

ANÁLISIS DE SISTEMAS DE VÍAS DE EVACUACIÓN DE NIVEL INTERCOMUNAL

**Etapas 3-2 B
Modificación PREMVAL por Art. 27 Ley N°16.282**

INDICE

I. ANÁLISIS DE SISTEMAS DE VÍAS DE EVACUACIÓN DE NIVEL INTERCOMUNAL	4
1.1 Análisis de potenciales de evacuación de vialidad PREMVAL contenida en plan de reconstrucción	4
1.1.1 Construcción del modelo de circulación peatonal	5
1.1.2 Construcción de los escenarios de población en área de riesgo de incendio	8
1.1.3 Construcción de matrices de evacuación	11
1.1.4 Resultados	19
1.2 Replanteo y análisis de pendientes y trazados situación base contenida en vialidades intercomunales del plan de reconstrucción	38
1.3 Análisis de rentabilidades preliminares y definición de metodología de evaluación de los proyectos en relación con la aplicación de la metodología de riesgo de desastres.....	43
1.3.1 Metodología.....	43
1.3.2 Tiempos necesarios de evacuación completa por alternativa	43
1.3.3 Cálculo de superficies y costos estimados	44
1.3.3.1 Alternativa 1	45
1.3.3.2 Alternativa 2	45
1.3.3.3 Alternativa 3	46
1.3.4 Conclusiones del análisis de rentabilidad preliminar	46

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Relación velocidad, flujo, tiempo de viaje (para recorrer un metro) y densidad peatonal	7
Tabla 2 Ancho total disponible para evacuación de los peatones	7
Tabla 3 Escenarios de población	8
Tabla 4 Matriz de Evacuación	12
Tabla 5 Superficie y capacidad de los puntos de encuentro	19
Tabla 6 Tiempo promedio de evacuación Escenario 2025.....	22
Tabla 7 Comparación tiempo promedio de evacuación Escenarios 2025 y 2035.....	26
Tabla 8 Comparación tiempo promedio de evacuación Escenarios 2035 y 2035 Alternativa 130	130
Tabla 9 Comparación tiempo promedio de evacuación Escenarios 2035 y 2035 Alternativa 233	233
Tabla 10 Comparación tiempo promedio de evacuación Escenarios 2035 y 2035 Alternativa 336	336
Tabla 11 Resumen de Tiempos promedio de evacuación por alternativas	38
Tabla 12 Pendientes verticales máximas según categoría de vía	39
Tabla 13 Pendientes – Área Plan de Reconstrucción – Alternativa 1.....	40
Tabla 14 Pendientes – Área Plan de Reconstrucción – Alternativa 2.....	41
Tabla 15 Pendientes – Área Plan de Reconstrucción – Alternativa 3.....	42
Tabla 16 Porcentaje de zonas evacuadas completamente con distintos umbrales de tiempo	44
Tabla 17 Tabla resumen de costos	47

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Simulacro de evacuación de personas en situación de emergencia	4
Ilustración 2 Población año 2035	10
Ilustración 3 Campamentos en el área de estudio (2022-2023).....	11
Ilustración 4 Zonas de transporte	12
Ilustración 5 Red de modelación y zonificación utilizada	20
Ilustración 6 Tramos de vías con flujo superior al 64% de la capacidad, Escenario 2025	21
Ilustración 7 Tramos de vías con flujo superior al 64% de la capacidad, Escenario 2035	25
Ilustración 8 Tramos de vías con flujo superior al 64% de la capacidad, Escenario 2035 Alternativa 1	29
Ilustración 9 Tramos de vías con flujo superior al 64% de la capacidad, Escenario 2035 Alternativa 2	32
Ilustración 10 Tramos de vías con flujo superior al 64% de la capacidad, Escenario 2035 Alternativa 3	35
Ilustración 11 Pendientes vialidad existente – Área de estudio.....	39
Ilustración 12 Pendientes – Vialidad propuesta área Plan de Reconstrucción -Alternativa 140	
Ilustración 13 Pendientes – Vialidad propuesta área Plan de Reconstrucción -Alternativa 241	
Ilustración 14 Pendientes – Vialidad propuesta área Plan de Reconstrucción -Alternativa 342	

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Relación entre velocidad de caminata y pendiente de la vía	5
Gráfico 2 Relación entre el tiempo recorrido y el flujo peatonal	6

I. ANÁLISIS DE SISTEMAS DE VÍAS DE EVACUACIÓN DE NIVEL INTERCOMUNAL

El presente documento corresponde al análisis del potencial de evacuación de las vialidades intercomunales incluidas en el Plan Regulador Metropolitano de Valparaíso vigente, con la finalidad de evaluar modificaciones en la red vial estructurante normada por dicho Plan, que permitan mejorar la conectividad y generar alternativas de circulación que favorezcan el sistema de evacuación.

1.1 Análisis de potenciales de evacuación de vialidad PREMVAL contenida en plan de reconstrucción

Para analizar el potencial de evacuación de la vialidad del PREMVAL se construyó un modelo de asignación de flujos peatonales conformado por una red de circulación peatonal y matrices de viajes que representan la evacuación de las personas hacia las zonas seguras identificadas.

La red de circulación peatonal fue construida a partir de la red vial analizada en el STU del Gran Valparaíso, además de funciones que simulan el efecto de la congestión o aglomeración de las personas que podría producirse al confluir los flujos peatonales en ciertos tramos de la red vial. En este sentido se utilizaron curvas de tipo BPR¹ cuyos parámetros fueron ajustados para representar circulaciones peatonales. Esto permitió considerar con el modelo dos efectos:

- La pendiente de las vías, que determina la velocidad máxima del flujo peatonal.
- La eventual congestión o aglomeración de las personas que reduciría la velocidad de caminata a medida que el flujo de personas se acerca a la capacidad de la vía para flujos peatonales, en un cierto tramo, tal como se hace con los flujos vehiculares.

La capacidad de las vías, desde el punto de vista de los peatones, se estimó asumiendo un determinado ancho disponible para la circulación de las personas que tuvo en consideración los obstáculos para su desplazamiento que posiblemente existirán en una situación de evacuación, tales como vehículos circulando o estacionados, postes, mobiliario urbano, etc., como se muestra a continuación. Esto significa que solo para parte del ancho entre líneas oficiales estará disponible para evacuar peatonalmente.

Ilustración 1 Simulacro de evacuación de personas en situación de emergencia



Fuente: “Guía de referencia para sistemas de evacuación comunales por tsunami” (MINVU, ONEMI, 2017)

¹ Bureau of Public Roads, actualmente Federal Highway Administration (FHWA), EE.UU.

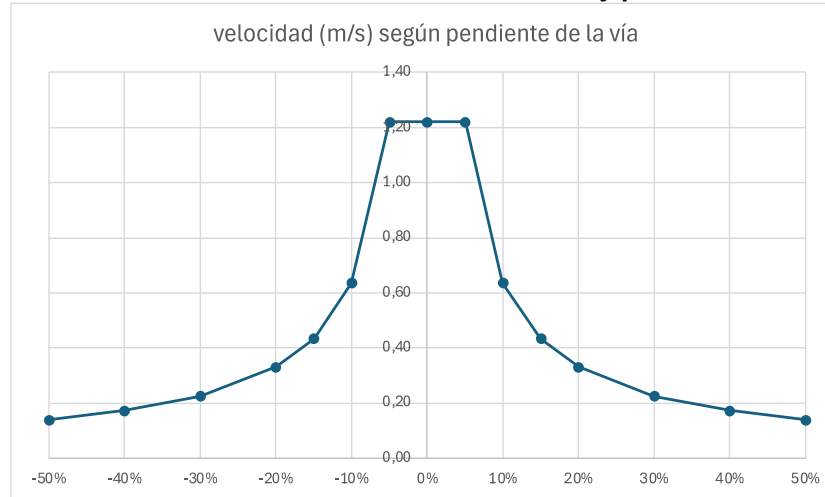
Las matrices de flujos de evacuación fueron definidas identificando para cada zona a evacuar las zonas seguras hacia donde deberían dirigirse las personas.

Utilizando la red de circulación peatonal y las matrices se aplicó un modelo asignación de flujos que determinó las rutas de evacuación y los correspondientes tiempos promedio de viaje entre zonas. Al comparar los flujos asignados a cada tramo de vía con su capacidad se identificaron los sectores donde la red vial no tendría suficiente capacidad de evacuación, bajo los supuestos realizados, determinándose también los tiempos promedio de evacuación.

1.1.1 Construcción del modelo de circulación peatonal

Para modelar la velocidad de caminata en función de la pendiente de la vía se utilizó como referencia el modelo de Tobler (1993)², ajustado a la velocidad de caminata máxima, 1,22 m/s, definida en la “Guía de referencia para sistemas de evacuación comunales por tsunami” (MINVU, ONEMI, 2017) para terrenos con pendiente menor a 3%, como se muestra a continuación.

Gráfico 1 Relación entre velocidad de caminata y pendiente de la vía



Fuente: Elaboración propia

La velocidad de caminata resultante de este modelo se consideró como la velocidad máxima para cada nivel de pendiente de la vía. Por ejemplo, para vías con pendiente 10% la velocidad es de 0,6 m/s como máximo, aproximadamente, pues si en la vía circulan muchas personas esa velocidad se reducirá por la aglomeración resultante.

Para incluir el efecto de la aglomeración de personas en las vías se utilizó un modelo fundamental de circulación de Underwood, que relaciona la velocidad (v) con la concentración o densidad (k) de personas en la vía³:

$$v(k) = v_l \exp(-k/k_0)$$

Donde v_l es la velocidad a flujo libre o máxima (en función de la pendiente de la vía) y k_0 es la concentración o densidad máxima admitida en la corriente peatonal.

Utilizando la ecuación fundamental del tráfico, $q = kv(k)$, se puede derivar una relación entre flujo (q) y densidad (k) peatonales:

$$q = v_l \exp(-k/k_0)k$$

² <https://escholarship.org/content/qt05r820mz/qt05r820mz.pdf>

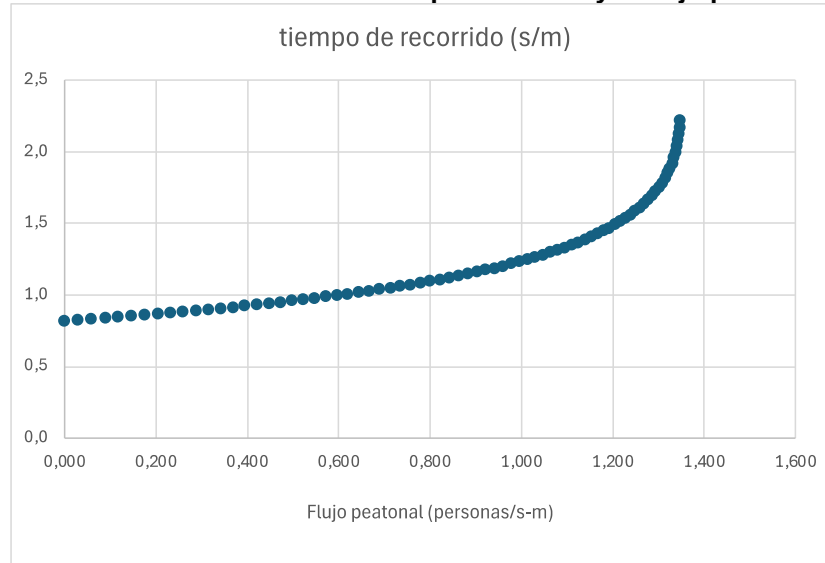
³ Ver por ejemplo, R. Rastogi, S. Chandra, et al. Pedestrian flow characteristics for different pedestrian facilities and situations. European Transport/Trasporti Europei April 2013.

O alternativamente, la relación entre el flujo y la velocidad peatonales:

$$q = -k_0 v \ln(v/v_l)$$

Tal como se mencionó, v_l es la velocidad de caminata en función de la pendiente de la vía en condiciones sin congestión peatonal. Suponiendo una densidad máxima de 3 peatones por m^2 ($k_0=3$ p/ m^2) y $v_l=1,22$ m/s, al aplicar las relaciones entre velocidad, densidad y flujo (v , k , q), se puede obtener un gráfico entre el tiempo que los peatones tardarían en recorrer 1 m, expresado en s/m, para distintos niveles de flujo peatonal (p/s-m), como se muestra a continuación.

Gráfico 2 Relación entre el tiempo recorrido y el flujo peatonal



Fuente: Elaboración propia

El gráfico se genera, por ejemplo, asignando un valor a la velocidad y con ese valor determinar el flujo peatonal asociado con la ecuación ya descrita. Luego, dada esa velocidad, se estima el tiempo necesario para recorrer un metro, obteniéndose así un punto del gráfico (q , t) anterior.

En el gráfico se observa cómo a medida que el flujo peatonal aumenta, también se incrementa el tiempo de recorrido producto de la aglomeración de personas en la vía. Utilizando otros valores de v_l resultan curvas diferentes, pero con el mismo comportamiento creciente en función del flujo peatonal.

En resumen, en cada vía y en función de su pendiente y del flujo peatonal que tenga, resulta un tiempo de recorrido o velocidad promedio en cada arco de la red, que a su vez permite estimar el tiempo de caminata hacia las zonas seguras.

Por otra parte, si bien la densidad máxima teórica es 3 p/ m^2 (Ybar, Cortés y otros, 2021)⁴, la guía de evacuación de tsunami plantea considerar un escenario conservador donde la densidad máxima admitida para fines de evacuación es 1 p/ m^2 . Según el modelo desarrollado, esa densidad está asociada a un flujo peatonal (0,882 p/s-m) equivalente al 64% del flujo máximo o capacidad teórica de la vía para movilizar peatones (1,346 p/s-m), como se muestra a continuación.

⁴ Ybar J., Cortés C., Espinoza R. y Rey P. “Diseño de un plan de evacuación para aluviones en la cuenca del río Salado (Atacama) usando microsimulación de tráfico”. Actas del 20° Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte.

Tabla 1 Relación velocidad, flujo, tiempo de viaje (para recorrer un metro) y densidad peatonal

v (m/s)	q (p/s-m)	t (s)	k (p/m ²)
1,22	0,000	0,82	0,00
1,21	0,030	0,83	0,02
1,2	0,060	0,83	0,05
1,19	0,089	0,84	0,07
1,18	0,118	0,85	0,10
0,91	0,800	1,10	0,88
0,9	0,821	1,11	0,91
0,89	0,842	1,12	0,95
0,88	0,862	1,14	0,98
0,87	0,882	1,15	1,01
0,86	0,902	1,16	1,05
0,85	0,921	1,18	1,08
0,46	1,346	2,17	2,93
0,45	1,346	2,22	2,99

Fuente: Elaboración propia

Lo anterior significa que en las vías no debe superarse el 64% de la capacidad si se quiere analizar un escenario de evacuación conservador.

Los resultados presentados se refieren a valores por unidad de ancho de las sendas que utilizan los peatones. Luego, para estimar la capacidad peatonal de las vías para fines de este análisis de evacuación se requiere estimar el ancho disponible para que los peatones evacúen, asumiendo condiciones desfavorables para tener en cuenta los diversos obstáculos para la circulación que surgen en situaciones de riesgo, tales como vehículos circulando o detenidos en la calzada, postes, mobiliario urbano, etc.

Lo anterior es necesario también porque la capacidad de las vías para movilizar flujos peatonales es muy alta. En efecto, asumiendo el valor correspondiente a la densidad de 1 p/m², se tiene una capacidad por hora y unidad de ancho de 0,882 x 3600 = 3.175 p/h-m. En consecuencia, en una vía de 11 m entre líneas oficiales que estuviese completamente disponible para la evacuación de los peatones se tendría un flujo de más de 30.000 p/h, lo que bastaría para evacuar un sector con 800 viviendas en 1 hora si se asumen 4 personas por vivienda.

Entonces, utilizando las categorías viales de la red del STU, que se usó de referencia para el modelo de evacuación, se asumieron valores conservadores para el ancho disponible para la circulación de los peatones. Específicamente, se consideró que solo estará disponible un ancho equivalente al de las veredas definidas en la OGUC para cada jerarquía, pero también se consideró el efecto de la pendiente de la vía buscando analizar un escenario desfavorable dada la cantidad de situaciones que podría ocurrir en un escenario de emergencia, como se muestra a continuación.

Tabla 2 Ancho total disponible para evacuación de los peatones

Categoría de la vía en STU	Ancho para evacuación peatonal (m)
Expresa (Autopista)	0 (*)
Troncal	4 (*)
Colectora con pendiente	2,4
Colectora sin pendiente sector no céntrico	4
Colectora sin pendiente sector céntrico	4
Servicio con pendiente	2,4
Servicio sin pendiente sector no céntrico	2,4
Servicio sin pendiente sector céntrico	2,4
Local con pendiente	2,4
Local sin pendiente	2,4
Pasaje	2
Ascensor	0,1

(*) Para los arcos de las autopistas (vía expresa) y vías troncales sin espacio para la circulación de peatones se asumió una capacidad de 60 peatones/h

Fuente: Elaboración propia.

1.1.2 Construcción de los escenarios de población en área de riesgo de incendio

Se crearon dos escenarios de población futura por zona⁵: años 2025 y año 2035. La información base para calcular la población proyectada dentro de cada zona proviene de dos fuentes: Censo 2017 (por manzana urbana y entidad rural) y los Permisos de Edificación con destino residencial autorizados para vivienda nueva entre 2014 y 2023 (últimos 10 años de datos).

La utilización de permisos de edificación para establecer las tendencias de crecimiento por zona tiene la ventaja de reflejar con bastante exactitud el número real de nuevas viviendas en cada una de ellas en un determinado período de tiempo. Se puede utilizar también para una extrapolación de más largo plazo, considerando que las zonas de expansión y disponibilidad de suelo son las que muestran el aumento más importante en el número de viviendas y donde aún existe capacidad de crecimiento.

Suponiendo un crecimiento lineal de las viviendas año a año, se dividió la muestra de viviendas en permisos de edificación en dos tramos: 2014-2018 y 2019-2024⁶, y se calculó el crecimiento promedio anual de unidades. Dado que para una tendencia de largo plazo probablemente es más representativa la tendencia de los últimos años, se calculó un promedio anual de crecimiento de viviendas ponderando en un 75% las viviendas del período 2019-2023 y en un 25% las del período 2014-2018. Este promedio ponderado, se utiliza como el crecimiento promedio esperado de largo plazo.

En primer lugar, para el año 2025, se estima el total de viviendas sumando los permisos de edificación al registro del año 2017 todas las unidades habitacionales en permisos de edificación del período 2017-2024. Para el año 2035, a partir de la estimación anterior para 2025, se estima directamente un crecimiento anual de las viviendas con el promedio de largo plazo antes explicado.

Tabla 3 Escenarios de población

Zona	Poblac. 2017	Viv. Part. 2017	N° de viviendas nuevas en Permisos de Edificación											Prom. Anual Viv 2014- 2018	Prom. Anual Viv 2019- 2024	Prom. Pond. Viv anual	Poblac. 2025	Poblac. 2035
			2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024					
1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
36	386	154	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	386	386
37	96	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96	96
38	134	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	134	134
39	994	435	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	997	998
40	804	255	0	0	0	0	253	0	0	0	0	0	0	51	0	13	1.482	1.821
44	11	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	11
45	789	238	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	789	789
46	938	302	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	938	938
47	1140	368	0	0	1	0	2	3	1	0	1	1	0	1	1	1	1.161	1.187
51	147	54	1	5	6	6	7	7	5	1	18	1	0	5	6	6	268	418
52	29	12	1	2	7	65	3	1	3	1	0	1	0	16	1	5	227	354
54	1145	561	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1.148	1.153
56	92	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	92
57	7660	2524	63	194	1	0	4	79	3	1	0	0	0	52	15	24	7.893	8.547
58	1286	475	2	0	4	3	1	1	0	0	2	0	1	2	1	1	1.307	1.335
59	587	209	0	0	0	0	71	0	94	0	0	0	0	14	17	16	1.029	1.468
60	939	335	5	4	459	4	9	12	62	5	3	0	1	96	15	35	1.196	2.144
61	1021	407	0	0	0	0	0	130	88	0	0	0	0	0	40	30	1.605	2.402
66	1637	605	0	1	212	2	2	0	0	0	0	0	4	43	1	11	1.658	1.964
67	30	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	30
68	111	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	111	111
69	787	276	3	3	7	4	6	4	2	1	1	1	1	5	2	3	841	908
70	1550	538	5	5	6	5	7	4	1	1	2	2	0	6	2	3	1.609	1.683
71	606	210	1	1	1	6	0	0	2	1	0	2	0	2	1	1	635	666
77	951	327	3	5	1	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	964	983
78	1498	534	3	0	1	3	2	2	1	0	0	0	0	2	1	1	1.519	1.542
79	1189	382	2	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1.192	1.201
80	202	77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	202	202

⁵ Población en área de riesgo de incendio.

⁶ Del año 2024 se tienen permisos hasta el primer semestre, pero se incorporan igualmente en el análisis para tener los últimos datos que alimentan las tendencias en cada zona de transporte.

**“MODIFICACIÓN PLAN REGULADOR METROPOLITANO DE VALPARAÍSO (PREMVAL) / ARTÍCULO 27 LEY
N°16.282”**

Zona	Poblac. 2017	Viv. Part. 2017	N° de viviendas nuevas en Permisos de Edificación											Prom. Anual Viv 2014- 2018	Prom. Anual Viv 2019- 2024	Prom. Pond. Viv anual	Poblac. 2025	Poblac. 2035
			2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024					
81	560	230	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	563	564
82	1732	869	450	180	0	0	3	0	0	0	0	0	0	127	0	32	1.740	2.588
83	892	366	91	321	0	1	96	0	0	0	0	0	1	102	0	26	1.155	1.840
84	593	188	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	598	606
87	169	128	0	0	0	0	332	0	0	0	141	0	0	66	26	36	1.436	2.396
88	11	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	11
89	511	168	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	514	515
90	47	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	47
94	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
95	4568	1609	2	147	0	2	53	2	0	2	0	0	0	41	1	11	4.726	5.014
96	462	166	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	465	469
202	598	192	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	603	610
211	33	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	33
212	46	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	46
218	127	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	250	0	0	45	34	797	1.710
220	1027	354	0	0	4	4	495	0	0	1	0	1	0	101	0	25	2.369	3.051
221	591	242	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	591	591
222	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5
223	148	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	148	148
229	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
239	243	86	1	2	4	4	4	2	1	0	3	0	0	3	1	2	281	323
241	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
242	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
258	291	118	0	5	1	1	3	2	2	0	0	84	0	2	16	13	538	872
259	16	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	16
260	2651	1066	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.651	2.651
261	4362	1608	17	0	171	5	3	4	115	2	1	2	0	39	23	27	4.716	5.431
262	3448	1469	150	0	1	1	505	0	0	0	0	0	0	131	0	33	4.804	5.684
263	4027	1768	0	0	3	1	371	0	229	0	0	0	0	75	42	50	5.637	6.977
264	2458	820	2	0	1	1	2	0	2	0	0	0	0	1	0	1	2.471	2.487
265	698	229	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	698	701
266	578	188	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	581	583
268	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
269	763	254	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	766	771
270	544	233	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	544	544
271	20	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20
272	205	63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	205	205
273	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
280	12	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	12
281	381	136	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	381	381
284	3424	1150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.424	3.424
285	2387	984	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.387	2.387
286	3734	1364	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.734	3.734
287	334	121	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	334	334
288	15	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	15
290	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
291	2176	797	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.176	2.176
292	1853	683	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.853	1.853
293	427	143	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	427	427
296	12252	5054	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12.252	12.252
297	224	81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	224	224
298	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5
299	97	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	97	97
300	3647	1312	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.647	3.647
306	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
331	100	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100
333	794	338	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	794	794
337	3254	1217	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.254	3.254
338	3788	1482	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.788	3.788
339	433	188	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	433	433
363	58	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58	58
364	961	334	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	961	961
365	1946	682	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.946	1.946
366	1243	412	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.243	1.243
367	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
368	1304	501	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.304	1.304
369	1917	831	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.917	1.917
370	1460	515	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.460	1.460
371	337	142	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	337	337
372	1750	629	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.750	1.750
373	5288	1743	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.288	5.288
374	1425	516	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.425	1.425
375	1540	576	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.540	1.540
376	3235	1117	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.235	3.235
377	3144	1172	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.144	3.144
378	4927	1919	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.927	4.927

**“MODIFICACIÓN PLAN REGULADOR METROPOLITANO DE VALPARAÍSO (PREMVAL) / ARTÍCULO 27 LEY
N°16.282”**

Zona	Poblac. 2017	Viv. Part. 2017	N° de viviendas nuevas en Permisos de Edificación											Prom. Anual Viv 2014- 2018	Prom. Anual Viv 2019- 2024	Prom. Pond. Viv anual	Poblac. 2025	Poblac. 2035
			2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024					
379	1127	566	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.127	1.127
381	2042	677	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.042	2.042
382	1502	584	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.502	1.502
383	1920	614	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.920	1.920
384	458	153	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	458	458
385	702	239	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	702	702
386	1053	342	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.053	1.053
Total	137.868	51.451	805	876	902	125	2.240	254	613	16	173	345	8	990	256	440	147.981	159.759

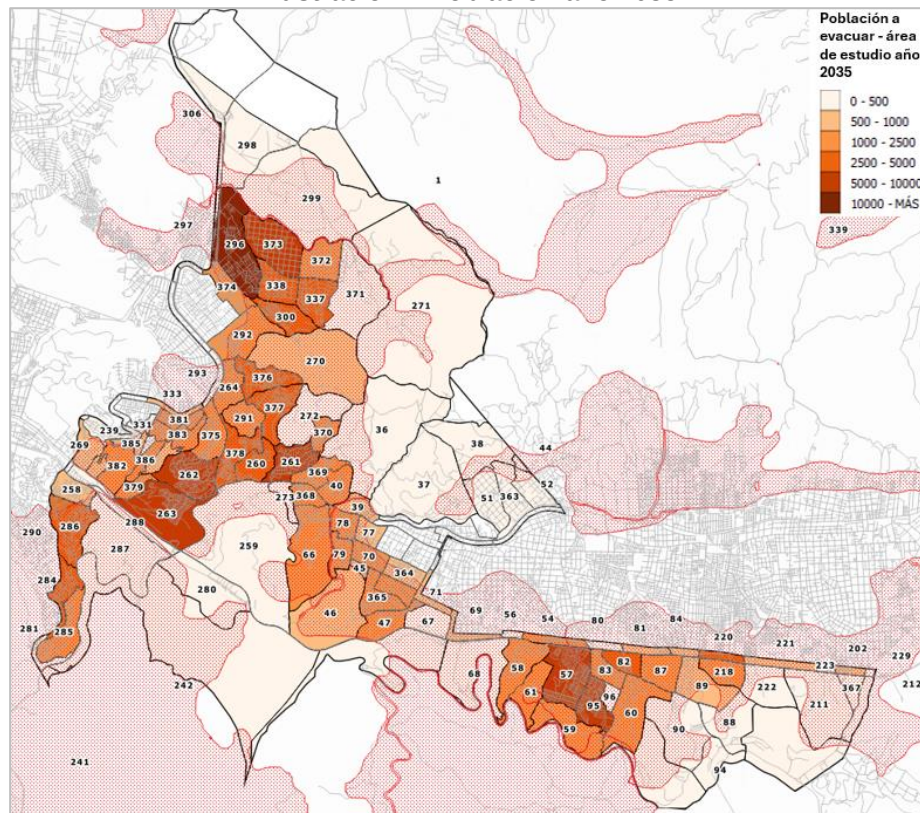
Fuente: Elaboración propia.

La conversión de crecimiento de viviendas a crecimiento de población se realizó manteniendo la relación que el Censo 2017 reflejaba entre ambas variables, que era de 2,6796 personas/vivienda. Si bien este indicador ha mostrado una disminución en el tiempo cuando se observa a nivel nacional o distintas ciudades y comunas, para esta proyección de mantuvo constante, ya que las zonas de análisis se encuentran en la periferia de la ciudad, y el fenómeno de disminución se da mayormente en zonas centrales (departamentos más pequeños y unipersonales). Aunque el plazo de proyección es relativamente acotado como para observar cambios significativos en la variable, un error de sobre estimación es más conservador para efectos de estimar los tiempos de evacuación.

El crecimiento esperado de las zonas es muy distinto entre sí. De hecho, hay algunas donde no ha existido crecimiento (medido por edificación de viviendas) en los últimos 10 años, por lo que no se proyecta crecimiento futuro. Algunas zonas se encuentran en parte fuera del límite urbano, por lo que no se proyecta crecimiento significativo. En otras, en cambio, se proyecta un alto crecimiento, como el sector Santa Julia, colindante a Ruta Las Palmas, donde ha existido una intensa actividad inmobiliaria y existen aún paños para la densificación.

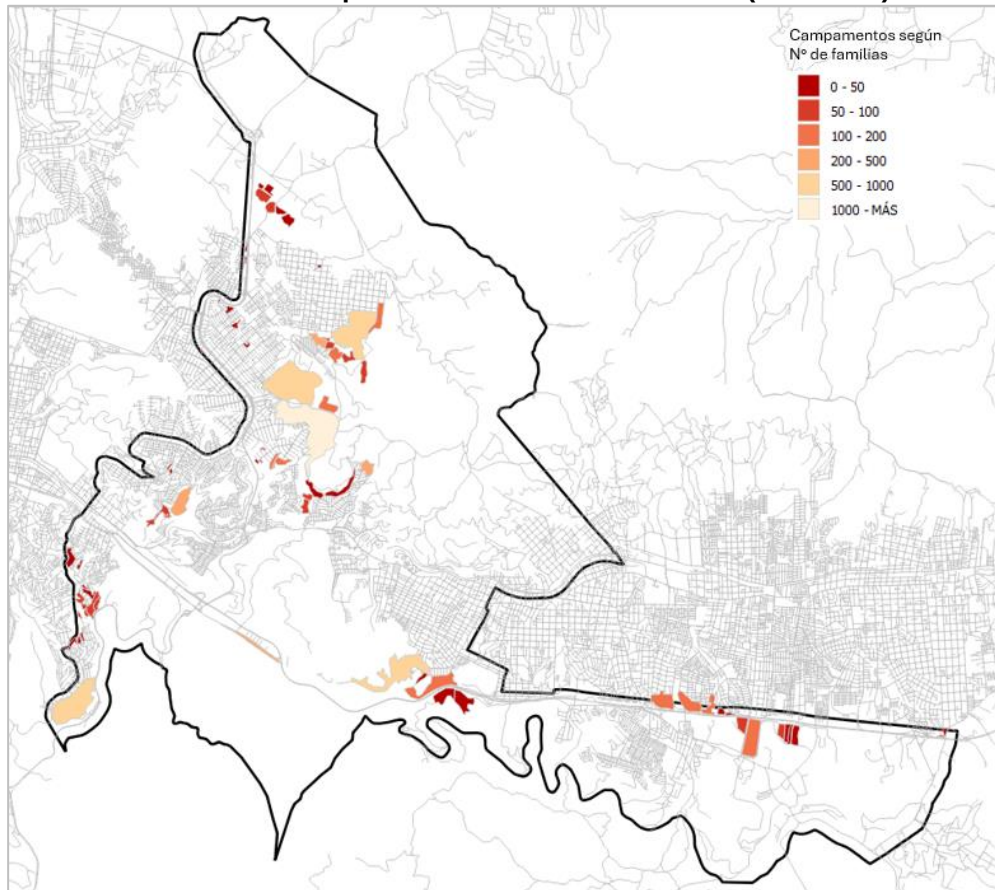
En el agregado, el crecimiento de población esperado en las zonas entre el año 2025 y 2035 alcanza a un promedio del 0,77% anual, con un total de 11.778 nuevas personas. El total de personas a 2035 se estima en 159.759 en las zonas en estudio.

Ilustración 2 Población año 2035



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 3 Campamentos en el área de estudio (2022-2023)



Fuente: Elaboración propia en base a Techo- Chile.

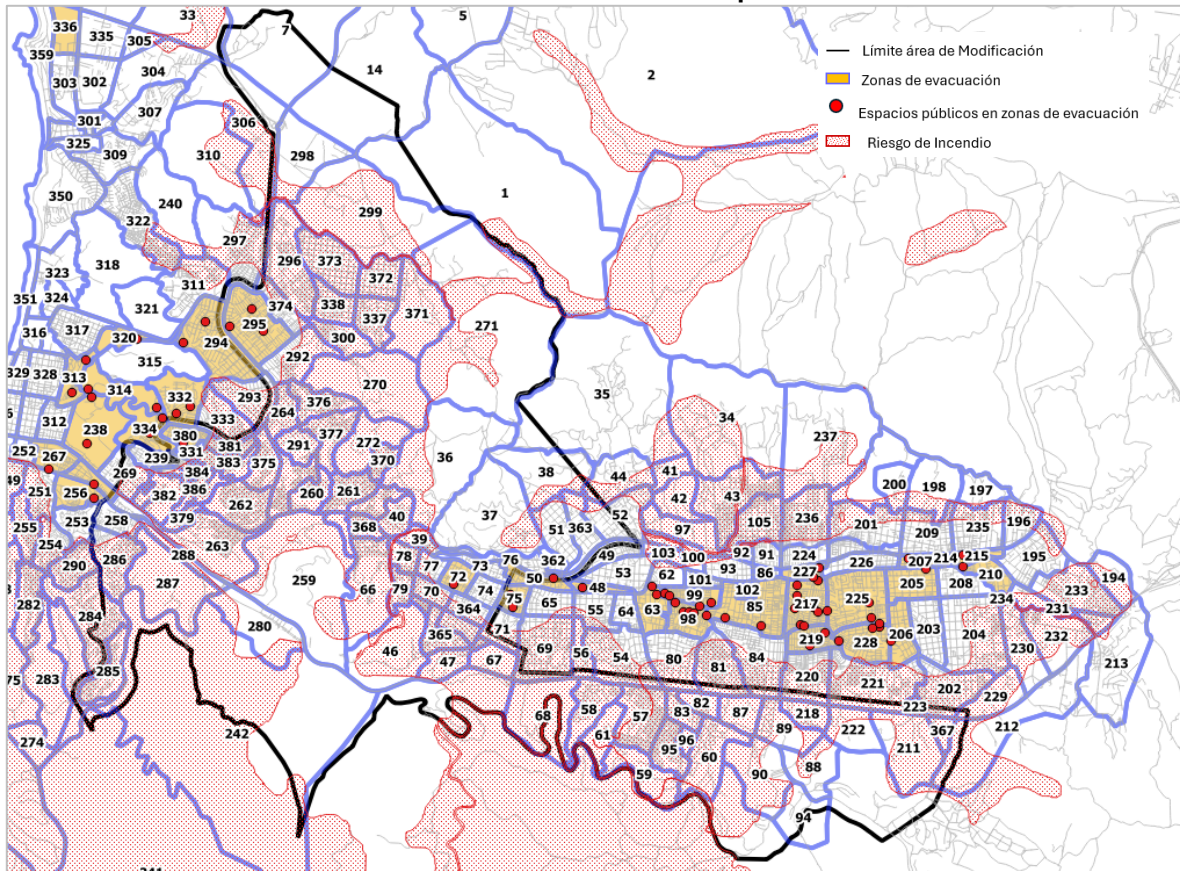
1.1.3 Construcción de matrices de evacuación

El Informe de Daños – Fase de Emergencia Evento Incendio 02 y 03 de febrero 2024, elaborado por CIGIDEN menciona dentro de sus recomendaciones el realizar la *modelación de incendios y de escenarios de evacuación para generar protocolos de escape, basándose en el peor escenario. Estas simulaciones pueden seguir parámetros meteorológicos como los observados durante el 2 y 3 de febrero en zonas costeras, es decir, presencia del factor 30-30-30 y ausencia de vaguada costera, lo que establece mayores condiciones de propagación. Estas simulaciones permitirían, además, evaluar modificaciones en la trama urbana para mejorar aspectos como la conectividad y redundancia de la red vial, fortaleciendo así futuras evacuaciones.*

En este contexto, en la elaboración de la matriz de evacuación se consideró como base el área de incendio identificada a partir de la modelación realizada en el estudio de riesgos que acompaña la presente modificación por Art. 27, donde fue posible identificar las zonas de transporte que no son afectadas por este riesgo y que en consecuencia pueden ser áreas de evacuación.

Lo anterior, se reflejó en una matriz en donde los sectores hacia donde evacuar (zona de destino) se definieron hacia las zonas de transporte que permitieran alejar a la población de las áreas de propagación y que contaran con algún espacio libre y público en el cual la población pudiese ser acogida (Plazas, Parques, o grandes avenidas, entre otros). Tal como queda indicado en la siguiente tabla donde la columna “zona de origen”, corresponde a la zona de transporte donde está ubicada la población bajo riesgo de incendio; y la columna “zona de destino”, corresponde a la zona hacia donde debiera evacuar la población (zonas seguras). Las zonas de transporte dependiendo de su ubicación, pueden evacuar hacia una o más zonas. Por ejemplo, la zona 297, puede evacuar hacia la zona 295 o 294.

Ilustración 4 Zonas de transporte



Fuente: Elaboración propia en base a zonas de transporte STU.

Tabla 4 Matriz de Evacuación

ID	ZONA DE ORIGEN	ZONA DE DESTINO
1	306	336
2	298	336
3	299	336
4	371	295
5	371	294
6	373	295
7	300	294
8	270	295
9	297	295
10	297	294
11	296	295
12	296	294
13	374	295
14	374	294
15	311	294
16	311	320
17	292	295
18	292	294
19	376	295
20	376	294
21	261	380
22	261	295
23	40	75
24	66	75
25	78	75
26	78	72
27	33	336
28	54	99
29	80	99
30	81	85

**“MODIFICACIÓN PLAN REGULADOR METROPOLITANO DE VALPARAÍSO (PREMVAL) / ARTÍCULO 27 LEY
N°16.282”**

ID	ZONA DE ORIGEN	ZONA DE DESTINO
31	84	85
32	220	217
33	221	225
34	202	206
35	229	206
36	56	63
37	69	75
38	67	75
39	212	205
40	212	206
41	211	225
42	211	206
43	222	217
44	222	228
45	88	217
46	88	225
47	88	228
48	94	225
49	94	228
50	90	217
51	90	85
52	60	85
53	89	217
54	89	225
55	333	380
56	377	295
57	377	294
58	262	380
59	262	294
60	383	332
61	333	332
62	333	294
63	239	238
64	239	334
65	269	238
66	258	257
67	258	267
68	286	257
69	290	256
70	284	256
71	284	257
72	285	257
73	281	256
74	281	257
75	287	257
76	280	257
77	259	75
78	259	72
79	273	75
80	273	72
81	39	72
82	39	75
83	79	72
84	79	75
85	339	225
86	339	217
87	339	85
88	218	217
89	218	225
90	87	217
91	87	99
92	82	85
93	82	99
94	83	99
95	83	85
96	58	99
97	58	75
98	68	75
99	339	75
100	57	98

**“MODIFICACIÓN PLAN REGULADOR METROPOLITANO DE VALPARAÍSO (PREMVAL) / ARTÍCULO 27 LEY
N°16.282”**

ID	ZONA DE ORIGEN	ZONA DE DESTINO
101	57	99
102	95	98
103	95	99
104	96	99
105	96	98
106	61	99
107	61	98
108	59	99
109	59	63
110	363	99
111	52	63
112	363	63
113	52	99
114	71	72
115	71	75
116	46	72
117	77	72
118	77	75
119	45	75
120	364	75
121	364	72
122	365	75
123	84	217
124	220	225
125	202	205
126	261	72
127	58	63
128	285	256
129	33	31
130	46	75
131	56	99
132	56	75
133	61	75
134	90	98
135	87	85
136	82	217
137	218	85
138	223	228
139	223	206
140	94	217
141	94	85
142	45	72
143	287	267
144	280	267
145	378	294
146	262	334
147	383	334
148	382	334
149	297	320
150	54	63
151	57	63
152	95	63
153	83	98
154	80	63
155	81	99
156	81	63
157	60	99
158	89	85
159	84	99
160	220	85
161	221	217
162	202	225
163	212	210
164	229	205
165	261	75
166	59	98
167	290	267
168	67	72
169	61	63
170	223	225

**“MODIFICACIÓN PLAN REGULADOR METROPOLITANO DE VALPARAÍSO (PREMVAL) / ARTÍCULO 27 LEY
N°16.282”**

ID	ZONA DE ORIGEN	ZONA DE DESTINO
171	38	75
172	44	63
173	44	99
174	37	72
175	37	75
176	36	72
177	36	75
178	271	295
179	271	294
180	271	75
181	1	295
182	1	336
183	263	238
184	263	257
185	263	267
186	263	334
187	280	72
188	288	257
189	288	267
190	242	257
191	242	267
192	38	63
193	38	48
194	272	294
195	272	72
196	272	75
197	241	257
198	241	267
199	293	294
200	293	380
201	293	295
202	293	332
203	339	72
204	281	267
205	286	267
206	259	257
207	378	72
208	262	238
209	383	380
210	269	257
211	269	267
212	333	334
213	377	332
214	377	380
215	311	295
216	306	295
217	306	294
218	298	295
219	298	294
220	299	294
221	69	72
222	363	75
223	54	98
224	54	75
225	57	75
226	96	63
227	83	63
228	80	98
229	81	98
230	84	98
231	220	219
232	211	228
233	221	228
234	221	219
235	202	228
236	212	228
237	229	225
238	229	228
239	52	98
240	59	85

**“MODIFICACIÓN PLAN REGULADOR METROPOLITANO DE VALPARAÍSO (PREMVAL) / ARTÍCULO 27 LEY
N°16.282”**

ID	ZONA DE ORIGEN	ZONA DE DESTINO
241	58	98
242	58	50
243	290	257
244	285	267
245	284	267
246	242	72
247	242	75
248	1	294
249	38	99
250	38	72
251	38	50
252	56	50
253	61	50
254	90	63
255	90	225
256	87	98
257	82	98
258	82	63
259	222	85
260	39	50
261	44	50
262	44	75
263	88	85
264	94	219
265	339	219
266	271	50
267	66	50
268	365	50
269	69	50
270	71	50
271	364	50
272	37	50
273	363	50
274	57	50
275	95	85
276	96	85
277	80	85
278	81	219
279	60	63
280	89	219
281	84	219
282	261	50
283	40	50
284	52	48
285	77	50
286	78	50
287	273	50
288	46	50
289	67	50
290	90	219
291	87	219
292	222	219
293	218	219
294	223	219
295	88	219
296	45	50
297	286	256
298	339	206
299	339	228
300	339	50
301	1	320
302	36	50
303	40	72
304	44	48
305	52	50
306	54	48
307	54	50
308	56	48
309	57	48
310	58	48

**“MODIFICACIÓN PLAN REGULADOR METROPOLITANO DE VALPARAÍSO (PREMVAL) / ARTÍCULO 27 LEY
N°16.282”**

ID	ZONA DE ORIGEN	ZONA DE DESTINO
311	59	48
312	60	98
313	61	48
314	66	72
315	68	50
316	68	48
317	69	48
318	79	50
319	81	217
320	82	219
321	88	206
322	89	228
323	90	228
324	94	206
325	95	48
326	296	320
327	202	210
328	211	219
329	211	205
330	218	228
331	218	206
332	220	228
333	220	206
334	221	206
335	222	206
336	239	380
337	239	332
338	241	256
339	242	256
340	258	256
341	259	380
342	261	294
343	261	332
344	262	332
345	262	295
346	263	380
347	269	334
348	270	294
349	271	48
350	272	295
351	272	50
352	287	256
353	293	334
354	293	314
355	374	320
356	299	295
357	300	295
358	363	48
359	365	72
360	373	294
361	378	295
362	378	380
363	378	332
364	382	380
365	382	257
366	383	314
367	260	295
368	260	294
369	260	380
370	260	332
371	260	72
372	260	50
373	264	295
374	264	294
375	264	380
376	264	332
377	265	380
378	265	334
379	265	332
380	266	257

**“MODIFICACIÓN PLAN REGULADOR METROPOLITANO DE VALPARAÍSO (PREMVAL) / ARTÍCULO 27 LEY
N°16.282”**

ID	ZONA DE ORIGEN	ZONA DE DESTINO
381	266	267
382	268	257
383	268	267
384	291	380
385	291	332
386	291	294
387	291	295
388	331	380
389	331	334
390	331	332
391	331	314
392	337	295
393	337	294
394	337	320
395	337	332
396	366	75
397	366	72
398	366	50
399	367	206
400	367	228
401	367	205
402	368	72
403	368	50
404	368	75
405	369	72
406	369	50
407	369	75
408	369	380
409	369	332
410	370	72
411	370	50
412	370	75
413	370	380
414	370	332
415	370	295
416	370	294
417	372	295
418	372	294
419	375	332
420	375	380
421	375	294
422	379	257
423	379	267
424	379	238
425	381	380
426	381	332
427	381	334
428	384	380
429	384	334
430	384	332
431	385	380
432	385	334
433	385	332
434	386	380
435	386	257
436	386	334
437	47	72
438	47	75
439	51	48
440	51	50
441	51	75
442	70	72
443	70	50
444	70	75
445	229	210
446	259	334
447	262	314
448	222	225

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, los espacios públicos considerados como puntos de encuentro en el área de evacuación concentran un total de 642.532,43 m² los que considerando una superficie mínima de 0,8 m² disponibles por persona⁷, permitirían acoger un total de 803.166 habitantes, los que superan la población total a evacuar según los escenarios estudiados precedentemente. Lo anterior, queda reflejado en la siguiente tabla.

Tabla 5 Superficie y capacidad de los puntos de encuentro

Zona de Evacuación	Superficie de espacios públicos disponibles en m²	Capacidad punto de encuentro (hab)
31	27.494,62	34.368
50	5.703,68	7.130
63	5.571,04	6.964
72	4.889,69	6.112
75	8.670,51	10.838
85	16.816,70	21.021
98	20.841,52	26.052
99	71.722,79	89.653
102	6.655,41	8.319
205	4.773,71	5.967
206	1.907,15	2.384
207	6.908,29	8.635
210	5.654,00	7.068
215	3.222,72	4.028
217	61.846,32	77.308
219	16.815,74	21.020
225	32.263,16	40.329
227	9.867,37	12.334
228	11.097,11	13.871
238	174.044,89	217.556
256	1.809,66	2.262
257	8.134,46	10.168
267	27.882,14	34.853
294	7.308,05	9.135
295	16.835,66	21.045
313	11.300,35	14.125
314	4.995,35	6.244
320	6.571,69	8.215
332	16.405,69	20.507
334	4.922,49	6.153
336	26.037,96	32.547
380	13.562,51	16.953
Total general	642.532,43	803.166

Fuente: Elaboración propia.

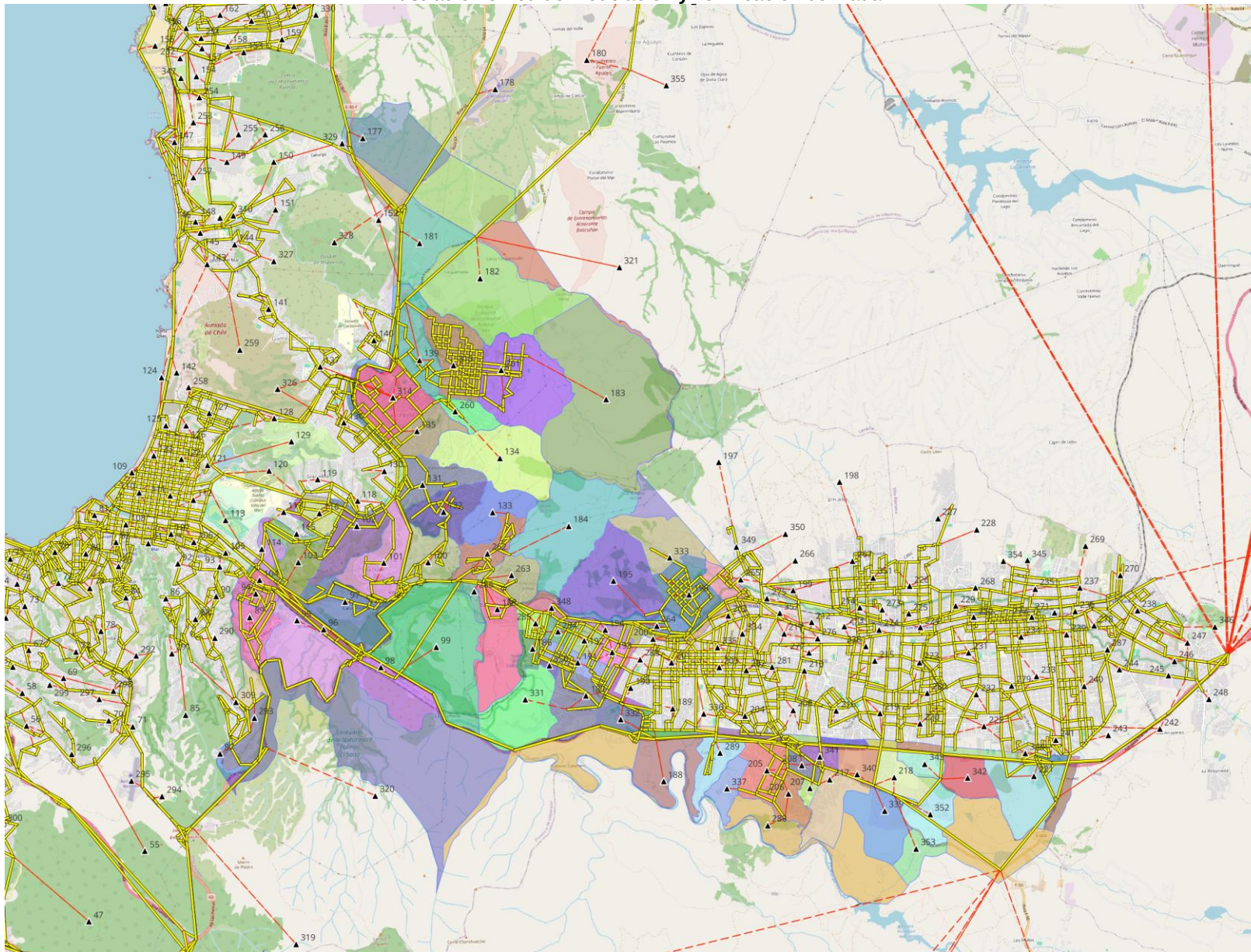
1.1.4 Resultados

El modelo de asignación de flujos peatonales se construyó con el software TRANSCAD utilizando como referencia la zonificación y la red vial del STU del Gran Valparaíso y los datos de las matrices de evacuación construidas para los años 2025 y 2035.

La siguiente figura muestra la red vial utilizada (arcos, conectores y zonas) en el contexto del Gran Valparaíso.

⁷ Estándar considerado como capacidad mínima de los puntos de encuentro en caso de riesgos de Tsunami, contenido en la Guía de referencia para sistemas de evacuación comunales por tsunami.

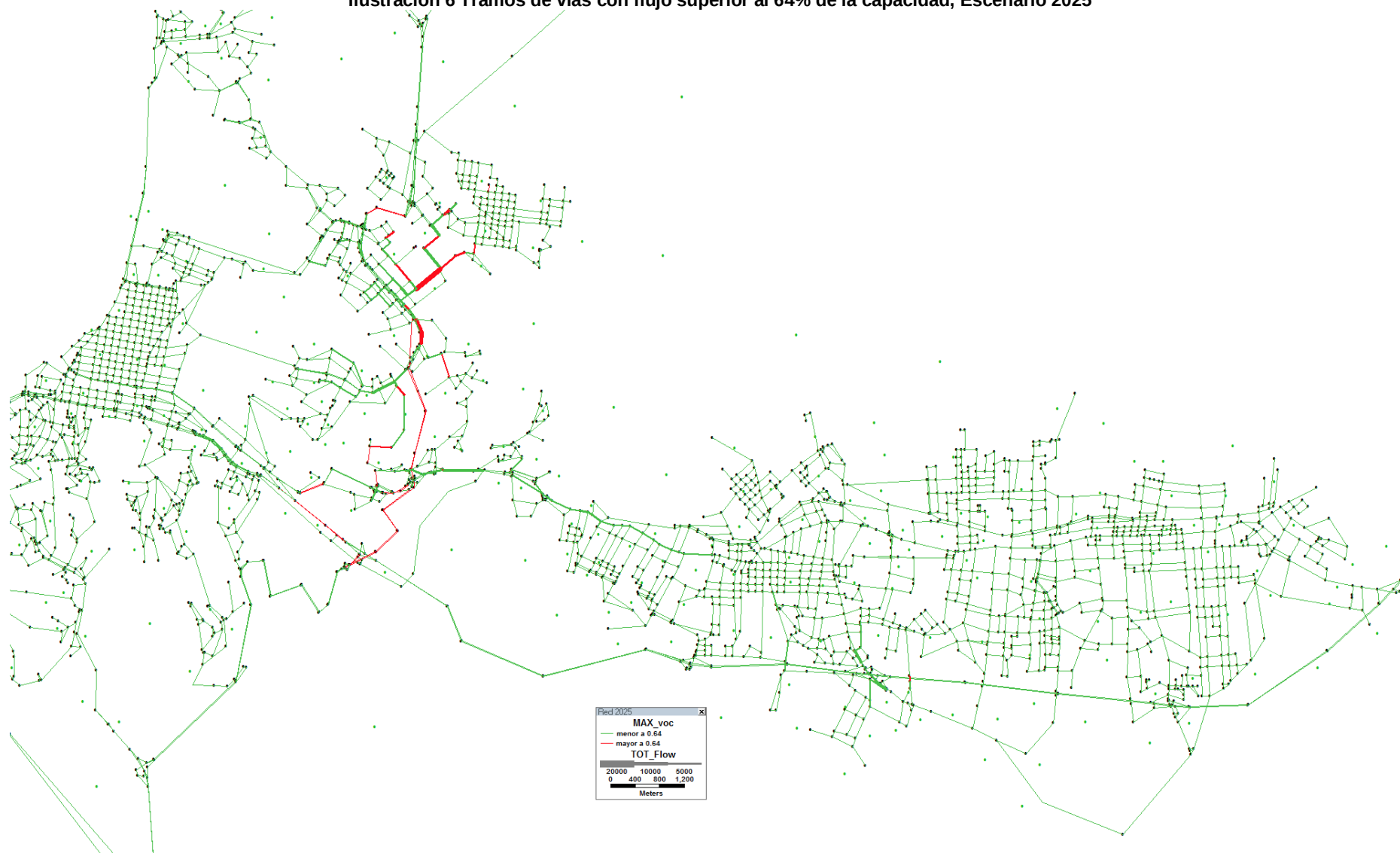
Ilustración 5 Red de modelación y zonificación utilizada



Fuente: Elaboración propia.

La siguiente figura muestra el flujo peatonal resultante del Escenario 2025 destacando los arcos que presentan un grado de saturación superior a 64%, valor que está asociado a una densidad de 1 p/m², que es el valor máximo aceptado en situaciones de evacuación según la ONEMI.

Ilustración 6 Tramos de vías con flujo superior al 64% de la capacidad, Escenario 2025



Fuente: Elaboración propia

Como se indicó, para los arcos correspondientes a vías expresas se asumió una capacidad de 60 personas/h para tener en consideración que no pueden ser consideradas vías de evacuación, pero a la vez no excluirlas del modelo. La figura anterior muestra que algunos tramos de la Ruta 64 son utilizados como vías de evacuación ante la falta de alternativas.

El tiempo que tardarán las personas en llegar caminando a las zonas seguras definidas en las matrices de evacuación se obtiene del modelo como la suma de los tiempos que tardarán las personas en recorrer los arcos que son parte de la ruta más rápida para llegar a dichas zonas desde los lugares que deben evacuarse, el resultado para el Escenario 2025 se muestra a continuación.

Tabla 6 Tiempo promedio de evacuación Escenario 2025

Zona	Viajes	Tiempo promedio (min)
1	4	157
33	2	67
36	387	87
37	96	40
38	132	60
39	996	28
40	1482	51
44	10	42
45	789	36
46	939	45
47	1162	35
51	267	29
52	225	32
54	1146	29
56	90	30
57	7896	54
58	1308	41
59	1030	66
60	1196	47
61	1608	69
66	1659	61
67	30	24
68	111	47
69	840	27
70	1608	33
71	636	18
77	963	22
78	1518	31
79	1191	33
80	204	22
81	564	26
82	1740	44
83	1156	42
84	600	26
87	1435	45
88	12	60
89	515	48
90	49	53
94	0	0
95	4725	55
96	464	47
202	605	33
211	35	48

Zona	Viajes	Tiempo promedio (min)
212	48	52
218	798	45
220	2370	24
221	590	23
222	6	46
223	148	34
229	0	0
239	280	37
241	0	0
242	0	0
258	537	20
259	15	90
260	2652	95
261	4718	101
262	4802	80
263	5635	126
264	2472	41
265	699	44
266	580	28
268	0	0
269	764	23
270	544	74
271	20	176
272	205	120
273	0	0
280	12	72
281	381	85
284	3423	70
285	2388	75
286	3735	51
287	333	48
288	16	42
290	0	0
291	2176	72
292	1854	31
293	426	43
296	12252	83
297	225	90
298	6	101
299	96	124
300	3648	57
306	0	0
311	0	0
331	100	21
333	796	27
337	3256	100
363	60	35
364	960	19
365	1947	35
366	1242	25
367	3	38
368	1305	52
369	1915	71
370	1463	123

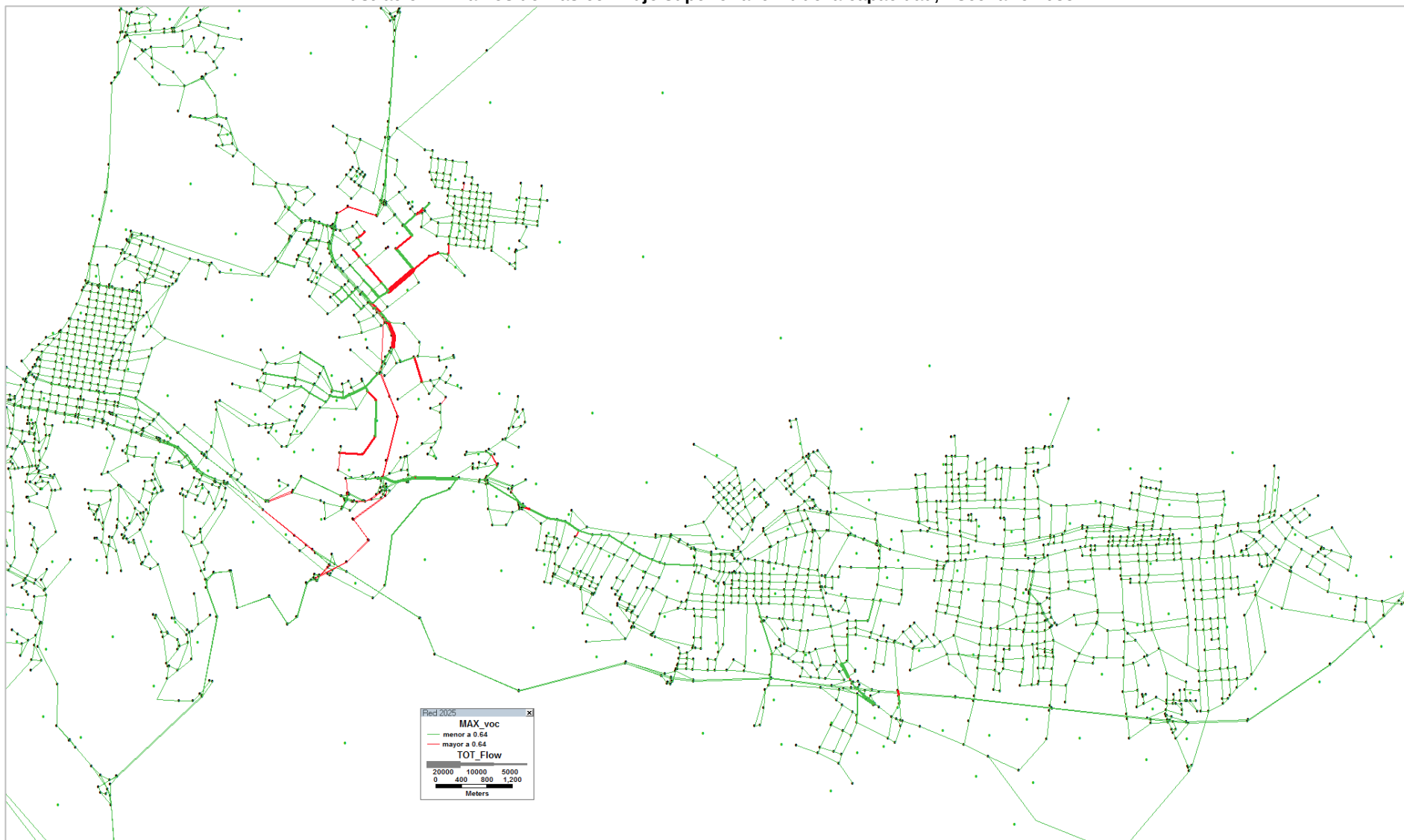
Zona	Viajes	Tiempo promedio (min)
371	338	100
372	1750	87
373	5288	83
374	1425	68
375	1539	41
376	3236	67
377	3144	79
378	4925	97
379	1128	43
381	2043	20
382	1503	35
383	1920	26
384	459	35
385	702	33
386	1053	45

Fuente: Elaboración propia

Como era de esperarse, se aprecian diferencias importantes en el tiempo promedio de evacuación, las que se deben principalmente a la distancia a las zonas seguras que presenta cada zona que debe ser evacuada. La zona 271 es la que tiene el mayor tiempo de evacuación, 176 minutos, seguida de las zonas 1, 263 y 299. Los tiempos dependen además del nivel de aglomeración y la pendiente de las vías que se utilizan para evacuar.

Al repetir el análisis para el Escenario 2035, que considera la misma red de 2025 pero con la matriz de evacuación asociada a la población de 2035, los resultados fueron los siguientes.

Ilustración 7 Tramos de vías con flujo superior al 64% de la capacidad, Escenario 2035



Fuente: Elaboración propia.

Los tiempos de evacuación en 2035 y su comparación con 2025 se muestran a continuación.

Tabla 7 Comparación tiempo promedio de evacuación Escenarios 2025 y 2035

Zona	Viajes 2025	Viajes 2035	Diferencia	Tiempo 2025	Tiempo 2035	Diferencia
1	4	4	0%	157	156	0%
33	2	2	0%	67	67	0%
36	387	387	0%	87	89	2%
37	96	96	0%	40	40	0%
38	132	132	0%	60	60	0%
39	996	999	0%	28	28	0%
40	1482	1821	23%	51	51	1%
44	10	10	0%	42	42	0%
45	789	789	0%	36	36	0%
46	939	939	0%	45	45	0%
47	1162	1188	2%	35	35	0%
51	267	417	56%	29	29	0%
52	225	355	58%	32	32	0%
54	1146	1152	1%	29	29	0%
56	90	90	0%	30	30	0%
57	7896	8550	8%	54	55	2%
58	1308	1338	2%	41	42	1%
59	1030	1470	43%	66	68	2%
60	1196	2144	79%	47	49	3%
61	1608	2400	49%	69	70	1%
66	1659	1965	18%	61	61	1%
67	30	30	0%	24	24	0%
68	111	111	0%	47	47	0%
69	840	908	8%	27	27	0%
70	1608	1683	5%	33	33	0%
71	636	666	5%	18	18	0%
77	963	984	2%	22	22	0%
78	1518	1542	2%	31	31	0%
79	1191	1200	1%	33	33	0%
80	204	204	0%	22	22	0%
81	564	564	0%	26	26	0%
82	1740	2586	49%	44	46	3%
83	1156	1840	59%	42	43	3%
84	600	605	1%	26	26	0%
87	1435	2395	67%	45	46	2%
88	12	12	0%	60	60	0%
89	515	515	0%	48	48	0%
90	49	49	0%	53	53	1%
94	0	0		0	0	
95	4725	5015	6%	55	56	2%
96	464	468	1%	47	49	4%
202	605	610	1%	33	33	0%
211	35	35	0%	48	48	0%
212	48	48	0%	52	52	0%
218	798	1710	114%	45	45	0%
220	2370	3048	29%	24	24	0%
221	590	590	0%	23	23	0%
222	6	6	0%	46	46	0%
223	148	148	0%	34	34	0%
229	0	0		0	0	
239	280	324	16%	37	37	0%
241	0	0		0	0	

"MODIFICACIÓN PLAN REGULADOR METROPOLITANO DE VALPARAÍSO (PREMVAL) / ARTÍCULO 27 LEY
N°16.282"

Zona	Viajes 2025	Viajes 2035	Diferencia	Tiempo 2025	Tiempo 2035	Diferencia
242	0	0		0	0	
258	537	873	63%	20	20	1%
259	15	15	0%	90	91	0%
260	2652	2652	0%	95	98	3%
261	4718	5432	15%	101	104	3%
262	4802	5684	18%	80	84	5%
263	5635	6975	24%	126	135	7%
264	2472	2488	1%	41	41	0%
265	699	702	0%	44	44	0%
266	580	584	1%	28	28	1%
268	0	2		0	18	
269	764	772	1%	23	23	0%
270	544	544	0%	74	74	1%
271	20	20	0%	176	177	1%
272	205	205	0%	120	122	2%
273	0	0		0	0	
280	12	12	0%	72	72	0%
281	381	381	0%	85	85	0%
284	3423	3423	0%	70	70	0%
285	2388	2388	0%	75	76	0%
286	3735	3735	0%	51	51	1%
287	333	333	0%	48	49	0%
288	16	16	0%	42	42	0%
290	0	0		0	0	
291	2176	2176	0%	72	75	4%
292	1854	1854	0%	31	31	1%
293	426	426	0%	43	43	0%
296	12252	12252	0%	83	83	0%
297	225	225	0%	90	89	-1%
298	6	6	0%	101	100	-1%
299	96	96	0%	124	123	0%
300	3648	3648	0%	57	57	1%
306	0	0		0	0	
311	0	0		0	0	
331	100	100	0%	21	21	0%
333	796	796	0%	27	27	0%
337	3256	3256	0%	100	100	0%
363	60	60	0%	35	35	0%
364	960	960	0%	19	19	0%
365	1947	1947	0%	35	35	0%
366	1242	1242	0%	25	25	0%
367	3	3	0%	38	38	0%
368	1305	1305	0%	52	53	1%
369	1915	1915	0%	71	73	3%
370	1463	1463	0%	123	126	3%
371	338	338	0%	100	101	0%
372	1750	1750	0%	87	88	1%
373	5288	5288	0%	83	83	1%
374	1425	1425	0%	68	68	0%
375	1539	1539	0%	41	42	2%
376	3236	3236	0%	67	67	0%
377	3144	3144	0%	79	81	3%
378	4925	4925	0%	97	100	3%
379	1128	1128	0%	43	44	0%
381	2043	2043	0%	20	20	0%

Zona	Viajes 2025	Viajes 2035	Diferencia	Tiempo 2025	Tiempo 2035	Diferencia
382	1503	1503	0%	35	35	0%
383	1920	1920	0%	26	26	0%
384	459	459	0%	35	35	0%
385	702	702	0%	33	33	0%
386	1053	1053	0%	45	45	0%

Fuente: Elaboración propia

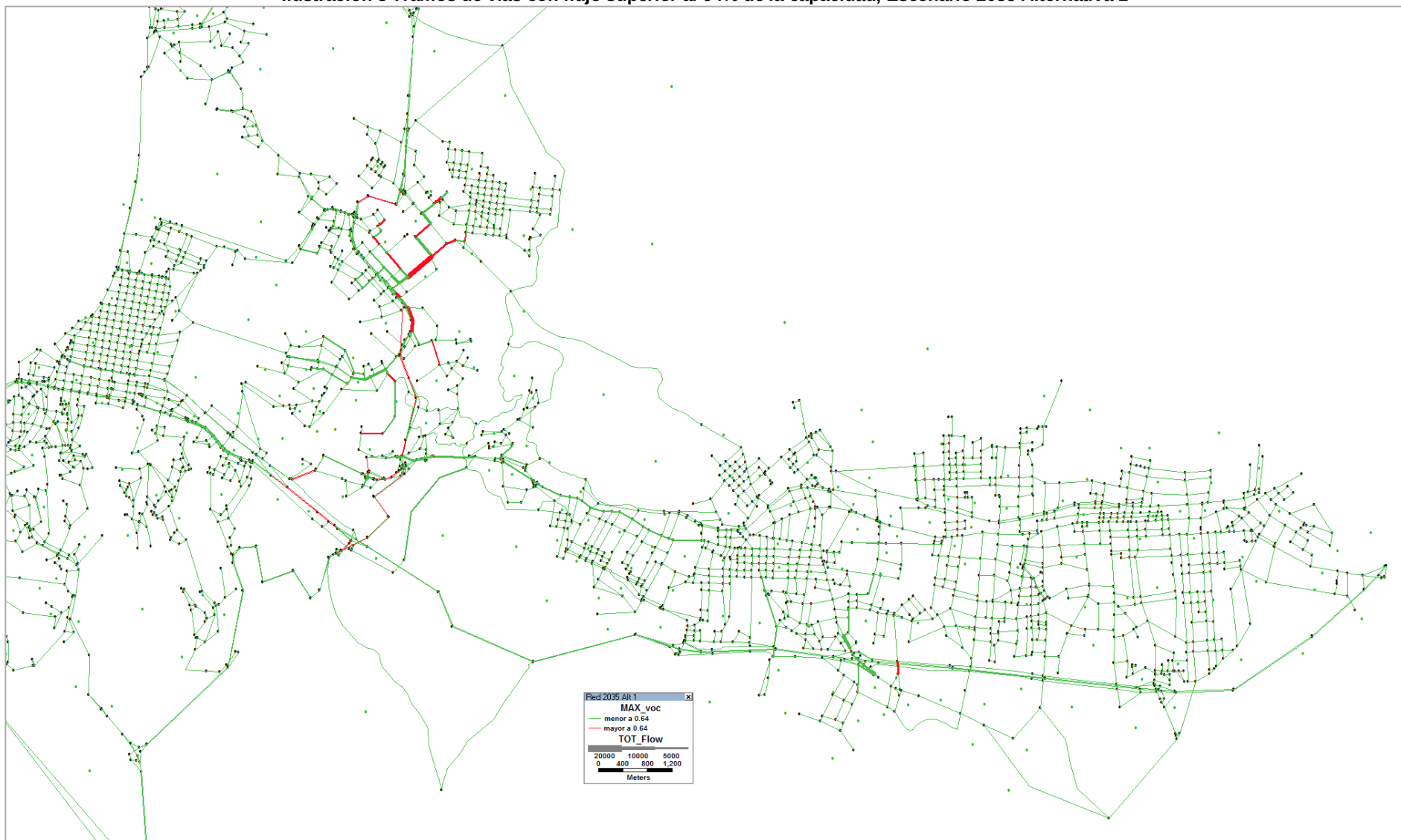
Al comparar los tiempos de evacuación se observa diversas situaciones. Por una parte, se tiene zonas con cambios leves, incluso pese a aumentos de la población de esas zonas. Por ejemplo, la zona 218 incrementa su población en 114%, pero su tiempo de evacuación no cambia debido a cuenta con vías que tienen capacidad peatonal para acoger ese crecimiento. Ese comportamiento se repite en otras zonas. Por otra parte, zonas con bajo crecimiento poblacional muestran incrementos relevantes de su tiempo de evacuación, como es el caso de las zonas 96 y 291. Esas situaciones se explican porque las vías utilizadas por los residentes para evacuar son compartidas con otros flujos que deben haber aumentado, provocándose niveles de aglomeración que incrementan el tiempo de recorrido en los tramos de vías compartidos.

Debido a que los resultados muestran que ciertas vías en la situación de evacuación analizada se encuentran operando por sobre el 64% de su capacidad peatonal, que es el valor límite definido, se analizaron tres alternativas de estructuración, las cuales nacen de la Alternativa ajustada del proceso regular de Modificación del PREMVAL, ambas introducen nueva vialidad y ensanches.

Además, es importante considerar que la matriz de evacuación es esencial para no dirigir todas las evacuaciones hacia un mismo sector, lo que indica también que a mayor redundancia vial se logrará menor aglomeración y mayor eficiencia en la evacuación.

A continuación, se presentan los resultados de la estimación de los tiempos promedio de evacuación para las alternativas de modificación 1, 2 y 3 propuestas, comparando los valores con el correspondiente al escenario 2035.

Ilustración 8 Tramos de vías con flujo superior al 64% de la capacidad, Escenario 2035 Alternativa 1



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8 Comparación tiempo promedio de evacuación Escenarios 2035 y 2035 Alternativa 1

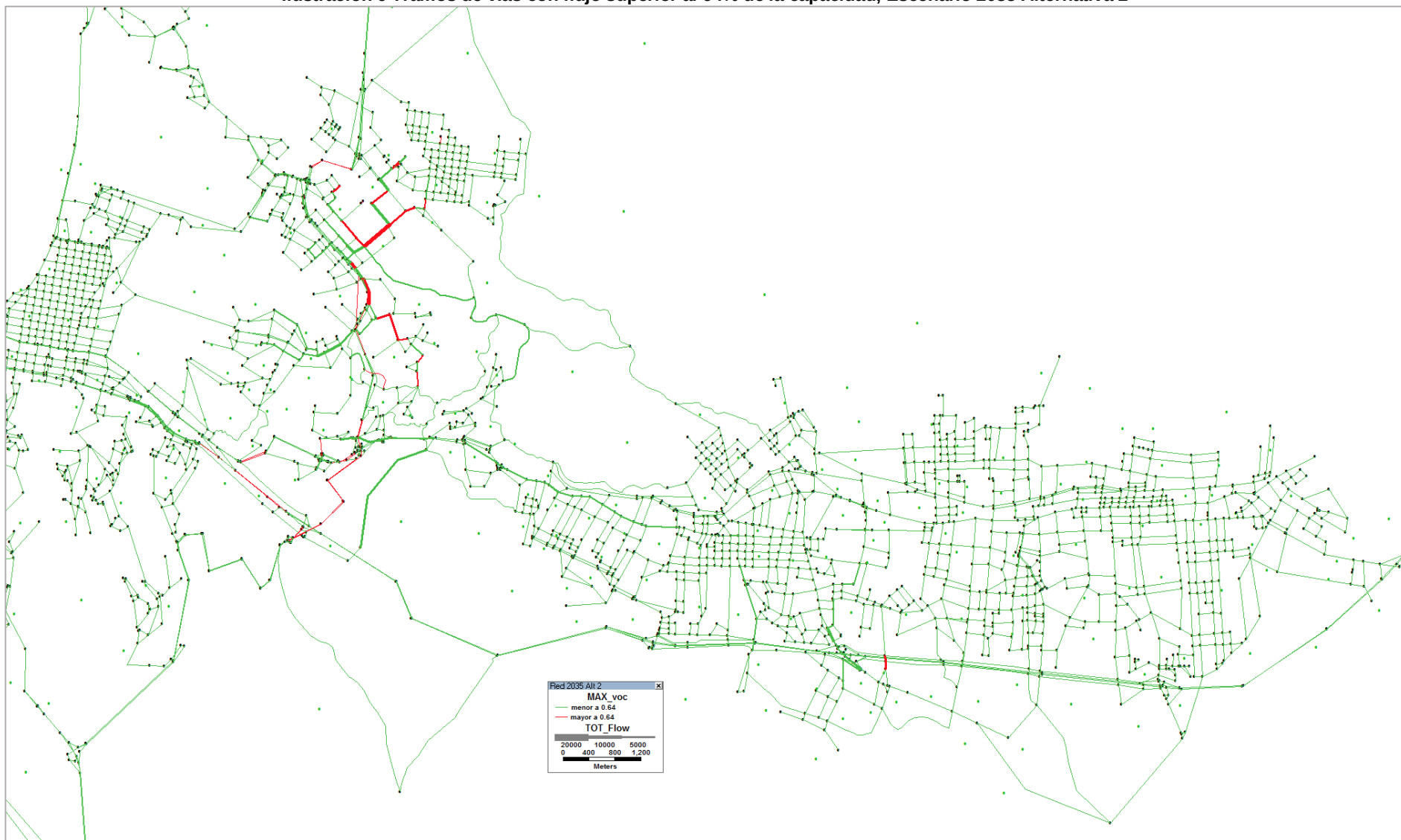
Zona	Viajes 2035	Tiempo 2035	Tiempo 2035 Alt 1	Diferencia
1	4	156	151	-4%
33	2	67	67	0%
36	387	89	86	-4%
37	96	40	40	0%
38	132	60	58	-4%
39	999	28	28	0%
40	1821	51	46	-11%
44	10	42	42	0%
45	789	36	32	-10%
46	939	45	45	0%
47	1188	35	35	0%
51	417	29	28	-5%
52	355	32	32	0%
54	1152	29	29	0%
56	90	30	30	0%
57	8550	55	55	0%
58	1338	42	42	0%
59	1470	68	67	0%
60	2144	49	49	0%
61	2400	70	70	0%
66	1965	61	59	-3%
67	30	24	24	0%
68	111	47	47	0%
69	908	27	27	0%
70	1683	33	31	-5%
71	666	18	18	0%
77	984	22	22	0%
78	1542	31	31	-1%
79	1200	33	33	0%
80	204	22	22	0%
81	564	26	26	0%
82	2586	46	43	-5%
83	1840	43	43	0%
84	605	26	26	0%
87	2395	46	46	0%
88	12	60	60	0%
89	515	48	48	0%
90	49	53	53	0%
94	0	0	0	
95	5015	56	56	0%
96	468	49	49	0%
202	610	33	33	0%
211	35	48	45	-5%
212	48	52	52	0%
218	1710	45	45	0%
220	3048	24	24	0%
221	590	23	23	0%
222	6	46	46	0%
223	148	34	34	0%
229	0	0	0	
239	324	37	37	0%
241	0	0	0	
242	0	0	0	
258	873	20	20	0%
259	15	91	89	-2%
260	2652	98	92	-6%
261	5432	104	101	-3%
262	5684	84	82	-2%
263	6975	135	132	-2%
264	2488	41	40	-1%

**“MODIFICACIÓN PLAN REGULADOR METROPOLITANO DE VALPARAÍSO (PREMVAL) / ARTÍCULO 27 LEY
N°16.282”**

Zona	Viajes 2035	Tiempo 2035	Tiempo 2035 Alt 1	Diferencia
265	702	44	44	0%
266	584	28	28	0%
268	2	18	18	0%
269	772	23	23	0%
270	544	74	75	1%
271	20	177	139	-22%
272	205	122	113	-7%
273	0	0	0	
280	12	72	70	-3%
281	381	85	85	0%
284	3423	70	70	0%
285	2388	76	76	0%
286	3735	51	51	0%
287	333	49	49	0%
288	16	42	42	0%
290	0	0	0	
291	2176	75	70	-6%
292	1854	31	31	-1%
293	426	43	43	0%
296	12252	83	84	1%
297	225	89	90	2%
298	6	100	101	1%
299	96	123	115	-6%
300	3648	57	58	2%
306	0	0	0	
311	0	0	0	
331	100	21	21	0%
333	796	27	26	-1%
337	3256	100	101	1%
363	60	35	33	-5%
364	960	19	19	0%
365	1947	35	35	0%
366	1242	25	25	0%
367	3	38	38	0%
368	1305	53	51	-4%
369	1915	73	71	-3%
370	1463	126	113	-11%
371	338	101	102	1%
372	1750	88	89	1%
373	5288	83	84	1%
374	1425	68	68	1%
375	1539	42	43	2%
376	3236	67	68	1%
377	3144	81	77	-6%
378	4925	100	90	-9%
379	1128	44	44	0%
381	2043	20	20	0%
382	1503	35	35	0%
383	1920	26	26	0%
384	459	35	35	0%
385	702	33	33	0%
386	1053	45	45	0%
TOTAL/Promedio	155.563	64,26	63,16	-1,7%

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 9 Tramos de vías con flujo superior al 64% de la capacidad, Escenario 2035 Alternativa 2



Fuente: Elaboración propia.

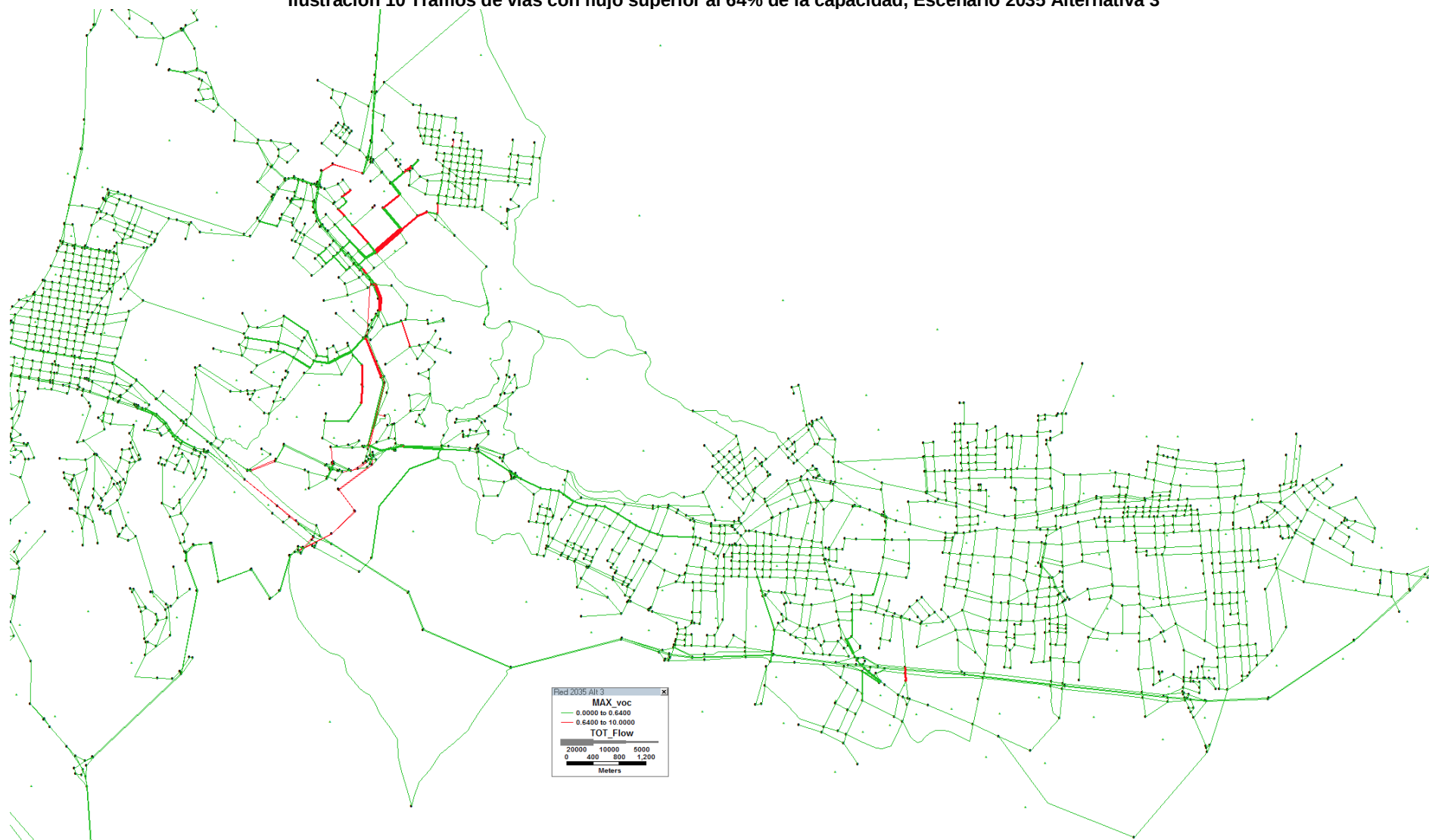
Tabla 9 Comparación tiempo promedio de evacuación Escenarios 2035 y 2035 Alternativa 2

Zona	Viajes 2035	Tiempo 2035	Tiempo 2035 Alt 2	Diferencia
1	4	156	150	-4%
33	2	67	67	0%
36	387	89	85	-4%
37	96	40	40	0%
38	132	60	57	-6%
39	999	28	28	0%
40	1821	51	46	-11%
44	10	42	42	0%
45	789	36	32	-11%
46	939	45	45	0%
47	1188	35	35	0%
51	417	29	28	-5%
52	355	32	32	0%
54	1152	29	29	0%
56	90	30	30	0%
57	8550	55	55	-1%
58	1338	42	42	0%
59	1470	68	67	-1%
60	2144	49	49	-1%
61	2400	70	66	-6%
66	1965	61	60	-1%
67	30	24	24	0%
68	111	47	47	0%
69	908	27	27	0%
70	1683	33	31	-5%
71	666	18	18	0%
77	984	22	22	0%
78	1542	31	31	-1%
79	1200	33	33	0%
80	204	22	22	0%
81	564	26	26	0%
82	2586	46	43	-6%
83	1840	43	43	-1%
84	605	26	26	0%
87	2395	46	46	0%
88	12	60	60	0%
89	515	48	48	0%
90	49	53	52	-1%
94	0	0	0	
95	5015	56	56	-1%
96	468	49	48	-1%
202	610	33	33	0%
211	35	48	45	-5%
212	48	52	52	0%
218	1710	45	44	-2%
220	3048	24	24	0%
221	590	23	23	0%
222	6	46	46	-2%
223	148	34	34	0%
229	0	0	0	
239	324	37	37	0%
241	0	0	0	
242	0	0	0	
258	873	20	20	0%
259	15	91	91	0%
260	2652	98	101	3%
261	5432	104	89	-14%
262	5684	84	69	-19%
263	6975	135	118	-12%
264	2488	41	40	-3%
265	702	44	44	0%

Zona	Viajes 2035	Tiempo 2035	Tiempo 2035 Alt 2	Diferencia
266	584	28	28	0%
268	2	18	18	0%
269	772	23	23	0%
270	544	74	74	0%
271	20	177	136	-23%
272	205	122	100	-19%
273	0	0	0	
280	12	72	72	0%
281	381	85	85	0%
284	3423	70	70	0%
285	2388	76	76	0%
286	3735	51	51	0%
287	333	49	49	0%
288	16	42	42	0%
290	0	0	0	
291	2176	75	86	15%
292	1854	31	31	0%
293	426	43	43	0%
296	12252	83	83	0%
297	225	89	90	1%
298	6	100	100	0%
299	96	123	115	-7%
300	3648	57	57	0%
306	0	0	0	
311	0	0	0	
331	100	21	21	0%
333	796	27	26	-3%
337	3256	100	100	0%
363	60	35	33	-5%
364	960	19	19	0%
365	1947	35	35	0%
366	1242	25	25	0%
367	3	38	38	0%
368	1305	53	52	-2%
369	1915	73	66	-10%
370	1463	126	99	-22%
371	338	101	100	0%
372	1750	88	88	0%
373	5288	83	83	0%
374	1425	68	68	0%
375	1539	42	37	-13%
376	3236	67	67	-1%
377	3144	81	93	14%
378	4925	100	94	-5%
379	1128	44	44	0%
381	2043	20	20	0%
382	1503	35	35	0%
383	1920	26	26	0%
384	459	35	35	0%
385	702	33	33	0%
386	1053	45	42	-9%
TOTAL/Promedio	155.563	64,26	61,92	-3,6%

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 10 Tramos de vías con flujo superior al 64% de la capacidad, Escenario 2035 Alternativa 3



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10 Comparación tiempo promedio de evacuación Escenarios 2035 y 2035 Alternativa 3

Zona	Viajes 2035	Tiempo 2035	Tiempo 2035 Alt 3	Diferencia
1	4	156	151	-4%
33	2	67	67	0%
36	387	89	86	-4%
37	96	40	40	0%
38	132	60	57	-6%
39	999	28	28	0%
40	1821	51	46	-11%
44	10	42	42	0%
45	789	36	32	-11%
46	939	45	45	0%
47	1188	35	35	0%
51	417	29	28	-5%
52	355	32	32	0%
54	1152	29	29	0%
56	90	30	30	0%
57	8550	55	55	-1%
58	1338	42	42	0%
59	1470	68	67	-1%
60	2144	49	48	-1%
61	2400	70	66	-6%
66	1965	61	60	-1%
67	30	24	25	4%
68	111	47	47	0%
69	908	27	27	0%
70	1683	33	31	-5%
71	666	18	18	0%
77	984	22	22	0%
78	1542	31	31	-1%
79	1200	33	33	0%
80	204	22	22	0%
81	564	26	26	0%
82	2586	46	43	-6%
83	1840	43	43	-1%
84	605	26	26	0%
87	2395	46	46	-1%
88	12	60	60	0%
89	515	48	48	0%
90	49	53	53	0%
94	0	0	0	
95	5015	56	56	-1%
96	468	49	48	-1%
202	610	33	33	0%
211	35	48	45	-5%
212	48	52	52	0%
218	1710	45	44	-2%
220	3048	24	24	0%
221	590	23	23	0%
222	6	46	46	-2%
223	148	34	34	0%
229	0	0	0	
239	324	37	37	0%
241	0	0	0	
242	0	0	0	
258	873	20	20	0%
259	15	91	91	0%
260	2652	98	91	-8%
261	5432	104	88	-16%
262	5684	84	73	-13%
263	6975	135	122	-9%
264	2488	41	40	-1%

Zona	Viajes 2035	Tiempo 2035	Tiempo 2035 Alt 3	Diferencia
265	702	44	44	0%
266	584	28	29	0%
268	2	18	18	0%
269	772	23	23	0%
270	544	74	75	1%
271	20	177	136	-23%
272	205	122	99	-19%
273	0	0	0	
280	12	72	72	0%
281	381	85	85	0%
284	3423	70	70	0%
285	2388	76	76	0%
286	3735	51	51	0%
287	333	49	49	0%
288	16	42	42	0%
290	0	0	0	
291	2176	75	67	-11%
292	1854	31	31	1%
293	426	43	43	0%
296	12252	83	84	1%
297	225	89	90	1%
298	6	100	100	1%
299	96	123	115	-6%
300	3648	57	58	1%
306	0	0	0	
311	0	0	0	
331	100	21	21	0%
333	796	27	26	-1%
337	3256	100	104	4%
363	60	35	33	-5%
364	960	19	19	0%
365	1947	35	35	0%
366	1242	25	25	0%
367	3	38	38	0%
368	1305	53	52	-2%
369	1915	73	66	-11%
370	1463	126	98	-22%
371	338	101	101	1%
372	1750	88	88	1%
373	5288	83	84	1%
374	1425	68	68	1%
375	1539	42	39	-7%
376	3236	67	66	-1%
377	3144	81	73	-10%
378	4925	100	87	-13%
379	1128	44	44	0%
381	2043	20	20	0%
382	1503	35	35	0%
383	1920	26	26	0%
384	459	35	35	0%
385	702	33	33	0%
386	1053	45	42	-9%
TOTAL/Promedio	155.563	64,26	61,33	-4,6%

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia, las tres alternativas logran reducir tiempos de evacuación respecto de la situación base, siendo las alternativas 2 y 3 las que logran una mayor disminución de los tiempos. A su vez, la alternativa 3 genera mejoras importantes en comparación a la alternativa 2 para las zonas 291 (Villa Independencia) y 377 (Villa Arauco), y mejoras para las zonas 260 (Olivar norte) y 378 (Olivar sur).

Las aglomeraciones que se producen en algunos ejes pueden mejorar generando redundancia de vías de tipo local, colectora, o servicios que puedan ser incorporadas por los respectivos PRC o bien aumentando el ancho de estas.

El resumen de tiempos de evacuación promedio de la situación base y alternativas se muestra en el cuadro siguiente:

Tabla 11 Resumen de Tiempos promedio de evacuación por alternativas

Escenario Vial 2035	Tiempo promedio de evacuación (min)	Disminución respecto a Situación Base
Situación Base	64,26	0,00%
Alternativa 1	63,16	-1,70%
Alternativa 2	61,92	-3,63%
Alternativa 3	61,33	-4,56%

Fuente: Elaboración propia

De este cuadro y los anteriores, se puede observar que la **alternativa 3** es la más eficiente para reducir tiempos de evacuación respecto a la situación base.

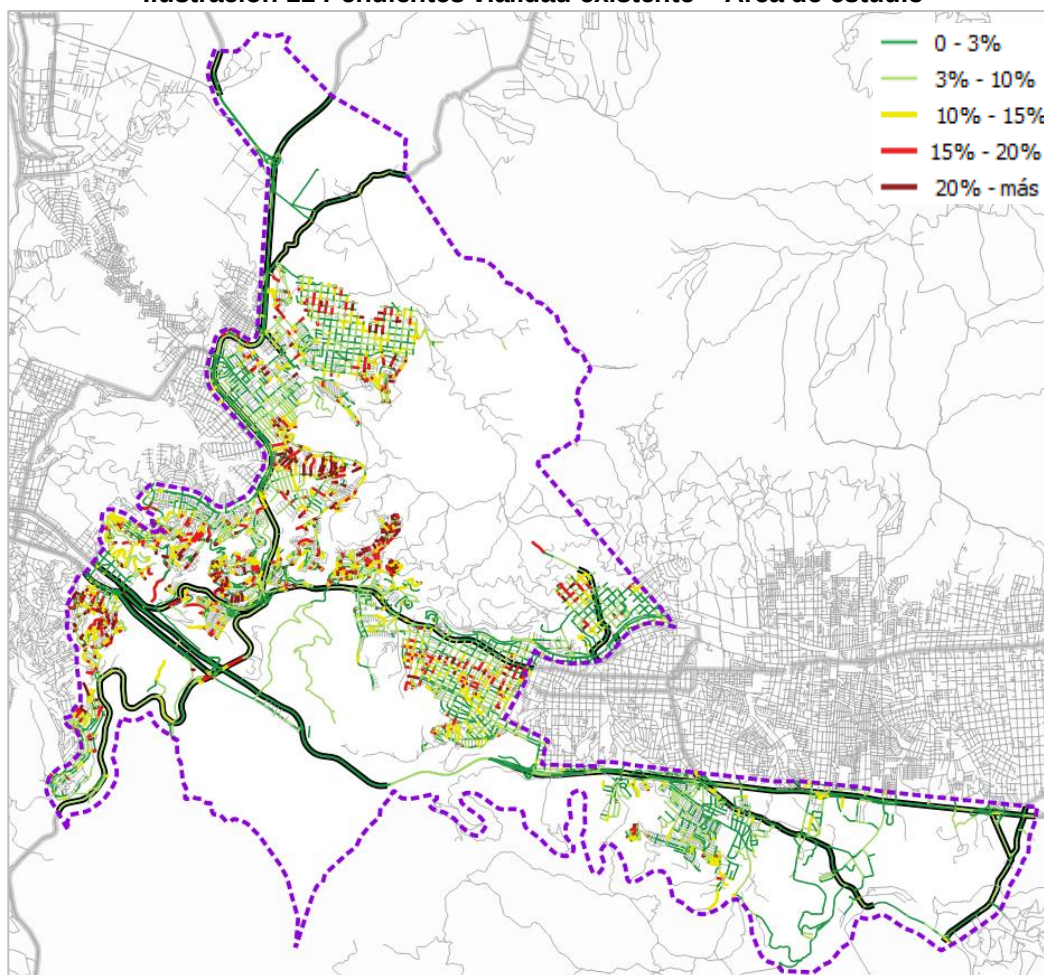
1.2 *Replanteo y análisis de pendientes y trazados situación base contenida en vialidades intercomunales del plan de reconstrucción*

A partir del Modelo Digital de Terreno (ALOS-PALSAR) disponible en el geoportal IDE, se calcularon las alturas de los nodos de cada arco de la vialidad existente (Censo 2017), lo que posteriormente permitió calcular la pendiente de cada arco.

El resultado muestra que las vialidades de mayor pendiente (entre el 15% y mayores a 20%) se encuentran concentradas en las unidades vecinales (UV) de Reñaca Alto, Villa Alegre, Independencia, Arauco, Olivar Norte, Villa Hermosa, Las Torres, Villa Dulce, Pedro de Valdivia, algunos sectores de Eduardo Frei, El Bordo, Chorrillos y Puerto Aysén, en la comuna de Viña del Mar; y algunos sectores de San Gregorio, 28 de Marzo, Samuel Valencia, y Pompeya en la comuna de Quilpué.

Para el caso de la vialidad intercomunal vigente y existente (en color negro de fondo en la imagen), la mayor parte se reconoce con pendientes menores al 3% a excepción de ciertos tramos que fluctúan entre el 3% y el 10%, lo que se ajusta bastante a las pendientes máximas indicadas en el REDEVU para las vías expresas y troncales. Tal como se visualiza en la siguiente imagen.

Ilustración 11 Pendientes vialidad existente – Área de estudio



Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de la vialidad propuesta para integrar en el PREMVAL, se realizó un ejercicio en el área del Plan de Reconstrucción, utilizando el mismo procedimiento realizado precedentemente, pero incluyendo los nodos representativos de cada tramo, con la finalidad de revisar si estas cumplen con los parámetros del REDEVU.

Tabla 12 Pendientes verticales máximas según categoría de vía

V (km/h)	PENDIENTES POSITIVAS MÁXIMAS SEGUN CATEGORIA (SIN SEMAFOROS)				
	EXPRESAS	TRONCALES	COLECTORAS	SERVICIO	LOCALES
25	---	---	---	---	12,0
30	---	---	---	11,0	12,0
35	---	---	---	10,5	---
40	---	---	10,0	10,0	---
45	---	---	9,5	---	---
50	---	8,0	9,0	---	---
55	---	8,0	---	---	---
60	---	7,5	---	---	---
65	---	7,5	---	---	---
70	---	7,5	---	---	---
75	---	7,0	---	---	---
80	6,5	7,0	---	---	---
85	6,5	---	---	---	---
90	6,0	---	---	---	---
95	6,0	---	---	---	---
100	5,5	---	---	---	---

Fuente: REDEVU.

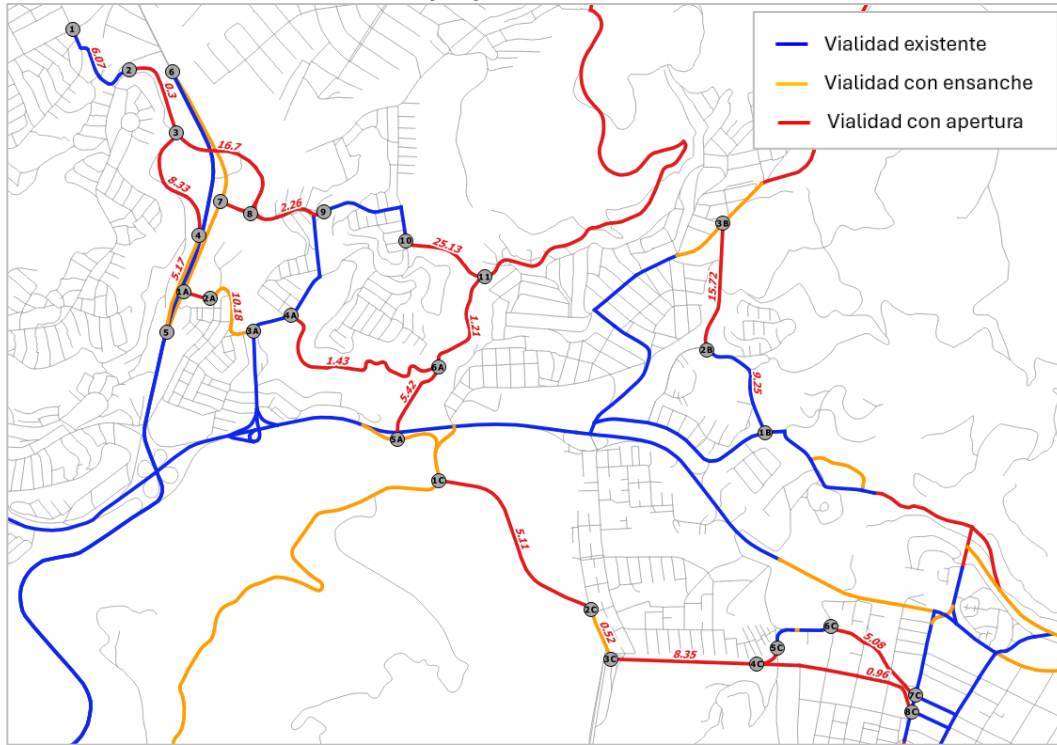
Al analizar las alternativas 1 y 2, el resultado indica que hay tramos se sobrepasan la pendiente del 12% (vías locales), y otros que fluctúan entre un 8,06% y 10,18% (vías colectoras), y donde será necesario realizar nuevos ajustes para cumplir con los máximos admisibles.

Lo anterior, se puede observar en la siguiente tabla e imagen para el área del Plan de Reconstrucción, tanto para la alternativa 1 como para la Alternativa 2. Para el caso de la alternativa 2, la conexión desde El Olivar hacia calle Diez y Calle Ocho, presenta pendientes entre 3.24 y 9.02%.

Posteriormente, se analizó la Alternativa 3 que si bien también presenta tramos que superan el 12%, éstos son menores que los rangos obtenidos en las otras dos alternativas, lo que debe principalmente al ajuste de algunos trazados y a la eliminación de vías que serán incorporadas por los Planes Reguladores Comunes.

El ejercicio realizado se puede visualizar en las siguientes imágenes y tablas.

Ilustración 12 Pendientes – Vialidad propuesta área Plan de Reconstrucción -Alternativa 1



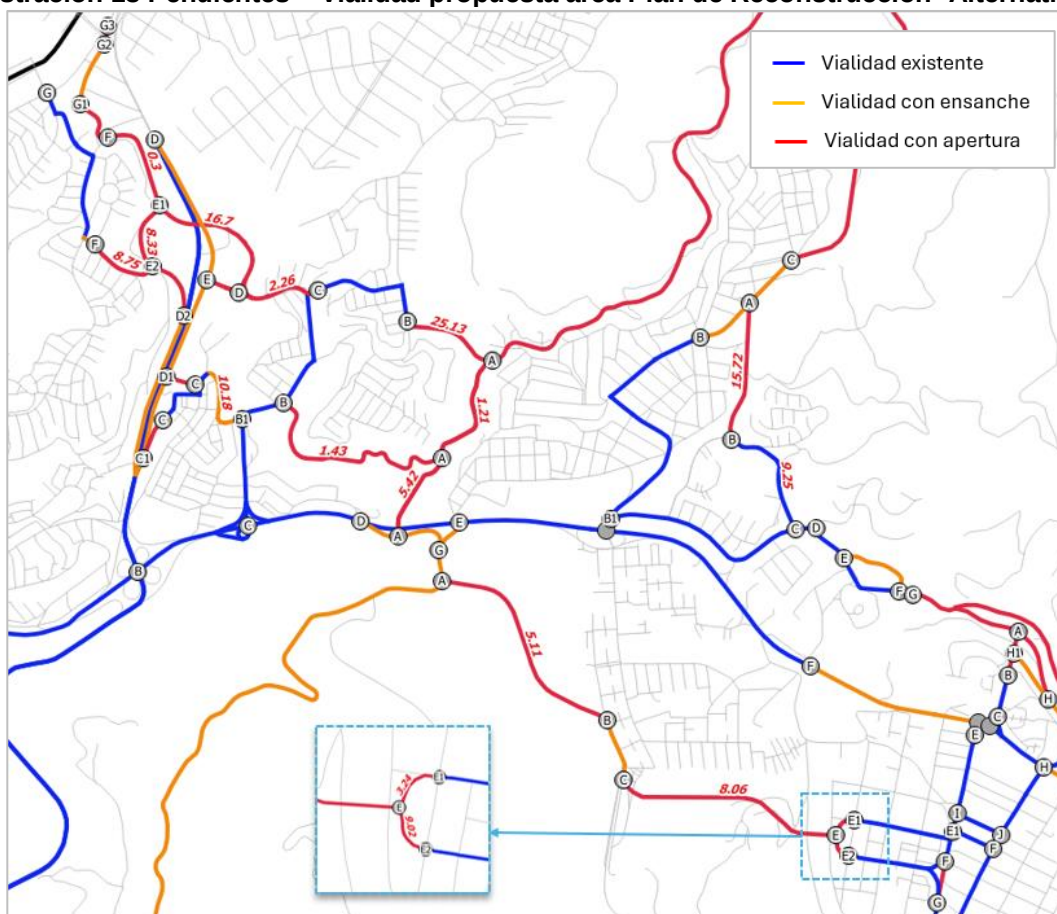
Fuente. Elaboración propia.

Tabla 13 Pendientes – Área Plan de Reconstrucción – Alternativa 1

TRAMO	LARGO	PENDIENTE EN %
6-5	1024,35	3,51
5A-6A	313,72	5,42
1-2	346,06	6,07
2-3	328,40	0,30
3-4	456,22	8,33
4-5	367,33	5,17
10-11	330,23	25,13
7-9	398,02	2,26
3-8	509,04	16,70
6A-11	413,93	1,21
4A-6A	769,47	1,43
1A-2A	99,69	18,06
2A-3A	314,35	10,18
1C-2C	782,60	5,11
6C-7C	413,54	5,08
4C-8C	622,42	0,96
2C-3C	190,66	0,52
4C-5C	105,59	18,94
3C-4C	526,98	8,35
2B-3B	464,24	15,72
1B-2B	410,83	9,25

Fuente. Elaboración propia.

Ilustración 13 Pendientes – Vialidad propuesta área Plan de Reconstrucción -Alternativa 2



Fuente. Elaboración propia.

Tabla 14 Pendientes – Área Plan de Reconstrucción – Alternativa 2

TRAMO	LARGO	PENDIENTE EN %
D2-E1	456,22	8,33
C-D1	99,69	18,06
A-B	782,60	5,11
A-B	769,47	1,43
E1-F	328,40	0,30
D-E1	509,04	16,70
C-E	398,02	2,26
A-A	413,93	1,21
A-A	313,72	5,42
E - E1	92,45	3,24
E2-F	240,09	8,75
E-E2	88,67	9,02
G2-G3	65,73	0,00
F-G1	171,63	6,41
C-C1	144,42	2,77
E-C	769,50	8,06
A-B	330,23	25,13
A-B	464,24	15,72

Fuente. Elaboración propia.

1.3 *Análisis de rentabilidades preliminares y definición de metodología de evaluación de los proyectos en relación con la aplicación de la metodología de riesgo de desastres*

1.3.1 Metodología

Se combina una evaluación de costo-eficiencia, costo-beneficio y elementos inspirados en el documento “Metodología complementaria para la evaluación de riesgo de desastres en proyectos de infraestructura pública”. Esta metodología complementaria aplica un filtro previo a los proyectos que serán evaluados, que es el cumplimiento de un umbral de tolerancia en la prevención de catástrofes (distintos umbrales para distintos riesgos y tipos de infraestructura a proteger), indicando también la necesidad de efectuar mejoras a los proyectos para que cumplan ese umbral. No sustituye a la evaluación social tradicional, la cual debe cumplir su propia rentabilidad social.

La definición de umbrales y necesidad de medidas de gestión para reducir el riesgo de desastre se encuentra en el punto 4.3.1 (página 28) de la citada metodología complementaria. En el mismo punto define algunos umbrales según tipo de catástrofe para servicios de alta criticidad y media, baja o nula criticidad, en el entendido que está protegiendo infraestructura pública. Por otro lado, la citada metodología establece en el punto 4.3.2 que no está reemplazando los criterios propios de la evaluación de proyectos definidos por las metodologías sectoriales del SNI (página 32). Por último, el punto 4.4.2 de la metodología complementaria aborda los criterios más utilizados en la evaluación social de proyectos: análisis costo-beneficio y análisis costo eficiencia (página 35). Una combinación de estos últimos es lo que se aplica en la presente evaluación.

En el presente estudio no se puede aplicar directamente la citada metodología complementaria (que depende de la criticidad del servicio y una serie de factores asociados), ya que en este caso no se trata de infraestructura pública sino de vidas humanas. Por lo tanto, este estudio recoge el concepto de umbrales para estimar la cantidad de zonas evacuadas satisfactoriamente desde sus hogares hacia una zona segura cuando se produzca un incendio que amerite su evacuación, y también se estiman los costos asociados a la ejecución de cada alternativa. Por último, se debe señalar que el beneficio más importante es la reducción de los tiempos asociados a la evacuación, que en definitiva debieran determinar la mejor alternativa, independientemente de los costos.

1.3.2 Tiempos necesarios de evacuación completa por alternativa

El criterio de los umbrales que señala la metodología complementaria referencial es de difícil aplicación en la evaluación del sistema vial completo. Eventualmente, requeriría la definición de umbrales distintos en cada zona dependiendo del origen o cercanía del fuego. No obstante, el modelo de tiempos de evacuación permite saber la cantidad de zonas que podrían ser evacuadas completamente en distintos tiempos máximos en el escenario de población al año 2035, lo que muestra la tabla a continuación:

Tabla 16 Porcentaje de zonas evacuadas completamente con distintos umbrales de tiempo

Tiempo de Evacuación Máximo (minutos)	Base	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
60	67%	69%	68%	68%
65	69%	69%	69%	69%
70	74%	75%	76%	76%
75	79%	78%	79%	81%
80	80%	81%	80%	82%
85	85%	85%	84%	85%
90	88%	88%	88%	89%
95	88%	90%	90%	91%
100	91%	90%	92%	93%
105	94%	94%	96%	96%
110	94%	94%	96%	96%

Tiempo de Evacuación Máximo (minutos)	Base	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
115	94%	96%	97%	96%
120	94%	97%	98%	97%
125	96%	97%	98%	98%
130	97%	97%	98%	98%
135	98%	98%	98%	98%
140	98%	99%	99%	99%
145	98%	99%	99%	99%
150	98%	99%	99%	99%
155	98%	100%	100%	100%
160	99%	100%	100%	100%
165	99%	100%	100%	100%
170	99%	100%	100%	100%
175	99%	100%	100%	100%
180	100%	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia

Congruente con las modelaciones anteriores, la alternativa 3 logra mayor porcentaje de zonas completamente evacuadas en casi todos los umbrales de tiempo. Se destaca también que la situación base requiere alrededor de 25 minutos adicionales para la evacuación de toda la población.

1.3.3 Cálculo de superficies y costos estimados

Las alternativas evaluadas requieren nuevas declaratorias de utilidad pública, algunas de las cuales serán expropiación de suelos privados, particularmente en el área de reconstrucción, lo que forma parte del costo de ejecución y del análisis de costo-eficiencia. El costo de las expropiaciones de terreno se estimó con base al estudio de valores de suelo realizado en etapas anteriores de este estudio.

Se estimó el costo de ejecución y la expropiación asociada a cada tramo de vía que el IPT considerada proyectada o con ensanche. Para estimar el costo de ejecución, se calcularon las superficies afectas en m², y se les asignó un costo estandarizado de ejecución en UF/m², que depende de la naturaleza de la inversión necesaria. Por su parte, la estimación del costo de expropiación se realizó a partir de la información reportada en el citado estudio de precios de suelo y el trazado de las vías, que cruzan zonas de distinto valor. En algunos casos, la superficie de expropiación es levemente menor a la superficie de proyecto, ya que los trazados coinciden con terrenos de propiedad de SERVIU, que no requieren ser expropiados.

Los parámetros de costo utilizados para la ejecución de los proyectos viales son los siguientes:

- Costo de ejecución apertura de vías Troncales (vía proyectada) : 3,5 UF/m²
- Costo de ejecución ensanche de vías Troncales : 2,5 UF/m²

Los costos de expropiación, por su parte, dependen del trazado de la vía, con valores promedio entre 0,1 UF/m² (sectores rurales) y 12,5 UF/m². Como se señaló, estos costos provienen del estudio de precios de suelo realizado con anterioridad.

Los resultados de la estimación de costos se entregan para cada una de las tres alternativas evaluadas, que se presentan a continuación.

1.3.3.1 Alternativa 1

Estimación de Costos de Ejecución y Expropiación dentro del Territorio del Plan de Reconstrucción – Alternativa 1

NOMBRE VÍA	TIPO	ESTADO	Costo Total Ejecución UF	Costo Total Exprop UF	Superf. Proyecto m²	Superf. SERVIU m²	Superf. Exprop. m²	UF/m² Construc	UF/m² Exprop
Otras vías	VIA TRONCAL	VIA CON ENSANCHE AL ORIENTE	1.680	4.844	672	0	672	2,50	7,21
Otras vías	VIA TRONCAL	VIA CON ENSANCHE AL SURPONIENTE	6.196	17.870	2.479	0	2.479	2,50	7,21
Otras vías	VIA TRONCAL	VIA CON ENSANCHE AMBOS COSTADOS	209	602	84	0	84	2,50	7,21
Otras vías	VIA TRONCAL	VIA PROYECTADA	213.204	439.200	60.915	0	60.915	3,50	7,21
VT-2v	VIA TRONCAL	VIA CON ENSANCHE AL SUR	16.426	44.997	6.570	0	6.570	2,50	6,85
VT-2v	VIA TRONCAL	VIA PROYECTADA	346.586	180.580	99.025	51.474	47.551	3,50	3,80
VT-8v	VIA TRONCAL	VIA CON ENSANCHE AL SUR	18.368	49.256	7.347	0	7.347	2,50	6,70
VT-8v	VIA TRONCAL	VIA CON ENSANCHE AMBOS COSTADOS	8.370	22.218	3.348	0	3.348	2,50	6,64
VT-nv2	VIA TRONCAL	VIA PROYECTADA	32.497	60.166	9.285	0	9.285	3,50	6,48
VT-nv8	VIA TRONCAL	VIA CON ENSANCHE AL NORTE	3.964	10.275	1.586	0	1.586	2,50	6,48
VT-nv8	VIA TRONCAL	VIA CON ENSANCHE AL ORIENTE	3.631	9.413	1.453	0	1.453	2,50	6,48
VT-nv8	VIA TRONCAL	VIA PROYECTADA	217.356	213.561	62.102	34.692	27.410	3,50	7,79
CALETERA VE-7v	VIA TRONCAL	VIA PROYECTADA	97.471	145.869	27.849	11.604	16.245	3,50	8,98
TOTAL DENTRO DEL PLAN DE RECONSTRUCCIÓN			965.957	1.198.850	282.713	97.770	184.942	3,42	6,48

1.3.3.2 Alternativa 2

Estimación de Costos de Ejecución y Expropiación dentro del Territorio del Plan de Reconstrucción – Alternativa 2

NOMBRE VÍA	TIPO	ESTADO	Costo Total Ejecución UF	Costo Total Exprop UF	Superf. Proyecto m²	Superf. SERVIU m²	Superf. Exprop. m²	UF/m² Construc	UF/m² Exprop
Otras vías	VIA TRONCAL	VIA CON ENSANCHE AL ORIENTE	1.680	3.171	672	0	672	2,50	4,72
Otras vías	VIA TRONCAL	VIA CON ENSANCHE AL PONIENTE	4.580	11.872	1.832	0	1.832	2,50	6,48
Otras vías	VIA TRONCAL	VIA CON ENSANCHE AL SURPONIENTE	6.801	19.615	2.721	0	2.721	2,50	7,21
Otras vías	VIA TRONCAL	VIA CON ENSANCHE AMBOS COSTADOS	11.757	30.474	4.703	0	4.703	2,50	6,48
Otras vías	VIA TRONCAL	VIA PROYECTADA	625.551	1.032.919	178.729	7.693	171.035	3,50	6,04
VT-2v	VIA TRONCAL	VIA CON ENSANCHE AL SUR	16.426	51.280	6.570	0	6.570	2,50	7,80
VT-2v	VIA TRONCAL	VIA PROYECTADA	329.422	421.179	94.121	32.541	61.579	3,50	6,84
VT-8v	VIA TRONCAL	VIA CON ENSANCHE AL SUR	18.368	52.973	7.347	0	7.347	2,50	7,21
VT-8v	VIA TRONCAL	VIA CON ENSANCHE AMBOS COSTADOS	8.370	24.138	3.348	0	3.348	2,50	7,21
VT-nv2	VIA TRONCAL	VIA PROYECTADA	32.497	4.271	9.285	0	9.285	3,50	0,46
VT-nv8	VIA TRONCAL	VIA CON ENSANCHE AL NORTE	3.964	11.034	1.586	0	1.586	2,50	6,96
VT-nv8	VIA TRONCAL	VIA CON ENSANCHE AL ORIENTE	3.631	18.113	1.453	0	1.453	2,50	12,47
VT-nv8	VIA TRONCAL	VIA PROYECTADA	205.862	244.613	58.818	32.352	26.466	3,50	9,24
CALETERA VE-7v	VIA TRONCAL	VIA PROYECTADA	123.093	221.868	35.169	11.604	23.565	3,50	9,42
TOTAL DENTRO DEL PLAN DE RECONSTRUCCIÓN			1.428.203	2.147.520	406.352	84.191	322.161	3,51	6,67

1.3.3.3 Alternativa 3

Estimación de Costos de Ejecución y Expropiación dentro del Territorio del Plan de Reconstrucción – Alternativa 3

NOMBRE VÍA	TIPO	ESTADO	Costo Total Ejecución UF	Costo Total Exprop UF	Superf. Proyecto m²	Superf. SERVIU m²	Superf. Exprop. m²	UF/m² Construc	UF/m² Exprop
AT-4	VIA TRONCAL	VIA PROYECTADA	11.415	0	3.261	3.261	0	3,50	0,00
CALETERA ORIENTE VE-7V	VIA TRONCAL	VIA PROYECTADA	120.762	143.597	34.503	12.343	22.160	3,50	6,48
CALETERA PONIENTE VE-7V	VIA TRONCAL	VIA PROYECTADA	123.081	332.247	35.166	7.479	27.687	3,50	12,00
PASO SUPERIOR	VIA TRONCAL	VIA PROYECTADA	43.383	4.498	12.395	12.020	375	3,50	12,00
VT-13v	VIA TRONCAL	VIA PROYECTADA	89.699	166.071	25.628	0	25.628	3,50	6,48
VT-19v (Par norte)	VIA TRONCAL	VIA PROYECTADA	23.458	43.431	6.702	0	6.702	3,50	6,48
VT-19v (Par sur)	VIA TRONCAL	VIA PROYECTADA	13.084	24.223	3.738	0	3.738	3,50	6,48
VT-19v	VIA TRONCAL	VIA PROYECTADA	122.455	226.716	34.987	0	34.987	3,50	6,48
VT-2v (Par oriente)	VIA TRONCAL	VIA CON ENSANCHE AL SUR	8.133	21.082	3.253	0	3.253	2,50	6,48
VT-2v (Par oriente)	VIA TRONCAL	VIA PROYECTADA	73.023	14.454	20.864	0	20.864	3,50	0,69
VT-2v (Par poniente)	VIA TRONCAL	VIA CON ENSANCHE AL PONIENTE	4.058	10.517	1.623	0	1.623	2,50	6,48
VT-2v (Par poniente)	VIA TRONCAL	VIA PROYECTADA	172.373	124.239	49.250	30.077	19.173	3,50	6,48
VT-2v	VIA TRONCAL	VIA CON ENSANCHE AL PONIENTE	1.239	3.572	496	0	496	2,50	7,21
VT-2v	VIA TRONCAL	VIA CON ENSANCHE AMBOS COSTADOS	2.361	6.810	944	0	944	2,50	7,21
VT-2v	VIA TRONCAL	VIA PROYECTADA	48.230	35.155	13.780	0	13.780	3,50	2,55
VT-8v	VIA TRONCAL	VIA CON ENSANCHE AL SUR	64.059	178.395	25.624	0	25.624	2,50	6,96
VT-8v	VIA TRONCAL	VIA CON ENSANCHE AMBOS COSTADOS	8.370	23.085	3.348	0	3.348	2,50	6,90
VT-nv11a	VIA TRONCAL	VIA CON ENSANCHE AL ORIENTE	1.680	4.843	672	0	672	2,50	7,21
VT-nv11a	VIA TRONCAL	VIA CON ENSANCHE AMBOS COSTADOS	3.106	8.958	1.242	0	1.242	2,50	7,21
VT-nv11a	VIA TRONCAL	VIA PROYECTADA	18.249	37.593	5.214	0	5.214	3,50	7,21
VT-nv11b	VIA TRONCAL	VIA PROYECTADA	30.367	62.556	8.676	0	8.676	3,50	7,21
VT-nv1a	VIA TRONCAL	VIA CON ENSANCHE AMBOS COSTADOS	305	881	122	0	122	2,50	7,21
VT-nv1a	VIA TRONCAL	VIA PROYECTADA	27.813	57.294	7.946	0	7.946	3,50	7,21
VT-nv1b	VIA TRONCAL	VIA CON ENSANCHE AL NORTE	11.477	33.101	4.591	0	4.591	2,50	7,21
VT-nv1b	VIA TRONCAL	VIA CON ENSANCHE AL SURPONIENTE	4.254	12.269	1.702	0	1.702	2,50	7,21
VT-nv1b	VIA TRONCAL	VIA CON ENSANCHE AMBOS COSTADOS	16.621	47.935	6.648	0	6.648	2,50	7,21
VT-nv1b	VIA TRONCAL	VIA PROYECTADA	117.504	242.059	33.573	0	33.573	3,50	7,21
VT-nv2a	VIA TRONCAL	VIA PROYECTADA	32.497	60.166	9.285	0	9.285	3,50	6,48
VT-nv8b	VIA TRONCAL	VIA CON ENSANCHE AMBOS COSTADOS	4.363	20.943	1.745	0	1.745	2,50	12,00
VT-nv8b	VIA TRONCAL	VIA PROYECTADA	101.544	348.150	29.012	0	29.012	3,50	12,00
TOTAL DENTRO DEL PLAN DE RECONSTRUCCIÓN			1.298.963	2.294.840	385.993	65.181	320.812	3,37	7,15

1.3.4 Conclusiones del análisis de rentabilidad preliminar

La Alternativa 3 demuestra ser la mejor alternativa en términos de tiempos de evacuación, permitiendo una reducción de tiempo de evacuación de casi 3 minutos promedio por persona (4,56%) y de unos 25 minutos en la evacuación completa de todas las zonas de riesgo. Esto implica beneficios en términos de reducción de riesgo de muerte por incendio, los que no son cuantificables, ya que se trata de vidas humanas.

La Alternativa 3 es también la más costosa de todas, según se muestra en la siguiente tabla resumen:

Tabla 17 Tabla resumen de costos

	Costo Ejecución UF	Costo Exprop. UF	TOTAL COSTO UF	TOTAL COSTO MM USD
Alternativa 1	965.957	1.198.850	2.164.806	88,8
Alternativa 2	1.392.002	2.147.520	3.539.522	145,1
Alternativa 3	1.298.963	2.294.840	3.593.803	147,3

Nota: Millones de USD estimados con UF/Dólar = 41

Respecto a la Alternativa 2, la Alternativa 3 reduce la evacuación total promedio en casi 1 minuto, con un costo adicional de 2,2 millones de USD aproximadamente.

En definitiva, las alternativas 2 y 3 son muy parecidas en resultados, y ambas significativamente diferentes de la situación actual. Considerando como el criterio más importante el de tiempo de evacuación, la Alternativa 3 sería mejor evaluada.