# VISITA TÉCNICA POR AMENAZA DE CAÍDA DE ROCAS EN SECTOR PUNTA DE LOBOS, PICHILEMU, REGIÓN DEL LIBERTADOR GENERAL BERNARDO O'HIGGINS

Francisco Ramírez N., Leonardo Espinoza C.

---

SERNAGEOMIN
Ministerio de Minería
Gobierno de Chile

**INFORME TÉCNICO**

**SUBDIRECCIÓN NACIONAL DE GEOLOGÍA**

**2022**

**VISITA TÉCNICA POR AMENAZA DE CAÍDA DE ROCAS EN SECTOR PUNTA DE LOBOS, PICHILEMU, REGIÓN DEL LIBERTADOR GENERAL BERNARDO O'HIGGINS**

**INFORME TÉCNICO, 2022**

© Servicio Nacional de Geología y Minería. Av. Santa María 0104, Casilla 10465, Santiago, Chile.
Director Nacional: Alfonso Domeyko L.
Subdirector Nacional de Geología: Alejandro Cecioni R.

Este informe se puede difundir o reproducir libremente, siempre y cuando se cite la fuente.

**Tipo de Informe Técnico**: Asistencia Técnica.
**Unidad Ejecutora**: Unidad de Asistencias Técnicas y Emergencias Geológicas.

**Revisado por**: Carolina Jara, Encargada de la Unidad de Asistencas Técnicas y Emergencias Geológicas.

**Referencia bibliográfica:**
Ramírez, F.; Espinoza, L. 2022. Visita técnica por amenaza de caída de rocas en sector Punta de Lobos, Pichilemu, Región del Libertador General Bernardo O'Higgins. Servicio Nacional de Geología y Minería, Informe Técnico (Inédito): 17 p. Santiago.

**Portada:** Vista al poniente desde los afloramientos rocosos de mirador en Punta de Lobos.
**Fotografía:** Leonardo Espinoza C.

Este Informe inédito está disponible en Biblioteca del Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago: http://www.biblioteca.sernageomin.cl

# VISITA TÉCNICA POR AMENAZA DE CAÍDA DE ROCAS EN SECTOR PUNTA DE LOBOS, PICHILEMU, REGIÓN DEL LIBERTADOR GENERAL BERNARDO O'HIGGINS

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente documento responde al requerimiento ingresado a la Oficina de Emergencias de Sernageomin vía correo electrónico el jueves 17 de marzo de 2022 por la dirección regional de ONEMI O'Higgins, a raíz del informe técnico levantado por Felipe Ochoa, Ingeniero Civil, el cual fue presentado a la Municipalidad de Pichilemu. En este se señala la ocurrencia de caída de bloques rocosos y la existencia de otros bloques capaces de desprenderse de los taludes presentes en el sector de Punta de Lobos, específicamente en los miradores ubicados a lo largo del acantilado costero perteneciente al Parque Punta de Lobos (Fig. 1), los cuales son altamente concurridos por turistas y deportistas durante todo el año. Por ello, se invitó a profesionales de Sernageomin a participar de una visita en terreno del sector en cuestión, realizada el lunes 18 de abril de 2022 a las 15:00, complementada por una segunda visita al día siguiente martes 19, con el objetivo de evaluar la situación y emitir el presente reporte con recomendaciones para las autoridades locales.

*Figura 1. Fotografías del mirador donde ocurrió caída de rocas, el 2 de febrero de 2022. Obtenidas del perfil de Instagram de la Fundación Punta de Lobos (@fundacionpuntadelobos)*

El Mirador Punta de Lobos, perteneciente al parque del mismo nombre, pertenece a la comuna de Pichilemu, y se ubica a 7.4 km del centro urbano (Fig. 2). El área se encuentra dominada por acantilados de 10 a 20 metros de altura, con orientación norte a noroeste, correspondiendo a la línea de costa. El parque se encuentra cercado con estacas y cuerdas de baja altura, con la intención de limitar de manera simbólica la circulación de los visitantes, (cerca de 600.000 personas por año), pero sin impedir completamente el paso, dado que se busca minimizar la intervención dentro de las zonas en recuperación de flora existentes en el parque.

Considerando la facilidad de acceso al sector, las vías existentes en y entre los miradores son altamente transitadas por turistas durante todo el año, además de fotógrafos y deportistas que practican el surf, pudiendo ser afectados de manera directa en caso de generarse un fenómeno de caída de rocas.

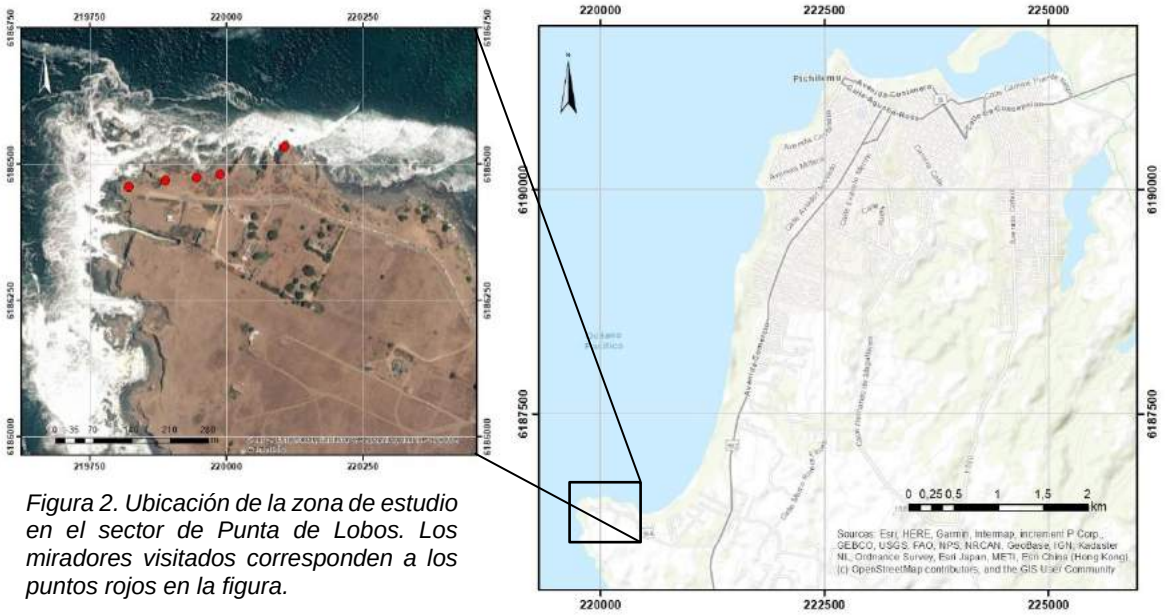



*Figura 2. Ubicación de la zona de estudio en el sector de Punta de Lobos. Los miradores visitados corresponden a los puntos rojos en la figura.*

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 Geología

Según el Mapa Geológico de Chile, escala 1:1.000.000 (Sernageomin, 2002), las unidades presentes en el sitio de interés y su entorno (Fig. 3) corresponden a las siguientes:

**Secuencias Sedimentarias**

**Q1**
**Pleistoceno-Holoceno**
Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvioglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados. En la Depresión Central, regiones Metropolitana a IX: abanicos mixtos de depósitos aluviales y fluvioglaciales con intercalación de depósitos volcanoclásticos.

**PPl1c**
**Plioceno-Pleistoceno**
Conglomerados, areniscas, limolitas y arcillolitas, generalmente consolidados, de facies principalmente aluviales, subordinadamente lacustres y eólicas. En las regiones I a III forman abanicos aluviales inactivos mientras en Chile central (Estratos de Potrero Alto) son niveles aterrazados adosados al sustrato de la zona costera.

**MP1m**
**Mioceno Superior-Plioceno**
Secuencias sedimentarias marinas transgresivas: areniscas, limolitas, coquinas, conglomerados, calizas y fangolitas. En la costa, regiones II a VIII: formaciones La Portada, Bahía Inglesa, Coquimbo, Navidad y Tubul.

**Secuencias volcánicas**

**Pl3t**
**Pleistoceno**
Depósitos piroclásticos principalmente riolíticos, asociados a calderas de colapso. En la Depresión Central y valles de la Cordillera Principal, regiones V a VII: Ignimbrita Pudahuel y Toba Loma Seca.

**Rocas intrusivas**

**TrJg**
**Triásico-Jurásico (212-180 Ma)**
Granodioritas, monzogranitos, monzodioritas, dioritas y gabros de piroxeno y hornblenda; sienogranitos. En Cordillera de la Costa, regiones III a V.

**CPg**
**Carbonífero-Pérmico (328-235 Ma)**
Granitos, granodioritas, tonalitas y dioritas, de hornblenda y biotita, localmente de muscovita. En la Precordillera y Cordillera Principal, regiones I a IV: Batolitos compuestos, ‘stocks’ y cuerpos hipabisales (Sierra Moreno, Cordillera de Domeyko, Batolito Elqui-Limarí); en la Cordillera Principal, regiones X y XI: Batolito Panguipulli-Riñihue y ‘Stock’ Leones.

**Rocas Metamórficas**

**Pz4a**
**Silúrico?-Carbonífero**
Esquistos muscovíticos y metabasitas, metachert y serpentinitas con metamorfismo de alto gradiente P/T (Serie Occidental) y metamorfismo del Carbonífero temprano. En la Cordillera de la Costa, regiones VI a IX.

**Pz4b**
**Silúrico?-Carbonífero**
Pizarras, filitas y metaareniscas con metamorfismo de bajo gradiente P/T (Serie Oriental) del Carbonífero temprano. En la Cordillera de la Costa, regiones VI a IX.

A nivel local, destaca la presencia de esquistos finos a gruesos de color verde, constituidos principalmente por clorita y biotita, con vetas de cuarzo paralelas y perpendiculares a la foliación presente. Los esquistos se encuentran moderadamente meteorizados, deformados y fracturados, siendo correlacionables con la unidad Pz4a. En el sector un sill o filón manto de diorita está emplazado paralelamente a la foliación de los esquistos, con una potencia cercana a 10 metros, exhibiendo en las partes mejor expuestas bolones de diorita con una intensa meteorización esferoidal. Este cuerpo intrusivo podría corresponder a la unidad CPg.

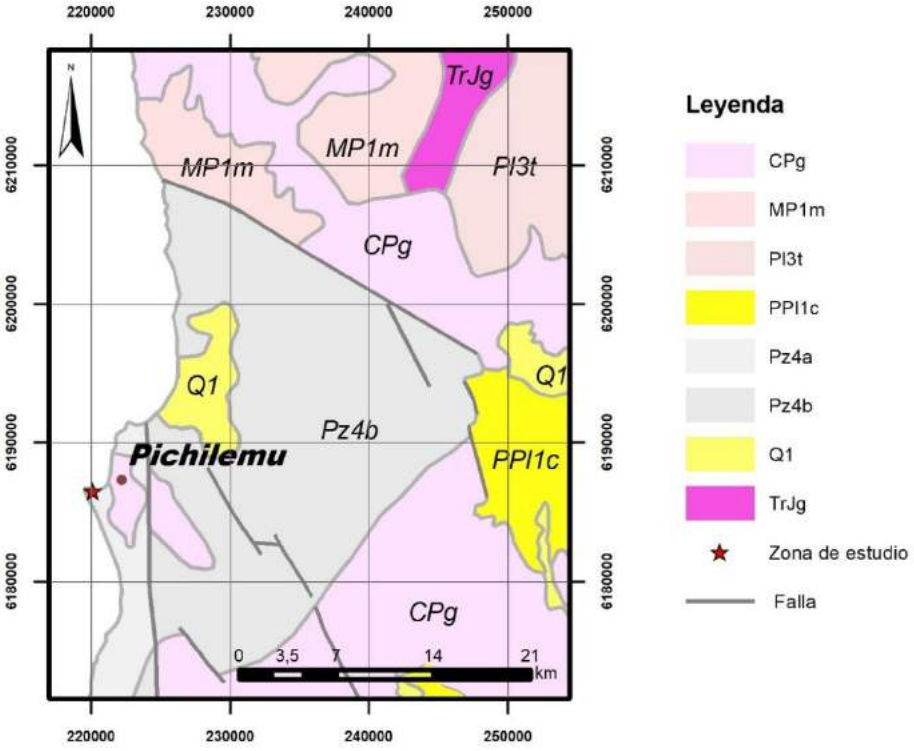



*Figura 3. Extracto del mapa geológico de Chile 1:1.000.000 (Sernageomin, 2002) y su leyenda. Se indica con una estrella la zona de estudio*

## 2.2 Aspectos geomorfológicos

El área de estudio en la localidad de Punta de Lobos corresponde a una terraza de abrasión marina, la cual se eleva a 50 m s.n.m. Predomina la presencia de acantilados activos correspondientes a la línea de costa y roqueríos en su base, y sectores de playas entre ellos (Fig. 4).

A partir de un modelo de elevación digital (ALOS PALSAR, res. 12,5 m) se obtuvo topografía y pendientes. Se observa que los acantilados presentan pendientes de 60° a 75°, mientras que las playas entre estos poseen pendientes menos pronunciadas, de aproximadamente 30° (Fig. 5).

Debido a las características de las rocas del sector, principalmente esquistos y a su forma de meteorización a lo largo de los planos de foliación, se han generado naturalmente sectores con bajas pedientes (<15°) y anchos menores a 50 centímetros, que son utilizados como pasillos por donde transitan los visitantes del sector.

*Figura 4. Izquierda: Vista hacia el oeste desde sector del requerimiento. Se aprecian tres acantilados, con la presencia de playa entre estos y roqueríos en su base.*

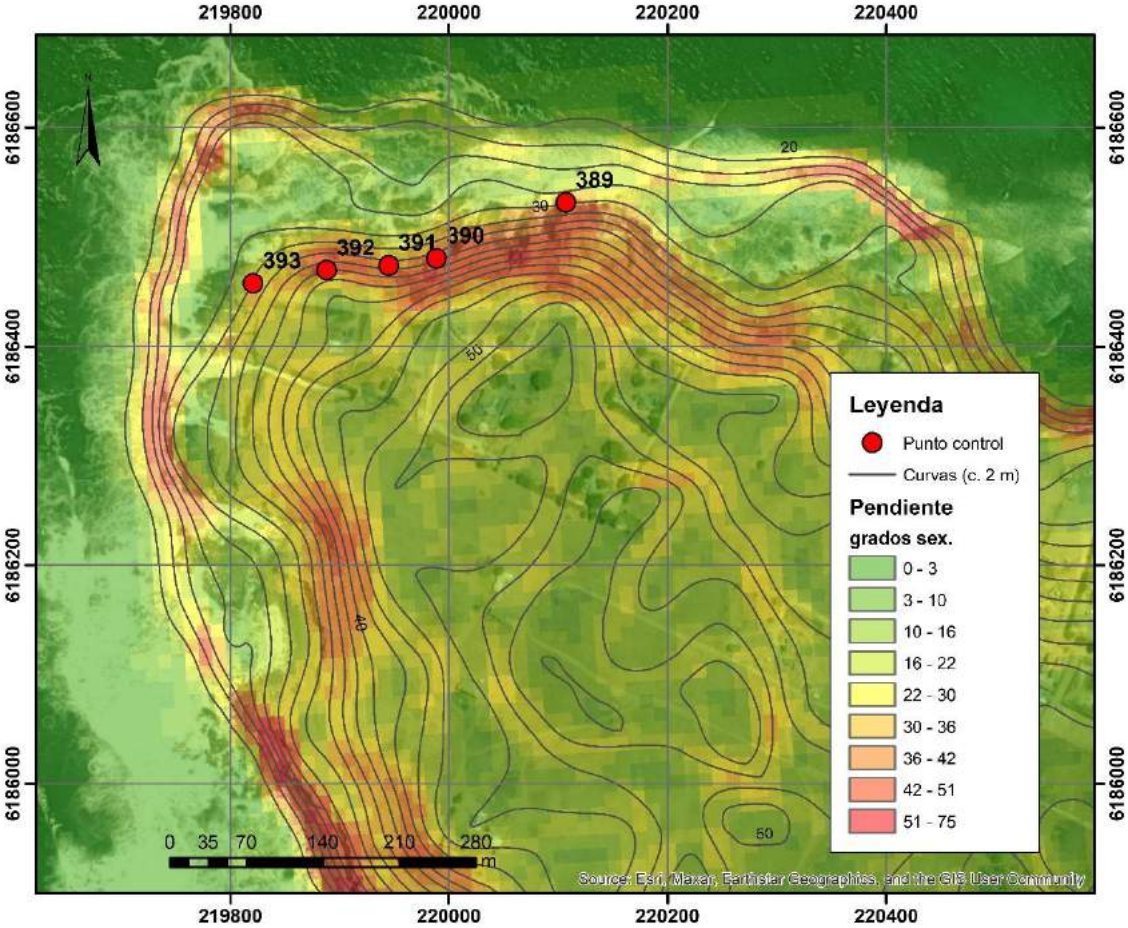



*Figura 5. Topografía y pendientes de sector Punta de Lobos. Con circunferencias rojas se indican los puntos de control realizados en terreno. Elaborado a partir de DEM ALOS PALSAR de 12,5 m de resolución.*

### 2.3 Antecedentes de remoción en masa

Sernageomin no cuenta con antecedentes de caída de rocas para el sitio de interés. Suponiendo la posibilidad de ocurrencia de un fenómeno de este tipo durante el sismo de febrero de 2010, se compararon imágenes satelitales de *Google Earth* anteriores y posteriores. Producto de que, por su resolución, no se aprecian detalles a nivel decimétrico, no se identificaron cambios importantes en el sector.

## 3. OBSERVACIONES DE TERRENO

Como se indicó anteriormente, la visita en terreno se realizó el 18 de abril. A las 14:00 los profesionales Josefina López (Oficina de Emergencias) y los autores se encontraron con el alcalde de Pichilemu, Cristian Pozo, junto a miembros de la Armada, en las dependencias de la Municipalidad. Luego de ser presentados los antecedentes por parte de las autoridades, la comitiva se dirigió hacia el sur, al sector de Punta de Lobos, en donde esta fue recibida por Patricio Mekis, administrador del Parque homónimo.

Acompañados por el Sr. Mekis, se visitaron 5 puntos de control (Figura 6), siendo el primero el mirador donde ocurrió el desprendimiento de bloques rocosos, el cual se encontraba parcialmente clausurado por iniciativa de la administración del parque. Se observan las condiciones en las cuales se encuentran los *pasillos* por donde transitan los peatones, de ancho variable entre 20 y 70 centímetros (Fig. 7, izquierda). El afloramiento rocoso de 20 metros de altura y de 7 metros desde el *pasillo* de tránsito, se encuentra constituído únicamente por esquistos de color verde, fisibles y medianamente meterorizados; con foliación principal de orientación aproximada N60°E/10°SE, el cual posee una pendiente promedio cercana a los 75°. Se identifica una gran cantidad de diaclasas subverticales, además de la presencia de algunas vetas y vetillas de cuarzo, tanto subverticales como paralelas a la foliación. Con respecto al material liberado durante el desprendimiento por el cual fue realizada esta asistencia técnica, predominan los tamaños de bloque de máximo 20 centímetros de diámetro, con moda de 10-15 centímetros, los cuales suman un volumen aproximado de $1m^3$ (Fig. 7, derecha). En la parte superior del talud donde se generó el desprendimiento, se aprecian caras planas bien definidas, además de sectores donde existe agrietamiento y separaciones centimétricas de los bloques con respecto al talud.

Posteriormente, hacia el oeste y en un segundo mirador sobre la terraza marina, se observa un cambio litológico, por la presencia de bolones de diorita, los cuales son generados por una intensa meteorización esferoidal de un filón manto existente en el sector. Los bolones tienen tamaños variables, desde 10 centímetros y llegando hasta 2 metros de diámetro, con moda de 30-50 centímetros. Existe gran desarrollo de suelo arcilloso de coloración anaranjada a marrón producto de la mencionada meteorización. Debido a que el sector es bastante transitado, tanto por turistas como por deportistas, el suelo presente es constantemente removido y socavado, exponiendo los diversos bolones antes indicados. En particular, el de mayor tamaño aparente, el cual es utilizado por turistas para la toma de fotografías, se encuentra parcialmente liberado y con posibilidad de desprenderse y caer por la ladera (Fig. 8, derecha). Desde este lugar, se descendió a una playa ubicada entre dos acantilados, la cual posee una pendiente menor a 30° y una extensión aproximada de 40 metros. Aquí se realizaron dos nuevos puntos de control, correspondientes a los taludes que delimitaban dicha playa, siendo caracterizados geotécnicamente. Las pendientes de estos varían de 70° a 80°, donde se aprecian numerosas diaclasas que fragmentan el macizo en bloques de diámetros centimétricos a métricos, y presencia de fracturas abiertas que liberan parcialmente algunos de estos. La roca observada en este sector se

corresponde con la del primer punto de control (Fig. 9), aunque las vetas de cuarzo prácticamente están ausentes. Dicha roca subyace al afloramiento de bolones de diorita observado en la parte superior del mirador (Fig. 8, izquierda).

*Figura 6. Puntos de control realizados en sector Punta de Lobos. La estrella señala el lugar de la caída de bloques revisada*

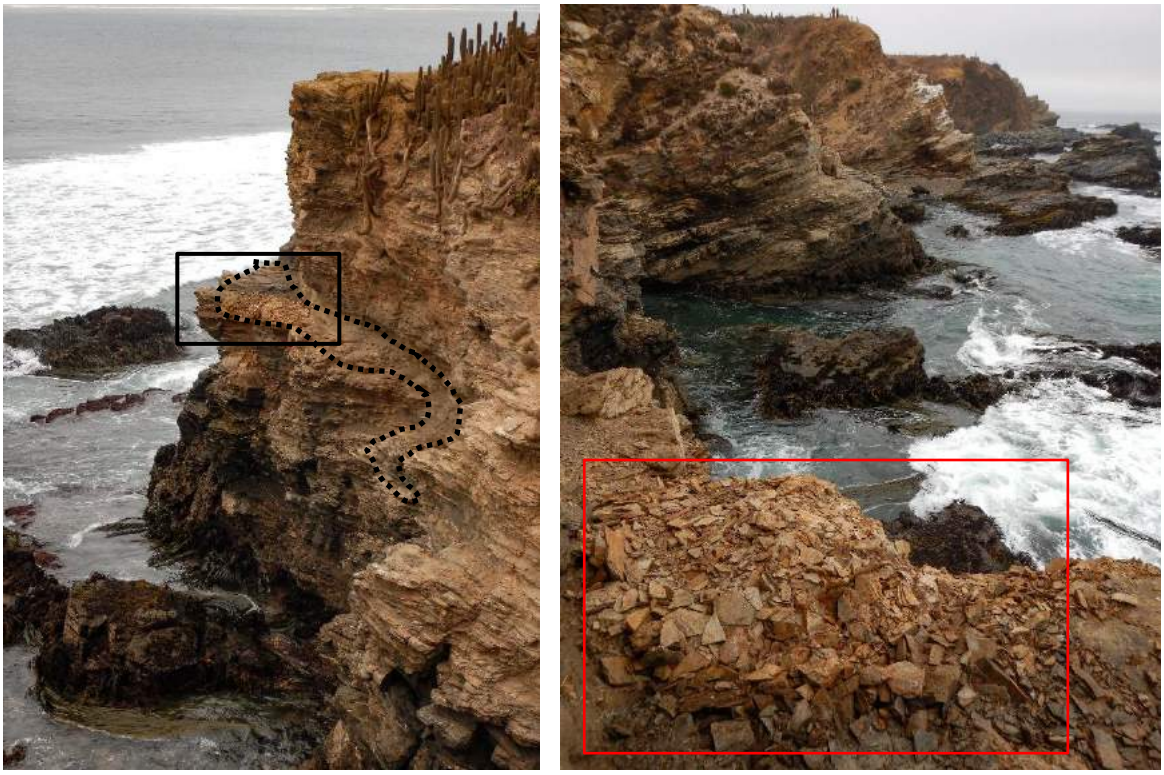


*Figura 7. Sector de caída de rocas en talud (punto 389). A la izquierda, visto desde un mirador al oeste del estudiado, se aprecia el sector afectado: el polígono en líneas punteadas muestra uno de los pasillos utilizados por los visitantes, mientras que el rectángulo encierra el material caído. A la derecha puede verse un detalle del material, que fue capturado desde el punto exacto de ocurrencia (rectángulo rojo).*

En el cuarto punto de control, siguiendo la línea de costa hacia el poniente, se continuan apreciando en la parte superior del mirador, bolones de diorita con meteorización esferoidal y de diversos tamaños. Sin embargo, hacia el oeste se puede apreciar una pared con el cuerpo intrusivo mayormente íntegro, diferenciándose su geometría tabular e intrusión entre los esquistos presentes en el área (Fig. 10).

La visita concluyó en el quinto punto de control, donde se accedió a un mirador escalonado, constituido íntegramente por los mismos esquistos observados en los otros sectores visitados. Si bien existen diaclasas presentes con orientaciones similares a las medidas en los anteriores puntos de control, en este sector la pendiente del terreno (30°-40°) no genera aparentemente desprendimiento de bloques importante (Fig. 11).

*Figura 8. Izquierda: Vista de mirador sobre punto de control 390. Se aprecia el contacto entre esquistos y filón manto de diorita (en rojo). Derecha: Bolón de diorita de 2 metros de diámetro aproximados, con evidente socavamiento y potencialmente inestable.*

*Figura 9. Puntos de control 390 (izquierda) y 391 (derecha). Se aprecia presencia de esquistos con numerosas diaclasas. Entre ambos taludes se encuentra una playa con pendiente menor a 30°*

*Figura 10. Izquierda: Vista de uno de los acantilados hacia el oeste del punto 392, en donde aflora el filón manto de diorita entre capas de esquistos (limitado por las líneas rojas), apreciándose en la base una de las playas y en la parte superior los bolones de diorita con meteorización esferoidal (contorneados en anaranjado). Derecha: Detalle de bolones con meteorización esferoidal.*

*Figura 11. Izquierda: Acceso a punto de control 393, donde se aprecia la barrera dispuesta en el sector para limitar el paso de los visitantes. Derecha: Vista hacia el oeste, donde se puede apreciar el escalonamiento del sector y la baja pendiente.*

3.1 Análisis cinemático de estabilidad de los taludes

En el área se observa un conjunto de diaclasas que fragmentan el macizo rocoso en numerosos bloques, de tamaño centimétrico a métrico. El talud se aprecia ligeramente inestable, con grietas abiertas de donde podría liberarse material (Fig. 12). Según los sistemas de clasificación de macizos rocoso de RMR (Bieniawski, 1989) y GSI (Hoek, 1994), se obtienen valores de calidad regular en ambos casos (46 y 40-50, respectivamente), sugiriendo un macizo medianamente inestable. Considerando las estructuras medidas en el sector, se determina la presencia de dos sets estructurales principales con orientaciones N85W/80N y N40E/80NW (Fig. 13). Teniendo en cuenta la orientación del talud existente, se realizó una evaluación de estabilidad cinemática mediante el software *Dips*, principalmente por deslizamiento en cuña, determinándose que existe cerca de un 33% de probabilidades de falla, según las estructuras medidas (Fig. 13)

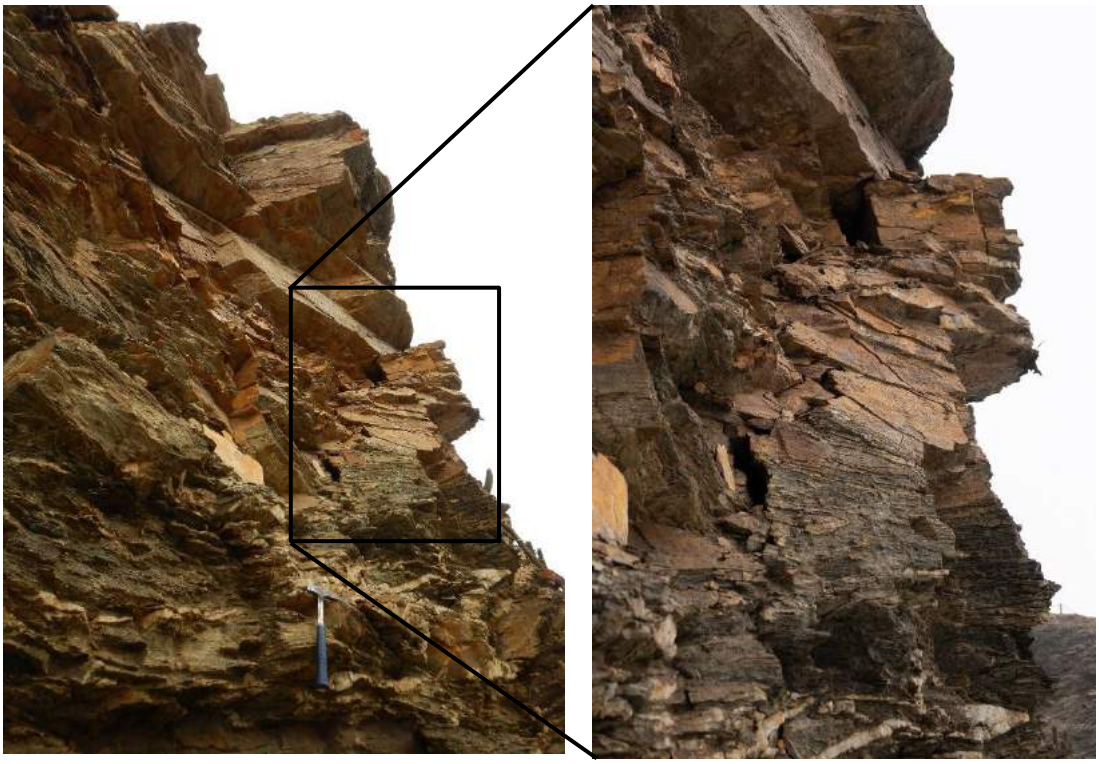
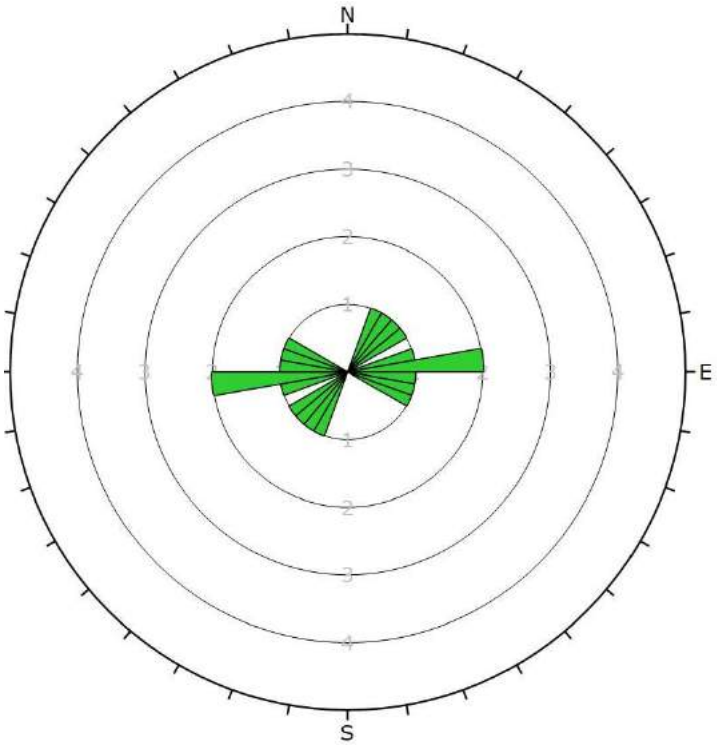
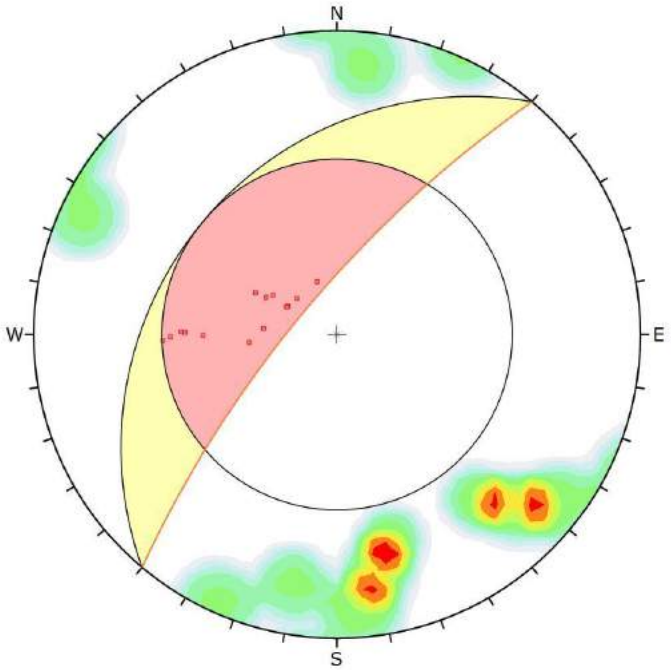


*Figura 12. Vista del talud desde la base del mirador afectado por caída de rocas. A la derecha un detalle de los bloques que se aprecian inestables en el sector, separados por una grieta de al menos un decímetro de ancho.*

El análisis de estabilidad por deslizamiento en cuña en el segundo y tercer punto de control arrojaron resultados similares. Las características del macizo rocoso en estos sectores es parecida al primer punto, observándose igualmente separación entre los bloques generados por las estructuras presentes (Fig. 14).




| | |
|---|---|
| Plot Mode | Rosette |
| Plot Data | Apparent Strike |
| Face Normal Trend | 0.0 |
| Face Normal Plunge | 90.0 |
| Bin Size | 10° |
| Outer Circle | 5 planes per arc |
| Planes Plotted | 10 |
| Minimum Angle To Plot | 45.0° |
| Maximum Angle To Plot | 90.0° |




| Symbol | Feature |
|---|---|
| ■ | Critical Intersection |

| Color | Density Concentrations |
|---|---|
| | 0.00 - 1.90 |
| | 1.90 - 3.80 |
| | 3.80 - 5.70 |
| | 5.70 - 7.60 |
| | 7.60 - 9.50 |
| | 9.50 - 11.40 |
| | 11.40 - 13.30 |
| | 13.30 - 15.20 |
| | 15.20 - 17.10 |
| | 17.10 - 19.00 |

| | |
|---|---|
| Contour Data | Pole Vectors |
| Maximum Density | 18.55% |
| Contour Distribution | Fisher |
| Counting Circle Size | 1.0% |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Kinematic Analysis | Wedge Sliding | | |
| Slope Dip | 75 | | |
| Slope Dip Direction | 310 | | |
| Friction Angle | 30° | | |
| | Critical | Total | % |
| Wedge Sliding | 15 | 45 | 33.33% |

| | |
|---|---|
| Plot Mode | Pole Vectors |
| Vector Count | 10 (10 Entries) |
| Intersection Mode | Grid Data Planes |
| Intersections Count | 45 |
| Hemisphere | Lower |
| Projection | Equal Angle |

*Figura 13. Arriba: Diagrama de roseta con la frecuencia de estructuras. Abajo: Análisis cinemático por deslizamiento en cuña; el área roja indica todas las intersecciones de estructuras (puntos rojos) que podrían generar caída de bloques. Se sobrepone en el diagrama la concentración de polos de las estructuras.*

*Figura 14. Fracturas presentes en los taludes de los puntos de control 2 (izquierda) y 3 (derecha).*

## 4. CONCLUSIONES

a. El Parque Punta de Lobos cuenta con una serie de al menos 4 miradores, ubicados sobre la terraza de abrasión marina sobre los 50 m s.n.m., consistentes en acantilados pertenecientes a la línea de costa.
b. El punto de principal interés donde ocurrió la caída de bloques presenta un afloramiento de esquistos micáceos de 20 metros de altura, con un talud de cerca de 7 metros desde el *pasillo* de observación, con pendiente cercana a los 75° y se encuentra intensamente fracturado por diaclasas, principalmente verticales. El plano principal de foliación de los esquistos es N60°E/10°SE.
c. Según el análisis cinemático efectuado, existe una probabilidad cercana al 33% de que se desprenda y caiga algún bloque desde el talud. Lo anterior, sumado a la presencia de bloques en el pie de la ladera, bajo el alforamiento, que evidencia que el fenómeno de caída de rocas ha ocurrido anteriormente, corrobora la existencia de peligro por este tipo de remoción en masa.
d. Existen bloques de más de 1 m de diámetro apoyados parcialmente sobre el talud, pero con evidencia de separación, que podrían caer ante un sismo importante. Esto no solo se aprecia en el principal punto de interés, sino que también en otros sectores donde afloran los esquistos micáceos, correspondiente a los otros miradores del parque.
e. Existe una cantidad considerable de bolones de diorita insertos en una matriz arcillosa, en al menos dos de los miradores visitados, resultantes de la meteorización esferoidal de un cuerpo intrusivo tipo filón manto. Debido a la gran circulación de visitantes, el material fino de la matriz se ha ido removiendo, soltando los bloques, que podrían desplazarse y eventualmente caer por la ladera, lo cual se podría traducir en fenómenos de caída de rocas.

## 5. RECOMENDACIONES

Se recomienda que la Municipalidad pueda realizar las siguientes medidas:

- Limitar, restringir o prohibir la circulación de personas hacia los sectores revisados, mediante la implementación de vallas o similar, como lo realizado en el punto de interés principal (Fig. 15) Además, incluir señalética que indique claramente el peligro existente.
- Educar y difundir información relacionada con los peligros geológicos identificados, propios de los acantilados, a la población local y visitantes del sector.
- En lo posible, implementar alguna medida de mitigación en cada uno de los puntos de interés visitados, donde se ha observado la posibilidad de caída de bloques, como una valla metálica de contención o desquinche de los bloques sueltos.
- Monitorear el estado de los afloramientos tras eventos sísmicos relevantes para identificar desplazamientos.

*Figura 15. Medidas de mitigación aplicadas en el punto de interés principal, para limitar la circulación de visitantes.*