

ANEXO 1
Estudio de Riesgo Modificación Parcial al Plan Regulador de Viña del Mar
Área de riesgo Sector Reñaca Norte - Costa

SEPTIEMBRE 2025

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	2
2. OBJETIVOS	3
3. ANTECEDENTES GENERALES	3
4. METODOLOGÍA	5
4.1. Antecedentes técnicos relacionados al riesgo de remoción en masa	6
4.2. De la definición del área de riesgo para la zona en estudio.	9
4.3. Antecedentes metodológicos utilizados en el estudio fundado de riesgos PREMVAL.	15
4.4. Antecedentes complementarios a contrastar respecto al área de riesgo propuesta.	16
4.5. Proceso de elaboración de la precisión del área de riesgo para la modificación del plan regulador sector Reñaca- Costa	22
5. RESULTADOS	27
5.1. Área de Riesgo AR-NPP.	27
6. BIBLIOGRAFÍA	28

1. INTRODUCCIÓN

En el contexto del proceso de modificación parcial del Instrumento de Planificación Comunal denominado “Modificación al PRC sector “Reñaca Norte-Costa” de Viña del Mar, el presente informe se elabora con el objetivo primordial de proporcionar una fundamentación detallada y exhaustiva para la determinación precisa del Área de Riesgo dentro del sector de estudio. Asimismo, busca definir con claridad los límites geográficos de dicha área, a través de una meticulosa precisión del área de riesgo ya establecida en el Instrumento Regulador Metropolitano de Valparaíso (PREMVAL). Para alcanzar este objetivo, se lleva a cabo una revisión sistemática de todos los antecedentes relevantes disponibles, incluyendo la información proporcionada por diversos organismos públicos del estado con competencia en la materia. Adicionalmente, se consideran los estudios técnicos actualizados que han sido desarrollados en el marco del actual proceso de actualización integral del Plan Regulador Comunal de Viña del Mar (PRC).

La metodología propuesta en este informe se basa en la necesidad de refinar y delimitar con mayor exactitud el Área denominada AR NP 1, tal como se encuentra definida en el Plan Regulador Metropolitano de Valparaíso. A partir de este análisis detallado, se propone la definición de un nuevo polígono, denominado AR NPP, que corresponde al Área de Riesgo Natural por Pendiente Precisada. Es fundamental destacar que esta nueva área de riesgo precisada (AR NPP) se encuentra íntegramente dentro de los límites geográficos del área de estudio que ha sido propuesta para la presente Modificación parcial del Plan Regulador Comunal, específicamente en el sector de Reñaca Norte-Costa. La precisión de esta área de riesgo es crucial para la adecuada planificación y gestión del territorio, permitiendo la implementación de medidas preventivas y de mitigación de riesgos más efectivas y focalizadas en la zona de estudio.

2. OBJETIVOS

Determinar y precisar el Área de Riesgo de la actual Modificación Parcial al Campo Dunar, respecto a la normativa urbanística definida por el artículo 2.1.17 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. respecto del riesgo relativo al peligro de remoción en masa, considerando las características significativas del sistema ecológico y natural.

3. ANTECEDENTES GENERALES

Los estudios y antecedentes considerados para la modificación parcial del Plan Regulador de Viña del Mar se fundamentan, en primer lugar, en la revisión de la normativa vigente en materia de instrumentos de planificación territorial, abarcando tanto la escala comunal como la metropolitana. Esta revisión normativa proporciona el marco legal y las directrices de ordenamiento territorial que deben ser consideradas en cualquier modificación al Plan Regulador Comunal.

En segundo lugar, se otorga una relevancia significativa al contexto específico que impulsó esta modificación parcial: los eventos de socavones que afectaron al sector del Campo Dunar. Estos incidentes no sólo generaron daños materiales considerables, sino que también establecieron un precedente crítico en cuanto al riesgo potencial que existe en esta zona. La ocurrencia de estos socavones puso de manifiesto la vulnerabilidad del área ante ciertos fenómenos geológicos y la necesidad de una evaluación más profunda de los riesgos asociados.

En este sentido, el informe del Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN) titulado “Peligro de Remociones en Masa e Inundaciones de las ciudades de Valparaíso, Viña del Mar y Concón, Región De Valparaíso” se constituye como un documento fundamental. Este estudio identifica, en una primera instancia, las áreas que presentan susceptibilidad a la generación de remociones en masa, y la zona en estudio para la modificación parcial del plan regulador, que es precisamente, una de las que se identifica con un mayor nivel de peligro. Las conclusiones de este informe inicial resaltan la necesidad de una gestión territorial que considere activamente la amenaza de remociones en masa.

Posteriormente a la publicación de este informe de SERNAGEOMIN y a raíz de los eventos de socavones, se generaron una serie de informes adicionales que profundizan en el análisis de los riesgos en la zona afectada. Sin embargo, desde la perspectiva del análisis empleado en el contexto de la modificación del plan regulador, se considera indispensable contar con un análisis aún más detallado y con mayor precisión respecto a la delimitación de las áreas que son susceptibles a este tipo de riesgos geológicos.

Esta necesidad surge de la importancia de contar con información espacial precisa para la toma de decisiones en materia de planificación y gestión del territorio, permitiendo así la implementación de medidas preventivas y de mitigación adecuadas.

Es precisamente en el marco de la actualización integral del Plan Regulador Comunal donde se formaliza la solicitud de la realización de un estudio de riesgos exhaustivo que abarque toda la extensión territorial de la comuna de Viña del Mar. Este estudio de riesgos a nivel comunal no sólo busca identificar y caracterizar las diversas amenazas naturales y antrópicas presentes en el territorio, sino que también requiere, de forma adicional, una actualización de las bases de datos georreferenciadas con un mayor nivel de precisión en cuanto a la escala de detalle y la extensión territorial cubierta. Esta actualización de la información geoespacial es crucial para mejorar la calidad y la fiabilidad de los análisis de riesgo.

Un elemento fundamental para la realización de este estudio de riesgos, es el Vuelo Lidar llevado a cabo en octubre de 2023. La tecnología Lidar permite la obtención de modelos digitales de elevación de alta resolución y precisión. Estos modelos digitales actualizados proporcionan una representación detallada de los aspectos relevantes del medio físico de la comuna, incluyendo su morfología, su topografía, las pendientes del terreno y la orientación de las laderas. Todos estos productos derivados del levantamiento Lidar constituyen la base sobre la cual se desarrolla el estudio de riesgos para la comuna de Viña del Mar. A partir de esta información detallada, se elaboran extensamente los capítulos del estudio dedicados al análisis de los riesgos generados por amenazas naturales, tales como remociones en masa, inundaciones y otros fenómenos geológicos e hidrometeorológicos, así como también los riesgos de origen antrópico, asociados a la actividad humana y la infraestructura. Del análisis realizado en el estudio de riesgos, se pueden extraer conclusiones relevantes respecto a las amenazas por procesos de ladera que afectan a la comuna de Viña del Mar, identificando las zonas más susceptibles y caracterizando los tipos de movimientos de tierra que pueden ocurrir. Asimismo, la precisión de la topografía obtenida a través del Vuelo Lidar permite establecer con un alto grado de exactitud la ubicación de las pendientes superiores a 40° en el área de estudio, información crucial para la evaluación del riesgo de deslizamientos y derrumbes.

4. METODOLOGÍA

Para la realización del objetivo general del presente estudio, la metodología propuesta se estructura en tres etapas principales, articuladas en torno al análisis territorial escalar, el tratamiento de datos geospaciales y la evaluación normativa y técnica del riesgo geomorfológico asociado a las remociones en masa presentes en el área de estudio. Estas etapas se desarrollan del siguiente modo:

Etapas 1: Revisión de antecedentes técnicos y normativos

Esta etapa inicial contempla una revisión exhaustiva de los antecedentes técnicos existentes, provenientes tanto de organismos públicos con competencias en materias de planificación y riesgos naturales (como el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, SENAPRED, y el Servicio Nacional de Geología y Minería), y de los instrumentos normativos vigentes, en especial los relacionados con el Plan Regulador Metropolitano de Valparaíso (PREMVAL) y la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC). El objetivo es comprender los criterios actualmente aplicados para la delimitación de áreas de riesgo y los marcos metodológicos utilizados en estudios oficiales.

Etapas 2: Análisis metodológico y propuesta de precisión del área de riesgo

En esta etapa se analiza detalladamente el enfoque metodológico empleado en el Estudio Fundado de Riesgos del PREMVAL, particularmente en lo referido a la delimitación del Área de Riesgo Natural por Pendientes (AR-NP). Se busca identificar las limitaciones espaciales y conceptuales del polígono original para formular una propuesta de precisión basada en criterios geomorfológicos actualizados.

Para ello, se incorporan insumos derivados de análisis de pendiente realizados sobre datos LiDAR de alta resolución, permitiendo redefinir la geometría del área de riesgo a partir de parámetros morfométricos de mayor detalle. El resultado será la generación de un nuevo polígono coherente con la topografía real del área de estudio y con las dinámicas de ladera identificadas.

Etapas 3: Validación de la propuesta con enfoque de amenazas y cambio climático

La tercera y última etapa corresponde al contraste de la propuesta de delimitación con estudios recientes sobre riesgos naturales y cambio climático, así como con los antecedentes incluidos en el proceso de actualización del Plan Regulador Comunal (PRC). Este análisis

integrará variables asociadas a la susceptibilidad de ocurrencia de procesos de remoción en masa, inestabilidad de laderas y otras amenazas geomorfológicas, evaluadas desde una perspectiva de riesgos compuestos.

El objetivo es validar la propuesta de delimitación a través de un enfoque integral de amenazas, en concordancia con los lineamientos nacionales e internacionales actuales sobre planificación resiliente y adaptación territorial. El resultado final será un polígono actualizado que definirá el Área de Riesgo por Pendiente Precisada (AR-NPP), el cual se utilizará como insumo técnico en el proceso de modificación parcial del plan regulador comunal.

4.1. Antecedentes técnicos relacionados al riesgo de remoción en masa

El área de estudio establecida cuenta con una serie de antecedentes en base a estudios técnicos realizados por los organismos competentes en la materia, estos son el sustento base y utilizados como marco de referencia, ya que la definen como una zona de alto riesgo de remociones en masa y deslizamientos. Entre los principales antecedentes y estudios técnicos que sustentan este diagnóstico, que tiene incidencia directa en la toma de decisiones al respecto en el área de estudio, podemos mencionar los siguientes a continuación.

4.1.1. Normativa vigente respecto de los Instrumentos de planificación y sus áreas de riesgo.

Para la elaboración de los Estudios de Riesgos para planes reguladores de nivel comunal e intercomunal o modificación de los mismos conforme el artículo 2.1.17 de la OGUC, se establece la «Guía Metodológica para la Elaboración de Estudios de Riesgo de los Planes Reguladores del Nivel Comunal e Intercomunal», esta se presenta como un documento normativo que establece un estándar para la creación de estudios de riesgos.

Particularmente, para los efectos de la definición de las áreas de riesgo y las decisiones de planificación relacionadas, en especial, la fundamentación para determinar los aspectos y las normas urbanísticas para los diferentes niveles de riesgo en el área sujeta a planificación. Para ello, plantea incorporar los conceptos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, como componentes de la secuencia metodológica de análisis que genera la información necesaria para adoptar dichas decisiones de planificación.¹

¹ "GUÍA METODOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS DE RIESGO DE LOS PLANES REGULADORES DE NIVEL COMUNAL E INTERCOMUNAL". Disponible en web: https://www.minvu.gob.cl/wp-content/uploads/2020/10/GuiaRiesgos_15112024_Vf.pdf

Es por esto que el Estudio de Riesgo de un IPT, debe constituirse en un documento técnico fundado, cuyo objetivo es identificar las amenazas, con sus niveles de peligrosidad y su relación con los factores de vulnerabilidad relevantes para la planificación territorial urbana; debiendo ser consistente con el enfoque prospectivo de la planificación, por cuanto considera no sólo la situación existente sino también la proyectada para efectos tanto de adaptación como de mitigación conforme a niveles de riesgo determinados.

- **De conformidad a la Ley General de Urbanismo y Construcciones, y su Ordenanza General (OGUC) en su Artículo 2.1.17**

Los planes reguladores tienen la facultad de delimitar áreas donde el desarrollo urbano se restringe debido a peligros potenciales para los asentamientos humanos. Estas áreas se designarán como “zonas no edificables” o “áreas de riesgo”, según corresponda, de la siguiente manera:

Se define como “zonas no edificables” aquellos terrenos que, por su naturaleza particular y ubicación, no pueden ser edificados de acuerdo con el artículo 60° de la Ley General de Urbanismo y Construcciones. En estas zonas, solo se permitirán actividades de carácter transitorio.

Se definen como “áreas de riesgo” aquellos territorios donde, tras un estudio técnico justificado, se limita cierto tipo de construcciones por motivos de seguridad ante desastres naturales u otros eventos similares. Su utilización requerirá la implementación de obras de ingeniería u otras medidas adecuadas para subsanar o mitigar dichos efectos.

Para autorizar proyectos en áreas de riesgo, se deberá adjuntar a la solicitud de permiso de edificación un estudio técnico fundamentado, elaborado por un profesional especialista y aprobado por el organismo competente. Este estudio deberá especificar las acciones necesarias para la utilización del terreno, incluyendo la Evaluación de Impacto Ambiental según la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, cuando sea pertinente. La recepción de estos proyectos podrá ser parcial o total una vez que se hayan ejecutado las acciones indicadas en el estudio. El plan regulador establecerá las normas urbanísticas aplicables en estas áreas una vez cumplidos los requisitos mencionados. La determinación de estas áreas se basará en las siguientes características:

1. Zonas inundables o potencialmente inundables, por causas como maremotos o tsunamis, proximidad a lagos, ríos, esteros, quebradas, cursos de agua no canalizados, napas freáticas o pantanos.
2. Zonas propensas a avalanchas, rodados, aluviones o erosiones acentuadas.
3. Zonas con peligro de ser afectadas por actividad volcánica, ríos de lava o fallas geológicas.
4. Zonas o terrenos con riesgos generados por la actividad o intervención humana.

Las “zonas no edificables” corresponden a las franjas o radios de protección de infraestructuras peligrosas, como aeropuertos, helipuertos, torres de alta tensión, embalses, acueductos, oleoductos, gasoductos u otras similares, establecidas por la normativa legal vigente.

- **De conformidad a la Ley General de Urbanismo y Construcciones, y su Ordenanza General (OGUC) en su Artículo 2.1.18**

Los instrumentos de planificación territorial deberán identificar las áreas de protección de recursos naturales valiosos, así como definir o reconocer, según sea el caso, las áreas de protección de recursos de valor patrimonial cultural.

Se entenderá por “áreas de protección de recursos de valor natural” todas aquellas donde existan zonas o elementos naturales protegidos por la legislación vigente, tales como: bordes costeros marítimos, lacustres o fluviales, parques nacionales, reservas nacionales y monumentos naturales.

En los casos señalados, los instrumentos de planificación territorial podrán establecer las condiciones urbanísticas que deberán cumplir las edificaciones que se pretendan emplazar en dichas áreas. Estas condiciones deberán ser compatibles con la protección oficialmente establecida para estas áreas.

Se entenderá por “áreas de protección de recursos de valor patrimonial cultural” aquellas zonas o inmuebles de conservación histórica definidos en el plan regulador comunal e inmuebles declarados monumentos nacionales en sus diversas categorías, los cuales deberán ser reconocidos por el instrumento de planificación territorial correspondiente.

En cuanto a las áreas de protección de recursos de valor patrimonial cultural, los instrumentos de planificación territorial deberán establecer las normas urbanísticas aplicables a las ampliaciones, reparaciones, alteraciones u obras menores que se realicen en las edificaciones existentes, así como las aplicables a las nuevas edificaciones que se ejecuten en inmuebles de esta categoría, cuando sea pertinente. Estas normas deberán ser compatibles con la protección oficialmente establecida para dichas áreas.

4.2. De la definición del área de riesgo para la zona en estudio.

El principal instrumento normativo que establece las áreas de riesgo para el territorio de aplicación del estudio, es el Plan Regulador Metropolitano de Valparaíso, PREMVAL, este establece en el artículo 47° de su Ordenanza, que las "ÁREAS DE RIESGO EN TERRENOS EN PENDIENTE AR NP, que corresponde a los territorios que presentan pendientes superiores al 40%. Las normas urbanísticas que aplicarán en estas áreas cuando se cumplan con los requisitos que establece la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, serán las siguientes:

- a) Área rural: Artículo 55 de la LGUC.
- b) Área urbana: Normas de la zona donde se ubica el área de riesgo.
- c) Área de extensión urbana: Normas de la zona donde se ubica el área de riesgo, según el Capítulo 8 "Disposiciones transitorias" de la Ordenanza del presente Plan. Estas últimas se aplicarán de forma supletoria en materias de planificación urbana comunal y quedarán sin efecto al entrar en vigencia las normas del Plan Regulador Comunal que incorpore estos territorios.

- Resolución 913 Exenta Interpreta "Áreas De Riesgo en Terrenos en Pendiente AR NP" del Plan Regulador Metropolitano de Valparaíso.

Establece que el plano del Premval gráfica como áreas de riesgo por pendiente, por una parte, terrenos que no detentan dicha condición y por otra parte no grafica como AR a terrenos que sí tienen pendientes mayores al 40%.

Que el Estudio de Riesgos que forma parte de la memoria del Premval establece que uno de los objetivos de restricción es "Mantener la estabilidad de las laderas en pendientes fuertes especialmente sobre el 40% para evitar los fenómenos de erosión, desprendimiento de masas, escombros y aguas que los potencian, evitando los daños y riesgos a los bienes y a las comunidades. Estas formaciones se han calificado como áreas de riesgo por pendiente en las

que podrán permitirse construcciones que determine para cada caso la ordenanza del plan, en tanto cumplan con lo dispuesto en el artículo 2.1.17 de la OGUC". Por tanto se hace necesario generar una precisión respecto a estas áreas, conforme al objetivo de esta modificación parcial del Plan Regulador Comunal, buscando ajustar la normativa a través de un análisis de riesgo que considere las características del sistema ecológico y natural del territorio afectado, principalmente por el peligro de remoción en masa.

4.2.1. Geología para el Ordenamiento Territorial de la Región de Valparaíso (SERNAGEOMIN, 2004).

Este estudio denominado "Estudio Geología para el Ordenamiento Territorial de la Región de Valparaíso" SERNAGEOMIN 2004. Este estudio se desarrolló en el marco de suscripción a un convenio de cooperación técnica con, en ese entonces, la Corporación Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) con el fin de aportar en el desarrollo de una Línea de Base Ambiental para los Planes Regionales de Desarrollo Urbano (PRDU).

Dentro de este estudio se realiza un análisis de riesgo y niveles de susceptibilidad por remociones en masa para la Región de Valparaíso, el cual se elabora a partir de elementos tales como: recopilación histórica de antecedentes geológicos y eventos de remociones en masa; identificación de los factores condicionantes y desencadenantes propios de la región, zonificación y calificación de las áreas susceptibles a remociones, ponderación de los factores condicionantes para calcular y realizar valoración; entre otros (SERNAGEOMIN, 2004).

Así, a partir de este análisis se desprende un mapa de susceptibilidad por remociones en masa, el cuál califica al área de estudio en cuestión como zona de alta susceptibilidad. A su vez, establece recomendaciones orientadas a restricciones y condiciones de uso para la construcción en el área de estudio, dentro de las cuales se menciona el diseño de obras de mitigación acorde al tipo de fenómeno de remoción en masa que aplique, zonificación de peligro geológicos a escala de detalles y delimitación de áreas de influencia, mapas geomecánicos con descripción de la litología y estructuras geológicas para estudiar el comportamiento mecánico del terreno (resistencia y deformabilidad), sistemas de drenaje adecuados, entre otros.

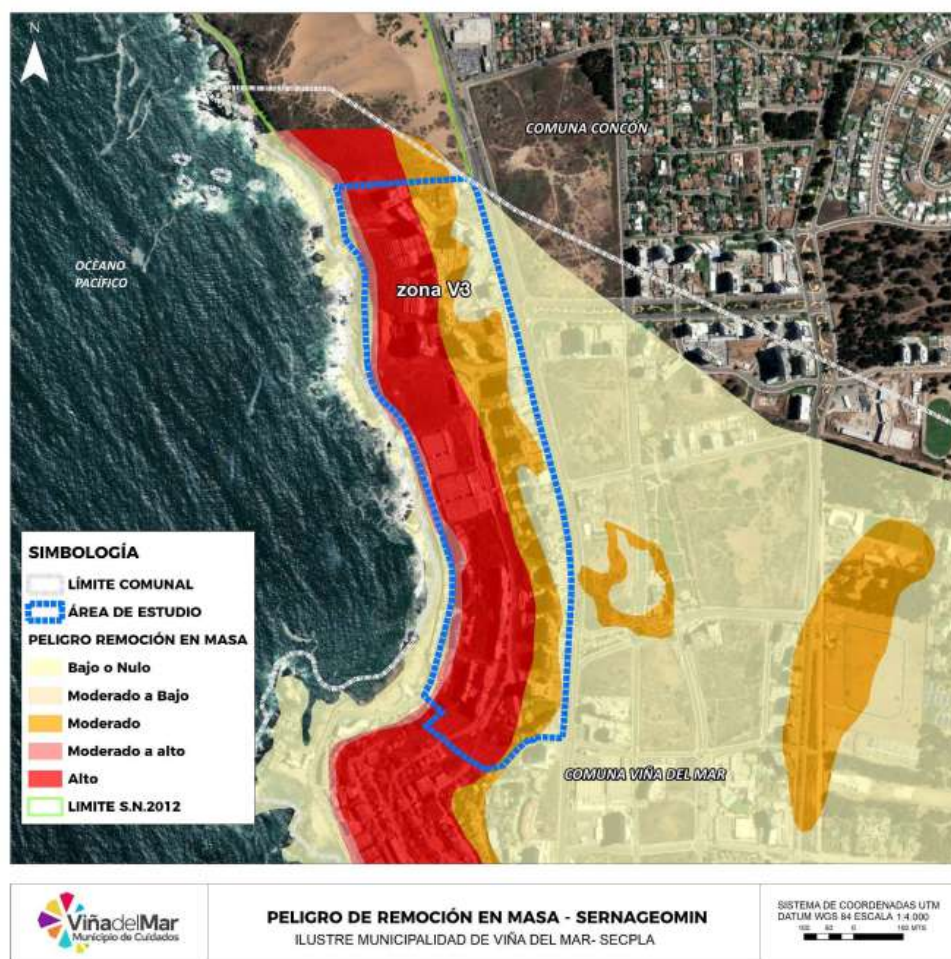
4.2.2. Peligro de remociones en masa e inundaciones de las ciudades de Valparaíso, Viña del Mar y Concón, Región de Valparaíso (SERNAGEOMIN, 2005).

Este informe fue realizado en el marco de la elaboración de un estudio geológico-ambiental en el área urbana de Valparaíso, Viña del Mar, y Concón, con el fin de contar un respaldo técnico como herramienta para la planificación territorial, que pudiese identificar en el territorio las áreas de peligro geológico que permitan prevenir y mitigar efectos producidos por inundaciones, remociones en masa y socavamientos.

Para su elaboración se recurrió a la construcción de un catastro histórico de los sitios de ocurrencia de estos fenómenos en las tres comunas señaladas (entre 1851 y 2002), fotointerpretación de líneas de vuelo, campaña de trabajo en terreno para el reconocimiento de estructuras geológicas y cálculos de pendientes topográficas, entre otros.

Se confecciona un mapa de peligro de remociones en masa el cual **establece el área de estudio en cuestión como una zona de alto y moderado peligro (Zona V3 del PRC vigente)**. A su vez, establece recomendaciones orientadas a restricciones y condiciones de uso para la construcción en el área de estudio, las cuales señalan que en zonas con pendientes de entre 40° y 70°, “se debe controlar el sistema de edificación ya que los cambios geométricos y morfológicos que se provocan en las pendientes, los taludes y cortes artificiales no apropiados, desestabilizan el equilibrio natural de las laderas, facilitando la generación de remociones en masa. Se recomienda contar con las suficientes medidas de mitigación como muros de contención con eficiente drenaje, cortes y taludes en ángulos apropiados (40° y 45°), controlar peso de las edificaciones, realizar mapas geológicos-mecánicos con descripción de estratigrafía, litología y que den cuenta del comportamiento mecánico del terreno, realizar ensayos de laboratorio cuando se construya sobre suelo o roca muy meteorizada, impedir la deforestación que desprotege el suelo y facilita su erosión, entre otros”.

Mapa 1: Peligro de remoción en masa - SERNAGEOMIN.



Fuente: Elaboración propia en base a mapa de remociones en masa de las ciudades de Valparaíso, Viña del mar y Concón (SERNAGEOMIN, 2005).

Por último, este estudio también señala algunos factores a considerar para las **construcciones próximas al sector de dunas**, las cuales se podrían ver afectadas por *sedimento suelto en movimiento; [...] asentamientos de terreno por humedad (hundimientos por compactación o movilización del subsuelo arenoso asociados a filtraciones y riego); falla de cimientos, agrietamiento de murallas y descuadre de estructuras (marcos de puertas y ventanas)* (SERNAGEOMIN, 2005).

4.2.3. Efectos geológicos del sismo del 27 de febrero de 2010: observaciones en el sector de Reñaca-Cochoa, comuna de Viña del Mar, región de Valparaíso (SERNAGEOMIN, 2010).

Este informe se elaboró a partir del sismo ocurrido el 27 de febrero de 2010, y su objetivo fue levantar un reporte de observación sobre los efectos del terremoto en el sector de Reñaca-Cochoa y facilitar la asistencia geológica en el sector.

Las observaciones realizadas dan cuenta de 3 eventos de remociones en masa o deslizamientos en el área de estudio en cuestión, con diversos grados de magnitud, uno de los cuales fue originado por saturación de la arena debido a la rotura de una cañería de agua y que implicó la destrucción de 2 habitaciones de una casa alemana (ver imagen 1), otro, debido a que la duna se encontraba desprovista de vegetación que la cubra y de soporte, e implicó que el Edificio Paraíso de la Costa se cubriera con arena hasta su 5to piso (imagen 2), y, un tercero, el cual se produce por la fractura de 100m de longitud en la pavimentación en calle Lapislázuli.

Paralelamente, se registran 2 eventos de deslizamiento fuera del área de estudio en cuestión, pero ubicados en la zona catalogada como de alto riesgo según SERNAGEOMIN, uno de ellos en calle Montemar y el otro en calle Bellavista.

Imagen 1 y 2: Casos de remociones en masa ocurridos en el área de estudio a partir del sismo del 27 de febrero de 2010.



Fuente imágenes: SERNAGEOMIN (2010)

Adicionalmente se establece como observación que estos eventos ***‘son una evidencia del grado de peligro que representan las arenas de dunas como suelo de fundación para viviendas y obras viales, ya que como resultado del sismo, estén o no saturadas en agua, estas se comportan como un material inestable al presentar un distinto comportamiento sísmico respecto del sustrato granítico en el que se apoyan’*** (SERNAGEOMIN, 2010).

4.2.4. Antecedentes geológicos y geomorfológicos del Campo Dunar, Punta de Concón, comuna de Concón (SERNAGEOMIN, 2012).

Este informe es realizado a partir de una solicitud del alcalde de Concón de ese momento, Sr. Paulo Pérez Villablanca, el cuál requería la colaboración para recopilar antecedentes técnicos que den cuenta del estado de conocimiento geológico y geomorfológico respecto al Campo Dunar Punta de Concón y, por otra parte, recibir recomendaciones u observaciones respecto al grado de peligrosidad y riesgo de la construcción en altura en el sector, sobre las restricciones de constructibilidad que debiese tener un sector de suelo dunar, sobre los beneficios ambientales que aporta este sector a la comuna, y sobre los impactos negativos que podría significar la pérdida de este patrimonio.

Para cumplir con la solicitud y confeccionar este informe, se efectuó una visita en terreno para el reconocimiento geológico del campo dunar y su estudio, además de complementar con un análisis de los estudios técnicos y revisión bibliográfica existentes hasta ese año.

Así, a partir de este informe, realizan una breve mención sobre observaciones y recomendaciones en torno al riesgo de remociones en masa (basadas en el estudio realizado por SERNAGEOMIN en 2005), indicando que las dunas del sector **comprenden una zona de alto peligro a remociones en masa no canalizadas, debido a que su falta de cohesión posibilita la generación de deslizamientos.**

4.3. Antecedentes metodológicos utilizados en el estudio fundado de riesgos PREMVAL.

4.3.1. Estudio fundado de riesgos y Ordenanza del Plan Regulador Metropolitano de Valparaíso (SEREMI MINVU, 2014).

Este informe es parte de los estudios que fundamentan las decisiones de planificación adoptadas en el Plan Regulador Metropolitano de Valparaíso (PREMVAL), y nace con el objetivo de establecer las áreas de riesgo del territorio que norma el instrumento.

Para la realización de este informe se recurrió a dos líneas metodológicas: (1) una completa revisión de la bibliografía existente junto con un análisis teórico de las variables que influyen en la determinación de áreas susceptibles a ser afectadas por fenómenos naturales, y (2) en la jerarquización y ponderación de diversas variables para la construcción de un análisis multicriterio y posterior modelación del riesgo a través de sistemas de información geográfica.

Debido a que el estudio se plantea en una escala 1:50.000 con la capacidad de abarcar el área metropolitana de Valparaíso en su totalidad, este no hace mención en forma directa al área de estudio en cuestión ni establece gráficamente un área de riesgo en esta zona y gran parte del área urbana. No obstante, si realiza sugerencias importantes basadas en análisis de bibliografía científica, entre las cuales menciona; *la importancia de prestar especial atención en zonas de alta pendiente topográfica superior a 30° (Araya & Börgel 1972, Young 1975 y Ferrando 1993) las cuales predominan en el área de estudio en cuestión; la validez de los estudios realizados por SERNAGEOMIN en 2004 y 2005 como antecedentes base; la especial atención con el agua como factor desencadenante, haciendo referencia al buen manejo de eventos de lluvia y al correcto drenaje de las aguas; el manejo y conocimiento de eventos históricos ocurridos en el terreno, entre otros.*

Otro elemento importante, y vinculado al estudio fundado de riesgos, refiere a lo señalado en el Artículo 47 de la Ordenanza del PREMVAL sobre áreas de riesgo en terrenos con pendiente. Este establece que el **Área de Riesgo Natural por Pendiente (AR NP) corresponde a los territorios que presentan pendiente superiores al 40%**, indicando posteriormente las normas urbanísticas que aplicarán cuando se cumpla con los requisitos que establece la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

El estudio establece que los criterios para definir áreas susceptibles a procesos gravitacionales asociados a remoción en masa se adaptan a las características físicas y geográficas del área de aplicación. Se destaca que "la pendiente topográfica constituye el principal factor de análisis, por tratarse del único valor cuantificable". Por ello, se propone que las áreas identificadas como Áreas de Riesgo Natural por pendiente en el Plan incorporen estudios de mecánica de suelos para determinar con mayor precisión la cohesión de los materiales a nivel de proyecto. La exposición de las laderas se consideró un factor de análisis debido al impacto de la radiación solar, la protección de los materiales ante la exposición solar, heladas, precipitaciones, entre otros. La vegetación, en cambio, no se analizó por la inconsistencia bibliográfica sobre su contribución a la resistencia ante la energía de los procesos de remoción en masa. Además, la variación en el nivel de intervención humana (explotación forestal, agricultura intensiva) en las comunas del Plan debilita parcialmente la teoría de la cohesión de materiales mediante el sistema radicular de los árboles. Finalmente, las quebradas de agua permanente se consideraron un factor de riesgo adicional por el importante rol del agua en la saturación y aumento de peso de los materiales. Así, la susceptibilidad a procesos gravitacionales asociados a remoción en masa se define mediante la siguiente fórmula:

AR NP = $\sum (V_{in} + V_w + V_m \geq 40\%)$, donde **AR NP** representa el área potencial de dichos procesos.

Teniendo en consideración lo anterior, se elaborará un mapa con mayor precisión de análisis, que presenta el porcentaje de pendiente en el área de estudio, estableciendo como parámetro de análisis el 40% límite señalado en la Ordenanza.

4.4. Antecedentes complementarios a contrastar respecto al área de riesgo propuesta.

4.4.1. Riesgo integrado de asentamientos humanos, conurbación Valparaíso - Viña del mar (CR2, 2021) y High resolution urban climatic risk impact maps in Gran Valparaíso, Chile (CAC y NEST-r3, 2022).

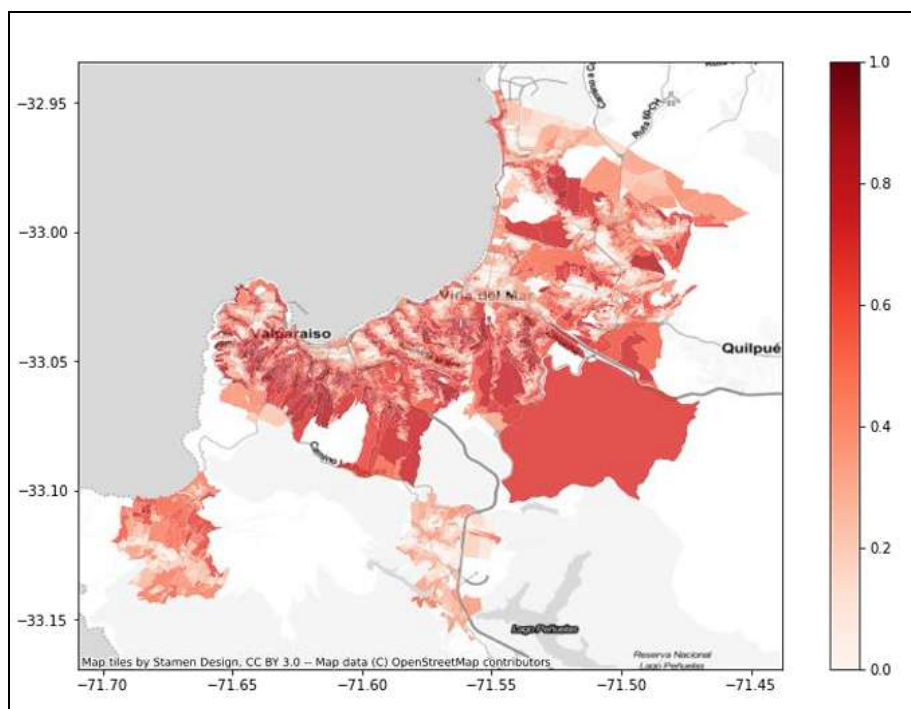
El primer estudio es realizado por el equipo del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2) en 2021 como aporte a la construcción del Atlas de Riesgos Climáticos (ARClím) conducido por el Ministerio del Medio Ambiente (MMA), con el objetivo de construir y validar una metodología para evaluar riesgos de asentamientos humanos frente a múltiples amenazas climáticas en Viña del Mar y Valparaíso.

Para esto se construyó un total de 5 cadenas de impactos relevantes para la población con mapas asociados a amenaza, sensibilidad, y riesgos a escala subcomunal (manzana censal), la cual proviene de la metodología descrita en el working package de asentamientos humanos del proyecto ARClím (Urquiza et al., 2020). Sumado a esto se realizó una matriz de interacciones entre amenazas e impactos para comprender sus estrechas interrelaciones.

Posteriormente, este trabajo decanta en la elaboración del segundo estudio mencionado, 'High resolution urban climatic risk impact maps in Gran Valparaíso, Chile' (2022), realizado por CR2, el Centro de Acción Climática (CAC) y el Núcleo de Estudios Sistémicos Transdisciplinarios (NEST-r3), el cual se utiliza como insumo para la 'Plataforma de Riesgo y Adaptación Climática Territorial' (PRACT). Este estudio evalúa el riesgo de la población perteneciente a la conurbación del Gran Valparaíso (Chile) ante amenazas de calor extremo, marejadas, inundaciones, incendios forestales, deslizamientos y sequías, ponderando el nivel global de riesgo frente a cada una de estas amenazas y sus distintos componentes (A: Amenaza, E: Exposición, S: Sensibilidad y CR: Capacidad de Respuesta).

Para estimar el riesgo, los índices de A, E, S y CR se combinan a través de una metodología de lógica difusa, que considera el uso de reglas de causalidad co-construidas y validadas con expertos locales y partes interesadas (Alamos N, Videla J, Madariaga M, et al., 2023).

Así, a partir de estos estudios se elabora un mapa de riesgo de remoción en masa y deslizamientos, el cual indica un **nivel de riesgo moderado-alto para el área de estudio en cuestión**, específicamente una valoración de 0,74 entre 0 y 1, donde 0 indicaría nulo riesgo y 1 el nivel más alto. Este mapa de amenaza muestra el nivel de amenaza a las que están expuestas las manzanas del área de estudio. En términos generales, el mayor riesgo se da en las manzanas censales correspondientes a la comuna de Valparaíso y Viña del Mar, de las áreas periféricas de la zona urbana, donde destaca la presencia de cerros y quebradas que cumplen con varios de los factores condicionantes. Valparaíso por su particular topografía, presenta escaso territorio con una amenaza de remoción en masa baja, a diferencia de Viña del mar, donde la amenaza se concentra en algunas partes y presenta largas extensiones de territorio poco amenazado.



Fuente: Estudio Riesgo Integrado De Asentamientos Humanos Conurbación Valparaíso - Viña Del Mar. Proyecto ARClím y por el Centro del Clima y la Resiliencia CR2 .

4.4.2. Antecedentes preliminares del Estudio de riesgos de la actualización del Plan Regulador Comunal de Viña del Mar.

Respecto a este estudio² que tiene como objetivo definir las áreas de riesgos para el proceso de actualización del Plan Regulador Comunal, es que se toman en consideración los resultados obtenidos para la identificación de las amenazas naturales que se han caracterizado mediante la susceptibilidad, esta corresponde a una estimación cualitativa o cuantitativa de la distribución espacial de un fenómeno dado que existe o que potencialmente podría ocurrir en un área. Para su cálculo se desarrollaron modelos para representar, mediante variables cualitativas o cuantitativas, el nivel de afectación esperado en el territorio comunal. Este resultado se empleó para determinar los niveles de susceptibilidad frente a cada amenaza.

El término procesos de ladera incluye a varios tipos de movimientos de material pendiente abajo, debido al efecto de la gravedad (USGS, 2024). Los procesos de laderas que se abordan en este estudio se dividen en dos grandes grupos: 1) caídas y 2) deslizamientos. Los dos tipos

² "ESTUDIO FUNDADO DE RIESGOS PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL PLAN REGULADOR COMUNAL DE VIÑA DEL MAR". INFORME ETAPA 3. Análisis de Riesgo y Resultados Preliminares. Xterrae Geología Ltda. Marzo de 2025.

de procesos se han tratado de forma conjunta porque suelen compartir factores que condicionan su ocurrencia

El registro histórico y catastro de Viña del Mar (Capítulo 4.1.1), documentan la recurrente ocurrencia de estos procesos en la comuna durante los últimos 50 años. Aunque estos eventos no suelen ser de gran magnitud, su frecuencia elevada ha generado importantes consecuencias en viviendas e infraestructuras de diversos sectores.

De acuerdo con la literatura científica, existen factores que condicionan y favorecen la ocurrencia de ambos fenómenos (PMA, 2007; Arenas & Opazo, 2017; Brantt, et al., 2021). Entre los más relevantes está la pendiente de las laderas, las características litológicas, la calidad geotécnica del material, la disposición de las fracturas en las rocas, la presencia o ausencia de vegetación, y la existencia o ausencia de niveles freáticos.

En Viña del Mar, las pendientes más pronunciadas se encuentran principalmente en las quebradas, donde las inclinaciones superan los 35°. Estas zonas, donde existen cerros y laderas de alta pendiente están fuertemente intervenidas por asentamientos y actividades humanas, al igual que el resto del territorio comunal. El impacto antrópico contribuye en la sobrecarga del suelo, su desestabilización y erosión acelerada, lo que aumenta la favorabilidad para la ocurrencia de deslizamientos y otros procesos de ladera.

Es importante destacar que el terreno en el cual se han formado estos socavones corresponde a las dunas de Concón, las cuales se definen geológicamente como “depósitos de arenas no consolidadas, transportadas por el viento y depositadas en el borde costero, formando depósitos eólicos” (Falcón & Valdés, 2012). Según Paskoff y Manríquez (2004), estas dunas son relictas y remanentes, aunque han sido localmente reactivadas por procesos eólicos actuales, ya no reciben aporte de arenas frescas, por lo que se consideran dunas fósiles o paleodunas.

De acuerdo con el estudio de Sernageomin efectuado por Falcón y Valdés (2012) las arenas de estas dunas presentan buena permeabilidad, y en algunas áreas se observan vertientes desde las cuales el agua subterránea fluye hacia la costanera (Av. Borgoño), manteniendo incluso la base de las dunas saturada de agua durante el verano.

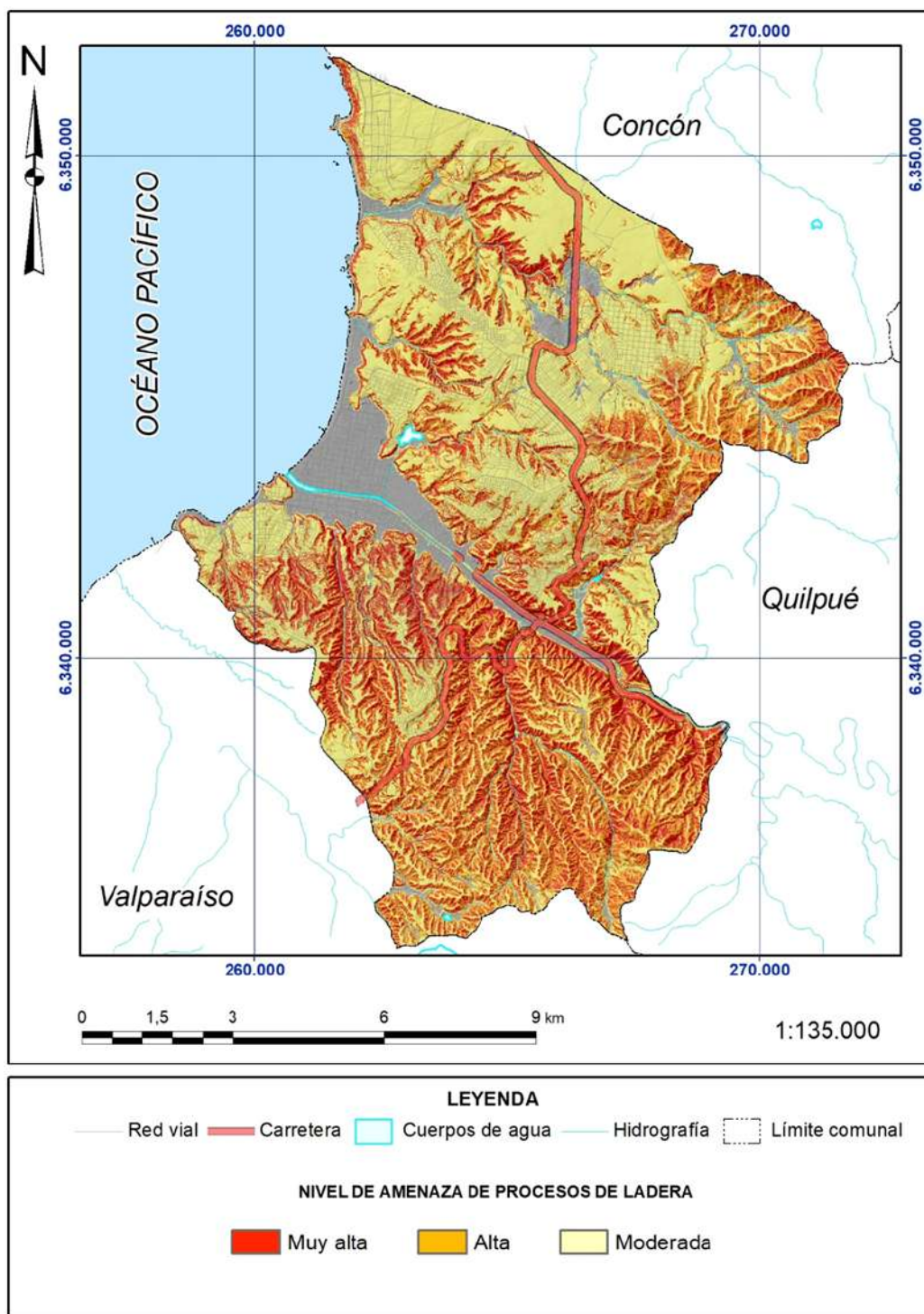
Asimismo, otro estudio de Sernageomin realizado por López et al. (2005), indica que estas dunas representan una zona de alto peligro, independientemente de la pendiente topográfica, debido a su falta de cohesión, baja compresibilidad y la tendencia a sufrir

asentamientos diferenciados bajo carga. Por estas razones, no poseen las características necesarias como suelo de fundación y son incapaces de sostener edificaciones.

En consecuencia, más allá de las deficiencias de los colectores de aguas lluvias instalados, las dunas son un terreno inestable y frágil, propenso a deslizamientos como los que ya han ocurrido.

En conclusión el estudio realizado permite identificar y delimitar áreas de riesgo en el contexto de la actualización del Plan Regulador Comunal, considerando especialmente la susceptibilidad frente a amenazas naturales como los procesos de ladera, incluyendo caídas y deslizamientos. A partir del análisis de variables geológicas, morfológicas y antrópicas, se confirma que sectores de Viña del Mar, especialmente aquellos con pendientes pronunciadas y alta intervención humana, presentan condiciones propicias para la ocurrencia de estos fenómenos. En particular, las dunas de Concón representan un terreno altamente inestable debido a su baja cohesión, buena permeabilidad y características geotécnicas deficientes, que las hacen inadecuadas como suelo de fundación. Este diagnóstico, sustentado en antecedentes históricos y estudios técnicos, subraya la necesidad de restringir o regular el uso del suelo en estas zonas, promoviendo una planificación territorial basada en criterios de seguridad y sustentabilidad

Resultado de Mapas Amenaza de Procesos de laderas.



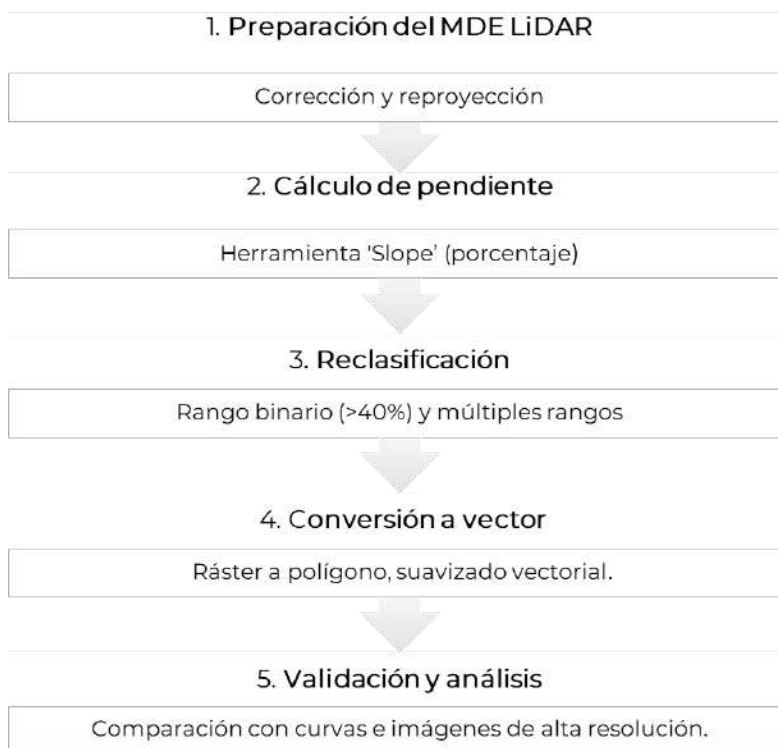
Fuente: INFORME ETAPA 3, Estudio de Riesgo para la Actualización del Plan Regulador Comunal de Viña del Mar.. - Análisis de Riesgo y Resultados Preliminares. Xterrae Geología Ltda.

4.5. Proceso de elaboración de la precisión del área de riesgo para la modificación del plan regulador sector Reñaca- Costa

4.5.1. Procedimiento metodológico para la obtención de pendientes topográficas mayores a 40% a partir de un Modelo Digital de Elevación (MDE) LiDAR.

El presente procedimiento describe la metodología empleada para la generación y reclasificación de un modelo de pendientes topográficas, con el fin de identificar aquellas áreas con inclinaciones superiores a los 40%. Este análisis se realizó mediante las herramientas de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), utilizando como insumo principal un Modelo Digital de Elevación (MDE) de alta resolución obtenido a partir de un vuelo LiDAR. Este es un insumo primordial para este estudio, este modelo tridimensional de la superficie terrestre se genera a partir de datos LiDAR (Light Detection and Ranging) previamente procesados. La tecnología LiDAR permite la captura masiva de puntos con coordenadas precisas en el espacio, reflejando la morfología del terreno con un alto nivel de detalle. El uso de datos LiDAR permite mejorar significativamente la precisión en los cálculos derivados, como es el caso de la pendiente.

Diagrama de las etapas del proceso metodológico para la determinación del Área de Riesgo por Pendiente Precisada.



1. Preparación de los datos de entrada

El primer paso consiste en la obtención y preparación del Modelo Digital de Elevación (MDE), generado a partir de datos LiDAR procesados. Este modelo es uno de los insumos técnicos base desarrollados por el Servicio Aerofotogramétrico de la Armada (SAF), además de otros productos resultantes de este levantamiento para la comuna de Viña del Mar. Además del MDE, estos levantamientos generan otros productos derivados, como ortofotos de alta resolución, curvas de nivel y modelos de la intensidad del primer retorno de la señal LiDAR, todos ellos potencialmente útiles para etapas posteriores del análisis de riesgo.

2. Cálculo de la pendiente

Con el MDE corregido y re proyectado, se procede a calcular la pendiente topográfica mediante herramientas de análisis de superficie. La pendiente, definida como el ángulo de inclinación del terreno con respecto al plano horizontal, es un factor clave en la evaluación de diversos riesgos geomorfológicos, como deslizamientos de tierra o erosión.

En este paso, se utiliza la herramienta “Slope” disponible para elaborar con los software especializados de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Una de las herramientas de superficies “Surface” dentro de la extensión de procesamiento de Análisis Espacial “Spatial

Analyst Tools", permite generar la Pendiente "*Slope*" en formato raster. El cálculo se realiza configurando la unidad de medida en porcentaje (%), lo que entrega un raster donde cada celda (píxel) representa la inclinación angular del terreno respecto al plano horizontal.

3. Reclasificación del modelo de pendiente

Una vez generado el raster de pendientes, se procede a la reclasificación de los valores para facilitar su interpretación y análisis. En este caso, el interés está en aislar aquellas zonas con pendientes superiores a los 40°. Este umbral se establece como un indicador de áreas con mayor susceptibilidad a inestabilidad de laderas. Esto se realiza mediante una reclasificación por rangos, asignando un valor a cada clase de pendiente, por categoría a cada intervalo; o también utilizando una operación lógica con calculadora raster del software SIG, para realizar una operación lógica que condicione los valores del raster de pendiente, lo que permite delimitar espacialmente las áreas de interés (pendiente > 40°) para su posterior análisis.

4. Conversión a formato vectorial

Para facilitar la visualización o el análisis espacial con otras capas vectoriales, se realiza la conversión del raster binario resultante en un shapefile de polígonos. Este proceso se realiza mediante la herramienta "*Raster to Polygon*" (generando un archivo vectorial que representa las zonas con pendientes superiores a 40%). Este formato vectorial permite mejorar la visualización y trabajar en conjunto con otras capas de información que también se encuentran en formato vectorial (tales como deslindes, vialidad o hidrografía por ejemplo). Además, facilita ciertas operaciones de análisis espacial, como la superposición con otras capas vectoriales o el cálculo de áreas, perímetros y la obtención de vértices del polígono resultante.

5. Validación y análisis complementario

La etapa final del proceso de preparación de datos consiste en la validación de los resultados obtenidos. Es crucial asegurar que las áreas identificadas con pendientes superiores a 40% correspondan efectivamente a zonas con esta característica en el terreno. Esta validación se lleva a cabo mediante un análisis e inspección visual comparando la capa de pendientes (ya sea en formato raster o vectorial) con otras fuentes de información de alta resolución. Entre estas fuentes se incluyen:

Curvas de nivel: Las curvas de nivel representan líneas de igual elevación y permiten visualizar la forma del terreno y estimar la pendiente de manera manual. La superposición con las

curvas de nivel permite verificar si las áreas delimitadas por el análisis de pendiente coinciden con zonas de fuerte gradiente, para el estudio se cuenta con la precisión de 1m.

Ortofotomosaico con una escala de detalle de 1 cm de resolución espacial: Las ortofotos de alta resolución proporcionan una representación visual detallada de la superficie terrestre, permitiendo identificar rasgos geomorfológicos asociados a pendientes pronunciadas, como escarpes, cárcavas o depósitos de deslizamientos. La alta resolución espacial (1 cm) garantiza un nivel de detalle suficiente para una validación precisa.

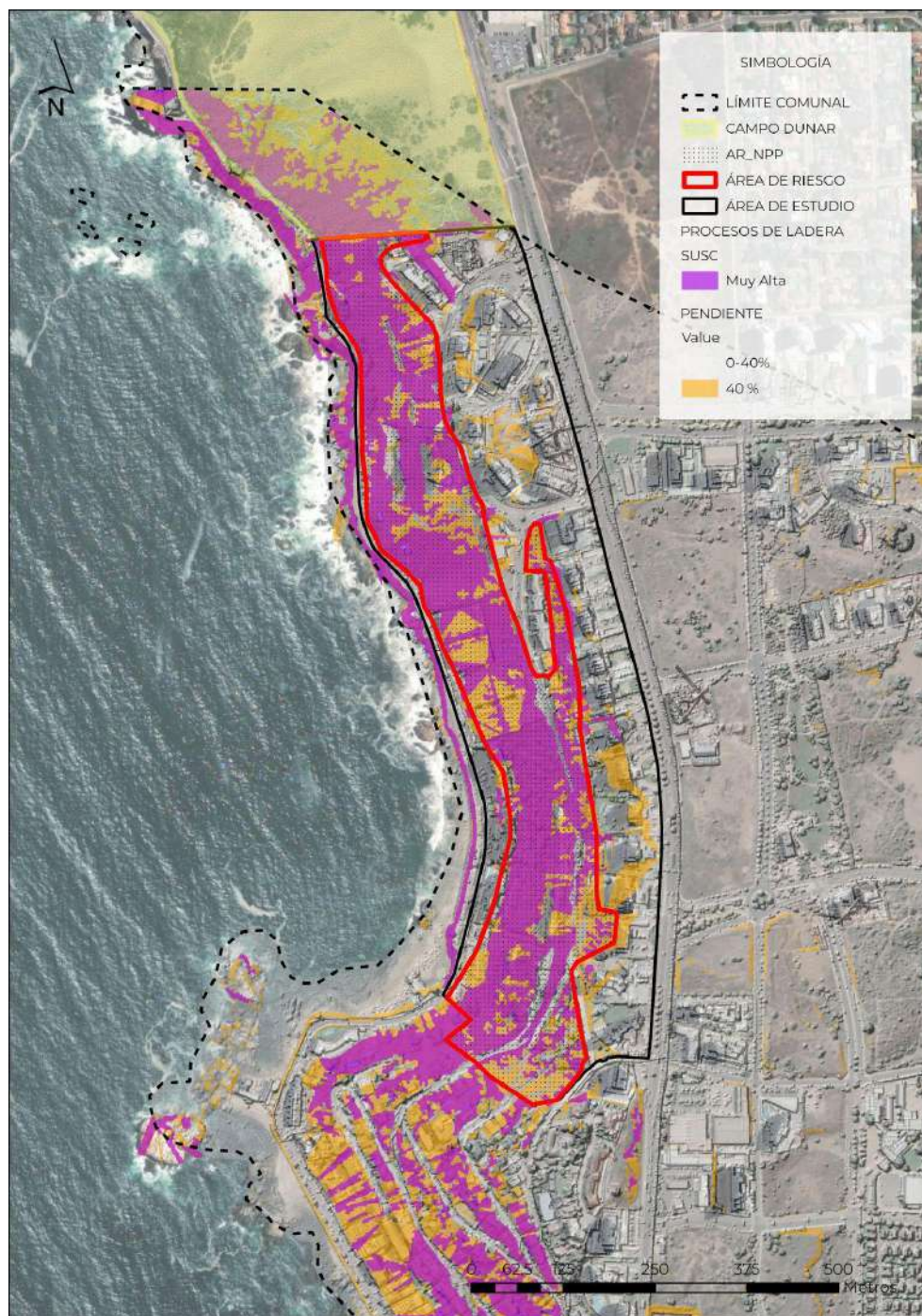
Este análisis visual comparativo permite identificar posibles errores o inconsistencias en el proceso y, de ser necesario, realizar ajustes en los parámetros o metodología aplicada.

En resumen, la preparación de los datos de entrada, centrada en la obtención, procesamiento y análisis del Modelo Digital de Elevación, es un paso fundamental en el Estudio de Riesgo para la Modificación Parcial al Plan Regulador de Viña del Mar. La correcta ejecución de cada una de las etapas descritas garantiza la generación de información precisa y confiable sobre la pendiente del terreno, un factor crítico para la identificación y evaluación de áreas con potencial riesgo geomorfológico.

4.5.2. Contrastación con capas complementarias respecto al estudio de riesgos de escala comunal.

Se realiza la superposición del área de riesgo AR-NPP, con la pendiente sobre 40% y los procesos de laderas, además de corroborar con el MDE superficial y la imagen de terreno. A continuación la lámina de visualización.

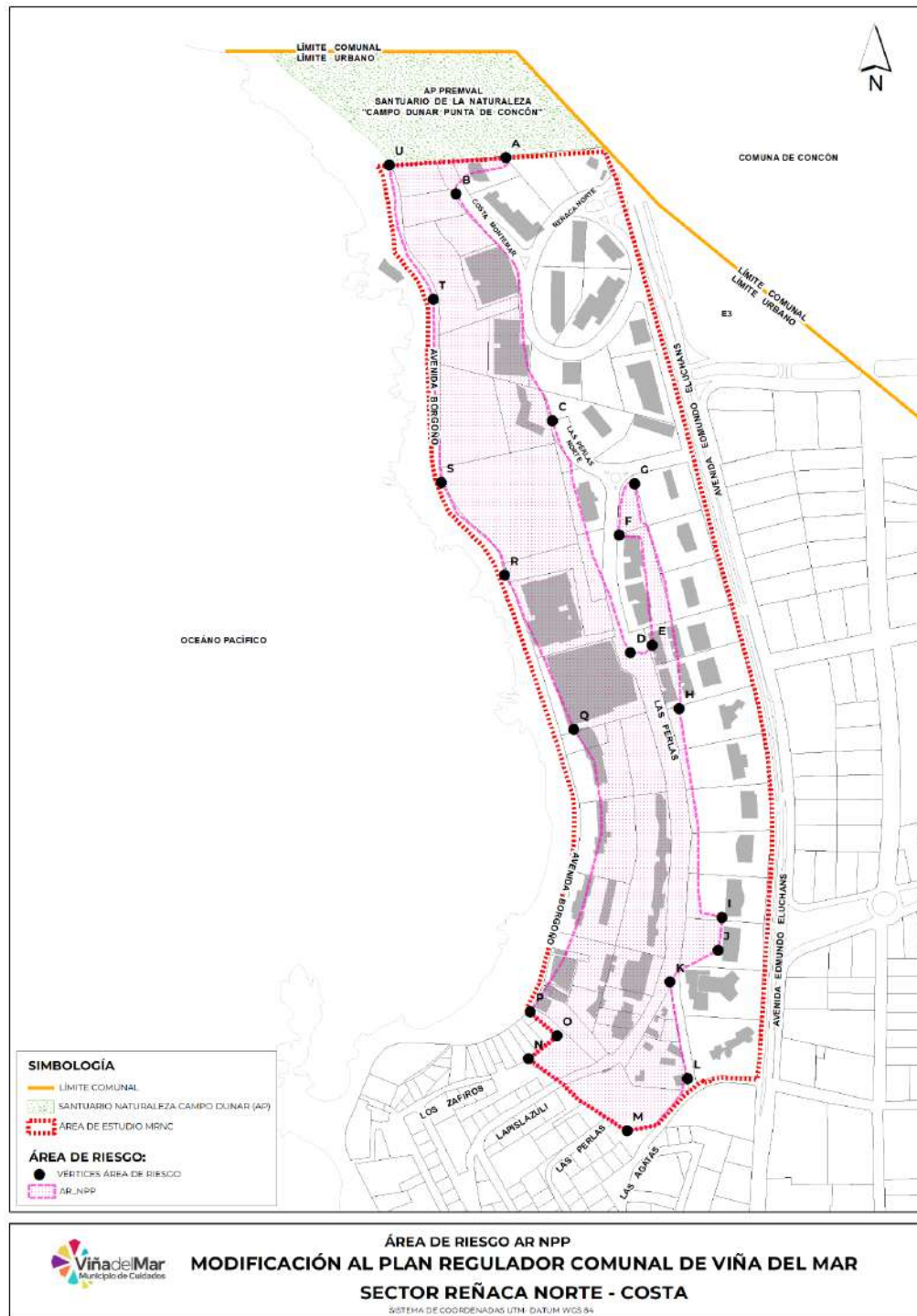
Resultado de Superposición



Fuente: Elaboración propia

5. RESULTADOS

5.1. Área de Riesgo AR-NPP.



Fuente: Elaboración propia

6. BIBLIOGRAFÍA

Alamos, N., Videla, J., Madariaga, M., Gajardo, V., Muñoz, A., Billi, M., & Amigo, C. (2023). High resolution urban climatic risk impact maps in Gran Valparaíso, Chile.

CR2, Amigo, C., Álamos, N., Arrieta, D., Billi, M., Contreras, M., Larraguibel, C., Muñoz, A., Smith, P., Urquiza, A., Vargas, M., Tomás Videla, J., & Winckler, P. (2021). RIESGO INTEGRADO DE ASENTAMIENTOS HUMANOS, CONURBACIÓN VALPARAÍSO-VIÑA DEL MAR. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/VUA4G>

MINVU. (2024) "GUÍA METODOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS DE RIESGO DE LOS PLANES REGULADORES DEL NIVEL COMUNAL E INTERCOMUNAL.

HUMEREZ, A., & BALBOA, A. (2012). ESTUDIO FUNDADO DE RIESGOS, PLAN REGULADOR METROPOLITANO DE VALPARAÍSO.

SERNAGEOMIN, Gajardo, A., Carrasco, R., Espinoza, F., & Sepúlveda, F. (2010). EFECTOS GEOLÓGICOS DEL SISMO DEL 27 DE FEBRERO DE 2010: OBSERVACIONES EN EL SECTOR DE REÑACA-COCHOA, COMUNA DE VIÑA DEL MAR, REGIÓN DE VALPARAÍSO.

SERNAGEOMIN. (2004a). GEOLOGÍA PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA REGIÓN DE VALPARAÍSO.

SERNAGEOMIN. (2004b). [MAPA] SUSCEPTIBILIDAD POR REMOCIONES EN MASA E INUNDACIONES DE LA REGIÓN DE VALPARAÍSO.

SERNAGEOMIN. (2005). [MAPA] PELIGRO DE REMOCIONES EN MASA DE LAS CIUDADES DE VALPARAÍSO, VIÑA DEL MAR Y CONCÓN.

SERNAGEOMIN. (2005). PELIGRO DE REMOCIONES EN MASA E INUNDACIONES DE LAS CIUDADES DE VALPARAÍSO, VIÑA DEL MAR Y CONCÓN. REGIÓN DE VALPARAÍSO.

UNFCCC; Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático; Naciones Unidas, Río de Janeiro, 1992. World Meteorological Organization; Our future climate: WMO No 952; WMO Geneva 2003.

URQUIZA, A., BILLI, M., CALVO, R., AMIGO, C., NAVEA, J., MONSALVE, T., ÁLAMOS, N., NEIRA, C., RAULD, J., ALLENDES, Á., ARRIETA, D., BARRERA, V., BASOALTO, J., CÁRDENAS, M., CONTRERAS, M., FLEISCHMANN, M., HORTA, D., LABRAÑA, J., LARRAGUIBEL, C., WINCKLER, P. (2020). Informe Proyecto ARclim: Asentamientos Humanos. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia, Red de Pobreza Energética, Iniciativa ENEAS: Energía, Agua y Sustentabilidad y Núcleo de Estudios Sistemáticos Transdisciplinarios. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia, (ANID/FONDAP/15110009) y Centro de Cambio Global UC para el Ministerio del Medio Ambiente a través de La Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), Santiago, Chile. disponible en: https://arclim.mma.gob.cl/media/informes_consolidados/04_AsentamientosHumanos_B.pdf



Soraya Gutiérrez Cantellano

Profesional Especialista

Geógrafa Equipo Planificación SECPLA