costa central de Perú (Pulido et al., 2015).

Además, se consideró la zonificación de suelo, tomando como referencia mapas de zonificación sísmica-geotécnica elaborado por el CISMID e IGP, en el cual se establecen los tipos de suelos de acuerdo a la Norma E.030 (**Tabla 5 y Figura 28**).

Tabla 5. Parámetros evaluados para la determinación del peligro por sismo.

PARÁMETROS EVALUADOS PARA EL MAPA DE PELIGRO POR SISMO					
TIPO DE SUELO	ZONA	AMPLIF. (S)	ACELERAC.	ACEL. MAX.	PERIODO
Suelo I	ZONA 4	0.80	Pulido et al. (2015)	0.16	0.3
Suelo II		1.00		0.50	0.4
Suelo III		1.05		0.63	0.6
Suelo IV		1.10		0.88	1.0

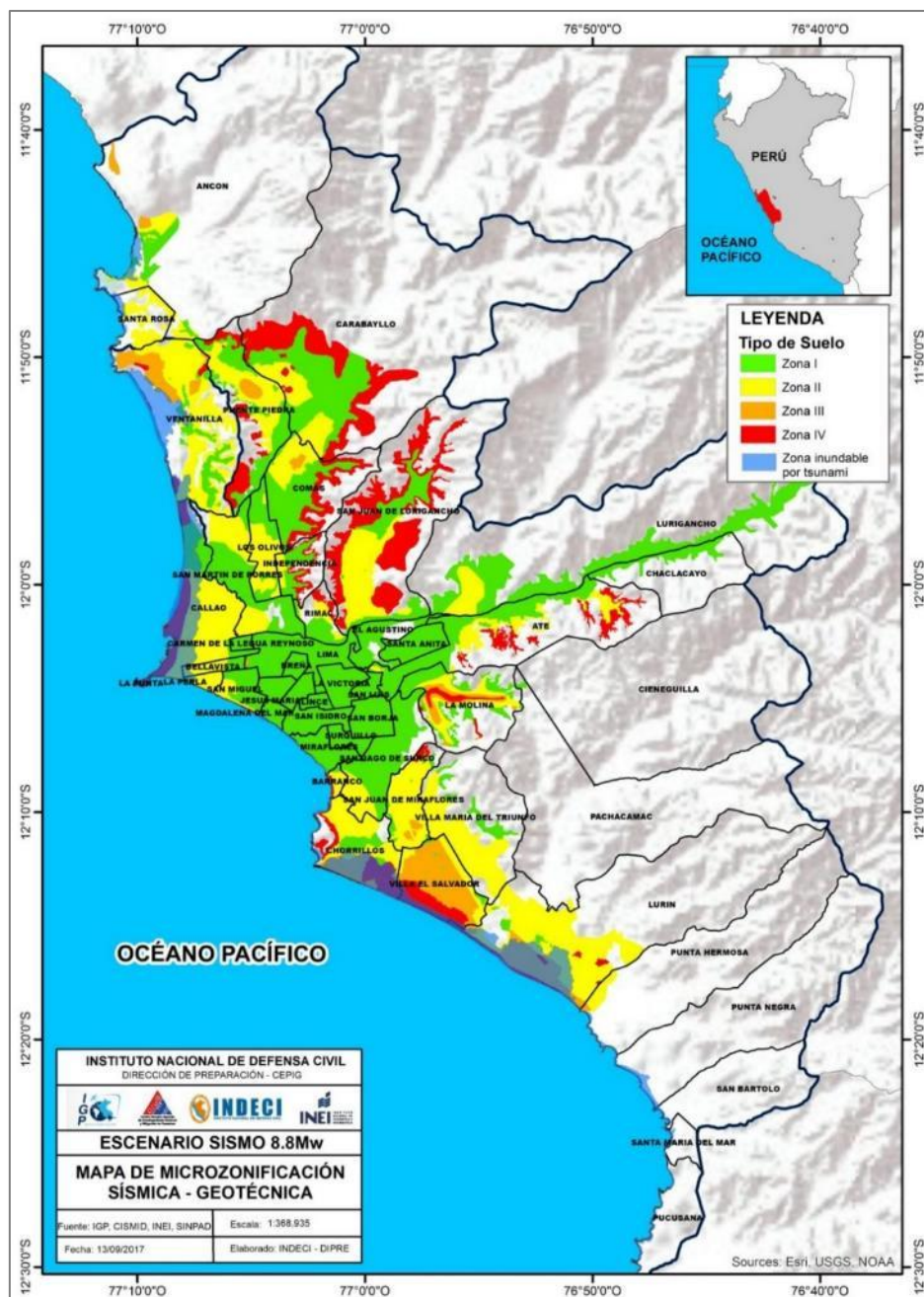


Figura 28. Mapa de microzonificación sísmica-geotécnica para Lima metropolitana y Callao (CISMID, 2015 e IGP, 2010), según la Norma E.030.

Tomando como referencia lo señalado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (U.S. Army Corps of Engineers, Hynes y Franklin, 1984), se sugiere el uso de un coeficiente sísmico pseudo-estático igual al 50% de la aceleración pico de diseño (PGA).

Mediante métodos pseudo-estáticos para el diseño de los muros y taludes, se sugiere usar un valor de coeficiente sísmico de 1/2 (PGA). El cálculo de la aceleración pico es **0.88 g**. Aplicando el análisis pseudo estático se tiene:

$$1/2(0.88) = 0.44 \text{ g}$$

5.4.4. Factores de seguridad recomendados

Se establece como Factor de seguridad mínimo para un análisis de estabilidad física los siguientes valores, según la normativa peruana “Guía ambiental para la estabilidad de taludes de residuos sólidos provenientes de actividades mineras (MINEM,1997).

- ✓ Análisis Estático $FS \geq 1.5$
- ✓ Análisis Pseudo-Estático $FS \geq 1$

5.4.5. Resultados

En base a su ubicación, extensión y características geológicas observadas en campo, se ha planteado los perfiles A-A', B-B' y C-C', cuyos resultados se muestran a continuación:

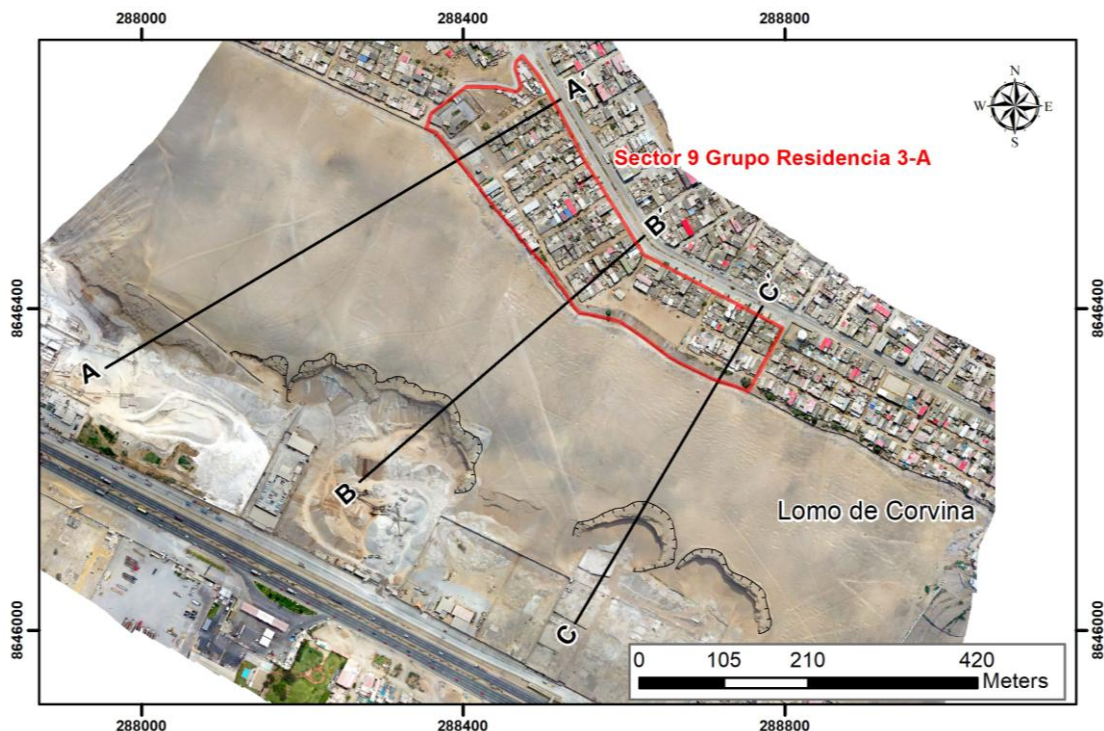


Figura 28.5. Secciones A-A', B-B', C-C', para análisis de estabilidad de taludes en el sector 9 Grupo Residencia 3-A.

Sección A-A':

El cálculo en condiciones estáticas muestra un FS de 1.082 generado a través de una superficie de falla mínima global para los métodos seleccionados, el FS obtenido es considerado como no crítico (**Figura 29**).

En el análisis pseudoestático con una aceleración de 0.44g, el factor de seguridad disminuye a 0.539, se observa la formación de planos de falla, este talud presenta un FS crítico analizado a través de una superficie de falla mínima global (**Figura 30**).

En el siguiente cuadro, se muestra el resumen del factor de seguridad estático y pseudo estático.

Tabla 6. Resumen de resultados del análisis de estabilidad física para la sección A-A'.

Sección	Superficie de falla	Condición de falla	Factor de seguridad		Método de Cálculo
			Estático	Pseudoestático	
A-A'	Circular	Global	1.083	0.539	Morgenstern-Price
A-A'	Circular	Global	1.082	0.538	Spencer

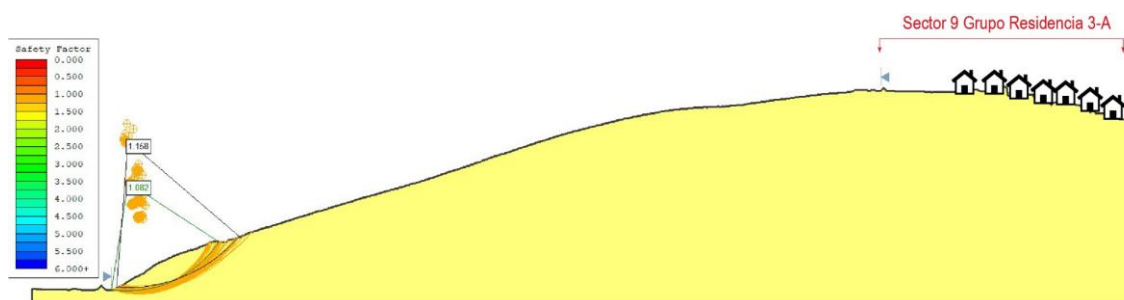


Figura 29. Se muestra el análisis de estabilidad estática del talud, mediante el método de cálculo de Spencer, con FS de 1.082. Sección A-A'. Escala referencial de las viviendas.

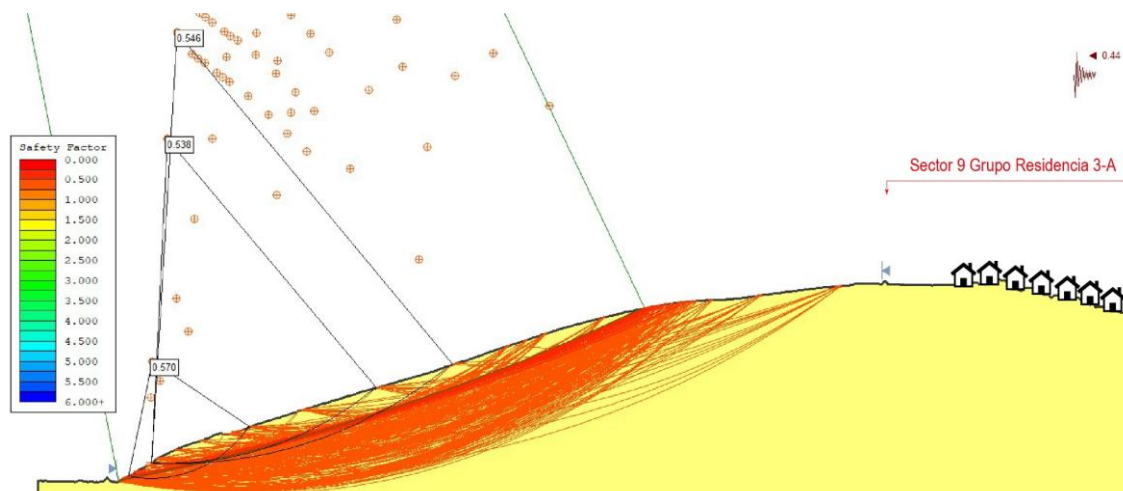


Figura 30. Se muestra el análisis de estabilidad pseudoestática del talud, mediante el método de cálculo de Morgenstern-Price, con FS de 0.538. Sección A-A'. Escala referencial de las viviendas.

Sección B-B':

El cálculo en condiciones estáticas muestra un FS de 0.458 generado a través de una superficie de falla mínima global para los métodos seleccionados, el FS obtenido es considerado como crítico (**Figura 31**).

En el análisis pseudo estático con una aceleración de 0.44 g, el FS disminuye a 0.257, se observa la formación de distintos planos de falla, este talud presenta un FS crítico analizado a través de una superficie de falla mínima global (**Figura 32**).

En el siguiente cuadro, se muestra el resumen del factor de seguridad estático y pseudo estático para los diferentes métodos de cálculo.

Tabla 7. Resumen de resultados del análisis de estabilidad física para la sección BB.

Sección	Superficie de falla	Condición de falla	Factor de seguridad		Método de Cálculo
			Estático	Pseudoestático	
B-B'	Circular	Global	0.460	0.257	Morgenstern-Price
B-B'	Circular	Global	0.458	0.259	Spencer

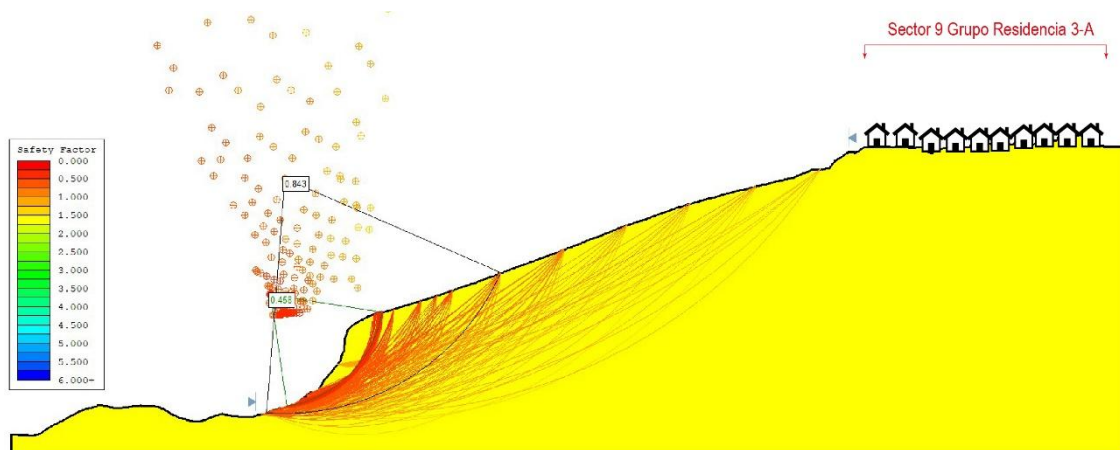


Figura 31. Se muestra el análisis de estabilidad estática del talud, mediante el método de cálculo de Spencer, con FS de 0.458. Sección B-B'. Escala referencial de las viviendas.

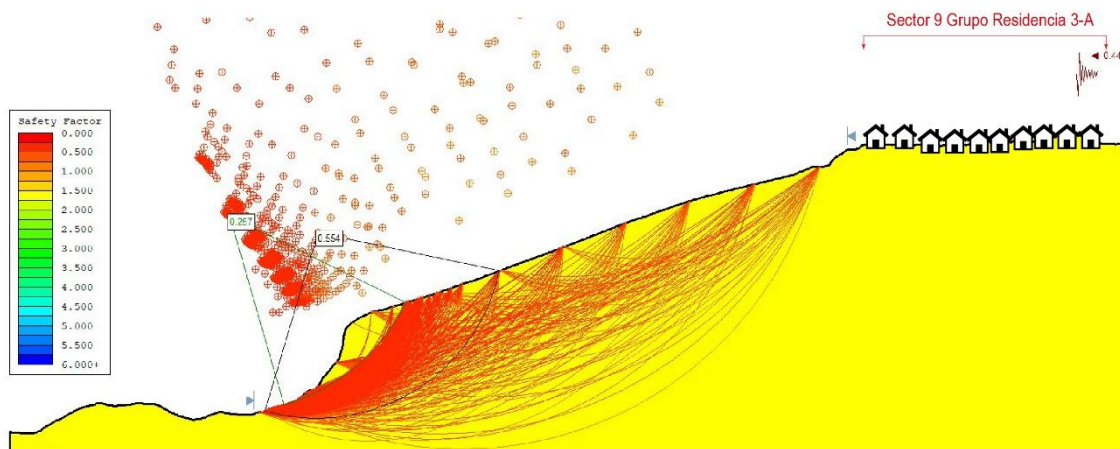


Figura 32. Se muestra el análisis de estabilidad pseudoestática del talud, mediante el método de cálculo de Morgenstern-Price, con FS de 0.257. Sección B-B'. Escala referencial de las viviendas.

Sección C-C':

El cálculo en condiciones estáticas muestra un FS de 0.644 generado a través de una superficie de falla mínima global para los métodos seleccionados, el FS obtenido es considerado como crítico (**Figura 33**).

En el análisis pseudo estático con una aceleración de 0.455g, el FS disminuye a 0.277, se observa la formación de distintos planos de falla, este talud presenta un FS crítico analizado a través de una superficie de falla mínima global (**Figura 34**).

En el siguiente cuadro, se muestra el resumen del factor de seguridad estático y pseudoestático para los diferentes métodos de cálculo.

Tabla 8. Resumen de resultados del análisis de estabilidad física para la sección CC.

Sección	Superficie de falla	Condición de falla	Factor de seguridad		Método de Cálculo
			Estático	Pseudoestático	
C-C'	Circular	Global	0.645	0.277	Morgenstern-Price
C-C'	Circular	Global	0.644	0.281	Spencer

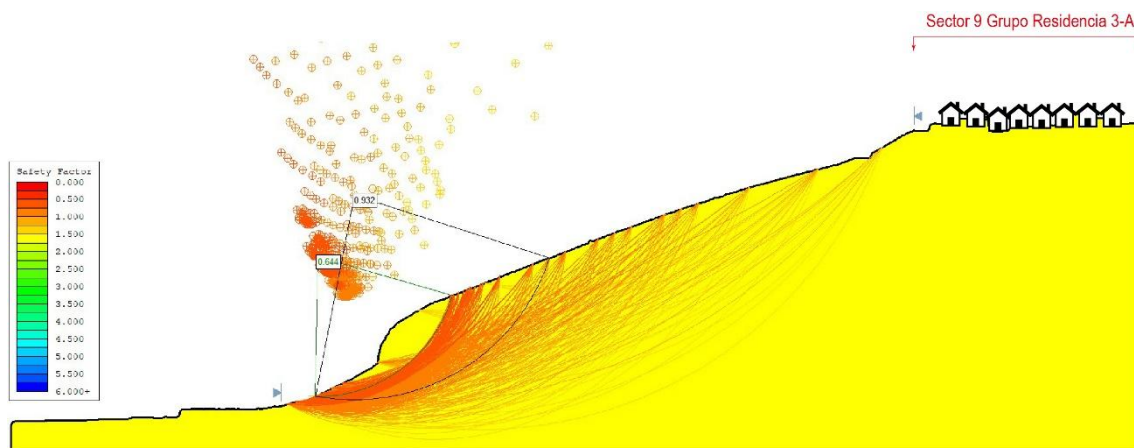


Figura 33. Se muestra el análisis de estabilidad estática del talud, mediante el método de cálculo de Spencer, con FS de 0.644. Sección C-C'. Escala referencial de las viviendas.

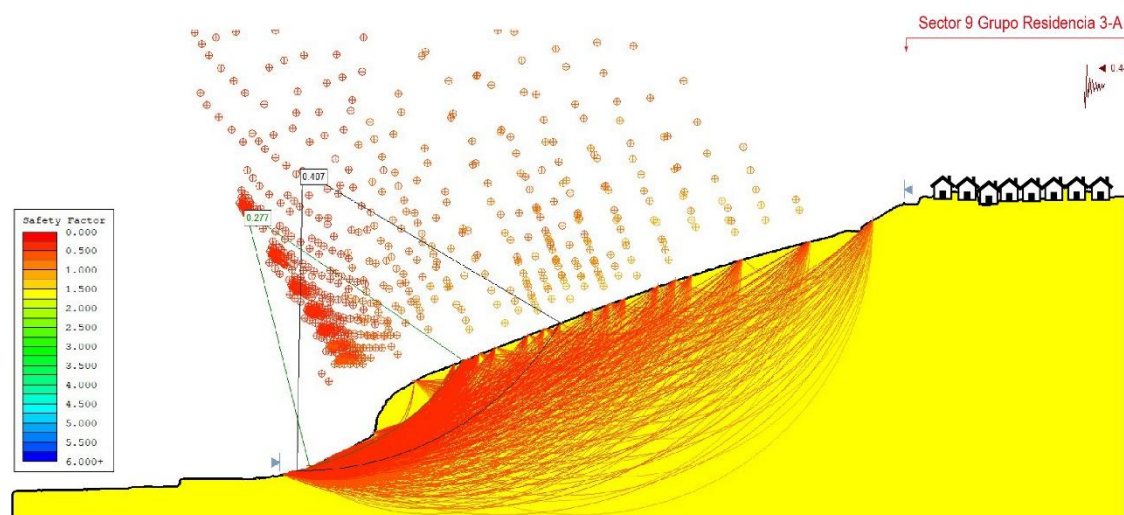


Figura 34. Se muestra el análisis de estabilidad pseudoestática del talud, mediante el método de cálculo de Morgenstern-Price, con FS de 0.277. Sección C-C'. Escala referencial de las viviendas.

6. CONCLUSIONES

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

- a. En el sector de estudio, se observa depósitos eólicos, constituidos de arenas sueltas gris amarillentas algo marrones de grano medio a fino. El talud de la ladera oeste del Lomo de Corvina, presenta estructuras estratificadas o pseudoestratificadas con aparentes laminaciones oblicuas, típicas de ambientes eólicos.
- b. Estas arenas se encuentran mal graduadas de consistencia suelta a poco densa. También se presentan con estructura masiva muy permeables. El espesor de los depósitos que forman la duna sobrepasa los 120 m de altura. Asimismo, no se observa afloramientos rocosos en el sector evaluado. Por su naturaleza suelta e inconsolidada, se caracterizan por tener una baja cohesión, con poca resistencia a la erosión y, además, dispuestas sobre laderas con pendientes pronunciadas, se muestran como zonas de muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes que ponen en peligro a la población asentada en la cabecera del depósito y a la infraestructura que se encuentra en la parte baja.
- c. Geoformas originadas por la acumulación de arenas, han dado como resultado una estructura de Mantos de Arena. Su ladera oeste expone una superficie con morfología algo escalonada con cambios bruscos de pendiente. En promedio, la cresta de la duna presenta una pendiente suave de 1° a 5° , por el lado oeste de la ladera, presenta pendientes que van de fuerte a muy fuerte y que oscilan entre 15° a 25° y de 25° a 45° . Las paredes subverticales que exponen la zona de explotación de arenas, tienen pendientes mayores a 45° .
- d. Se identificaron tres posibles derrumbes, que podrían afectar la ladera oeste del Lomo de Corvina, y que implican una modificación negativa de las condiciones estructurales y geotécnicas del terreno arenoso, lo que favorece a la inestabilidad de la ladera. Estos posibles eventos se localizan a 180 m del muro de contención ubicado en el flanco oeste del sector 9 Grupo Residencia 3-A.
- e. Se registra desplazamientos horizontales de las paredes de muro de contención, lo que pone en evidencia una clara inestabilidad del terreno arenoso en la cresta del Lomo de Corvina, flanco oeste del sector 9 Grupo Residencia 3-A.
- f. En el análisis de estabilidad de laderas y/o taludes realizados para las secciones A-A', B-B' y C-C', utilizando en software Rocscience-Slide, se calcularon los factores de seguridad tanto estáticos y pseudo-estáticos, tomando en cuenta las propiedades geotécnicas del suelo, como la cohesión y ángulo de fricción. Asimismo, las características geométricas del talud y las condiciones geotécnicas predominantes de la ladera, muestran como resultado una alta susceptibilidad a generarse deslizamientos, ante un eventual sismo de gran magnitud.
- g. De acuerdo a las características geológicas, geomorfológicas, geodinámicas y análisis de estabilidad realizados, se considera al sector 9 Grupo Residencia 3-A

(Lomo de Corvina) como zona de **Peligro Alto** a la posible generación de derrumbes y deslizamientos y **Peligro Bajo** por arenamiento.

7. RECOMENDACIONES

A continuación, se brindan recomendaciones con la finalidad de mitigar el impacto de los peligros geológicos identificados en el sector 9 Grupo Residencia 3-A. En tanto, la implementación de estas mismas permitirá darle mayor seguridad a la población e infraestructura y medios de vida expuesta.

- 1) Incluir los peligros geológicos identificados por el Ingemmet en los planes específicos de la gestión del riesgo de desastres de la municipalidad distrital de Villa el Salvador.
- 2) Elaborar evaluaciones de riesgo (EVAR) con el fin de determinar las medidas de control de riesgo definitivas frente a los peligros. Es necesario esta medida en sectores o poblados donde estos peligros puedan ocurrir y causar daños a la infraestructura, así como, vías de acceso, viviendas, colegios, áreas de cultivo, entre otros.
- 3) Identificar rutas de evacuación y zonas seguras ante la ocurrencia de sismos. Posteriormente, implementar simulacros de evacuación y simulaciones, con la finalidad de contar con una respuesta rápida y adecuada en situaciones de emergencia.
- 4) Restringir la edificación de viviendas o infraestructura local con más de un nivel.
- 5) Prohibir el asentamiento de población en la ladera oeste del Lomo de Corvina.
- 6) Permitir el crecimiento de cobertura vegetal nativa para fines de estabilización de la ladera.

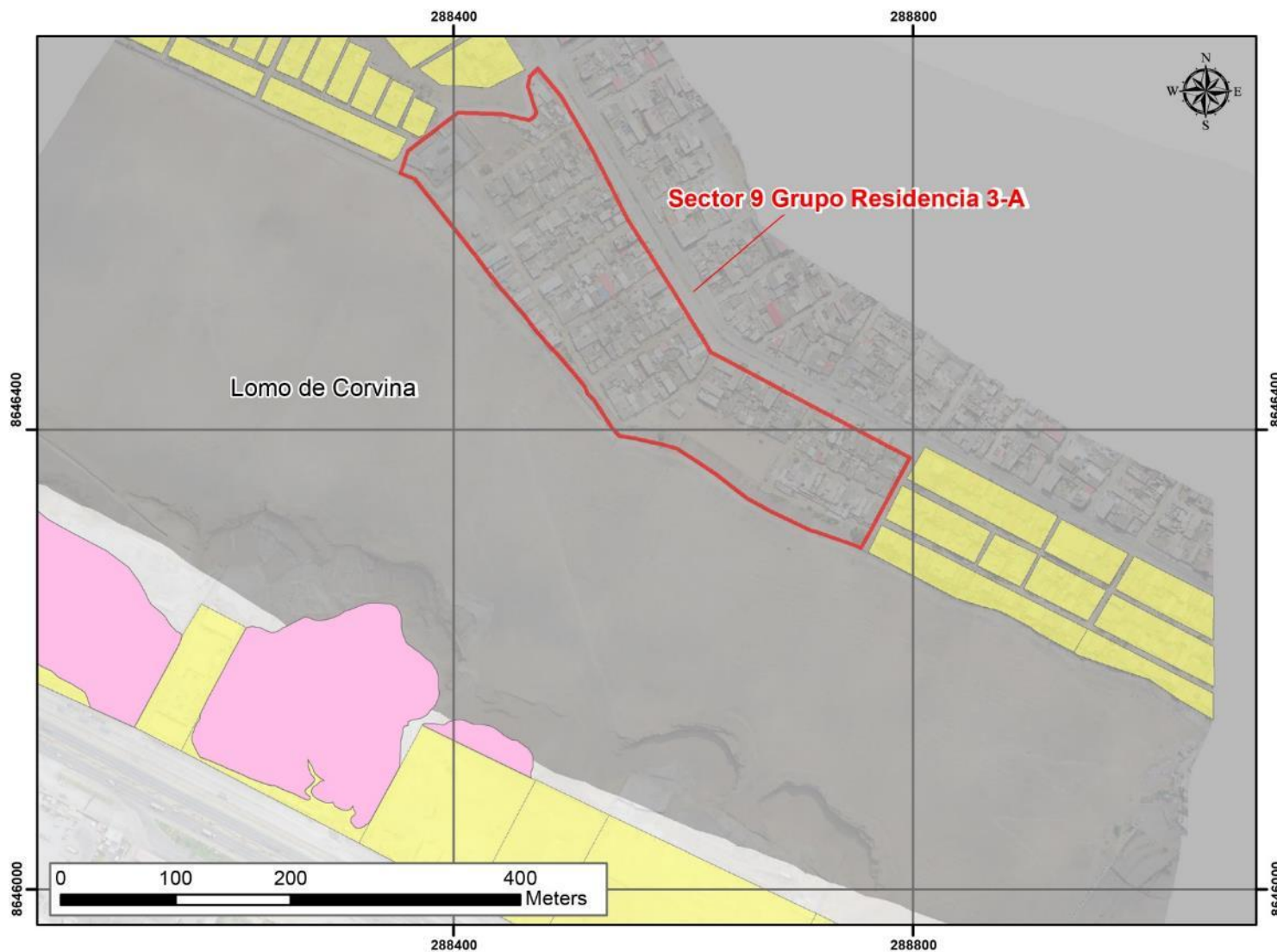

Segundo A. Núñez Juárez
ESPECIALISTA EN PELIGROS GEOLÓGICOS


Ing. BILBERTO ZAVALA CARRIÓN
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

8. BIBLIOGRAFÍA

- Hynes-Griffin, M. y Franklin, A. (1984). Rationalizing the seismic coefficient method. Department of the Army. US Army Corps of Engineers. Washington, DC. 44p.
- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental (2003). Estudio de riesgos geológicos del Perú. Franja N° 3. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica; 28, 373 p.
- Instituto Metropolitano de Planificación (2008). Atlas Ambiental de Lima. Lima: IMP e ITC, 160p.
- 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.
- León, W. y De La Cruz, O. (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Mala (26j), Lurín (25j) y (Lima 26i). Ingemmet, 18p.
- 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.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2018). Norma Técnica E.30 Diseño Sismoresistente, Lima, Perú.
- Núñez, S. (2010). Inspección de seguridad física del AA. HH. Héroes del Cenepa. Distrito Villa el Salvador, Provincia y Región Lima). Informe Técnico A6452. Ingemmet 16p.
- Núñez, S.; Vásquez, J. (2009). Primer reporte de zonas críticas por peligros geológicos en el área de Lima Metropolitana, informe inédito (en línea). Lima: INGEMMET, Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, 38 p. (consulta: 4 mayo 2013).
- Palacios, O.; Caldas, J. & Vela, Ch. (1992). Geología de los Cuadrángulos de Lima, Lurín, Chancay y Chosica. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 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. 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.
- Senamhi. (2020). Climas del Perú - Mapa de Clasificación Climática Nacional. Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>.
- Villacorta, S.; Núñez, S.; Tatard, L.; Pari, W. & Fidel, L. (2015). Peligros geológicos en el área de Lima Metropolitana y la región Callao, INGEMMET. Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 59, 156p., 07 mapas.
- Villacorta, S.; Chambi, G.; Carlotto, V. & Fidel, L. (2008). Atlas ambiental de Lima Metropolitana: mapas de susceptibilidad en el ordenamiento territorial. En XIII Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos. Sociedad Geológica del Perú. Pág. 171-174.
- Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ed, Landslides analysis and control: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 176.
- WP/WLI, (1993). A suggest method for describing the activity of a landslide: Bulletin of the International Association of Engineering Geology, N°47. p. 53-57.

ANEXO 1: MAPAS



Unidades litoestratigráficas	
	Q-eo Depósito eólico
	Qp-eo Depósito eólico (Lomo de Corvina)

Simbología	
	Sector 9 Grupo Residencia 3-A
	Área Urbana
	Depósitos Antropogénicos

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

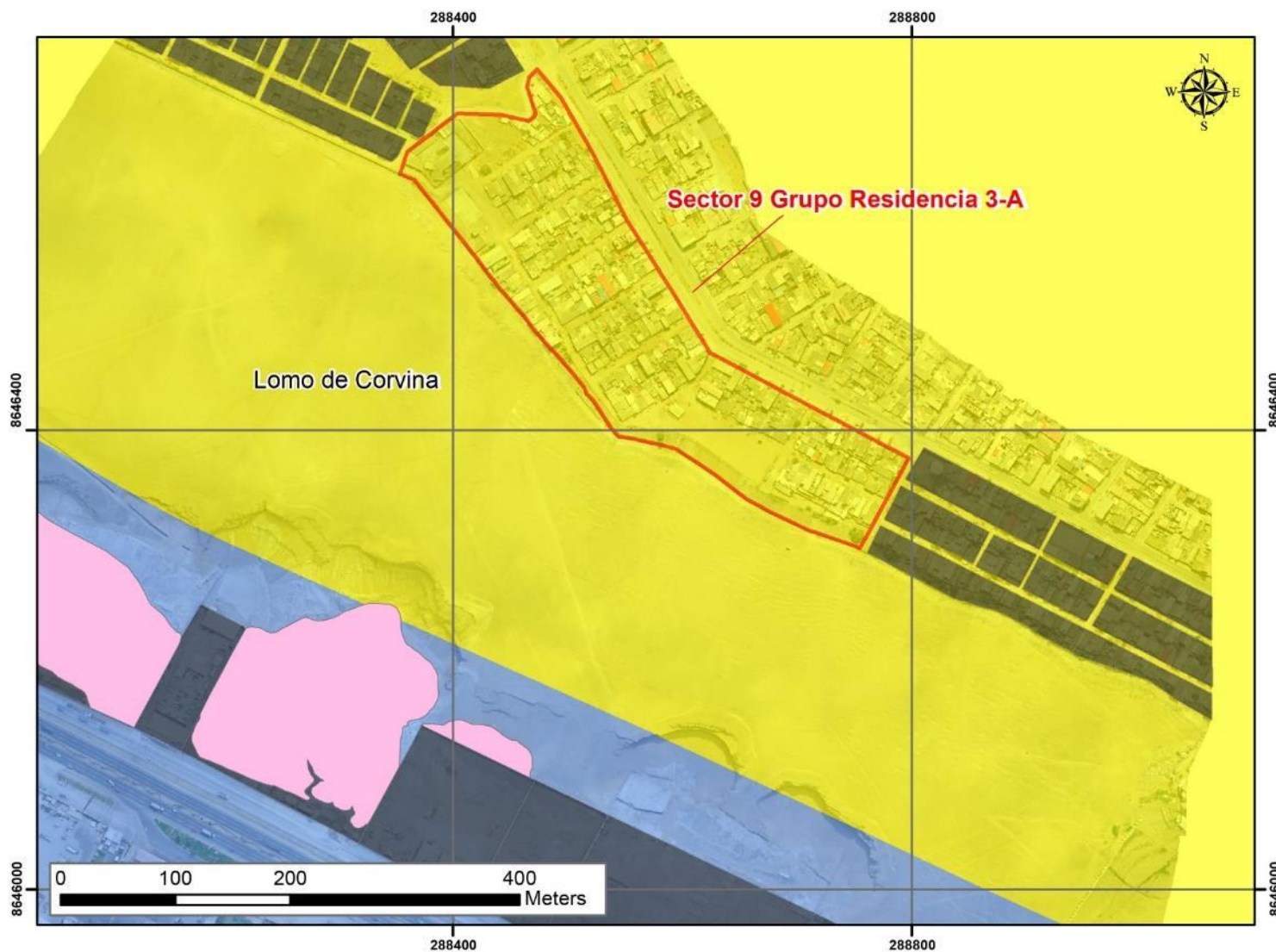
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

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

Mapa geológico
Lomo de Corvina

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

01

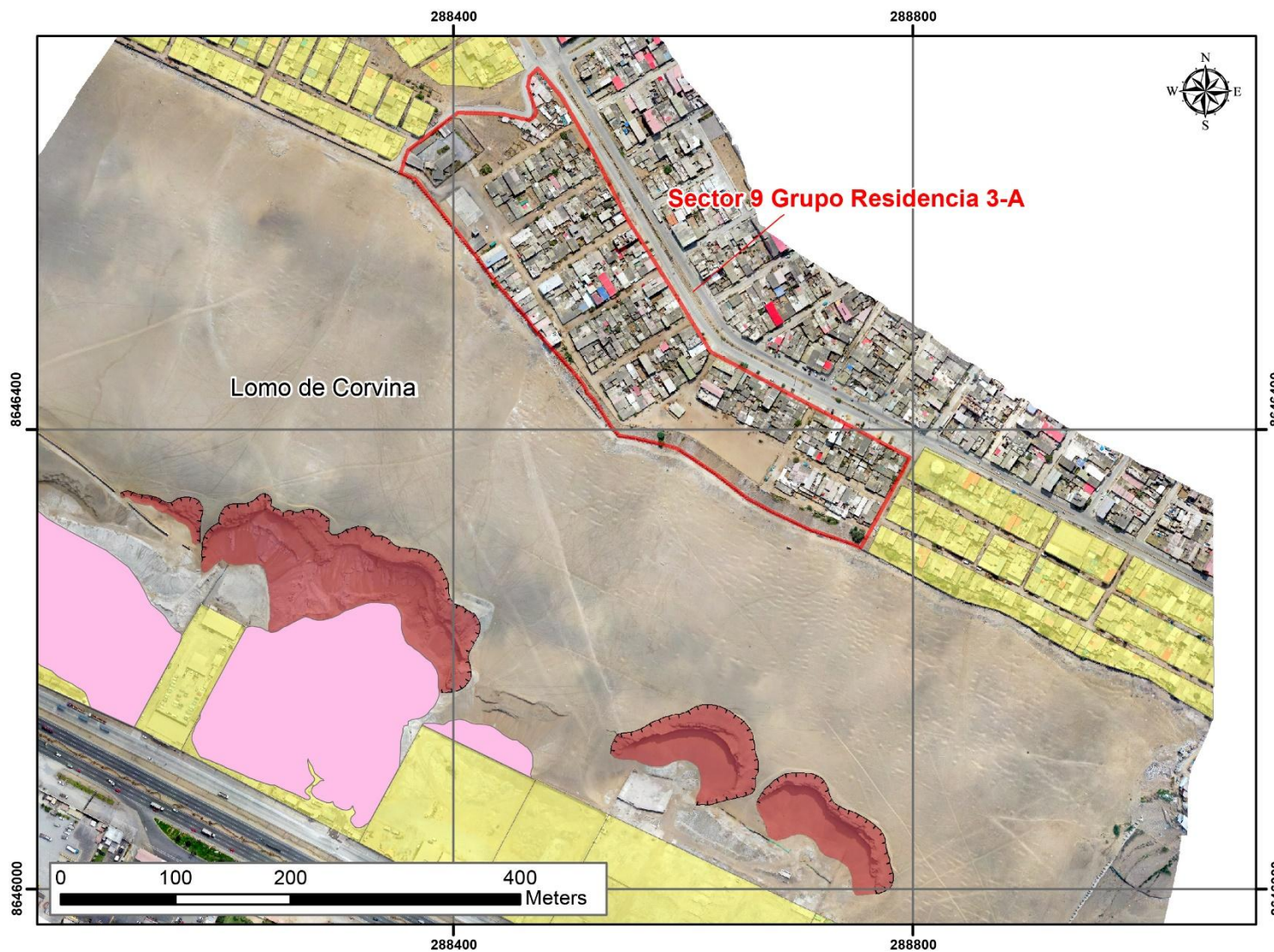


Unidades Geomorfológicas

- M-a Mantos de Arena
- Pl-al Llanura o Planicie Aluvial

Simbología

- Sector 9 Grupo Residencia 3-A
- Área Urbana
- Depósitos Antropogénicos



Peligros Geológicos

- Zonas de alta susceptibilidad a derrumbes
- Escarpe de derrumbe

Simbología

- Sector 9 Grupo Residencia 3-A
- Área Urbana

- Depósitos Antropogénicos

ANEXO 2: PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTIVAS



Figura 35. Ejemplo de reforestación de la ladera oeste de Lomo de Corvina para el sector evaluado, tomando como referencia las zonas aledañas. Imágenes extraídas de Google Earth. Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 3: ENSAYOS DE LABORATORIO

Fecha inicio: 19 de agosto de 2024
 Proyecto: ACT11: Servicio de asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional
 Cliente: INGEMMET
 Localización: LOMO DE CORVINA
 Descripción: MUESTRA ALTERADA DE ARENA FINA, COLOR CAFÉ, NO PLÁSTICO, MATERIAL ALGO HÚMEDO

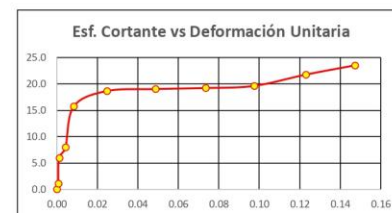
Fecha de finalización: 20 de septiembre de 2024
 Perforación No: ACT11 - 24
 Muestra No: ACT11-24-004
 Profundidad: 0.20 - 1.20

1. Datos			1	2	3
Recipiente No		A	Wanillo	g	100
Peso del Recipiente	g	11.1	Wanillo + W	g	179
Recipiente + Wh	g	44.86	γ Húmedo	g/cm ³	1.30
Recipiente + Ws	g	44.46	γ Seco	g/cm ³	1.29

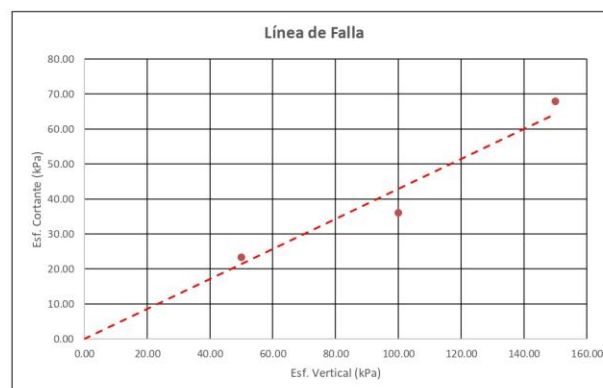
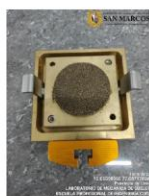
Diám. Muestra (mm)	61.74
Altura Muestra (mm)	20.03
Área de Muestra (mm ²)	2993.80

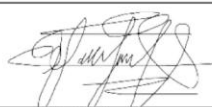
	Tiempo (min)	Presión de confinamiento (kPa)	Desplazamiento (mm)	Carga (N)	Def. Unitaria (mm)	Esfuerzo Cortante (kPa)
PUNTO 1	0	50	0.00	0	0.00000	0.000
	0.5	50	0.04	3.36	0.00066	1.123
	1	50	0.06600	17.94	0.00107	5.992
	5	50	0.26500	23.77	0.00429	7.938
	10	50	0.51500	47.06	0.00834	15.720
	30	50	1.51500	55.79	0.02454	18.636
	60	50	3.00800	56.96	0.04872	19.025
	90	50	4.52600	57.54	0.07331	19.219
	120	50	6.00700	58.70	0.09730	19.608
	150	50	7.58300	65.10	0.12282	21.745
PUNTO 2	180	50	9.07900	70.34	0.14705	23.494
	0	100	0.00	0	0.00000	0.000
	0.5	100	0.06	3.36	0.00089	1.123
	1	100	0.08100	17.94	0.00131	5.992
	5	100	0.35800	29.59	0.00580	9.884
	10	100	0.87900	52.88	0.01424	17.664
	30	100	1.52000	81.97	0.02462	27.378
	60	100	3.08400	88.36	0.04995	29.514
	90	100	4.62400	99.40	0.07489	33.201
	120	100	6.09100	108.11	0.09866	36.111
PUNTO 3	150	100	7.50600	104.62	0.12157	34.947
	180	100	8.90400	101.72	0.14422	33.977
	0	150	0.00	0	0.00000	0.000
	0.5	150	0.04	3.95	0.00066	1.318
	1	150	0.32500	5.11	0.00526	1.707
	5	150	0.42500	87.78	0.00688	29.320
	10	150	0.63000	116.82	0.01020	39.020
	30	150	1.35000	163.21	0.02187	54.515
	60	150	2.86800	183.47	0.04645	61.285
	90	150	4.70000	203.72	0.07613	68.049
	120	150	6.25400	197.94	0.10130	66.117
	150	150	7.78600	192.15	0.12611	64.184
	180	150	9.30800	192.15	0.15076	64.184

GRÁFICAS

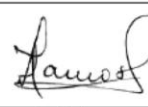


Párametros	Peak 1	Peak 2	Peak 3
Área Muestra (mm ²)	2993.80	2993.80	2993.80
Volumen Muestra (mm ³)	59965.862	59965.862	59965.862
Peso Unitario (gr/cm ³)	1.30	1.30	1.30
Contenido de humedad (%)	1.20%	1.20%	1.20%
Esfuerzo Cortante Máx (kPa)	23.49	36.11	68.05
Esfuerzo Vertical (kPa)	50	100	150
Ángulo de fricción (°)	23.2		
Cohesión (kPa)	0.00		





Realizado por:
Ing. Asist. Laboratorio



Aprobado por:
Representante de laboratorio

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
 Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

TOTAL	-	2587.05	2775.05	2776.61	100.00%
-------	---	---------	---------	---------	---------



INFORME DE ENSAYO
ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL
PESO UNITARIO POR PESO Y MEDIDAS
MÉTODO B
ASTM 7263 - 09

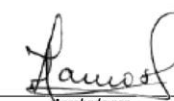
Código	LAB_S_0015
Versión	1
Fecha	15/10/2023

Fecha de informe: 18/09/2024
Proyecto: ACT11: Servicio de asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional
Lab. Encargado: EPIC-UNMSM
Centro de Costos: 0004-24

Cliente: INGEMMET (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico)
Localización: LOMO DE CORVINA
Fecha recepción: miércoles, 4 de Setiembre de 2024
Paginas de informe: 1 / 1

Fecha de realización	D/M/A	4/09/2024
Perforacion No		ACT 11-24
Muestra No		ACT11-24-004
Material (USCS)		S
Estado de la muestra		Alterada
Profundidad	m	0.20 - 1.20
Masa del molde	g	4178.00
Masa de la muestra + molde	g	5370.00
Altura	mm	116.49
Diámetro	mm	101.33
Masa muestra húmeda	g	1192.0
Volumen muestra húmeda	cm ³	939.4
Peso unitario húmedo	kN/m ³	12.45
Humedad Natural (opcional)	%	1.20%
Peso unitario seco (opcional)	kN/m ³	12.45


Elaborado por
Ing. Asist. de laboratorio


Aprobado por
Representante de laboratorio

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
labmecasuelos@unmsm.edu.pe