

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A6930

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL MALECÓN CASTAGNOLA - ACANTILADO DE LA COSTA VERDE

Región Lima
Provincia Lima
Distrito Magdalena Del Mar



**EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN
EL MALECÓN CASTAGNOLA - ACANTILADO DE LA COSTA VERDE
(DISTRITO MAGDALENA DEL MAR, PROVINCIA LIMA, REGIÓN LIMA)**

INDICE

1.	RESUMEN	2
2.	INTRODUCCIÓN	3
	2.1 Objetivos del estudio	3
	2.2 Antecedentes y trabajos anteriores	3
3.	ASPECTOS GENERALES	5
	3.1 Ubicación y accesibilidad	5
	3.2 Clima	6
4.	GEOLOGÍA	6
	4.1 Unidades litoestratigráficas	6
5.	GEOMORFOLOGÍA	8
	5.1 Pendiente del terreno	8
	5.2 Unidades geomorfológicas	9
6.	PELIGROS GEOLÓGICOS	11
	6.1 Peligros geológicos por movimientos en masa	11
	6.2 Otros peligros geológicos	12
7.	DERRUMBE EN EL MALECON CASTAGNOLA - ACANTILADO DE LA COSTA VERDE	13
	7.1 Causas	18
	7.2 Daños	23
8.	CONDICIONES ACTUALES DEL SITIO	23
9.	CONCLUSIONES	24
10.	RECOMENDACIONES	25
11.	BIBLIOGRAFÍA	26

**EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN
EL MALECÓN CASTAGNOLA - ACANTILADO DE LA COSTA VERDE
(DISTRITO MAGDALENA DEL MAR, PROVINCIA LIMA, REGIÓN LIMA)**

1. RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa realizado en el malecón Castagnola – acantilado de la Costa Verde, que pertenece a la jurisdicción de la municipalidad distrital de Magdalena del Mar. 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.

El malecón Castanogla (borde del acantilado) es afectado por peligros geológicos tipo derrumbes y caída de rocas; que produjo la caída de material de naturaleza antropógeno de relleno que obstruyó la vía Circuito de Playas de la Costa Verde.

Entre los factores condicionantes que originaron el derrumbe del 08 de agosto del presente, se tienen: la pendiente fuerte a muy escarpada del terreno, el tipo de suelos antropógenos de relleno, conformado por suelos finos, desmonte de construcción (bloques de concreto y ladrillos) y restos de plantas; y un mal sistema de riego que saturó parte de los suelos donde se produjo el derrumbe.

Por las condiciones geológicas-geodinámicas presentes en el sector del malecón Castanóla, se le considera como zona crítica de muy alto peligro a la ocurrencia de derrumbes, caída de rocas y deslizamientos, ante la ocurrencia de sismos o si se vuelven a presentar la condicionante antrópica (riego de jardines).

Finalmente, en el presente informe se brindan recomendaciones que se consideran importantes que las autoridades pongan en práctica para reducir la vulnerabilidad y por tanto el riesgo a los peligros geológicos. Estas propuestas de solución se plantean con la finalidad de minimizar las ocurrencias y los daños que pueden ocasionar los procesos identificados; así como también evitar la generación de nuevas ocurrencias o eventos futuros que causen daños.

2. INTRODUCCIÓN

La Municipalidad de Magdalena del Mar, mediante Oficio N° 035-2019-MDMM-GDUO-SGGRD, de fecha 08 de agosto del presente, solicitó al Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), realizar la inspección del acantilado de la Costa Verde Magdalena, en el distrito de Magdalena del Mar, debido al derrumbe ocurrido el día 08 de agosto.

El INGEMMET, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 7), 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. Para ello la DGAR designó a los ingenieros Manuel Vélchez M. y Dulio Gomez V. para que realicen la evaluación técnica respectiva. Los trabajos de campo se realizaron el día 12 agosto del presente año. Se inició los trabajos realizando las correcciones respectivas con autoridades de la municipalidad distrital de Magdalena del Mar; durante la inspección se contó con la presencia del ingeniero Eduardo Vivanco A. Subgerente de Gestión de Riesgos de Desastres de la municipalidad de Magdalena del Mar.

La evaluación técnica se basó en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por INGEMMET y los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS y fotografías) y la cartografiado geológicos y geodinámico, y finalmente la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Distrital Magdalena del Mar, donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo de desastres, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

2.1 Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se presentan en el acantilado de la Costa Verde al final del jirón Tacna en el distrito Magdalena del Mar, eventos que pueden comprometer la seguridad física de personas, vehículos, obras de infraestructura y vías de comunicación en la zona de influencia de los eventos
- Emitir las recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación de los daños que pueden causar los peligros geológicos identificados.

2.2 Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones hechas por INGEMMET que incluyen los acantilados de la Costa Verde relacionados a temas de geología y geodinámica externa, de los cuales destacan los siguientes:

Boletín N° 59, serie C, geodinámica e ingeniería geológica: “Peligros geológicos en el área de Lima Metropolitana y la Región Callao” (2015); se identifican los peligros geológicos y geohidrológicos que pueden causar desastres dentro del ámbito de estudio. Se identifico un total de 848 ocurrencias de peligros, se determinan 107 zonas críticas, de las cuales la zona crítica N° 95 corresponde la zona de los acantilados de la Costa Verde correspondiente a los distritos de Magdalena del Mar, Barranco, Miraflores, San Isidro, Chorrillos y San Miguel. Los peligros geológicos identificados en esta zona son de caída de rocas, derrumbes y procesos de erosión de laderas (surcos y cárcavas). El estudio también realiza un análisis de susceptibilidad por movimientos en masa (escala 1: 100 000) en donde los acantilados de la Costa Verde presentan

muy alta susceptibilidad (figura 2.1). Entendiéndose susceptibilidad a movimientos en masa como la propensión que tiene determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico (movimiento en masa), 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.

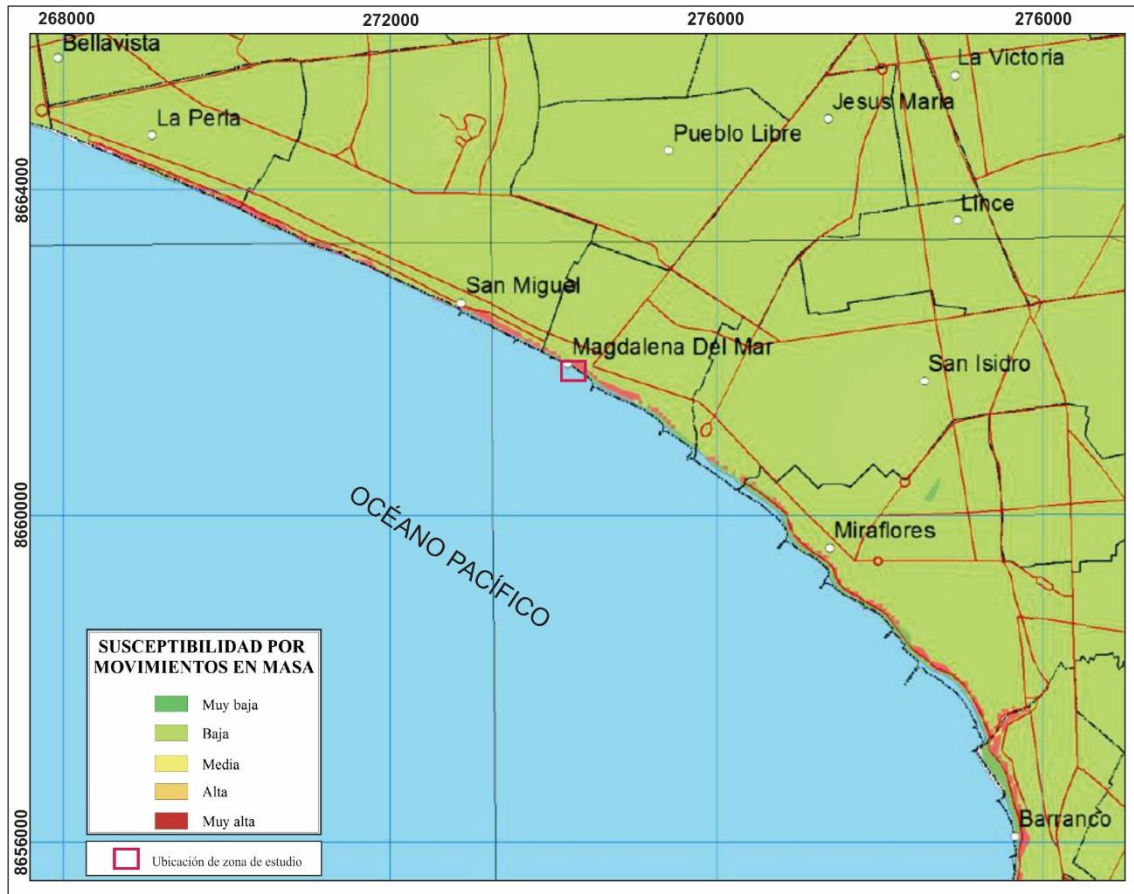


Figura 2.1: Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa (tomado del estudio de “Peligros geológicos en el área de Lima Metropolitana y la región Callao”, Villacorta et al., 2015).

En la “Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Mala (26-j), Lurín (25-j) y Lima (25-I) (INGEMMET, 2003); describe la información relacionada a los cambios más resaltantes sobre estratigrafía, rocas ígneas y la geología estructural del área de dichos cuadrángulos.

Boletín N° 18, serie C, geodinámica e ingeniería geológica: “Estudio de seguridad física de los acantilados de la Costa Verde” (1997); tiene como objetivo realizar el análisis de la composición, origen y características geomecánicas de los materiales que conforman los acantilados y emitir recomendaciones que puedan servir para mejorar sus condiciones de estabilidad.

Boletín N° 43, serie A, carta geológica nacional: “Geología de los cuadrángulos de Lurín, Chancay y Chosica” (1992), se describe la geología presente en la zona evaluada.

3. ASPECTOS GENERALES

3.1 Ubicación y accesibilidad

La zona inspeccionada corresponde al borde del Malecón Castagnola que pertenece al distrito de Magdalena del Mar, provincia Lima, región de Lima (figura 3.1), en las coordenadas centrales UTM (WGS84 – Zona 18S) siguientes:

Sector malecón Castagnola - acantilado Costa Verde – Magdalena del Mar		
Norte	Este	Altitud
8661893	274271	60 m s.n.m

El acceso a la zona utilizando un vehículo desde el INGEMMET, se realiza mediante la siguiente ruta:

Ruta	Vía	Kilómetros	Tiempo estimado
Av. Canadá Cdra. 14 – Av. del Aire – Av. Javier Prado Oeste – Av. Parque Gonzales Prada – Jr. Inclán – Av. Brasil – Jr. Diego Ferre	Terrestre	8.3	26 minutos

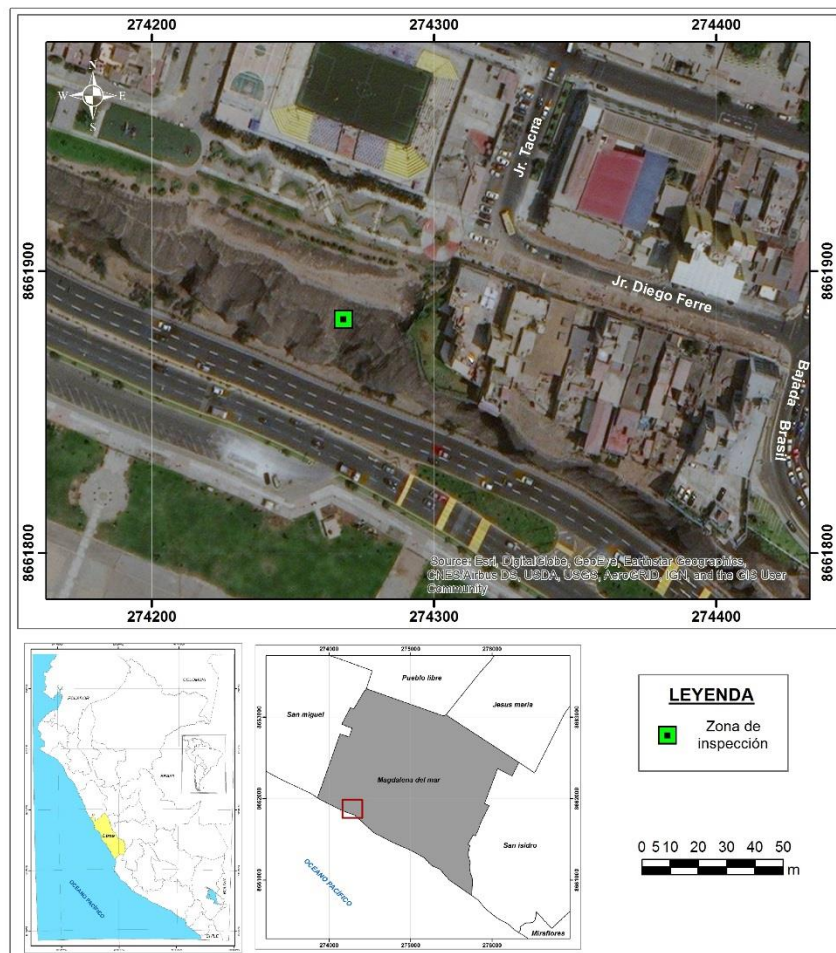


Figura 3.1: Mapa de ubicación de la zona inspeccionada.

3.2 Clima

La zona de la Costa Verde está sometida a condiciones microclimáticas, particularizadas dentro de la costa peruana como semiárido, bañado por brisas marinas. A pesar que no se registran variaciones extremas entre las temperaturas máximas y mínimas anuales, la nubosidad permanente, durante los meses abril a noviembre; y un elevado contenido de humedad en todos los meses del año. Los vientos no son de gran intensidad y las precipitaciones están referidas a la presencia de garúas invernales que ocurren cuando la saturación de la humedad relativamente ha llegado a su máxima (Guzmán, et al., 1997).

4. GEOLOGÍA

El análisis geológico del área de estudio se elaboró teniendo como base la revisión y actualización de los cuadrángulos de Mala, Lurín y Lima (León y De la Cruz, 2003), donde se tienen principalmente depósitos Cuaternarios. La geología se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotos aéreas y observaciones de campo.

4.1 Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona inspeccionada y alrededores son de origen sedimentario, conformado por depósitos aluviales que han sido acumulados desde el Pleistoceno hasta la actualidad (figura 4.1). Localmente se han identificado depósitos aluviales, marinos y antropógenos.

a) Cenozoico – Cuaternario

Depósito aluvial (Qpl-al)

Estos depósitos se encuentran formando los conos de deyección de los ríos Chillón, Rímac y Lurín que alcanza espesores de hasta 600 m, sobre los que se asientan centros urbanos y la agricultura. El principal depósito aluvial del Pleistoceno lo constituye el antiguo conoide aluvial del río Rímac, donde se asienta la ciudad de Lima.

La litología de esos depósitos aluviales del Pleistoceno visto a través de terrazas y cortes comprende conglomerados, conteniendo gravas y bloques, de rocas de tipo principalmente intrusivas y volcánicas, con una matriz de arenas y arcillas; también se tiene arenas con diferente granulometría y menor proporción limos y arcillas; se le asigna una edad de depósito que va desde el Pleistoceno.

Localmente en la zona de inspección se presentan secuencias de gravas con intercalaciones de bancos de arena de color amarillento, en la parte superior se tiene niveles de arcilla (figura 4.2).

Depósito marino (Qh-m)

Comprende acumulaciones de arena, limo y gravas retrabajados y distribuidos por corrientes a lo largo del borde litoral como producto de la erosión y disgregación de las rocas de los acantilados, así como de los materiales acarreados por los ríos al océano. Estos depósitos están constituidos principalmente por arenas de grano medio a fino, de color gris amarillento conteniendo cuarzo, micas y ferromagnesianos; y en menor proporción limos inconsolidados de color gris claro conteniendo restos de conchas marinas. En la zona de Magdalena estos depósitos marinos también presentan acumulaciones de gravas que son retrabajados y acumulados por el oleaje del mar.

Depósito antropógeno (Qh-ant)

Corresponde a aquellos depósitos generados por el hombre. Pueden ser de dos tipos: 1) los que son generados sin un proceso de transformación industrial, entre ellos se tienen las ruinas, desechos, coprolitos; construcciones civiles (terraplenes, diques de presas, enrocados, espigones,

etc.); 2) los depósitos resultantes de procesos de transformación industrial, entre estos se tienen depósitos de relaves, desechos industriales, escorias, canchas de minerales, escombreras, entre otros.

Para el caso de la zona evaluada corresponde a depósitos generados sin un proceso de transformación industrial; este depósito se encuentra conformado por acumulaciones de desmontes de construcción y material aluvial removidos de otros sectores donde se hicieron excavaciones.

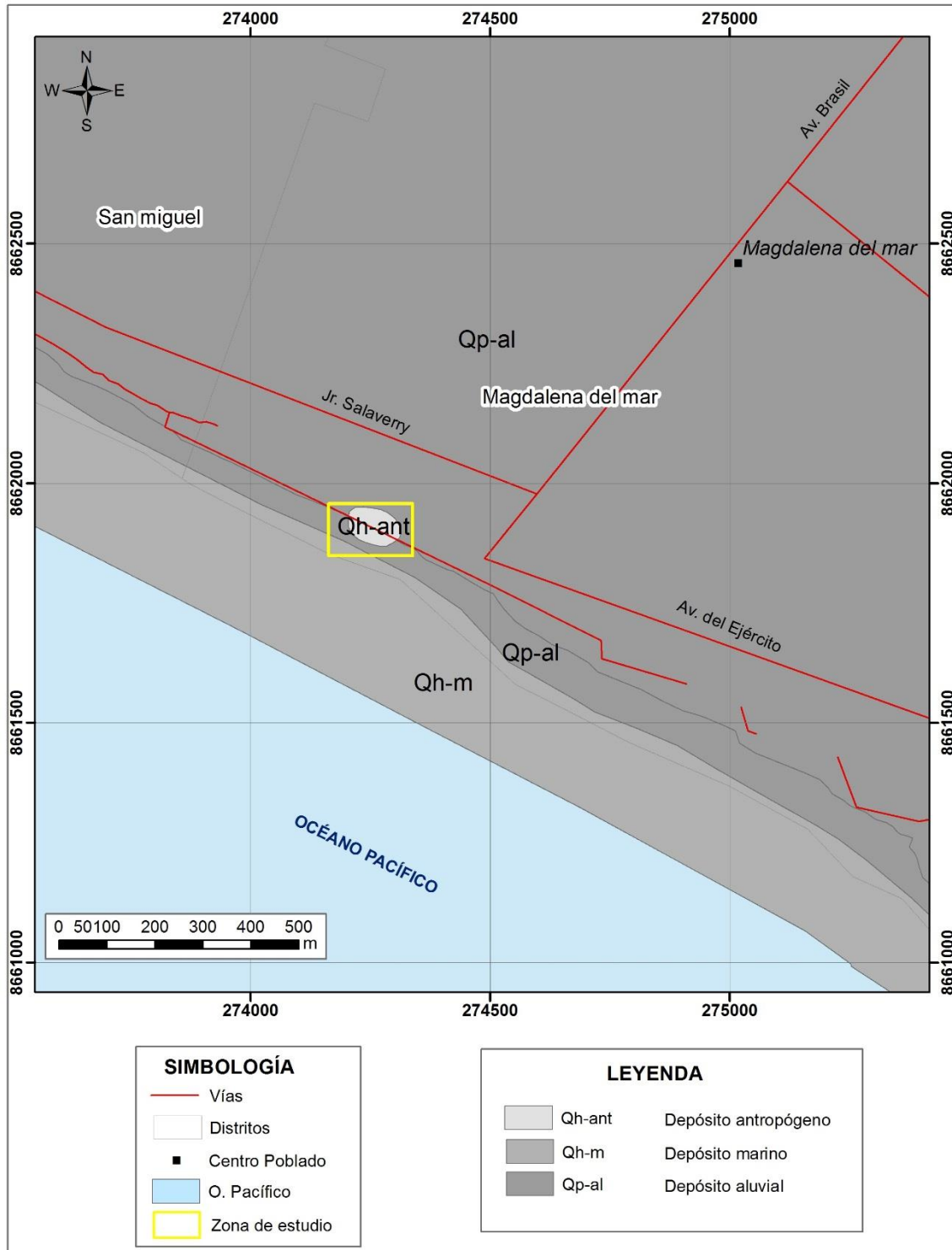


Figura 4.1: Mapa geológico de la zona inspeccionada.

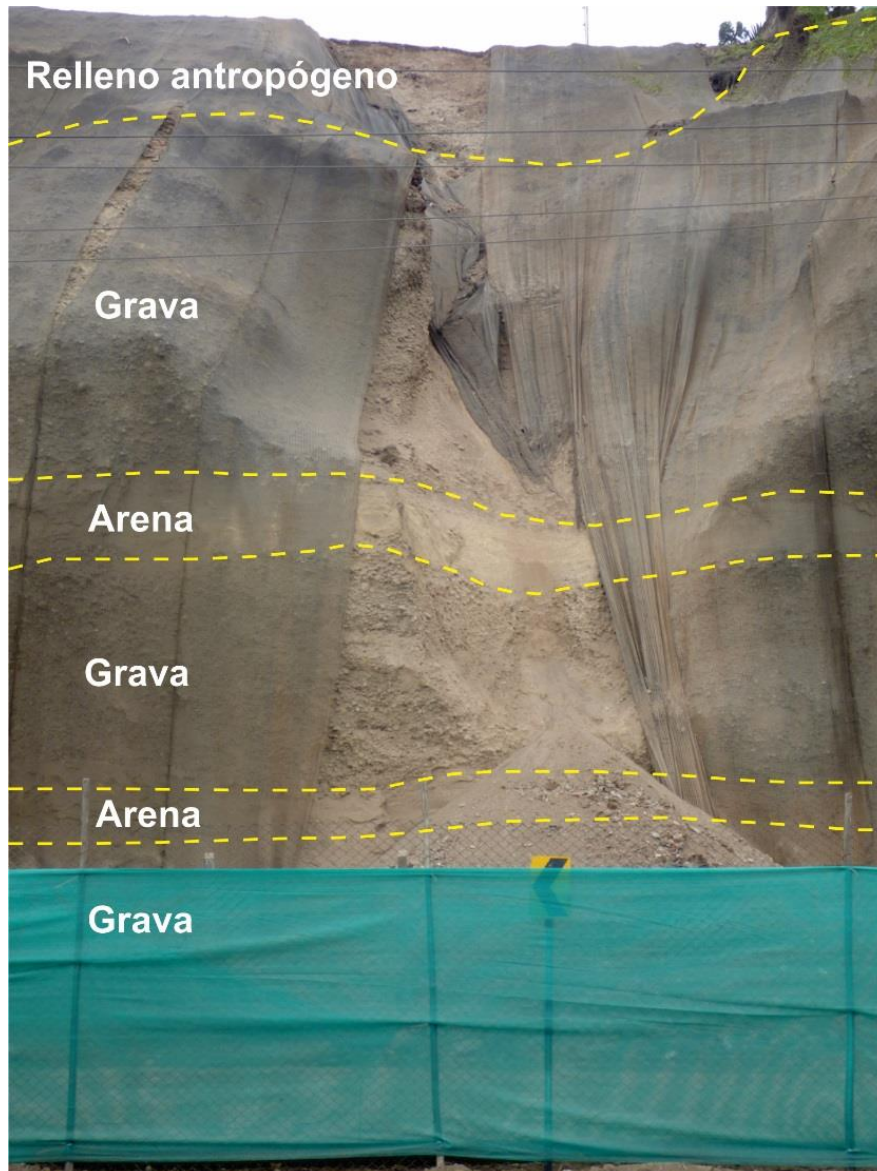


Figura 4.2: Imagen en la que se ha señalado con líneas de color amarillo los niveles de grava y arena, así como el material antropógeno de la parte superior del talud.

5. GEOMORFOLOGÍA

5.1 Pendiente del terreno

Los rangos de pendiente en la zona inspeccionada van de rangos de terrenos llanos a inclinados suavemente (1° - 5°), con un cambio abrupto a terrenos escarpados ($> 45^{\circ}$) en la base y zona media del acantilado, a pendiente muy fuerte (25° - 45°) en la parte alta del acantilado, para nuevamente cambiar a un terreno con suave pendiente correspondiente a la planicie aluvial (figura 5.1).

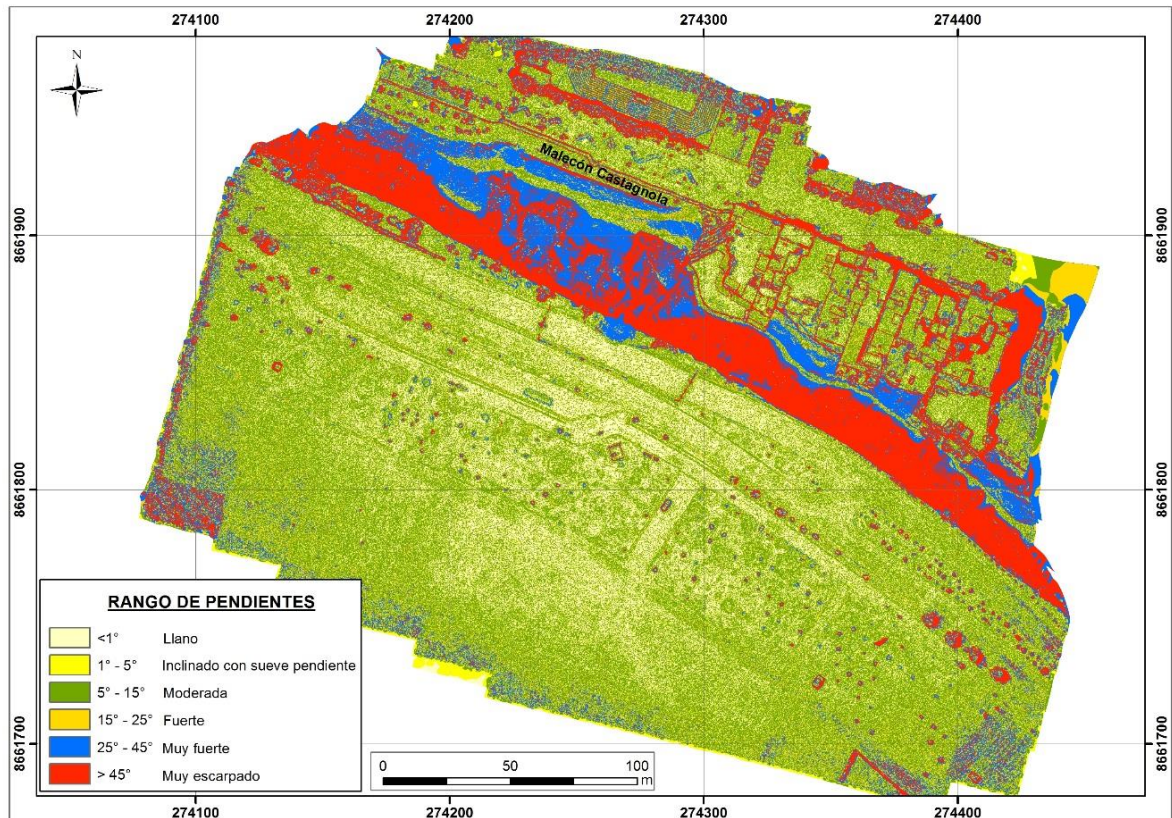


Figura 5.1: Mapa de pendientes en el sector del Malecón Castagnola afectado por peligro geológico por movimientos en masa. (el modelo elaborado considera las viviendas ubicadas en la parte superior del acantilado).

5.2 Unidades geomorfológicas

En la zona evaluada y sus alrededores se han identificado las siguientes geoformas (figura 5.2):

5.2.1 Geoformas de carácter tectónico depositacional y agradacional

Están representadas por las formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan otras geoformas preexistentes:

Planicie aluvial (Pal)

Corresponde al material acumulado por el abanico aluvial del río Rímac, cuyas cabeceras se encuentra en las cumbres más altas de la sierra de la región Lima (Villacorta, et al., 2015). Geoforma que se extiende desde el borde litoral hasta las estribaciones andinas. Poseen un relieve plano-ondulado cuya pendiente es menor a los 5°. Se encuentra cubierto en la actualidad por construcciones de la ciudad de Lima.

Acantilado (ACN)

Subunidad de origen marino que se encuentra siguiendo la línea costera, a lo largo de la cual se ha desarrollado la zona de ribera actual, donde destacan entrantes y salientes conformando playas delgadas y acantilados (Guzmán et al., 1997).

Sub-unidad que configura paredes de fuerte pendiente (>30°) de más de 40 m de alto, que tienen su origen en la erosión marina producida en el frente del abanico aluvial del río Rímac.

Borde litoral y playas (B-pl)

El borde litoral actual se debe al nivel que tiene el nivel del mar hoy en día, esta configuración depende factores como son el levantamiento tectónico propiciado por el proceso de subducción y la cantidad de agua retenida en los continentes en forma de masas de hielo. Por esta razón, en una escala de miles o decenas de miles de años, el borde litoral puede haber experimentado considerables variaciones (Villacorta et al., 2015).

Las playas son el resultado de la depositación artificial de material detrítico transportado por el mar, como consecuencia de la construcción de espigones. Aunque la fracción predominante suelen ser arenas finas, en el caso de Lima Metropolitana también son abundantes las partículas de mayor tamaño (gravas y cantos), procedentes en parte de desprendimientos de los acantilados de la Costa Verde.

Relleno artificial (R-art)

Sub-unidad que comprende los materiales de desmonte dispuestos en laderas, bordes de acantilados y talud inferior de carreteras. Para el caso de la zona evaluada el relleno artificial está conformado por desmonte de construcción de viviendas y el material resultante de excavaciones realizadas en otros sectores del abanico aluvial de Lima (gravas y arena), dispuestos en una hondonada ubicada en el borde del acantilado.

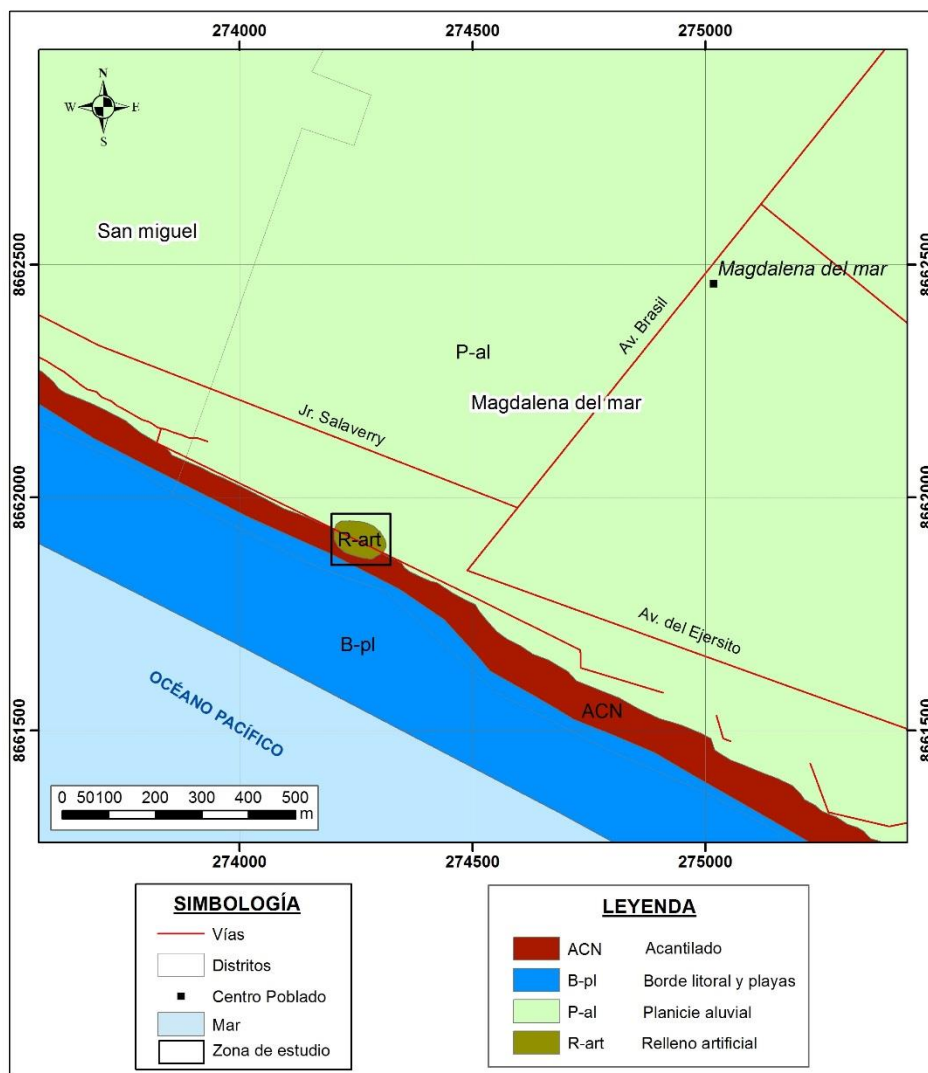


Figura 5.2: Mapa geomorfológico de la zona inspeccionada.

6. PELIGROS GEOLÓGICOS

6.1 Peligros geológicos por movimientos en masa

Los peligros geológicos reconocidos en la zona inspeccionada, corresponden a movimientos en masa de tipo caídas (derrumbes) (PMA: GCA, 2007).

Estos movimientos en masa, tienen como causas o condicionantes factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de roca, el tipo de suelos, el drenaje superficial–subterráneo y la cobertura vegetal. Se consideran como “detonantes” de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias, así como la sismicidad.

6.1.1 Conceptos básicos

A continuación, se muestran algunos conceptos referentes a la terminología de peligros geológicos por movimientos en masa que son utilizados en el presente informe técnico.

a) Caídas

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 un desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido el material, cae desplazándose principalmente por el aire, y puede efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978). Dependiendo del material desprendido, se habla de una caída de roca, o una caída de suelo. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden & Varnes, 1996), es decir, con velocidades mayores a 5×10^1 mm/s.

En función al mecanismo principal y la morfología de las zonas afectadas por el movimiento, así como del material involucrado, las caídas se subdividen en tres tipos principales: aludes, caída de rocas y derrumbes.

En el sector de Malecón Castagnola, ubicado en la parte superior del acantilado de la Costa Verde, en el tramo que le pertenece al distrito de Magdalena del Mar, se identificó a través de trabajos de campo y la interpretación fotos aéreas obtenida con vuelo de drone, la ocurrencia de un derrumbe, que produjo la obstrucción de la vía circuito de playas.

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 (figura 6.1). 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.

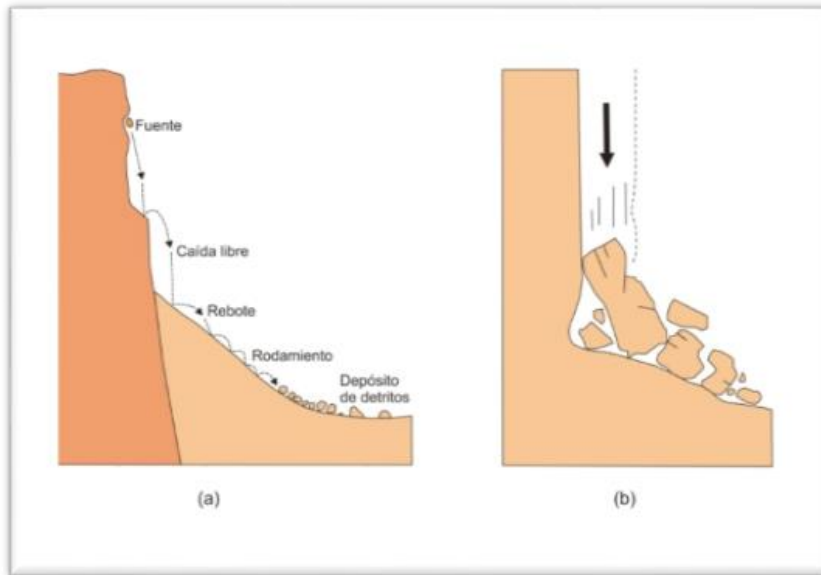


Figura 6.1: Esquema de un derrumbe.

6.2 Otros peligros geológicos

a) Erosión de laderas

Se considera dentro de esta clasificación a este tipo de eventos, porque se les considera predecesoras en muchos casos a la ocurrencia de grandes eventos de movimientos en masa. La erosión de los suelos es producto de la remoción del material superficial por acción del agua o viento. El proceso se presenta gracias a la presencia de agua en forma de precipitación pluvial (lluvias) y escorrentías (escurrimiento), que entra en contacto con el suelo (Figura 6.2); en el primer caso por el impacto y en el segundo caso por fuerzas tractivas que vencen la resistencia de las partículas (fricción o cohesión) del suelo generándose los procesos de erosión (Duque et ál, 2016). Los procesos de erosión de laderas también pueden tener como desencadenante la escorrentía formada por el uso excesivo de agua de regadío.

La erosión hídrica causada por el agua de lluvia abarca los siguientes procesos:

Saltación pluvial: El impacto de las gotas de lluvia en el suelo desprovisto de vegetación ocasiona el arranque y arrastre de suelo fino, el impacto compacta el suelo disminuyendo la permeabilidad e incrementa escorrentía.

Escurrimiento superficial difuso: comprende la erosión laminar sobre laderas carentes de coberturas vegetales y afectadas por saltación pluvial, que estimulan el escurrimiento del agua arrastrando finos.

Escurrimiento superficial concentrado: se produce en dos formas, como surcos de erosión (canales bien definidos y pequeños), formados cuando el flujo se hace turbulento y la energía del agua es suficiente para labrar canales paralelos o anastomosados; y como cárcavas, que son canales o zanjas más profundos y de mayor dimensión, por las que discurre agua durante y poco después de haberse producido una lluvia. El proceso se da en cuatro etapas: a) entallamiento del canal, b) erosión remontante desde la base, c) cicatrización y d) estabilización (Duque et ál, 2016).

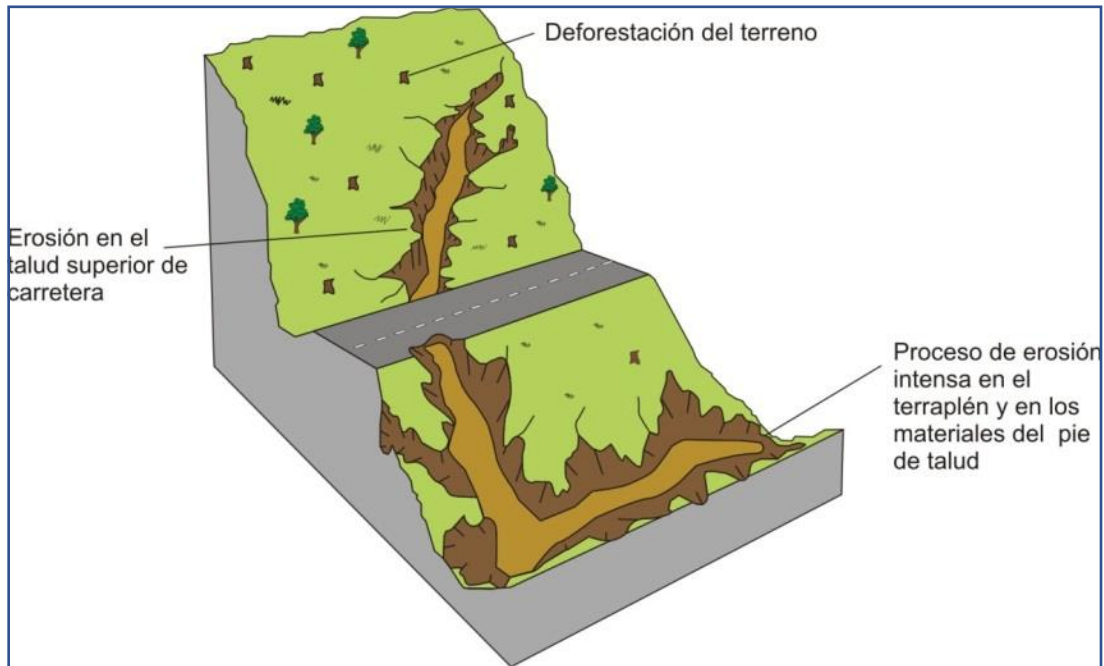


Figura 6.2: Esquema de erosión de laderas en cárcavas.

7. DERRUMBE EN EL MALECÓN CASTAÑOLA – ACANTILADO DE LA COSTA VERDE

El evento localizado en el borde del acantilado de la Costa Verde a una distancia de 17.5 m del Malecón Castagnola, que pertenece a la jurisdicción de la Municipalidad de Magdalena del Mar, puede identificarse en las ortofotos obtenidas con el sobrevuelo de drone realizado el día 12 de agosto del presente.

Por lo observado en la ortofoto y los trabajos de campo, se puede tipificar al evento ocurrido el día 08 de agosto de 2019 como un derrumbe (figuras 7.1 y 7.2); este evento produjo el colapso de parte del acantilado de la Costa Verde conformado en este sector por material de origen antropógeno (relleno).

La zona de arranque del derrumbe se localiza muy cerca de la parte alta del acantilado, específicamente en el borde de la banqueta o terraza construida en este sector (fotografía 7.1). Es importante señalar que los acantilados en este distrito aparecen cubiertos por una geomalla en su totalidad, desde el borde hasta el pie; sin embargo, en esta zona del derrumbe la geomalla ha sido anclada en el borde de la terraza y no cubre en su totalidad el talud en una longitud de 88 m.

Se considera que la colocación o revestimiento de todo el acantilado de la Costa Verde con las respectivas geomallas responde a estudios geotécnicos de detalle, que determinaron su aplicación y funcionalidad para contrarrestar los daños producidos para determinados tipos de procesos (caída rocas y suelo).

Por lo observado en la zona de derrumbe, la masa de suelo colapsada tuvo un primer episodio con el mayor volumen que no pudo retener la geomalla (fotografía 7.3), posteriormente otros derrumbes de menor magnitud produjeron la caída de la geomalla como consecuencia de que la zona de arranque del derrumbe se localizó por detrás de la zona de anclaje de esta geomalla (fotografía 7.4), por lo que su utilidad fue nula y el material cayó hasta la vía Circuito de Playas de la costa Verde.

El derrumbe en el acantilado de la Costa Verde tiene las siguientes características y dimensiones:

- Ancho promedio de la zona de arranque: 10 m (fotografías 7.1 y 7.2)
- Forma de la superficie de rotura: regular - elongada
- Diferencia de altura aproximada de la zona de arranque a la base del derrumbe: 43 m (fotografía 7.3)
- Dirección (azimut) del movimiento: N 195°
- Área del derrumbe (considerando la zona de arranque y el depósito) (figura 7.1 y 7.2): 391 m²
- Volumen aproximado de material colapsado: 225 m³.
- Presencia de material colgado por detrás de la zona de arranque del derrumbe que ocupa un área de 27 m² (figuras 7.1, fotografía 7.1 y 7.2).
- Presencia de grietas abiertas por detrás de la zona de arranque, que alcanzan longitudes de 14.5 m, con aberturas de entre 5 cm a pocos milímetros (fotografías 7.1, y 7.2 y figura 7.3).



Fotografía 7.1: Vista con dirección hacia el sureste donde se puede ver la zona de arranque del derrumbe ubicado por detrás de los anclajes de las geomallas colocadas en el acantilado; también se pueden observar los agrietamientos abiertos localizados por detrás de la zona de arranque.



Fotografía 7.2: Vistas con dirección hacia el noroeste donde se puede ver la zona de arranque del derrumbe.



Fotografía 7.3: Imagen donde es posible ver el material acumulado en la vía Circuito de Playas de la Costa Verde a consecuencia del derrumbe arrancado en la parte alta del acantilado, donde todavía no se produce la caída de la geomalla que lo cubre. (Fuente: Andina)



Fotografía 7.4: Vistas con dirección al noreste desde la vía Circuito de Playas donde es posible ver la zona de arranque del derrumbe, parte del material caído que no fue removido y la geomalla arrancada por el evento.

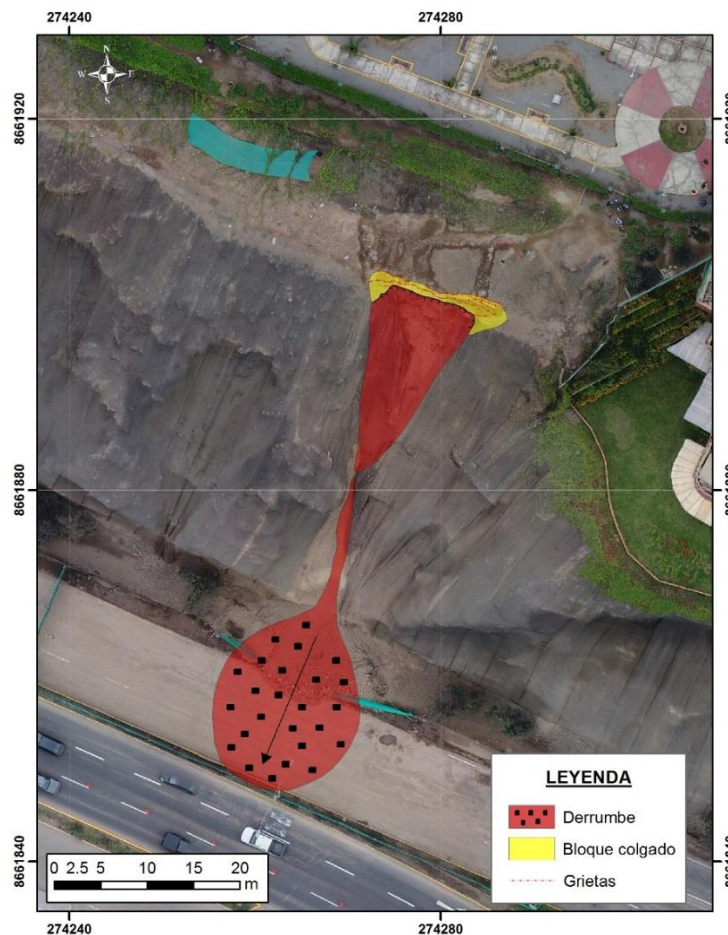


Figura 7.1: Mapa de peligros geológicos por movimientos en masa en detalle del sector malecón Castagnola – acantilado de la Costa Verde, distrito Magdalena del Mar.



Figura 7.2: Ortofoto del acantilado de la Costa Verde, sector malecón Castanogla donde se identifica los movimientos en masa ocurridos en la zona.

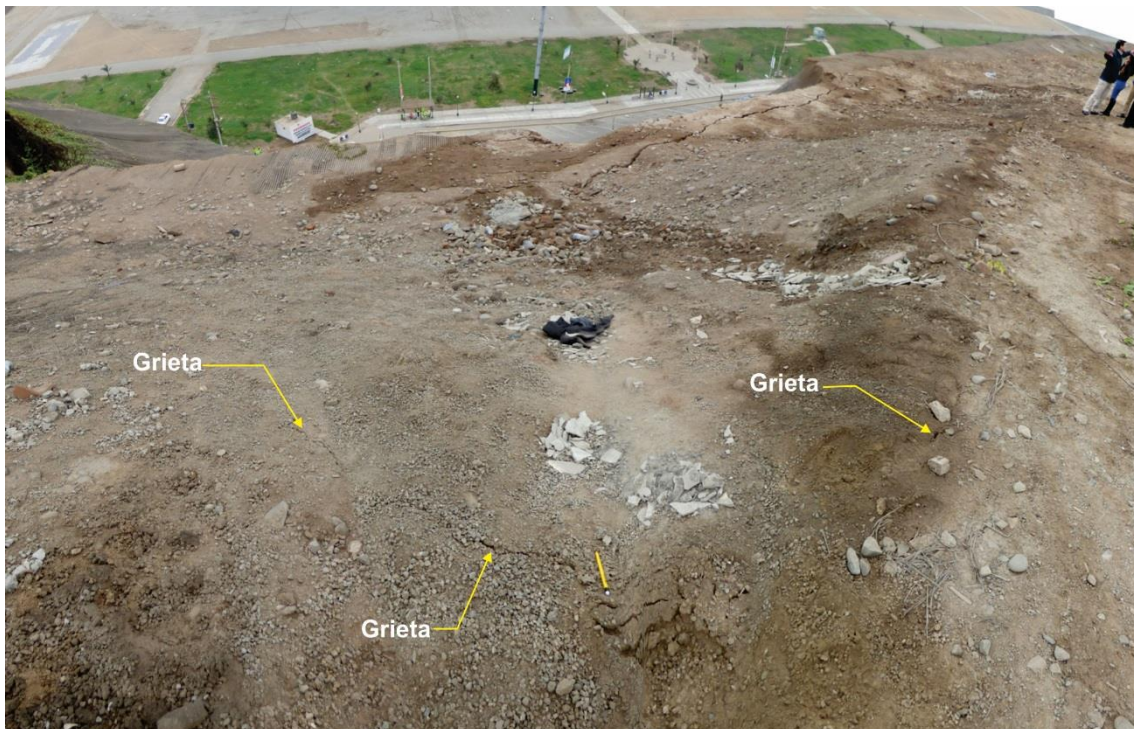


Figura 7.3 Vista con dirección al oeste de la parte superior del acantilado (malecón Castanogla) donde se ha señalado con flechas de color amarillo las grietas con abertura de pocos milímetros ubicadas por detrás del derrumbe del 08 de agosto del presente.

7.1 Causas

Factores de sitio:

- Configuración geomorfológica del área, manifestada en la presencia de un acantilado que alcanza los 45 m de altura (ubicación de la zona de arranque del derrumbe) (figura 7.4).
- Pendiente promedio de los acantilados que puede llegar a la vertical en la base y zona media del acantilado (80°), bajando hasta un promedio de 35° en la parte superior del acantilado (figura 7.4).
- Características de los suelos del área, conformada por depósitos aluviales (niveles de grava subredondeada en matriz limo-arenosa, no plástico, masivo, semicompacto, seco, de permeabilidad media a alta; se intercalan horizontes lenticulares de arena y limo-arcilla, secos e incompetentes) (Guzman, et al., 1997) (figura 7.4).
- Cobertura vegetal ausente en la zona.

Del entorno geográfico

- Dinámica eólica que tiene efectos de erosión en el frente del acantilado.
- Dinámica marina, que causó la erosión de la costa y la formación del acantilado.

Factores antrópicos

- Presencia de material de relleno antropógeno, conformado por desmonte de construcción de viviendas, así como del mismo material aluvial que fue removido de otros sectores y fue acumulado en una hondonada que existía en esta zona del malecón Castanogla en los años 1950 (figuras 7.4 a la 7.6, fotografía 7.5).

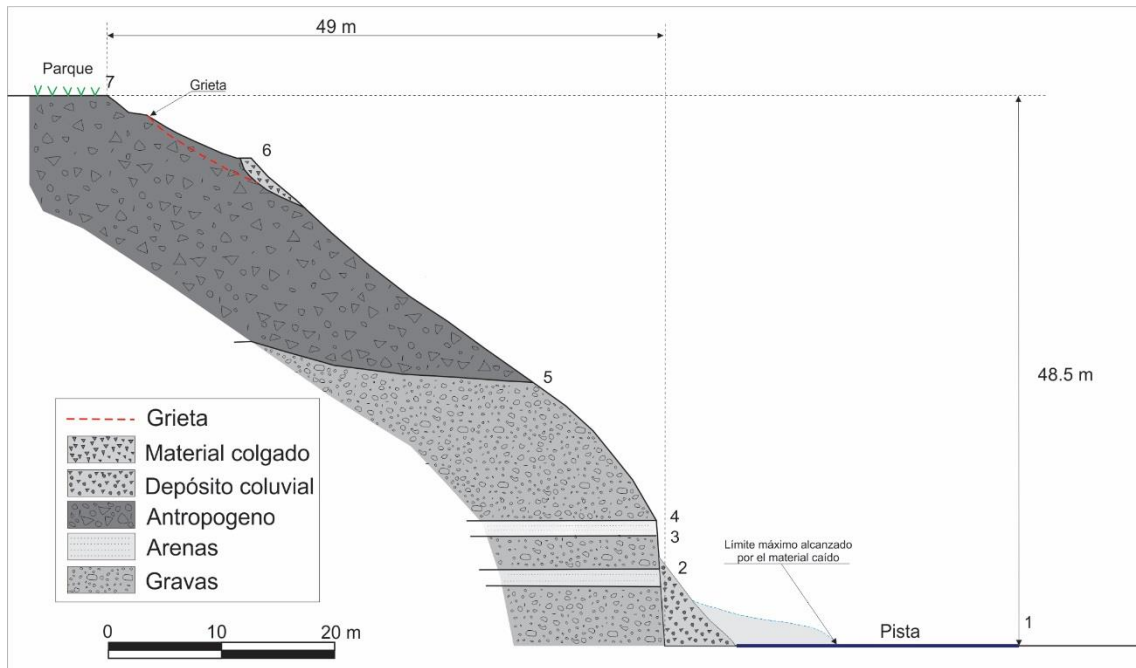


Figura 7.4: Perfil transversal de la zona de derrumbe donde se puede observar la altura del talud, su conformación geológica, la zona de arranque del derrumbe, el material caído y la presencia de grietas por detrás de la corona.

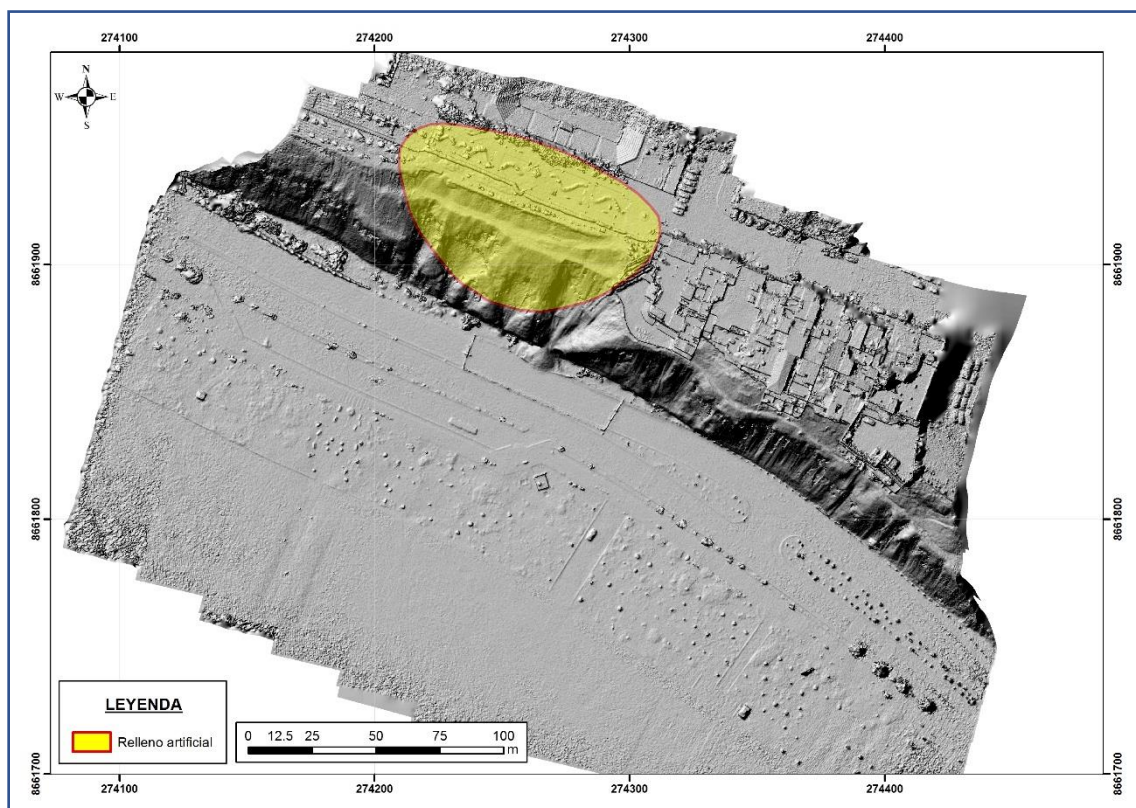


Figura 7.5: Imagen en donde se marca los límites aproximados del relleno artificial conformado por desmonte en el malecón Castagnola.



Figura 7.6: Imágenes antiguas donde es posible observar la secuencia de relleno de la hondonada que existía en el acantilado de la Costa Verde, sector malecón Castagnola. (Fuente: Archivos de Arquitecto Raúl Goyzueta – Historia Urbana de Magdalena del Mar).



Fotografía 7.5: Imagen en la que se puede ver el depósito del derrumbe, conformado por material fino (limo y arena), bloques de concreto y ladrillos de construcción, así como restos de plantas (Fuente: Andina).

- Mal sistema de riego; manifestado en el excesivo riego de las zonas verdes del malecón Castagnola; se evidenció la humedad existente en el terreno; la formación de surcos en la parte superior del talud que arrastra material fino (limo-arcilloso) y lo acumula en la terraza existente en el acantilado (zona de arranque del derrumbe) (fotografías 7.6 y figura 7.8), así mismo se evidencio huellas de escorrentía de agua dirigida hacia la zona derrumbada (fotografía 7.7).
- La presencia de humedad en los suelos pudo ser observado en el perfil del suelo antropógeno ubicado en la parte superior del acantilado y en la zona de arranque del derrumbe. Los suelos húmedos incrementan su peso; además el agua aumenta la presión de poros, reduce la resistencia al esfuerzo cortante y la estabilidad lo que favorece la generación de derrumbes (fotografía 7.8).



Fotografía 7.6: Vista en la que se puede ver los surcos formados en la parte superior del acantilado entallados por la escorrentía de agua de riego.



Figura 7.7: Imagen en la que se marcó con flechas de color amarillo los surcos de erosión y en con líneas rojas el depósito de material fino (arcilla y limo) producto de la erosión en surcos acumulado en la terraza superior del acantilado.



Fotografía 7.7: Ortofoto donde se puede ver las huellas de la escorrentía de agua con dirección hacia la zona derrumbada.



Fotografía 7.8: Vista del perfil del suelo en la parte superior del acantilado conformado por suelo fino areno-limoso, restos de ladrillo y concreto, así como de cantos del depósito aluvial removido de otros sectores y acumulado en esta zona; la coloración marrón del suelo es evidencia de la humedad.

7.2 Daños

No se produjeron daños directos a personas en la parte superior del acantilado; ni a personas, vehículos y sus ocupantes que circulan por la vía Circuito de Playas localizado en la parte baja del acantilado; pero si el material colapsado obstruyó totalmente el paso de vehículos y en la actualidad el tramo permanece cerrado.

8. CONDICIONES ACTUALES DEL SITIO

En la actualidad, las características del terreno (intrínsecas) que favorecieron la ocurrencia del derrumbe continúan; por lo que se debe tener presente que con un evento sísmico pueden producirse nuevos derrumbes. La generación de nuevos eventos puede traer como consecuencia nuevos bloqueos de la vía Circuito de Playas de la Costa Verde, esto dependerá del volumen de material que este comprometido en los derrumbes. Estas apreciaciones se sustentan en las siguientes condiciones encontradas en la zona evaluada:

- Se tiene una pendiente del acantilado con una inclinación de subvertical en la parte baja y media del mismo, que alcanza los 80°, esta se reduce a un promedio de 35° de inclinación en la parte superior del acantilado).
- La morfología de la zona que conforma un acantilado.
- Características de los suelos comprometidos en el derrumbe, conformados por un depósito antropogénico (arenas, limos, gravas; restos de material de construcción como bloques de cemento y ladrillo, restos de vegetación).
- Zona de arranque del derrumbe activo, con grietas abiertas ubicadas por detrás, el cual puede seguir progresando de forma retrogresiva y ensanchándose.

9. CONCLUSIONES

1. La zona evaluada (malecón Castanogla) tiene una susceptibilidad muy alta por movimientos en masa, determinada en el estudio “Peligros geológicos en el área de Lima Metropolitana y la Región Callao” que elaboró INGEMMET el año 2015.
2. El estudio “Peligros geológicos en el área de Lima Metropolitana y la Región Callao” identificó 107 zonas críticas en el ámbito de su estudio, de las cuales la zona crítica N° 95 corresponde a los acantilados de la Costa Verde (distritos de Magdalena del Mar, Barranco, Miraflores, San Isidro, Chorrillos y San Miguel).
3. El evento ocurrido en el malecón Castanogla corresponde a un peligro geológico por movimientos en masa de tipo derrumbe.
4. El derrumbe producido el día 08 de agosto del presente en el malecón Castagnola, se desarrolló sobre un depósito antropógeno ubicado en parte superior del acantilado de la Costa Verde; tiene una zona de arranque de 10 m de longitud, ubicado a unos 45 m de altura de la pista que pasa por la parte baja del acantilado.
5. El derrumbe produjo la caída de aproximadamente 225 m³ de material del relleno artificial; además se observó la presencia de un bloque colgado de suelo de 27 m² aproximadamente, inestable, que está limitado por la presencia de fracturas abierta localizadas por detrás de la zona de arranque del derrumbe principal.
6. El derrumbe en el malecón Castagnola tuvo las siguientes condicionantes:
 - Configuración geomorfológica del área (acantilado)
 - Pendiente del acantilado que en la base alcanza los 80° y en la parte superior en promedio tiene 35°.
 - Cobertura vegetal ausente en la zona.
 - Presencia de material de relleno antropógeno, conformado por desmonte de construcción de viviendas, así como del mismo material aluvial que fue removido de otros sectores y fue acumulado en una hondonada que existía en esta zona del malecón Castanogla.
 - Mal sistema de riego; manifestado en el excesivo riego de las zonas verdes del malecón Castanogla, que humedecen los suelos, incrementa su peso, reducen la resistencia al esfuerzo cortante y la estabilidad lo que favorece la generación de derrumbes.
7. El material colapsado por el derrumbe del acantilado de la Costa Verde – sector malecón Castagnola obstruyó la vía Circuito de Playas de la Costa Verde, provocando el cierre temporal de la vía, que sigue cerrada en la actualidad.
8. Dado que las condiciones de inestabilidad continúan en el malecón Castagnola, como es la presencia de suelos antropógenos ubicados en la parte alta del acantilado de la Costa Verde, la presencia de grietas abiertas que delimitan un bloque de suelo colgado he inestable y la alta pendiente del acantilado, **se considera este sector como una zona crítica, de muy alto peligro a la ocurrencia de derrumbes, caída de rocas, incluso deslizamiento; por lo tanto en peligro inminente**, ante la ocurrencia de sismos o si se vuelven a presentar la condicionante antrópica (riego de jardines).

10. RECOMENDACIONES

1. Prohibir el paso de personas por la parte alta del acantilado, sector malecón Castanogla, ya que en la zona se encuentran agrietamientos abiertos por detrás del derrumbe, lo que indica que la zona se encuentra inestable y existe una alta posibilidad de que el bloque limitado por los agrietamientos caiga.
2. Realizar trabajos de banqueteados o construcción de terrazas en la zona correspondiente al depósito antrópico. Estos trabajos deben ser diseñados y dirigidos por un especialista en geotecnia.
3. Eliminar definitivamente el riego de parques y jardines en la parte alta del acantilado (malecón Castanogla).
4. Retirar o hacer caer el bloque colgado inestable ubicado por detrás de la zona de arranque del derrumbe; este es el bloque limitado por los agrietamientos abiertos presentes en esta zona; los trabajos deben ser planificados y dirigidos por especialistas en geotecnia.
5. Identificar y reparar tuberías de agua y desagüe que presenten problemas de rotura que generen fugas de agua que saturen los suelos.
6. No construir ningún tipo de infraestructura o edificación sobre el depósito antropógeno, ni mucho menos en el borde del acantilado que forma este depósito.
7. Reponer la geomalla en el tramo perdido por efectos del derrumbe ocurrido.
8. Reemplazar la protección existente en el borde de la vía Circuito de Playas de la Costa Verde (cerca al pie del acantilado) conformada por una malla sostenida por columnas de concreto, con un muro de contención de concreto que cubra la extensión del depósito antropógeno. El diseño, altura y longitud del muro debe de ser realizada por un especialista en geotecnia.
9. Finalmente, identificar a lo largo de todo el acantilado de la Costa Verde otros sectores que presenten similares condiciones, como es la presencia de rellenos antropógenos ubicados en el borde del acantilado que tengan jardines o parques que estén siendo efectos de regado, para que se hagan estudios geotécnicos que determinen su estabilidad.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Guzmán, A., Zavala., B. & Valenzuela, G. (1997). Estudio de seguridad física de los acantilados de la Costa Verde. Boletín. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, n. 18. Perú: INGEMMET. 97 p.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2006) Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja No. 4 Boletín. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, n. 29. Perú: INGEMMET. 383 p.
- León, W. & De la Cruz, O. (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Mala (26-j), Lurín (25-j) y Lima (25-I). Memoria descriptiva. Perú: INGEMMET. 18 p.
- Palacios, O., Caldas, J. & Vela, Ch. (1992). Geología de los cuadrángulos de Lurín, Chancay y Chosica. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, n° 43. Perú: INGEMMET. 163 p.
- Villacorta, S., Núñez, S., Vásquez, J., Pari, w., Ochoa, M., Benavente, E., Tatar, L., Luque, G., Rosado, M., Fídel, S. & Úbeda J. (2015). Peligros geológicos en el área de Lima Metropolitana y la Región Callao. Boletín. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, n. 99. Perú: INGEMMET. 151 p.