



FASE DE REHABILITACIÓN Y RECONSTRUCCIÓN

INFORME DE DAÑOS

EVENTO

# Incendios 02 y 03 de febrero de 2024, Viña del Mar (Región de Valparaíso)

Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres



## INFORME DE DAÑOS

Fase de rehabilitación y reconstrucción

## EVENTO

Incendios 02 y 03 de febrero de 2024, Viña del Mar (Región de Valparaíso)

© CIGIDEN, junio de 2024.

## CONTACTO DEL ESTUDIO

camartinezr@uc.cl / jorge.leon@usm.cl

## ELABORACIÓN DE INFORME

Carolina Martínez, Jorge León, Jorge Qüense, Randy Román, Malcom Bonet, Luis González, Constanza Romero, Simón Inzunza, Nikole Guerrero, Ricardo Acevedo, Esteban Araya.

## TRABAJO EN TERRENO

Carolina Martínez, Jorge León, Randy Román, Jorge Qüense, Malcom Bonet, Simón Inzunza, Nikole Guerrero, Javiera Zúñiga, Luis González, Carolina Zurita, Constanza Romero, Ricardo Acevedo, Esteban Araya y Pablo López.

## CÓMO CITAR

Martínez, C., León, J., Qüense, J., Román, R., González, L., Bonet, M., Guerrero, N., Romero, C., Araya, E., Acevedo, R., López, P. (2024). Informe de daños. Incendios 02 y 03 de febrero de 2024, Viña del Mar (Región de Valparaíso). Fase de Rehabilitación y Reconstrucción. Documento CIGIDEN, Santiago, Chile (junio 2024).

## APOYO CARTOGRÁFICO E IMÁGENES SATELITALES

Malcom Bonet, Javiera Zúñiga, Carolina Zurita y Constanza Romero.

## COLABORARON

SECPLA, Ilustre Municipalidad de Viña del Mar.

## DISEÑO

Sebastián Saldaña A. | hola@sebastiansaldana.cl

## FOTO DE PORTADA

Equipo de trabajo.

INFORME DE DAÑOS

Fase de rehabilitación y reconstrucción

---

EVENTO

**Incendios 02 y 03 de febrero  
de 2024, Viña del Mar  
(Región de Valparaíso)**



INFORME DE DAÑOS

Fase de rehabilitación y reconstrucción

---

EVENTO

**Incendios 02 y 03 de febrero  
de 2024, Viña del Mar  
(Región de Valparaíso)**



**CONTENIDOS**

<b>Resumen</b> .....	<b>8</b>
<b>1. Antecedentes</b> .....	<b>11</b>
<b>2. Equipo de trabajo</b> .....	<b>14</b>
<b>3. Contexto geográfico</b> .....	<b>15</b>
<b>4. Objetivos</b> .....	<b>16</b>
4.1 objetivo general.....	16
4.2 objetivos específicos.....	16
<b>5. Área de estudio</b> .....	<b>17</b>
<b>6. Metodología</b> .....	<b>20</b>
<b>6.1. Trabajo de gabinete</b> .....	<b>20</b>
6.1.1. Análisis morfométrico de la cuenca del estero Marga-Marga.....	20
6.1.2. Estado de alteración de laderas y quebradas: prospección de peligros geológicos.....	24
6.1.3. Prospección vulnerabilidad social.....	32
<b>6.2. Trabajo en terreno</b> .....	<b>34</b>
6.2.1 Descripción cualitativa de los sitios afectados en las áreas priorizadas.....	34
6.2.2 Levantamiento topográfico a través de drones.....	34
6.2.3 Estado de alteración de laderas y quebradas durante sistemas frontales de mayo de 2024.....	35
6.2.4 Levantamiento de información socio-territorial con app Field Maps (catastro) en fase de rehabilitación.....	35
6.2.5 Modelamiento de la vulnerabilidad física de la vivienda y entorno afectado	41
<b>7. Resultados</b> .....	<b>44</b>
<b>7.1. Resultado de gabinete</b> .....	<b>44</b>
7.1.1 Morfometría de la cuenca y prospección de peligros geológicos.....	44
<b>7.2 Resultados de terreno</b> .....	<b>76</b>
7.2.1 Descripción cualitativa y relato sobre los sitios afectados en las áreas priorizadas.....	76
7.2.2 Levantamiento topográfico a través de drones.....	87
7.2.3 Estado de alteración de laderas y quebradas durante sistemas frontales de mayo de 2024.....	92
7.2.4 Levantamiento de información socio-territorial con aplicación Field Maps (catastro) en fase de rehabilitación.....	101
7.2.5 Modelamiento de la vulnerabilidad física de la vivienda y entorno afectado	115
<b>8. Conclusiones</b> .....	<b>132</b>
<b>Recomendaciones</b> .....	<b>134</b>
<b>Referencias</b> .....	<b>141</b>

## RESUMEN

Durante los días 02 y 03 de febrero de 2024, un incendio devastador afectó las comunas de Valparaíso, Viña del Mar, Quilpué y Villa Alemana, en la Región de Valparaíso, categorizado como uno de los desastres más grandes del país en los últimos 30 años. Un equipo de investigadores y profesionales del Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres (CIGIDEN) y del Centro UC Observatorio de la Costa, con apoyo de la Secretaría de Planificación (SECPLA) de la I. Municipalidad de Viña del Mar, realizaron un estudio de daños en fase de emergencia en el área afectada de la comuna de Viña del Mar. A un mes de ocurrido el desastre, entre el 02 y el 05 de abril de 2024, este mismo equipo de trabajo realizó un segundo estudio en fase de rehabilitación, con el propósito de entregar evidencia científica como apoyo a la toma de decisiones y especialmente facilitar el proceso de reconstrucción actualmente en desarrollo. Este proceso de reconstrucción, dada su complejidad y envergadura, llevará varios años en finalizar y requerirá de un esfuerzo generoso de todos los sectores de la sociedad.

El presente estudio se focalizó en las áreas más afectadas por los incendios en la comuna de Viña del Mar: Villa Independencia, Achupallas, El Olivar y el campamento Manuel Bustos. Además, dada la importancia de la cuenca del estero Marga-Marga como soporte físico-natural de las formas de ocupación, se exploró la susceptibilidad a remociones en masa con el fin de monitorear la dinámica hidrogeomorfológica de las laderas afectadas por los incendios, considerando los cambios socio-territoriales que el fuego ha provocado.

Los principales resultados obtenidos en esta fase de rehabilitación, establecieron que el fuego aumentó la susceptibilidad a remociones en masa en el área afectada, pasando de susceptibilidad media en condiciones previas al incendio, a alta susceptibilidad en condiciones post incendio, aumentando de 2.893 has a 3.182 has (6,8% de la superficie de la cuenca). A nivel de cuenca, el 45,8% de la superficie total presenta predisposición a remociones en masa, que pueden consistir en deslizamientos, flujos y desprendimientos principalmente. Esto provoca que las laderas y quebradas locales tengan mayor sensibilidad a alteraciones antrópicas y a eventos de lluvias concentradas, como las ocurridas durante el mes de mayo de este año. Se determinó preliminarmente que umbrales de precipitación de 20 mm concentrados en 3 horas pueden activar procesos hidrogeomorfológicos, para lo cual se requiere de un monitoreo continuo.

Respecto al proceso de reconstrucción, se estableció que el porcentaje de avance estimado a la fecha de realizado el levantamiento de información en terreno, respecto del daño total registrado, es de un 38,38% equivalente a 1.527 edificaciones construidas o en proceso de reconstrucción. Se debe recordar que el daño total indicado en el primer informe entregado por este equipo durante la fase de emergencia, fue de 3.931 edificaciones. El mayor daño en viviendas se concentró en Villa Independencia y en el campamento Manuel Bustos, donde la reconstrucción al día de la visita a terreno correspondió al 83,7% de todas las viviendas dañadas en esta área.

Respecto a la tipología constructiva y conteo de daños, el incendio afectó principalmente a viviendas de 1 piso, donde se registraron 2.895 unidades, equivalente al 73,6% del total de edificaciones siniestradas. Estas viviendas de 1 piso, se concentran principalmente en el campamento Manuel Bustos y también se ubican en laderas de cerros sobre terraplenes o estructuras. Las edificaciones de 2 pisos afectadas por el incendio suman 1.019 unidades, correspondientes al 25,9% del total de viviendas dañadas. Estas se localizan principalmente en las poblaciones urbanas de El Olivar y entre las avenidas Luis Hurtado López y Chusmiza.

En términos de reconstrucción física, destaca el lento y/o nulo instalación de viviendas de emergencia por parte del Estado, contabilizando un total de 396 unidades lo que equivale al 26% del total reconstruido, lo que ha llevado a que la autoconstrucción (74% restante) se haya ejecutado por parte de la población a través de préstamos o ayudas de terceros. Destaca la rápida aplicación de la encuesta FIBE y la llegada de los bonos y subsidios de arriendos, sin embargo, las personas afectadas señalaron que estos no son suficientes para volver a empezar.

Durante esta fase de rehabilitación, destacan los cambios en la estructura urbana. Los cambios más relevantes corresponden a la ubicación de viviendas reconstruidas respecto de la vivienda original, la subdivisión de hogares, que anteriormente pertenecían a una sola vivienda, el incremento en la superficie edificable (viviendas autoconstruidas más grandes), la diversidad constructiva para volver a asentarse en condiciones de pendiente o quebradas gracias a pilotes y/o estructuras y, la reutilización de estructuras sólidas que quedaron en pie. Este nuevo escenario afectará los próximos procesos de evacuación, lo cual es prioritario evaluar de cara a futuros eventos, en especial la conectividad vial local.

Se realizó un análisis de vulnerabilidad social pre-evento y post evento, el cual estableció un alto porcentaje de población y viviendas con niveles altos y muy altos de vulnerabilidad social, alcanzando el 46% en ambas categorías, condición que contribuyó al nivel de desastre. Los principales factores que explican esta alta vulnerabilidad son: la falta de seguridad social y de pertenencia, el acceso a servicios públicos, equipamiento de salud e infraestructura urbana, desempleo y calidad de las viviendas, bajo acceso a establecimientos educacionales, inmigrantes y el rol de la mujer.

Respecto de las entrevistas aplicadas a personas afectadas, se estableció que, tanto niños, adultos mayores y personas con movilidad reducida, como las personas viviendo en tomas, fueron los grupos de población más afectados por el desastre. Se constató, además, que a pesar que las entregas de bonos y subsidios estatales se estimó como positivo, se acusó demora en la entrega de viviendas de emergencia, lo cual motivó la reparación de viviendas por cuenta propia, mediante la ayuda de familiares o la Iglesia. Entre las necesidades relevadas se enfatizó en una ayuda psicológica continua.

Considerando el proceso de reconstrucción en desarrollo, los principales desafíos se relacionan con el monitoreo de la dinámica hidrogeomorfológica de la cuenca, en especial de las áreas quemadas, dado el incremento de la susceptibilidad a remociones en masa debido al fuego y a peligros concatenados que se puedan desarrollar combinando condiciones preexistentes de vulnerabilidad. Es relevante contar con inventarios o catastros de remociones en masa para validar futuros estudios de susceptibilidad.

Dado que las formas de ocupación se desarrollan al interior de la cuenca del estero Marga-Marga, es importante implementar formas de restauración ecológica y soluciones basadas en la naturaleza para reducir las condiciones ambientales de combustibilidad para potenciales eventos de calor y también para estabilización de laderas y quebradas, en especial en las nacientes de microcuencas.

Resulta prioritario avanzar en modelos y escenarios de evacuación vinculados a planes de emergencia y al diseño urbano resiliente, dada la importancia de la red vial estructurante. Esto último debido a que las áreas que concentraron la mayor cantidad de víctimas fatales correspondieron a lugares donde las vías vehiculares fueron sobrecargadas, lo cual generó un colapso, no permitiendo la evacuación (por ejemplo calles Luis Hurtado López, Gabriela Mistral, Augusto D'Halmar, Pablo Neruda y Millaray). Además, estas no conectan las vías urbanas del sector alto de la comuna, calles locales y calles sin salida, cuya única opción de evacuación son estas arterias. El análisis de las vías peatonales estableció también dificultades mayores

a la evacuación, lo cual debe ser considerado en los proyectos de inversión de mejoramiento del diseño urbano resiliente.

Se requerirá avanzar al diseño e implementación de sistemas de alerta temprana ante eventos extremos de calor e incendios, vinculados a una mejor internalización en la comunidad de la alerta SAE, así como las nuevas siglas y procedimientos de SENAPRED, con el fin de hacer viables y expeditos los procesos de evacuación.

Será una necesidad a nivel de país contar con criterios técnicos para abordar procesos de Reconstrucción para amenazas de origen natural recurrentes en el país, con el fin de asimilar la oportunidad que tienen para generar aprendizajes que eleven la resiliencia social y urbana en las áreas afectadas por estos desastres.

Fortalecer la cultura preventiva y la memoria del desastre integrando el rol de las comunidades en el desarrollo de la resiliencia comunitaria y gobernanza situada, parece ser un objetivo principal en la reducción del riesgo de desastre, así como la vinculación de las áreas de riesgo en los Instrumentos de Planificación Territorial en áreas costeras, donde las formas de ocupación tanto formales como irregulares generan entornos complejos y vulnerables.

## 1. ANTECEDENTES

Durante los días 02 y 03 de febrero de 2024, se generó uno de los incendios urbano-forestales más devastadores de los que se tiene registro en Chile, afectando a las comunas de Valparaíso, Viña del Mar, Quilpué y Villa Alemana, en la Región de Valparaíso. Este evento coincidió con una intensa ola de calor que afectó especialmente las regiones entre Coquimbo y Ñuble. Esta tragedia dejó 135 víctimas fatales y 3 denuncias de personas desaparecidas a la fecha de este reporte (mayo de 2024).

Un equipo de investigadores y profesionales del Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres (CIGIDEN), en colaboración con el Centro UC Observatorio de la Costa y con apoyo de la Secretaría de Planificación Comunal (SECPLA) de la I. Municipalidad de Viña del Mar, realizaron un catastro de daños en el área afectada de la comuna de Viña del Mar, a través de un trabajo en terreno de tres días (Martínez et al., 2024), el cual estableció una afectación de 9.215,9 ha quemadas, entre ellos suelos urbanos, agrícolas y forestales en 5 comunas de la Región (Valparaíso, Viña del Mar, Quilpué, Villa Alemana y Limache). Se estimó un total de 9.828 edificaciones afectadas en la comuna. Las cifras oficiales del incendio establecen

11.349,3 ha de las cuales 427,78 ha corresponden a zonas urbanas y 10.921,42 ha, a zonas rurales (CIREN, 2024)<sup>1</sup>. Los sectores que concentraron la mayor afectación por pérdida total fueron: Los Almendros B, Villa Independencia, Villa Arauco, Alto Horizonte, El Olivar I, El Olivar II, Villa Hermosa, Villa Rogers, mientras que las áreas críticas calificadas como priorizadas en este primer informe, por su nivel de daño y vulnerabilidad social, fueron: El Salto, El Olivar, Monte Sinaí, Villa Independencia, el campamento Manuel Bustos y Vista Hermosa.

Entre las conclusiones generadas en este estudio se destaca que la irregularidad del trazado de calles, las características del terreno, el colapso de la redes críticas (eléctrica y agua), el crecimiento urbano espontáneo, la materialidad de las construcciones, la falta de simulacros para incendios, el manejo de sustancias agravantes al fuego (tendido eléctrico, balones de gas) y la falta de diseño urbano resiliente (vías de evacuación, rutas expeditas para bomberos), fueron factores que agravaron el desastre e influyeron en la pérdida de vidas humanas. Por otro lado, se destacó que ninguna de las comunas afectadas tiene actualizados sus Planes Reguladores Comunes (Valparaíso, 2018; Viña del Mar 2016; Quilpué, 2014 y Villa Alemana, 2002), mientras que la determinación de áreas de riesgo (en especial en relación con incendios forestales) no ha sido articulada a éstos y que el proceso de reconstrucción que sobreviene podría ser una oportunidad para incorporar diseño urbano resiliente, así como para fortalecer la cultura preventiva a través de planes de emergencia y educación a la población.

Estas conclusiones fueron concordantes con las indicadas en el reporte científico realizado por World Weather Attribution (WWA) y CR2, titulado “*Despite known coastal cooling trend, risk of deadly wildfires in central Chile increasing with changing land management in a warming climate*”<sup>2</sup>, el cual estableció que el riesgo de incendio está aumentando notablemente debido a las prácticas actuales de gestión de la tierra, como la expansión de las áreas de interfaz urbano-forestal (incluido el crecimiento de asentamientos informales en zonas forestales) y la conversión generalizada de plantaciones nativas exógenas y monocultivos. Además, se indica que las inversiones existentes en prevención de incendios y medidas de adaptación, junto con la percepción de bajo riesgo entre los residentes en áreas propensas a incendios, han mostrado una efectividad limitada para mitigar adecuadamente el riesgo de incendio. Este estudio es significativo en desestimar la influencia del ENOS (El Niño) en los resultados del índice

[1] En: Plan de Reconstrucción, Incendios Región de Valparaíso de febrero de 2024. Ministerio de Hacienda.

[2] Kimutai, J. et al., 2024. Reporte científico (21 febrero 2024). Imperial College London repository. <https://spiral.imperial.ac.uk/handle/10044/1/109375>

HDWI que combina altas temperaturas, altas velocidades del viento y baja humedad. A través de este índice se estableció que las condiciones cálidas, secas y ventosas (escenario sobre 30°C, viento sobre 30 km/h y humedad relativa inferior a 30%) que provocaron los incendios forestales de febrero de 2024 se caracterizan como un evento que ocurre cada 30 años en el clima actual, donde la influencia del cambio climático tampoco es significativa.

En este contexto, y con el propósito de apoyar la fase de Reconstrucción post desastre (la que se ha definido para un horizonte de tiempo de 5 años por parte del gobierno), se realizó entre el 02 y el 05 de abril de 2024 un segundo trabajo de terreno en las áreas más afectadas por el incendio en Viña del Mar (Villa Independencia, campamento Manuel Bustos, El Olivar y El Salto), donde el mismo equipo de investigadores y profesionales de los Centros CIGIDEN y Observatorio de la Costa, recolectaron datos de los cambios socio-territoriales ocurridos a dos meses de ocurrido el desastre.

Este plan de Reconstrucción, que resulta del trabajo colaborativo del Comité de Ministras y Ministros para la Reconstrucción, presenta un enfoque integrado organizado en 6 enfoques, 7 ejes y 24 componentes que incluyen más de 170 medidas a aplicar en un plazo de 5 años, con un presupuesto asociado de más de US\$1.000 millones<sup>3</sup>. Entre los ejes considerados destacan el Bienestar integral; Urbano-habitacional; Entorno urbano; Infraestructura de redes y, Territorio y Sustentabilidad. Se debe considerar que el gasto declarado para manejo de incendios forestales en los últimos años ha ido en rápido aumento, donde solo durante la temporada de incendios 2023 en el sur del país, el Ministerio de Hacienda estimó US\$ 309 millones, cifra que considera el gasto directo del Estado en el combate de la emergencia, en la reconstrucción y apoyo a sectores productivos, entre otros gastos<sup>4</sup>.

Se espera que los resultados de este informe puedan apoyar la toma de decisiones en materia de Reconstrucción y Gestión integrada del Riesgo, sobre la base de la evidencia científica, especialmente considerando que estos eventos seguirán ocurriendo, como parte de la variabilidad climática y la componente antropogénica del cambio climático, resultando en escenarios de alta incertidumbre en el futuro inmediato. Por ello, los esfuerzos de colaboración entre ciencia, comunidad y toma de decisiones serán cada vez más relevantes para avanzar en modelos de desarrollo más integrales y una gobernanza multinivel que promueva la co-construcción de asentamientos humanos más resilientes, seguros y sostenibles.

[3] <https://www.desarrollo-social-y-familia.gob.cl/noticias/gobierno-presenta-plan-de-reconstruccion-tiene-mas-de-170-medidas-e-incluye-creacion-de-una-corporacion>

[4] <https://www.hacienda.cl/noticias-y-eventos/noticias/hacienda-actualiza-calculo-costos-contables-de-incendios>

## 2. EQUIPO DE TRABAJO

El trabajo en terreno se enfocó en actualizar un catastro de daños por el incendio (infraestructura crítica y equipamiento vecinal afectado), prospección de elementos de vulnerabilidad social, cambios territoriales durante el proceso de rehabilitación, especialmente debido a la autoconstrucción, elementos relacionados con el diseño urbano y las vías de evacuación, y testimonios de los residentes afectados para indagar sobre funcionamiento de la alerta SAE y manejo de la emergencia. En la Tabla 1, se detalla la información del equipo.

Nombre	Profesión	Unidad académica
Dra. Carolina Martínez	Geógrafa	Académica Geografía UC Investigadora Principal CIGIDEN, RL6- Directora Centro UC Observatorio de la Costa
Dr. Jorge León	Arquitecto	Académico Arquitectura UTFSM Investigador Principal CIGIDEN, RL6
Dr. Jorge Quiñe	Geógrafo	Académico Geografía UC
Mag. Nikole Guerrero	Geógrafa	Profesional CIGIDEN, RL6
Mag. Simón Inzunza	Geógrafo	Profesional CIGIDEN, RL6
Malcom Bonet	Geógrafo	Estudiante Magíster Geografía y Geomática UC - Profesional CIGIDEN, RL6
Mag. Randy Román	Arquitecto urbanista	Magíster Desarrollo Urbano UC - Profesional apoyo CIGIDEN, RL6
Carolina Zurita	Geógrafa	Estudiante Magíster en Planificación Urbana UC
Luis González	Geólogo	Estudiante Magíster Geografía y Geomática UC
Constanza Romero	Geógrafa	Estudiante Magíster Geografía y Geomática UC
Javiera Zúñiga	Geógrafa	Profesional de apoyo CIGIDEN, RL6
Esteban Araya	Lic. en Geografía	Colaborador Centro UC Observatorio de la Costa
Ricardo Acevedo	Periodista	Centro UC Observatorio de la Costa

Tabla 1. Equipo de trabajo

### 3. CONTEXTO GEOGRÁFICO

El Gran Valparaíso se localiza en la costa de la zona central de Chile, en la Región de Valparaíso y considera las comunas de Algarrobo, Cartagena, Casablanca, Concón, El Quisco, El Tabo, La Ligua, Papudo, Puchuncaví, Quintero, San Antonio, Santo Domingo, Valparaíso, Viña del Mar y Zapallar (Figura 1). En este eje habitan 967.522 personas, siendo la comuna de Valparaíso la que concentra el 35% de los habitantes (Censo, 2017). Esta zona costera presenta una geografía compleja para la urbanización, al configurarse en torno a microcuencas costeras que históricamente han desarrollado inundaciones, remociones en masa y otras amenazas de origen natural derivadas del contexto tectónico, lo cual ha influido en las formas de ocupación (Martínez et al., 2022).

Es un área costera que se caracteriza, entre otros, por el desarrollo de actividades portuarias, turismo y la provisión de servicios terciarios, en el cual, además, se subraya el creciente rol de la actividad inmobiliaria, traducida en la construcción de centros comerciales, autopistas urbanas y principalmente en la ejecución de condominios horizontales y verticales abocados a la segunda residencia de población flotante proveniente de Santiago, lo cual ha configurado un crecimiento exponencial de la mancha urbana hacia la periferia y la costa; se destaca, asimismo, el aumento de asentamientos informales o campamentos (Fuentes y Pezoa, 2017). De acuerdo con el análisis de vulnerabilidad social y su evolución entre Censos, realizado por Martínez et al., (2022a), el Gran Valparaíso ha incrementado la vulnerabilidad en el tiempo, siendo los factores más relevantes las “mujeres jefas de hogar”, “población en situación de discapacidad” e “inmigración”. Esto ha incidido en un incremento de las formas de ocupación irregular como son las tomas y los campamentos.

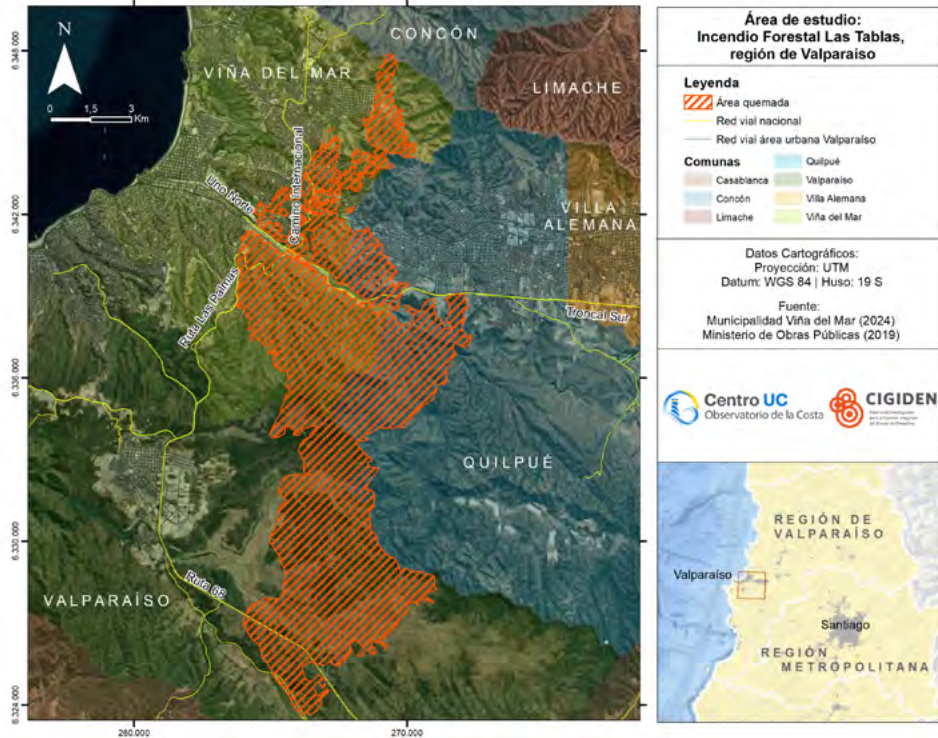


Figura 1. Comunas del Gran Valparaíso afectadas por el incendio

Fuente: Municipalidad de Viña del Mar, 2024 & Ministerio de Obras Públicas, 2019

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 OBJETIVO GENERAL

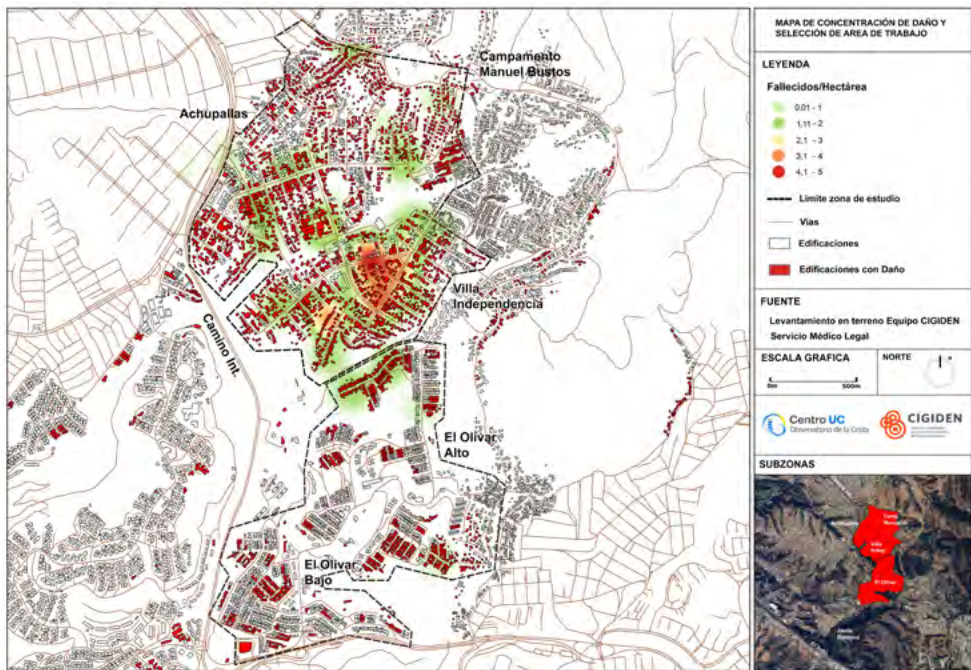
Realizar un reporte de daños y cambios socio-territoriales en las áreas más afectadas por los incendios de interfaz urbano-forestal ocurridos entre el 02 y 03 de febrero de 2024 en la comuna de Viña del Mar, durante la fase de rehabilitación, como parte de la prospección y monitoreo del desastre.

### 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analizar la influencia de los incendios en la susceptibilidad de la cuenca del estero Marga-Marga a remociones en masa.
2. Identificar daños y cambios en la estructura urbana y de asentamientos en áreas prioritarias, durante la fase de rehabilitación post incendios.
3. Identificar elementos de vulnerabilidad física, social y comunitaria ante incendios.
4. Identificar necesidades de información técnica-científica por parte del municipio de Viña del Mar.

## 5. ÁREA DE ESTUDIO

Dado que las áreas más afectadas por el incendio en términos de víctimas fatales y daños en viviendas fueron los sectores de Villa Independencia, el campamento Manuel Bustos, El Olivar y el Salto en Viña del Mar, las actividades de terreno se priorizaron en estos sectores. La Figura 2 indica una estimación de la concentración espacial de las víctimas a partir de datos oficiales (Servicio Médico Legal de Chile, 2024), indicando necesidades urgentes de implementación de medidas de protección de la vida humana frente a nuevos escenarios de riesgo, especialmente en los sectores de Villa Independencia, Manuel Bustos y El Olivar.



**Figura 2.** Concentración de víctimas fatales en las áreas afectadas por el incendio

*Fuente: CIGIDEN, a partir de datos del Servicio Médico Legal de Chile.*

De este modo, las áreas seleccionadas para el levantamiento de nuevos datos en terreno fueron 4: Villa Independencia, campamento Manuel Bustos, El Olivar y El Salto, las cuales en su conjunto suman 1,8 Km<sup>2</sup> (Figura 3 y Tabla 2).

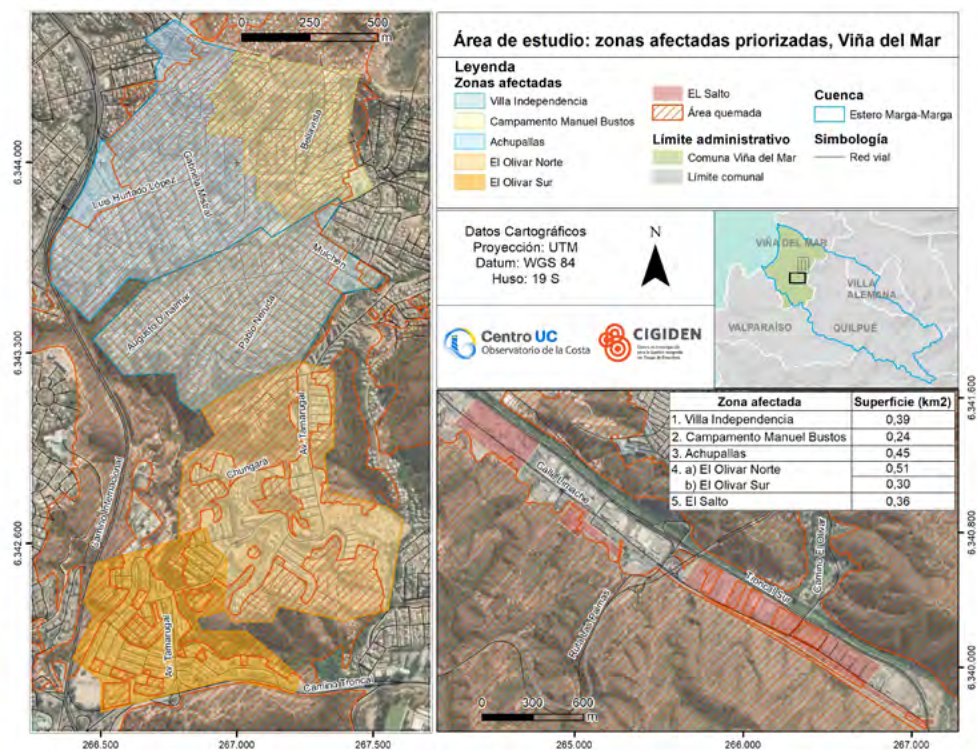


Figura 3. Área de estudio (sectores priorizados)

Fuente: Elaboración propia

Sector	Superficie (km2)
Villa Independencia	0,39
Campamento Manuel Bustos	0,24
Achupallas	0,45
El Olivar Norte	0,51
El Olivar Sur	0,30
El Salto	0,36
Total	1,8

Tabla 2. Áreas priorizadas y superficie ocupada (km2)

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4 se detallan los sectores recorridos durante la visita a Villa Independencia y Manuel Bustos, mientras que, en la Figura 5, se establecen las zonas estudiadas en El Olivar y El Salto.

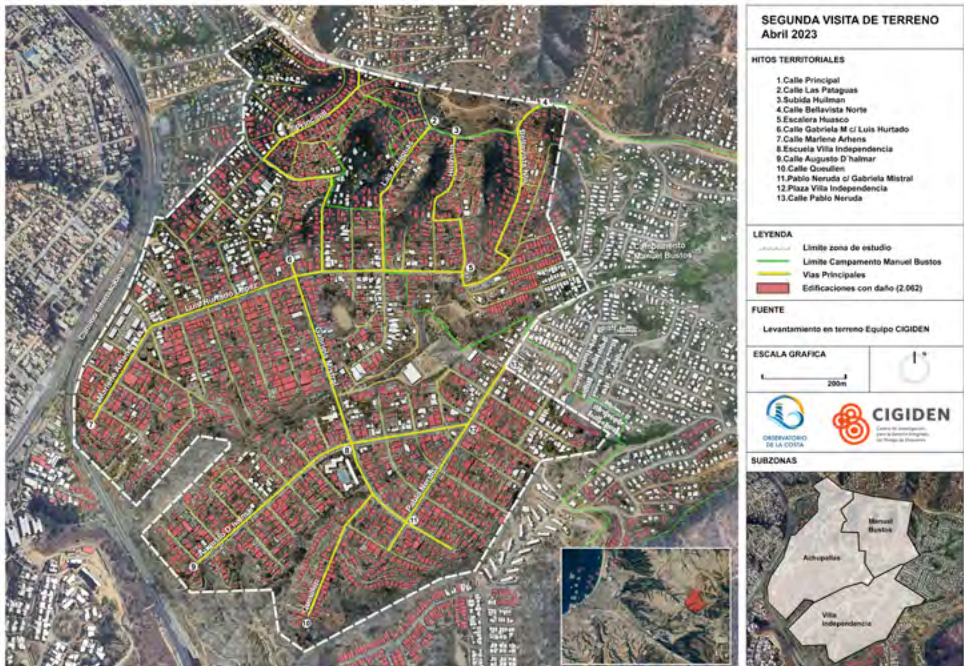


Figura 4. Sectores 1 y 2 (Villa Independencia y campamento Manuel Bustos)

Fuente: Elaboración propia

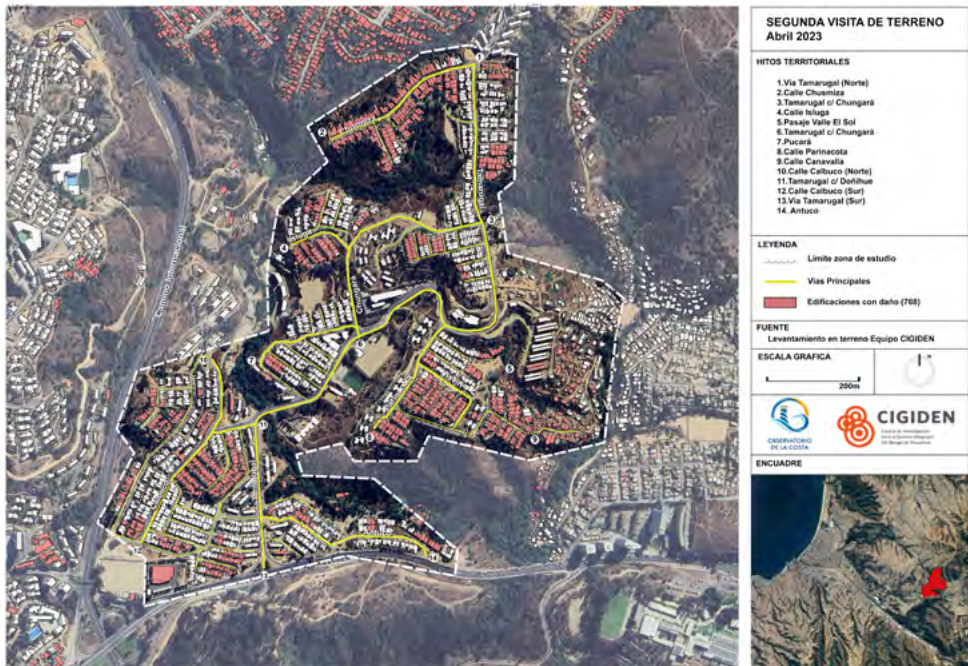


Figura 5. Sectores 3 y 4 (El Olivar y El Salto)

Fuente: Elaboración propia

## 6. METODOLOGÍA

La metodología utilizada se basó en trabajo de gabinete y de terreno. La primera consistió principalmente en sistematizar información de las microcuencas involucradas para establecer su estado de conservación (susceptibilidad a remociones en masa) y el segundo se enfocó a la recolección de nuevos datos sobre auto-reconstrucción, estado de las edificaciones afectadas, vulnerabilidad social y del entorno construido, además de prospección de testimonios sobre la emergencia y rehabilitación.

### 6.1. TRABAJO DE GABINETE

#### 6.1.1. Análisis morfométrico de la cuenca del estero Marga-Marga

Para analizar los aspectos morfológicos y morfométricos de la cuenca del estero Marga-Marga, se emplearon datos obtenidos desde la IDE Chile (<https://www.ide.cl/>) para su posterior trabajo en el software ArcGIS PRO 3.2. Se realizaron los siguientes procedimientos metodológicos:

##### a) Preparación de Datos

Se descargaron las capas de datos geoespaciales correspondientes a la cuenca del estero Marga-Marga y la capa del Modelo de Elevación Digital (MDE) de la región de Valparaíso.

La capa de la cuenca del estero Marga-Marga se utilizó como capa base para realizar el corte del MDE al área de interés. Con respecto al MDE, este corresponde a una imagen satelital Alos Palsar de 12,5 metros por píxel. Este modelo fue trabajado por CIREN en 2016 y para cambiar la altura Geoidal a nivel medio del mar, utilizaron el modelo EGM2008 mundial, el cual registra las diferencias entre el geoide y el nivel medio del mar, con píxeles de 1 segundo de arco (30 metros). La escala aproximada definida por el error vertical y por el tamaño del píxel, es de 1:25.000 (IDE Chile, 2024)<sup>5</sup>.

Después, se llevó a cabo un preprocesamiento de los datos descargados. Se aplicó un área de influencia de 500 metros a la capa que representa la cuenca del estero Marga-Marga, lo que permitió encuadrar el MDE al área de estudio, evitando posibles errores en los límites del MDE. Con respecto al MDE, una vez recortado al área de estudio<sup>6</sup>, se realizó un procesamiento llamado Fill, el cual mejora los errores que pueda contener el MDE en temas de defectos o vacíos en sus celdas.

[5] <https://www.geoportal.cl/geoportal/catalog/35435/DEM%20Alos%20Palsar%20Regi%C3%B3n%20de%20Valpara%C3%ADso>

[6] Esta área corresponde a la cuenca del estero Marga-Marga con su buffer de 500 metros agregado.

### b) Definición de redes de drenaje

Se utilizó la herramienta *Flow Direction* para calcular la dirección de flujo de las aguas. Luego, se realizó el proceso *Flow Accumulation* para generar un archivo en formato ráster que indica el flujo acumulado para cada celda. Esto se determina por la acumulación del peso de cada celda que fluye hacia las celdas de menor pendiente. Se utilizó la herramienta *Stream Definition* y se determinó un número de celdas para definir las corrientes de 5.000 (este número se establece por medio de la interpretación de resultados). Luego de definir las, se realizó la segmentación *Stream Segmentation*. Este geoproceso divide la red de drenaje en segmentos individuales a lo largo de los cursos de agua y realiza la identificación de los límites de una cuenca o intercuenca, lo cual permite un análisis más detallado de las características de la red de drenaje.

### c) Delimitación de la cuenca

Una vez obtenido el MDE de la cuenca y la red de drenaje, se delimitó la cuenca utilizando el geoprocesamiento de *Catchment Grid Delineation*. Esta herramienta realiza la división de áreas de drenaje, asignando a cada celda de la grilla a la cuenca hidrográfica correspondiente según la dirección del flujo del agua en el terreno. Tras ello, se obtienen diferentes delimitaciones de microcuencas en formato ráster. Para traspasar este dato de salida se prosiguió con la ejecución del geoproceso *Catchment Polygon Processing*, el cual permite obtener la delimitación de las microcuencas obtenidas en formato vectorial.

Por otro lado, se requiere realizar la línea de corriente utilizando el geoproceso *Drainage Line Processing*, la cual entrega la red de drenaje primaria de cada microcuenca identificada en el paso anterior. Además, para analizar las características hidrológicas obtenidas en los pasos anteriores, se utilizó la herramienta *Adjoint Catchment Processing* para comprender cómo fluyen y se interconectan las aguas superficiales de las microcuencas obtenidas. Esta herramienta, permite identificar parámetros para definir la delimitación precisa de los límites de la cuenca, así como la contribución de cada celda de la cuenca al flujo de la red hidrográfica. Finalmente, se aplicó la herramienta *Point Delineation* desde el Add-In para definir el punto de aforo en el mapa.

#### d) Cálculo de parámetros morfométricos

Se determinó el área de la cuenca en kilómetros cuadrados, el perímetro, la longitud máxima del cauce principal, el ancho de la cuenca, el índice de Gravelius (Kc), factor de forma de Horton (Kf) y el índice de circularidad de Miller (Ic):

- **Área de la cuenca (km<sup>2</sup>):** Se realizó utilizando la capa resultante del último geoproceso de *Point Delineation*, la cual corresponde a WASHPOLY. Esta capa contiene la representación espacial de la cuenca hidrográfica delimitada. A partir de esta capa, se agregó un nuevo campo (*Add Field*) denominado ÁREA y se llevó a cabo un *Calculate Geometry*, especificando los parámetros de salida con su unidad de medida, como kilómetros cuadrados o hectáreas, entre otros.
- **Perímetro de la Cuenca (km):** El cálculo del perímetro se realizó desde la tabla de atributos de la capa WASHPOLY donde se agregó un nuevo campo (*Add Field*) denominado PERÍMETRO. Luego, se llevó a cabo un *Calculate Geometry*, especificando los parámetros de salida con su unidad de medida.
- **Longitud Máxima de Cauce Principal (km):** La longitud máxima de la cuenca se obtiene mediante la aplicación del geoproceso *Longest Flow Path*, la que arroja una capa vectorial tipo línea. A partir de ella, se agregó un nuevo campo (*Add Field*) denominado LONGITUD y se llevó a cabo un *Calculate Geometry*, especificando los parámetros de salida con su unidad de medida.
- **Ancho Cuenca:** El cálculo del ancho de la cuenca se define como la relación (división) entre el área de la cuenca y la longitud de la cuenca.
- **Índice de Gravelius (Kc):** Es un indicador de la irregularidad de la cuenca, por lo que relaciona el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo equivalente (Figura 5). Su fórmula es la siguiente:

$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:  
 Kc= Coeficiente de Compacidad  
 P= Perímetro  
 A= Área de la cuenca (Km2)

Índice de Compacidad (Kc)	> 1,75	1,5 – 1,75	1,25 – 1,5	1 – 1,25
	Alargada	Oblonga	Ovalada	Redonda
$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$ <p>Kc= Índice de Gravelius                      P= Perímetro de cuenca (km)                      A= Área de la cuenca (km²)</p>				
Producción sostenida de caudales	bajo	moderado	alto	Muy alto
Potencial a crecientes	bajo	moderado	alto	Muy alto

Figura 6. Índice de Compacidad (Kc) o Gravelius

Fuente: Gregory and Walling (1973).

Los valores obtenidos en este índice nunca serán inferiores a 1, y mientras su grado de aproximación sea más cercano a 1 indicará una tendencia a concentrar grandes volúmenes de agua de escurrimientos (Instituto Nacional de Ecología, 2004, en Meza et al., 2014).

- **Factor de forma de Horton (Ff):** Este factor permite medir la forma de la cuenca (Figura 6). Los parámetros de cálculo corresponden al área dividida por la longitud del cauce máximo. Su fórmula es la siguiente:

$$Ff = \frac{A}{Lc^2}$$

Donde:  
 Ff= Factor de forma de Horton  
 A= Área de la cuenca  
 Lc= Longitud de cauce principal

ELONGACION			
Factor de forma (Ff)	$Ff = \left( \frac{A}{Lc^2} \right)$	Ff = Factor de forma de Horton A = Área de la cuenca (m²) Lc = Longitud del cauce principal (m)	0 – 0,25 = Estrecha 0,25–0,50= Alargada 0,5 – 0,75 = Ancha 0,75 – 1 = Ancha
LOBULACIÓN			

Figura 7. Factor de forma de Horton

Fuente: Gregory and Walling (1973)

- **Índice de circularidad de Miller (Ic):** Este índice es la relación entre el perímetro (P) y el Área de la cuenca hidrológica (A). Su fórmula es la siguiente:

$$Ic = \frac{4\pi A}{P^2}$$

Donde:

Ic= índice de circularidad de Miller

A= Área de la cuenca

P= Perímetro de la cuenca

Un valor más cercano a 1 indica una forma más circular de la cuenca, mientras que valores más bajos indican formas más alargadas u oblonga (Figura 7).

Índice de Circularidad de Miller (Ic)	$Ic = \frac{(4\pi A)}{P^2}$	<p>Ic = Índice de circularidad de Miller                  A = Área de la cuenca (m<sup>2</sup>)                  P = Perímetro de la cuenca (m)</p>	<p>0 – 0,25 = Oblonga                  0,25–0,50 = Ovalada                  0,5 – 0,75 = Oval                  0,75 – 1 = Circular</p>
---------------------------------------	-----------------------------	---	--

**Figura 8. Índice de Miller**

*Fuente: Gregory and Walling (1973)*

### 6.1.2. Estado de alteración de laderas y quebradas: prospección de peligros geológicos

#### a) Catastro y prospección de peligros geológicos

Para prospectar los peligros geológicos en el área que-mada y evaluar la susceptibilidad a remociones en masa a nivel de cuenca, se realizó una recopilación de información bibliográfica con el fin de conocer la recurrencia histórica o catastro de estos fenómenos, los cuales fueron cartografiados.

Se utilizó la definición de remoción en masa propuesta por Cruden and Varnes (1996), y modificada por Hungr et al., (2014) que indica que son: “procesos de movilización lenta o rápida de determinado volumen de suelo, roca, o ambos, en diversas proporciones, generados por distintos factores, correspondiendo intrínsecamente a procesos gravitacionales, considerando que una porción específica del conjunto del terreno se desliza hasta una cota o nivel inferior al original”.

Se utilizó la clasificación de Varnes (1978), la cual considera entre los tipos principales de remociones en masa las caídas de roca, los deslizamientos, los flujos, los toppling y las extensiones laterales, indicados en la Tabla 3.

Tipo de movimiento	Tipo de material	
		Roca
Caída		
Toppling		
Deslizamiento	Rotacional	
	Traslacional	
Extensiones laterales		
Flujos		
Complejos		
	Grano grueso (detritos, <80% partículas <2mm)	Grano fino (barro, >80% partículas <2mm)

**Tabla 3. Clasificación de remociones en masa**

*Fuente: Varnes (1978)*

En los sectores de Villa Independencia, El Olivar y Campamento Manuel Bustos se realizó un trabajo de terreno en 2 fechas: la primera realizada entre los días 01 y 04 de abril del 2024, luego de los incendios y la segunda, inmediatamente después del evento meteorológico del 20-23 de mayo, donde se activaron las quebradas principales debido a máximos pluviales.

Los aspectos revisados en el primer terreno fueron principalmente, el estado de alteración de las quebradas y laderas de cerros, observar y mapear las características morfológicas de la cuenca, las unidades geológicas y su relación con las formas de ocupación. Durante el segundo terreno, se visitaron las áreas donde se activaron quebradas y se reportaron afectaciones por parte de los vecinos y se revisaron los eventos catastrados a través de la información bibliográfica.

**b) Susceptibilidad a remociones en masa**

Para llevar a cabo este análisis, se emplearán los criterios establecidos por Brantt et al., (2021) en su trabajo sobre el "Peligro de remociones en masa en el sector sur de la Región de Coquimbo", desarrollado por el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN). Estos criterios proporcionan un marco detallado para evaluar la susceptibilidad, considerando factores como la pendiente del terreno, la geología y la densidad de drenajes. Dado que el estudio de Brantt et al., (2021) se orienta a una evaluación de carácter regional, fue necesario adaptar y modificar su metodología a la escala y particularidades de la cuenca del Marga-Marga.

Entre las modificaciones realizadas, se incluye la incorporación de factores específicos como la curvatura de las pendientes, el uso de suelo y el índice NDMI (Normalized Difference Moisture Index). Estos factores adicionales proporcionaron una mayor precisión y detalle en el análisis de susceptibilidad, adecuándose mejor a las características locales de la cuenca.

La curvatura de las pendientes se incluyó como un criterio principal, ya que influye directamente en la estabilidad del terreno y la dirección de los flujos de detritos. El uso de suelo, por su parte, es un factor determinante en la evaluación de susceptibilidad, ya que diferentes tipos de cobertura (urbana, agrícola, forestal) afectan la infiltración del agua y la estabilidad del suelo. El índice NDMI es particularmente útil para monitorear la humedad del suelo y la vegetación, indicadores clave de la susceptibilidad a deslizamientos.

A partir del Modelo Digital de Elevación (MDE) Alos-Palsar de 12,5 metros de resolución espacial, construido a partir de la Infraestructura de Datos Geoespaciales (IDE Chile), se generaron varios productos esenciales para el análisis, tales como la morfometría de la cuenca, pendientes, red de drenaje y curvatura del terreno. La geología utilizada corresponde al mapa geológico chileno a escala 1:1.000.000 del SERNAGEOMIN. Las imágenes NDMI utilizada en este estudio correspondieron a datos de Sentinel-2 obtenidas para las fechas 02 de febrero de 2024 y para el 12 de febrero de 2024, posterior al evento de incendios del 2 y 3 de febrero, principalmente para destacar la incidencia de la pérdida de vegetación y humedad. La cobertura de uso de suelo se obtuvo de los datos de ESRI Sentinel-2 Landcover, permitiendo una clasificación actualizada de los diferentes tipos de cobertura del suelo.

### c) Factores Condicionantes

Para el análisis de susceptibilidad a remociones en masa, se consideraron los siguientes factores condicionantes:

#### > Pendiente

Es la pendiente promedio de las laderas, obtenidas a partir del análisis en SIG del modelo digital de terreno, Alos-Palsar de 12,5 m de resolución de celda. Utilizando la herramienta Slope de ArcGIS Pro, se generó un mapa de pendientes para el área de estudio, que luego fueron reclasificadas de acuerdo con los rangos establecidos por Brantt et al., (2021) (Tabla 4).

Factor condicionante	Clase o rango	Valor de favorabilidad (VF)
Pendiente	0-8°	1
	8-15°	2
	15-22°	3
	22-35°	4
	>35°	5

**Tabla 4.** Valores de Favorabilidad para la reclasificación de pendientes

*Fuente: Brantt et al., (2021)*

#### > Densidad de Líneas de drenaje

Considerando la red de drenaje de la cuenca, se calcula la longitud total de las líneas de drenaje que están dentro de cada celda del ráster. Luego, divide esta longitud total por el área de la celda, resultando en un valor de densidad de línea para cada celda. Esta variable se reclasificó en 5 rangos obtenidos a partir de los cortes de desviación estándar como lo indica la metodología de Brantt et al., (2021) (Tabla 5). Este tipo de análisis es útil para identificar áreas con alta concentración de drenaje, que pueden indicar una mayor presencia de agua superficial, lo que puede saturar el suelo y reducir su cohesión, aumentando la susceptibilidad a deslizamientos. Se generó por lo tanto, un mapa que muestra variaciones espaciales en la densidad de las líneas de drenaje. Las áreas con mayor densidad de líneas de drenaje tendrán valores más altos, y se visualizan como áreas más oscuras o de color más intenso en el mapa de densidad. Estas pueden indicar una mayor presencia de agua superficial, lo que puede saturar el suelo y reducir su cohesión, aumentando la susceptibilidad a deslizamientos.

Factor condicionante	Clase o rango	Valor de favorabilidad (VF)
Densidad de líneas de drenaje	5,895 - 12,168	1
	12,168 - 19,889	2
	19,889 - 27,610	3
	27,610 - 35,331	4
	35331,-80,009	5

**Tabla 5.** Valores de Favorabilidad para la reclasificación de Densidad de Líneas de Drenaje

*Fuente: Brantt et al., (2021)*

> Índice de Humedad de Diferencia Normalizada (NDMI)

Se emplea para detectar los niveles de humedad en la vegetación mediante la combinación de bandas espectrales del infrarrojo cercano (NIR) y del infrarrojo de onda corta (SWIR). Este índice actúa como un indicador del estrés hídrico en la vegetación. En áreas propensas a incendios, donde las condiciones de sequía aumentan el riesgo de combustión, el NDMI es útil para monitorear los niveles de material combustible. El NDMI tiene valores que oscilan entre -1 y +1, donde una disminución en el NDMI indica estrés hídrico, mientras que valores anormalmente altos pueden señalar anegamiento. Respecto a los valores negativos, estos indican pérdida de vegetación, llegando a sus valores más bajos cuando se trata de suelo desnudo, incrementando la susceptibilidad de las laderas a remociones en masa. En tanto, los valores positivos señalan una mayor cobertura vegetal, alcanzando el máximo cuando la cobertura es total (ver Tabla 6).

Se utilizaron dos imágenes NDMI: una del 02-02-2014 para el análisis pre-incendio y otra del 12-02-2024 para el análisis post-incendio.

Factor condicionante	Clase o rango	Valor de favorabilidad (VF)
NDMI	-1 - -0,8	5
	-0,8 - -0,2	4
	-0,2 - 0,2	3
	0,2- 0,4	2
	0,4- 0,86	1

**Tabla 6. Valores de Favorabilidad para la reclasificación del Índice NDMI**

*Fuente: Elaboración Propia*

> Geología

Para el análisis de la geología, se utilizó la geología básica a escala 1:1.000.000 del Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile (SERNAGEOMIN). Para reclasificar el mapa temático de geología, cada agrupación litológica fue valorizada según su favorabilidad a generación de remociones en masa, con valores del 1 al 5 de acuerdo con las clases utilizadas por Brantt et al., (2021) (Tabla 7).

Factor condicionante	Clase o rango	Valor de favorabilidad (VF)
Geología	Depósitos fluviales	1
	Depósitos eólicos	2
	Secuencias volcánicas y sedimentarias marinas	3
	Rocas plutónicas Cretácico Inferior - Cretácico Superior.	4
	Rocas plutónicas del Carbonífero - Pérmico.	4
	Batolitos y plutones del Jurásico Medio - Superior.	4
	Depósitos de terrazas marinas.	4
	Secuencias sedimentarias marinas litorales o fluviales estuarinas.	4
	Secuencias sedimentarias marinas transgresivas.	4
	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa.	5

**Tabla 7. Valores de Favorabilidad para la reclasificación de la Geología**

*Fuente: Brantt et al., (2021)*

#### > Curvatura

Se consideró el análisis de la curvatura de las laderas, considerando si presenta tipos de geometría recta, cóncava o convexa. La caracterización de la morfología de la pendiente y el flujo se puede analizar con la ayuda del mapa de curvatura. La curvatura del plano, frecuentemente conocida como curvatura plana, es perpendicular a la dirección de la máxima pendiente. La curvatura influye en la convergencia y divergencia del flujo el plano vertical paralelo a la dirección de la pendiente, afectando la aceleración y desaceleración de los flujos cuesta abajo y, como resultado, influyendo en la erosión y la deposición (Wang et al., 2015). Un valor positivo señala que la superficie es convexa lateralmente en esa celda. Un valor negativo indica que la superficie es cóncava lateralmente en esa celda. Un valor cero sugiere que la superficie es lineal. En este estudio, la curvatura de plano, se derivaron a partir del análisis en SIG del modelo digital de elevación, y se reclasificaron en 3 clases: < -0,5 como cóncava, -0,5-0,5 como lineal y >0,5 como convexa (Tabla 8). Según Pourghasemi et al., (2012) establecen que si la curvatura de plano es cóncava la susceptibilidad a deslizamientos es baja, si la curvatura de plano es convexa la susceptibilidad a deslizamientos es muy alta.

Factor condicionante	Clase o rango	Valor de favorabilidad (VF)
Curvatura	-1054,719 - -0,5	3
	-0,5 - 0,5	1
	0,5 - 862,882	5

**Tabla 8.** Valores de Favorabilidad para la reclasificación de la Curvatura de Laderas

*Fuente: Elaboración propia a partir de Pourghasemi et al., (2012)*

#### > Uso de suelo

El uso de suelo indica la presencia o ausencia de urbanización, el tipo de vegetación en áreas no urbanizadas, la falta de vegetación o actividades agrícolas/forestales presentes. Cada tipo de uso de suelo influye en la superficie que ocupa, afectando la capacidad de infiltración del agua en el suelo y, por ende, facilitando o retrasando su saturación. En el área de estudio se identificaron seis tipos de uso de suelo, los cuales fueron reclasificados. Los suelos de pastizales y los suelos desnudos se consideraron con mayor favorabilidad debido a la poca cobertura vegetal presente, ya que la vegetación ayuda a absorber el agua de lluvia y retarda la saturación del terreno. Los suelos de uso urbano y de cultivos se clasificaron con una favorabilidad intermedia, debido que las áreas urbanas presentan alta intervención en el terreno, lo cual genera inestabilidad en los taludes y los suelos destinados a cultivos, con el tiempo, muestran gran erosión y deterioro en su calidad. Finalmente, los suelos utilizados para árboles y bosques, así como los cuerpos de agua, tienen los menores valores de favorabilidad debido al alto nivel de vegetación presente (Tabla 9).

Factor condicionante	Clase o rango	Valor de favorabilidad (VF)
Uso de Suelo	Agua	1
	Árboles	1
	Cultivos	2
	Urbano	3
	Pastizales	4
	Suelo Desnudo	5

**Tabla 9.** Valores de Favorabilidad para la reclasificación del Uso de Suelo

*Fuente: Elaboración Propia*

### > Ponderación de Factores Condicionantes

Para realizar el cálculo de la susceptibilidad a remociones en masa en la cuenca de Marga-Marga, se utilizó una metodología que combina la ponderación de los valores de los factores condicionantes, empleados en el proceso de jerarquía analítica (AHP) según lo descrito por Brantt et al., (2021). Este método AHP facilita la estructuración de los factores condicionantes y permite asignarles pesos basados en su influencia relativa en la susceptibilidad a remociones en masa. Además, se consideraron varios factores condicionantes específicos que afectan la susceptibilidad a remociones en masa, como la curvatura de las pendientes, el uso de suelo y el índice NDMI. Estos factores fueron seleccionados y ponderados basándose en el juicio experto. Este enfoque experto considera la experiencia y el conocimiento de especialistas en la materia para asignar pesos a cada factor, garantizando que la ponderación refleje adecuadamente la importancia relativa de cada factor en la generación de remociones en masa (Tabla 10).

Factor condicionante	Ponderación
Pendiente	35
Densidad de líneas de drenaje	15
NDMI	5
Geología	30
Uso de Suelo	5
Curvatura	10

**Tabla 10.** Ponderación de factores condicionantes

*Fuente: Elaboración Propia a partir de juicio expeto*

Al final del proceso de evaluación, se obtuvieron dos mapas de susceptibilidad a remociones en masa con una resolución de píxel de 12,5 metros. El primero para el análisis de las condiciones pre-incendio y el segundo post-incendio, los cuales, fueron divididos en cinco categorías de susceptibilidad: muy baja, baja, media, alta y muy alta.

### 6.1.3. Prospección vulnerabilidad social

Se realizó un análisis de vulnerabilidad social cuantitativo, con el objeto de prospectar la vulnerabilidad social del área afectada por los incendios en los sectores de Manuel Bustos, Villa Independencia y El Olivar (Figuras 3,4 y 5), y complementar el análisis cualitativo de vulnerabilidad a realizar en terreno. Se utilizó el método cuantitativo SoVI, elaborado originalmente por Cutter et al., (2003), siguiendo las adaptaciones aplicadas a Chile (Martínez et al., 2020 y 2022b; Bronfman et al., 2021; Guerrero et al., 2023).

Considerando la escala local del análisis, se consideró un nivel de análisis a manzana censal, buscando obtener niveles diferenciados de vulnerabilidad social entre los distintos sectores afectados. Respecto de las variables para la construcción del índice, se consideró información obtenida de fuentes públicas, tales como el CENSO 2017, el Sistema de Indicadores y Estándares de Desarrollo Urbano (SIEDU) y el Centro de Inteligencia Territorial (CIT) de la Universidad Adolfo Ibáñez. De esta manera, se obtuvieron 20 variables representativas de 5 dimensiones específicas de vulnerabilidad, las cuales fueron trabajadas con una orientación positiva hacia la vulnerabilidad, facilitando el proceso de análisis. En la Tabla 11 se presentan sus principales descriptivos.

ID	Indicador	Dimensión	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Std.
V5	Distancia Centro de Educación Básica	Accesibilidad	191	0,00	1235,36	592,30	254,63
V6	Distancia Centro de Educación Inicial	Accesibilidad	191	0,00	1235,36	436,39	240,49
V7	Indicador de Baja Accesibilidad a Áreas Verdes	Accesibilidad	191	0,61	0,83	0,72	0,05
V8	Indicador de Baja Accesibilidad a Equipamientos Culturales	Accesibilidad	191	0,73	0,91	0,84	0,04
V9	Indicador de Baja Accesibilidad a Equipamientos Deportivos	Accesibilidad	191	0,19	0,62	0,38	0,09
V10	Indicador de Baja Accesibilidad a Equipamientos de Salud	Accesibilidad	191	0,84	0,96	0,94	0,02
V11	Indicador de Baja Accesibilidad a Servicios Públicos	Accesibilidad	191	0,71	0,92	0,89	0,04
V18	Indicador de Baja Cobertura Vegetal	Ambiental	191	0,07	1,00	0,85	0,21
V16	Indicador de Desempleo	Económica	191	0,00	0,62	0,14	0,11
V17	Indicador de Baja Participación Juvenil en Empleo y Estudio	Económica	191	0,00	0,47	0,12	0,10
V4	% viviendas sin acceso directo al agua	Infraestructural	191	0,00	66,67	1,78	7,65
V12	Indicador de Baja Calidad de la Vivienda	Infraestructural	191	0,00	0,40	0,04	0,07
V13	Indicador de Baja Suficiencia de Viviendas	Infraestructural	191	0,00	0,69	0,10	0,12
V1	índice de feminidad	Social	191	0,00	75,00	51,06	9,48
V2	% dependencia etaria	Social	191	0,00	50,00	21,92	11,64
V3	% Inmigrantes	Social	191	0,00	9,09	0,49	1,62
V14	Indicador de Baja Escolaridad de Jefe de Hogar	Social	191	0,28	0,86	0,46	0,08
V15	Indicador de estructura familiar mononuclear	Social	191	0,00	0,93	0,29	0,16
V19	Indicador de Inseguridad ante Delitos Graves contra las personas	Social	191	0,33	0,76	0,51	0,13
V20	Indicador de Inseguridad ante Delitos Graves contra la propiedad	Social	191	0,21	0,38	0,29	0,05

**Tabla 11. Indicadores y estadísticos para la evaluación de vulnerabilidad social**

*Fuente: Elaboración propia*

## 6.2. TRABAJO EN TERRENO

### 6.2.1 Descripción cualitativa de los sitios afectados en las áreas priorizadas

A partir de la información levantada y catastrada en terreno se realizó un relato descriptivo de los principales hechos y procesos que se han desarrollado en torno a la reconstrucción física y psicológica de los sectores afectados. Para ello, se utilizó la información y citas de relatos obtenidos de las entrevistas y los recorridos realizados por el equipo de terreno, el cual se describe en detalle en los siguientes apartados.

La descripción y relato de los recorridos se encontrará apoyado por mapas del trabajo realizado por día y por imágenes de los distintos sectores afectados. Cabe destacar que, algunos relatos pueden ser sensibles para el lector, se solicita discreción.

### 6.2.2 Levantamiento topográfico a través de drones

Se requirió el empleo de levantamientos aéreos mediante drones para comparar los cambios socio-territoriales en el área afectada a un mes de los incendios, especialmente en el ámbito del diseño urbano y en el estado de las edificaciones afectadas. Para este propósito, se utilizó un vehículo aéreo no tripulado (VANT), modelo Phantom 4 Pro RTK.

El levantamiento se llevó a cabo a 150 metros de altura mediante una planificación de vuelo autónomo que siguió el relieve del área de estudio. Esto permitió mantener una altura constante, lo que a su vez garantiza un nivel de detalle uniforme en cada una de las imágenes capturadas.

Este levantamiento se realizó en dos jornadas, siendo la primera ejecutada el día 2 de abril de 2024 que consideró el sector afectado por el incendio del campamento Manuel Bustos y Villa Independencia. El segundo día, 3 de abril de 2024, se ejecutó el levantamiento del sector denominado El Olivar y El Salto. En ambas jornadas se mantuvieron las mismas condiciones y configuraciones de vuelo.

Las imágenes levantadas fueron procesadas en el software Agisoft Metashape, el cual es un software especializado en el procesamiento posterior de imágenes. Este software ofrece herramientas avanzadas para la generación de modelos digitales de terreno, ortomosaicos y nubes de puntos a partir de fotografías aéreas o terrestres. Mediante el uso de algoritmos sofisticados, Agisoft Metashape permite la creación de modelos tridimensionales, precisos y detallados, fundamentales para el análisis y la visualización de datos en diversas aplicaciones, como la cartografía, la arqueología, la agricultura de precisión y la ingeniería.

A partir de las imágenes del área levantada, se crearon tres productos principales:

- Un ortofotomosaico, que proporciona una representación en imagen aérea RGB del área en cuestión.
- Un modelo digital de superficie, que refleja las elevaciones ajustadas al nivel medio del mar, corregidas al elipsoide EGM 2008, teniendo en cuenta las estructuras y la vegetación presentes en la zona.
- Un modelo digital de terreno, que distingue entre el terreno y otros objetos, ofreciendo una interpolación de puntos que representa las elevaciones del terreno en el área analizada. Este procedimiento solo se llevó a cabo para las áreas correspondientes a población Manuel Bustos, Villa independencia y el Olivar

Considerando el ortomosaico y mediante fotointerpretación, se identificaron los cambios en el entorno construido y en las edificaciones que fueron dañadas. Además, a partir del modelo digital de terreno, se caracterizaron las condiciones topográficas del área afectada.

### **6.2.3 Estado de alteración de laderas y quebradas durante sistemas frontales de mayo de 2024**

En mayo de 2024, se desarrollaron dos sistemas frontales que activaron quebradas y laderas de cerros en la cuenca, por lo cual se realizaron nuevos trabajos de terreno por parte del equipo de geógrafos y geólogos, cuyos resultados están ayudando a validar los mapas de susceptibilidad a remociones en masa, realizados en las etapas previas.

Este estudio que requiere mayores esfuerzos científicos, se encuentra en desarrollo y será entregado en un siguiente etapa a la SECPLA de Viña del Mar, a fines de 2024.

### **6.2.4 Levantamiento de información socio-territorial con app Field Maps (catastro) en fase de rehabilitación**

Se generó un nuevo catastro con información socio-territorial y del entorno urbano en fase de Rehabilitación a través de la aplicación Field Maps de ESRI, que consideró la medición del estado de la reconstrucción, el estado de las vías de evacuación, la vulnerabilidad social y la respuesta a la emergencia.

### a) Sobre el estado de la reconstrucción y el estado de las vías

En el caso específico del entorno urbano y las vías de evacuación, entendiendo además que la unidad de análisis es la vivienda, los testimonios e información que las familias puedan entregar es vital para poder completar el levantamiento urbano completo, el cual incluye las vías de evacuación, sus características y capacidad de respuesta zonificada. Por lo tanto, las variables que añaden valor para modelar la vulnerabilidad física de la vivienda y entorno urbano y que, además, pueden ser captadas en terreno usando la aplicación Field Maps, se pueden visualizar en la Tabla 12.

Variable	Unidad/ Clasificación
Cantidad de vías vehiculares de la calle	1 /1+
Estado de las vías Vehiculares	Bueno/Regular/Malo
Cantidad de veredas	0 /1 /2
Estado de las vías Peatonales	Bueno/Regular/Malo
Vías que resultaron obstruidas durante la emergencia	Si/No
Tiempos de respuesta para la evacuación	Minutos
Tiempos de arribo de equipos de emergencia	Minutos
Recepción de Alerta SAE	Si/No
Infraestructura crítica dañada	Si/No

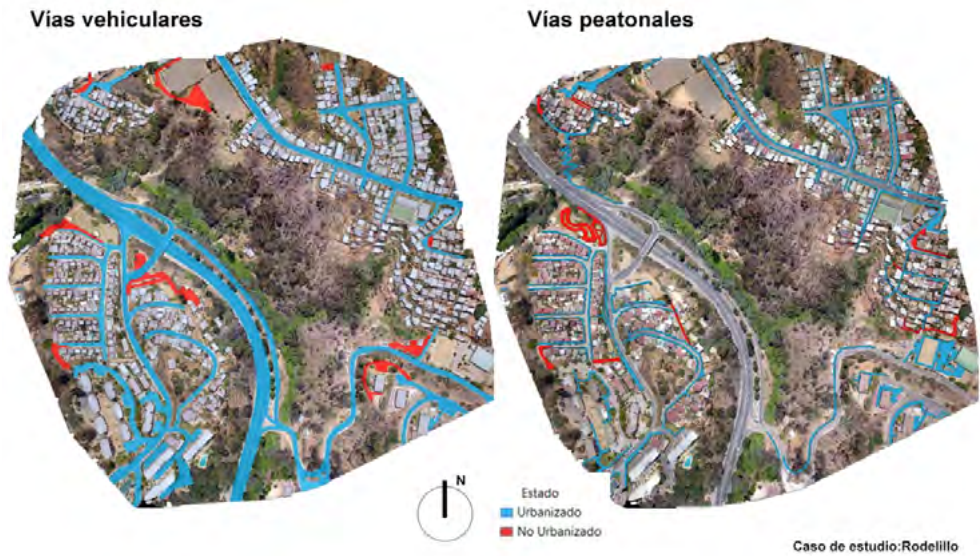
**Tabla 12.** Variables para entorno urbano y vías de evacuación recolectadas en terreno

*Fuente: Elaboración propia*

Estas variables agregan complejidad al modelo de vulnerabilidad física de la vivienda en el contexto de la emergencia y capacidad de respuesta. Con ello, se podrán clasificar las vías para mapear el estado actual y entender a nivel macro las mejores opciones para implementar una evacuación segura, además de generar mapas de evacuación, evitando y entendiendo cuáles son las vías en mal estado y con probabilidad de colapso, ya sea por vehículos, personas o infraestructura peligrosa.

La Figura 8 muestra un ejemplo de análisis de vías de evacuación en el caso de Rodelillo (Valparaíso)<sup>7</sup>. El levantamiento de variables distingue entre vehiculares y peatonales junto a sus categorías de urbanizadas y no urbanizadas. Se debe destacar que el producto que se propone al finalizar el levantamiento de información en terreno es más integral, pues suma el número de veredas, estados de vías y su función durante la emergencia, generando una definición de vías más precisa y útil para la proyección futura de soluciones.

[7] Proyecto Fondecyt 1191543 “Integration of Remote Sensing and Direct Data for Multi-Scale, Dynamic Mapping of Urban Exposure to Earthquake, Mudflow and Fire Hazards” de la Investigadora Responsable Paula Aguirre.



**Figura 9. Análisis de vías para el caso Rodelillo**

*Fuente: Fondecyt 1191543 "Integration of Remote Sensing and Direct Data for Multi-Scale, Dynamic Mapping of Urban Exposure to Earthquake, Mudflow and Fire Hazards".*

En terreno se levantaron las variables necesarias con los criterios presentados en la Tabla 13, con lo cual se mapearon las vías vehiculares y peatonales, así como su estado actual de conservación.











CRITERIO DE MEDICIÓN DE CIRCULACIÓN VEHICULAR	CRITERIO DE MEDICIÓN DE CIRCULACIÓN PEATONAL
<p><b>Cantidad de vías</b></p> <p><b>1 Vía</b> Calle estrecha por la que solo puede circular un vehículo.</p>  <p><b>Más de 1 vía</b> Calle con multivías, bidireccional o más, vías donde pueden circular más de un vehículo a su ancho ya sean particulares o locomoción colectiva</p> 	<p><b>¿Cuenta con circulación peatonal?</b></p> <p><b>Sin vereda</b> (Sectores generalmente de extensión urbana, campamentos y presente en vías artesanales generadas por los mismos pobladores)</p>  <p><b>Con vereda</b> 1 vereda 2 veredas (Sectores urbanizados o con trabajos de urbanización)</p> 
<p><b>Estado de circulación vehicular</b></p> <p><b>Bueno</b> Calzada en buen estado sin falta de secciones pavimentadas ni eventos.</p> 	<p><b>Estado de circulación peatonal</b></p> <p><b>Bueno</b> Vereda y/o acera en buen estado, no presenta problemas para transitar ni se visualiza falta de secciones ni desgaste.</p> 
<p><b>Regular</b> Calzada con desgaste observable a simple vista, agrietada o con eventos de baja altura que no llega a impedir el paso fluido del vehículo.</p> 	<p><b>Regular</b> Vereda y/o acera con secciones incompletas de tierra o secciones gastadas sin capa superior. El criterio de selección es si es posible transitar en silla de rueda a lo largo de la vía aun con este desgaste.</p> 
<p><b>Malo</b> Calzada sin pavimentar, con agujeros y falta de secciones de capa superior, eventos profundos que pueden crear un accidente o dificultad para aun vehículo que circula a alta velocidad.</p> 	<p><b>Malo</b> Vereda y/o acera con secciones incompletas con agujeros, desniveles complejos de sortear para una persona que se moviliza en silla de ruedas, obstrucciones que pueden provocar caídas en un ejercicio de evacuación.</p> 

Tabla 13. Criterios de evaluación de vías vehiculares y peatonales

Fuente: Elaboración propia

La información levantada en terreno mediante la aplicación Field Maps, fue digitalizada a la respectiva capa de vías y mapeada para un análisis que representa de manera gráfica la dificultad de evacuación a través de dos variables principales (cantidad de vías y el estado de circulación). La cartografía producto del levantamiento en terreno también presenta elementos relacionados a la circulación, entre ellos, la presencia de escaleras, calles sin salida y vías que se vieron bloqueadas durante el incendio.

El orden y criterio para definir las categorías de dificultades de evacuación de acuerdo a la evaluación de vías peatonales se observan en la Tabla 14.

Categoría	N° de Vías Peatonales	Estado de Vías
Alta dificultad de Evacuación	0	Malo
	1	Malo
	2	Malo
Mediana dificultad de Evacuación	1	Regular
	1	Bueno
Baja dificultad de Evacuación	2	Regular
	2	Bueno

**Tabla 14.** Categorías definitorias de dificultad de evacuación para peatones

*Fuente: Elaboración propia*

Por otro lado, el orden y criterio para definir las categorías de dificultades de evacuación respecto a las vías vehiculares se establecen en la Tabla 15.

Categoría	N° de Vías Vehiculares	Estado de Vías
Alta dificultad de Evacuación	1	Malo
	2	Malo
	1	Regular
Mediana dificultad de Evacuación	1	Bueno
	2	Regular
Baja dificultad de Evacuación	2	Bueno
	4	Bueno

**Tabla 15.** Categorías definitorias de dificultad de evacuación para vehículos

*Fuente: Elaboración propia*

## b) Sobre la vulnerabilidad social y la reparación y reconstrucción física y psicológica

Respecto de la vulnerabilidad social y el proceso de reconstrucción posterior a la emergencia, se diseñaron previamente en gabinete, preguntas orientadas a una entrevista abierta por conveniencia, considerando las siguientes dimensiones.

1. Relato de la emergencia
2. Vulnerabilidad
3. Funcionalidad de servicios
4. Servicios de emergencia y estado de salud
5. Reconstrucción y reparación psicológica
6. Memoria histórica, preparación y percepción del riesgo
7. Organización comunitaria

Las entrevistas fueron aplicadas a personas afectadas, manteniendo la estructura de información recolectada en eventos previos por parte de CIGIDEN (Inundaciones del 2023 en torno al río Mataquito, Maule).

A continuación, se presenta la estructura de la entrevista en su totalidad. Cabe especificar que la forma de trabajar y analizar la información será mediante una matriz de vaciado, respecto a cada zona de trabajo y por cada dimensión, con el objeto de facilitar la sistematización de la información recolectada:

### > 1. Relato de la emergencia

1. ¿Puede describir los momentos previos a la emergencia?
2. ¿Cuáles fueron los desafíos más grandes que enfrentó durante la emergencia?
3. ¿Cuánto tiempo le tomó entre la decisión de evacuar y salir de la casa?
4. ¿Por qué calles evacuó? o ¿Hacia dónde evacuó?

### > 2. Vulnerabilidad

1. ¿Cuáles fueron los sectores más afectados?
2. ¿Qué grupo de la población diría que es el más vulnerable ante este tipo de eventos?

### > 3. Funcionalidad de Servicios

1. ¿Recibió la alerta SAE?
2. ¿Cómo operó la red de telefonía?

### > 4. Servicios de emergencia y Estado de Salud

1. ¿Cuánto se demoraron en llegar los equipos de emergencia y seguridad?
2. ¿Cuáles fueron los principales problemas de salud inmediatamente después del evento?

- > 5. Reconstrucción y reparación psicológica
  1. ¿Ha existido por parte del Estado u ONG's acercamiento en el proceso de ayuda a la reconstrucción y/o reparación psicológica?
  2. De ser sí, la respuesta, ¿Cómo ha sido el proceso de ayuda, reconstrucción y reparación psicológica?
  
- > 6. Memoria Histórica y percepción del riesgo
  1. ¿Habían ocurrido incendios con anterioridad en la zona?
  2. ¿Qué cambios se han desarrollado en su entorno y que pueden estar relacionados con las consecuencias de los incendios?
  3. ¿Había preparación ante incendios, de parte de las instituciones y la comunidad?
  
- > 7. Organización comunitaria
  1. ¿Existen organizaciones comunitarias en su territorio? ¿Cuáles?
  2. ¿Participa en esas organizaciones?

Posterior a la sistematización de la información y la obtención de un panorama general sobre el estado de los diferentes sectores, se realizó un análisis sobre los procesos de reconstrucción y su relación con los niveles de vulnerabilidad social obtenido del método SoVI desarrollado en gabinete.

### 6.2.5 Modelamiento de la vulnerabilidad física de la vivienda y entorno afectado

Se modeló la vulnerabilidad física de la vivienda y el entorno afectado a través de la metodología desarrollada por Aguirre et al., (2024), la cual se basa en casos de estudio de incendios forestales en la zona central de Chile desde 2019. El método se basa en que la probabilidad de pérdida de viviendas debido a incendios forestales está determinada en gran medida por las características físicas, ambientales y de ubicación de las viviendas (Syphard et al., 2012).

En el contexto del análisis de vulnerabilidad, el objetivo es identificar atributos de las unidades construidas que pueden afectar su probabilidad de sufrir daños cuando se exponen a incendios de interfase urbano forestal. Estos atributos se integran en modelos computacionales estadísticos-regresivos bajo formato de auto-aprendizaje (machine learning), los cuales deben ser entrenados en base a particiones de datos, con el objetivo de que puedan predecir, a partir de los atributos de unidad, si es que esta podría sufrir daños totales, parciales o nulos en caso de un incendio forestal.

Complementariamente, los modelos pueden estimar el aporte o contribución de cada atributo en la probabilidad de daño, de forma tal de ayudar a focalizar los esfuerzos de mitigación del riesgo.

El desarrollo de cada modelo requiere un ortomosaico extraído de un previo vuelo de dron en el área afectada por un incendio. El modelo puede trabajarse y gestionarse sin necesidad de visitas a terreno posteriores al vuelo, ya que las fuentes de datos necesarias están disponibles públicamente, mientras que el resto de los datos morfológicos y urbanos pueden obtenerse del ortomosaico y sus insumos procesables como el MDT (Modelo Digital de Terreno) y MDS (Modelo Digital de Superficie). La unidad de análisis es la vivienda y cada una de ellas está representada en su superficie con un polígono georreferenciado. Este contiene 16 variables para entender su relación con el entorno, sus características constructivas y su nivel de daño.

Las variables medidas y que contiene cada polígono (vivienda) para ingresarlas al modelo de vulnerabilidad son las indicadas en la Tabla 16.

Variable	Descripción	Fuente	Unidad / Clasificación
Daño	Variable categórica que identifica el grado de daño experimentado por cada unidad construida como resultado del incendio forestal.	ortomosaico	Total
			Parcial
			Ninguno
Elevación	La elevación geográfica en la ubicación de cada vivienda, en relación con la vivienda más baja en el área de estudio.	MDT (Modelo Digital Terreno)	Metros
Orientación	Variable categórica que representa la orientación geográfica de cada vivienda	MDT (Modelo Digital Terreno)	NW / NE / SW / SE
Pendiente	Pendiente media del terreno de la vivienda	MDT (Modelo Digital Terreno)	Grados
N° Pisos	Número de plantas de cada vivienda.	MDS (Modelo Digital de Sup.)	Número
Material	Variable categórica que clasifica las cualidades estructurales y materiales de construcción de la vivienda.	ortomosaico	Liviano (madera)
		Street View	Sólido (hormigón, mampostería)
			Mixto
Superficie	Superficie de planta baja de cada vivienda	ortomosaico	Metros cuadrados

*Tabla 16 continúa >*

Razón de Ocupación	Medición de la superficie construida de la vivienda en relación con el tamaño del lote/parcela en la que se encuentra	ortomosaico	Ratio
Preparación	Variable binaria que clasifica el manejo del entorno de la vivienda para reducir la vegetación y otros materiales potencialmente inflamables	ortomosaico	Buena/ Mala
Mantención Vivienda	Variable categórica que identifica el estado material general de la vivienda	ortomosaico Street View	Si / No
Distancia Foco	Distancia euclidiana entre cada vivienda y el punto probable de ignición del incendio	ortomosaico	Metros
Distancia Vegetación	Distancia euclidiana entre cada vivienda y el límite de la capa de vegetación delimitada a partir de imágenes satelitales multiespectrales previas al evento	Imágenes multiespectrales previas al evento de Sentinel 2	Metros
Distancia Estructura	Distancia euclidiana de cada vivienda a su vecino más cercano	ortomosaico	Metros
Factibilidad Agua	Variable binaria que identifica si la vivienda está conectada a la red de suministro de agua	Base de datos, Superintendencia de Servicios Sanitarios de Chile	Si / No
Acceso Emergencia	Variable binaria que identifica si la vivienda está ubicada directamente en una vía de acceso	ortomosaico	Si / No
Acceso Supresión	Distancia euclidiana entre la vivienda y su vía de acceso más cercana	ortomosaico	Metros

**Tabla 16. Variables de estudio para el Modelo Predictivo**

*Fuente: Fondecyt 1191543 "Integration of Remote Sensing and Direct Data for Multi-Scale, Dynamic Mapping of Urban Exposure to Earthquake, Mudflow and Fire Hazards"*

## 7. RESULTADOS

### 7.1. RESULTADO DE GABINETE

#### 7.1.1 Morfometría de la cuenca y prospección de peligros geológicos

##### a) Aspectos morfométricos de la cuenca del estero Marga-Marga

A partir del análisis realizado se obtuvieron los siguientes resultados morfológicos y morfométricos de la cuenca del estero Marga-Marga (Tabla 17).

##### Morfometría de la Cuenca del Estero Marga-Marga

No	Parámetros de microcuenca	Unidad	
1	Área	422,11	Km <sup>2</sup>
2	Perímetro	168,32	Km
3	Longitud máxima de la cuenca	52,29	Km
4	Ancho de cuenca	17,08	Km
5	Índice de Gravelius (Kc)	2,31	Alargada
6	Factor de forma (Horton Ff)	0,154	Estrecha
7	Índice de circularidad de Miller (Ic)	0,1866	Oblonga

**Tabla 17. Aspectos morfométricos de la cuenca del estero Marga Marga**

*Fuente: Elaboración propia*

La cuenca del estero Marga-Marga posee un área de 422,11 km<sup>2</sup>, un perímetro de 168,32 km y un ancho de 17,08 km, con desniveles que fluctúan entre 0 y 1370 msnm (Figura 9).

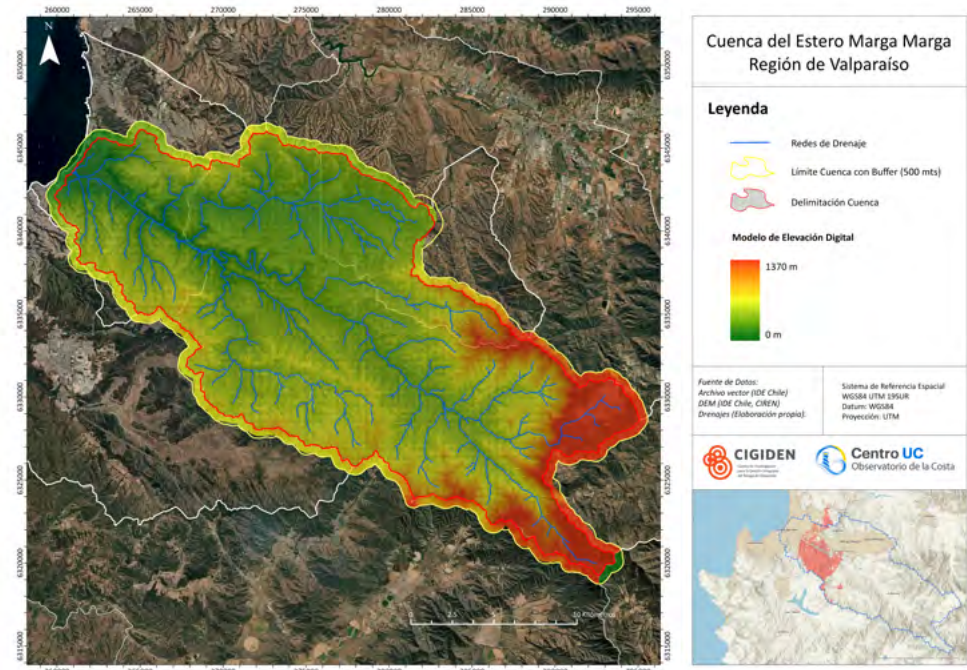
Por sus dimensiones, se clasifica como una cuenca mediana donde los ríos drenan a áreas relativamente amplias, lo cual requiere de una gestión cuidadosa para regular los flujos, proteger contra posibles inundaciones y mantener la calidad del agua. Un ancho relativamente angosto puede influir en el comportamiento del agua durante eventos de inundación. Las cuencas más angostas tienden a tener una respuesta hidrológica más rápida ante lluvias intensas, lo que puede aumentar el riesgo de inundaciones rápidas y con menos tiempo de aviso, debido a que el agua escurre más rápidamente hacia el cauce principal, elevando los caudales en períodos cortos.

Con respecto a su morfometría, el índice de Gravelius de 2,31 indica que se trata de una cuenca alargada e irregular, caracterizada por valles profundos y una red de drenaje más compleja donde el drenaje tarda más en llegar al nivel de base principal. La red de drenaje es dendrítica en la vertiente sur

y rectangular en la vertiente norte, lo cual se podría relacionar con las diferencias en los ambientes geológicos (tipos de rocas) y de control tectónico (presencial de fallas) (Figura 9). Presenta ordenes de drenaje entre primer a sexto orden, siendo de mayor predominio del drenaje de primer y segundo orden, es decir tributarios más pequeños ubicados en sectores altos de la cuenca o nacientes de las subcuencas (Figura 10).

Con respecto al factor de forma de Horton ( $F_f$ ) las cuencas que poseen un factor de forma bajo suelen ser alargadas como es el caso de la cuenca del Estero Marga-Marga. La cual resultan en tener una respuesta más lenta a las precipitaciones intensas y un menor riesgo de inundaciones repentinas, pero puede también significar que el agua se acumula en ciertas áreas antes de drenar completamente. Por otro lado, un índice de circularidad de 0,1866 indica que la cuenca tiene una forma oblonga, lo cual es consistente con una cuenca alargada y menos circular.

Estos índices, combinados refuerzan la caracterización de una cuenca alargada con una respuesta hidrológica moderada a lenta, que es menos propensa a inundaciones repentinas, pero puede experimentar acumulaciones de agua en ciertos puntos debido a su forma y sistema de drenaje (Figura 11).



**Figura 10:** Cuenca del estero Marga-Marga, Región de Valparaíso

*Fuente: Elaboración propia*

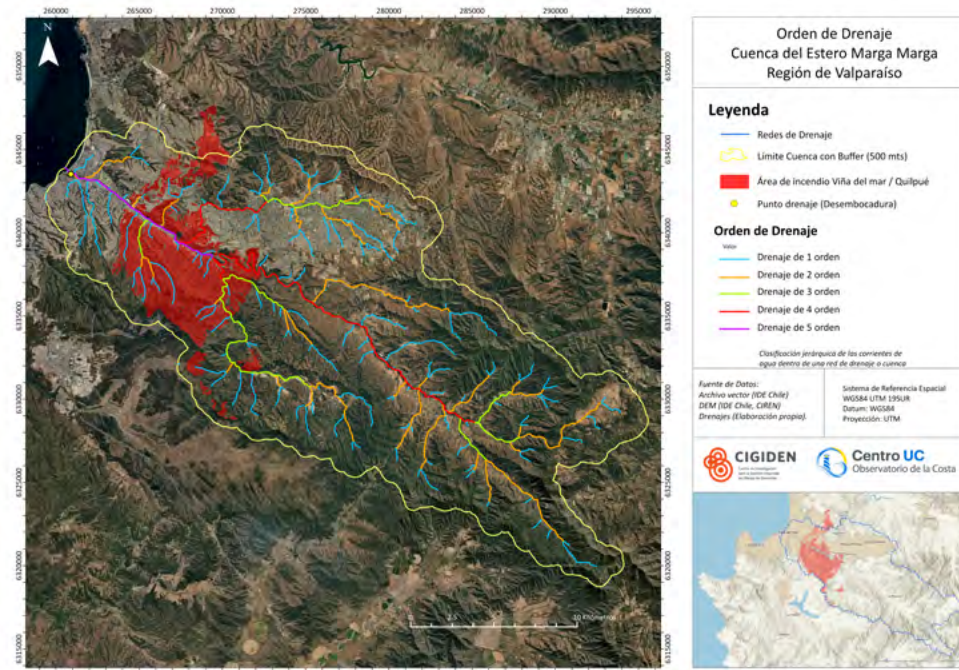


Figura 11. Orden de Drenaje cuenca estero Marga-Marga, Región de Valparaíso

Fuente: Elaboración propia

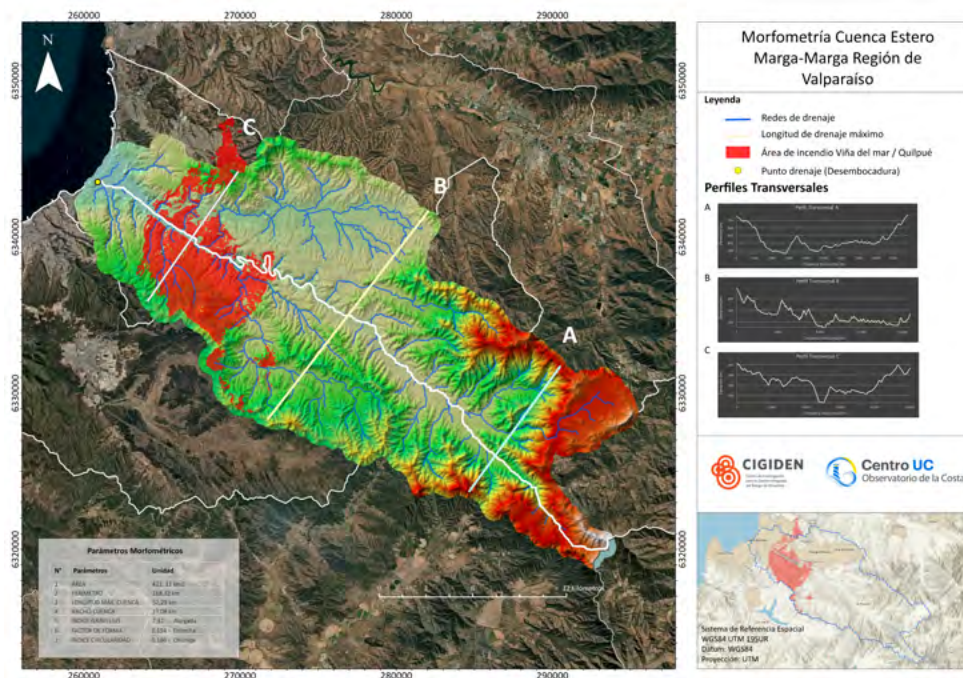
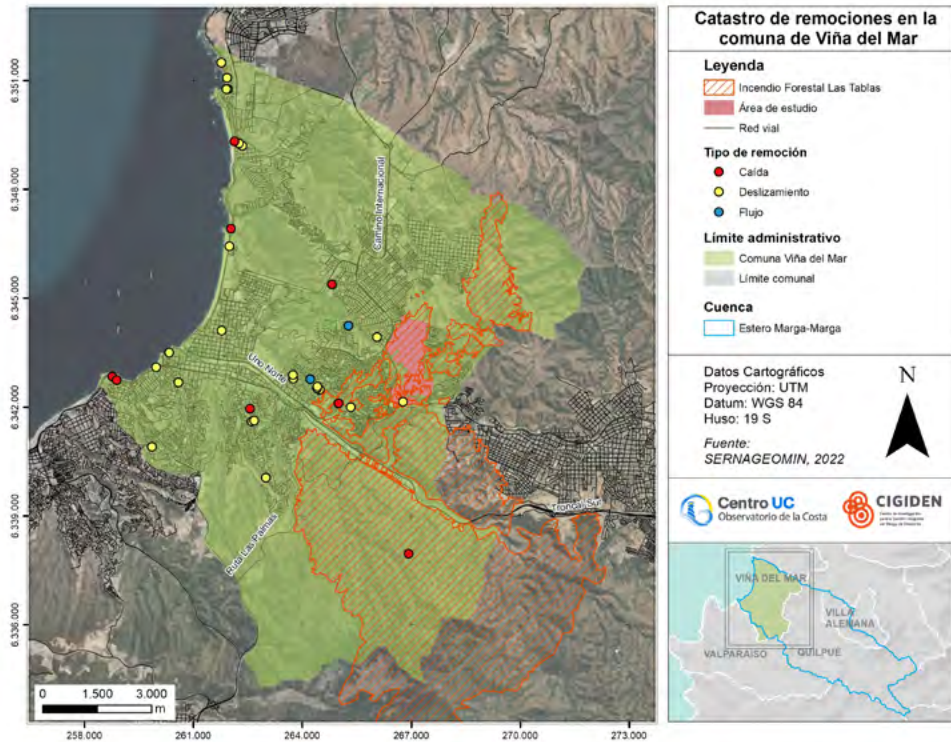


Figura 12. Morfometría de la Cuenca del estero Marga-Marga

Fuente: Elaboración propia

**b) Catastro y prospección de peligros geológicos**

Al no existir inventarios de remociones en masa específicos para la cuenca del estero Marga-Marga, se consideró el catastro más actualizado, llevado a cabo por el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), el cual consideró casi 300 fuentes de información, abarcando eventos ocurridos en Chile desde 1762 hasta 2021, con algunos años de datación indeterminada. Este catastro incluye 5 tipos distintos de remociones en masa: Caída, Deformaciones de ladera, Deslizamiento, Flujo y Propagación. La última actualización de este registro se efectuó el 21 de julio de 2022. En el área de estudio, se resalta solo 1 evento registrado, que corresponde a un deslizamiento de origen indeterminado, ocurrido el 21 de mayo de 2004 en el sector El Olivar Sur (Figura 13).



**Figura 13.** Catastro de remociones en masa en la comuna de Viña del Mar

Fuente: SERNAGEOMIN (2022).

De acuerdo a esta información bibliográfica y la información recopilada en terreno, se estableció que las remociones en masa en el área, corresponden a deslizamientos de suelo y flujos de barro y/o detritos.

### c) Prospección de peligros geológicos en terreno

> Trabajo de campo realizado entre el 4 y 6 de abril de 2024.

El primer día de trabajo en terreno comenzó en el punto P-01 en la nueva sede vecinal del campamento Manuel Bustos, ubicada en las coordenadas 6.344.297 mN y 267.306 mE. Desde allí, se pudo observar un suelo de color pardo rojizo a pardo amarillento, caracterizado por el desarrollo de suelo residual, que supera el metro de altura, producido por la meteorización de rocas intrusivas félsicas. El impacto del incendio fue evidente, ya que la mayor parte de la cubierta vegetal fue consumida por el fuego, dejando el suelo expuesto y generando reconocimiento en las áreas donde la temperatura alcanzó niveles más altos (Figura 14A).

Además, se pudo constatar la presencia de viviendas autoconstruidas de forma irregular, tanto en la cabecera de las quebradas como en sus laderas. Este fenómeno evidenció el impacto antropogénico, con la construcción de terrazas para la instalación de viviendas en laderas con pendientes medias. También se observó el desecho de residuos de tierra y material de construcción hacia el eje de las quebradas, lo que constituye un factor de riesgo adicional.

Aproximadamente a 240 metros al noroeste del punto uno, se estableció el punto de observación P-02 para examinar el terreno. Este punto se ubicó junto a la copa de agua en las coordenadas 6.344.373 mN y 267.081 mE. Se pudo constatar la presencia de viviendas construidas en las laderas de las quebradas, en sistemas de palafitos y terrazas. Se observó que los escombros del incendio y los desechos de las nuevas construcciones han sido arrojados hacia el lecho de la quebrada, lo que podría ocasionar un potencial taponamiento en el futuro al interactuar como material transportable durante un flujo. No se identificaron medidas significativas de mitigación ante posibles deslizamientos, destacando la importancia de evaluar detalladamente la vulnerabilidad ante remociones en masa en esta área.

A 90 metros al suroeste del punto anterior, se localiza el punto de muestreo P-03, situado en las coordenadas 6.344.307 mN y 267.016 mE. En este punto, se observó un afloramiento de color pardo rojizo a pardo amarillento, compuesto por rocas intrusivas félsicas altamente meteorizadas. En este lugar, se procedió a tomar la muestra M-02 para su posterior análisis.

Este hallazgo nos proporcionará información importante sobre la composición y el estado de meteorización de los suelos en la zona, lo que contribuirá a la evaluación de los factores condicionantes a remociones en masa (Figura 14C).

El segundo día de trabajo se llevó a cabo el registro litológico en el punto de muestreo P-04, situado a 420 metros al sureste del punto P-03, en las coordenadas 6.343.961 mN y 267.247 mE. En este lugar, se observó un afloramiento de rocas intrusivas félsicas meteorizadas de color gris amarillento, intruidas por diques félsicos que se extienden en dirección noroeste. Estas rocas están cubiertas por un suelo de aproximadamente un metro de espesor. Se tomó la muestra M-03 para su análisis (Figura 14D). Es importante destacar que en este punto existen construcciones habitacionales ubicadas directamente en el lecho de la quebrada. A través de maquinaria, se han creado terrazas y se ha modificado el curso natural del cauce, lo que genera material transportable susceptible de ser arrastrado en un flujo. Además, estas viviendas podrían actuar como barreras, conteniendo el flujo desde la cabecera de la quebrada. Esta situación resalta la necesidad de implementar medidas de mitigación adecuadas para reducir los riesgos asociados a remociones en masa en esta área.

A una distancia de 180 metros al noroeste del punto anterior, se llevó a cabo el punto de muestreo P-05, ubicado en las coordenadas 6.344.002 mN y 267.071 mE. En este lugar, se observa un afloramiento de rocas intrusivas félsicas diaclasadas y meteorizadas, de color pardo rojizo. Estas rocas están cubiertas por un suelo de aproximadamente medio metro de espesor. Se procedió a tomar la muestra M-04 para su análisis correspondiente. También es importante señalar la obstrucción que se ha generado en los tubos de drenaje de la quebrada debido a la acumulación de basura, lo que está impidiendo el adecuado flujo del agua durante la temporada de lluvias (Figura 13E). Esta situación agrava aún más los riesgos asociados a posibles deslizamientos o inundaciones en la zona, y subraya la necesidad de implementar medidas de limpieza y mantenimiento de manera urgente.

El tercer día de trabajo consistió en la visita a nuevos puntos de muestreo. El punto P-06 se encuentra a una distancia de 700 metros al sur del punto anterior, en las coordenadas 6.343.300 mN y 267.220 mE. En este punto, se observa un afloramiento de color pardo oscuro, el cual se encuentra notablemente ennegrecido debido al incendio. Está compuesto por rocas intrusivas félsicas diaclasadas sin evidencia de meteorización. Es relevante destacar que en este lugar se identifica una considerable presencia de suelo recocado, así como basura quemada y acumulada tanto en las laderas como en el lecho de la quebrada. Se nota la existencia de basura

antigua enterrada, así como basura moderna que fue incinerada durante el incendio. Además, se observa el crecimiento de vegetación, como zarzamoras, proveniente de las raíces que sobrevivieron a la incineración. También se evidencia el efecto antropogénico de la construcción de terrazas y viviendas en las laderas. En este punto se tomó la muestra M-05, para su posterior análisis.

A una distancia de 300 metros al sur del punto anterior, se realizó el punto de muestreo P-07, ubicado en las coordenadas 6.343.025 mN y 267.132 mE. En este punto, se observa un afloramiento de rocas intrusivas félsicas meteorizadas, con un color que varía entre pardo rojizo y pardo amarillento. Estas rocas están cubiertas por un suelo residual de aproximadamente medio metro de espesor, el cual también muestra signos de reconocimiento debido a la incineración.

En las laderas se puede apreciar la acumulación de basura quemada, mientras que en el lecho de la quebrada vuelve a crecer la vegetación. En la ladera oeste, se pueden observar algunas construcciones en las laderas de pendiente media, mientras que, en la ladera este, de mayor pendiente, no se registran construcciones. En este punto se tomó la muestra M-06.

Finalmente, a una distancia aproximada de 600 metros al sur del punto anterior, se observa un afloramiento de rocas de color pardo rojizo a pardo oscuro. Estas rocas están constituidas por intrusivas félsicas alteradas con un alto contenido de minerales máficos. Están cubiertas por un suelo residual.

En los sectores de Villa Independencia, El Olivar y el Campamento Manuel Bustos fue posible observar como la meteorización de rocas intrusivas produce materiales residuales conocidos como maicillo, que exhiben tonalidades rojizas y contienen arcillas y óxidos de hierro. Como hemos visto en las fotografías de la bitácora de terreno. Se ha demostrado que la resistencia de estas rocas intrusivas meteorizadas disminuye considerablemente cuando se encuentran saturadas en comparación con su estado no saturado, fenómeno que puede atribuirse a la expansión o hinchamiento de ciertas arcillas al entrar en contacto con el agua (MINVU, 2017).

En general, conforme a las observaciones realizadas en terreno, es posible resaltar que la mayoría de las laderas propensas a remociones en masa en el área de estudio se encuentran compuestas por rocas ígneas intrusivas de naturaleza félsica, caracterizadas por elevados niveles de meteorización, que oscilan desde una desintegración hasta una descomposición. Dichas formaciones rocosas se hallan cubiertas por capas de suelo que, en numerosos casos, poseen un espesor tal que impide la exposición de la roca madre.

A nivel regional la profundidad del horizonte de meteorización puede llegar hasta los 30 metros antes de alcanzar la roca sólida, variando gradualmente desde un mayor grado de descomposición hasta llegar a la roca fresca (MINVU, 2017). Para el análisis de susceptibilidad a remociones en masa es necesario considerar la presencia de estas unidades con altos y bajos niveles de meteorización, contemplando tanto los procesos en suelos como en roca.



a) sede vecinal del campamento Manuel Bustos



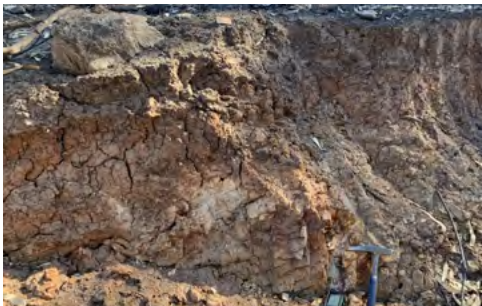
b) campamento Manuel Bustos (copa de agua)



c) punto de muestreo P-03



d) punto de muestreo P-04, afloramiento de rocas intrusivas



e)



f)

**Figura 14.** Trabajo de campo, prospección de peligros geológicos en áreas afectadas por los incendios, comuna de Viña del Mar

*Fuente: Elaboración propia*

#### d) Susceptibilidad remociones en masa

A continuación, se presentan los resultados de las variables consideradas en el análisis de susceptibilidad a remociones en masa.

Para el factor pendiente, se determinó que las mayores pendientes ( $>23^\circ$ ), se encuentran en la cabecera de la cuenca, favoreciendo la susceptibilidad a remociones en masa (niveles 4 y 5). Hacia sectores más bajos de la cuenca, tanto las pendientes como la favorabilidad disminuyen progresivamente. El 86% de la cuenca se encuentra con valores de pendiente entre  $5$  y  $22^\circ$  lo cual corresponde a 40.355 ha, mientras que el 13% de esta presenta laderas con pendientes entre  $22^\circ$  y  $35^\circ$  (6.111 ha).

En las áreas afectadas por incendios, se destaca que las pendientes presentan niveles de favorabilidad 2 y 3 lo cual involucran a 3.480 hás en conjunto, mientras que el nivel 4 comprende 987 hás (Tabla 18). Debido a la morfología del terreno, caracterizada por microcuencas con numerosas quebradas y laderas pronunciadas, la pendiente es un factor relevante lo que resulta en una favorabilidad media a alta para el desarrollo de remociones en masa (Figura 15). En el caso del área quemada, el 86% de esta las laderas presentan pendientes entre  $15^\circ$  y  $35^\circ$ .

Favorabilidad factor pendiente	Hectáreas Cuenca	Hectáreas Área Quemada
1	16.333,3	842,6
2	13.402,7	1.732,3
3	10.619,5	1.756,4
4	6.111,3	987,0
5	267,2	26,3
<b>Total</b>	<b>46.734,1</b>	<b>5.344,5</b>

Tabla 18. Tabla de hectáreas por nivel de favorabilidad del factor pendiente (grados) en la cuenca y el área quemada

Fuente: Elaboración Propia

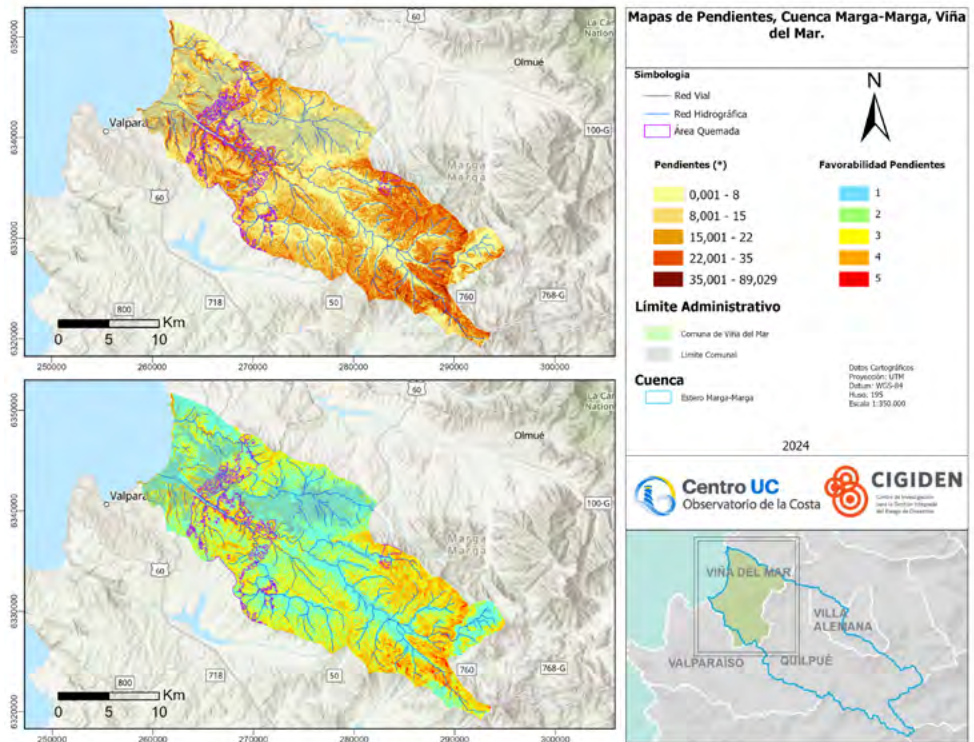


Figura 15. Distribución espacial del factor pendiente y favorabilidad de pendientes

Fuente: Elaboración propia

Respecto al drenaje y su favorabilidad a remociones en masa, se destaca que en la cabecera de la cuenca hay una mayor densidad de drenaje como se determinó en el análisis morfométrico, lo cual sumado a las pendientes más altas, son áreas sensibles a desarrollar remociones en masa. mientras que se mantiene constante en la mayor parte de la cuenca, con una favorabilidad dominante en estas áreas de nivel 3 con 40656,3 hectáreas, debido a que se establecen redes de drenaje más amplias y consolidadas (Figura 16). El valor de favorabilidad 3 también se aplica a las zonas afectadas por los incendios donde 5235,5 hectáreas corresponden a este nivel (Tabla 19).

Favorabilidad	Hectáreas Cuenca	Hectáreas Área Quemada
1	0,0	0,0
2	1.469,1	46,2
3	40.656,3	5.235,5
4	40.10,3	79,6
5	598,7	0,0

Tabla 19. Superficie (ha) por nivel de favorabilidad de densidad de drenajes en la cuenca y área quemada

Fuente: Elaboración Propia

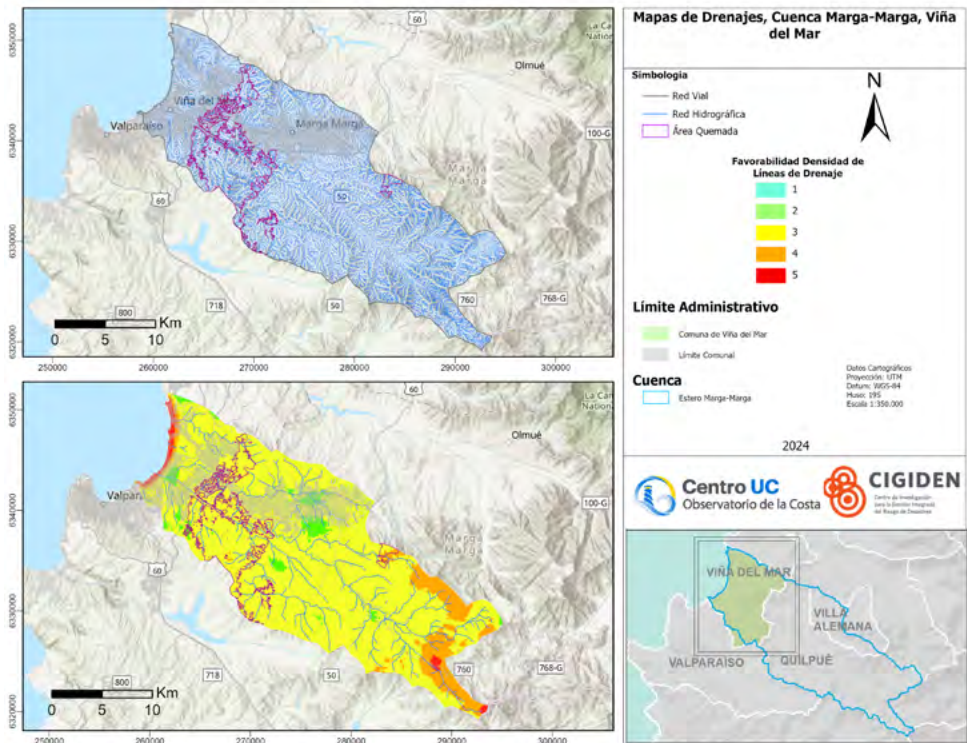


Figura 16. Distribución espacial del drenaje y favorabilidad de la densidad de líneas de drenaje a remociones en masa

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 17 se presentan los mapas de NDMI pre y post-incendio, y en la Figura 18, los mapas de favorabilidad del índice NDMI pre y post-incendio a remociones en masa. Los valores positivos de NDMI indican zonas con mayor cobertura vegetal, mientras que los valores negativos señalan suelos desnudos. En el mapa NDMI pre-incendio, los tonos claros que representan valores positivos indican una buena cobertura vegetal con suelos sin estrés hídrico en gran parte de la cuenca, principalmente en la cabecera, la zona costera y el área urbana. En contraste, el mapa NDMI post-incendio muestra claramente el impacto del fuego, con el área quemada apareciendo en colores oscuros o valores negativos debido a la pérdida de vegetación y la exposición de suelos desnudos.

Esta condición se refleja en los mapas de favorabilidad de la Figura 17. Antes del incendio, la mayoría de la cuenca presentaba una favorabilidad de nivel 3 para remociones en masa con 3.6149,6 ha, con algunas áreas en el centro alcanzando el nivel 4. Tras el incendio, la favorabilidad en las áreas quemadas aumentó significativamente, pasando de niveles 2 y 3 a un nivel 4 con 4.105,1 ha (Tabla 20), provocando la pérdida de vegetación estabilizadora y la mayor exposición de suelos desnudos.

Favorabilidad	Hectáreas Cuenca Pre-Incendio	Hectáreas Cuenca Post-Incendio	Hectáreas Área Quemada
1	59,5	50,6	1,3
2	1.798,3	1.497,4	32,5
3	3.6149,6	3.2732,6	1.205,3
4	8.727,5	12.453,6	4.105,1
5	0,0	0,4	0,0

Tabla 20. Superficie (ha) por nivel de favorabilidad de NDMI

Fuente: Elaboración propia

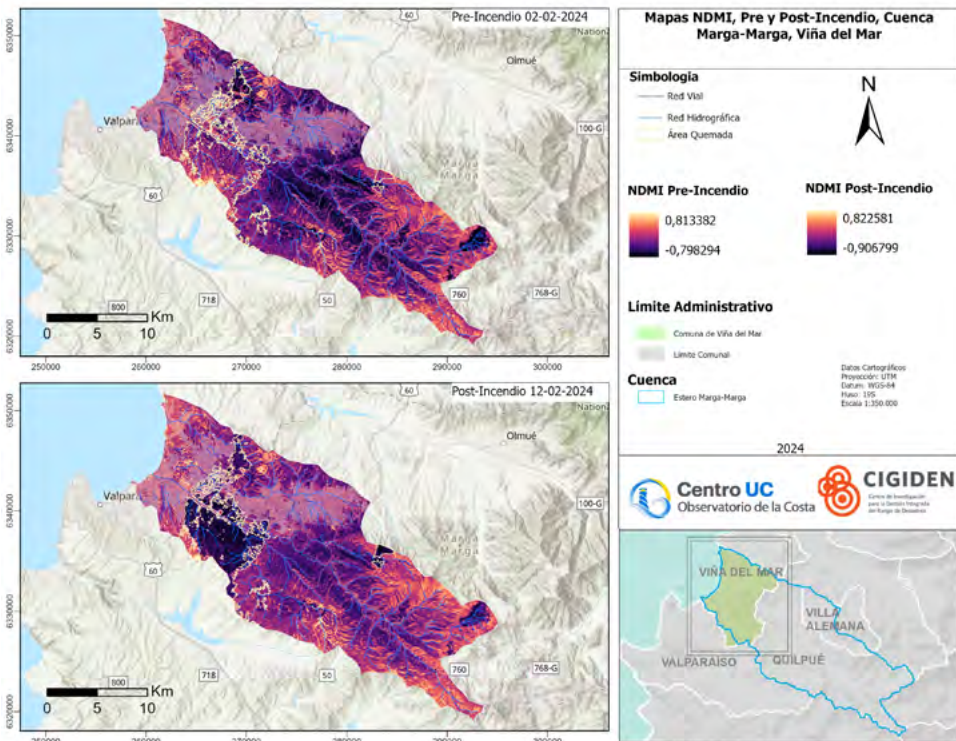


Figura 17. Distribución espacial del índice NDMI pre y post-incendio

Fuente: Elaboración propia

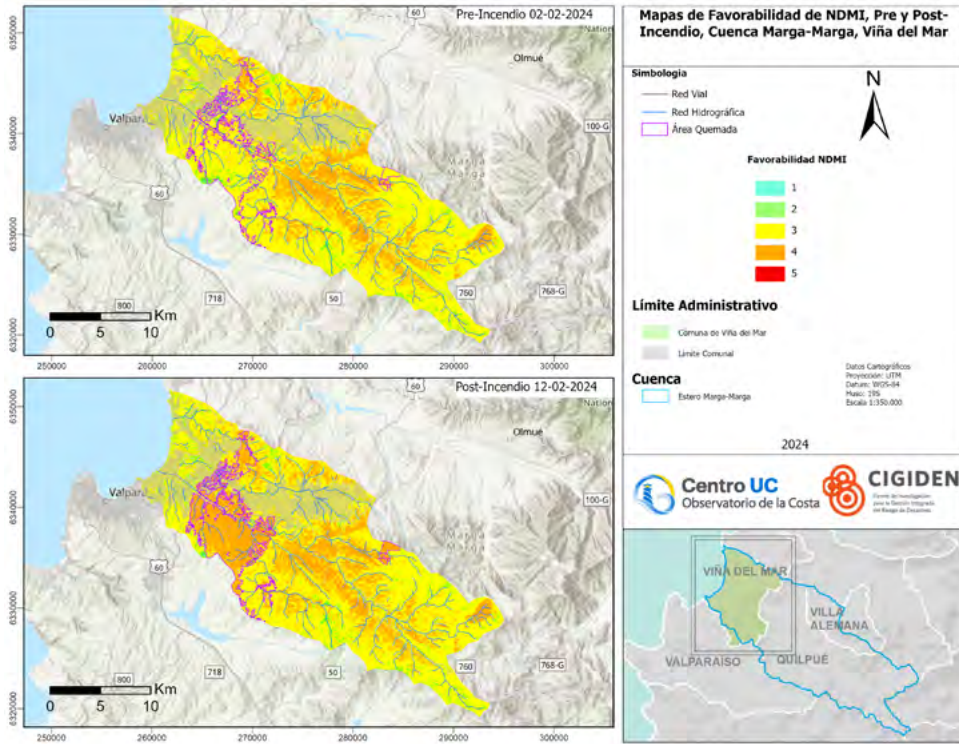


Figura 18. Distribución espacial de la favorabilidad del índice NDMI pre y post-incendio a remociones en masa

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 19, se presentan los mapas de geología y la favorabilidad de la geología a remociones en masa. La cuenca está mayoritariamente compuesta de rocas intrusivas como el batolito costero y plutones. También se encuentran sectores con secuencias sedimentarias volcánicas y marinas, además de depósitos aluviales y coluviales.

De acuerdo con la clasificación propuesta por Brantt et al., (2021), gran parte de la cuenca presenta una favorabilidad de nivel 4 a remociones en masa con 3.9345,4 ha (Tabla 21). Sin embargo, los sectores correspondientes a depósitos aluviales y coluviales, así como áreas de remoción en masa ubicadas en algunos sectores de las redes principales de drenaje, muestran una favorabilidad de nivel 5 con 4,938,4 hectáreas, que es el nivel más alto. En tanto el área quemada está dominada por un nivel de favorabilidad 4 con 4593,3 ha.

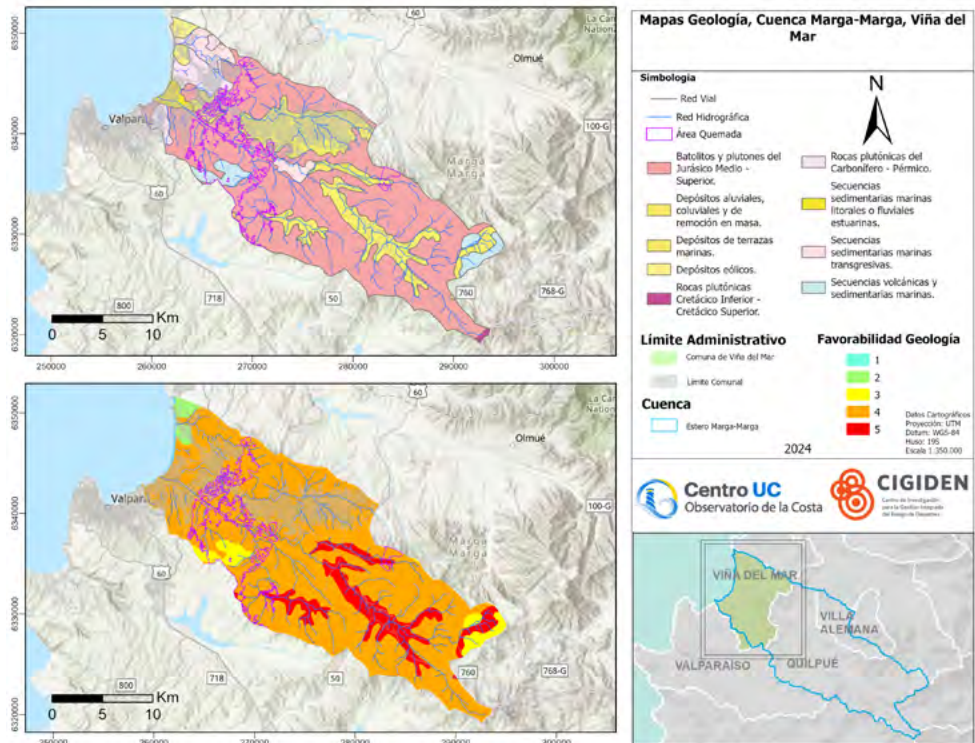


Figura 19. Distribución espacial de la geología y su favorabilidad a remociones en masa

Fuente: Elaboración propia

Favorabilidad	Hectáreas Cuenca	Hectáreas Área Quemada
1	0,0	0,0
2	618,2	0,0
3	1619,5	682,9
4	39345,4	4593,3
5	4938,4	68,8

Tabla 21. Superficie (has) por nivel de favorabilidad de la geología en la cuenca y el área quemada

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 20, se presentan los mapas de curvatura y la favorabilidad de la curvatura a remociones en masa. Los valores negativos en el mapa de curvatura de plano indican que las laderas tienen una geometría cóncava, lo que representa susceptibilidades medias a remociones en masa. Los valores cercanos a cero corresponden a geometrías planas, principalmente ubicadas en los ejes de los drenajes que corresponden a 2.546,1 hectáreas para la cuenca (Tabla 22). Por otro lado, los valores positivos representan laderas con geometría convexa, que tienen una mayor susceptibilidad a remociones en masa. El mapa de favorabilidad refleja estas clasificaciones, donde se asigna un nivel 3 a las laderas cóncavas, un nivel 1 a las zonas planas y un nivel 5 a las laderas convexas. Mientras que en el área quemada continua el predominio de las zonas planas con 2.745,9 hectáreas y las zonas cóncavas y convexas mantienen valores similares entre sí con 1.279,8 hectáreas y 1.318,9 hectáreas respectivamente.

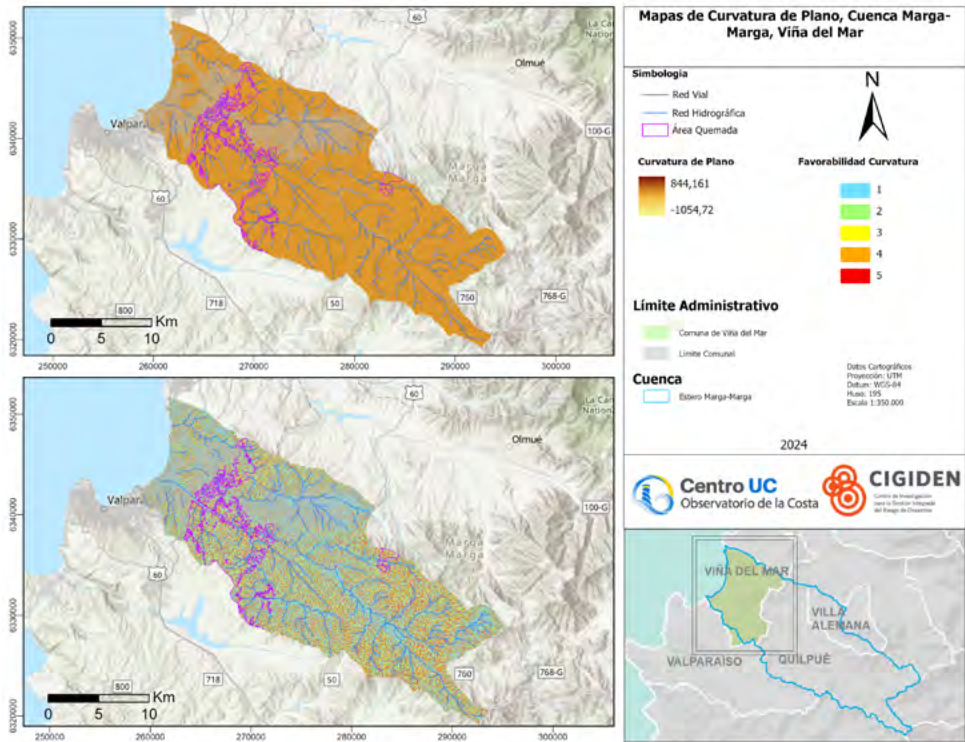


Figura 20. Distribución espacial de curvatura y su favorabilidad a remociones en masa

Fuente: Elaboración propia

Favorabilidad	Hectáreas Cuenca	Hectáreas Área Quemada
1	2.5461,7	2.745,9
2	0,0	0,0
3	10.287,0	1.279,8
4	0,0	0,0
5	10.985,8	1.318,9

Tabla 22. Tabla de hectáreas por nivel de favorabilidad de la curvatura en la cuenca y el área quemada

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 21, se presentan los mapas de uso de suelo y su favorabilidad para desarrollar remociones en masa. Se destaca que la mayor parte del área de la cuenca corresponde a pastizales, cubriendo 29.366,4 hectáreas con un nivel de favorabilidad 4 debido a que suelen tener una cobertura vegetal menos densa y con raíces menos profundas en comparación con áreas arboladas, por lo cual ofrecen una menor resistencia y cohesión al suelo. Además, hay una considerable área urbana que abarca 12.495,3 hectáreas con un nivel de favorabilidad 3 debido a la intervención e inestabilidad de los taludes que se genera en el terreno. En el área quemada, predominan los pastizales con 4.044,4 hectáreas, seguidos por zonas con árboles y área urbana, que alcanzan las 906,4 y 391 ha respectivamente (Tabla 23).

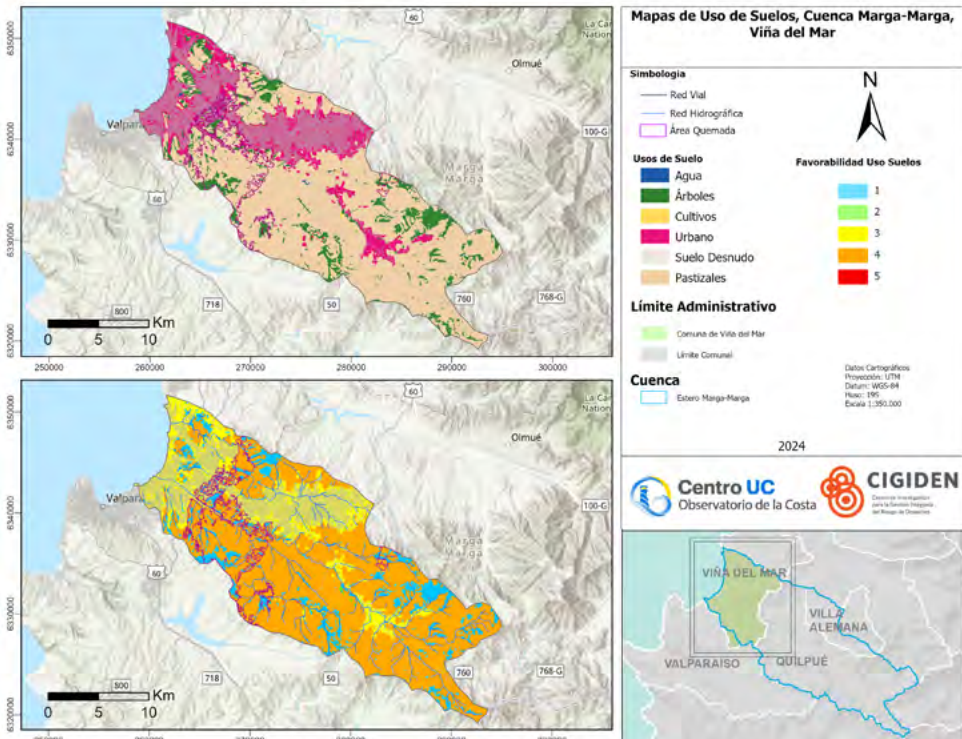


Figura 21. Distribución espacial de uso de suelo y su favorabilidad a remociones en masa

Fuente: Elaboración propia

Favorabilidad	Hectáreas Cuenca	Hectáreas Área Quemada
1	4809,2	906,4
2	39,0	2,6
3	12495,3	391,0
4	29366,4	4044,4
5	24,9	0,0

Tabla 23. Superficie (has) por nivel de favorabilidad del uso de suelo en la cuenca y el área quemada

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 22, se presenta el mapa de susceptibilidad a remociones en masa pre-incendio de la cuenca, mientras que en la Figura 20 se muestra el mapa de susceptibilidad a remociones en masa post-incendio de la cuenca. Se destaca que, en ambas condiciones pre y post-incendio, la mayor parte de la cuenca presenta susceptibilidad media y alta, abarcando más de 45.000 hectáreas (Tabla 24). Estas áreas de alta a muy alta susceptibilidad se encuentran principalmente en la cabecera de la cuenca y en zonas no urbanas. Mientras que las áreas urbanas presentan susceptibilidad media a alta, indicando un peligro significativo de remociones en masa tanto antes como después del incendio.

La susceptibilidad alta a muy alta corresponde a la combinación de favorabilidades de niveles 4 y 5 de la mayoría de los factores condicionantes analizados. Entre estos factores, la pendiente del terreno y la geología son los que tienen los mayores porcentajes de influencia, siendo determinantes la susceptibilidad encontrada.

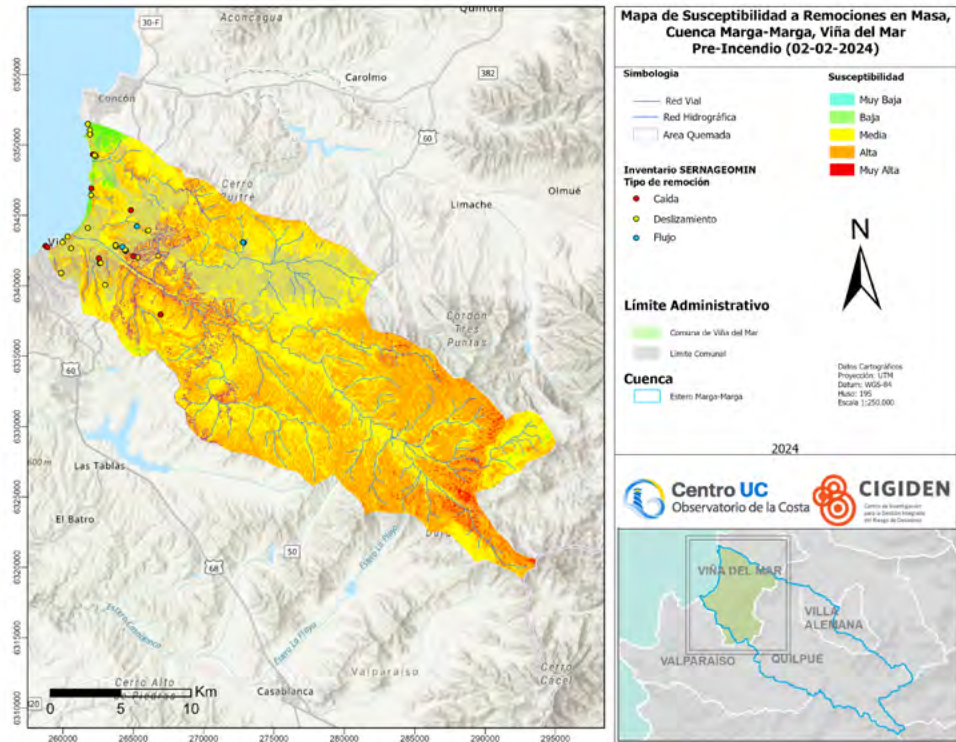


Figura 22. Mapa de susceptibilidad a remociones en masa pre-incendio cuenca Marga-Marga

Fuente: Elaboración propia

Susceptibilidad	Hectáreas Cuenca Pre-Incendio	Hectáreas Cuenca Post-Incendio
Muy Baja	0,2	0,2
Baja	453,8	446,5
Media	25171,7	24879,6
Alta	20551,5	20847,8
Muy Alta	557,2	560,4

Tabla 24. Tabla de hectáreas por nivel de susceptibilidad en la cuenca pre y post-incendio

Fuente: Elaboración propia

En las Figura 23 y 24, se presentan los mapas de susceptibilidad a remociones en masa pre y post-incendio del área quemada de la cuenca Marga-Marga, los cuales permiten visualizar el efecto del incendio en el cambio de susceptibilidad de las áreas afectadas. Se destaca que, tras el incendio, se produjo una disminución de la susceptibilidad media, pasando de 2.434,8 hectáreas pre-incendio a 2.152,6 hectáreas post-incendio. En contraste, la susceptibilidad alta aumentó de 2.893,1 hectáreas pre-incendio a 3.182,3 hectáreas post-incendio (Tabla 25). Este cambio resalta cómo el incendio ha incrementado la susceptibilidad a remociones en masa en las áreas afectadas, haciendo que más zonas pasen de una susceptibilidad media a una alta.

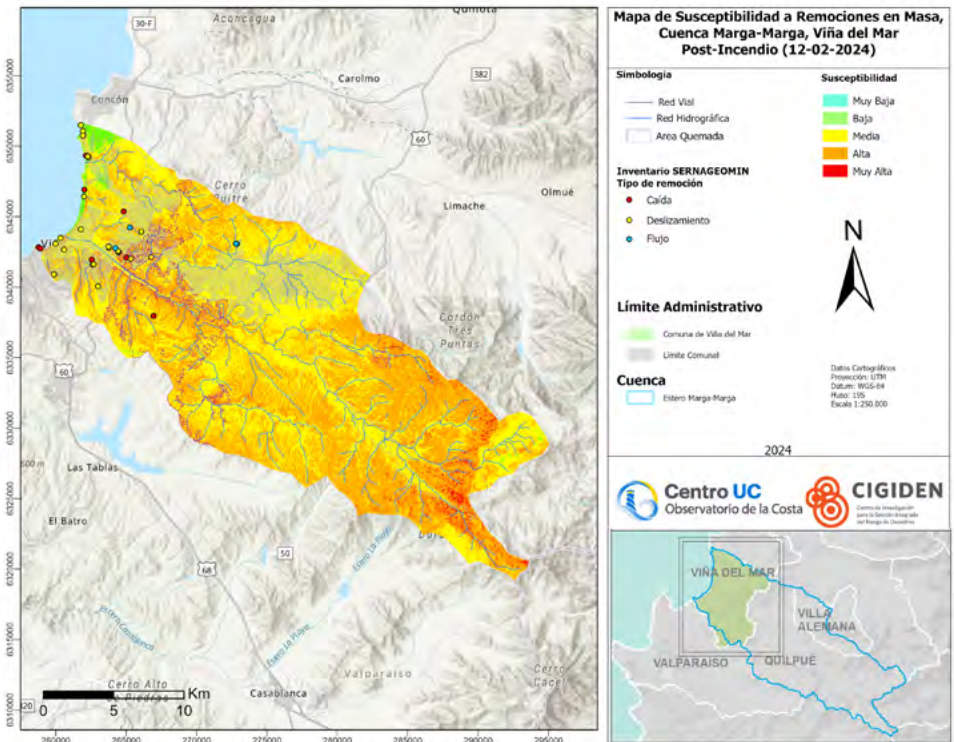


Figura 23. Mapa de susceptibilidad a remociones en masa post-incendio cuenca Marga-Marga

Fuente: Elaboración propia

Susceptibilidad	Hectáreas Área Quemada Pre-Incendio	Hectáreas Área Quemada Post-Incendio
Muy Baja	0,0	0,0
Baja	13,4	5,7
Media	2434,8	2152,6
Alta	2893,1	3182,3
Muy Alta	20,0	20,8

Tabla 25. Tabla de hectáreas por nivel de susceptibilidad en el área quemada pre y post-incendio

Fuente: Elaboración propia

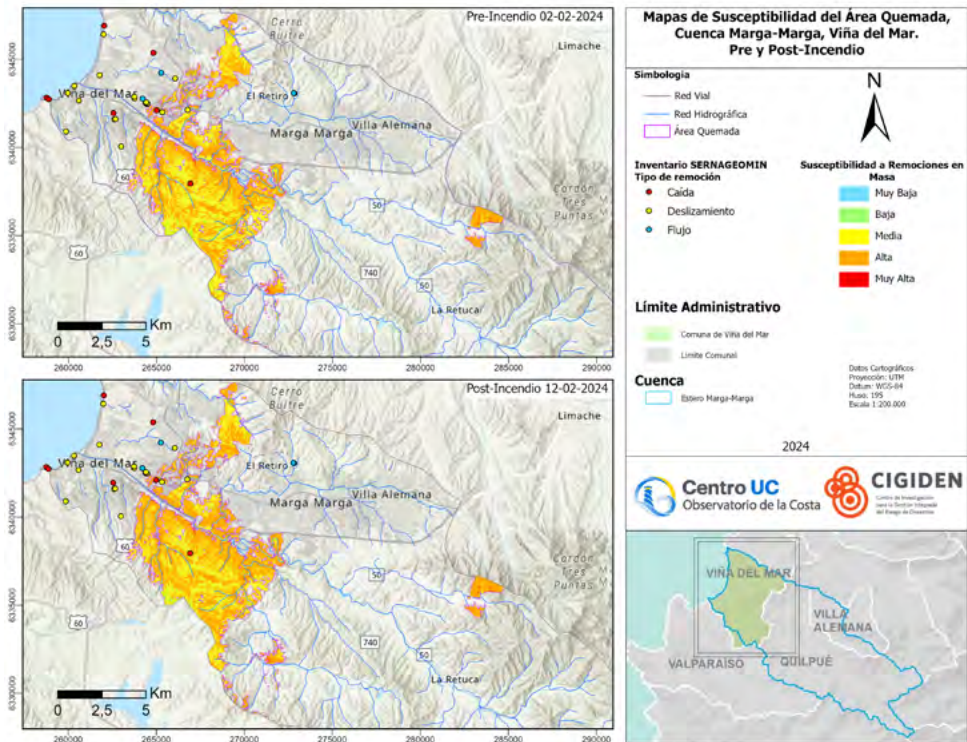


Figura 24. Mapas de susceptibilidad a remociones en masa pre y post-incendio del área quemada de la cuenca Marga-Marga

Fuente: Elaboración propia

### e) Análisis del cambio de susceptibilidad

Para visualizar cartográficamente el cambio de susceptibilidad, se empleó la herramienta "Compute Change Raster" de ArcGIS Pro, que permitió comparar y observar la variación de los píxeles de susceptibilidad entre las condiciones pre y post-incendio en la cuenca del Marga-Marga (Figura 25), así como en un mapa ampliado de la zona afectada por el fuego (Figura 26). Esta herramienta proporciona una representación clara y detallada sobre cómo el incendio ha impactado en la susceptibilidad del terreno, facilitando la identificación de áreas afectadas.

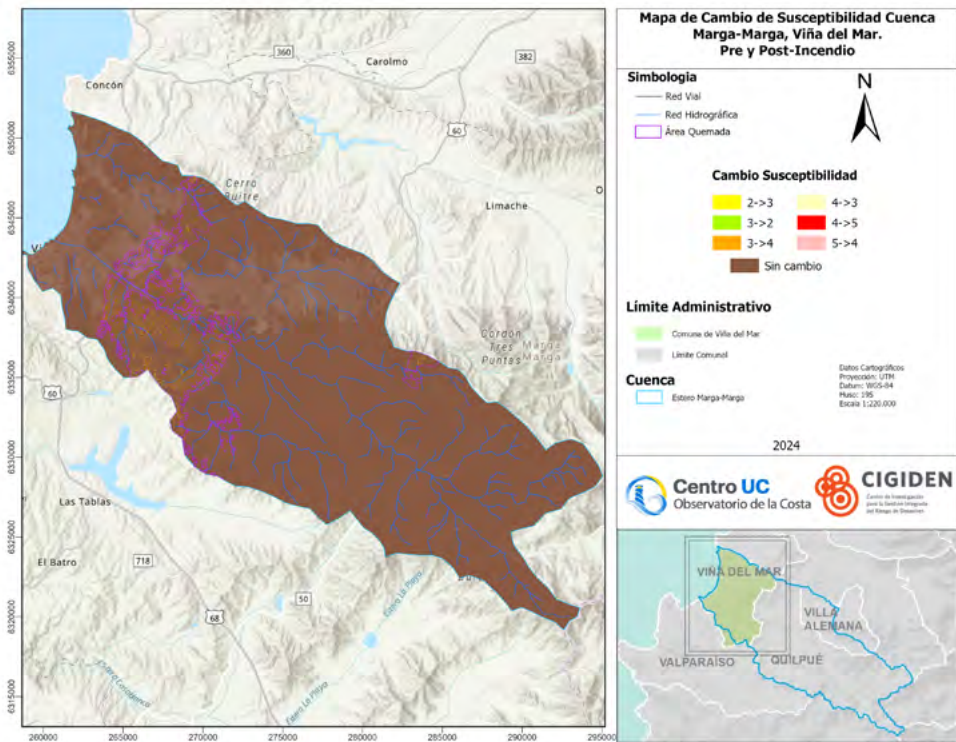


Figura 25. Mapa Cambio Susceptibilidad Cuenca Marga-Marga

Fuente: Elaboración propia

En el análisis de susceptibilidad comparando las condiciones pre y post incendio, se produjo un aumento de la susceptibilidad de media a alta en el área quemada (Figuras 25, 26 y 27). A nivel de cuenca, la susceptibilidad alta aumentó en 375,39 ha, de las cuales 292,43 correspondieron al área quemada. La mayor parte del aumento de la susceptibilidad alta se concentró en el área quemada, indicando que el fuego ha sido el principal factor de cambio en esta zona. Las características del suelo y la pérdida de cobertura vegetal en esta área son factores clave que aumentan la susceptibilidad.

El incendio ha alterado significativamente las características del suelo y la vegetación, disminuyendo la capacidad de retención de agua y aumentando la erosión. Esto contribuye a un incremento de la susceptibilidad a eventos como deslizamientos, flujos, caídas de rocas, inundaciones y erosión del suelo. La vegetación actúa como una barrera natural que protege el suelo de la erosión y ayuda a estabilizar el terreno. Al ser destruida por el fuego, el suelo queda expuesto y más propenso a las remociones.

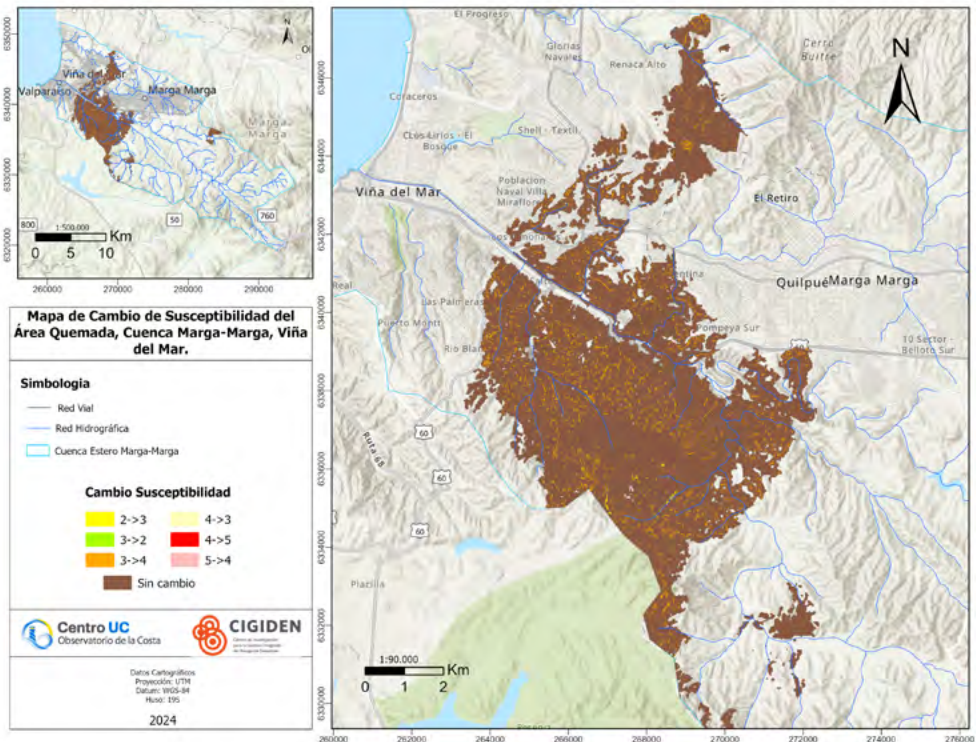


Figura 26. Mapa Cambio Susceptibilidad Área Quemada Cuenca Marga-Marga

Fuente: Elaboración propia

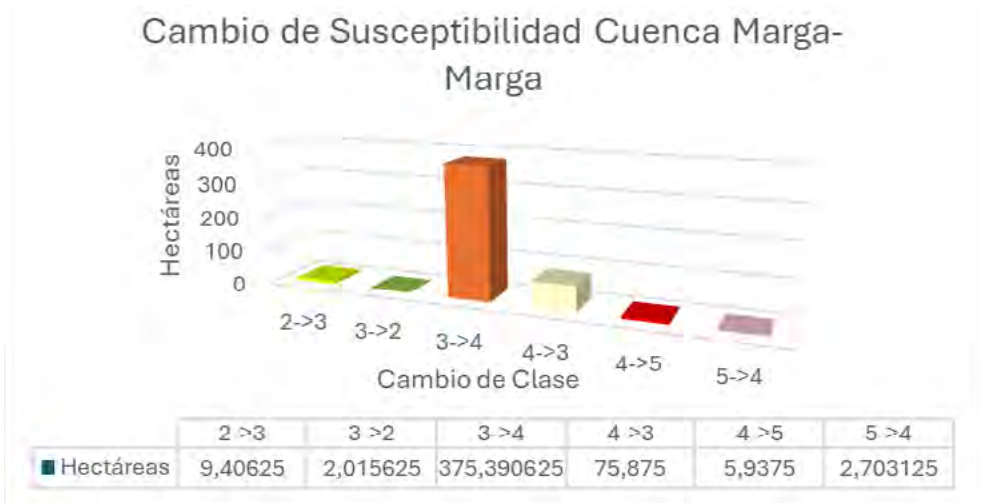


Figura 27. Gráfico Cambio de Susceptibilidad Cuenca Marga-Marga

Fuente: Elaboración propia

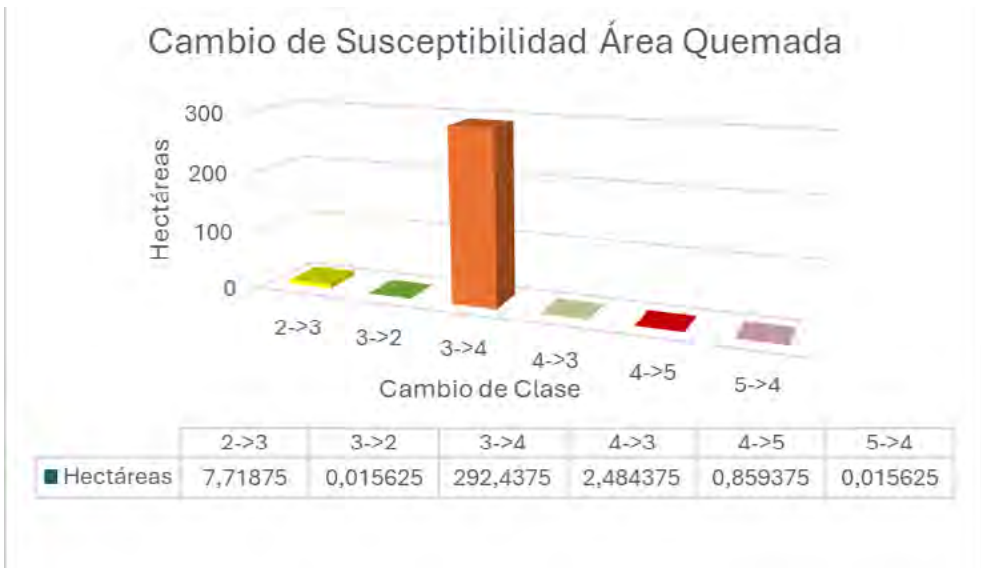


Figura 28. Gráfico Cambio de Susceptibilidad Área Quemada Cuenca Marga-Marga

Fuente: Elaboración propia

### 7.1.2 Prospección de vulnerabilidad Social

A partir de la realización del índice de vulnerabilidad social (SoVI), se obtuvieron 7 componentes principales que explican la vulnerabilidad de las zonas afectadas, que se pueden observar en detalle en la Tabla 26. Se obtuvo un valor de varianza explicada del 71.4% brindando validez al resultado.

Matriz de componente rotado		Componente						
Variables		C1.	C2.	C3.	C4.	C5.	C6.	C7.
		Falta de seguridad social y pertenencia	Accesibilidad a servicios públicos e infraestructura urbana	Desempleo y calidad de viviendas (Económico)	Bajo acceso a establecimientos de educación	Dependencia etaria	Falta de acceso a agua potable	Inmigrantes mujer
Indicador de Inseguridad ante Delitos Graves contra la propiedad		0,951						
Indicador de Inseguridad ante Delitos Graves contra las personas		0,940						
Indicador de Baja Accesibilidad a Equipamientos Culturales		-0,745						
Indicador de Baja Escolaridad de Jefe de Hogar		0,526						
Indicador de Baja Accesibilidad a Áreas Verdes			0,915					
Indicador de Baja Accesibilidad a Equipamientos de Salud			0,887					
Indicador de Baja Accesibilidad a Servicios Públicos			0,873					
Indicador de Baja Accesibilidad a Equipamientos Deportivos			0,690					
Indicador de Baja Suficiencia de Viviendas				0,741				

Tabla 26 continúa >

Variables	Componente						
	C1. Falta de seguridad social y pertenencia	C2. Accesibilidad a servicios públicos e infraestructura urbana	C3. Desempleo y calidad de viviendas (Económico)	C4. Bajo acceso a establecimientos de educación	C5. Dependencia etaria	C6. Falta de acceso a agua potable	C7. Inmigrantes y el rol de la mujer
Indicador de Baja Participación Juvenil en Empleo y Estudio			0,687				
Indicador de Desempleo			0,556				
Indicador de Baja Calidad de la Vivienda			0,434				
Distancia Centro de Educación Inicial				0,832			
Distancia Centro de Educación Básica				0,783			
% dependencia etaria					0,816		
% Inmigrantes							0,324
Indicador de Baja Cobertura Vegetal						-0,780	
% viviendas sin acceso directo al agua						0,723	
Indicador de estructura familiar mononuclear							0,856
Índice de feminidad							0,400

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.

**Tabla 26.** Matriz de componentes principales.

*Fuente: Elaboración propia*

Respecto de cada componente se puede detallar lo siguiente:

1. Falta de seguridad social y pertenencia: Este componente parece estar fuertemente asociado con la falta de seguridad social y una sensación de falta de pertenencia en la comunidad. Las variables con mayores pesos en este componente incluyen indicadores de inseguridad ante delitos graves contra la propiedad y las personas, así como la baja accesibilidad a servicios públicos y equipamientos culturales. Esto sugiere una falta de recursos y servicios esenciales que contribuyen a la vulnerabilidad social y al sentimiento de inseguridad.
2. Accesibilidad a servicios públicos e infraestructura urbana: Este componente refleja la accesibilidad a servicios públicos y la calidad de la infraestructura urbana, lo que influye en la calidad de vida de la comunidad. Las variables con mayores pesos en este componente incluyen indicadores de baja accesibilidad a servicios públicos, equipamientos de salud y deportivos, así como baja suficiencia de viviendas. La falta de acceso a estos servicios básicos puede aumentar la vulnerabilidad social y limitar las oportunidades de desarrollo.
3. Desempleo y calidad de viviendas (económico): Este componente está asociado con el desempleo y la calidad de las viviendas, lo que supone desafíos económicos en la comunidad. Las variables con mayores pesos en este componente incluyen indicadores de desempleo, de baja participación juvenil en empleo y estudio, baja calidad y suficiencia de viviendas. Estos factores pueden contribuir a la inestabilidad económica y a la vulnerabilidad social de la población que no puede acceder a una vivienda de calidad.
4. Bajo acceso a establecimientos de educación: Este componente está relacionado con el acceso óptimo a establecimientos educativos, lo que puede afectar el desarrollo y las oportunidades de la comunidad. Las variables con mayores pesos en este componente incluyen indicadores de baja accesibilidad a establecimientos de educación (inicial y básica). La falta de un acceso cercano para apoderados y alumnos a la educación puede perpetuar el ciclo de vulnerabilidad social y limitar las perspectivas de futuro de los residentes.

5. Dependencia etaria: Este componente refleja la proporción de personas dependientes en la población, lo que puede tener implicaciones para la atención y los recursos necesarios para satisfacer sus necesidades. La variable con mayor peso en este componente incluye el porcentaje de dependencia etaria. Este componente es indicador de una mayor necesidad de apoyo social y económico para garantizar el bienestar de la comunidad.
6. Falta de acceso a agua potable: Este componente refleja la falta de acceso a agua potable, un recurso fundamental para la vida y el bienestar de la comunidad. Las variables con mayores pesos en este componente incluyen el indicador 'porcentaje de viviendas sin acceso directo al agua' y 'cobertura vegetal', siendo esta última con un peso negativo. La escasez de viviendas con conexión de agua potable puede tener graves consecuencias para la salud, pero a su vez, para el desarrollo de la comunidad debido a la dependencia de camiones aljibes, aumentando su vulnerabilidad social y económica, como aumentando la logística y costos de abastecimiento para los gobiernos locales.
7. Inmigrantes y el rol de la mujer: Este componente está relacionado con la presencia de inmigrantes y el papel de la mujer en la comunidad. Las variables con mayores pesos en este componente incluyen el porcentaje de inmigrantes, el indicador de estructura familiar mononuclear y el índice de feminidad. Estos factores pueden influir en la dinámica social y económica de la comunidad, afectando la integración de los inmigrantes y el acceso de las mujeres a recursos y oportunidades. La inclusión de este componente en el análisis resalta la importancia de considerar la diversidad y la equidad de género en las estrategias de mitigación de la vulnerabilidad social.

En cuanto a la zonificación de los resultados, la Figura 29 representa los niveles de vulnerabilidad social obtenidos para el área afectada previo a los incendios de febrero de 2024.

Es posible observar la zona se encuentra en un nivel de alta vulnerabilidad, siendo el sector norte cercano a Manuel Bustos, el que presenta el mayor estado de vulnerabilidad, con al menos 7 manzanas en niveles muy altos. Por otro lado, el sector de El Olivar, hacia el sur del área de estudio, posee valores diferenciados, pudiendo encontrar manzanas con niveles de vulnerabilidad alta, media, baja e incluso 9 manzanas con niveles muy bajos de vulnerabilidad. De manera similar, se encuentra el sector de Villa Independencia, donde es posible observar diferentes niveles de vulnerabilidad; sin embargo, predominan los niveles medios.

Cabe destacar que, dada la metodología, los valores observados son relativos, por lo que solo son comparables dentro del área de análisis y no con otras áreas externas.

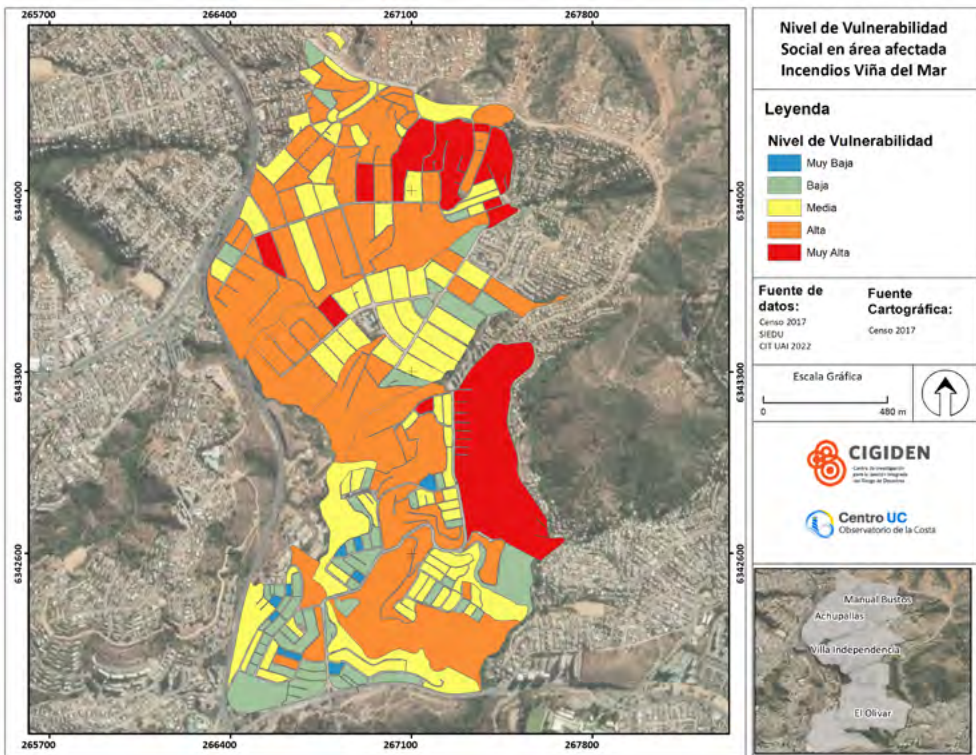


Figura 29. Nivel de vulnerabilidad previo a los incendios de febrero 2024

Fuente: *Elaboración propia*

En términos de población, el 46% se encuentra en niveles altos y muy altos de vulnerabilidad previo a los incendios, mientras que sólo un 2% se encontraba en un mejor estado (Figura 30). En cuanto a las viviendas, la situación se mantiene similar, con similares proporciones respectivamente (Figura 30).

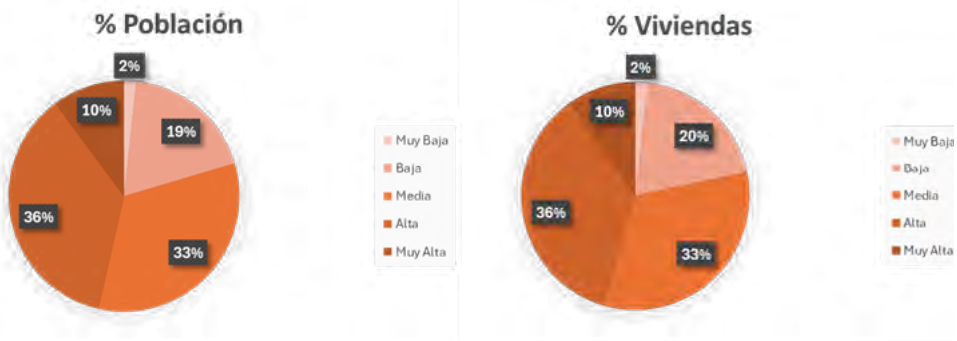


Figura 30. Porcentaje de población y viviendas por nivel de vulnerabilidad

Fuente: Elaboración propia

## 7.2 RESULTADOS DE TERRENO

### 7.2.1 Descripción cualitativa y relato sobre los sitios afectados en las áreas priorizadas

#### Día 1 – 2 de abril, 2024: Achupallas

El recorrido comienza en Avenida Panorama, sector de Achupallas. Desde aquí se inicia el primer punto ubicado en Avenida Principal. En este lugar se comienza a observar el estado de reconstrucción de las viviendas siniestradas en el pasado incendio, identificando sitios con alto avance en reconstrucción y auto reconstrucción, así como de otros que mantienen a la fecha escombros o parte de las estructuras siniestradas. Se observan sitios con viviendas de emergencia en su interior e incluso más de una.

En la intersección de Principal con Pasaje 1, se conversó con la señora Jacqueline Olave (calle Principal #78), vivienda que resultó siniestrada en su totalidad. En el lugar se conversó con don Cristian Peña, quien comenta que el día del incendio él se encontraba en Quintero, y que su señora venía desde El Belloto hacia su casa, la señal telefónica era normal, pero la alerta SAE no llegó a todos con el aviso de evacuar y tampoco hacia dónde.

Con respecto a la asistencia de vehículos de emergencia en el lugar, comenta que “la subida (referencia a Avenida Panorama) es tan complicada, que con un vehículo bajando, ya un carro de bomberos no sube”. Comenta que familiares y vecinos escuchaban a vehículos de emergencia, pero estos no llegaban. Con respecto a enfermedades relacionadas al evento, comenta que su señora quedó con la sensación de garganta irritada y problemas para dormir.

Sobre la reconstrucción, ellos han levantado su vivienda con la ayuda de familiares y cercanos y de forma independiente sin apoyos para la reconstrucción, manifestando que “si acepta la vivienda de emergencia, no recibirá bono de 300 mil pesos”, por lo que prefiere el dinero en efectivo para poder realizar compras en materiales para la reconstrucción, que esperan tener antes de que comience la temporada de invierno y las próximas lluvias, ya que comenta que “hoy el sector se ve duro, firme, el suelo compactado, impenetrable, pero en la primera lluvia, el sector se transforma, ni siquiera camionetas 4x4 pueden maniobrar aquí, es un barrial”, “por eso tenemos que tener la casa lista antes de eso”. Comenta que su señora está recibiendo una ayuda como microempresaria, proveniente del Servicio de Cooperación Técnica (SERCOTEC). Pero es la única ayuda que han recibido. A su vez, su mayor preocupación es la falta de equipamiento que todavía hay en el lugar.

Siguiendo por la calle Principal, el panorama es el mismo, diferencia entre el estado de avance en la reconstrucción de las viviendas. En el lugar, se conversó con la señora Roxana Rojas (Principal #54) sitio en el cual se emplazan dos familias, la de la Sra. Roxana y la familia de Mayra Ortiz Rojas. Según cuenta comparten el terreno con su hija y su nieto: el día de los incendios no estaban en la casa, estaban trabajando y la casa se quemó completa. “No subimos, todo fue muy rápido, mi hija se vino en la noche y yo regresé al otro día. Una vecina nuestra murió mientras arrancaba, entre la confusión y la oscuridad del incendio tropezó y se golpeó la cabeza. Los primeros días vino a ayudar más gente particular, parientes de uno principalmente, entre todos sacamos los escombros. Después de una semana empezó a llegar gente de la Municipalidad, pero ya teníamos todo listo. Acá no hay junta de vecinos, pero teníamos antes una directiva que se juntó para tratar de hacer las cosas de mejor manera, mucha solidaridad, pero también hubo vecinos con mucha falta de empatía. El municipio ahora después que nos inscribimos, empezó a colaborar con la remoción de escombros y están demoliendo atrás las casetas que eran nuestros baños y se quemaron. También nos pusieron una vivienda de emergencia, que llegó a fines de febrero. Antes de eso estuvimos durmiendo en carpas acá en el terreno. Lo que más necesitamos ahora es que se habilite el alcantarillado, porque las casas de emergencia tienen baño, pero no hay donde descargar eso”.

Avanzando, se conversó con Claudio Rojas, vecino quien nos solicita que se prioricen los deslindes de terrenos ya que están comenzando a surgir problemas con vecinos por los espacios, en donde personas están apropiándose de más espacios, pertenecientes a otros propietarios, así como también manifiesta su preocupación por la aparición de inescrupulosos que han llegado al sector a robar enseres y/o materiales de construcción, así como tomarse terrenos siniestrados sin movimientos. Según comenta, toda la reconstrucción la ha hecho solo, gracias a unos materiales que le proporcionó cómo ayuda la empresa donde trabaja. “El techo lo hice solo”, cuenta. El vecino reitera poder comunicar a las autoridades pertinentes el tema del deslinde entre las viviendas, el que ha estado generando conflictos entre algunos vecinos. Por otra parte, comenta que, transcurrida la emergencia, ha visto y siente que hay una mayor comunicación entre los vecinos, “ahora nos conocemos, sabemos quién vive y donde viven”. Pero resalta la necesidad de mayores ayudas efectivas tras la emergencia, se han sentido confundidos, separados, y no entienden por qué deben optar por una ayuda, o la vivienda de emergencia o bonos de ayuda.

Comenta que lleva varias semanas durmiendo en una carpa en la parte trasera de su propiedad, los escombros aún no han podido ser removidos en su totalidad por la falta de recursos para costear esto. Siente que hay lentitud en la entrega de cosas básicas, como baños, que entendiendo son compartidos o para uso de los damnificados, hay lugares en los que no llegaron. “Como adulto puedo sobrellevar todo esto, de alguna forma cuesta, pero debo pararme, pero me quiebro al ver a mis hijos, su normalidad ya no existe, los sacó de la carpa al auto para llevarlos al colegio, pero al regresar su casa aún no está, aún deben llegar a una carpa. Hay mucha desorganización, porque hay vecinos que les tocan los beneficios todas las veces, pero hay vecinos que no alcanzan los beneficios. A nosotros nos dijeron que nos iban a poner una casa de emergencia, y resulta que teníamos todo despejado para la casa de emergencia y no llegó. Nosotros preguntamos, disculpe qué pasó, nos dijeron que teníamos que hacer tal y tal cosa, se hizo, no llegó”.

Al momento de la tragedia, comenta que “todo fue rápido, en minutos, el fuego avanzó por todas partes y no podían ingresar bomberos por lo complejo que el sector”, “acá las calles son chicas y todos tratamos de arrancar con los autos, algunos chocaron, otros atropellaron sin querer a personas, era como una película de terror y todo esto con fuego, humo y sin poder ver ni respirar bien”. Las alertas llegaban a los celulares, pero no a todas las personas, muchos teléfonos quedaron sin señal antes de que el fuego llegara al lugar, (compañía Movistar).

“Es lamentable, pero si esto llega a pasar otra vez, será peor. No estamos preparados”.

En esta ruta, también por calle Principal, encontramos a doña Marina Pino, adulta mayor (65) que vive sola desde hace 28 años en este sector, en un terreno del cual es propietaria. En su caso destaca también la ayuda que llegó al barrio los primeros días, señalando que durante esta fase particulares le regalaron una casa prefabricada, luego de constatar que había perdido todo. Esta casa no ha sido armada, y se encuentra en el terreno esperando a poder ensamblarse. Por ahora cuenta con la casa de emergencia, que pocos días antes de nuestra entrevista había sido instalada en su terreno, sin embargo señala que se le filtra el agua, y que todavía quedan muchos escombros y materiales de desechos en el terreno, lo que le provocó un accidente. “Acá desapareció toda la Avenida Principal, el viento era una locura y no se salvó ninguna casa. Yo arranqué con mi perrito. Sobre la ayuda, como a la semana empezaron a hacer catastros, pero principalmente ha venido gente de otras partes a ayudar, privados, a mí me ayudaron de la iglesia donde participo. Yo soy propietaria y tengo todos mis papeles en regla, así que instalaron la casa de emergencia, pero tuvo una filtración de agua, se me mojó cuando tuvimos vaguada costera, así que llamé a los maestros que me dijeron que la iban a venir a ver. Luego hace un par de días estaba intentando ordenar y pisé un clavo, tuve que ir al consultorio a que me vieran y ahora me cuesta mucho caminar. Para mí lo que más se necesita es que me ayuden a retirar los escombros y mano de obra, particulares me regalaron una casa, que no he podido armar. Tampoco se ha habilitado la conexión de agua, de manera que tengo baño pero no hay donde descargar”.

Bajando por esta misma calle encontramos a don José Farías, quien relata que el día de los incendios se encontraba en su casa. Es jubilado y vive solo en este terreno. Al llegar el fuego señala que este se acercó hasta la mitad de la calle, frente a su puerta y que no pudo abrir la reja para arrancar en su auto, el que se quemó completo, así como también su casa. “Mi perrito se quemó las patas y estuvo diez días en el veterinario. Una vez que salí le pedí a un vecino que me vendiera su auto, accedió y me fui a un terreno que tengo hacia el interior. Ahí yo me perdí, desaparecí cuatro días, mis hijos me estaban buscando porque no sabían nada de mí. Me quedé con lo puesto. Cuando regresé del campo compré un celular y estaba lleno de mensajes, así que me vine de regreso. Todo esto lo limpié yo, mis hijos ayudaron los primeros días. También mucha ayuda de particulares, gente de Santiago que traía cajas, etc. Afortunadamente tengo recursos y he comprado materiales para reconstruir, compré un piso flotante, un comedor, tengo también una casa de emergencia ya instalada.

Lo que más lamenta uno es perder sus cosas, su comodidad, yo ahora quisiera que mi mente esté más tranquila, no he tenido ayuda psicológica”.

Otro vecino que comentó sobre el proceso de reconstrucción, también en este sector de Lomas Latorre, es Luis Moraga, quien vivía solo con su señora, mientras que tres de sus hijas viven un poco más allá: dos perdieron la casa y la otra se salvó, de manera que la familia se fue a la casa de la hija que quedó en pie los primeros días tras la tragedia. Dice que el día de los incendios veían las llamas lejos y no pensaron que llegaría hasta sus casas, pero a medida que avanzaba el fuego se cortó el agua y no pudieron mojar sus casas para prevenir. “Hemos recibido harta ayuda, desde los primeros días, pero principalmente cajas de alimentos, nos entregan una caja semanal. También para el retiro de escombros hemos recibido ayuda de la Municipalidad. Para la reconstrucción, con la plata del Gobierno me alcanzó para comprar el piso. El resto ha sido ayuda de la familia, que nos ha regalado cosas, como la lavadora y materiales. Todo lo he levantado yo con mis manos. Los primeros días con mi señora nos vinimos de regreso al terreno con una carpa, haciendo como que estábamos acampando, y empecé a levantar de nuevo la casa. Demoré doce días en levantar la estructura, ya tengo los baños y acceso al agua”.

Al llegar a la intersección de calle Principal y Pasaje 2 Norte, se observa un despliegue municipal, al costado del jardín infantil de la Junji Pequeños Pasitos con carpas y toldos de servicios estatales y municipales. Se observa en terreno el retiro de escombros, arreglo de estructuras, luminarias, operativos de salud, entre otros. Uno de estos es el Programa de Mejoramiento Urbano y Equipamiento Comunal PMU, financiado por la Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo SUBDERE, el que comenzó el día 6 de marzo y tiene una inversión de 140.146.814 millones de pesos (información que se aprecia en la señalética ubicada en el lugar).

Avanzando en dirección al sur, bajando por calle Libertad hasta Los Jazmines, se aprecia desde una vista panorámica los estragos del incendio en Achupallas y Villa Independencia, en este lugar se conversó con algunos vecinos que aún consternados no quisieron responder encuestas, pero solo se refirieron a la ausencia de bomberos para combatir el fuego, así como grifos. El exceso de escombros y basura en quebradas y lo complejo de las calles, para evacuar. Este sector es un sector residencial, en donde muchos son familiares de Carabineros que perdieron todas sus casas. En calle Las Petunias, se conversó con la señora Marisol Caneo, quien hoy cuenta en su propiedad con dos viviendas de emergencia, una que está armada, pero por falta de espacio, quedó sin el baño operativo, y otra que se

encuentra por ser armada, faltando solo el despeje de algunos escombros para esto. Mientras ella vive junto a sus hijos en una casa levantada por ellos mismos a la espera de soluciones y ayudas. La Sra. Marisol nos cuenta que tuvieron que evacuar en dirección al trabajo de su hijo en el Camino Internacional cerca de “La Cuca” y su esposo e hijo volvieron en busca de lo que pudo no verse afectado por el fuego, sin tener resultados positivos. “Se quemó todo”. Nos comenta que de no ser por la presencia de unos eucaliptos que se encontraban frente a su casa, quizás su casa no se habría quemado, pero “el viento incendió y prendió esos árboles y levantaba ramas con fuego que saltaban hacia las casas y quemaban todo”. Logró evacuar junto a su familia llevándose a las mascotas. Las alarmas avisaban sobre los incendios, “incendio en El Olivar, incendio en Villa Independencia, incendio en todos lados y allí ya estaba aquí”. Ella tenía frutales en su propiedad, árboles que resultaron todos quemados y reducidos a cenizas. Su vecino, un kinesiólogo, había terminado de construir una casa grande de dos pisos, que se quemó completa, ellos tomaron a última hora la decisión de evacuar. Nos comenta y señala que una casa que no resultó quemada por el incendio, fue víctima de una “molotov” lanzada por personas que andaban tirando estas bombas para que se quemaran las casas.

Desde el día de la emergencia se encuentra con problemas de salud, “quedé ronca” haciendo referencia a malestares respiratorios, nos cuenta que ha recibido apoyo psicológico y que espera que esto pase luego.

En dirección sur hasta la calle Carlos Pezoa Véliz, hacia Calle Chimbarongo, encontramos a don Jorge Babuino vecino del sector que lo perdió todo, su casa y su lugar de trabajo, don Luis se dedica a el arte en madera y a la apicultura. Para él, el mayor desafío de la tragedia que ha enfrentado es ver como murieron personas aquí en el lugar, vecinos. Don Jorge no estaba en el lugar cuando ocurrió el incendio, se encontraba cosechando miel en otro lugar, pero sus vecinos grabaron cómo se quemaba su vivienda, “esto, donde estamos era un infierno”, y los vehículos de emergencia no pudieron llegar al lugar. Don Jorge es diabético y necesita tener sus medicamentos refrigerados, él no cuenta aún con energía eléctrica en su vivienda, ha ido en numerosas oportunidades a CHILQUINTA y no vienen.

También encontramos en este punto a un grupo de vecinas que repartían almuerzos a las personas damnificadas en el sector, Elsa Saavedra a través de su pyme “Banquetería Pastenes” reparten alimentos en los sectores siniestrados en Achupallas, Villa Independencia y El Olivar, de forma autónoma y con el apoyo del municipio viñamarino en la entrega de insumos como arroz y fideos.

En el mismo sector, el profesor jubilado, Boris Rojas, cuenta que estas ayudas han sido de gran utilidad en el sector, en especial el almuerzo que se ofrece todos los días. El profesor relata que trabajó durante décadas en el Instituto Comercial como pedagogo, y señala que habita un terreno de 450 metros cuadrados, donde se ubicaba su casa y la de dos de sus hijos. “Yo era profesor del Instituto Comercial y como las redes sociales son tan poderosas y rápidas, se enteraron a los pocos días y empezaron a llegar mis alumnos con ayuda. Primero despejaron todo, luego nos trajeron ayuda de alimentos, vestuario. Llegaban verdaderas cuadrillas de gente, muchos jóvenes y eso fue muy emocionante. Básicamente, acá todo ha sido autoorganización, ayuda de amigos, de familiares, vecinos. Todas esas ayudas me permitieron comprar en Santiago una partida de ladrillos y empezar nuestra reconstrucción por nuestra cuenta. Lo que nos falta es mano de obra, para terminar la construcción, yo soy viejo y me cuesta realizar actividad física. Ayuda del gobierno no es mucha, pienso yo, la gente nos avisa cuando están entregando algo, si hay que ir a algún lugar a buscar ayuda entonces vamos. La casa de emergencia nos llegó una hace poco, pero nosotros solicitamos tres, así que todavía estamos durmiendo en carpas acá. También hay que destacar que se realizó un operativo de salud tras los incendios, donde nos vacunaron contra el tétano.

Hacia la calle Luis Hurtado López con Gabriela Mistral, por la que ingresamos en dirección a Villa Independencia, se observó que la reconstrucción avanza, pero de forma autónoma con diferencias entre propietarios, algunos con un nivel de avance mucho mayor que otros. También es posible apreciar muchos sitios cerrados, pero con carteles que señalan nombre de propietario o familia, el número de integrantes, número de contacto y el requerimiento. Por ejemplo: “Se necesita tierra para relleno”. También en este sector se observan puntos de entrega de agua potable, provistos por la empresa ESVAL. Desde calle Pablo Neruda se puede observar hacia el norte un alto aumento en la densidad poblacional del Campamento Manuel Bustos, donde desde el lugar se observa un alto avance en reconstrucción en las zonas siniestradas, pero también en otras zonas como quebradas, lo que podría suponer un desafío a futuro.

### Día 2 – 3 de abril, 2024: Villa Independencia

El recorrido se inició en Plaza Villa Independencia, hacia calle Pablo Neruda hacia el sur. En el lugar se observó un alto avance en reconstrucción y operatividad de algunos servicios siniestrados, como la garita de buses de locomoción colectiva afectada en febrero. Los centros de acopio de vecinos han ido desapareciendo de a poco, para situarse en estos lugares operativos de ayuda municipal y estatal como entrega de kit de ayudas. Muchas viviendas se encuentran cerradas, pero con la información de contacto de propietarios fuera de estas. Se hace difícil poder conversar con algunas personas, porque la mayoría de estas se encuentran trabajando en reconstruir sus viviendas antes de las lluvias.

En la calle Millaray, se conversó con la Sra. Marianela Campos, quien originalmente no vivía allí, ya que esa casa era de un familiar de su esposo, el que falleció producto del incendio en el lugar y para evitar que se tomaran el terreno, ellos se trasladaron allí. La señora Marianela cuenta que ella tuvo la oportunidad de conversar con la ministra Vallejo a 10 días de ocurrido el incendio, y fue esta quien le envió la vivienda de emergencia en la cual se encuentra viviendo hoy, ya que su esposo fue quien respondió la ficha IFE y ésta sólo considera al jefe de hogar o a una persona, no considerando al resto del grupo familiar. Al momento del incendio, ella se encontraba “más arriba en Villa Independencia” y nos relata que los desafíos más grandes han sido los cortes de servicios como agua y luz desde que comenzó el incendio, además de los tubos de gas que debían “correr del fuego” y “taparlos con paños mojados” para que no explotarían. Los Bomberos no podían pasar, y tampoco había donde abastecerse de alimentos o cosas, porque todo se quemó. “Yo no evacue, solo me quedé fuera con mis hijos y perro mirando como todo se quemaba”. Por otro lado, comenta sobre la calidad de la vivienda de emergencia y kits de apoyo, no son los mejores, casas quedan con filtraciones y los kits llegan antes o después de las casas. Si bien, es mejor que no tener nada dice, preferiría que las soluciones fuesen más expeditas.

“Este sector donde estamos fue uno de los sectores más dañados por el incendio, aquí murió gente dentro y fuera de las casas, aquí era imposible respirar, aquí se respiraba aire caliente que hacía arder todo, aquí llovió fuego, esto era para que muriéramos todos”, relata que el trauma posterior ha sido muy fuerte, fue atendida por psicólogos, pero una sola vez. “En esta calle murió mucha gente quemada, tengo esos recuerdos, esas imágenes que me regresan la pena”. “Sufrimos la pérdida del primo de mi esposo, el que vivía en este sitio, y eso también nos ha traído problemas con vecinos que al principio pensaban que habíamos tomado el lugar, hemos sufrido mucho”.

“Yo no podría decir quién es el grupo más afectado porque aquí todos sufrimos y el catastro aún no está, todavía hay gente desaparecida”.

Sobre la señal de telefonía y la alerta SAE, comenta que esta era a ratos buena, y no llegó. Y las ayudas han demorado mucho en llegar, son ayudas de particulares. Falta mucha ayuda sobre todo en salud mental para las personas.

### Día 3 – 4 de abril, 2024: El Olivar

En este sector de El Olivar, una de las zonas siniestradas con mayor impacto, existe hoy otra problemática, que no se observó los días previos en las otras zonas y tiene que ver con la reconstrucción de las viviendas. Aquí la reconstrucción ha sido muy lenta, pero no por una lentitud en la canalización de las ayudas, sino que de acuerdo a los relatos de sus vecinos, por la estructura de las viviendas. Las viviendas características de este sector corresponden a una estructura de dos pisos que alberga en ella 4 viviendas, por lo que para reconstruir una vivienda se deben demoler cuatro viviendas (Figura 31). Es aquí donde surgen conflictos, ya que en muchos sectores hay daño en las cuatro viviendas, pero en otras estructuras, solo existe daño en una, en dos, o en tres, lo que no permite demoler, ya que no están las cuatro siniestradas. Los vecinos nos comentan que la reconstrucción está siendo lenta y de forma autónoma.

En este sector la alerta SAE llegó 10 minutos después de que el fuego llegará al lugar. Desde el lunes posterior al incendio, los vecinos pertenecientes a Juntas de Vecinos de El Olivar se conformaron como “Comité de Crisis”, para catastrar a sus vecinos, levantaron fichas para ayudas, entre otras, comenta don Luis Peña, vecino de la calle Río Frío, en El Olivar. Don Luis comenta que hay 217 casas siniestradas que no fueron registradas por las autoridades. Comenta que existe un conflicto entre vecinos que no quieren que demuelan sus viviendas por miedo a que les quiten terrenos o los envíen a vivir lejos. Sostiene que en el espacio donde se emplazan 4 viviendas, sí pueden desplegarse 4 viviendas de emergencia. El temor de las personas damnificadas es que en estos terrenos luego se levanten edificios y con esto los erradiquen de la zona.



**Figura 31.** Viviendas siniestradas por el fuego, El Olivar

*Fuente: Elaboración propia.*

El vecino comenta que el municipio rechazó la información levantada por los vecinos, nos comenta que existe un vecino de nombre Rene Flores quien desarrollo un informe de daños y catastro de los damnificados en El Olivar (miembro del Comité de Crisis) quien es constructor civil y podría colaborar en la reconstrucción. A su vez, don Luis nos dice que ellos como comunidad presentaron un recurso de amparo para frenar las acciones de demolición de viviendas, porque no habría un informe técnico detallado que avale el procedimiento. La comunidad no quiere que demuelan sus viviendas.

Sobre la alerta SAE, don Luis indica que esta no llegó a tiempo al lugar, su hija es una de las damnificadas perdiendo toda su casa. La comunidad ha recibido ayuda, pero también sienten que las autoridades se han equivocado mucho, falta prolijidad en la entrega de las ayudas, hay personas que sin necesitar ayudas la retiran dejando a otros sin la ayuda. La fundación Ronda (fundación con foco en personas con discapacidad y mujeres, para favorecer la inclusión sociolaboral de personas con barreras de acceso) ha ayudado desde el primer día a la fecha.

Posterior a esto, se recorrió el lugar identificando el estado de reconstrucción de las viviendas, en su mayoría viviendas cerradas con la información de contacto de propietarios de la misma forma que lo vimos en los otros sitios siniestrados en días previos. Se comprobó en terreno la existencia de varias propiedades en donde las siniestradas son por lo general segundos pisos de estas estructuras que albergan cuatro viviendas y que coincide con el relato de algunos vecinos.

En el transcurso se ve poco movimiento peatonal, se observó también la falta de vías de evacuación o vías que conecten hacia una arteria principal. La zona sur de El Olivar es una zona muy impactada por el incendio, el que como dicen vecinos “cruzó la ruta, atraviesa los cerros y voló por, sobre todo consumiéndose todo” (Figura 32).

Al llegar a la calle Río Grey, se conversó con la señora Angélica Pulgar, exdirigente vecinal de la segunda etapa de El Olivar, quien perdió todo en el incendio y hoy se encuentra viviendo junto a su hermano en casa de este. La señora Angélica nos relata los momentos de terror que vivió junto a su hija y nieto, a quien ella dice le debe la vida, ya que la adrenalina del momento y su deseo de salvar al menor la hicieron moverse y actuar de forma rápida olvidando sus problemas de movilidad.

En casa de su hermano en calle Río Grey la señora Angélica comenta que tuvieron que evacuar desde el primer momento, porque el fuego llegó en minutos y casi a la par de las alarmas. Mucha gente sufrió quemaduras al evacuar, por las pavesas que caían, pero también por quemaduras al tomar pasamanos de las escaleras que usaron para llegar a otras calles porque se calentaban. Sobre las ayudas han llegado lento, pero llegan dice. Frente a esto y su pasado como dirigente vecinal ella se ha preocupado de catastrar a todos sus vecinos, con nombre, rut, teléfono, incluso hasta la talla de calzado, para así facilitar la entrega de ayuda tanto de privados como de municipio. En su hogar temporal se dedica junto a su hermano y familia a brindar alimentación a sus vecinos, en su mayoría adultos mayores. Además, en el frontis de la vivienda se han transformado en un centro de información donde vecinos y damnificados llegan a preguntar sus inquietudes sobre ayudas u otros temas relacionados.



**Figura 32.** Viviendas siniestradas por el fuego, El Olivar

*Fuente: Elaboración propia.*

### 7.2.2 Levantamiento topográfico a través de drones

A partir del procesamiento de las imágenes tomadas en la campaña, se obtuvieron tres productos principales. En primer lugar, el ortomosaico, el cual es una imagen ortorrectificada y georreferenciada que representa una vista aérea de la superficie terrestre con una alta resolución espacial y una mínima distorsión (ver Figuras 33 y 34). Este producto tiene una resolución de 7 centímetros y se encuentra geoméricamente corregidos al levantamiento de datos de dron que se realizó anteriormente en la zona afectada.



Figura 33. Ortofotomosaico de las áreas afectadas

Fuente: Elaboración propia



**Figura 34.** Ortofotomosaico de las áreas afectadas en el sector El Salto

*Fuente: Elaboración propia.*

Además, se obtuvo el modelo digital de superficies, el cual es una representación tridimensional de la superficie terrestre con todos los elementos existentes o presentes (vegetación, edificaciones, infraestructura y el terreno propiamente) (ver Figuras 35 y 36). La altura elipsoidal con la cual se realizó el levantamiento fue corregida a partir del geoide EGM2008 para referenciar nivel medio mar. Este tiene una resolución de 15 cm.

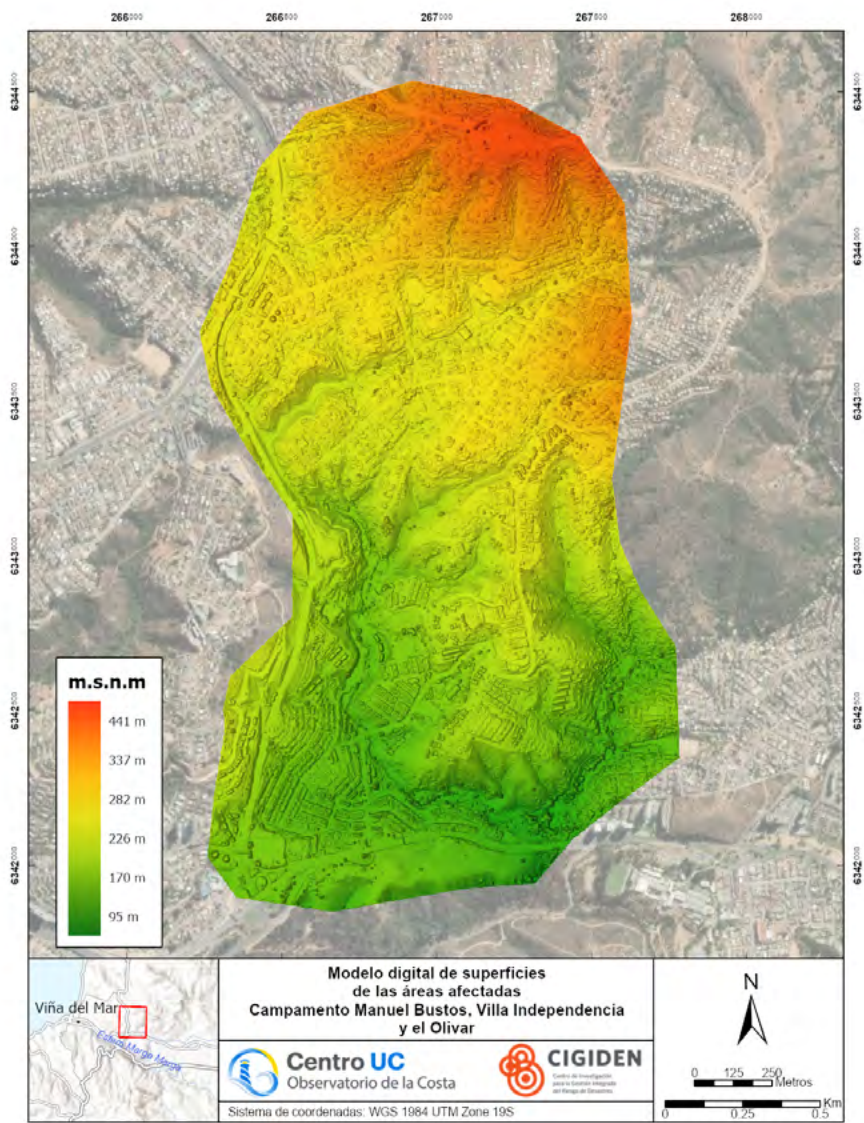
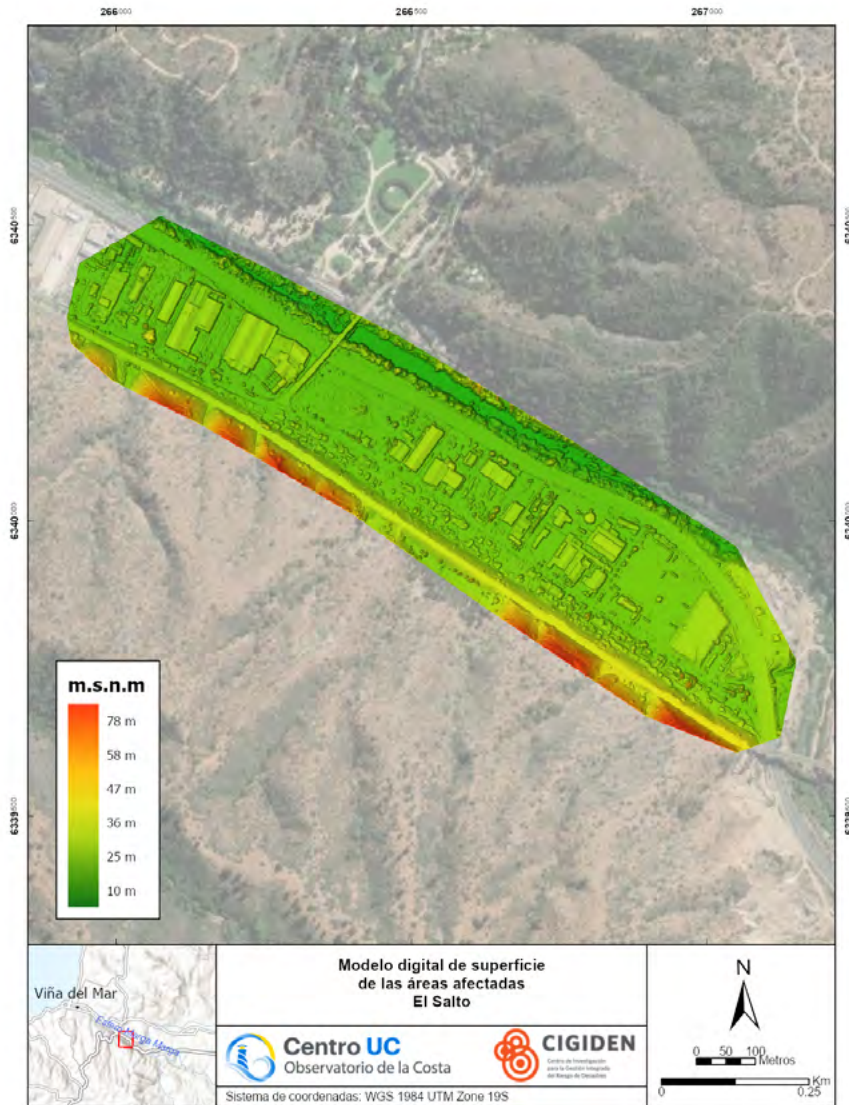


Figura 35. Modelo digital de superficies de las áreas afectadas

Fuente: *Elaboración propia.*



**Figura 36.** Modelo digital de superficies de las áreas afectadas en el sector El Salto

*Fuente: Elaboración propia*

Finalmente, también se obtuvo el modelo digital terrestre a una resolución de 2,5 metros, el cual es el resultado de la interpolación del modelo digital de superficies considerando solo la topografía del terreno, sin incluir características como edificaciones, vegetación u otros elementos artificiales (Figura 37). Este modelo proporciona una representación más precisa de la morfología del terreno.

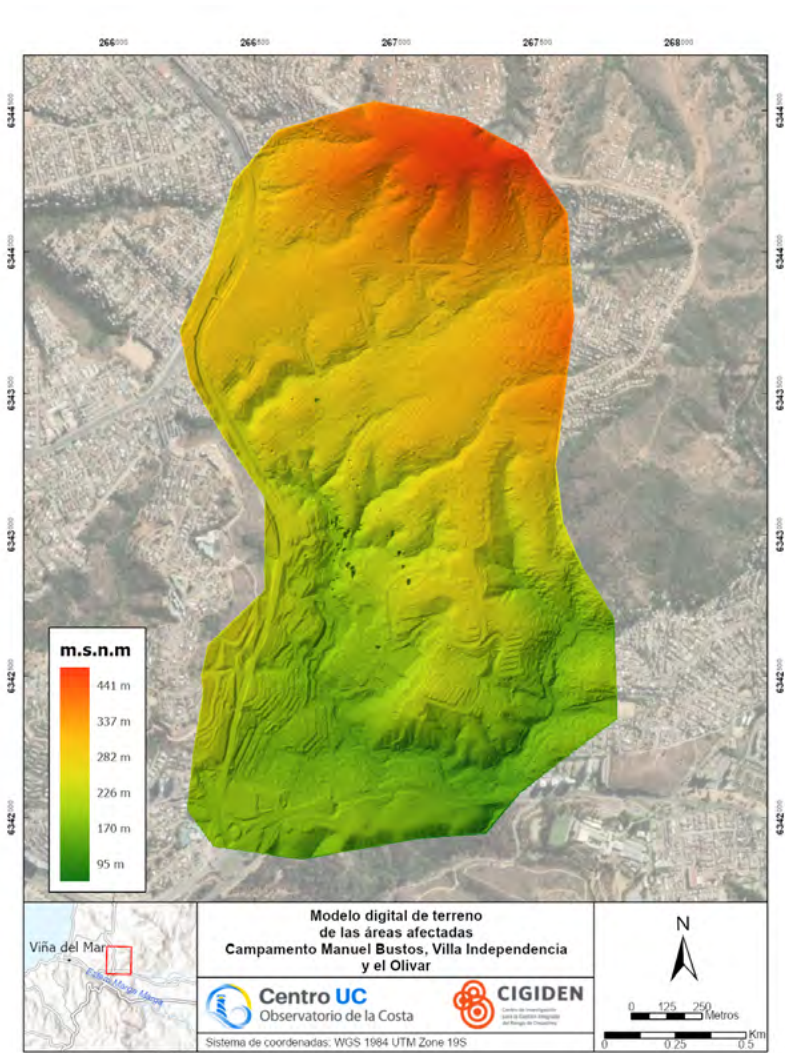


Figura 37. Modelo digital de terreno de las áreas afectadas

Fuente: Elaboración propia

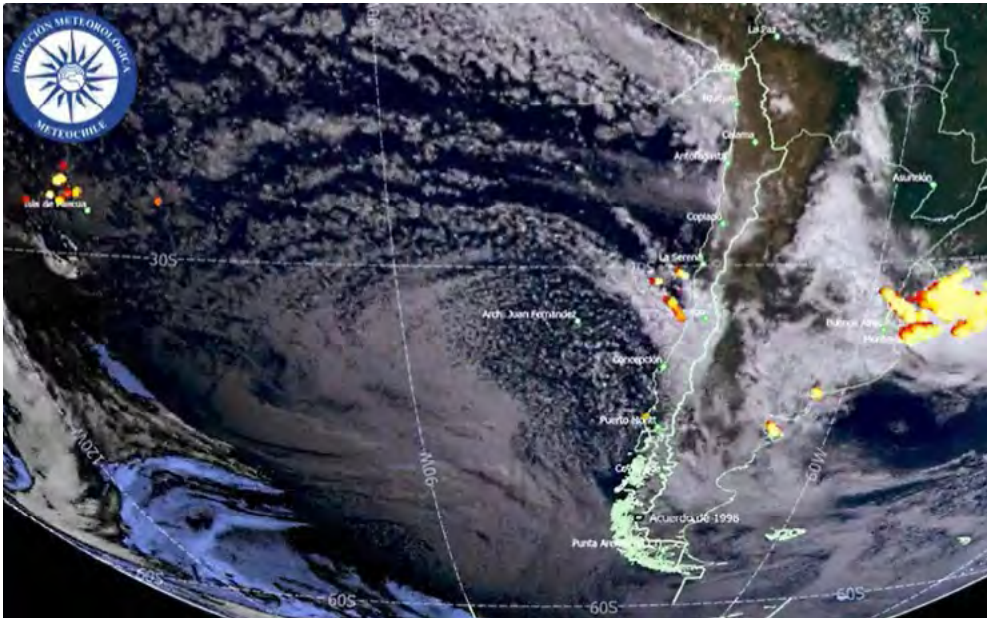
### 7.2.3 Estado de alteración de laderas y quebradas durante sistemas frontales de mayo de 2024

Durante el desarrollo de este informe, se desarrollaron 2 sistemas frontales de relevancia para el desarrollo de procesos hidro-geomorfológicos en las áreas quemadas, por lo cual se realizaron nuevos trabajos de terrenos para monitorear el estado de quebradas y laderas, estos resultados están en proceso de elaboración y han servido para validar los mapas de susceptibilidad. En este contexto, se han dejado caracterizados ambos eventos meteorológicos en este informe.

### a) Caracterización meteorológica del sistema frontal ocurrido el martes 7 de mayo

Durante el martes 7 de mayo de 2024, un sistema frontal afectó entre las regiones de Coquimbo y el Biobío. El contexto sinóptico del frente se explica principalmente por la fase negativa de la Oscilación Antártica (AAO), que se define como un cinturón de vientos del oeste de baja presión, circundante a Antártica y el cual, al estar en fase negativa, implica su movimiento hacia el norte (Ecuador), favoreciendo la llegada de sistemas frontales fríos con masas de aire polar hacia la zona central de Chile. Para ejemplificar las características frías de aquel frente, se vivieron episodios de aguanieve y nieve en los valles interiores más altos de Santiago y el Aconcagua (desde los 650 *msnm*), lo que no es habitual para la fecha.

En la Figura 38, se presenta el mapa sinóptico de la DMC al 7 de mayo, en la cual se observa la nubosidad del frente frío posicionándose sobre la zona central, así como también el área de inestabilidad en la zona costera (puntos amarillos, rojos y naranjos).



**Figura 38.** Imagen satelital de la Dirección Meteorológica de Chile (DMC) al 7 de mayo

Fuente: DMC ([https://x.com/meteochile\\_dmc/status/1787619652673077436](https://x.com/meteochile_dmc/status/1787619652673077436)).

Respecto a la zona costera de Valparaíso, la Dirección Meteorológica de Chile (DMC) pronosticaba entre 15 y 30 mm (precipitaciones normales a moderadas en cortos periodos de tiempo). De igual manera, en el aviso meteorológico A144-1/2024 emitido el 7 de mayo, la DMC estipulaba inestabilidad atmosférica asociada al paso del frente frío, con el desarrollo de nubosidad del tipo cumulonimbo, la probabilidad de tormentas eléctricas y la presencia de vientos sostenidos entre 25 y 40 Km/h.

Según registros del Visor Meteorológico del CR2 (<https://vismet.cr2.cl/>), estaciones meteorológicas cercanas a la zona del incendio, alcanzaron sobre 25 mm de lluvia, tal como es el caso de la Estación Santa Julia - Viña del Mar, con acumulados de 25,8 mm y montos máximos de 5,3 mm/h a las 18 hrs, lo que habla de la intensidad de las precipitaciones (Figura 39).

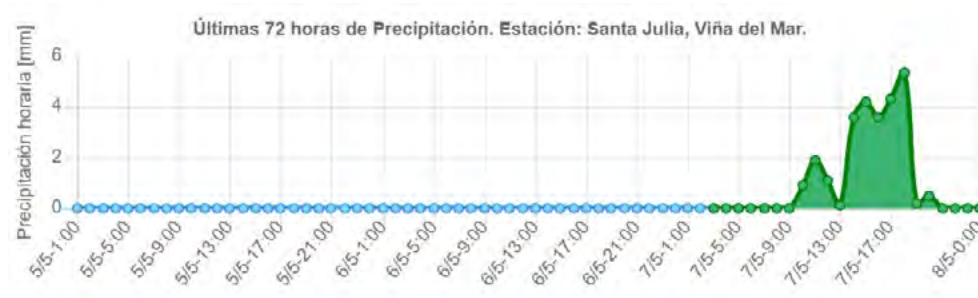


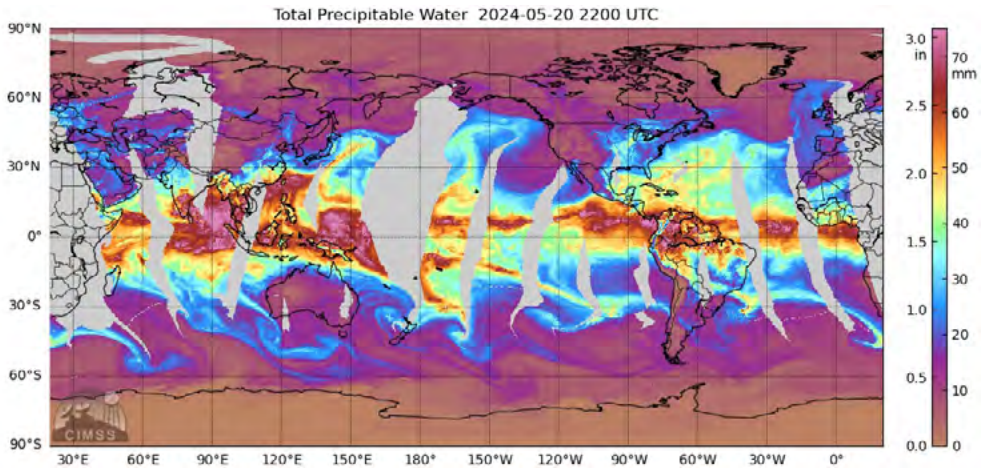
Figura 39. Registro de precipitaciones en Estación Santa Julia - Viña del Mar durante el 7 de mayo

Fuente: VisMet CR2

Por las características de este frente, desde SENAPRED - Valparaíso en su informe técnico N°83, se indica la probabilidad de ocurrencia de diversas emergencias en las zonas afectadas por los incendios, entre ellas remociones en masa, lo que se debe a la alta vulnerabilidad del sector y la disminución de resistencia de las laderas.

#### b) Caracterización meteorológica de los sistemas frontales ocurridos entre el lunes 20 y el jueves 23 de mayo

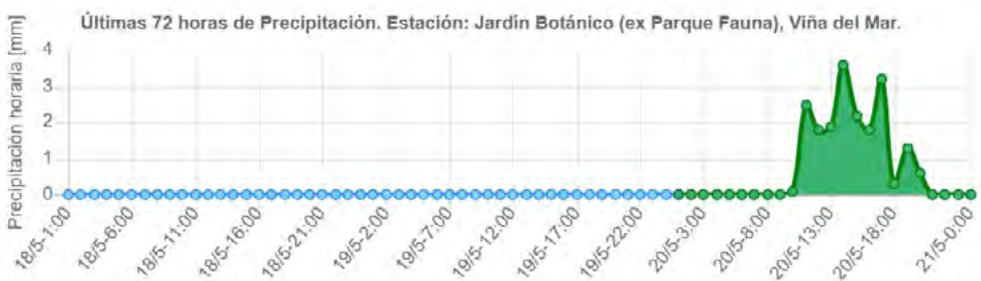
Durante el 20 de mayo, un nuevo episodio de lluvias afectó la zona central de Chile, por lo cual SENAPRED estableció Alerta Temprana Preventiva para las comunas de Viña del Mar, Quilpué, Villa Alemana, Los Andes, San Esteban y Puñato debido al evento meteorológico. El contexto sinóptico del evento corresponde a un sistema frontal con aportes de un río atmosférico (Figura 40), el cual provocó precipitaciones normales a moderadas en corto periodo de tiempo. La DMC pronosticó entre 13 y 28 mm para el litoral de la región.



**Figura 40.** Ríos atmosféricos al 20 de mayo.

Fuente: CIMMS ([https://tropic.ssec.wisc.edu/real-time/mtpw2/product.php?color\\_type=tpw\\_nrl\\_colors&prod=global2&timespan=24hrs&anim=html5](https://tropic.ssec.wisc.edu/real-time/mtpw2/product.php?color_type=tpw_nrl_colors&prod=global2&timespan=24hrs&anim=html5))

Estaciones cercanas a las zonas afectadas por los incendios, registraron en torno a los 20 mm de precipitaciones, tal como es el caso de la Estación Jardín Botánico de la DMC, cuyo pluviómetro alcanzó 19,3 mm, con intensidades sobre 3 mm/h a las 14.00 y 17.00 hrs del 20 de mayo (Figura 41).



**Figura 41.** Registro de precipitaciones en Estación Jardín Botánico durante el 20 de mayo

Fuente: VisMet CR2

Posteriormente, durante el miércoles 22 de mayo, un nuevo sistema frontal afectó la zona central, principalmente en zonas interiores entre Coquimbo y la Región Metropolitana. Inicialmente, la DMC pronosticó entre 1-3 mm en la zona litoral de Valparaíso, sin rachas de viento asociadas. El contexto sinóptico del evento corresponde a un sistema frontal frío con comportamiento zonal, vale decir, que impacta de manera perpendicular al continente y que por, acción de la cordillera de Los Andes, provoca mayor formación de nubosidad y precipitaciones, generando mayores acumulados de precipitación en el interior que en la costa (Figura 42).

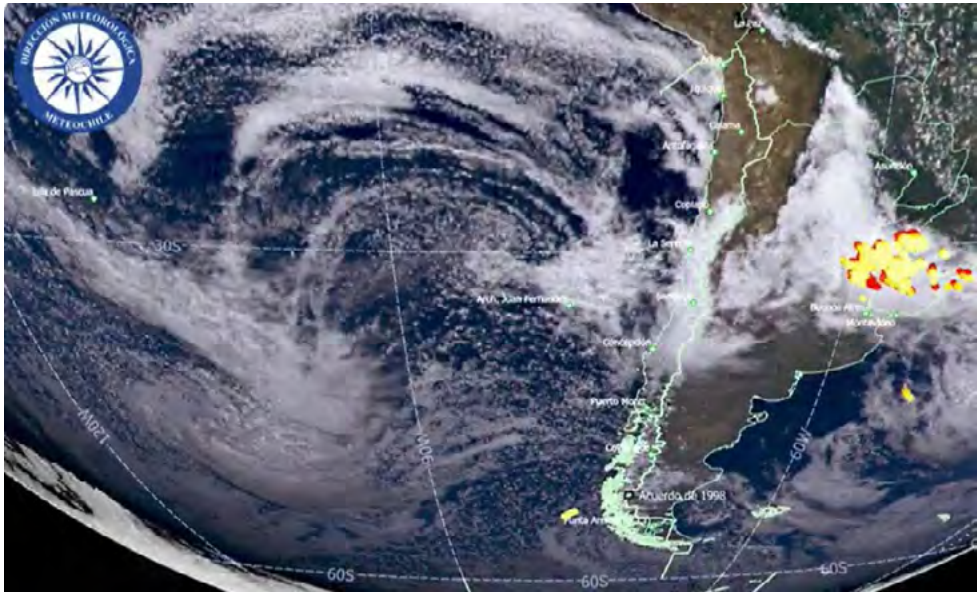


Figura 42. Imagen satelital de la Dirección Meteorológica de Chile (DMC) al 22 de mayo

Fuente: DMC ([https://x.com/meteochile\\_dmc/status/1793327259064938766](https://x.com/meteochile_dmc/status/1793327259064938766)).

A pesar de lo anterior, estaciones meteorológicas cercanas a la zona del incendio registraron en torno a los 10 mm, tal como es el caso de la Estación Jardín Botánico de la DMC, que alcanzó 8,8 mm, con intensidades máximas de hasta 1,5 mm/h a las 11.00 hrs del 22 de mayo (Figura 43).



Figura 43. Registro de precipitaciones en Estación Jardín Botánico durante el 22 de mayo

Fuente: VisMet CR2

Es importante señalar que en ambos episodios de precipitaciones entre el lunes 20 y jueves 23 de mayo, según consigna la prensa, vecinos de los sectores de Manuel Bustos, Villa Independencia y El Olivar, debieron buscar distintas maneras de proteger sus hogares, principalmente con nylon, planchas de metal y sacos de arena.

### c) Estado de quebradas y laderas afectadas por los sistemas frontales

El 10 de mayo de 2024, se realizó un trabajo de campo en la ciudad de Viña del Mar para evaluar los efectos del sistema frontal ocurrido el 7 de mayo, que dejó 25,8 mm de lluvia acumulada. El objetivo fue obtener muestras de suelo para análisis de laboratorio, registrar remociones en masa y estragos causados por el evento climático, y validar puntos para un inventario de remociones. Durante la jornada, se visitaron 5 puntos de varios sectores, incluyendo el Campamento Manuel Bustos, Villa Independencia y el Olivar como se muestra en la Figura 44. Se tomaron muestras de suelo a diferentes profundidades, se documentaron remociones en masa como deslizamientos y flujos, los efectos antropogénicos de la autoconstrucción, acumulación de escombros y basura y se entrevistó a residentes locales. Las condiciones del terreno variaban desde alta humedad y presencia de barro hasta pendientes pronunciadas con riesgo de deslizamientos. Se registraron daños en infraestructuras, grietas en el terreno y deslizamientos menores que afectaron a áreas residenciales. Las muestras recolectadas serán analizadas en laboratorio para evaluar la estabilidad del suelo y la influencia de los suelos quemados en la susceptibilidad a remociones en masa.



Figura 44. Sectores analizados en terreno durante el sistema frontal del 7 de mayo de 2024

Fuente: Propia

En el punto de muestreo P-01, ubicado en las coordenadas 6.344.294 mN y 267.012 mE se obtuvo una muestra de suelo compuesta por tres horizontes distintos. El primer horizonte, de aproximadamente 30 cm de espesor, presenta un color amarillento y está constituido por una mezcla de material orgánico y regolito; en su capa superior, se observan los efectos de un incendio, que ha recocido las arcillas presentes. El segundo horizonte, de unos 50 cm de espesor y color grisáceo, contiene restos orgánicos de raíces profundas y material más fino. Finalmente, el tercer horizonte, de un metro de espesor, muestra un color amarillento y está compuesto por el basamento, cuyo grado de meteorización ha llevado a que la roca se altere hasta un estado de suelo con un mayor contenido de material fino (Figura 45A). Estas muestras serán sometidas a un análisis detallado en el laboratorio para evaluar la susceptibilidad de las laderas a remociones en masa, cuyo informe se presentará en una etapa posterior.

En el punto de muestreo P-02, ubicado en la calle Los Plátanos, en las coordenadas 6.344.220 mN y 267.038 mE, se observó una casa afectada por un flujo combinado con un deslizamiento menor provocado por la lluvia. Este flujo descendió por el camino, desembocando en la casa y afectando sus cimientos. La situación de esta vivienda es preocupante debido a su ubicación en una ladera con fuerte pendiente y la ausencia de medidas estructurales de mitigación (Figura 45B). Dado que este evento de precipitación no fue mayor, el peligro aumentaría significativamente si las condiciones meteorológicas incluyeran precipitaciones más intensas y en un periodo de tiempo reducido. La dueña de la casa expresó su miedo ante esta situación y su preocupación por la capacidad de la vivienda para soportar futuros eventos de lluvia similares o más severos.

Adicionalmente, se realizó un vuelo de dron en el mismo punto, que permitió constatar la autoconstrucción en todas las laderas de las quebradas del sector. Estas áreas están fuertemente intervenidas por ocupación irregular, con una gran cantidad de escombros y basura acumulados, producto del proceso de autoconstrucción en laderas quemadas (Figura 45C). Esto incrementa la exposición y el material disponible para remociones en masa que pueden ser desencadenadas por eventos lluviosos.

En el punto de muestreo P-03, ubicado en las coordenadas 6.343.960 mN y 267.053 mE se evidenció nuevamente la acumulación de basura y escombros en el sistema de alcantarillado, una situación previamente observada durante un terreno realizado entre el 4 y 6 de abril de 2024 (Figura 45D). Según relatos locales, esta acumulación provocó un taponamiento y el posterior desborde de la quebrada, anegando la calle, además se observó la generación de grietas en el terreno debido a que el agua de lluvia no es canalizada adecuadamente hacia las quebradas, sino que desciende por los caminos de tierra. Este problema recurrente subraya la necesidad urgente de mejorar la gestión de residuos y la infraestructura de drenaje en la zona para prevenir futuros desbordes y daños asociados durante eventos de lluvia intensa.

En el punto de muestreo P-04, ubicado entre las calles Huasco y Luis Hurtado, en las coordenadas 6.343.980 mN y 267.223 mE se tomaron muestras de suelo que mostraban alta humedad y saturación en todos sus horizontes. El suelo estaba compuesto por un horizonte orgánico de unos 10 cm, seguido de un horizonte A de aproximadamente 20 cm de color rojizo oscuro, constituido por limos y arcillas. Más abajo, se encontró un horizonte B de 30 cm de color rojizo también formado por limos y arcillas, y un horizonte C de más de 50 cm de color amarillento con una mayor cantidad de finos, sin llegar al basamento. Además, en este punto se evidenció una autoconstrucción en etapa más avanzada en el eje de la quebrada, lo que ha llevado a la acumulación de escombros y basura (Figura 45E). Aunque, según los relatos locales, no se produjeron daños mayores debido al evento meteorológico, sí ocurrieron desbordes menores debido al mal estado de la quebrada.

Finalmente, en el punto de muestreo P-05, ubicado en las coordenadas 6.343.249 mN y 267.243 mE, se llevó a cabo un vuelo de dron para evaluar las condiciones de las laderas y quebradas en los sectores de Villa Independencia y El Olivar. Durante esta inspección aérea, se observó una extensa autoconstrucción en las laderas y quebradas, evidenciando que esta problemática es recurrente en diversas poblaciones de la zona (Figura 45F). Se reitera que la autoconstrucción en estas áreas no solo altera significativamente el paisaje natural, sino que también aumenta la vulnerabilidad frente a remociones en masa, especialmente durante eventos de lluvias intensas, donde también, la acumulación de escombros y basura en las quebradas y laderas, resultado de estas construcciones irregulares, obstruye los sistemas de drenaje naturales y agrava los riesgos de inundaciones y desbordes menores.



a) Toma de muestras de suelo P-01



b) Flujo y deslizamiento en el campamento Manuel Bustos P-02



c) Autoconstrucción en laderas P-02



d) Acumulación de basura en P-03



e) Autoconstrucción en el eje de la quebrada P-04



f) Autoconstrucción en laderas y quebrada P-05

**Figura 45.** Estado de quebradas y laderas durante el sistema frontal del 7 de mayo de 2024

*Fuente: Elaboración Propia*

#### 7.2.4 Levantamiento de información socio-territorial con aplicación Field Maps (catastro) en fase de rehabilitación

##### a) Sobre el estado de la reconstrucción y el estado de las vías

A continuación, se presentan las cartografías que definen la dificultad de evacuación a través del estado y cantidad de vías (peatonales y vehiculares) según levantamiento en terreno, imagen de dron procesada y análisis geoespacial (Figuras 46 y 47).

En la Figura 47 referente al mapa con la dificultad peatonal para evacuar, se observa a simple vista que la concentración de las calles más complejas para ejecutar un correcto ejercicio de evacuación peatonal (color rojo) se encuentra en el sector alto del campamento Manuel Bustos, debido a su estado de malas condiciones y falta de veredas. Estos son caminos autoconstruidos de tierra y difícil tránsito, con alta pendiente (variable no incluida en este análisis, pero que sumaría dificultad de circulación). Se agregan, además, escaleras estrechas, sin barandas y de complejo tránsito, que conectan peatonalmente la parte alta del campamento.

También se indican con una línea segmentada ciertas calles sin salida que dependen de otra vía local para conducir una evacuación peatonal, en donde algunas alcanzan largas distancias, internándose en las quebradas. Las escaleras también están indicadas (con un punto celeste) y se puede visualizar su concentración en la parte alta del cerro y en los sectores urbanizados. Por ejemplo, en El Olivar las escaleras cumplen la función de conectar vías interiores y secciones en los grupos de viviendas pareadas.

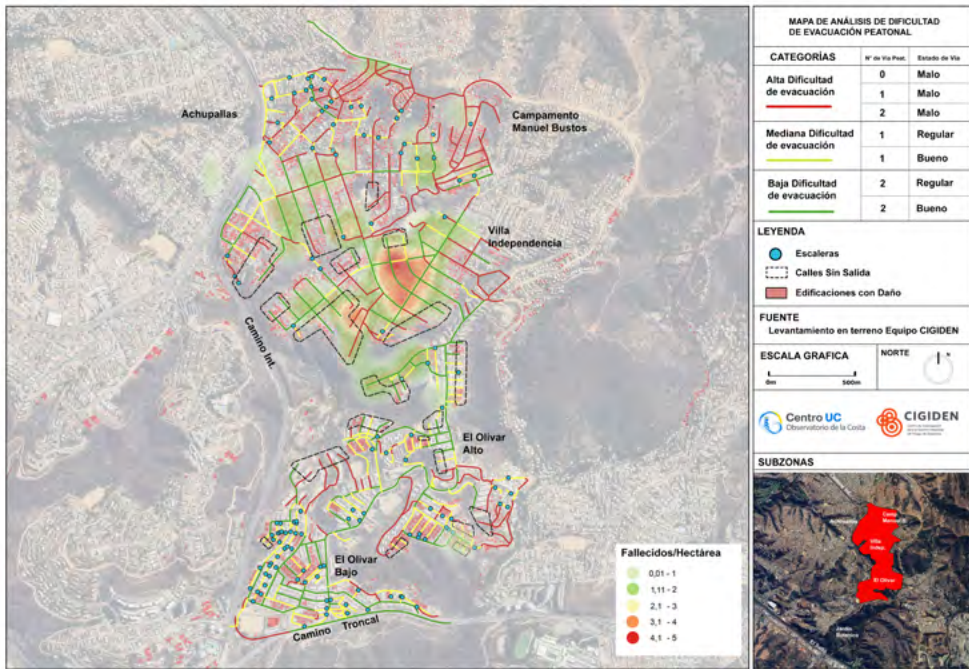


Figura 46. Mapa de Análisis de dificultad de evacuación peatonal

Fuente: Elaboración propia

Respecto a la Figura 47, correspondiente al mapa de Análisis de dificultad de evacuación vehicular, se puede determinar claramente que entre las vías que resultaron bloqueadas durante la emergencia (Augusto D’halmar, Pablo Neruda y Gabriela Mistral) se concentra la mayor cantidad de víctimas del incendio a pesar de la calidad y cantidad de vías, por lo tanto, uno de los factores importante a evaluar es la conectividad de la red vial existente a nivel local con aquellas vías que la vinculan a nivel urbano. Por ejemplo, para el día de la catástrofe, las vías locales colapsaron por la baja conectividad con las vías principales urbanas (Camino Internacional y Troncal Sur). Así, las opciones de rutas vehiculares se reducen a dos evacuaciones principales: Camino Internacional por el Norte y el Troncal por el lado sur.

El correcto arribo a esas rutas principales depende de las vías locales que reciben al flujo proveniente de calles interiores, pasajes sin salidas de Villa Independencia y vehículos que necesitan cruzar el sector. Si a esta circulación de evacuación se suman los vehículos que reingresan a la zona que está en evacuación, los equipos de emergencia que quieren hacer ingreso y los vehículos que tienen estas vías como única opción de salida, la saturación y el cuello de botella generan colapso en la vía.

La calle Gabriela Mistral, de aproximadamente 820 metros lineales de largo, es una de las principales vías que conecta Villa Independencia con Achupallas y su salida al camino internacional. Esta colapsó durante la emergencia ya que esta calle llega perpendicular a calle Luis Hurtado López, otra calle principal que cuenta con locomoción pública, que también estaba saturada durante la emergencia. Lamentablemente los vehículos que buscaban evacuar del lugar fueron alcanzados por el incendio (Figura 48).

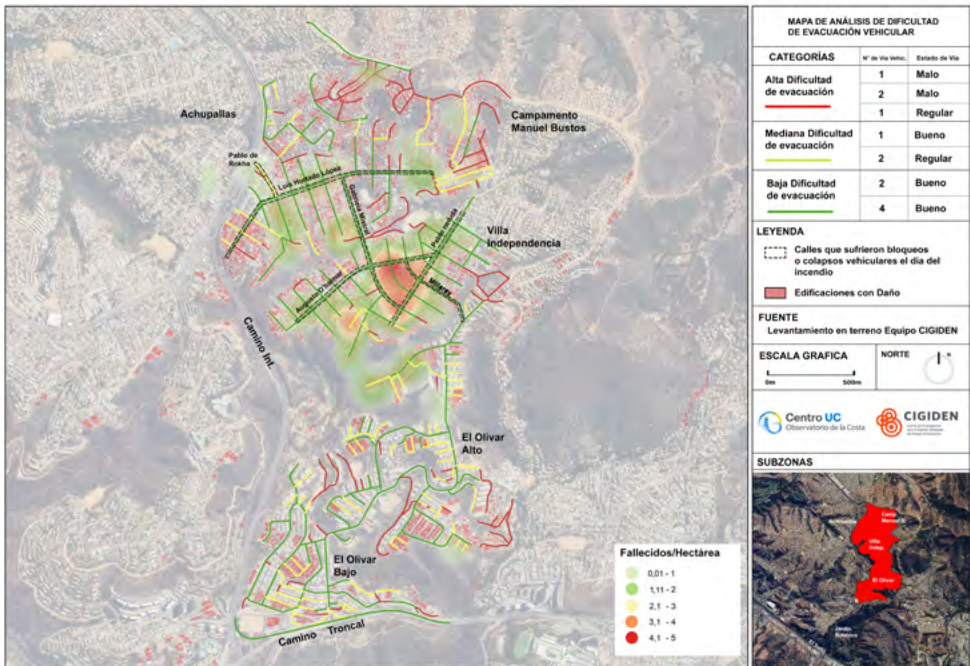


Figura 47. Mapa de Análisis de dificultad de evacuación vehicular

Fuente: Elaboración propia



**Figura 48:** Consecuencias del colapso de calle Gabriela Mistral

*Fuente: La Tercera*

Otro factor importante para una evacuación efectiva es el tiempo vehicular destinado para poder llegar a algún punto de refugio o escape (Figura 49); en este caso de estudio, llegar a las avenidas principales de evacuación (aquellas que conectan con el resto de la ciudad). Para el siguiente análisis se delimitó el área de estudio abarcando Achupallas Oriente, Campamento Manuel Bustos, Villa Independencia y El Olivar, y se evaluó el tiempo requerido para llegar desde distintos puntos del área de estudio (siguiendo la ruta más corta posible) a tres “puntos de meta” (salidas al Camino Internacional y al camino Troncal Urbano). El tiempo necesario se calculó utilizando la aplicación Google Maps, la cual considera en sus parámetros una situación de tránsito expedito.

La Figura 49 permite apreciar cómo las condiciones de configuración de la trama urbana (por ejemplo, falta de conectividad y redundancia) pueden contribuir a elevar significativamente los tiempos de movilidad y de escape durante una emergencia, a pesar de la relativa cercanía física del sector con respecto a las vías de interconectividad urbana. Se destaca, además, que posibles obstrucciones determinadas por los efectos del incendio serían capaces de aislar completamente en el sector para el tráfico vehicular.

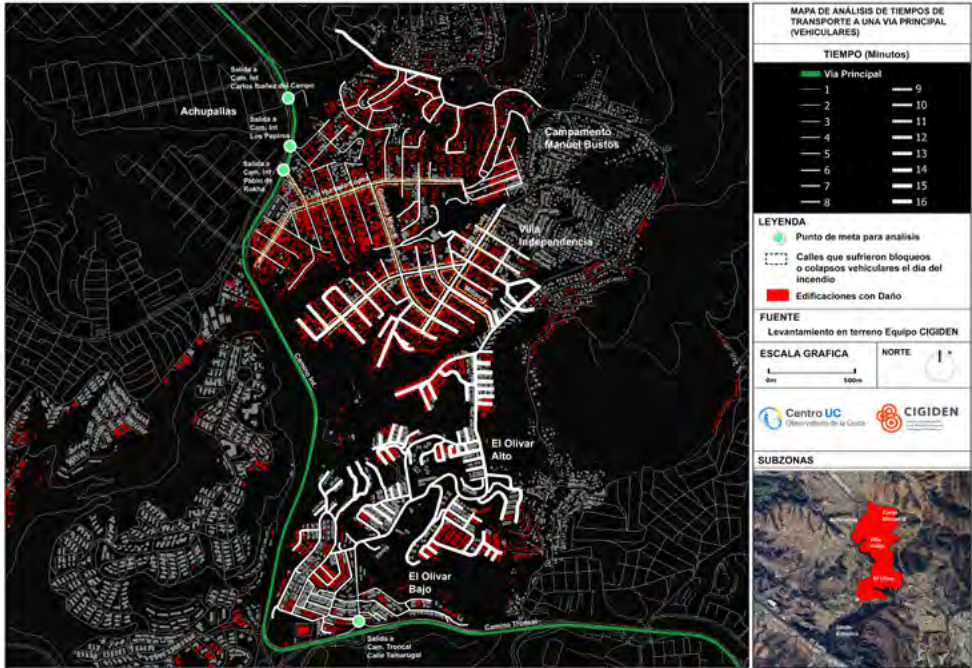


Figura 49. Mapa de análisis con tiempos de evacuación vehicular

Fuente: Elaboración propia

### b) Levantamiento de información social (Uso de aplicación Field Maps y entrevistas)

Para el análisis de los resultados, se realizó una matriz de vaciado por zonas, las cuales se trabajaron por rutas y por cada dimensión de la entrevista, lo que posteriormente fue sistematizado para una mejor comprensión de los resultados (Tabla 19).

#### > Achupallas, Manuel Bustos

Respecto al sector de Manuel Bustos y Achupallas, se obtuvo información a partir del recorrido por 4 rutas que permitieron un mejor levantamiento de datos en el área (Figura 50). De esta manera, y mediante la aplicación Field Maps, los equipos B y C, se subdividieron en cuatro rutas de trabajo para cumplir con el catastro, logrando levantar 90 puntos sobre el estado de las vías de evacuación, 247 datos sobre el estado de reconstrucción y 32 entrevistas sobre la situación de vulnerabilidad social.

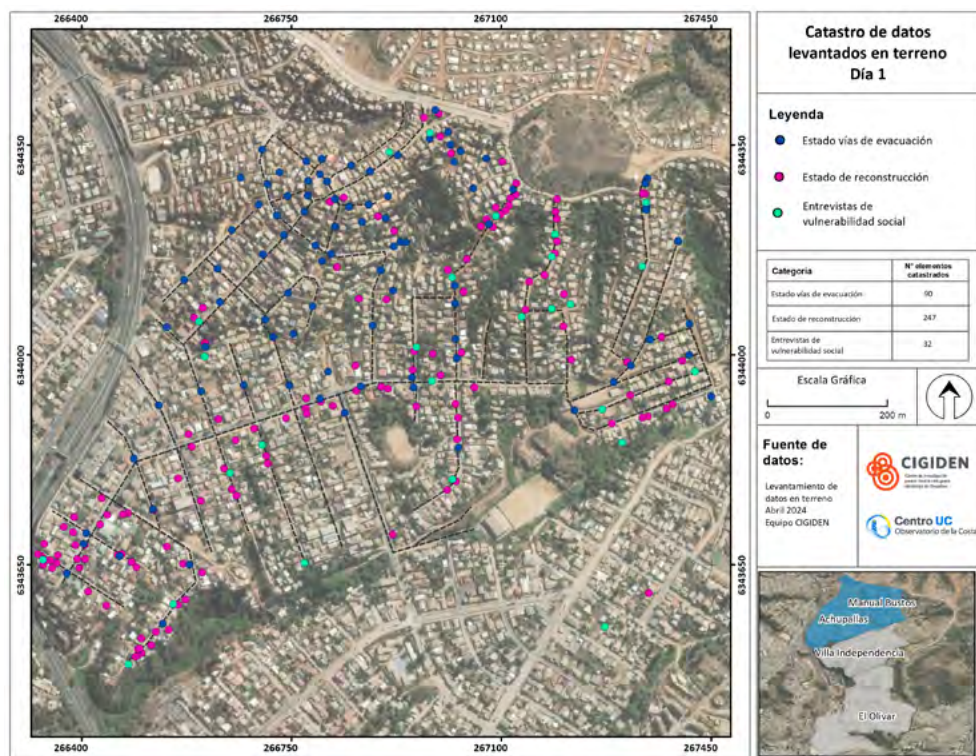


Figura 50. Datos levantados en terreno. Día 1.

Fuente: Elaboración propia

Respecto al relato de la emergencia, las personas afectadas destacan que la alerta SAE llegó al Olivar y Villa Dulce alrededor de las 18.30 hr. cuando esos sectores ya se habían quemado y que para el sector de Manuel Bustos y Achupallas, donde ellos se encontraban, nunca llegó. Por consiguiente, la evacuación se dio de manera descontrolada ante la proximidad del fuego, lo que provocó que la población evacuara en vehículos, generando congestión y dificultando aún más el proceso ante el calor existente y el desconocimiento de las vías de evacuación, además de la oscuridad producto del humo. Esto llevó a que muchos vecinos fallecieran al interior de sus vehículos.

También se menciona que existió resistencia de grupos de vecinos a dejar sus viviendas ante el temor de robos y de perder su hogar. Del mismo modo, algunos intentaron rescatar parte de sus enseres y a su vez, eliminar elementos inflamables de las viviendas, como balones de gas, por ejemplo. Finalmente, se destacan diferentes relatos sobre el origen del incendio como de su propagación, entre los que destacan el rol de los árboles cercanos a viviendas que ayudaron a la propagación del incendio.

En cuanto a la funcionalidad de servicios, destaca la nula o baja calidad de la señal de telefonía móvil, lo que generó desesperación al interior de las familias ante la incapacidad de saber sobre el estado de quienes se encontraban en las zonas afectadas por el incendio. Lo anterior, causó que un alto número de personas fueran o se devolvieran desde las zonas seguras a los sectores que estaban siendo afectados por el incendio a buscar a sus familiares, quedando muchas de ellas atrapadas y afectadas, aumentando, por tanto, el número de población afectada.

Respecto al servicio de agua potable y luz, estos se interrumpieron inmediatamente al comenzar la emergencia y se restablecieron, en promedio, al mes de ocurrido el desastre. Sin embargo, al momento del terreno aún existían zonas sin electricidad, conexión a la red de agua potable y alcantarillado.

En cuanto a los servicios de emergencia, se destaca el rol de bomberos, quienes durante la emergencia se vieron sobrepasados por el alcance del evento y por la dificultad de ingresar a ciertas zonas. Sin embargo, posterior al evento estuvieron apoyando y brindando ayuda para el despeje de los sitios afectados. El despliegue del Servicio Médico Legal también fue inmediato; sin embargo, el alcance a todos los sectores fue lento, por lo que algunos vecinos mencionan que la llegada a ciertos sectores fue tardía.

En términos de reconstrucción física, destaca el lento y/o nulo despliegue de viviendas de emergencia por parte del Estado, contabilizando un total de 396 unidades lo que equivale al 26% del total reconstruido, lo que ha llevado a que la autoconstrucción se haya dado por parte de la población a través de préstamos o ayuda de terceros. Destaca la rápida aplicación de la encuesta FIBE y la llegada de los bonos y subsidios de arriendos, aunque señalan no ser suficientes para volver a empezar. De igual manera, se ha catastrado que parte de la auto-reconstrucción se ha vuelto a dar en sectores de quebradas no aptos para el desarrollo residencial. Respecto a la reconstrucción psicológica, destaca la presencia de voluntarios en la zona y de personal de los CESFAM que han realizado trabajo casa a casa para la solicitud de horas de atención. Sin embargo, destacan la necesidad de mayor seguimiento y continuidad de la ayuda.

Finalmente, en cuanto a preparación y memoria histórica, los habitantes de Achupallas y Manuel Bustos destacan la nula preparación y advertencia frente a estos eventos en la zona. Si bien admiten que se conocía del riesgo en sectores como el Jardín Botánico, nunca se consideró ni se les advirtió de la posibilidad de propagación al sector urbano, por lo que no existía una percepción de riesgo en la comunidad y por consecuencia, medidas de preparación y mitigación.

En cuanto a percepción de vulnerabilidad, la comunidad del sector especifica que el sector más vulnerable es el campamento Manuel Bustos por ser un sitio irregular. Destacan además la vulnerabilidad de niños y adultos mayores.

> Villa Independencia

Respecto al segundo día de terreno, se dio paso al levantamiento de datos en el sector de Villa Independencia, considerando como ejes para la definición de las rutas, las vías Pablo Neruda y Augusto D’Halmar, subdividiendo al equipo B y C en estas dos subzonas (Figura 51). A partir del recorrido realizado se levantaron 69 puntos sobre el estado de las vías de evacuación, 230 puntos sobre el estado de reconstrucción de las viviendas y 13 entrevistas de vulnerabilidad social.

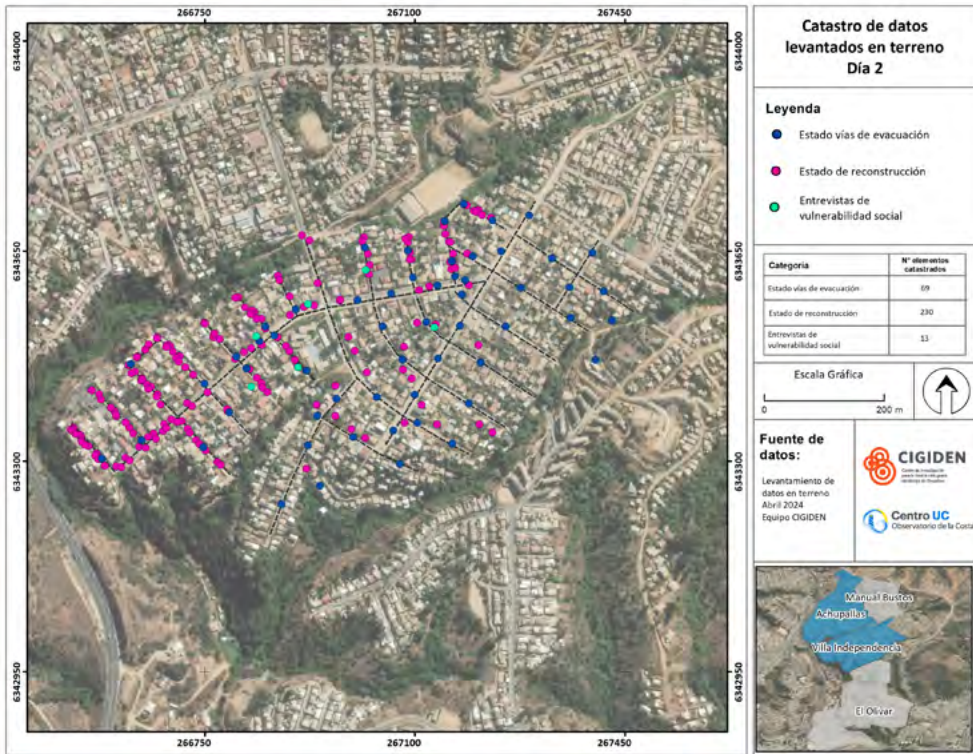


Figura 51. Datos levantados en terreno. Día 2.

Fuente: Elaboración propia

Respecto del relato de la emergencia y lo observado en terreno, cabe destacar que, si bien existe un mejor acceso al sector al ser una zona regularizada, esta se encuentra entre dos quebradas, lo que limitó el número de vías que eran óptimas para la evacuación. En este sentido, la calle Gabriela Mistral fue señalada como la principal ruta de escape para los vecinos del sector, la cual se vio colapsada durante la emergencia, dejando un gran número de vehículos afectados por el incendio.

Al igual que en el sector anterior, se encontraron relatos que indicaron que hubo resistencia a la evacuación por parte de la población. A esto se suma, que no hubo alerta SAE en el sector, al menos hasta cuando la población ya había evacuado, lo que generó caos y pánico.

En torno a la funcionalidad de servicios, los entrevistados destacaron la nula señal telefónica en el área, volviendo a la normalidad días posterior al evento. Respecto a los servicios de emergencia, destacan la ausencia de bomberos por el caos que existía en la zona, lo cual dificultó su llegada.

En cuanto a la ayuda recibida para la reconstrucción física, se observa la entrega de viviendas de emergencia por parte de SENAPRED, además de TECHO. Sin embargo, los vecinos afectados también mencionan la tardanza en la entrega y en el armado de las viviendas, ya que el servicio de instalación de electricidad, agua potable y alcantarillado, se hace por separado por parte de distintas empresas y en distintos días, lo que ha generado que muchos vecinos se hayan visto obligados a auto-reconstruir sus viviendas. En esta línea, se observó un reclamo generalizado entre los vecinos ante la desinformación sobre la entrega de ayuda, puesto que todos han recibido información distinta sobre la encuesta FIBE, el acceso a vivienda de emergencia, a bonos de arriendo, demolición, entre otros.

Respecto a la memoria histórica, se indicó que no se tenía registros de incendios en la zona, se menciona que estos eventos ocurren hacia los cerros y en las tomas. Esto se condice con la baja preparación señalada por los vecinos, quienes mencionaron que posterior al evento se han organizado mediante canales de información (WhatsApp comunitario) para coordinar ayuda y el cuidado de la zona.

Finalmente, los vecinos mencionaron que los grupos más vulnerables para ellos eran los sectores de las tomas y quebradas.

#### > El Olivar

El tercer día de terreno dio paso al levantamiento de datos en el sector del Olivar. Considerando la extensión del área, se subdividió en 3 zonas de trabajo (Chusmiza - Tamarugal - Chungará; Parinacota - Visviri; Tamarugal - Calbuco),

subdividiendo al equipo B y C en estas 3 rutas (Figura 52). A partir del recorrido realizado se levantaron 162 puntos sobre el estado de las vías de evacuación, 90 puntos sobre el estado de reconstrucción de las viviendas y 5 entrevistas de vulnerabilidad social.

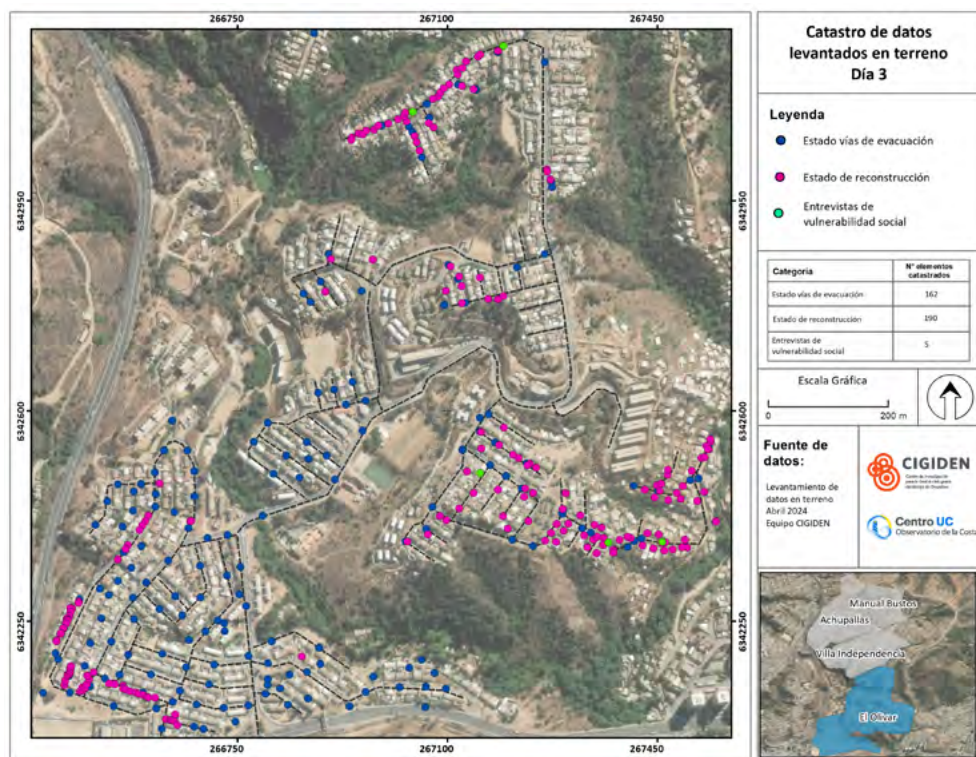


Figura 52. Datos levantados en terreno. Día 3.

Fuente: Elaboración propia

Respecto al relato de la emergencia, se destaca el viento y las altas temperaturas de esa tarde, sumado el cielo que estaba cubierto totalmente por cenizas. El incendio se encontraba en Peñuelas alrededor de las 18 h señalan vecinos y alrededor de las 18:30 h llegó al Olivar, consumiendo todo en muy pocos minutos (entrevistas señalan que en alrededor de 15 minutos). En cuanto a la alarma SAE, se señala que no hubo alerta al celular de manera preventiva, solo llegó la alarma en algunos casos y cuando el incendio ya había pasado por el sector.

La evacuación fue caótica, ya que el fuego se encontraba en la zona y grupos de vecinos no quisieron evacuar, ante el hecho de tener que dejar sus viviendas. Por otro lado, no había directrices claras sobre donde evacuar, lo que generó que hubiese personas corriendo y automóviles entre las vi-

viendas que se incendiaban. A esto se suma que existían solo dos vías con mayor nivel de operatividad y reconocidas por la población (Tamarugal y por Villa Arauco) lo que provocó su rápida congestión.

En torno a la funcionalidad de los servicios, destaca (al igual que en las otras zonas analizadas) la interrupción de la señal de telefonía celular, lo que provocó que personas que no residen en el área llegaran a buscar a sus familiares. Respecto a los servicios de emergencia, se menciona la nula acción que podía llevar a cabo bomberos ante la magnitud del incendio y su extensión, lo mismo con carabineros.

Relativo a la reconstrucción psicológica, se señala la ausencia de ayuda en terreno, ya que existen llamados por Redes Sociales, pero la gente está preocupada por sus viviendas en primer lugar, y declaran resignación hasta volver a levantar sus hogares. Destacan, sin embargo, la vacunación y la ayuda del CESFAM que se encontraría con sobre demanda. En cuanto a la reconstrucción física, la población destaca el bono estatal y los subsidios de arriendo, que han provocado el movimiento de población hacia otros sectores. No obstante, también se menciona la tardanza y “aleatoriedad” de entrega de las viviendas de emergencia, lo que ha propiciado la auto-reconstrucción.

Ahora bien, cabe señalar que, a diferencia de los sectores anteriormente analizados, El Olivar es un área con origen regular, lo que ha generado otros problemas. Ejemplo de ello, es que las viviendas de emergencia no pueden ser utilizadas en la mayoría de los casos debido a que su tamaño supera el terreno de las viviendas afectadas. A esto se suma el hecho de que gran parte de las viviendas, al ser de hormigón, requieren procesos de demolición con apoyo de maquinarias, los cuales no se han realizado en la mayoría de los casos. Por consiguiente, en el sector se observa una tardanza mayor en el proceso de reconstrucción, lo que ha generado que sectores como Chusmiza e Isluga, entre otros, se encuentren totalmente sin habitantes.

Finalmente, en términos de memoria histórica, se mencionan eventos anteriores en la zona del Jardín Botánico, pero sin afectación al sector urbano. Esto llevó a que no existiera percepción de riesgo y, por ende, una nula preparación frente a este tipo de eventos. En cuanto a la percepción de vulnerabilidad, destacan que el sector “más urbano, no toma” es el más afectado, ya que no está recibiendo ayuda a diferencia de los otros sectores. En términos de población, destacan la vulnerabilidad en niños, personas con movilidad reducida y población adulta mayor.

Día y Zona	Ruta/ Dimensiones	Relato de la emergencia	Vulnerabilidad	Funcionalidad de servicios	Servicios de emergencia y estado de salud	Reconstrucción y reparación psicológica	Memoria histórica y percepción del riesgo
		<p>Se menciona que cuando empiezan a acercarse las llamas, recién comienzan a sonar los celulares avisando sobre los incendios en El Olivar y en Villa Independencia.</p> <p>Arboles frutales de las viviendas aledañas ayudaron a la propagación.</p> <p>Las personas empezaron a evacuar en vehículo e informar a los vecinos para que hicieran lo mismo, pero no todas las personas quisieron evacuar. Se intentó salvar a los animales.</p> <p>Algunas personas mencionan que a ciertas casas les lanzaron "bombas molotov" tratando de quemar otras casas.</p>	<p>Los sectores más afectados son el Olivar, Villa Independencia y cercanías al camino internacional donde se quemaron galpones.</p>	<p>Informan que había señal, pero cuando llegó la alerta de evacuar Achupallas, ya no servía.</p>	<p>Indican que los camiones de bomberos pasaban de largo y ninguno subió a Achupallas.</p> <p>Se observan problemas respiratorios, causados por el incendio y también por el estrés postemergencia.</p>	<p>Se reconoce la ayuda del Estado en temas de reconstrucción de salud mental.</p> <p>Incendios anteriores: laguna verde en Valparaíso.</p>	
Martes Achupallas, Manuel Bustos y Villa Independencia		<p>2 de febrero. Se menciona que ese día hizo mucho calor. Personas se encontraban en sus hogares y se veía el incendio hacia el lado de Placilla.</p> <p>Luego se trasladó a Pompeya y llegó a la zona a través del Jardín Botánico.</p> <p>Se menciona la activación de la alerta SAE a eso de las 18.30 h en Olivar y Villa Dulce. Luego en Villa Independencia.</p> <p>Dificultad de evacuación: Si bien algunos vecinos mencionan evacuación rápida desde las casas (5 a 10 minutos) en las calles hubo congestión vehicular (evacuación en autos) y personas evacuando "para todos lados" (falta de directrices, desesperación, oscuridad por el humo).</p> <p>Se destaca fallcimiento de personas que evacuaron en auto.</p>	<p>Sectores más afectados: Los Almendros, El Olivar y Villa Independencia.</p> <p>Población más vulnerable: Principalmente niños. Se menciona también a adultos mayores, personas con movilidad reducida y las tomas.</p>	<p>La señal de telefonía celular no funcionó (intermitencia en la señal de Entel). Algunos vecinos señalan que no recibieron la alerta SAE.</p> <p>El servicio de agua potable y luz eléctrica se cortó inmediatamente.</p>	<p>Ausencia de servicios de emergencia en el momento del incendio (Bomberos y Carabineros).</p> <p>Problemas de salud: Quemaduras y dolores de cabeza (humo y estrés). Estrés post-traumático por la pérdida de hogares, recuerdos y mascotas.</p> <p>Se menciona que damnificados con ficha FIBE tienen convenio con BUPA (FONASA).</p>	<p>Entrega de bono (1,5 millones). Subsidio de arriendo</p> <p>Reconstrucción: Reparación de la vivienda por cuenta propia (préstamos) o ayuda de familiares/Iglesia. Algunos vecinos aún pernoctan en carpas (en reconstrucción faltan elementos como las ventanas). Algunos decidieron arrendar en otras zonas (por demora en entrega de viviendas de emergencia). Presencia de sitios no aptos para reconstrucción (quema de subsuelo y afectación de alcantarillas).</p> <p>Ayuda psicológica: Presencia de particulares y CESFAM en algunas zonas. Otros vecinos, principalmente dueñas de casa, señalan que no han recibido ayuda.</p>	<p>Incendios anteriores: Pastizales en quebrada del sector en 2021 (se apagó rápido por despliegue de bomberos y helicópteros). Se menciona la frecuencia de incendios hacia Peñuelas.</p> <p>Causa de incendio: Intencionalidad</p> <p>Preparación comunitaria: Se indica escasa preparación ante incendios por parte de Comités y Juntas de Vecinos, además de ausencia de grifos y tambores con agua. Mayor unión y conversación entre vecinos después de los incendios (organización para limpieza, desmalezamiento y poda de árboles). Aparición de nuevas Juntas de Vecinos tras incendios.</p>
	Ruta 2 (Las Pataguas - Luis Hurtado López)						

Día y Zona	Ruta/ Dimensiones	Relato de la emergencia	Vulnerabilidad	Funcionalidad de servicios	Servicios de emergencia y estado de salud	Reconstrucción y reparación psicológica	Memoria histórica y percepción del riesgo
Martes Achupallas, Manuel Bustos y Villa Independencia	Ruta 3 (Huillman - Gabriela Mistral))	Relato de la emergencia: Evacuación por cercanía del fuego. Se menciona no activación de alerta SAE (o que llegó atrasada) y que muchos evacuaron en auto.  Las personas no sabían por dónde evacuar: "si bajáramos, nos quemamos", "la calle era un desorden".	Grupo vulnerable: Campamento.	Interrupción del servicio de telefonía móvil.	Se indica la presencia de Bomberos, "pero no podían hacer nada". Problemas de salud: Respiratorios, quemaduras y problemas psicológicos por estrés posttraumático.	Algunos vecinos acusan el no despliegue de viviendas de emergencia y poca ayuda estatal. Reconstrucción con préstamos o ayuda de la Iglesia. Se ha ofrecido ayuda psicológica.	Nula preparación comunitaria ante incendios (nunca se hicieron simulacros): "tampoco se esperaba algo así". Despliegue de ollas comunes tras el desastre.
	Ruta 4 (Bellavista Nte.)	Cuando se veía incendio hacia Jardín Botánico y empezaron a caer cenizas, las personas empezaron a mojar sus casas.  Caos al momento de la evacuación: "por que una guerra" (fuego, explosiones, gente desesperada sin rumbo, fallcidos, choque de autos, oscuridad por el humo).	Grupos más vulnerables: niños y adultos mayores.	No se recibió alerta. Llegó cuando el incendio ya estaba afectando la zona.  Suspensión de señal de celular e internet (llegó hace poco)	Servicios de Emergencia: Despliegue al día siguiente del incendio para sacar cadáveres (Servicio Médico Legal). Problemas de salud: Estrés posttraumático y ataques de pánico.	Reconstrucción: "Aún se espera al MINVU". Vecinos señalan que reconstruyen por sus medios, pero se necesita Arquitecto/a para regularizar planos. Ayuda psicológica: Apoyo desde los trabajos.	El incendio de 2024 es el más grande desde que hay recuerdos en la zona: "Ningún incendio ha sido similar, generalmente eran para los cerros o para abajo, pero siempre incendios chicos". Escasa preparación y organización comunitaria.
Miércoles Villa Independencia	Ruta 1 (Pablo Neruda - Quequén)	Resistencia para evacuar por parte de algunos vecinos (miraban mientras todo se quemaba). Explosiones de cilindros de gas.  Alerta SAE llegó cuando el incendio ya estaba en la zona.	-	Interrupción de señal telefónica y Servicios de agua potable.	Ausencia de Bomberos por dificultad de acceso a la zona.	Hay atención psicológica, pero falta seguimiento y continuidad.	Se menciona que hubo escasa preparación comunitaria e Institucional para hacer frente al evento. Tras el desastre, organización mediante Whatsapp (canal de información y coordinación de ayuda, entre ellos, mercadería).
	Ruta 2 (Augusto D'Halmar)	Relato de la emergencia: No hubo alerta SAE preventiva, se evacuó cuando el fuego ya estaba en la zona. La alerta llegó cuando ya se había quemado el área.  Dificultad de evacuación: pánico y humo.	Grupo vulnerable: tomas	Interrupción de la señal de celulares.	-	Reconstrucción por medios propios, escasa ayuda estatal. Algunos vecinos señalan que recibieron viviendas de emergencia. Ayuda psicológica. Hay, pero tiene mucha demanda.	Incendios anteriores: En la zona no, si en las tomas y quebradas. Nula preparación comunitaria ante incendios.

Tabla 27 continúa >

Día y Zona	Ruta/ Dimensiones	Relato de la emergencia	Vulnerabilidad	Funcionalidad de servicios	Servicios de emergencia y estado de salud	Reconstrucción y reparación psicológica	Memoria histórica y percepción del riesgo
	Ruta 1 (Chusmiza)	No llegó alerta SAE. Evacuación cuando el fuego ya estaba en la zona.	Se dice que todo el sector es vulnerable y que la ayuda no llega a la zona.	Interrupción de señal de celulares.	Ausencia de equipos de emergencia. Había Bomberos, pero no podían hacer nada. Problemas de salud: crisis de pánico y problemas respiratorios.	Reconstrucción por medios propios. Ausencia de viviendas de emergencia. Ayuda Salud: Han vacunado en la zona.	Nula preparación comunitaria.
	Ruta 2 (Parinacota, Visviri)	Día con mucho calor y viento. A las 16.30 h ya se veía humo hacia Peñuela y pasado las 18 h ya estaba oscuro en la zona. A las 18.30 h comenzó el incendio (en 15 minutos se quemó todo). Se trató de salvar casas mojiándolas con mangueras. Se menciona la presencia fundamentalmente de niños y mujeres (hombres trabajando). Hay personas que no querían salir de sus casas (cuando sonó la alerta SAE). Falta de directrices al momento de evacuar (algunas entrevistas establecen demoras de 2 horas para evacuar, con personas corriendo y automóviles/viviendas quemándose alrededor).	Sectores afectados: El Sauce, Villa Olivar Grupo vulnerable: Principalmente niños (incluso niños con discapacidad). Presencia de adultos mayores.	Al momento del incendio no había agua. Alarma SAE llegó antes que el incendio. Otros vecinos mencionan que llegó alerta, pero indicaba evacuar otro sector.	Bomberos y Carabineros no pudieron hacer nada ante el incendio. Problemas de salud: enfermedades respiratorias (tos por un polvillo negro) y problemas psicológicos. Presencia de ratones (infecciones) Ausencia de ayuda psicológica en terreno (se ofrece ayuda por igual manera hay resignación (no se pedirá ayuda psicológica hasta tener casa).	Entrega de bono estatal y mercadería por parte de amigos y conocidos. Mayor presencia de Techo y Desafío Levantemos Chile, pero en algunas entrevistas se menciona que no ha llegado ayuda de reconstrucción de ningún tipo (posibilidad de demolición en la zona).	Se mencionan incendios en años anteriores, pero sin afectación de casas. Incendio el 2023 en Jardín Botánico. Las personas pensaban que en esta zona no podían llegar incendios. Algunos vecinos relacionan construcción de carretera a incendio. Antes del incendio, nula preparación ante esta amenaza. La organización es mayor después del incendio (reuniones y sacan árboles quemados).
<b>Jueves</b> El Olivar	Ruta 3 (Tamarugal, Calbuco)	Previo a la llegada del incendio a la zona se sentía mucho calor que provenía de otro lugar y mucho humo, alrededor de las 17:00 aproximadamente. El cielo estaba cubierto de cenizas. Se relata que lo más difícil fue evacuar y dejar el lugar donde tienen sus viviendas. Vaían que en el aire había bolas de fuego y que no podían evacuar porque había gente corriendo, vehículos y casas quemándose. Solo existen dos vías de acceso, el Tamarugal y la Villa Arauco. Parte evacuó hacia el troncal y otros por Chungará, donde había congestión.	Vulnerabilidad social: Personas de la tercera edad, por problemas respiratorios.	Alarma SAE: Se indica que llegó la alerta, pero que no correspondía al Olivar. Luego, se interrumpió la señal de celulares.	No llegaron los equipos de emergencia. Observaron un carro de bomberos, pero que no estaba proporcionando agua. Problemas de salud mental y ansiedad por la incertidumbre.	Ayuda psicológica: Indican que del CESFAM no han recibido ayuda y que la ayuda que hay es a través de Redes Sociales. Reconstrucción: Ausencia de ayuda. La mayoría ha recibido bono de arriendo y se ha ido del sector.	Se recuerdan eventos anteriores asociados al jardín botánico.

Tabla 27. Matriz de vaciado entrevistas sobre vulnerabilidad.

Fuente: Elaboración propia

### 7.2.5 Modelamiento de la vulnerabilidad física de la vivienda y entorno afectado

Si bien es un trabajo aún en desarrollo, se presentan a continuación cinco de las principales variables levantadas en terreno y gabinete para el modelamiento de vulnerabilidad física de las viviendas y su entorno, para su posterior modelamiento estadístico-regresivo. Las edificaciones mapeadas y categorizadas corresponden a las 3.931 que sufrieron algún nivel de daño en el área de estudio.

#### a) Altitud

Los límites de altitud presentada en las viviendas dañadas son de un mínimo de 13 *msnm* y la vivienda siniestrada a mayor altitud se registra a los 393,4 *msnm* en la parte alta del campamento Manuel Bustos (Figura 53).

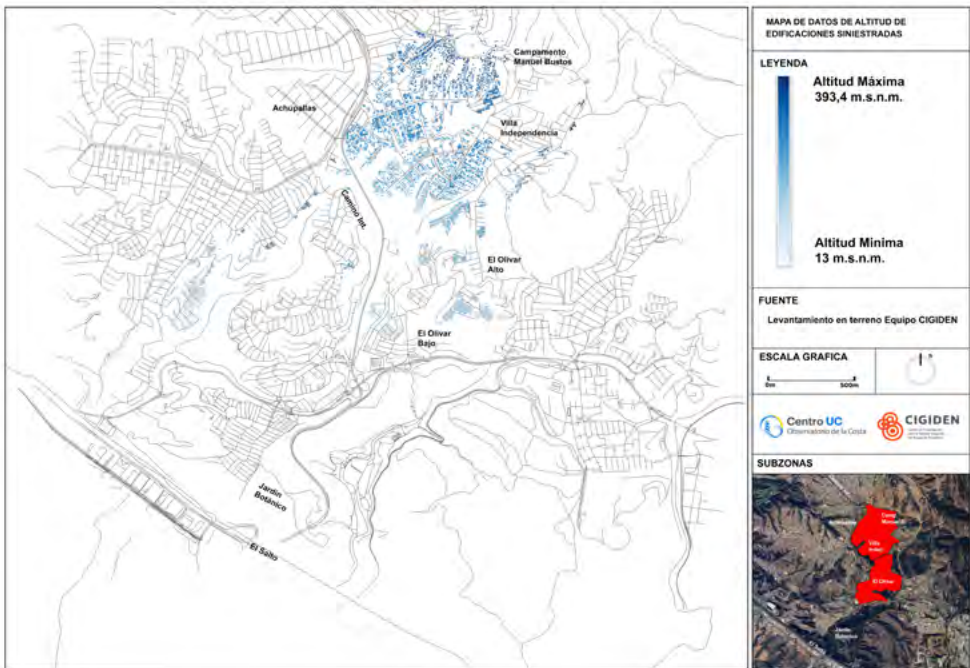


Figura 53. Altitud de edificaciones siniestradas

Fuente: Elaboración propia

### b) Materialidad

La materialidad levantada post incendio gracias a imágenes satelitales y visitas a terreno se puede visualizar en la Figura 54. La concentración de materialidad liviana (color rojo) se ubica en la parte alta del campamento Manuel Bustos. Se registró un total de 2.225 edificaciones de material ligero, equivalente al 56,7% del total dañado. Las viviendas de materialidad sólida son 852, lo que representa el 21,6%, ubicándose en la avenida principal Luis Hurtado López, en las poblaciones urbanizadas de El Olivar y las industrias ubicadas en El Salto. En relación al resto de las viviendas de material mixto (viviendas sólidas con ampliaciones de material ligero o segundos pisos livianos sobre primeros pisos de hormigón o albañilería) se contabilizan 854, correspondiendo al 21,7% restante y distribuyéndose entre las viviendas ligeras en cerros y quebradas.

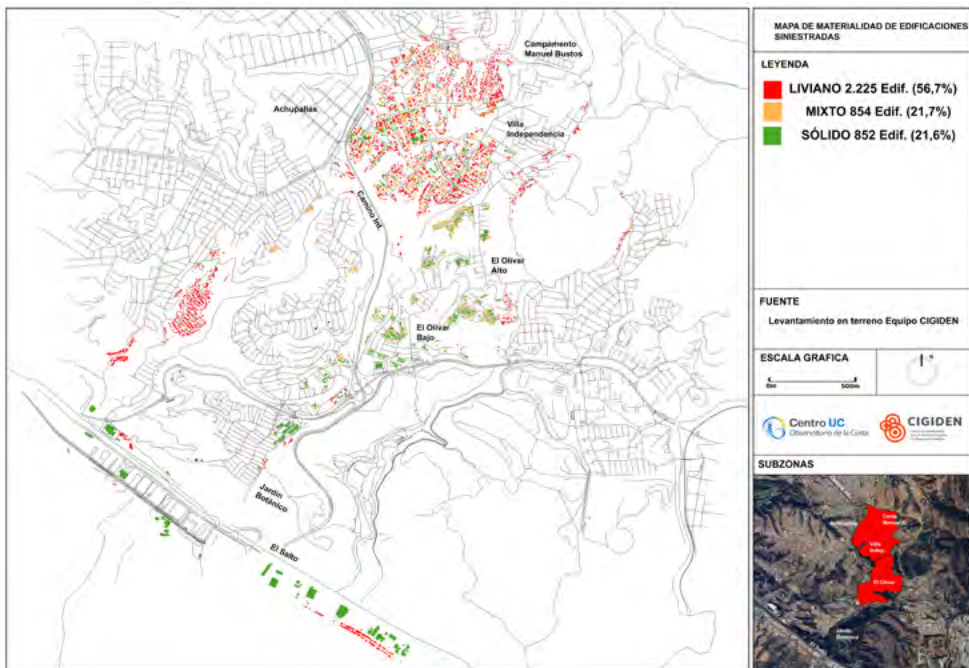
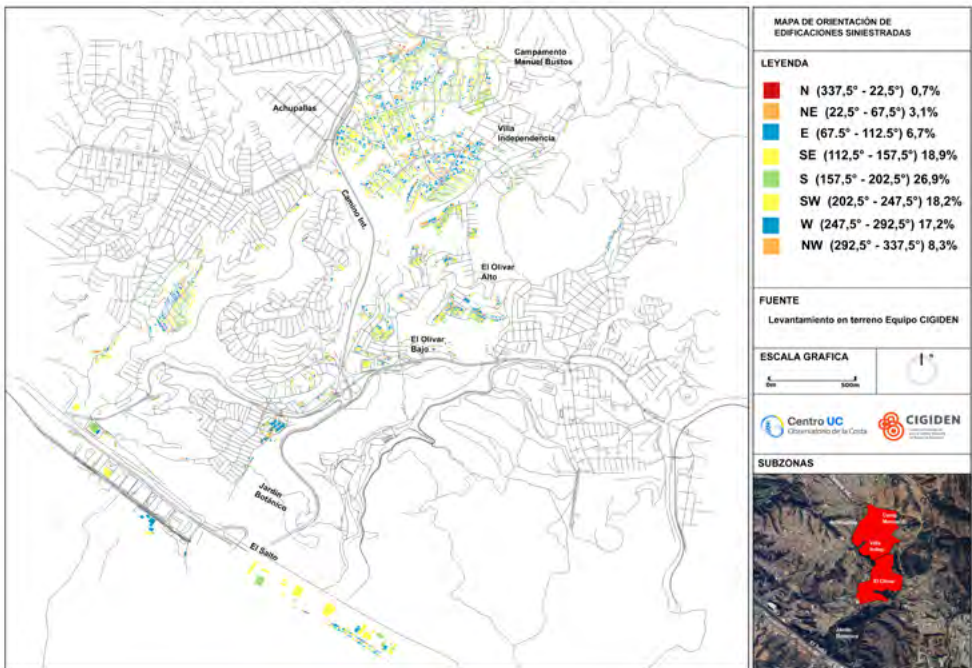


Figura 54. Materialidad de edificaciones siniestradas

Fuente: Elaboración propia

**c) Orientación**

Las orientaciones de las viviendas siniestradas son diversas (Figura 55). La orientación más desfavorable respecto a humedad del terreno es la norte, equivalente al 0,7% de las edificaciones dañadas. En este caso se registra el mayor porcentaje de viviendas afectadas en la orientación sur (26,9%) y posteriormente las orientaciones aledañas SW y SE, que sumadas equivalen al (37,1%). Por tanto, como conclusión, podemos entender que esta variable no es determinante en el riesgo total que representa la zona afectada. Sería diferente el caso si la orientación predominante fuera la norte, ya que esto indicaría una menor humedad de terreno por la orientación directa al tránsito del sol, lo cual representaría un mayor riesgo de incendio, sumado a las características de la intervención humana.

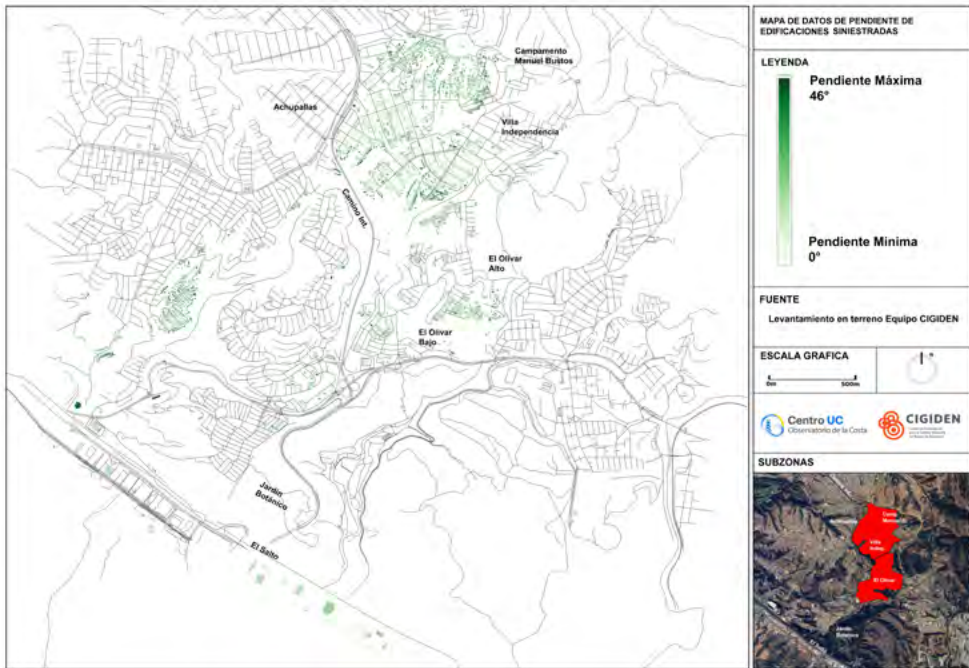


**Figura 55.** Orientación de edificaciones siniestradas

*Fuente: Elaboración propia*

**d) Pendientes**

Las pendientes de terreno en el área afectada varían entre 0° y 46°. En la Figura 56 se puede ver claramente las viviendas que se emplazan en quebrada gracias a la tonalidad verde más oscura.



**Figura 56.** Pendiente de edificaciones siniestradas

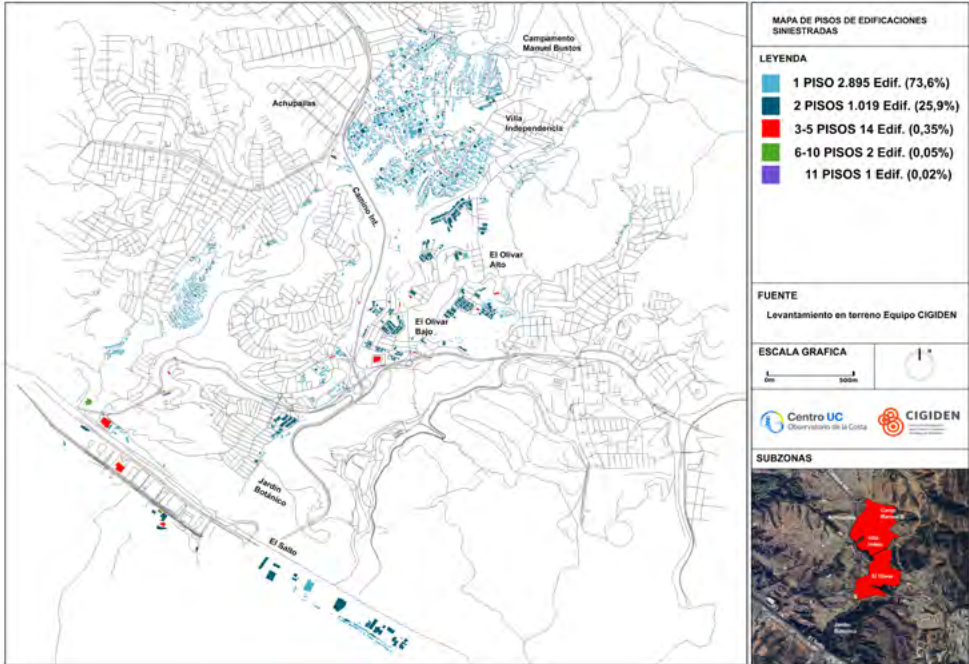
*Fuente: Elaboración propia*

**e) Cantidad de pisos**

Otra variable relevante para el modelo de vulnerabilidad es la altura de la vivienda, en este caso traducida en el número de pisos de la edificación (Figura 57). La construcción predominante es la vivienda de 1 piso, donde se registran 2.895 unidades, equivalente al 73,6% de las estructuras siniestradas. Las viviendas de 1 piso se concentran principalmente en el campamento Manuel Bustos y laderas de cerros.

Las edificaciones de 2 pisos tienen 1.019 unidades, correspondientes al 25,9% del total dañado y concentrándose entre las avenidas principales y poblaciones urbanas de El Olivar.

El resto de las viviendas entre 3 y 5 pisos son edificaciones industriales o bloques de departamentos, equivaliendo al 0,35% de las edificaciones analizadas.



**Figura 57.** Cantidad de pisos de las edificaciones siniestradas

*Fuente: Elaboración propia*

#### f) Reconstrucción

Como indican diversos autores (ej. Pelling, 2012; Diwakar 2021), la reconstrucción luego de una catástrofe brinda oportunidades para mejorar la calidad de vida e incrementar la resiliencia ante desastres futuros de los territorios afectados. Para lograr este objetivo, el ordenamiento urbano y territorial tiene un rol relevante. A la vez, la planificación territorial requiere de insumos de cobertura y calidad suficiente para apoyar la toma de decisiones por parte de organismos técnicos y autoridades y generar, por ejemplo, planes de reconstrucción con perspectiva de gestión del riesgo. Uno de estos insumos es el monitoreo constante de la transformación urbana, lo cual es particularmente relevante en áreas como las incluidas en este informe, las cuales (según se mostró anteriormente) incluyen un componente significativo de reconstrucción informal y autogestionada.

Con este objetivo, a continuación, se presentan cartografías y antecedentes referentes al proceso de reconstrucción entre los meses de febrero y abril de 2024, donde se puede observar, por ejemplo, el daño generado por la catástrofe (Figura 58) y el cambio urbano que ha generado la reconstrucción; zonas en expansión; zonas sin intervención post incendio; y el despliegue de las viviendas de emergencia (entregadas por el gobierno y ONGs como Techo) en el territorio afectado.

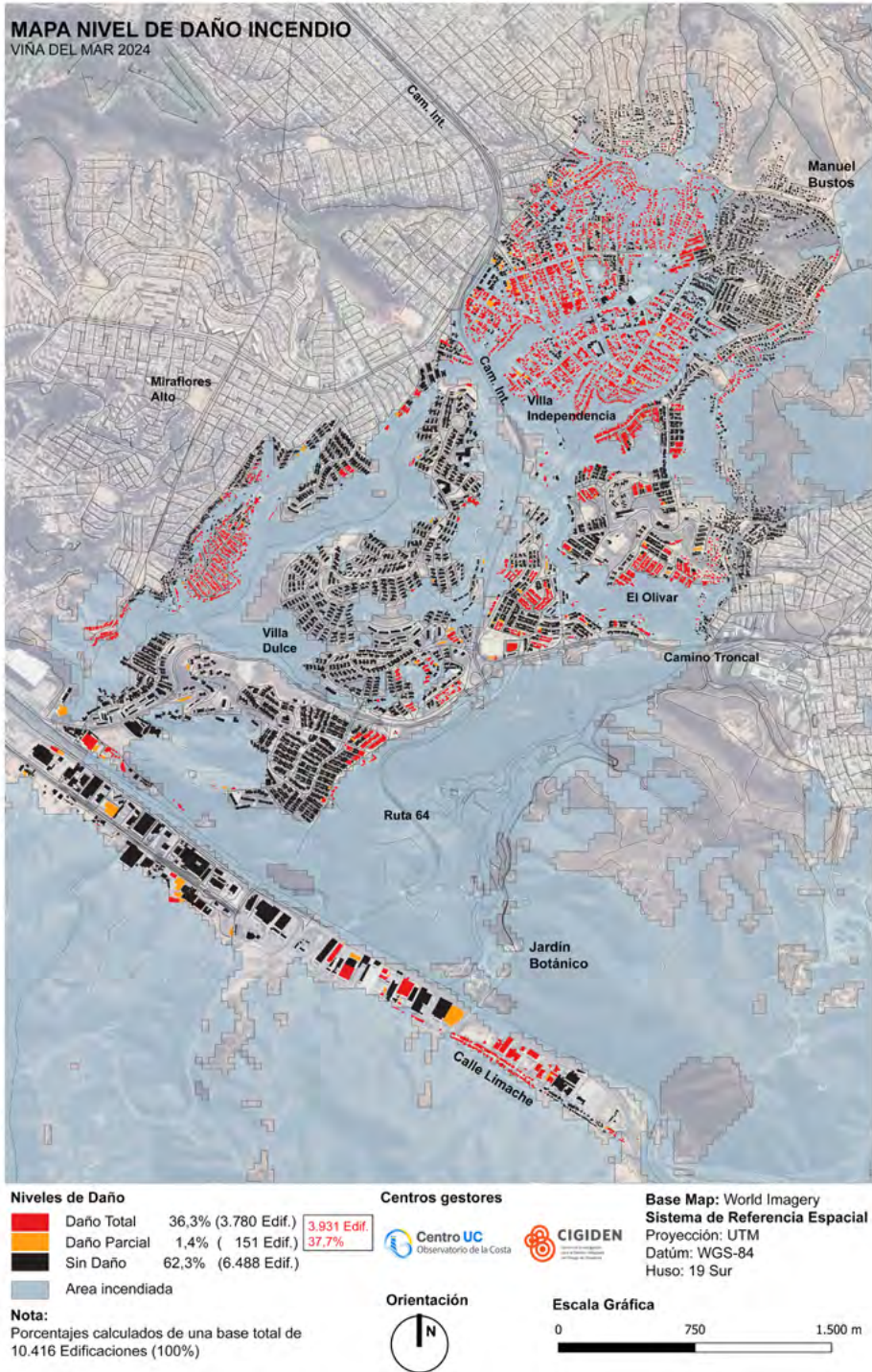
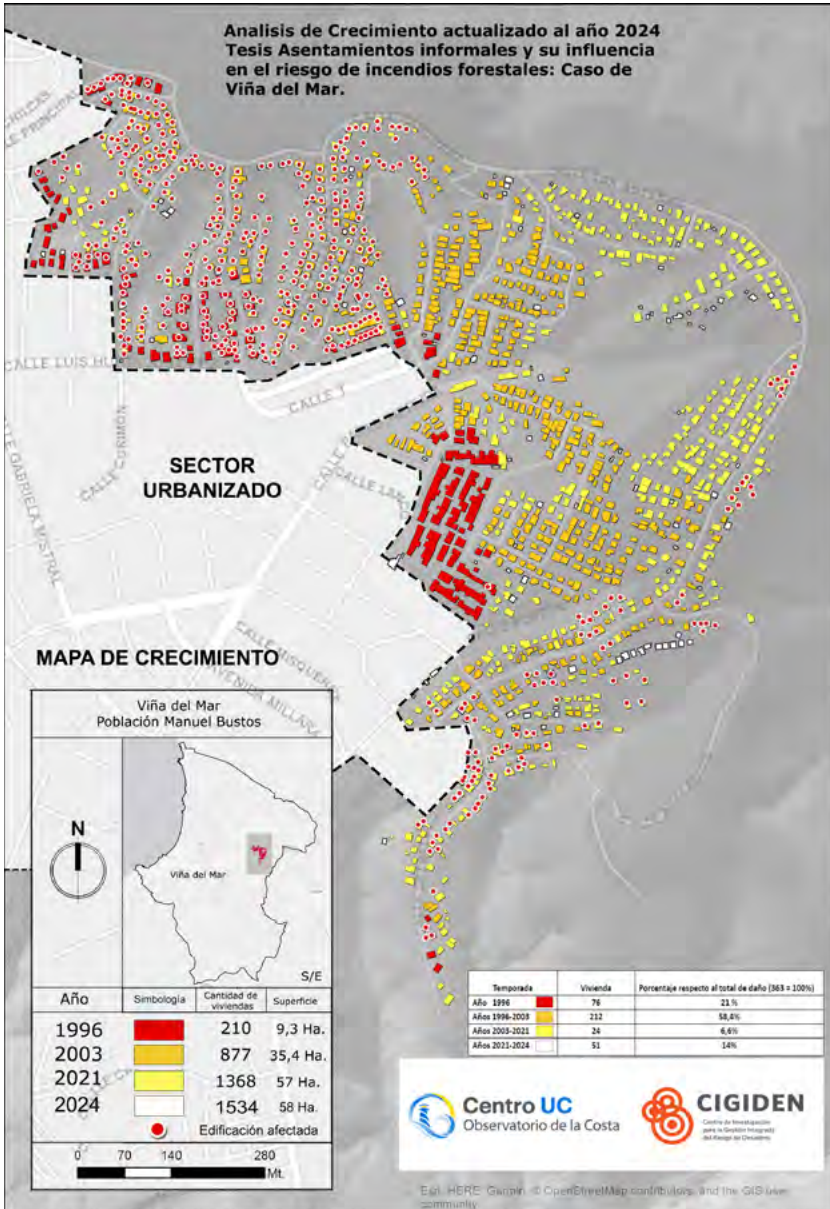


Figura 58. Mapa de niveles de daño en incendio de Viña del Mar (febrero 2024)

Fuente: Elaboración propia

**g) Crecimiento y daño en el campamento Manuel Bustos**

En referencia al daño y reconstrucción parcial, una de las zonas afectadas es el Campamento Manuel Bustos, altamente vulnerable por su condición de campamento, infraestructura liviana y difícil acceso. En la Figura 59 se evalúa el crecimiento histórico del mismo y las edificaciones que fueron afectadas durante el incendio de febrero de 2024.



**Figura 59. Crecimiento y daño en campamento Manuel Bustos**

*Fuente: Actualización en base a Román (2021)*

Respecto a la distribución y crecimiento de viviendas en el campamento Manuel Bustos, se actualiza el conteo de edificaciones hasta el año 2024 desde la Tesis “Asentamientos informales y su influencia en el riesgo de incendios forestales: Caso de Viña del Mar” (Román, 2021). Con esta actualización se genera el cruce de información con las viviendas afectadas en el incendio de febrero de 2024. Las fases de crecimiento de viviendas en el campamento están definidas en los años 1996, 2003, 2021 y el actual año 2024 (pre-incendio).

Los datos obtenidos referente a daños y temporada de crecimiento se presentan en la Tabla 28.

Temporada	Vivienda	Porcentaje respecto al total de daño (363 = 100%)
Año 1996	76	21 %
Años 1996-2003	212	58,4%
Años 2003-2021	24	6,6%
Años 2021-2024	51	14%

**Tabla 28.** Tabla de daños referente al crecimiento del Campamento Manuel Bustos.

*Fuente: Elaboración propia a partir de Román (2021)*

El crecimiento del campamento antes del año 2003 se distribuye a borde de cerro, entrelazándose entre el campo vegetal perimetrado y la vía principal alta (Avenida La Luna). En tanto, el crecimiento actualizado post año 2021, son 166 edificaciones distribuidas de forma aleatoria entre espacios residuales dentro de la morfología actual del campamento (Figura 60).

Respecto al daño provocado por los incendios, estos se concentran en las viviendas de material liviano establecidas entre los años 1996-2003, ubicadas en la parte alta dirección norte del campamento, zona que conecta con el sector urbano de Achupallas. Esta reúne el mayor nivel de daño junto a Villa Independencia, que es por donde se propagó el fuego. La reconstrucción al día de la visita a terreno corresponde al 83,7% de todas las viviendas dañadas.

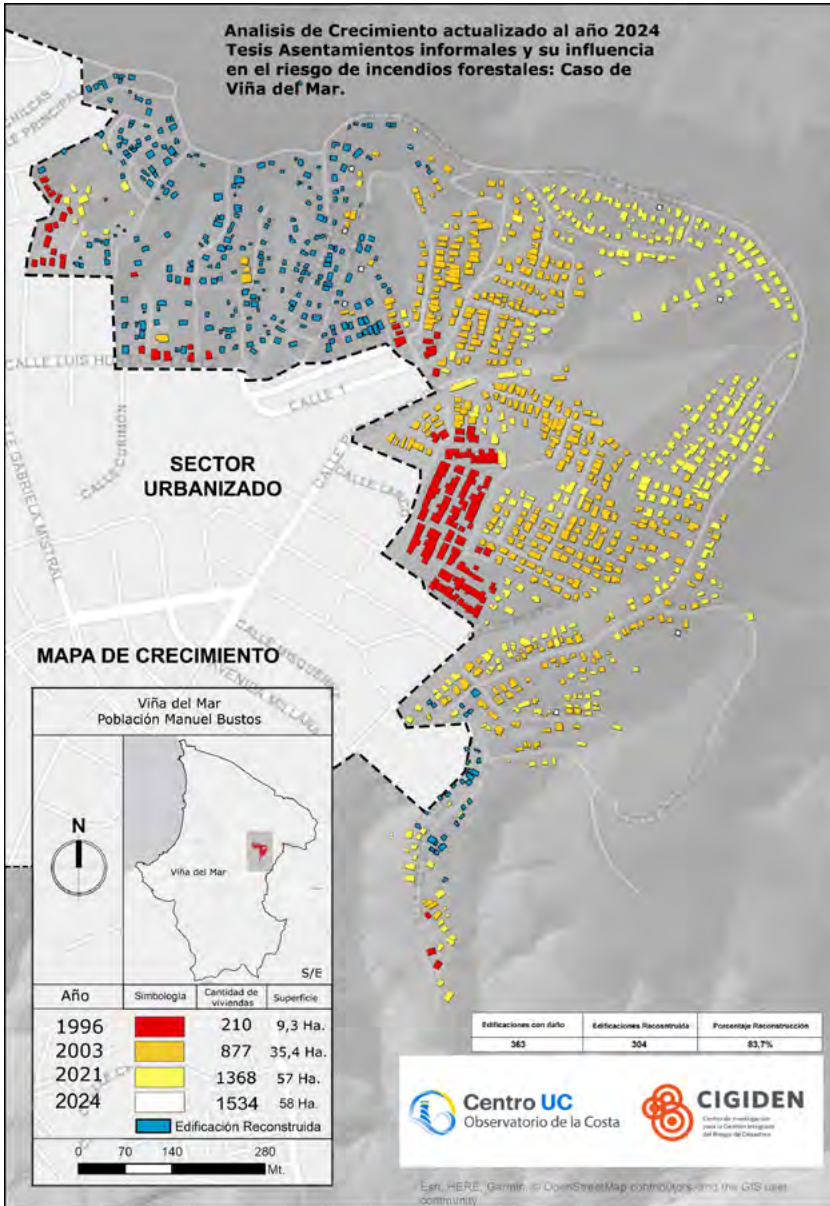


Figura 60. Reconstrucción del Campamento Manuel Bustos

Fuente: Actualización en base a Román (2021)

La reconstrucción y rápido avance del proceso post emergencia en Viña del Mar es un dato de suma importancia tanto por la actualización referente al desarrollo urbano de la comuna como por la adaptación y mitigación ante futuros eventos de incendios urbano-forestales. En la Figura 61 se presenta el mapa de reconstrucción por incendios hasta abril de 2024 en Viña del Mar.

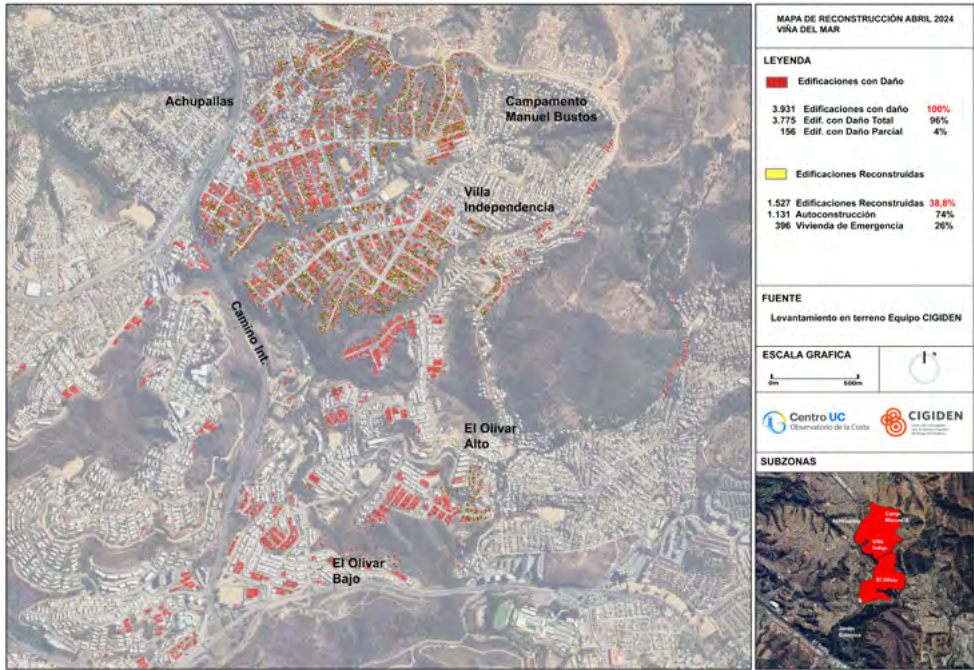


Figura 61. Mapa de Reconstrucción en Viña del Mar

Fuente: Elaboración propia

Las acciones que pueden realizarse después de un evento son importantes porque permiten disminuir el impacto de futuros eventos y generar comunidades más resilientes (León et al., 2023).

Transcurridos 60 días desde la catástrofe del 2 de febrero en Viña del Mar, ya se observa el avance reconstructivo en diversos sectores, con un fuerte componente de auto-reconstrucción. Los datos recopilados mediante vuelos de dron y levantamiento de datos en terreno por el equipo de trabajo indican un avance de reconstrucción del 38,38% (1.527 edificaciones construidas o en proceso) del daño total registrado (equivalente este a un aproximado de 3.931 edificaciones como se indica en el primer levantamiento de CIGIDEN post catástrofe).

Lo observable en terreno es la ubicación de la reconstrucción respecto a la vivienda original, la subdivisión de hogares que anteriormente pertenecían a una sola vivienda, y la diversidad constructiva para volver a asentarse en condiciones de pendiente o quebrada gracias a pilotes y estructuras (Figura 62). Otro caso visible es la reutilización de estructuras sólidas que quedaron en pie.



**Figura 62.** Fotografía en vista aérea de la reconstrucción en población Manuel Bustos

*Fuente: Elaboración propia*

Para las siguientes cartografías se ajusta el área de estudio, así como también, los porcentajes de daño y avance reconstructivo. En tal sentido, en la Figura 63 se presenta, en primer lugar, el mapa de reconstrucción para el sector de Achupallas-Villa Independencia.

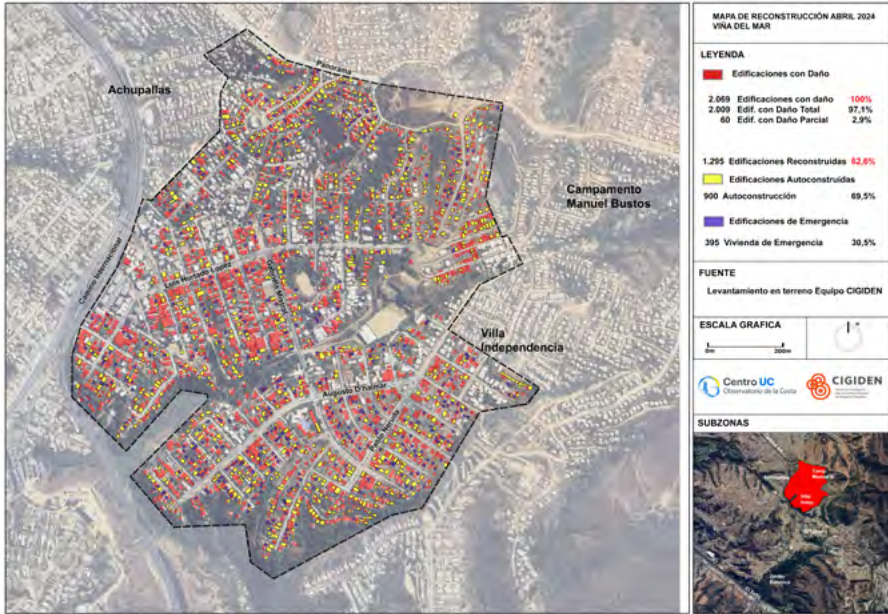


Figura 63. Mapa de Reconstrucción sector Achupallas-Villa Independencia

Fuente: Elaboración propia

La reconstrucción referente al sector 1 de estudio que incorpora Achupallas Oriente, Campamento Manuel Bustos y Villa Independencia es equivalente al 62,6% (1.295 edificaciones) de un total de 2.069 que recibieron algún tipo de daño. Gracias a la imagen procesada del vuelo de dron y la visita a terreno podemos determinar la concentración de las viviendas de emergencia. Estas viviendas equivalen al 30,5% del total de reconstrucción (395 edificaciones de emergencia) y se encuentran distribuidas de manera uniforme en el área de estudio (ver Figura 64).



Figura 64. Vista aérea de la reconstrucción en Villa Independencia y el campamento Manuel Bustos

Fuente: Elaboración propia

Las viviendas de emergencia se encuentran en diferentes condiciones. La visita a terreno confirmó que la mayoría de estas se encontraban emplazadas de manera individual dentro del predio y correctamente conectadas a suministros básicos. Se podía observar, además, algunas de ellas agrupadas en grupos de dos o tres viviendas dentro de un mismo lote. En los sectores de pendiente las viviendas se encontraban instaladas sobre alguna plataforma niveladora o trabajo de suelo.

Por otro lado, respecto a la reconstrucción del sector El Olivar (Figura 65), esta corresponde al 22% (170 edificaciones) de un total de 769 edificaciones dañadas. La reconstrucción se concentra en las viviendas informales. En la visita a terreno se pudo observar el abandono y espera de las familias por una coordinación por parte de la Municipalidad, para comenzar la reconstrucción de las poblaciones urbanizadas del Olivar (de origen formal).

Las poblaciones del sector El Olivar son viviendas pareadas de material sólido (albañilería confinada por vigas y pilares de hormigón armado), en algunos casos con ampliaciones. Al ser viviendas pareadas se presenta la dificultad de una demolición a alguna vivienda en particular, ya que afectaría a la resistencia y estructura del conjunto. Por el momento se espera una solución colectiva que beneficie a las familias del sector.

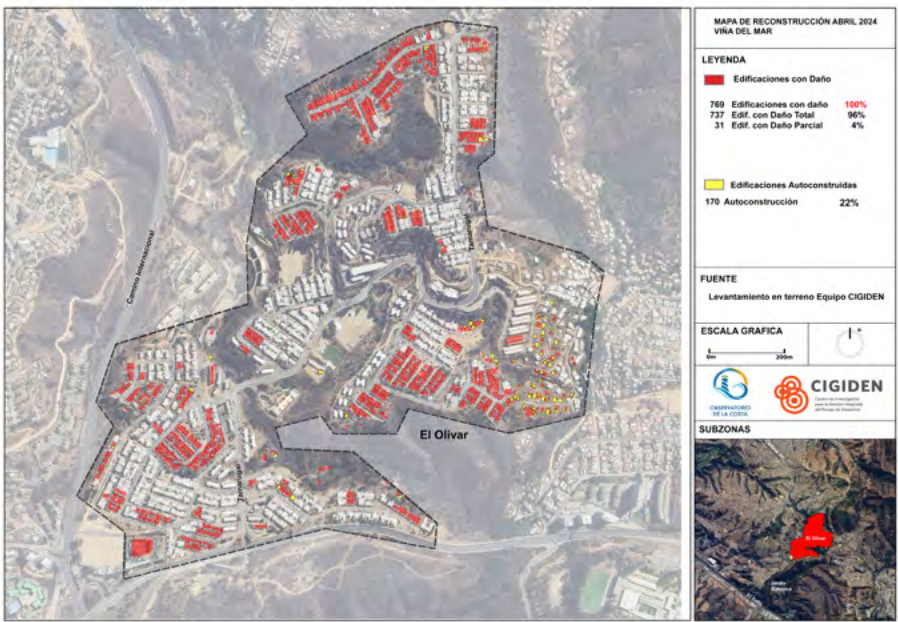


Figura 65. Mapa de Reconstrucción sector El Olivar

Fuente: Elaboración propia

En tanto, con relación a la Figura 66 correspondiente al mapa de reconstrucción del sector El Salto (reconocido por su carácter principalmente industrial), se establece que la zona posee una reconstrucción del 106,6% (81 Edificaciones) de un total de 76 que presentaron algún daño. Se presume que el alza de edificaciones se debe a la separación de hogares que anteriormente compartían vivienda. Se observa reconstrucción en material liviano y nula presencia de viviendas de emergencia, a diferencia del sector alto de Achupallas y Villa Independencia (ver Figura 66).

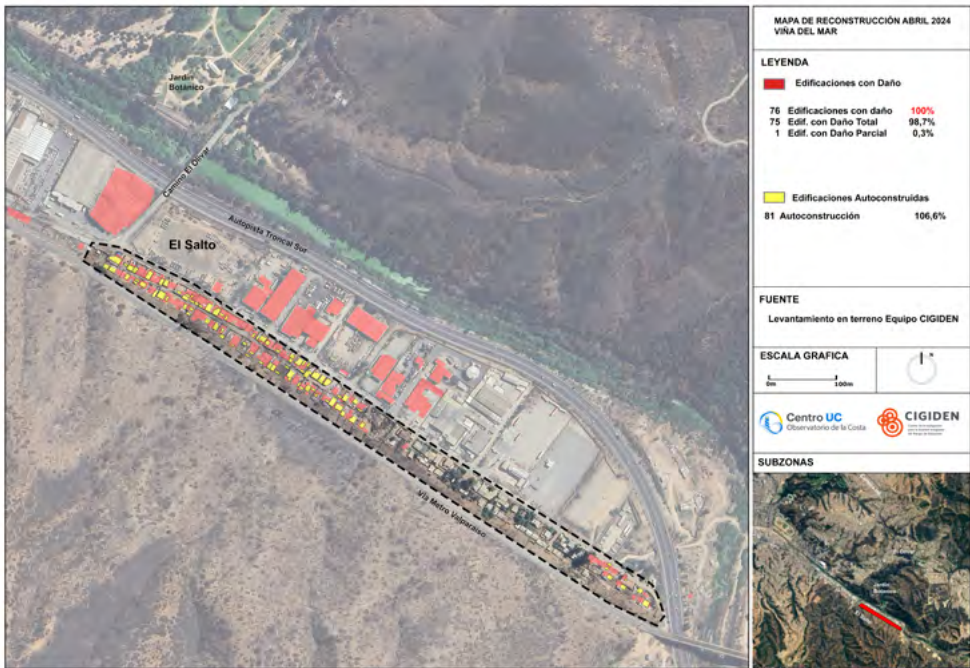


Figura 66. Mapa de reconstrucción en sector El Salto

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 67, además, se expone una vista aérea de la reconstrucción en el sector.



**Figura 67.** Fotografía en vista aérea de la reconstrucción en El Salto

*Fuente: Elaboración propia*

Durante las jornadas de trabajo y las diferentes rutas desplegadas en terreno por el equipo de CIGIDEN, se pudieron observar diferentes situaciones referentes al avance reconstructivo y las tipologías de viviendas. A continuación, se presentan situaciones vistas en terreno e identificadas en la Figura 68.

1. Vivienda soportada en estructura: Este tipo de vivienda se presenta en las zonas altas del cerro y laderas de alta pendiente en el campamento Manuel Bustos. Son viviendas de material ligero de diferentes dimensiones, suspendidas a nivel gracias a estructuras de pilares esbeltos, generalmente de acero estructural. Se observan casos de estructuras portantes hormigonadas o pilotes de madera.
2. Viviendas livianas en contacto con el suelo: Esta es la tipología más común en el área de estudio. Viviendas pequeñas y ligeras tipo “media agua”, instaladas sobre plataformas de madera, superficie plana, terraplén o suelos trabajados con hormigón (radières).

3. Reutilización de viviendas sólidas: Este caso se puede observar en el sector urbanizado, por la calle Luis Hurtado López. Estas son viviendas de material sólido que resultaron afectadas quedando en pie su estructura hormigonada o de albañilería. Estas viviendas vuelven a utilizarse generando techos de material liviano y nuevas vigas.
4. Esta operación de rehabilitar una estructura siniestrada no es en lo general recomendable, ya que necesita un análisis técnico caso a caso de daños estructurales. Es necesario tener en cuenta que los materiales constituyentes del hormigón armado (áridos y aceros) fueron sometidos a una temperatura alta. Esto puede generar cambios estructurales en la materia, a veces pasando de sus límites elásticos de resistencia a plásticos en los aceros internos, donde ya su estructura cambia y su resistencia no es la misma.
5. Inicio de reconstrucción: Otra situación visible es la gran cantidad de lotes que recientemente terminaron gestiones de limpieza y adquisición de áridos y materiales para comenzar la reconstrucción.
6. Mixtura casa de emergencia/ampliación: Otra situación observada (pero menos común) es acoplar una casa de emergencia a otra vivienda o ampliación liviana para aumentar los metros cuadrados habitables.
7. Grupos de viviendas de emergencia: Esta tipología de grupos de viviendas livianas, entregadas por organismos estatales, permite dividir hogares en dos viviendas diferentes dentro del mismo lote.
8. Viviendas mixtas: Estas viviendas buscan aprovechar el primer piso de materialidad sólido ya siniestrado. Además de reutilizarlo se le agrega un segundo piso de material liviano (madera y Metalcon estructural).
9. Vivienda temporales de emergencia: La vivienda de emergencia se pudo ver instalada en toda la zona de Achupallas Oriente, Campamento Manuel Bustos y Villa Independencia. Esta es una vivienda ligera de una tipología básica que cuenta con 24 m<sup>2</sup> y rápido armado (1 a 3 días en cuadrillas de cuatro personas), conectada a suministros básicos e instalada sobre pilotes de madera u hormigón. El material de construcción es panel estructural isotérmico, con aislación térmica en techo, muro y pisos.

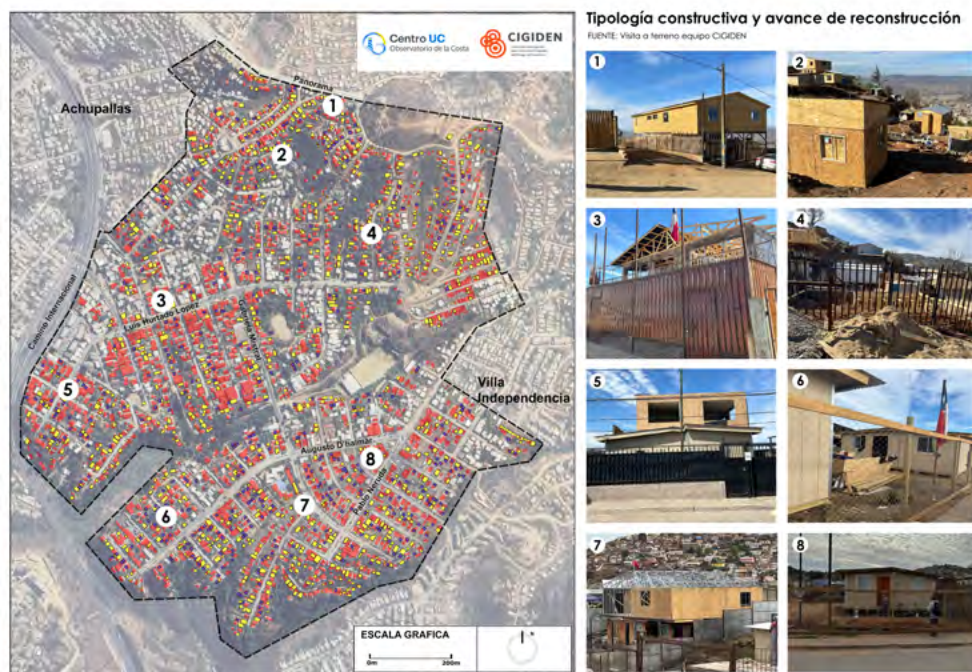


Figura 68. Tipologías constructivas y avance de reconstrucción

Fuente: Elaboración propia

## 8. CONCLUSIONES

El análisis de susceptibilidad a remociones en masa, comparando las condiciones pre y post incendio, mostró un aumento de la susceptibilidad de media a alta en el área quemada, donde esta última aumentó de 2.893,1 hectáreas pre-incendio a 3.182,3 hectáreas post-incendio. A nivel de cuenca, la mayor parte del aumento de la susceptibilidad alta se concentró en el área quemada, indicando que el fuego ha sido el principal factor de cambio en esta zona. Las características del suelo y la pérdida de cobertura vegetal en esta área fueron factores clave que aumentan la susceptibilidad.

Los sistemas frontales ocurridos en mayo de 2024, permitieron estimar preliminarmente que con umbrales de 20 mm concentrados en 3 horas, se presenta activación de procesos hidrogeomorfológicos en el sector. El análisis bibliográfico realizado establece escasa información sobre recurrencia histórica de eventos de remociones en masa pasados, lo cual limita validar los modelos de susceptibilidad. Relacionar la recurrencia histórica a través de catastros o inventarios con los umbrales de precipitación que gatillan el desarrollo de remociones en masa resulta prioritario para incorporar este conocimiento a los planes de emergencia.

La cuenca del estero Marga-Marga presenta un terreno caracterizado por quebradas y laderas con pendientes altas, además de suelos residuales, lo cual aumenta la susceptibilidad a desarrollar remociones en masa. La presencia de viviendas autoconstruidas y otras estructuras en estas laderas aumenta la susceptibilidad a remociones en masa, debido a que estas construcciones no cuentan con normas técnicas o medidas de estabilización adecuadas, lo que aumenta el riesgo de desastre.

Desde el punto de vista de afectación a la vivienda, se determinó que el incendio afectó principalmente a viviendas de 1 piso, de las cuales se registraron 2.895 unidades, equivalente al 73,6% de las estructuras siniestradas. Las viviendas de 1 piso se concentraron principalmente en el campamento Manuel Bustos y laderas de cerros. Las edificaciones de 2 pisos constituyen 1.019 unidades, correspondientes al 25,9% del total dañado y concentrándose entre las avenidas principales y poblaciones urbanas de El Olivar.

Respecto al daño provocado por los incendios directamente en el campamento Manuel Bustos, este se concentra en las viviendas de material liviano establecidas entre los años 1996-2003, ubicadas en la parte alta del campamento, zona que se conecta con el sector urbano de Achupallas. Esta área reúne el mayor nivel de daño junto a Villa Independencia, sector por donde se propagó principalmente el fuego. La reconstrucción al día de la visita a terreno correspondió al 83,7% de todas las viviendas dañadas dentro del campamento.

En el escenario macro, se determinó un fuerte avance en rehabilitación y reconstrucción en diversos sectores afectados por el incendio, con un fuerte componente de auto-reconstrucción. El avance de reconstrucción estimado a la fecha del trabajo en terreno es del 38,38% (1.527 edificaciones construidas o en proceso) del daño total registrado (equivalente a un aproximado de 3.931 edificaciones, como se indica en el primer informe entregado por este equipo durante la fase de emergencia).

Los cambios en la estructura urbana más relevantes son: la re-ubicación de las unidades reconstruidas con respecto a la posición de la vivienda original dentro del sitio, la subdivisión de hogares que anteriormente pertenecían a una sola vivienda, el incremento en la superficie edificable (es decir, viviendas autoconstruidas más grandes), la diversidad de técnicas constructivas para volver a asentarse en condiciones de pendiente o quebrada (por ejemplo, utilizando pilotes y estructuras de contención) y la reutilización de estructuras sólidas de vivienda que quedaron en pie.

Respecto a la evacuación vehicular, es importante evaluar la actual conectividad de la red vial existente a nivel local con aquellas vías que la vinculan a nivel urbano, ya que esto

dificultó evacuar rápidamente y elevó el número de víctimas fatales. Para la evacuación peatonal, es necesario revisar el estado de la red vial en sectores urbanos consolidados y de asentamientos irregulares, así como también mejorar el diseño urbano considerando las necesidades de evacuación de la población. La configuración de la trama urbana, puede contribuir a elevar significativamente los tiempos de movilidad y de escape durante una emergencia.

Respecto al relato de la emergencia, mayoría de las personas afectadas destacaron que la alerta SAE llegó al Olivar y Villa Dulce alrededor de las 18.30 hr. cuando esos sectores ya se habían quemado y que para el sector de Manuel Bustos y Achupallas, no llegó. Esto provocó que la población evacuara en vehículos, generando congestión y descontrol. Esto llevó a que muchas personas fallecieran al interior de sus vehículos.

En términos de reconstrucción física, destaca el lento despliegue de viviendas de emergencia por parte del Estado, contabilizando un total de 396 unidades construidas, lo que equivale al 26% del total reconstruido, lo que ha llevado a que la autoconstrucción se haya dado por parte de la población a través de préstamos o ayuda de terceros. Destaca la rápida aplicación de la encuesta FIBE y la llegada de los bonos y subsidios de arriendos, aunque las personas afectadas señalaron no ser suficientes para volver a empezar.

Dada la complejidad de social y territorial de las áreas afectadas, es importante diferenciar las necesidades de reconstrucción de áreas como El Olivar, que presenta distintos tipos de vivienda pareada y situación de propiedad.

## RECOMENDACIONES

A partir de los resultados obtenidos, es posible proponer las siguientes recomendaciones:

### A) LOS INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL Y LAS ÁREAS DE RIESGO

Considerando el escenario de rehabilitación y reconstrucción por los incendios urbano-forestales en la zona, los nuevos lineamientos de gestión prospectiva del riesgo con la entrada en vigencia del Sistema Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres (SINAPRED), además de las disposiciones normativas de la circular DDU 430 sobre el Procedimiento de Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) en la modificación/actualización de Instrumentos de Planificación Territorial (la cual considera el riesgo y el Cambio Climático como criterio de sustentabilidad para actualización), es una necesidad actualizar los Instrumentos de Planificación

Territorial (IPT) en la zona, entre ellos, Planes Reguladores Comunales, Intercomunales y Metropolitanos, con el objetivo de incorporar áreas de riesgo ante incendios forestales, tal cual lo recomienda la Circular DDU 269, sobre la cual aplicarán las disposiciones actualmente vigentes del artículo 2.1.17 de la OGUC.

Incluso, considerando que la actual normativa no prohíbe la construcción en zonas de riesgo, se debería prohibir la construcción en casos particulares, principalmente respecto a viviendas e infraestructura crítica, por ejemplo, en las áreas con riesgo alto de incendio forestal, en caso de que el riesgo se cuantifique en niveles. Sobre esto, se debe considerar el actual proyecto de Ley (Boletín N° 16335-14) que regula la prevención de incendios forestales y rurales, el cual, entre otros, define zonas de Interfaz urbano-rural forestal (ZIURF) en los IPT. Con esto, se busca reducir el riesgo de incendios forestales y rurales mediante la definición de acciones o medidas destinadas a prevenir y reducir la ocurrencia de incendios a nivel territorial (al 30 de mayo, el proyecto se encuentra en la etapa de segundo trámite constitucional del Senado)<sup>8</sup>.

En este contexto, se sugiere revisar la zonificación existente en las áreas afectadas por el incendio, así como en otros territorios de la ciudad que presenten condiciones similares de exposición a la amenaza de incendios forestales. Como se ilustra en la Figura 63, la totalidad del área afectada se encuentra calificada en el Plan Regulador Comunal de Viña del Mar como “Zona V7”. Esta clasificación permite una diversidad de usos de suelo, entre ellos el residencial, estableciendo densidades variables según el tamaño predial (sin restricciones de altura aparte de las restricciones de las rasantas), lo cual puede conducir al desarrollo de proyectos de alta densidad habitacional en terrenos de mayor tamaño. Es decir, incrementando la exposición de la población a este tipo de amenazas y dificultando procesos de evacuación y respuesta durante una posible emergencia. Además, la zonificación V7 permite el emplazamiento de actividades como educación, salud, seguridad y servicios, las cuales de verse impactadas dificultan el proceso de recuperación luego de una catástrofe.

[8] Proyecto de Ley que regula la prevención de incendios forestales y rurales:  
<https://www.camara.cl/legislacion/ProyectosDeLey/tramitacion.aspx?prmID=16892&cpmBOLE-TIN=16335-14>

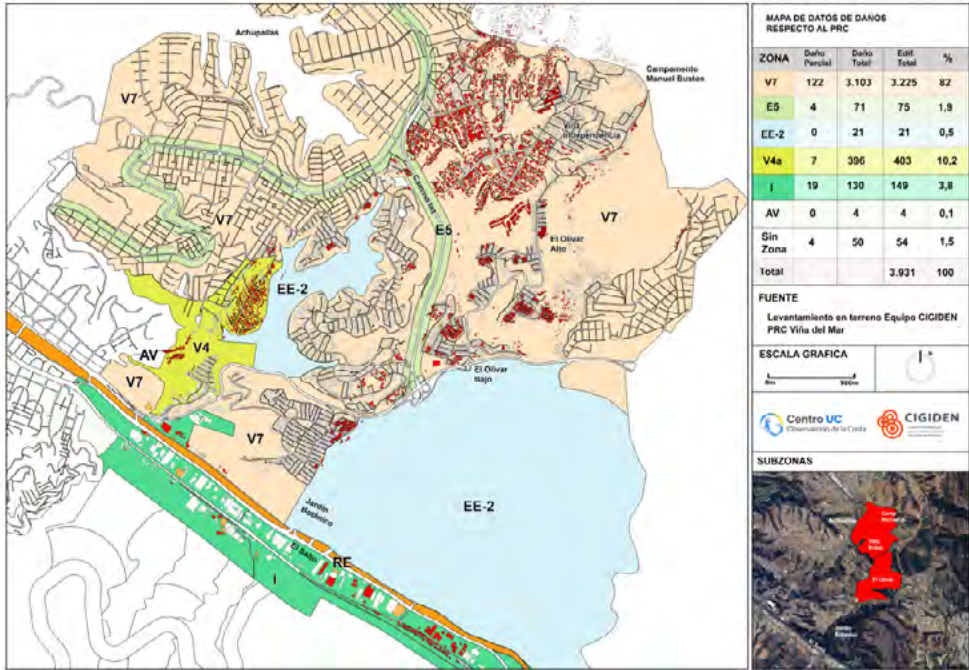


Figura 63. Daños respecto al Plan Regulador Comunal (PRC)

Fuente: Elaboración propia

**B) LOS PROCESOS DE RECONSTRUCCIÓN**

Este desastre así como otros que se han desarrollado en el país en los últimos 10 años, deja a la luz el vacío normativo que tiene el país para abordar de manera integrada los procesos de Reconstrucción. El alto costo que involucran al Estado y los gobiernos locales, lleva aparejado un alto costo social que en la mayoría de las veces, queda relegado o inconcluso, separado de la reconstrucción física.

Al respecto, existe abundante literatura internacional donde se ha establecido que los procesos de recuperación no solo deben implicar la reconstrucción de edificios y la restauración de la infraestructura, sino también abordar las interacciones entre diversos grupos e instituciones con el objetivo de reconstruir las vidas y los medios de vida de las personas, así como restaurar los bienes culturales y las condiciones ecológicas (Contreras et al., 2016). Además, es importante considerar que en el post-desastre, la recuperación económica creativa y sostenible aprovecha al máximo los recursos existentes de las personas y las empresas para transformar las desventajas causadas por los desastres en oportunidades (Zhang et al., 2019 en Aránguiz et al., 2020).

Se requerirá avanzar a políticas públicas que consideren criterios de Reconstrucción con enfoque integrado y que permitan asegurar un desarrollo humano por sobre aspectos económicos, dado que se termina reasentando o relocalizando a personas en nuevas áreas de riesgo lo cual replica y magnifica la construcción social del riesgo, incubando nuevos desastres.

### C) LA EVACUACIÓN, LA MOVILIDAD Y LOS PLANES DE EMERGENCIA

Como consideración que puede aportar este estudio en lo referente a movilidad y vías de evacuación, tanto a nivel peatonal como vehicular, es la relevancia catastrófica que tuvo la sobrecarga de uso en las vías principales, lo cual llevó al colapso de estas, debido al flujo excesivo y pocas alternativas de movilidad.

Cabe destacar que estas consideraciones o propuestas provienen de un estudio según el funcionamiento durante la emergencia de febrero y para que el posible trabajo de mitigación se haga tangible depende de otros factores externos a este diagnóstico, como presupuestos municipales, usos de suelos, responsables legales de los terrenos y factibilidades técnicas.

Entendiendo esto y localizando el conflicto en Villa Independencia, que fue el núcleo urbano más afectado justamente por esta razón, podría llegar a plantearse la idea de una serie de nuevas vías en condiciones aptas como opción de movilidad segura, por ejemplo, la ruta Avda. Luna- Avda. Las Américas. Estas son avenidas perimetrales y que delimitan al campamento Manuel Bustos en su parte alta. Esto permitiría al flujo vehicular continuo proveniente de El Olivar la posibilidad de evacuar por la parte alta del campamento sin tener que hacer ingreso a Villa Independencia.

Otra vía que podría ser relevante mejorar como complemento de evacuación para un flujo alto vehicular, es la actual vía informal que conecta la anteriormente mencionada Avda. Las Américas con Villa Rukán III. Esto permitiría evacuar directamente a Reñaca Alto sin tener que hacer acceso al Camino Internacional, que es la vía principal que tenían como destino las familias que evacuaron en vehículo durante la emergencia y que terminaron atrapadas en Avda. Gabriela Mistral.

Respecto al ejercicio de evacuación peatonal hay varias consideraciones a tener en cuenta, obtenidas gracias a los testimonios de los afectados recopilados en terreno por el equipo de CIGIDEN. Estos testimonios indicaron que las alertas SAE no llegaron a tiempo y que las mismas no informaron hacia donde evacuar, lo cual hubiera sido muy útil por parte de quienes estaban monitoreando el avance del fuego en un contexto de cero visibilidad y confusión. Muchos vecinos no tenían visión para entender de dónde venía el fuego y hacia donde estaba despejado para poder moverse a un lugar seguro.

Otro tema para subrayar son las vías de evacuación peatonales que presentan escaleras. La mayoría de ellas no tiene barandas, las cuales son esenciales para guiarse y evitar accidentes en un contexto de poca visibilidad por el humo. Si bien algunas escaleras en el sector urbanizado tienen barandas de metal, estas no podían tomarse por el calor que absorbieron de la radiación ambiental que generaba el fuego.

Otro factor que dificultó la evacuación fueron las calles sin salida, muchas de las cuales provienen desde las quebradas y que no conectan con vías locales o principales; una gran cantidad de viviendas se localiza en esta situación vial. Por lo tanto, sería un beneficio poder conectar posteriormente estas calles y configurar nuevas tramas urbanas. Esto, ya que es muy importante entregar opciones de movilidad redundantes para evitar que las familias se encierren si colapsa la única opción que tienen de evacuar. De esta manera, estas nuevas vías contribuirían a distribuir el flujo de personas al momento de moverse.

Es importante poder usar la información recopilada actualmente post emergencia para mejorar el entorno respecto a un posible escenario futuro de las mismas características. Por ejemplo, definir vías de evacuación para incendios, equiparlas con señalética y sobre todo definir sectores seguros que hayan funcionado como cortafuegos y albergue en este suceso. Según los testimonios recogidos, las familias llegaron como último recurso a estos espacios públicos sin la certeza de que fueran a salvar sus vidas. Sería distinto el escenario con estos espacios trabajados y proyectados como zonas seguras. Esto debiera ser reforzado con simulacros de evacuación y otras actividades educativas para responder mejor a la emergencia.

## **D) LA CUENCA HIDROGRÁFICA, EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LOS RIESGOS MÚLTIPLES**

Considerando las amenazas en cascada o concatenadas, correspondiente a amenazas adicionales asociadas, en forma directa o indirecta, a una amenaza ya ocurrida (Inzunza, 2023), en este caso los incendios forestales que pueden desencadenar otras amenazas, es una necesidad generar medidas para disminuir el riesgo de remociones en masa en la zona, teniendo de referencia, por ejemplo, la amenaza y riesgo producto de las lluvias ocurridas tras el incendio de febrero, destacando los eventos hidrometeorológicos del 7, 20 y 22 de mayo de 2024 que dejaron superávit de precipitaciones en la zona, en relación a un año normal. Una de estas medidas, puede consistir en planes de reforestación o restauración de vegetación nativa, la cual debería tener por objetivo estabilizar los suelos, además de reducir la escorrentía superficial y el impacto directo de las lluvias invernales. Dichos planes de reforestación, que debieran

incorporar un manejo por cuenca, tienen que incluir, además, criterios de ubicación en torno a viviendas, para no aumentar nuevamente el riesgo ante incendios forestales.

La ausencia de un catastro detallado de las remociones en masa en el sector de estudio presenta varias falencias significativas. En primer lugar, carecer de un registro exhaustivo limita severamente la capacidad de comprensión y evaluación de los riesgos asociados a este tipo de eventos. Sin un catastro completo, la planificación y ejecución de medidas de mitigación se vuelven considerablemente más difíciles, lo que puede aumentar la vulnerabilidad de la población y la infraestructura frente a posibles desastres de origen natural. Al no conocer la frecuencia, magnitud y ubicación exacta de las remociones en masa pasadas, es complicado determinar qué zonas son más propensas a sufrir estos eventos en el futuro y, por lo tanto, qué áreas requieren una atención prioritaria en términos de planificación urbana y gestión del territorio. En cuanto al único registro disponible, el hecho de que sea indeterminado y no proporcione la ubicación exacta de la ocurrencia representa una deficiencia adicional. La falta de precisión en la localización dificulta aún más la evaluación de los peligros específicos asociados con ese evento en particular. Además, al no contemplar el punto exacto de ocurrencia, el registro carece de información crucial para entender completamente las características del terreno y los factores específicos que podrían haber contribuido al deslizamiento, lo que limita aún más la capacidad de tomar medidas preventivas efectivas.

## **E) LA INFORMACIÓN, EDUCACIÓN, COMUNIDAD Y CULTURA SOBRE EL RIESGO DE DESASTRE**

En torno a la información y específicamente respecto a la alerta SAE, se deben desarrollar capacitaciones ciudadanas para conocer más en detalle el funcionamiento de aquel sistema y con ello, hacer más expedita la evacuación ante futuras emergencias (independientemente si son incendios forestales o no). Además, se recomienda generar un visor territorial (alojado en la IDE Chile), el cual exponga el avance de la reconstrucción en las zonas afectadas.

Sobre educación y divulgación científica, Universidades, Gobiernos Regionales/Municipales, organismos técnicos (SENAPRED, CONAF) y centros de investigación, deben dialogar y capacitar a la comunidad y organizaciones de la comunidad, sobre diversas estrategias para reducir el riesgo ante incendio forestal, incluida la promoción del uso de kit de emergencias ante futuras evacuaciones. Respecto a la educación pre-escolar y escolar, cada comunidad educativa debe actualizar su Plan Integral de Seguridad Escolar (PISE) y protocolos de actuación, incorporando el riesgo por incendio forestal.



## REFERENCIAS

- Aguirre, P., León, J., González-Mathiesen, C., Román, R., Penas, M., & Ogueda, A. (2024). Modelling the vulnerability of urban settings to wildland–urban interface fires in Chile. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 24(4), 1521-1537.
- Aránguiz, R., Martínez, C., Rojas, O., Hoffman, C., López, P. 2020. The generation of new tsunami risk areas due to an intentionally biased reconstruction process: Case study of Llico after the 2010 Chile tsunami. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 50 <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101727>
- Brantt, C.; Pantoja, G.; Muñoz, A. 2021. Peligro de remociones en masa en el sector sur de la región de Coquimbo. Servicio Nacional de Geología y Minería, Informe Registrado IR-21-88: 107 p., 1 mapa escala 1:250.000. Santiago.
- Bronfman, N. C., Repetto, P. B., Guerrero, N., Castañeda, J. V., & Cisternas, P. C. (2021). Temporal evolution in social vulnerability to natural hazards in Chile. *Natural hazards*, 107(2), 1757-1784. Cruden, D., Varnes, D. 1996. Landslide types and processes. Washington D.C.: Special Report 247: Landslides: Investigation and Mitigation, Transportation Research Board.
- Contreras, D. (2016). Fuzzy Boundaries between Post-Disaster Phases: The Case of LAquila, Italy. *International Journal of Disaster Risk Science*, 7(3): 277-292. doi:10.1007/s13753-016-0095-4.
- Cutter, S., Boruff, B. & Shirley, W. 2003. Social vulnerability to environmental hazards. *Social Science Quarterly*, 84(2), 242–261. <https://www.jstor.org/stable/42955868>
- Diwakar, P. 2021. “Spaces at Risk. Urban Politics and Slum Relocation in Chennai, India”, in Remes, J.A.C. and Horowitz, A. (Eds.), *Critical Disaster Studies*, University of Pennsylvania Press, Philadelphia, pp. 97–115.
- Fuentes, L., y Pezoa, M. 2017. Crecimiento urbano reciente de Gran Valparaíso. ¿Hacia una reconfiguración com-fusa? *Revista 180*, (40), 108-118.
- Guerrero, N., Contreras, M., Chamorro, A., Martínez, C & Echaveguren, T. 2023. Social vulnerability in Chile: challenges for multi-scale analysis and disaster risk reduction. *Natural Hazards* 117. Springer Science and Business Media B.V.: 3067–3102. <https://doi.org/10.1007/S11069-023-05978-Z/TABLES/11>.
- Gregory, K. and Walling, D. 1973. Drainage basin. Form and process: a geomorphological approach. Londres, Edward Arnold, 458 pp.
- Inzunza, S. 2023. CRET, una propuesta metodológica para incorporación de áreas de riesgo concatenado en los Instrumentos de Planificación Territorial (IPT). Aplicación piloto en la localidad de San Sebastián, municipio de Cartagena, Región de Valparaíso, Chile. Tesis presentada al Instituto de Geografía de la Pontificia Universidad Católica de Chile, para optar al grado académico de Magíster en Geografía y Geomática.
- Kimutai, J., Carrasco-Escaff, T., Garreaud, RD., Zachariah, M., Barnes, C. et al. 2024. Despite known coastal cooling trend, risk of deadly wildfires in central Chile increasing with changing land management in a warming climate. Report. World Weather Attribution, WWA. <https://spiral.imperial.ac.uk/handle/10044/1/109375>
- Hungr, O., Leroueil, S., & Picarelli, L. (2014). The Varnes classification of landslide types, an update. *Landslides*, 11, 167-194.
- Leon, J. Vicuña, M. Gil, M. & González-Mathiesen, C. 2023. “Después de la emergencia: claves para una recuperación sostenible en zonas afectadas por incendios en la interfaz urbano-forestal”, Serie Policy papers, CIGIDEN.
- March, A; Henry, S. 2007. A better future from imagining the worst: land use planning & training responses to natural disaster. *The Australian Journal of Emergency Management*, vol.22, no.3, pp.17-22.
- Martínez, C., Cienfuegos, R., Inzunza, S., Urrutia, A. & Guerrero, N. 2020. Worst-case tsunami scenario in Cartagena Bay, central Chile: Challenges for coastal risk management. *Ocean and Coastal Management*, 185, 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.105060>

- Martínez, C., Lara, L., Belmonte, A., Carvajal, M., Araya, C., Moreno, M., Melnick, D., Hernández, M., 2022. Bases geomorfológicas de la costa de Chile. En: Martínez, C., Cienfuegos, R., Barragán, J., Navarrete, S., Hidalgo, R., Arenas, F., Fuentes, L. (editores). 2022. Hacia una Ley de Costas en Chile: bases para una Gestión integrada de Áreas Litorales. Pp. 53-84. Serie GEOLIBRO, Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago. 560 pp.
- Martínez, C., Guerrero, G., Inzunza, S., Bronfman, N., Chamorro, A., Mons, S. 2022b. La vulnerabilidad social en la costa de Chile durante los últimos 30 años: nuevos desafíos para la reducción del riesgo de desastres. En: Martínez, C., Cienfuegos, R., Barragán, J., Hidalgo, R., Arenas, F., Navarrete, S., Fuentes, L. (Editores). 2022. Hacia una Ley de Costas en Chile: bases para una Gestión integrada de Áreas Costeras. Pp. 137-158. Serie GEOLIBRO, Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. 560 pp.
- Martínez, C., León, J., Bonet, M., Inzunza, S., Guerrero, N., Román, R., Acevedo, R., y Araya, E. 2024. Informe de Daños. Fase de emergencia. Evento Incendios 02 y 03 de febrero De 2024, Viña Del Mar (Región de Valparaíso). pp. 79. CIGIDEN.
- Meza Aliaga, M., Rodríguez Valdivia, A., Corvacho Ganahín, O., & Tapia Tosetti, A. (2014). Análisis morfométrico de microcuencas afectadas por flujos de detritos bajo precipitación intensa en la quebrada de Camiña, Norte Grande de Chile. *Diálogo andino*, (44), 15-24.
- Pelling, M. 2012. "Hazards, risk and urbanisation", in Wisner, B., Gaillard, J.C. and Kelman, I. (Eds.), *The Routledge Handbook of Hazards and Disaster Risk Reduction*, Routledge, Oxon, UK, pp. 145–155.
- Pourghasemi, H. R., Pradhan, B., & Gokceoglu, C. 2012. Application of fuzzy logic and analytical hierarchy process (AHP) to landslide susceptibility mapping at Haraz watershed, Iran. *Natural Hazards*, 63(2). <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0217-2>
- Román, R. 2021. Asentamientos informales y su influencia en el riesgo de incendios forestales: Caso de Viña del Mar. Tesis presentada al Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales de la Pontificia Universidad Católica de Chile, para optar al grado académico de Magíster en Desarrollo Urbano.
- Syphard, Alexandra D., Jon E. Keeley, Avi Bar Massada, Teresa J. Brennan, and Volker C. Radeloff. 2012. Housing Arrangement and Location Determine the Likelihood of Housing Loss Due to Wildfire. *PLoS ONE* 7 (3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0033954>
- Varnes, D. 1978. Slope movement types and processes. Washington, D.C.: CSpecial report 17VI: Landslides: Analysis and control, Transportation Research Board
- Wang, Q., Li, W., Chen, W., & Bai, H. 2015. GIS-based assessment of landslide susceptibility using certainty factor and index of entropy models for the Qianyang county of Baoji city, China. *Journal of Earth System Science*, 124(7). <https://doi.org/10.1007/s12040-015-0624-3>



**Centro UC**  
Observatorio de la Costa

Este documento fue elaborado por el Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres, CIGIDEN (Proyecto 1523A0009 Fondap 2023), en colaboración con el Centro UC Observatorio de la Costa..

## SOBRE CIGIDEN

CIGIDEN es un centro de excelencia FONDAP-ANID creado en 2011 e integrado por cuatro universidades de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad Técnica Federico Santa María, Universidad Andrés Bello y Universidad Católica de Norte, más la colaboración de investigadores de otras instituciones académicas y gubernamentales tanto nacionales como internacionales.

Investigadores de diferentes disciplinas –ciencias de la tierra, ingenierías, ciencias sociales, geografía, economía, diseño, arquitectura, urbanismo y comunicaciones–, trabajan en CIGIDEN para generar conocimiento que permita evitar que los eventos extremos de la naturaleza se transformen en desastres.

Esta mirada interdisciplinaria ha promovido una profunda transformación académica, avanzando desde el estudio de las amenazas naturales y la respuesta de emergencia, hacia una perspectiva integral centrada en la reducción del riesgo de desastres y la construcción de resiliencia.





**CIGIDEN**



**Centro UC**  
Observatorio de la Costa

[www.cigiden.cl](http://www.cigiden.cl)