

Estudio

“ANÁLISIS CONECTIVIDAD Y JERARQUIZACIÓN VIAL REGIÓN DE O'HIGGINS”

INFORME EJECUTIVO

1	ANTECEDENTES GENERALES.....	1
1.1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.2	OBJETIVOS DEL TRABAJO.....	1
1.3	AJUSTE METODOLÓGICO.....	2
2	RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES	2
2.1	PRESENTACIÓN	2
2.2	ANTECEDENTES DE INFRAESTRUCTURA VIAL	2
2.3	ANTECEDENTES DE TRANSPORTE	3
2.4	ANTECEDENTES DEL SISTEMA DE ACTIVIDADES	3
2.4.1	Antecedentes Demográficos	4
2.4.2	Antecedentes Económicos	7
2.4.3	Análisis Sectorial	7
2.5	ANTECEDENTES MEDIO AMBIENTE Y TERRITORIO	9
2.6	PLANES Y ESTUDIOS EXISTENTES	10
2.6.1	Planes de Desarrollo e Instrumentos de Planificación	10
2.6.2	Estudios de Transporte.....	10
2.6.3	Estudios Territoriales	10
3	DEFINICIONES BÁSICAS	11
3.1	ZONIFICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	11
3.2	DEFINICIÓN PRELIMINAR DE LA RED DE TRANSPORTE	12
3.3	AÑOS DE CORTE, PERÍODOS Y MODOS DE MODELACIÓN	14
4	RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DE TRÁNSITO.....	15
4.1	MEDICIONES DE FLUJO VEHICULAR.....	15
4.2	ENCUESTAS ORIGEN - DESTINO	15
4.3	ENCUESTAS DE PREFERENCIAS DECLARADAS	15
4.4	MEDICIONES DE TASAS DE OCUPACIÓN	15
4.5	MEDICIONES DE TIEMPOS DE VIAJE	16
4.6	CATASTRO DE TRANSPORTE PÚBLICO INTERURBANO	16
5	MODELOS DE ELECCIÓN DE RUTA	17

5.1	LEVANTAMIENTO DE ENCUESTAS	17
5.2	ESTIMACIÓN DE MODELOS	17
5.3	COMENTARIOS	18
6	CAMINOS BÁSICOS	19
6.1	METODOLOGÍA	19
6.2	RUTAS CATASTRADAS	20
6.3	ANÁLISIS DE FLUJOS VEHICULARES.....	20
6.4	DIAGNÓSTICO PRELIMINAR	21
6.4.1	Demarcación horizontal	22
6.4.2	Señalización vertical	22
6.4.3	Presencia de elementos de riesgo	24
6.4.4	Diseño vial	24
6.4.5	Infraestructura	25
7	CALIBRACIÓN DEL MODELO	27
7.1	DEFINICIÓN DE LA RED A CALIBRAR	27
7.2	CALIBRACIÓN RUTA FIJA	27
7.3	CALIBRACIÓN DEL FLUJO ASIGNABLE	30
7.4	CONSOLIDACIÓN DE MATRICES	30
7.5	AJUSTE DE MATRICES.....	31
8	DIAGNÓSTICO TERRITORIAL Y PROPOSICIÓN DE ALTERNATIVAS	33
8.1	DIAGNÓSTICO SISTEMA DEMOGRÁFICO Y ECONÓMICO.....	33
8.2	DIAGNÓSTICO INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL	34
8.3	PROPOSICIÓN PRELIMINAR DE ALTERNATIVAS DE PROYECTOS.....	36
9	PROYECCIÓN DE DEMANDA DE VIAJES.....	37
9.1	PROYECCIONES DEL PIB Y DEMOGRÁFICAS.....	37
9.2	PROYECCIONES SECTOR FRUTÍCOLA	38
9.3	MODELOS ELASTICIDAD PIB.....	39
10	PROPUESTA DE INFRAESTRUCTURA DE MEDIANO Y LARGO PLAZO ..	41
10.1	DEFINICIÓN DE SITUACIÓN BASE	41
10.1.1	Recopilación de Proyectos Viales	41
10.1.2	Proyectos Incluidos en la Situación Base.....	41
10.1.3	Programa de Concesiones Viales Urbanas e Interurbanas	42
10.2	MARCO PRESUPUESTARIO	43
10.3	ESTIMACIÓN DE INVERSIONES POR PROYECTO	43
10.4	RIESGOS ANTRÓPICOS Y AMBIENTALES.....	47
10.5	PROPUESTAS DE SEGURIDAD VIAL PARA CAMINOS BÁSICOS	48
10.5.1	Según Infraestructura Existente	49
10.5.2	Según Siniestralidad.....	49
10.5.3	Según Flujos Vehiculares.....	50

10.5.4 Según Flujos de Bicicletas	51
10.5.5 Estándares de Seguridad Vial en Caminos Básicos	52
10.5.6 Tratamiento Especial a Singularidades	52
11 SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE.....	56
11.1 ESCENARIOS DE DEMANDA	56
11.2 SIMULACIONES POR PROYECTO	56
11.3 SIMULACIÓN DE PLANES	69
12 EVALUACIÓN SOCIAL DE PLANES Y PROYECTOS	72
12.1 INVERSIONES Y VALOR RESIDUAL	72
12.2 EVALUACIÓN POR PROYECTO	74
12.3 EVALUACIÓN DE PLANES	78
13 DISEÑO PLAN DE INVERSIONES.....	78
14 CONCLUSIONES	81

1 ANTECEDENTES GENERALES

1.1 Introducción

El presente documento corresponde al Informe Ejecutivo del Estudio “**ANÁLISIS CONECTIVIDAD Y JERARQUIZACIÓN VIAL REGIÓN DE O’HIGGINS**”, licitado públicamente por la Dirección de Planeamiento del Ministerio de Obras Públicas y adjudicado a la empresa CIS Asociados Consultores en Transporte S.A. en septiembre de 2024.

1.2 Objetivos del Trabajo

La Región de O’Higgins se caracteriza por un nivel de ingresos promedio levemente superior a la media del país, con una red vial de tamaño medio, pero de menor calidad respecto a sus regiones vecinas (Valparaíso y Metropolitana). Asumiendo que la infraestructura tiene un efecto positivo sobre el desarrollo económico de mediano y largo plazo, se hace relevante el mejorar la red vial que une las distintas localidades, potenciando sus actividades económicas y conectándolas de mejor manera a las cabeceras provinciales y regionales.

En este contexto se ha planteado este estudio que, en un horizonte de mediano y largo plazo, busca definir un plan de inversiones viales para la región acorde con los marcos presupuestarios disponibles. Este plan de inversiones debe estar basado en un modelo de planificación estratégica de transporte interurbano, a desarrollar en el estudio, que incorpore los proyectos de desarrollo regional en los distintos ámbitos de actividad.

A continuación, se indican los objetivos específicos del estudio:

- Desarrollar e implementar un modelo de planificación estratégica de transporte interurbano.
- Realizar diagnóstico de situación actual, definir escenarios alternativos de desarrollo y evaluarlos socialmente.
- Formular de modo conceptual y metodológico las particularidades que presenta un estudio estratégico interurbano, referido a las características de mercados y modos de transporte.
- Recopilar información de tránsito, de transporte y de actividades.
- Realizar diagnóstico de la situación actual del transporte interurbano en el área bajo estudio.
- Desarrollar propuesta metodológica para la proyección de viajes en cortes temporales 2030, 2035 y 2040.
- Revisar proyectos de inversión en infraestructura de transporte en la región, que puedan ser incorporados en la definición de la Situación Base.
- Implementar un modelo estratégico de transporte para la región de O’Higgins
- Definir Proyectos de Inversión y Planes de Proyectos posibles de ser implementados en la región.

- Identificar restricciones/condicionantes que impone el territorio, a las alternativas de proyecto propuestas.
- Modelar y Evaluar Socialmente los Proyectos y Planes de Proyecto, para determinar su rentabilidad social y demostrar la capacidad del modelo desarrollado.

Como objetivo secundario y tomando en consideración la alta cantidad de caminos básicos en la región de O'Higgins se plantea el análisis de los caminos básicos ejecutados en la región identificando principalmente los aspectos asociados a la seguridad vial.

- Inspeccionar visualmente los caminos básicos de la región tomando en consideración la carpeta de rodadura, obras anexas y aspectos de seguridad vial.
- Medir flujos vehiculares por tipo de vehículo en los caminos básicos identificando la presencia del transporte de carga.
- Diagnosticar el funcionamiento de los caminos básicos identificando las fortalezas y debilidades, estas última principalmente asociadas a los elementos de seguridad.
- Proponer medidas de solución/mitigación a los problemas detectados.

1.3 Ajuste Metodológico

La metodología propuesta se implementó según lo previsto en cuatro etapas, tomando en cuenta las tareas asociadas a la implementación del modelo estratégico regional interurbano y también al análisis de caminos básicos.

2 RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES

2.1 Presentación

Se realiza un levantamiento de antecedentes para caracterizar el área de análisis, en el ámbito del movimiento de bienes y personas.

Se reporta información de estudios relacionados a la situación actual, de manera de identificar aquellos aspectos que resultan más relevantes al objetivo del presente estudio.

2.2 Antecedentes de Infraestructura Vial

Según el documento “Red Vial Nacional, Dimensionamiento y Características – 2024”, la región de O'Higgins cuenta con una red vial de 4.844,35 Km lo que representa el 5,5% de la red vial nacional, estimada en 88.267 Km.

Cuenta con la octava red vial en extensión en el país y un 63,1% de la red está pavimentada o con soluciones básicas. Es la cuarta región con mayor porcentaje de red vial pavimentada o con soluciones básicas.

2.3 Antecedentes de Transporte

La Dirección de Vialidad recopila sistemáticamente información de tránsito a través de conteos periódicos, realizados bianualmente en tres ocasiones (verano, invierno, primavera), lo que permite tener una estimación de los volúmenes que circulan por el área de estudio.

El TMDA se estima como el promedio de los valores obtenidos, lo que si bien es sólo aproximado, permite contar con una serie temporal de información por temporada.

Se dispone de información bianual en promedio en 88 puntos de medición, localizados principalmente en intersecciones de rutas entre los años 2015 y 2023.

En la región existen emplazados cinco instrumentos contadores automáticos, sin embargo, la información más reciente disponible se remonta al año 2012. Dada la antigüedad de la información, no se recomienda la utilización de estos antecedentes.

En cuanto al transporte ferroviario de carga en la región, se debe señalar que la red pertenece a Empresa de Ferrocarriles del Estado (EFE), no obstante, la transferencia es realizada por dos empresas porteadoras Fepasa y Transap S.A., las que pagan derechos de uso de vía a EFE, que es dueño de la infraestructura. El principal movimiento se realiza entre la División El Teniente y el puerto de San Antonio.

A continuación, en la siguiente tabla se reporta la cantidad de carga transportada anualmente durante el período 2018-2022.

CUADRO N° 2-1: CARGA FERROVIARIA TRANSPORTADA, REGIÓN DE O'HIGGINS

Año	Carga Transportada (ton)
2018	2.048.047
2019	1.863.807
2020	2.094.337
2021	2.474.109
2022	2.062.946

Fuente: Observatorio Logístico – MTT

2.4 Antecedentes del Sistema de Actividades

El área de estudio corresponde a la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins. Limita por el Norte con la Región Metropolitana y la Región de Valparaíso, por el Sur con la Región del Maule, por el Este con la República de Argentina y por el Oeste con el Océano Pacífico. Se encuentra constituida por 3 provincias: Cachapoal, Cardenal Caro y Colchagua.

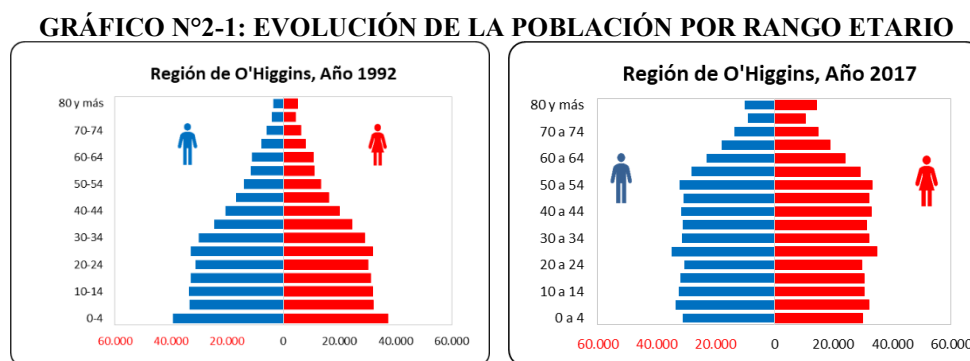
La capital regional es Rancagua. La región se encuentra dividida en 33 comunas y ocupa una superficie total de 16.352 km².

2.4.1 Antecedentes Demográficos

Según datos del Censo del año 2017 la población alcanzaba a 914.555 habitantes lo que representa el 5,2% de la población nacional y una densidad de 55,93 Hab/km². Las proyecciones del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) para el año 2024 estiman un total de 1.025.586 habitantes.

Rancagua es la comuna más poblada y densa de toda la región con 924 hab/km². Existe una relativa paridad entre hombres y mujeres. Éstas últimas representan el 50,4% del total de habitantes.

La estructura poblacional ha ido cambiando entre los censos del año 1992 y 2017. En el año 1992 la pirámide poblacional es progresiva con una tasa de natalidad alta, una menor esperanza de vida y una mayor proporción de población joven; mientras que en el año 2017 la pirámide es estacionaria, donde la natalidad y la mortalidad son bajas y la población envejece, destacándose las mujeres por su mayor supervivencia en la cima.



Fuente: Censos de Población 1992 y 2017. INE

La Región de O'Higgins cuenta con un 25,6% de población que vive en zonas rurales; a nivel provincial se destaca Cardenal Caro con el 51% de sus habitantes en esta condición; siendo la provincia de Cachapoal la que posee la menor ruralidad de toda la región.

FIGURA N°2-1: RURALIDAD EN LA REGIÓN DE O'HIGGINS, AÑO 2017



Fuente: Censos de Población 1992, 2002 y 2017. INE

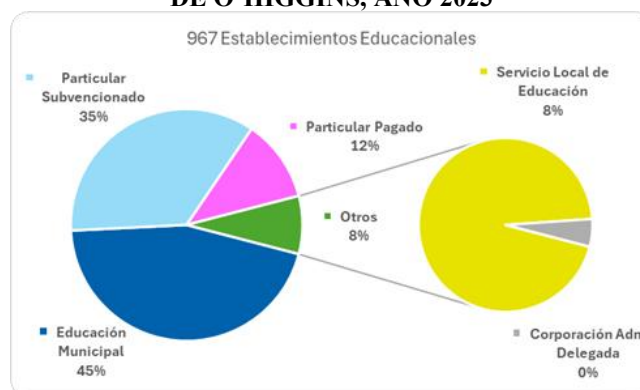
Machalí presenta el mayor ingreso promedio, superior al promedio nacional; luego le siguen mucho más abajo las comunas de Coinco y Rancagua. La comuna con menores ingresos es Navidad donde su ingreso autónomo es 4,5 menor que el ingreso autónomo de Machalí.

La provincia con mayores niveles de pobreza es Cardenal Caro, superior en casi 3 puntos porcentuales al promedio regional. La comuna de Navidad tiene casi un tercio de su población en condición de pobreza y es la que posee la mayor proporción de pobreza extrema. Mucho más atrás se encuentran las comunas de San Vicente, Pichidegua y Doñihue.

El análisis de los niveles de equipamiento de las comunas del área de estudio persigue establecer algunas relaciones de dependencia con otras, que deriven en viajes intercomunales. Por ello se analizaron los equipamientos de educación, salud y de otros servicios.

La oferta de establecimientos educacionales en la Región de O'Higgins se concentra mayoritariamente en colegios Municipales y Particulares Subvencionados. En el año 2023 existían 967 establecimientos de educación.

GRÁFICO N°2-2: DISTRIBUCIÓN DE LOS ESTABLECIMIENTOS EDUCACIONALES, REGIÓN DE O'HIGGINS, AÑO 2023



Fuente: Reporte Estadístico Comunal Biblioteca Congreso Nacional, Año 2023

Con respecto a la escolaridad y analfabetismo, la Región de O'Higgins posee un promedio de 10,9 años de escolaridad y una tasa de analfabetismo de 3%. La comuna con menor escolaridad es Paredones y la que posee la mayor tasa de analfabetismo de toda la región es Palmilla, con un 9%.

En el área de salud, la Región de O'Higgins cuenta con diecinueve hospitales, tres de ellos con altos niveles de complejidad, y que corresponden al Hospital San Juan de Dios de San Fernando, el Hospital Clínico Fusat Rancagua y el Hospital Dr. Franco Ravera Zunino también ubicado en la capital regional. Los otros hospitales de menor nivel de complejidad se distribuyen en 14 de las 33 comunas que conforman la región. Además, existen 42 centros de salud y 81 postas rurales a lo largo de toda la región.

FIGURA N°2-2: EQUIPAMIENTO DE SALUD, REGIÓN DE O'HIGGINS



Fuente: Base de Datos Establecimientos de Salud, Ministerio de Salud 2024

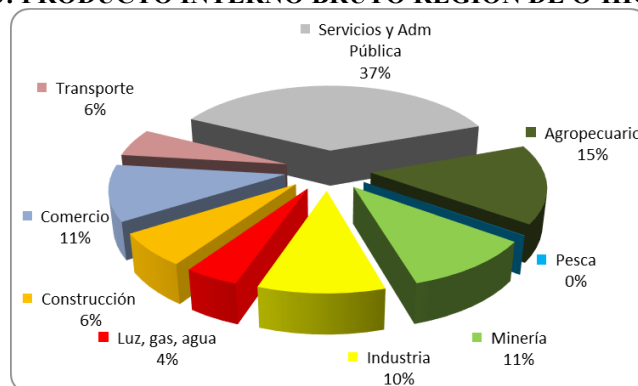
En la categoría de otros servicios se incluyen servicios financieros, judiciales y de seguridad social (que involucra oficinas del IPS y FONASA).

La región cuenta con 38 oficinas de seguridad social donde se consideran sucursales de Fonasa e IPS, Además cuenta con 85 sucursales de entidades financieras y 25 tribunales de primera instancia. Existen comunas que no cuentan con buen equipamiento de este tipo de servicios y son potenciales generadores de viajes hacia centros urbanos mejor equipados.

2.4.2 Antecedentes Económicos

La Región de O'Higgins aporta un 4,0% al PIB Nacional. Las actividades económicas productivas más relevantes con respecto a su aporte al PIB regional corresponden a las actividades agropecuarias, minería, comercio y la industria.

GRÁFICO N°2-3: PRODUCTO INTERNO BRUTO REGIÓN DE O'HIGGINS, AÑO 2023

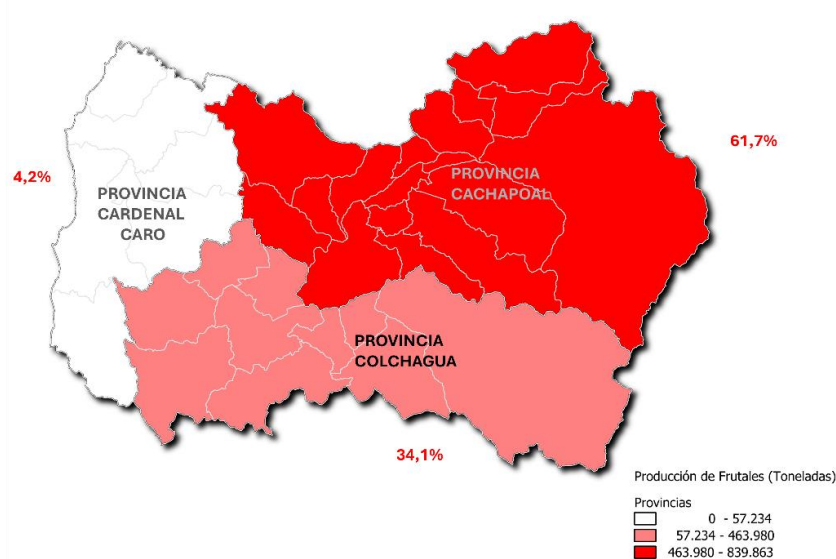


Fuente: Banco Central 2024

2.4.3 Análisis Sectorial

La economía de la Región de O'Higgins gracias a sus privilegiadas condiciones climáticas y geográficas son el ambiente propicio para el desarrollo de la agricultura, proveedora de materias primas para la agroindustria alimenticia. La superficie de frutales representa el 24% del total nacional, destacándose la producción de cerezas, vid de mesa, ciruelos y nogales en frutas; mientras que en hortalizas sobresale la producción de cebollas, zapallos y tomates. La provincia de Cachapoal es la que más aporta en términos de toneladas producidas.

FIGURA N°2-3: DISTRIBUCIÓN PROVINCIAL DE LA PRODUCCIÓN DE FRUTALES, 2024



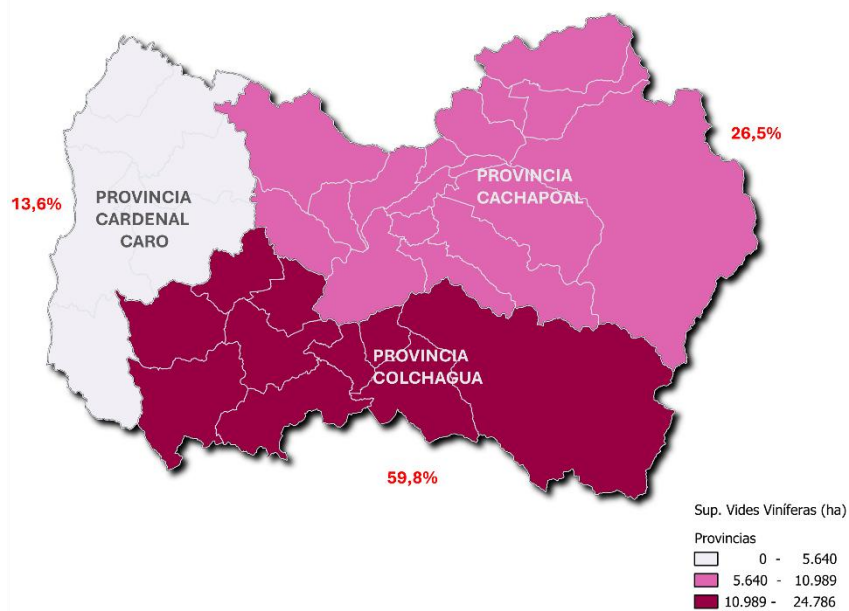
Fuente: Catastro Frutícola Región de O'Higgins, Año 2024

La Región de O'Higgins cuenta con más de 99 mil Ha. plantadas con frutales y de la producción el 57,2% se destina a exportación, el 23,9% a la agroindustria y el 18,9% al mercado interno.

La agroindustria alimentaria en la Región de O'Higgins está orientada principalmente a la industria de cerdos y avícola. La mayor cantidad de planteles de crianza de cerdos se ubican en la región de O'Higgins, donde se concentra más del 80% de las existencias del país.

La región de O'Higgins también es reconocida por su agroindustria del vino. En la Región de O'Higgins se concentra el 32% de la superficie vitícola del país. A nivel provincial la superficie de vides viníferas se concentra en Colchagua aportando cerca del 60% a la región en este tipo de cultivos.

FIGURA N°2-4: DISTRIBUCIÓN PROVINCIAL DE LA SUPERFICIE VITÍCOLA, AÑO 2022



Fuente: Catastro Vitícola Nacional, SAG 2022

La minería en la Región de O'Higgins se basa en la producción de cobre y molibdeno, derivado de la industria cuprífera. La minería del cobre genera grandes volúmenes; pero su transporte se realiza en camión hasta la estación Los Lirios en Rancagua, para continuar por modo ferroviario, hasta el puerto de San Antonio por donde se embarca hasta su destino final.

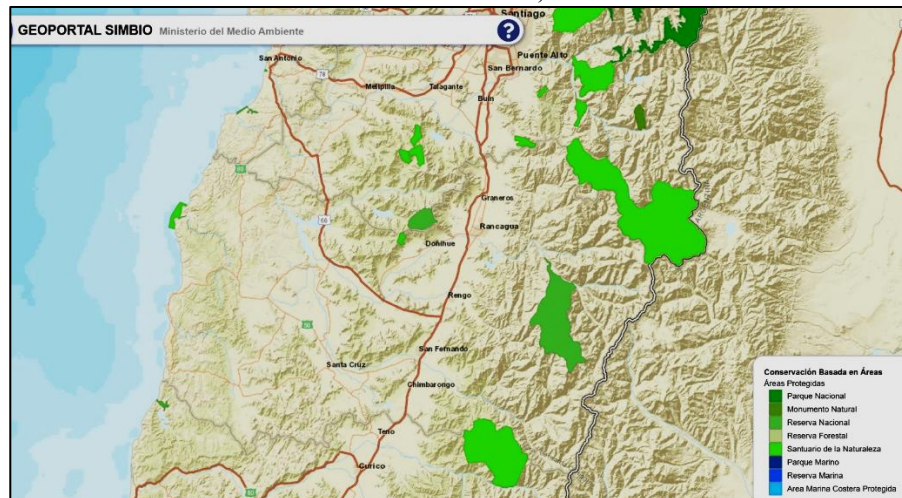
El Turismo ofrece también en la región una oferta de atractivos. Cuenta con diversos recursos turísticos, tanto en el litoral como en la Cordillera de Los Andes, entre los que se pueden mencionar: *Sewell*, *Patrimonio de la Humanidad en los Andes*, *Pichilemu – Punta de Lobos*, *Lago Rapel*, *Valle de Colchagua* y *Matanzas – Navidad*.

2.5 Antecedentes Medio Ambiente y Territorio

El análisis del Medio Ambiente y Territorio tiene por finalidad identificar posibles amenazas restricciones/condicionantes que podrían afectar en la proposición de planes y proyectos.

En la Región de O'Higgins existen 14 áreas protegidas de distinto tipo, incluyendo parques nacionales, reservas nacionales y santuarios de la naturaleza.

FIGURA N°2-5: ÁREAS PROTEGIDAS, REGIÓN DE O'HIGGINS



Fuente SIMBIO (Sistema de Información y Monitoreo de Biodiversidad. Ministerio del Medio Ambiente)

La región cuenta también con 5 sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad. Otros antecedentes de protección ambiental que fueron analizados corresponden a:

- ✓ Humedales y humedales urbanos
- ✓ Zona de Interés Turístico Rapel
- ✓ Zonas Típicas
- ✓ Monumentos históricos

A partir de las distintas definiciones de áreas protegidas se generó una relación entre las vías de la red vial regional y su incidencia sobre alguna de las áreas de protección.

Entre los riesgos naturales se destaca la importancia que puede tener el deshielo, especialmente en años excepcionalmente nivosos, en el desencadenamiento de movimientos en masa en la alta montaña y cursos de agua de la región. Un aumento de la temperatura podría implicar la caída de precipitaciones líquidas en cotas más altas que las actuales en zonas donde existe una gran cantidad de detritos poco cohesionados o laderas inestables en cuencas susceptibles de generar flujos detríticos. Elementos importantes de considerar en la planificación territorial de las cuencas de alta montaña sobre todo si se tiene en cuenta la presencia de una ruta internacional, actividades turísticas y emprendimientos mineros

enmarcados en el cordón andino de la Región de O'Higgins. Se recopilan antecedentes de eventos de este tipo ocurridos en la región.

2.6 Planes y Estudios Existentes

2.6.1 Planes de Desarrollo e Instrumentos de Planificación

Entre los documentos revisados se destacan:

- Plan Regional de Infraestructura y Recursos Hídricos al 2021
- Chile 2020, Obras Públicas para el Desarrollo (año 2009)
- Actualización Plan Director de Infraestructura MOP (2007-09)
- Agenda 3030 Hacia un país con desarrollo equilibrado. Infraestructura y Agua (2014)
- Plan Nacional de Infraestructura para la Movilidad 2020 – 2050 (2020)
- Estudios Prospectivos del Plan Nacional de Infraestructura
- Planes de Transporte Urbano de SECTRA

Estos estudios permiten identificar proyectos de inversión, así como también las brechas existentes en la infraestructura vial vigente y la conectividad.

2.6.2 Estudios de Transporte

Entre los estudios de transporte revisados atinentes con el estudio se destacan:

- Estudio Ampliación Ruta 90 tramo Placilla – Santa Cruz
- Estudio Conexión Ruta Costera sector Santo Domingo - Pichilemu
- Análisis Estimación de la Demanda de Carga Interurbana

Dichos estudios entregan información desagregada a escala comunal de las actividades productivas del área de estudio y las proyecciones de la demanda.

2.6.3 Estudios Territoriales

Entre los estudios territoriales revisados atinentes con el estudio se destacan:

- Estrategia Regional de Desarrollo Región de O'Higgins
- Plan Regional de Desarrollo Urbano
- Plan Regulador Intercomunal de Rancagua
- Plan Regulador Intercomunal de Río Claro

3.2 Definición Preliminar de la Red de Transporte

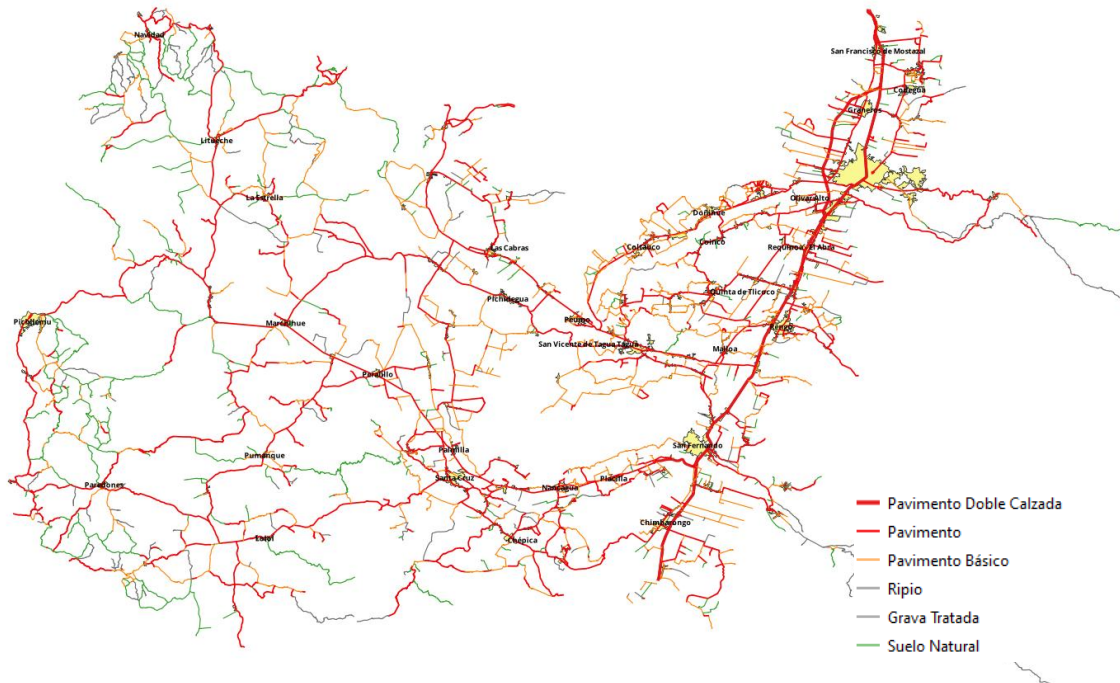
La red de modelación incorpora además de la Ruta 5, la totalidad de los caminos pavimentados y un alto porcentaje de caminos de tierra o ripio con proyectos o pavimentación prevista de la Región de O'Higgins.

La oferta vial se caracteriza por un eje troncal de doble calzada como (Ruta 5), y un conjunto de rutas en su mayoría transversales que conectan las principales ciudades de la región como Pichilemu. San Fernando. Santa Cruz, Rengo, San Vicente de Tagua Tagua, Navidad, Doñihue, Coltauco, Las Cabras, Navidad, etc.

En el sector oriente de la ruta 5 de la región prácticamente no hay rutas habilitadas. Mientras que en el sector central se observa una alta densidad de caminos y localidades pobladas. El sector costero está cercado por grandes acantilados, sin embargo en algunos sectores existe una faja angosta, en donde se emplazan los principales poblados costeros de la región: Pichilemu, Pupuya, Bucalemu y Navidad.

En la siguiente figura se presenta una vista general de los distintos caminos de la región donde se aprecia en color rojo el trazado de Ruta 5 y otras vías pavimentadas, mientras que en naranja se muestran los caminos básicos, en gris los caminos de ripio, y en verde los caminos de tierra o suelo natural.

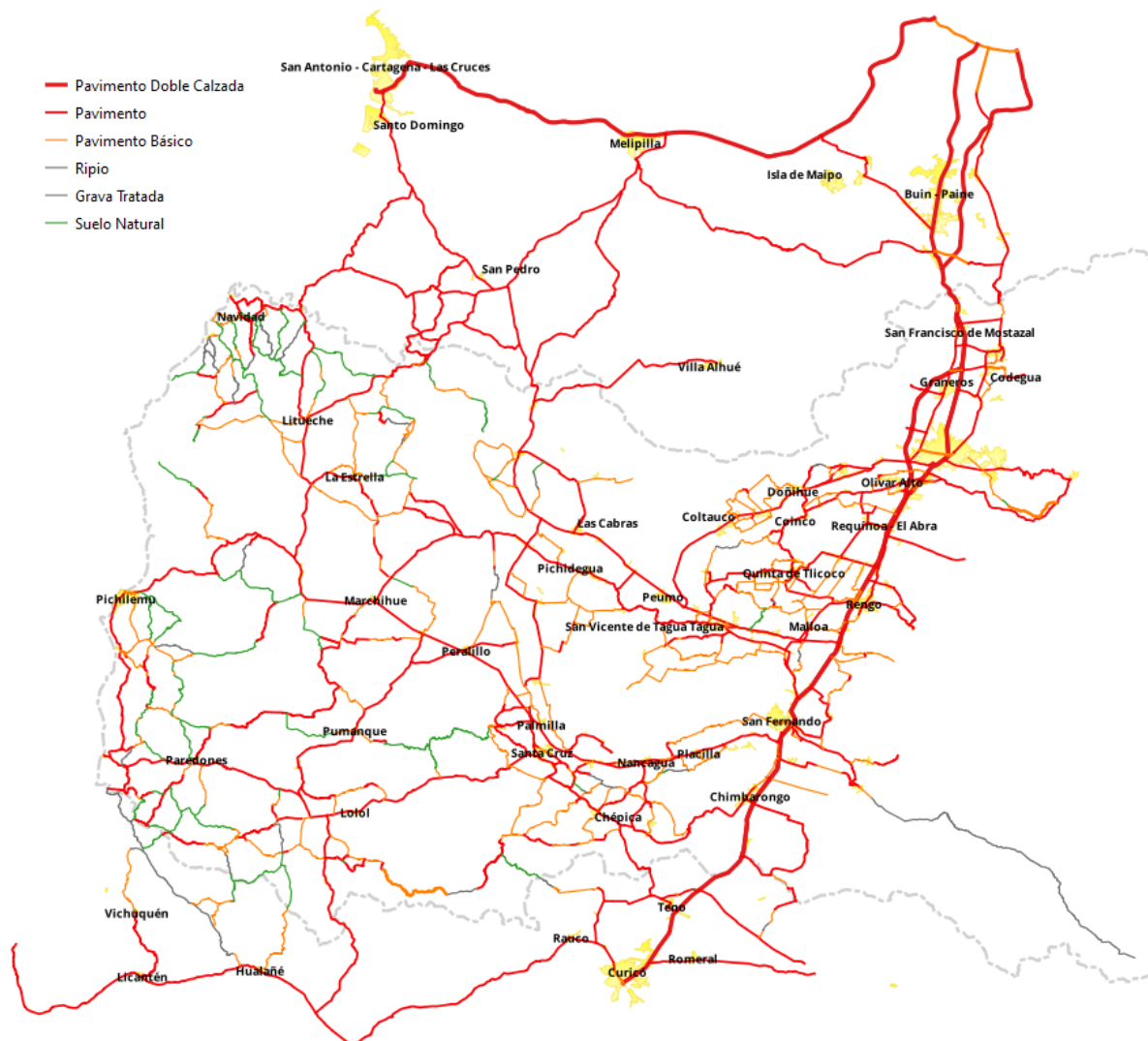
FIGURA N°3-2: RED VIAL DEL ÁREA DE ESTUDIO



Fuente: Elaboración Propia

Para la definición de dicha red se consideraron la localización de los puntos de encuesta y de mediciones de flujo, se incorporaron vías pavimentadas, se dio continuidad a caminos transversales y longitudinales, se incorporaron vías donde existen proyectos de preinversión y proyectos de pavimentación de caminos aprobados. De esta forma se generó una red que contempla una longitud de 3.346 km.

FIGURA N°3-3: RED DE MODELACIÓN REGIÓN DE O'HIGGINS



Fuente: Elaboración Propia

3.3 Años de Corte, Períodos y Modos de Modelación

Para el desarrollo del estudio según lo solicitado en las bases de licitación se consideraron las siguientes definiciones básicas:

- **Años de corte de análisis:** 2024, 2029, 2034 y 2040.
- **Años de corte a Modelar:** 2029 y 2034. Se simula el año 2024 (año de calibración) y diez años posteriores al de calibración (2034). Se incorpora como segundo corte el año 2029 para tener una mejor proyección de los beneficios de cada proyecto. Simular años de corte posteriores al 2034 es muy incierto por los supuestos de los escenarios económicos para la proyección de la demanda de viajes. El corte temporal 2040 se puede extrapolar.
- **Períodos de Modelación:** El modelo de redes calibrado es un modelo que simula los viajes del día.
- **Modos de Transporte:** Se simulan vehículos de transporte privado livianos, vehículos de transporte de carga: camiones simples y camiones articulados y vehículos de pasajeros: buses interurbanos.

4 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DE TRÁNSITO

Las mediciones fueron realizadas los meses de octubre-noviembre de 2024. De acuerdo a lo establecido en las bases de licitación se realizaron conteos de flujos vehiculares, Encuestas Origen-Destino, de Preferencias Declaradas, mediciones de Tasas de Ocupación y de Tiempos de Viaje.

4.1 Mediciones de Flujo Vehicular

En el periodo comprendido entre el 15 y el 29 de octubre se realizaron mediciones de flujo vehicular en un total de 30 puntos de control, en el horario comprendido entre las 7:30 y las 19:30 horas.

4.2 Encuestas Origen - Destino

Se realizaron encuestas a usuarios de vehículos livianos y a conductores de vehículos de carga en 30 secciones bidireccionales de vías. En ambos casos se consultó el origen y destino del viaje, pero en el segundo caso se incluyen consultas específicas del tipo de carga y volumen movilizado.

4.3 Encuestas de Preferencias Declaradas

Se realizaron encuestas de preferencias declaradas en diez de los puntos de encuesta origen destino, aprovechando la detención de los vehículos por la presencia de funcionarios policiales. El experimento de PD se definió con el objetivo de determinar el valor subjetivo del tiempo de los usuarios, y la valorización de los usuarios de una ruta en calzada simple respecto de una calzada doble.

4.4 Mediciones de Tasas de Ocupación

Se realizaron mediciones en 10 puntos de control. Se observan variaciones según ruta, siendo menores los valores en la H-30 y mayores en la ruta I-72, con una media total de 1,44 pasajeros por vehículo. En el caso de transporte público, los valores obtenidos arrojan una tasa media de 19,5 pasajeros por vehículo, con escasa variabilidad entre las rutas analizadas.

4.5 Mediciones de Tiempos de Viaje

La recolección de la información se realiza a través de instrumentos GPS, debido a la precisión que logra en la medición del registro de la hora, respecto al posicionamiento espacial. Se implementa cada vehículo con un equipo GPS y un conductor el cual conduce en el circuito asignado.

El GPS es autoprogramado para captar información cada dos segundos, en los recorridos realizados se tiene información de la posición y el instante en que realiza el registro de una gran cantidad de puntos. En la segunda fase del proceso se identifican aquellos tramos de rutas a estudiar. Las intersecciones se consideran hitos significativos, por lo cual se identifican que puntos corresponden a éstas. Finalmente, a partir del listado se determina el tiempo transcurrido entre intersecciones, y la distancia entre ambos puntos, con lo que se obtiene la velocidad media en el tramo.

La red vial de la región de O'Higgins es amplia, por lo que se opta por realizar pasadas por varios tramos de las rutas más relevantes de la región. Esto permite obtener las velocidades representativas de la red de modelación.

4.6 Catastro de Transporte Público Interurbano

Se obtuvo información de trazados y condiciones de operación, de los vehículos de transporte público en el área de estudio, ya que estos tipos de vehículos ingresan a los modelos de redes como rutas fijas, descontando capacidad vial disponible.

Se identificaron todos los servicios de transporte público interurbano y rural que operan en la red de modelamiento, identificando el trazado, frecuencia, tarifa, itinerario, etc.

En la región de O'Higgins operan 19 empresas de transportes de pasajeros interurbanos, con una flota total operativa a octubre de 2024 de 498 buses, Además operan 93 servicios de buses rurales con una flota total de 799 vehículos, a lo que se suman 3 servicios de minibuses rurales con una flota de 7 vehículos, y 64 empresas de taxis colectivos rurales con una flota total de 1.228 vehículos.

5 MODELOS DE ELECCIÓN DE RUTA

A partir de las encuestas de PD se obtuvieron modelos de elección de ruta.

5.1 Levantamiento de Encuestas

La muestra obtenida alcanza un total de 552 encuestas a vehículos livianos y 201 encuestas realizadas a dueños de camiones.

5.2 Estimación de Modelos

Para la estimación de modelos se realizó considerando los diseños según tiempo de viaje en conjunto, combinando ambos diseños. Se probaron diversas especificaciones de la función de utilidad indirecta, no obstante y en consideración a los objetivos del estudio se privilegió que permitieran estimar valores del tiempo con diferenciación según ingreso/propósito dentro de lo posible.

De acuerdo a los resultados de los modelos de elección de ruta reportados en este capítulo se tiene que el ajuste de los modelos logit mixtos estimados para vehículos livianos y pesados muestran un ajuste satisfactorio con valores de ρ^2 entre 36% y 41%, lo que refleja un adecuado equilibrio entre la simplicidad del modelo y la capacidad predictiva.

Los parámetros asociados al tiempo y al costo de viaje son significativos al 95% de confianza en todos los modelos, indicando que estas variables clave influyen en la elección de ruta de los usuarios, tanto para vehículos livianos como para vehículos pesados.

En cuanto a los efectos estimados para vehículos livianos, se identificaron interacciones significativas entre el ingreso familiar y el costo, así como también entre el propósito del viaje y el tiempo. Esto permite diferenciar las sensibilidades según características sociodemográficas, lo que es clave para modelar distintas clases de usuarios en la red de transporte.

Para vehículos pesados, la disponibilidad de rutas alternativas y el tipo de camión (camión simple o tracto camión) muestran efectos diferenciadores significativos sobre el costo. Por otro lado, el efecto de ser propietario/a del camión no es significativo.

5.3 Comentarios

En ambos modelos la preferencia por rutas de doble calzada es consistente, destacando su mayor percepción de utilidad en la media del estimador de dicha alternativa. Dado que la desviación estándar resultó muy significativa, se detectó heterogeneidad no observada en las preferencias individuales lo que justificó la elección del logit mixto para capturar dichas variaciones. Los valores del tiempo sugeridos para vehículos livianos se presentan en el siguiente cuadro:

CUADRO N° 5-1: VALOR SUBJETIVO DEL TIEMPO VEH. LIVIANOS

Nivel Ingreso	VT [\$/h]	VT [\$/min]
I. Alto	11,900	198
I. Medio	7,723	129
I. Bajo	6,065	101

Fuente: Elaboración Propia.

I. Bajo: Ingreso familiar menor a \$1.000.000.

I. Medio: Ingreso familiar entre \$1.000.000 - \$2.000.000.

I. Alto: Ingreso familiar superior a \$2.000.000

En cuanto a los valores del tiempo propuestos para los vehículos pesados o transporte de carga se proponen los siguientes valores:

CUADRO N° 5-2: VALOR SUBJETIVO DEL TIEMPO VEHÍCULOS PESADOS

Nivel Ingreso	VT [\$/h]	VT [\$/min]
Camión Pesado (tracto camión)	31,517	525
Camión Simple	8,171	136

Fuente: Elaboración Propia. Camión Pesado = Tracto Camión.

Finalmente, los VT obtenidos en esta tarea permiten capturar de forma precisa la sensibilidad al tiempo y costo que presentan los vehículos livianos y pesados en elecciones de ruta. Estos VT son fundamentales para su integración en modelos de asignación de viajes, particularmente en redes que incluyen arcos tarifados o rutas concesionadas.

6 CAMINOS BÁSICOS

Como objetivo secundario y tomando en consideración la alta cantidad de caminos básicos en la región de O'Higgins, se planteó en los Términos de Referencia el análisis de los caminos básicos ejecutados en la región identificando principalmente los aspectos asociados a la seguridad de los peatones y usuarios de bicicleta, sin dejar de lado por cierto a los conductores de vehículos motorizados.

Las tareas realizadas con este objetivo son las siguientes:

- Inspeccionar visualmente los caminos básicos de la región tomando en consideración la carpeta de rodadura, obras anexas y aspectos de seguridad vial.
- Medir flujos vehiculares por tipo de vehículo en los caminos básicos identificando y ordenando según la presencia del transporte de carga.
- Diagnosticar el funcionamiento de los caminos básicos identificando las fortalezas y debilidades, estas última principalmente asociadas a los elementos de seguridad.
- Proponer medidas de solución/mitigación a los problemas detectados sean estos de tipo mejoramiento de caminos básicos a estándar superior, identificación de subredes apropiadas para el transporte de carga, eventuales restricciones al paso de cargas apoyándose en legislación vigente o por definir entre otras.

6.1 Metodología

De acuerdo a los antecedentes aportados por la dirección de Vialidad, la región de O'Higgins cuenta con 1.598 Km de caminos básicos que corresponden a 449 códigos o roles diferentes.

En terreno, se recopila información que permita caracterizar cada camino en términos de seguridad vial. En este aspecto, se identifican elementos puntuales (señaléticas, paraderos, puentes, etc.) y elementos lineales (veredas, bermas, pavimento, etc.).

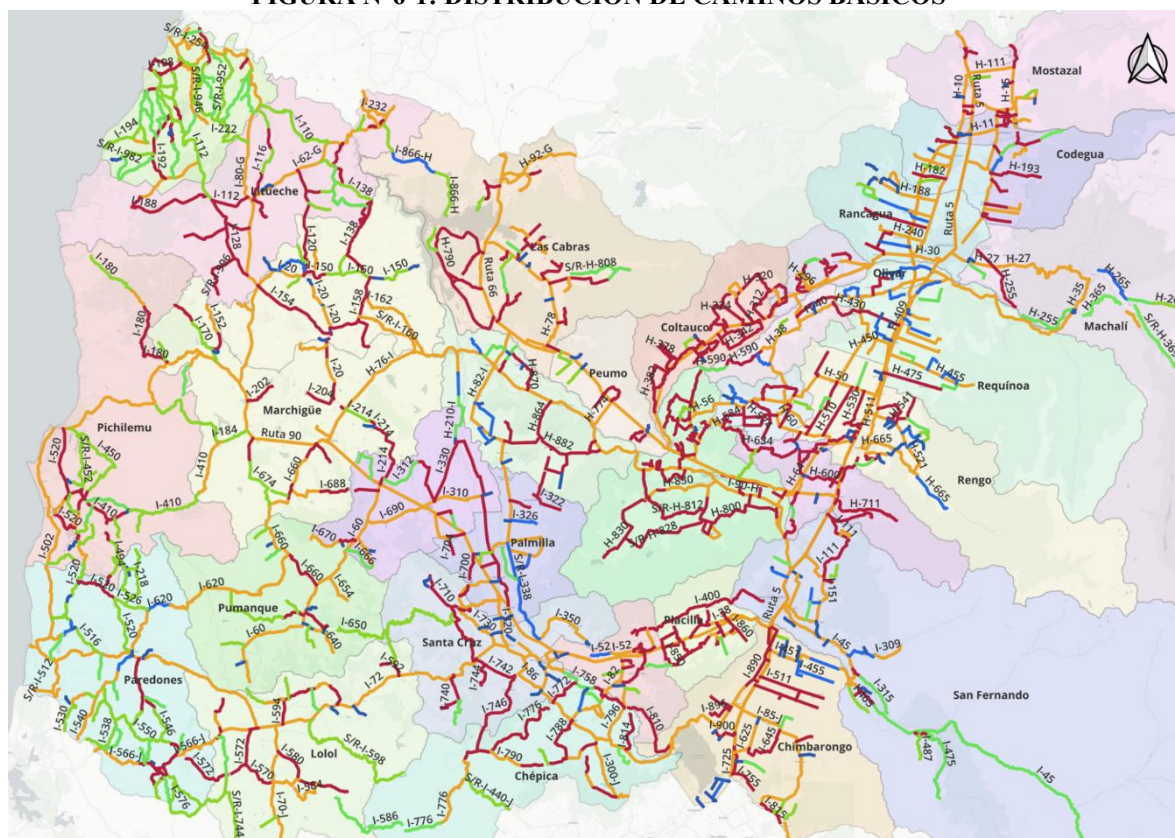
Cabe señalar que para contar con un respaldo digital de los recorridos realizados en terreno, se utilizó un vehículo equipado con cámara de video adosable al parabrisas (*dashcam*), que genera un track que puede ser descargado en formato KML para facilitar la revisión. Este track permitió además tener una estimación de la velocidad de circulación y además una cobertura de información de velocidades en toda la red.

6.2 Rutas catastradas

Se realizó un trabajo de catastro en terreno en el cual se recorrió un total de 303 caminos básicos. Estos suman un total de 1.300 km, que corresponden a un 81,3% de los 1.599 km de caminos básicos de la región de O'Higgins.

En la figura a continuación se presenta gráficamente el listado anterior de caminos. En rojo se destacan los caminos básicos que fueron recorridos, mientras que en azul se presentan los caminos básicos que no fueron recorridos.

FIGURA N°6-1: DISTRIBUCIÓN DE CAMINOS BÁSICOS



Fuente: Elaboración propia

6.3 Análisis de Flujos vehiculares

A continuación se presenta un cuadro mostrando el máximo flujo por tipo de vehículo en caminos básicos y su respectivo punto de medición, obtenido a partir de las mediciones en 120 puntos que se presentó en el capítulo 4:

CUADRO N° 6-1: MÁXIMO FLUJO VEHICULAR POR TIPO DE VEHÍCULO

	Tipo de vehículo				
	Veh. Livianos	Buses	Camión Simple	Camión Pesado	Bicicleta
Máximo Flujo Porcentual	93, 9%	11,0%	14,4%	24,3%	19,1%
PC	67	55	7	4	85

Fuente: Elaboración propia

En primer lugar, se presenta la composición de flujo de vehículos livianos, la cual se encuentra entre un 65,6% y un 93,9%. En 6 caminos básicos esta composición está entre un 60% y 70%, en 23 caminos entre un 70% y 80%, en 84 caminos entre un 80% y 90% y en 7 caminos se tiene una proporción mayor a un 90% del flujo para vehículos livianos.

En el caso del tráfico de buses se tiene que el camino por donde circula una mayor proporción de buses corresponde al PC 55, donde los buses representan a un 11,0% del flujo. En el resto de los caminos básicos el flujo de buses representa a menos de un 5% y en 103 de los 120 caminos la proporción de buses es menor a un 3%.

En el caso de los camiones simples, se tiene en el PC 7 la mayor proporción de camiones simples, con un 14,4%. En 9 caminos se tiene que una proporción mayor a un 10% representa a camiones simples. Luego, en 61 caminos la proporción de flujo está entre un 5% y un 10% y en los 50 caminos restantes se tiene una proporción de camiones simples menor a un 5%.

Para los camiones pesados se tiene que el camino con una mayor proporción del flujo de este tipo corresponde al PC 4, con un 24,3% del flujo y luego el PC 7 con un 16,0% del flujo. En los puntos PC 84, PC 56 y PC 111 se tiene un 7,1% de camiones pesados. En el resto de los caminos básicos esta proporción baja a menos de un 5,5% y en 105 de los 120 caminos esta proporción es menor de un 3%.

Finalmente, se presenta un análisis de la proporción del flujo de bicicletas en los caminos básicos. Se tiene que hay 8 caminos en los cuales la proporción de bicicletas corresponde a más de un 10% del flujo y luego hay otros 22 caminos donde la proporción de bicicletas está entre un 5% y 10%. El camino con mayor proporción de bicicletas es el PC 8, con un 19,1% del flujo. Luego en el PC 35 y PC 112 se observa un 17,5% y 14,9% de flujo de bicicletas, respectivamente.

6.4 Diagnóstico preliminar

El programa de Caminos Básicos del Ministerio de Obras Públicas (MOP) de Chile se implementó en 2003 con el objetivo de mejorar las condiciones de la red vial no pavimentada en zonas rurales y de bajo tráfico. A la fecha existen unas 450 rutas mejoradas en la Región

de O'Higgins como camino básico, mediante soluciones asfálticas o estabilizadores para caminos de tierra, totalizando unos 1.600 kilómetros.

En principio se distinguen tres categorías de vías en las que se ha aplicado el programa de Caminos Básicos:

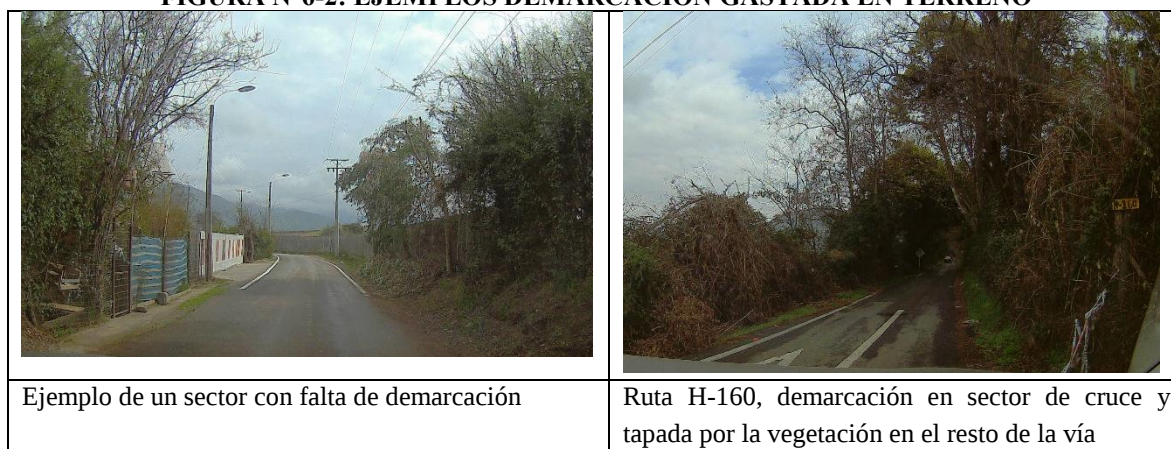
- Vías de conectividad regional
- Vías de carácter urbano o semiurbano
- Vías secundarias

A continuación se presenta una caracterización de los principales elementos observados en terreno.

6.4.1 Demarcación horizontal

El caso más habitual es el de una vía que presenta demarcación muy desgastada, por lo que no es visible durante el día y menos aún en horarios nocturnos.

FIGURA N°6-2: EJEMPLOS DEMARCACIÓN GASTADA EN TERRENO



Fuente: Elaboración propia

También se observó demarcación confusa, principalmente al dividir pistas o al pasar de línea continua a segmentada.

6.4.2 Señalización vertical

En varios caminos se observaron señales adecuadas y en norma, como se ilustra a continuación.

FIGURA N°6-3: EJEMPLOS SEÑALES ADECUADAS

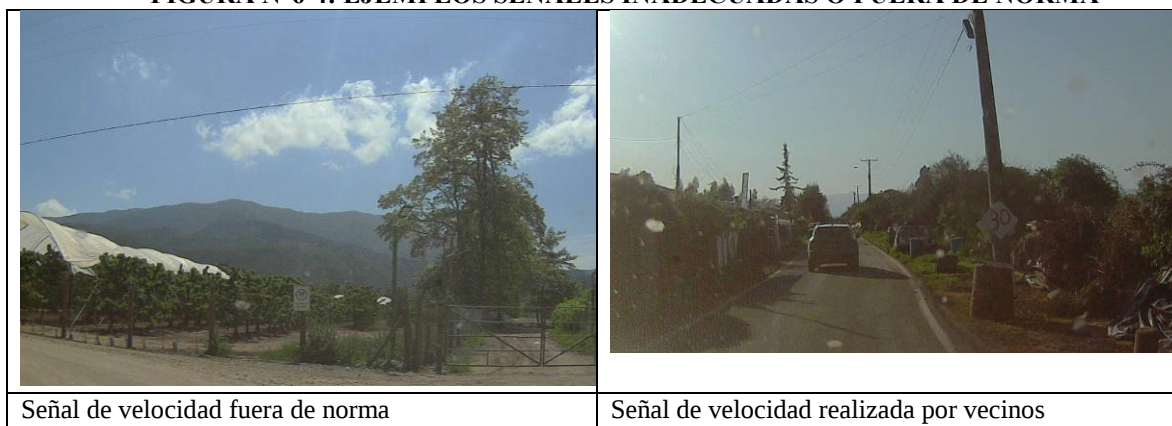


Fuente: Elaboración propia

Los casos anómalos corresponden principalmente a

- Ausencia de señales de velocidad máxima
- Tipologías de señal de velocidad inadecuadas o fuera de norma

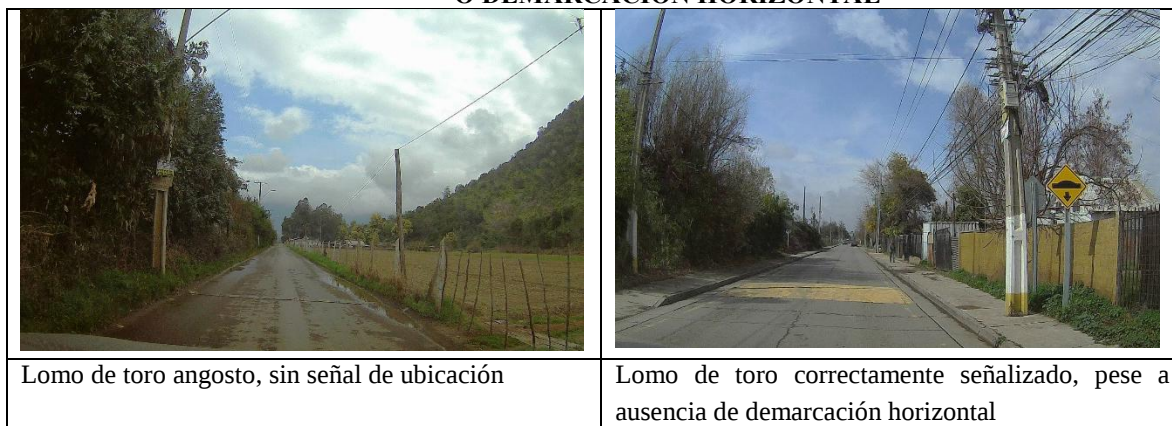
FIGURA N°6-4: EJEMPLOS SEÑALES INADECUADAS O FUERA DE NORMA



Fuente: Elaboración propia

Se observaron numerosos casos de presencia de resaltos u otras situaciones, con ausencia de señales de advertencia (lomo de toro, curvas, angostamiento)

FIGURA N°6-5: EJEMPLOS LOMOS DE TORO CON AUSENCIA DE ADVERTENCIA O DEMARCACIÓN HORIZONTAL



Fuente: Elaboración propia

6.4.3 Presencia de elementos de riesgo

Se observó dentro de la faja vial y muy próxima a la vía, la presencia de postaciones, principalmente eléctricas y la presencia de vegetación, que genera un riesgo ante eventuales colisiones.

FIGURA N°6-6: EJEMPLOS ELEMENTOS DE RIESGO



Fuente: Elaboración propia

6.4.4 Diseño vial

En relación al diseño vial, se debe considerar que la modalidad de caminos básicos no admite un gasto elevado por kilómetro de vía, lo que obliga a circunscribirse a la faja existente.

Se pudo notar presencia de curvas cerradas y/o con problemas de visibilidad

FIGURA N°6-7: EJEMPLOS CURVAS CERRADAS

Ejemplo de curva cerrada a izquierda. Nótese acceso a pasaje y paradero en la curva.	Curva cerrada, con acceso a predio al final de la recta

Fuente: Elaboración propia

También fue frecuente observar la presencia de obstáculos como cruces de canales, que generaban un angostamiento de la vía o bien condicionaban su geometría.

FIGURA N°6-8: EJEMPLOS CRUCES DE CANALES

Sector de curvas con cruce de canal y barrera en regular estado	Angostamiento de la vía por cruce de canal

Fuente: Elaboración propia

6.4.5 Infraestructura

La infraestructura resulta condicionada por las restricciones presupuestarias, de manera que se pudo observar puentes con restricción de peso, fuera de norma, de una sola vía, puentes de madera, entre otros.

FIGURA N°6-9: EJEMPLOS PUENTES

	
Puente sin sector de peatones y barreras inadecuadas.	Puente angosto, de una vía

Fuente: Elaboración propia

También se observaron numerosos baches en la vía, con deterioro evidente de la superficie de rodado.

FIGURA N°6-10: EJEMPLOS BACHES

	
Ejemplo de parches y baches en la vía	Baches en la vía

Fuente: Elaboración propia

7 CALIBRACIÓN DEL MODELO

7.1 Definición de la Red a Calibrar

La oferta vial se caracteriza por un eje troncal de doble calzada como lo son la Ruta 5 y el by-pass a Rancagua, y un conjunto de rutas en su mayoría transversales que conectan las principales ciudades de la región como Rancagua, San Fernando, Rengo Graneros, Santa Cruz, San Vicente de Tagua Tagua, Chimbarongo, Requinoa, San Francisco de Mostazal, Pichilemu, etc. y una gran cantidad de caminos no pavimentados que conectan localidades más pequeñas.

En términos generales no se observan condiciones cercanas a la congestión en redes interurbanas, lo que determina que el tiempo de viaje en una vía de calzada simple no se ve mayormente afectado por la presencia de otros vehículos en la vía.

Se consideraron los buses interurbanos y taxis colectivos como rutas fijas, en tanto vehículos livianos y camiones como modos asignables.

El modelo de redes calibrado es un modelo que simula los viajes del día, consistente con el lapso horario medidos en los estudios de base del estudio (12 horas).

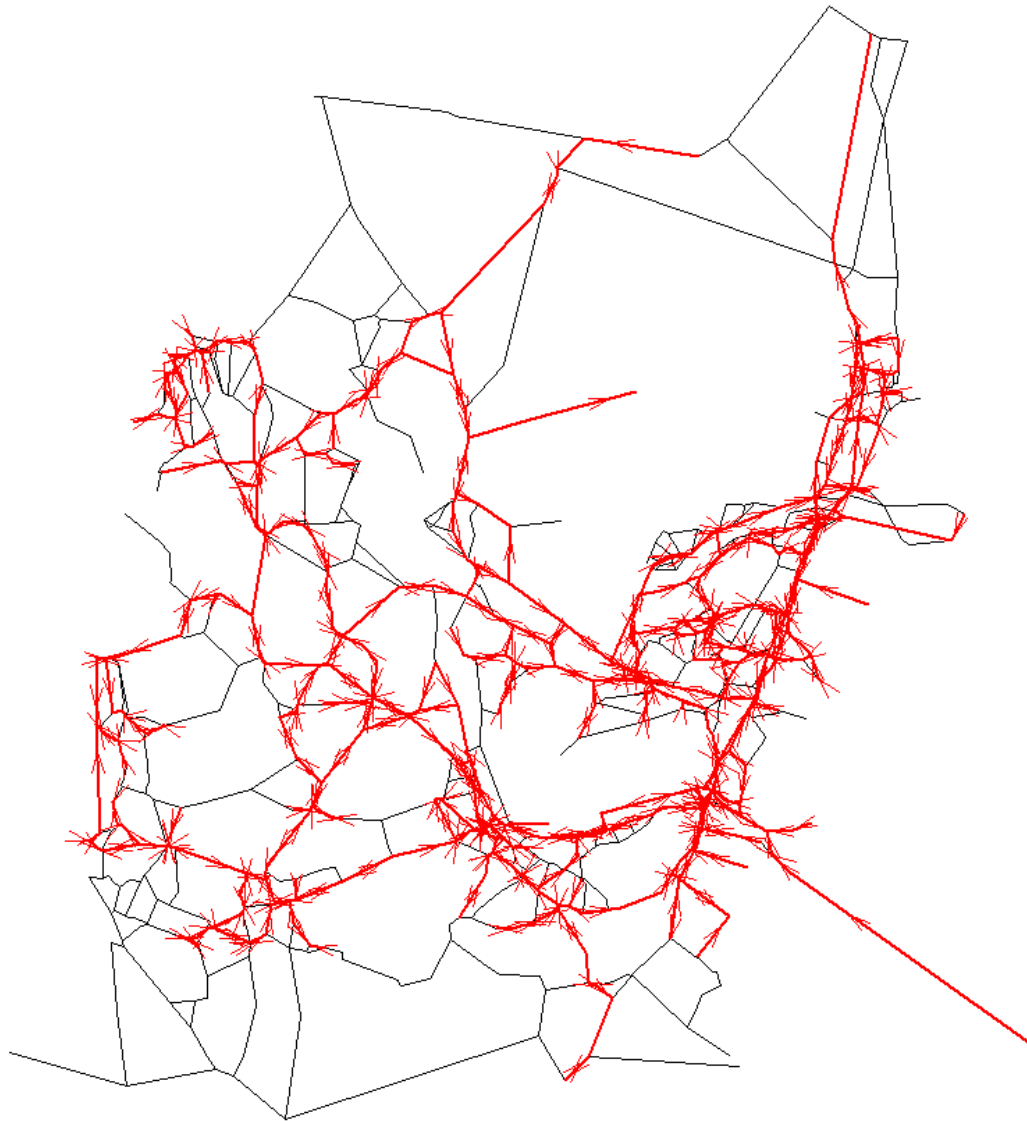
Se incorporan parámetros que permitan asignar pasadas vehiculares durante un lapso de 12 horas en la red vial cuyas capacidades se expresan en términos horarios. Se “adapta” el modelo de transporte de forma que no se generen distorsiones en las velocidades de operación estimadas por los modelos. Es decir, se consideran velocidades a flujo libre y a capacidad iguales a las medidas o en su defecto estimadas exógenamente mediante modelos basados en las características físicas-operativas de los arcos.

7.2 Calibración Ruta Fija

La calibración de la red de modelación considera separadamente el ajuste del flujo fijo del flujo asignable. Para ello se cuenta con información de flujos vehiculares obtenidos como parte del estudio, los que permitirán efectuar el proceso de ajuste.

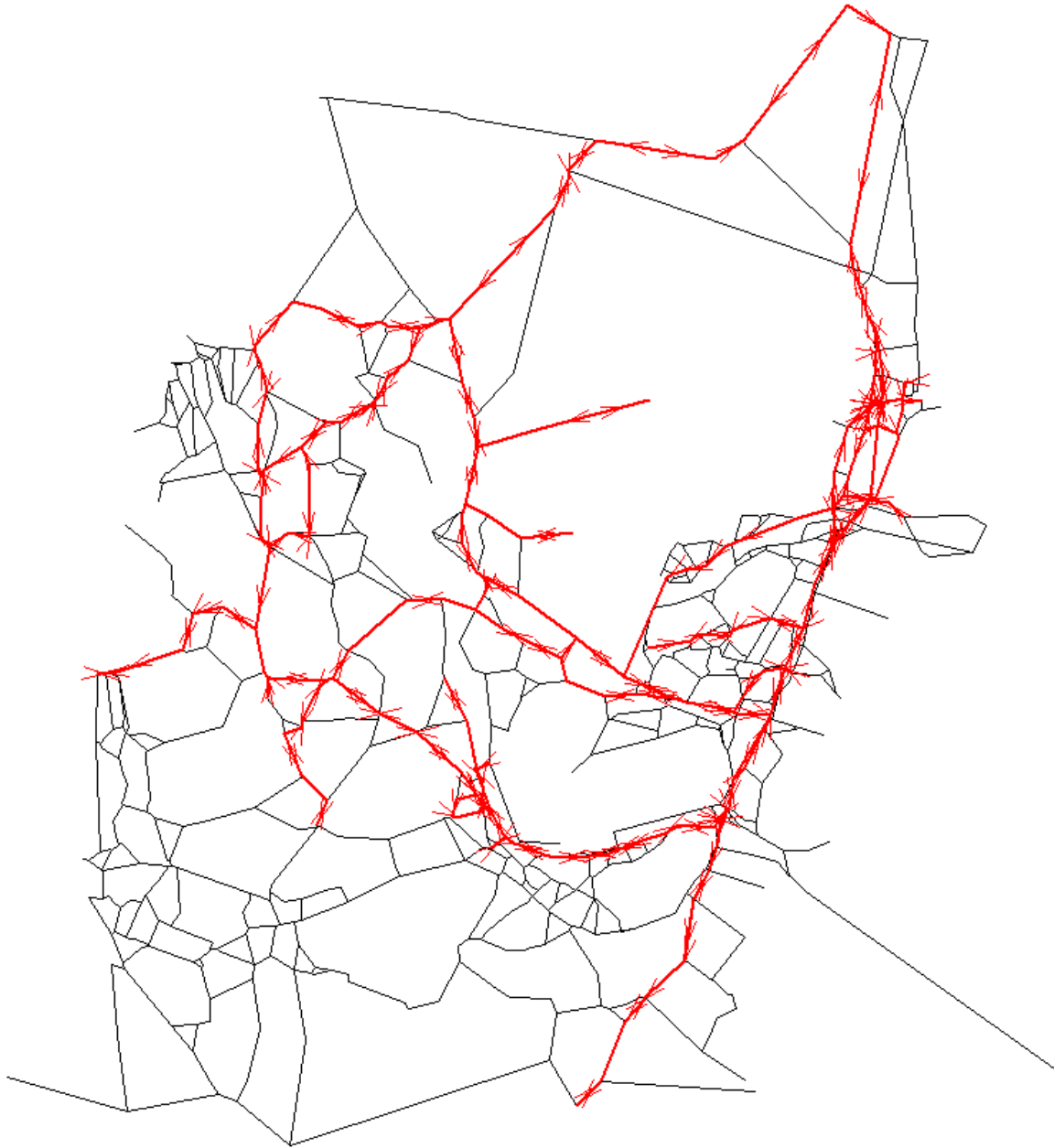
Para la calibración de rutas fijas se consideraron las líneas de taxibuses, buses interurbanos y taxis colectivos identificadas en la base de datos entregada por la Seremi de la Región, no obstante, para lograr un adecuado nivel de ajuste en las rutas fijas, fue necesario incluir nuevos trazados no contemplados preliminarmente. A continuación, se presenta la cobertura definitiva de las rutas fijas modeladas.

FIGURA N°7-1 COBERTURA DEFINITIVA DE TAXIBUSES



Fuente: Elaboración Propia

FIGURA N°7-2 COBERTURA DEFINITIVA DE BUSES INTERURBANOS



Fuente: Elaboración Propia

7.3 Calibración del Flujo Asignable

Los parámetros utilizados en el proceso de asignación y estimación de matrices son:

- Asignación estocástica con factor SUET=0,25
- Se sembraron las matrices con SEED=0,1
- XAMAX=2,5
- Número de iteraciones SATME 2 = 2

El ajuste de matrices origen destino mediante SATME2, tiene como objetivo lograr que el modelo de asignación replique la estructura actual de flujos, lo que no está asegurado con la consolidación de matrices, pues las EODs utilizadas no poseen la cobertura total de la red. Esta cobertura puede ser complementada con la información de conteos libres a partir de los puntos de medición considerados.

Para efectuar el proceso de calibración del flujo asignable, es necesario contar con mediciones de flujo vehicular; identificando periodo, tipo de vehículo y arco. En este caso, para ambos periodos de modelación se usaron las mediciones obtenidas como parte del estudio.

7.4 Consolidación de Matrices

Se utilizaron como punto de partida de las matrices a priori a utilizar en el proceso de calibración del modelo de asignación las matrices de viajes obtenidas de los estudios de base desarrollados como parte del presente estudio.

Un proceso necesario para la obtención de la matriz a priori es la consolidación de la matriz obtenida a partir de las encuestas de interceptación. Una vez expandidas las matrices por punto de control, sentido y período, se procede a la consolidación de ellas. Para esto se observa si la ubicación de los puntos de medición es tal, que los usuarios son captados en uno o varios puntos de muestreo por sentido de viaje.

En los casos en que la ubicación de los puntos genera más de una estimación de los viajes por sentido de tránsito entre un cierto par O/D, es necesario integrar los distintos valores para así generar la mejor estimación del flujo. Al problema de integrar las distintas estimaciones de viajes, se le llama “consolidación de matrices de viajes”.

Dada la amplia cantidad de puntos de encuestas EOD y su distribución espacial, se optó por utilizar el modelo base generado para la región para estimar los porcentajes de viajes de un par O-D que cruzan los puntos de encuesta.

Aplicando esta metodología se obtuvieron los siguientes totales de viajes por periodo.

CUADRO N°7-1: TOTAL VIAJES MATRICES A PRIORI [VIAJES/12 HORAS]

Veh. Livianos	Cam. de dos ejes	Cam. de más de dos ejes
121.999	17.281	16.353

Fuente: Elaboración Propia.

7.5 Ajuste de Matrices

La calibración del modelo SATURN, pasó por varias fases. Se calibraron las frecuencias para las rutas fijas y dado que son recorridos que no dependen de los costos de las rutas (ya que es flujo no asignable), se realizó con anterioridad a la calibración del modelo propiamente tal.

Posteriormente, se efectuó la calibración la asignación de flujos en los arcos que reprodujeran los conteos vehiculares. El tiempo de viaje de los arcos medidos fue ingresado directamente a la red, y se consideró invariable con el flujo debido a los bajos niveles de flujo existentes.

La asignación de los viajes de la matriz origen-destino en la red generó un conjunto de flujos vehiculares en los distintos arcos que la componen. El proceso de calibración estuvo dirigido a reproducir los conteos medidos. Dadas las simplificaciones que tienen los modelos matemáticos como SATURN, no es factible lograr un ajuste perfecto, en consecuencia, se definieron umbrales de tolerancia para el error producido¹.

Existen dos estadísticos vitales para la toma de decisión respecto a la bondad del ajuste logrado. Estos corresponden al R² y el GEH. Los indicadores de ajuste obtenidos por SATME2 de SATURN son los que se presentan a continuación.

CUADRO N°7-2: INDICADORES DE AJUSTE POR PERÍODO

Tipo vehículo	Indicadores	Valor
Veh Livianos	R ²	0,99
	GEH	2,8
	N° de Conteos de Ajuste	160
	Corridas de SATME2	2
Camiones de dos ejes	R ²	0,97
	GEH	2,2
	N° de Conteos de Ajuste	160
	Corridas de SATME2	2
Camiones de más de dos ejes	R ²	0,85
	GEH	4,1
	N° de Conteos de Ajuste	156
	Corridas de SATME2	2

Fuente: Elaboración Propia.

¹ Se buscó que los indicadores R² fueran superiores a 0,85 con pendientes cercanas a la unidad y coeficiente de posición nulo. Adicionalmente se revisaron que los valores del indicador GEH no fueran superiores a 25 en ningún punto.

El siguiente cuadro muestra una síntesis de las modificaciones en los volúmenes de viajes derivadas del proceso de calibración:

CUADRO N°7-3: VARIACIONES EN AJUSTE DE FLUJOS OBSERVADO VS MODELADO

Indicadores	Veh. Liv.	Camiones de dos ejes	Camiones de más de dos ejes
Matriz A Priori	121.999	17.281	16.353
Matriz de Calibración	187.925	21.731	14.330
Diferencia	65.927	4.450	-2.024
Variación Porcentual	35%	20%	-14%

Fuente: Elaboración Propia.

8 DIAGNÓSTICO TERRITORIAL Y PROPOSICIÓN DE ALTERNATIVAS

8.1 Diagnóstico Sistema Demográfico y Económico

La población regional se concentra en la conurbación Rancagua – Machalí con el 32% del total de habitantes y desde la provincia de Cachapoal va disminuyendo la cantidad de habitantes hacia las provincias ubicadas más al sur en la región.

La principal vía estructurante de conexión vial longitudinal en la región de O'Higgins es la Ruta 5.

La Región de O'Higgins es la duodécima con mayor porcentaje de pobres del país, cuenta con una población envejecida y una natalidad estancada comparada con el promedio nacional.

Las comunas con mayor aislamiento geográfico en la provincia de Cachapoal corresponden a Las Cabras. En la provincia de Colchagua las más aisladas son Lolol y Chépica, y en la provincia de Cardenal Caro es la comuna de Paredones.

Además del aislamiento geográfico poseen un menor nivel de equipamiento de servicios. En consecuencia, los habitantes generan viajes para poder satisfacer sus requerimientos de servicios deficitarios en su provincia.

Las comunas más deficitarias de servicios como de conectividad también presentan altos niveles de pobreza como es el caso de Palmilla, Placilla y Olivar.

Según las proyecciones del INE, al año 2035 se espera que Machalí y Pichilemu crezcan a tasas muy superiores al promedio regional y nacional. En comunas como Paredones, La Estrella y Pumanque, con altos porcentajes de ruralidad la tendencia es a la disminución de la población. En general, los crecimientos esperados son inferiores al promedio regional en las provincias de Colchagua y Cardenal Caro.

La pirámide poblacional actual es estacionaria; es decir la tasa de natalidad y mortalidad se reducen y la población envejece, siendo mayor la proporción de mujeres adultas mayores por sobre los hombres.

El ingreso autónomo de los hogares de la región es el séptimo más bajo de todo el país y presenta una fuerte diferenciación a nivel comunal.

La cobertura educacional es baja para el nivel de educación superior a excepción conurbación Rancagua – Machalí donde se concentra la oferta.

La red de atención primaria de la región de O'Higgins se encuentra bien distribuida en todo el territorio con cerca de 270 servicios, las comunas con menor cobertura en atenciones médicas son: Navidad y Paredones; por lo que requiere que ellos se desplacen en busca de este tipo de servicios a otras zonas con mejor equipamiento.

En la provincia de Cachapoal, la capital regional Rancagua es la que posee la mayor cobertura de servicios básicos y será polo atractor de viajes con propósito trámites; en segundo lugar, se encuentra la comuna de Rengo, y en tercer lugar San Vicente. En la provincia de Colchagua son polos atractores de viajes con propósito trámites las comunas de San Fernando y Santa Cruz.

La actividad productiva prioritaria de la Región de O'Higgins está dada por la minería, y en menor medida por la actividad forestal.

La actividad minera en la región de O'Higgins es variada, se concentra en la producción de cobre. El principal centro minero de la región es El Teniente, ubicado en la comuna de Machalí. El cobre obtenido es transportado en camión hasta la estación de transferencia Olivar, donde se carga el ferrocarril y es transportado al puerto de San Antonio o Valparaíso para su destino final.

La producción de frutales se concentra principalmente en la provincia de Cachapoal, con el 62% de toda la región. Parte importante de la producción se destina a la exportación.

El Servicio Nacional de Turismo (SERNATUR) identifica 7 destinos turísticos en la Región de O'Higgins, la mayoría de ellos con desarrollo Consolidado, Emergente (E), para que estos destinos puedan desarrollarse se requiere entre otros el mejoramiento de la infraestructura.

8.2 Diagnóstico Instrumentos de Planificación Territorial

Entre los Instrumentos de Planificación Territorial revisados se encuentran: Política Nacional de Ordenamiento Territorial, Política Regional de Desarrollo Urbano, Estrategia Regional de Desarrollo y el Plan Regional de Desarrollo Urbano; Planes Reguladores Intercomunales de Rancagua, Río Claro, Borde Costero y Lago Rapel.

Entre los planes existentes se revisaron los siguientes:

- **Política Nacional de Ordenamiento Territorial.** Esta política fue aprobada en el 2021 y reconoce la importancia de la conectividad como necesidades de infraestructura portuaria, de transportes, etc.
- **Estrategia Regional de Desarrollo Región de O'Higgins.** Esta estrategia identifica lineamientos estratégicos, de ellos los objetivos atingentes al estudio son:
 - ✓ Fortalecimiento de rutas turísticas que potencien atractivos naturales y culturales en Pichilemu y Marchigüe.
 - ✓ Mejoras en la conectividad vial y digital para facilitar el acceso a mercados y potenciar turismo rural en comunas de Lolol y Chépica.
 - ✓ Incentivar las actividades de turismo rural.
- **Plan Regional de Desarrollo Urbano Región de O'Higgins.** Este instrumento está destinado a orientar el desarrollo urbano a largo plazo de centros urbanos de la Región de O'Higgins, la estructuración del sistema urbano, sus áreas de influencia recíproca y sus relaciones espaciales y funcionales, con el fin de lograr un buen aprovechamiento del territorio tanto urbano como rural.
- **Plan Regulador Intercomunal Rancagua.** Este plan data del año 2010, en adelante, regula y orienta el proceso de desarrollo territorial de las áreas urbanas y rurales de las comunas de Rancagua, Graneros, Mostazal, Codegua, Machalí y Olivar
- **Plan Regulador Intercomunal Río Claro.** El Plan Regulador de Río Claro regula el desarrollo físico de las áreas urbanas y rurales de las comunas de Rengo, Requínoa, Malloa, Quinta de Tilcoco y Coinco en el total de los límites administrativos de las respectivas comunas. Entre las áreas de restricción se mencionan las áreas inundables por crecidas y desbordes del Río Claro, Río Cachapoal, Esteros Tipaume, Rigolemú, Pichigüao, Antivero, y otros cauces menores en quebradas; y a las zonas de preservación de las riberas de sus cauces.
- **Plan Regulador Intercomunal Borde Costero.** Este instrumento regula el desarrollo físico de las áreas urbanas y rurales de las comunas de Navidad, Litueche, Pichilemu y Paredones, para el total de sus límites administrativos que por sus relaciones se integran en una unidad urbana. En esencia es un instrumento para guiar el crecimiento y el desarrollo de la zona costera de O'Higgins buscando un equilibrio entre el uso del territorio y la protección del medio ambiente.
- **Plan Regulador Intercomunal Lago Rapel.** Este Instrumento de Planificación regula la totalidad de la comuna de la Estrella y partes de las comunas de Las Cabras, Pichidegua y Litueche. El plan plantea definir nuevas conectividades que permitan mejorar los tiempos de traslado al interior de la inter-comuna y a nivel regional por parte de los asentamientos existentes, considerando mayores niveles de jerarquización

funcional de los corredores de transporte que reduzcan los efectos de fricción entre el sistema urbano residencial y las actividades productivas.

8.3 Proposición Preliminar de Alternativas de Proyectos

Para la identificación de alternativas de proyecto, se realizó un diagnóstico del sistema de actividades, se analizaron estudios de planificación regional y de infraestructura como referencia en la definición de propuestas.

A partir del modelo calibrado, se analizaron las principales vías con necesidades de mejoramientos de estándar. Esto dio origen a un conjunto de vías de interés que constituyen alternativas de proyecto, las cuales se plantean en un horizonte de mediano y largo plazo, (2025, 2030 y 2040). Los proyectos definidos, se orientan a integrar el territorio, potenciar actividades productivas y facilitar el desarrollo económico.

A partir de la información disponible y el diagnóstico efectuado, se proponen las siguientes iniciativas para un estudio de mayor detalle:

- ✓ Conexión La Punta de Codegua – Carmen Alto
- ✓ Conexión Oriente Codegua - Machalí
- ✓ Conexión Sur Machalí
- ✓ Conexión Machalí – Cachapoal Sur
- ✓ Conexión Cachapoal
- ✓ Conexión Sur Cachapoal
- ✓ Conexión Cachapoal Sur - Rengo
- ✓ Conexión Oriente Tinguiririca
- ✓ Variante Morza Conexión Oriente Tinguiririca
- ✓ Proyecto Conexión Olivar – Las Mercedes
- ✓ Proyecto Conexión Las Mercedes - Rosario
- ✓ Conexión Poniente Ruta 90 – Ruta 5
- ✓ Proyecto Ampliación Conexión Santa Cruz - Chépica
- ✓ Proyecto Mejoramiento Conexión Coinco – Olivar
- ✓ Proyecto Conexión Rapel - Topocalma
- ✓ Proyecto Conexión Topocalma – Ruta 90
- ✓ Proyecto Conexión Alcones - Paredones
- ✓ Proyecto Conexión Bucalemu – San Pedro de Alcántara
- ✓ Proyecto Mejoramiento Conexión Nancagua - Chépica
- ✓ Proyecto Mejoramiento Ampliación Chépica - Teno
- ✓ Proyecto Ampliación Ruta H-30
- ✓ Proyecto Mejoramiento Ruta I-674 Alcones – La Quebrada
- ✓ Proyecto Mejoramiento Ruta I-650 Pumanque – Isla de Yáquil
- ✓ Proyecto Mejoramiento Ruta I-610 Nilahue – Pumanque
- ✓ Proyecto Conexión Ruta 5 – Paredones de Auquenco
- ✓ Conexión Santa Adriana – Los Callejones
- ✓ Conexión Los Tricahues – Las Palmas
- ✓ Conexión Santa Teresa de Quinahue – Cancha de Maitén

- ✓ Proyecto Mejoramiento Alcántara – Límite Regional
- ✓ Mejoramiento Conexión Nilahue del Medio – Hualañé
- ✓ Conexión Huique – Millahue
- ✓ Conexión El Barco – Peumo
- ✓ Conexión Pichidegua – La Rosa

9 PROYECCIÓN DE DEMANDA DE VIAJES

Para proyectar la demanda de viajes a los cortes definidos (2025, 2030, 2035 y 2040) se realizaron proyecciones demográficas y económicas para el área de estudio. A partir de estos antecedentes se generan modelos econométricos que permitan estimar la evolución de la demanda de viajes.

9.1 Proyecciones del PIB y Demográficas

Para formular los escenarios macroeconómicos adoptados en la proyección de la demanda y consiguiente evaluación del proyecto en estudio, es necesario contar con una tasa de crecimiento del PIB nacional, para ello se considera el desempeño pasado de la economía como también las expectativas de crecimiento futuro.

Desde 1984 a 2024 el crecimiento de la economía fue de un 4,5% promedio anual. Sin embargo, a partir del año 2014 se observa una baja en el crecimiento país, siendo la tasa media solo del 2,0%.

Para estimar las proyecciones futuras se revisaron diversas fuentes como el Fondo Monetario Internacional (FMI), la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OECD), Informe de Política Monetaria del Banco Central y Predicciones del Ministerio de Hacienda del año 2024. A partir de dichos antecedentes se define el crecimiento futuro.

CUADRO N°9-1: ESCENARIOS DE CRECIMIENTO DEL PIB NACIONAL

Año	Pesimista	Tendencial	Optimista
2025	2,1%	2,4%	2,7%
2026	1,9%	2,2%	2,5%
2027	1,9%	2,2%	2,5%
2028	1,9%	2,2%	2,5%
2029	2,0%	2,3%	2,6%
2030	1,9%	2,2%	2,5%
2030-2035	1,8%	2,1%	2,4%
2035-2040	2,0%	2,3%	2,6%

Fuente: Banco Elaboración Propia

Para determinar la población futura se utilizaron las proyecciones comunales elaboradas por el INE a partir del Censo de Población 2017.

Dado que las proyecciones comunales de población se extienden hasta el año 2035 y como se requieren antecedentes para el corte 2040, fue necesario realizar un supuesto que consideró mantener la pendiente entre el período 2030-2035 para el siguiente tramo 2035-2040 a nivel de comunas.

Se revisaron los proyectos inmobiliarios que se sometieron a Evaluación de Impacto Ambiental en la Región de O'Higgins, a partir del segundo semestre del 2017 a la fecha y que se encuentran aprobados.

A partir de estos antecedentes se ajusta la cantidad de habitantes proyectadas por el INE al año 2030 en las comunas con proyectos inmobiliarios y se mantienen las tasas de crecimiento proyectadas por el INE para los cortes temporales futuros.

En el cuadro que sigue se presenta la proyección y el crecimiento provincial de la población para la zona de estudio.

CUADRO N°9-2: PROYECCIONES DE POBLACIÓN POR PROVINCIAS EN ESTUDIO

Provincia	Censo 2017	Proyecciones de Población Ajustada con Proyectos Inmobiliarios				Tasa Anual de Crecimiento			
		2025	2030	2035	2040(e)	2017-2025	2025-2030	2030-2035	2035-2040
Cachapoal	646.133	772.874	807.303	830.197	853.840	2,3%	0,9%	0,6%	0,6%
Colchagua	222.556	245.454	251.780	256.848	262.032	1,2%	0,5%	0,4%	0,4%
Cardenal Caro	45.866	50.250	51.552	52.642	53.782	1,1%	0,5%	0,4%	0,4%

Fuente: Elaboración propia a partir de Proyecciones INE 2002-2035, basadas en Censo 2017. (e): estimado 2040

9.2 Proyecciones Sector Frutícola

El 24% de la superficie plantada en Chile con frutales se concentra en la Región de O'Higgins.

El 68% de la fruta cosechada en la región se destina a exportación, dada la ubicación de las plantaciones, se generan flujos transversales hasta la Ruta 5 y la Ruta 66 para salir por los puertos de la Región de Valparaíso.

El cambio climático ha agudizado los problemas asociados a la disponibilidad de recursos hídricos y su uso eficiente en todo el país.

En consecuencia, las expectativas para la región de O'Higgins es que se mantenga el desarrollo frutícola, con un uso cada vez más eficiente del agua; mejorar los rendimientos a través de desarrollo tecnológico y un moderado incremento en la superficie cultivada.

A continuación se presentan las proyecciones de la producción de frutales.

CUADRO N°9-3: PROYECCIONES PRODUCCIÓN DE FRUTALES, REGIÓN DE O'HIGGINS

Período	Crecimiento Producción
2024-2030	4,0%
2030-2035	3,7%
2035-2040	3,2%

Fuente: Elaboración propia

9.3 Modelos Elasticidad PIB

Para estimar las proyecciones de crecimiento futuro del flujo vehicular se realiza un análisis de la evolución histórica de ellos a partir de antecedentes del Plan Nacional de Censos (PNC), y las proyecciones del crecimiento del PIB nacional para las próximas décadas.

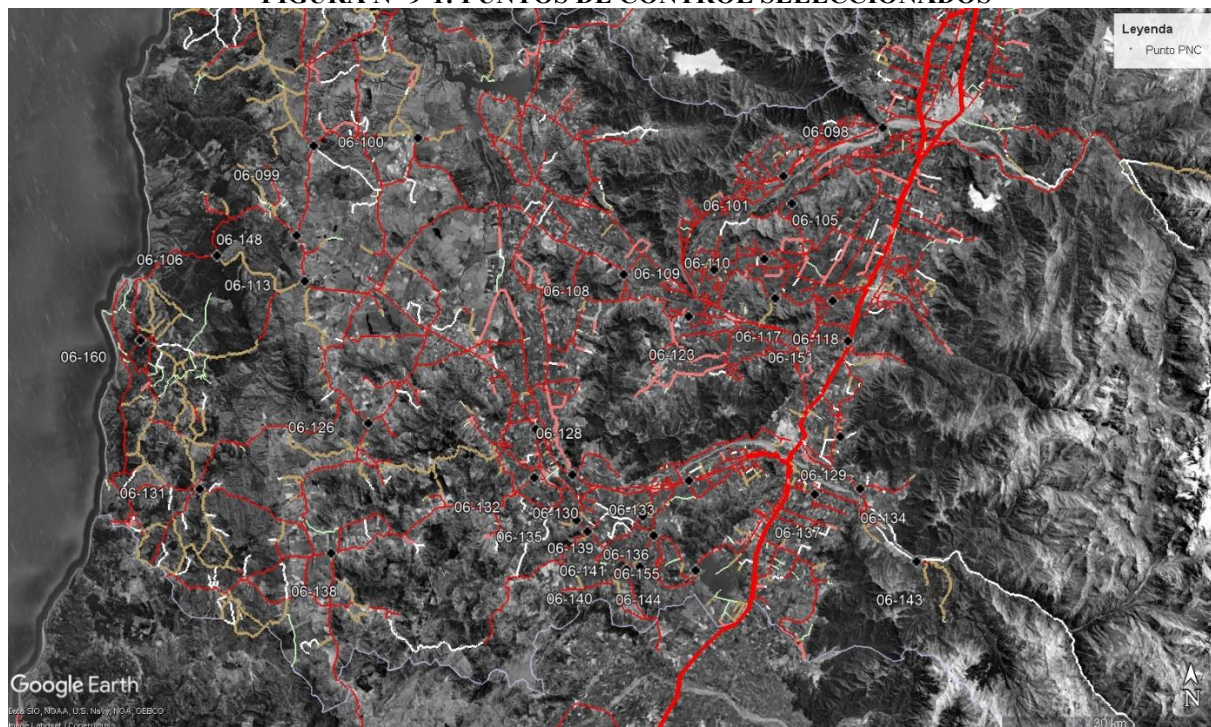
Para proyectar la evolución de los flujos vehiculares en el tiempo se estiman modelos que relacionan el flujo vehicular con cambios en el PIB, intentando determinar una elasticidad.

El enfoque más general para estimar modelos de serie de tiempo es el de utilizar modelos ARIMA (modelo autorregresivo integrado de promedio móvil). Para cada serie temporal se estimaron el ajuste (indicador R^2) y la significancia estadística de los coeficientes obtenidos (t-test).

Se determina el modelo de mejor ajuste para cada serie temporal. Una vez determinado el modelo se usa en fase predictiva para 20 años según las proyecciones previstas para el PIB nacional, estimando directamente la elasticidad de largo plazo como el promedio de la elasticidad obtenida en los 5 años finales de la predicción.

Para el análisis se seleccionaron puntos del PNC que cuentan con información completa por tipo de vehículo y temporada, se consideró la fuente de información que tiene mayor cantidad de registros históricos.

FIGURA N° 9-1: PUNTOS DE CONTROL SELECCIONADOS



Fuente Elaboración propia

Se consideraron como series independientes los datos de las temporadas invierno, primavera y verano, y se estimaron modelos para cada serie.

Se descartaron modelos con bajo ajuste $R^2 < 65\%$ y resultados “anómalos” de elasticidad (valores negativos, muy bajos o muy altos).

A continuación se presenta un resumen de las elasticidades obtenidas para vehículos livianos, camiones, buses y vehículos totales.

CUADRO N° 9-4 ELASTICIDADES REGRESIONES LINEALES PIB

Tipología Vehicular	Elasticidad
Vehículos livianos	1,85
Camiones 2 ejes	2,17
Camiones Pesados	2,61
Buses	1,68
Vehículos Totales	1,91

Fuente Elaboración propia

10 PROPUESTA DE INFRAESTRUCTURA DE MEDIANO Y LARGO PLAZO

10.1 Definición de Situación Base

Para realizar la evaluación económica de los diversos planes de proyectos viales, se requiere previamente definir una Situación Base frente a la cual se comparan las alternativas de mejoramiento.

La Situación Base se generará a partir de los proyectos que ya tienen decidida su ejecución, ya sea por parte del MOP u otra entidad relevante.

En la definición de la Situación Base se incluyen aquellos proyectos que afecten la operación de la red.

10.1.1 Recopilación de Proyectos Viales

Se recopilaron antecedentes de proyectos viales en estudio, para lo cual se recurrió a las siguientes fuentes de información:

- Nómina de respaldo proyecto de Ley de Presupuesto 2025: El documento es elaborado por la Dirección de Presupuestos del MOP y contiene proyectos por región, que se desarrollarán durante el 2025 y años posteriores.
- Programa de Concesiones Viales Urbanas e Interurbanas. La cartera considera iniciativas que se encuentran en el respaldo de ley de presupuesto.

10.1.2 Proyectos Incluidos en la Situación Base

En el siguiente cuadro se presenta el listado de proyectos de infraestructura considerados en la situación base.

CUADRO N°10-1: LISTADO PROYECTOS INCLUIDOS EN LA SITUACIÓN BASE

Código BIP	Nombre Iniciativa	Etapas
30043498	Mejoramiento Ruta H-45-G Sector: Cuesta Chada a Limite Regional	Ejecución
30071800	Mejoramiento CBI Ruta I-120 Km 0.0 Al 14.7, La Estrella y Litueche	Ejecución
30083002	Mejoramiento Pasada Urbana Por Santa Cruz Diversas Rutas	Ejecución
30108960	Ampliación Ruta H-27 Carretera El Cobre, Rancagua-Machalí	Ejecución
30121431	Construcción Paso Desnivelado Gultro - Lo Conti, Olivar	Ejecución
30122160	Mejoramiento Ruta I-45 Sector Puente Negro - La Rufina	Ejecución
30123731	Mejoramiento Ruta I-112 Litueche - Pupuya, Km 0.00 A Km 11.0	Diseño
30131977	Ampliación Reposición Ruta 90 (Ex I-50) S: San Fdo.-Cr Ruta I-860	Ejecución
30459773	Construcción Conexión Vial Machalí - Ruta 5 - H-10	Diseño
30474709	Ampliación Ruta H-10 y Ruta H-210 Sector Urb. Comuna de Rancagua	Ejecución
40031614	Construcción Puente Clonqui y Accesos, En Ruta H-265, Machalí	Ejecución
40044675	Construcción Puente Santa Teresa, Camino I-620, Pumanque	Diseño

Código BIP	Nombre Iniciativa	Etapas
40044978	Construcción Conexión Vial Corcolén - Puente Alta, Comunas de Malloa y Quinta de Tilcoco	Diseño
40046575	Construcción Puente El Maqui, Camino I-494, Comuna de Pichilemu	Ejecución
40047979	Mejoramiento Camino H-634 Km 18,3 Al 20,6 Sector La Vinilla, San Vicente	Ejecución
40054783	Ampliación Ruta 90, Sector: Placilla-San Gregorio	Diseño
40059183	Mejoramiento Ruta I-72 Sector Lolol Alto Nilahue Región de O'Higgins	Diseño
40069368	Construcción y Mejoramiento Pasada Urbana Ruta I-60, Comuna de Pumanque	Prefactibilidad

Fuente Elaboración propia

10.1.3 Programa de Concesiones Viales Urbanas e Interurbanas

Las iniciativas que se encuentran en el respaldo de ley de presupuesto y se localizan al interior de la región, que resultan de interés para el presente estudio son:

**CUADRO N°10-2: INICIATIVAS DE CONCESIONES EN RESPALDO LEY DE PRESUPUESTO
MOP 2025 – REGIÓN DE O'HIGGINS**

Código BIP	Nombre Iniciativa	Etapas	Monto 2025 (M\$)
29000572-0	Red O'Higgins Hospital de Rengo y Hospital de Pichilemu (Inspección Fiscal)	Ejecución	1.296.734
29000084-0	Embalse Convento Viejo (Inspección Fiscal)	Ejecución	738.384
29000169-0	Convento Viejo (Sistema Nuevas Inversiones)	Ejecución	2.161.150
29000169-0	Convento Viejo (Sistema Nuevas Inversiones)	Ejecución	15.979.912
29000169-0	Convento Viejo (Sistema Nuevas Inversiones)	Ejecución	1.108.688
29000276-0	Embalse Convento Viejo (Expropiaciones)	Ejecución	80.720

Fuente Dirección de Planeamiento

Se revisaron también proyectos de carácter interregional, con vinculación a la Región de O'Higgins, lo que se muestra en el cuadro siguiente:

**CUADRO N°10-3: INICIATIVAS DE CONCESIONES EN RESPALDO LEY DE PRESUPUESTO
MOP 2025 – INTERREGIONAL**

Código BIP	Nombre Iniciativa	Etapas	Monto 2025 (M\$)
29000062-0	Ampliación, Rehabilitación y Mejoramiento Ruta 5 Sector Santiago-Talca y Acceso Sur a Santiago (Inspección Fiscal)	Ejecución	1.094
29000062-0	Ampliación, Rehabilitación y Mejoramiento Ruta 5 Sector Santiago-Talca y Acceso Sur a Santiago (Inspección Fiscal)	Ejecución	1.567.041
29000062-0	Ampliación, Rehabilitación y Mejoramiento Ruta 5 Sector Santiago-Talca y Acceso Sur a Santiago (Inspección Fiscal)	Ejecución	1.042
29000111-0	Concesión Ruta 5 Tramo Santiago-Talca y Acceso Sur (Sistema Nuevas Inversiones)	Ejecución	196.006
29000111-0	Concesión Ruta 5 Tramo Santiago-Talca y Acceso Sur (Sistema Nuevas Inversiones)	Ejecución	70.481
29000111-0	Concesión Ruta 5 Tramo Santiago-Talca y Acceso Sur (Sistema Nuevas Inversiones)	Ejecución	6.335
29000111-0	Concesión Ruta 5 Tramo Santiago-Talca y Acceso Sur (Sistema Nuevas Inversiones)	Ejecución	9.899

Código BIP	Nombre Iniciativa	Etapas	Monto 2025 (M\$)
29000111-0	Concesión Ruta 5 Tramo Santiago-Talca y Acceso Sur (Sistema Nuevas Inversiones)	Ejecución	8.772.598
29000205-0	Ruta 5 Tramo Santiago - Talca y Acceso Sur A Santiago (Estudios)	Ejecución	10.420
29000205-0	Ruta 5 Tramo Santiago - Talca y Acceso Sur A Santiago (Estudios)	Ejecución	260
29000244-0	Ruta 5 Tramo Santiago - Talca y Acceso Sur A Santiago (Expropiaciones)	Ejecución	41.680
29000225-0	Ruta 66, Camino de La Fruta (Inspección Fiscal)	Ejecución	1.376.695
29000307-0	Habilitación Camino de La Fruta Ruta 66 (Expropiaciones)	Ejecución	5.889.483
29000307-0	Habilitación Camino de La Fruta Ruta 66 (Expropiaciones)	Ejecución	125.040
29000638-0	Segunda Concesión Ruta 66, Camino de La Fruta (Subsidio)	Ejecución	9.097.973
29000577-0	Segunda Concesión Ruta 66 Camino de La Fruta (Compensaciones)	Ejecución	10.096.980
791-0	Construcción Segunda Concesión Ruta 66 Camino de La Fruta (Compensaciones)	Ejecución	5.939.389

Fuente Dirección de Planeamiento

10.2 Marco Presupuestario

Para la determinación del marco presupuestario se contó con información histórica de las inversiones del Ministerio de Obras Públicas para la región.

La disponibilidad presupuestaria para inversiones viales sería de 15.000 MM\$/año, descontando a la inversión total de la Dirección de Vialidad el monto destinado a conservación y otros proyectos. Si bien es posible considerar la eventualidad de aumentos en el marco presupuestario, se debe considerar que existen programas de recursos ya comprometidos por lo que establecerá un rango entre 15.000 y 25.000 MM\$/año para efectos de potenciales inversiones.

10.3 Estimación de Inversiones por Proyecto

Se realizó una estimación de los costos asociados a los planes de proyectos definidos, entendiéndose que las obras asociadas a dichos planes corresponden a mejoramientos de caminos existentes, actualmente de ripio, mediante rectificaciones geométricas menores, pavimentación asfáltica y materialización de una doble calzada en algunos casos.

En el cuadro siguiente se presenta la estimación de inversiones:

CUADRO N°10-4: ESTIMACIÓN DE COSTOS DE PROYECTOS

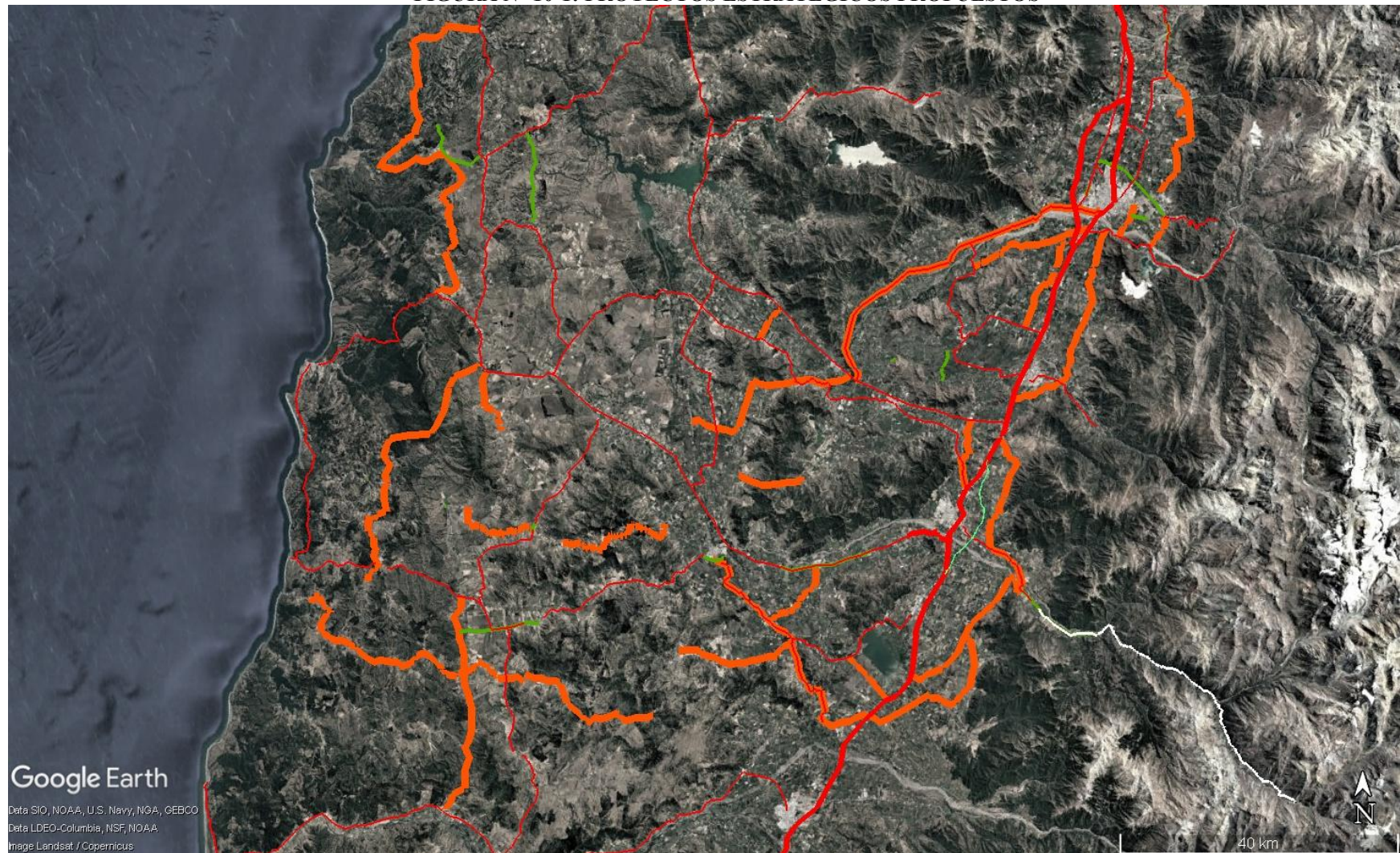
ID Proy	Identificación Ruta	Longitud (Km)	Total Proyecto Vial (UF)	Total Proyecto Estructuras (UF)	Total Proyecto Expropiación (UF)	Costo Total (UF)
1	Conexión La Punta de Codegua – Carmen Alto	8,7	216.750	0	8.150	224.900

ID Proy	Identificación Ruta	Longitud (Km)	Total Proyecto Vial (UF)	Total Proyecto Estructuras (UF)	Total Proyecto Expropiación (UF)	Costo Total (UF)
2	Conexión Oriente Codegua – Machalí	21,8	536.550	131.200	8.150	675.900
3	Conexión sur Machalí	3,4	84.425	0	11.752	96.177
3b	Conexión Machalí – Cachapoal Sur	5,0	114.475	172.200	15.935	302.610
4	Conexión Cachapoal	5,4	122.983	221.400	14.097	358.480
5a	Conexión Sur Cachapoal	5,8	145.013	0	20.882	165.894
5	Conexión Cachapoal Sur – Rengo	32,8	819.738	0	66.317	886.055
6	Conexión oriente Tinguiririca	52,9	1.317.213	23.739	98.568	1.439.520
6b	Variante Morza Conexión oriente Tinguiririca	25,6	641.050	4.920	92.311	738.281
7a	Proyecto Conexión Olivar – Las Mercedes	3,9	98.500	0	14.184	112.684
7b	Proyecto Conexión Las Mercedes – Rosario	10,1	252.025	0	23.620	275.645
7c	Conexión poniente Ruta 90 – Ruta 5	23,0	286.975	0	0	286.975
8	Proyecto Ampliación Conexión Santa Cruz - Chépica	15,0	2.101.820	0	0	2.101.820
9	Proyecto Mejoramiento Conexión Coinco - Olivar	19,0	475.925	0	0	475.925
11	Proyecto Conexión Rapel – Topocalma	37,1	926.800	0	19.949	946.749
12	Proyecto Conexión Topocalma – Ruta 90	37,7	942.050	0	34.362	976.412
13	Proyecto Conexión Alcones – Paredones	46,2	1.153.950	3.280	103.705	1.260.935
14	Proyecto Conexión Bucalemu – San Pedro de Alcántara	15,6	388.825	0	0	388.825
15	Proyecto Mejoramiento Conexión Nancagua - Chépica	12,3	306.250	70.110	0	376.360
16	Proyecto Mejoramiento Ampliación Chépica - Teno	27,2	950.460	27.101	0	977.561
21	Proyecto Ampliación Ruta H-30	52,7	7.374.640	39.565	0	7.414.205
22	Proyecto Mejoramiento Ruta I-674 Alcones – La Quebrada	7,5	187.650	0	27.022	214.672
23	Proyecto Mejoramiento Ruta I-650 Pumanque – Isla de Yáquil	27,5	824.400	0	98.928	923.328
24	Proyecto Mejoramiento Ruta I-610 Nilahue - Pumanque	10,6	265.425	0	38.221	303.646
25a	Proyecto Conexión Ruta 5 – Paredones de Auquenco	7,9	196.825	0	25.574	222.399
25b	Conexión Santa Adriana – Los Callejones	18,1	452.900	6.478	0	459.378
25c	Conexión Los Tricahues – Las Palmas	17,7	442.900	0	0	442.900
25d	Conexión Santa Teresa de Quinahue – Cancha de Maitén	16,8	419.650	2.665	4.378	426.693
25e	Proyecto Mejoramiento Alcántara – Límite Regional	20,0	499.700	0	0	499.700
26	Mejoramiento conexión Nilahue del Medio – Hualañé	34,9	873.450	0	31.545	904.995
27	Conexión Huique - Millahue	10,2	167.500	6.650.000	0	6.817.500
28	Conexión El Barco - Peumo	31,3	781.925	45.100	23.863	850.888
29	Conexión Pichidegua – La Rosa	6,5	152.906	205.000	18.588	376.494
	TOTAL	670	24.521.646	7.602.578	800.100	32.924.506

Fuente: Elaboración propia

Se considera un total de 544 km de calzada simple pavimentada, 68 km de doble calzada y 27 km de ampliación de capacidad con terceras pistas en sectores de cuesta, totalizando 670 km intervenidos. La inversión total en los proyectos incluidos alcanza a UF 32.924.506 (equivalentes a 1.264.851 MM\$ a diciembre de 2024).

FIGURA N° 10-1: PROYECTOS ESTRATÉGICOS PROPUESTOS



Fuente: Elaboración propia

10.4 Riesgos Antrópicos y Ambientales

Se realiza una identificación y clasificación de los riesgos naturales que puedan afectar a las rutas en estudio.

El riesgo se define por la presencia de una amenaza de cualquier origen y la exposición de la población o de sus actividades a dicha amenaza. En la medida que se conozcan y se sistematicen las amenazas se puede minimizar sus efectos

Se realizó un análisis de los riesgos naturales a los cuales están sujetas las rutas en estudio considerando las siguientes variables:

- Riesgo Geológico y sísmico (socavón, derrumbes, etc.)
- Riesgo Forestal (incendios)
- Riesgo Hidrológico (inundación, aludes)
- Riesgo volcánico

En el caso del riesgo geológico, que se manifiesta principalmente en fenómenos de remoción en masa, se consideran las variables pendientes, elevación, sustrato geológico, presencia de fallas geológicas y ocurrencia histórica. Los tramos con una mayor propensión al riesgo de remociones en masa se encuentran en el valle donde se ubica la ciudad de Rancagua hasta la ciudad de San Fernando. Este valle se encuentra rodeado por la Cordillera de los Andes al Este y por el Cordón Montañoso de Cantillana al oeste. Este último presenta las zonas con valores más altos en el análisis de suma ponderada, lo cual lo posiciona como la zona con mayor riesgo ante eventos de remoción en masa. Cabe mencionar que, si bien las remociones afectan localmente, el recorrido en distancia que puedan tener este tipo procesos puede variar en función de las condiciones geomorfológicas del lugar.

Los incendios forestales representan una amenaza importante para la conectividad de una zona, ya que pueden generar un gran impacto a una gran distancia de su foco a través del humo y las cenizas. Se ha considerado sólo la cobertura vegetal en torno a las rutas en estudio, específicamente en un área de influencia de 5 kilómetros. Los tramos con mayores riesgos a incendios se observan principalmente en las zonas montañosas, tanto en la cordillera de la costa, Los Andes y el Cordón montañoso de Cantillana. En la cordillera de la costa (al oeste de la región), se observan las mayores extensiones con valores altos en riesgos de incendios. Esto es debido a que las altas pendientes, sumado a una fuerte presencia de plantaciones forestales de especies exóticas propician el desarrollo y propagación de los incendios.

El análisis del riesgo hidrográfico tiene como objetivo conocer la torrencialidad y la velocidad de la escorrentía en el área de influencia de las rutas en estudio, la cual fue definida en un rango de 5 kilómetros a ambos costados. Se observa que la mayor parte de las rutas en estudio presentan un riesgo hidrográfico medio, sin presentarse ninguna ruta con riesgo de nivel alto.

El riesgo volcánico presente en prácticamente en todo territorio nacional se manifiesta con una serie de procesos destacándose los flujos de lavas, los lahares, los piroclastos, las bombas, las columnas eruptivas, la caída de cenizas, el flujo piroclástico, las avalanchas volcánicas y los gases. En base al listado de volcanes activos definido por el –Sernageomin se definió un buffer de 30 km en torno a cada volcán, y mediante el procesamiento SIG se identificó la vialidad que se afectaría por una eventual erupción. Para el presente estudio, y considerando las rutas analizadas, al aplicar esta metodología ninguna de las rutas analizadas se localiza en el área de influencia de los volcanes ubicados en la región (Tinguiririca y El Palomo)

10.5 Propuestas de Seguridad Vial para Caminos Básicos

Tomando en consideración la alta cantidad de caminos básicos en la Región de O'Higgins, se plantea el análisis de dichas vías ejecutadas en la región identificando principalmente los aspectos asociados a la seguridad de los peatones y usuarios de bicicleta, sin dejar de lado a los conductores de vehículos motorizados.

Generalmente los caminos básicos son angostos, con pocas mejoras a la geometría (sin mayores expropiaciones para bermas o veredas) y donde el aumento de la velocidad de operación producto del mejoramiento genera posibles siniestros de tránsito.

Se detectaron zonas de riesgo de acuerdo a la infraestructura existente, la siniestralidad asociada, y según los flujos vehiculares y de ciclistas.

10.5.1 Según Infraestructura Existente

A partir de la información levantada en terreno, se generó una base de datos compuesta por fichas asociadas a cada camino básico, donde cada una contiene los elementos agregados en tramos de 100 m. De esta manera, se detectaron caminos de longitud mayor a 5 km, que presentaban una cantidad considerable de curvas cerradas (izquierda o derecha), cruces de canales, presencia de puentes y cambios de ancho de calzada (angostamientos o ensanchamientos). Estos son (ordenados según la fecha de auscultación):

CUADRO N°10-5: CAMINOS BÁSICOS DE MAYOR RIESGO EN LA REGIÓN DE O'HIGGINS

Nombre Ruta	Inicio	Fin	Longitud (km)
S/R H-520	H-38	H-56	5,2
H-634	H-56	H-630	23,1
I-400	Los Rulos	I-40	19,0
I-850	Ruta 90	I-842	11,1
H-342	H-30 (ote)	H-30 (pon)	9,4
H-324	H-30	H-334	8,6
H-600	Ruta 5	Plaza Malloa	5,4
I-198	I-226	I-212	5,2
I-594	I-72 (pon)	I-72 (ote)	13,3
I-520 (parte 2)	Inicio pav.	Fin pav.	6,1
I-546	I-550 (nor-pon)	I-550 (sur-ote)	7,6
I-566-J	Inicio pav.	I-572	6,5
I-776	Fin pav.	I-86	17,6

Fuente: Elaboración propia a partir de levantamiento en terreno

Esta identificación de debilidades en términos de seguridad de la infraestructura, representa aquellas vías donde es más probable que se registren siniestros de tránsito de alta severidad.

10.5.2 Según Siniestralidad

Según la base de datos de siniestros de tránsito de Carabineros de Chile, durante los últimos 5 años (2019 al 2023) se han producido más de 10.000 accidentes en la Región de O'Higgins. Si bien las rutas con mayor accidentabilidad de la región corresponden a vías de mayor jerarquía (Ruta 5 Sur, I-50, 66, Travesía, H-30, etc.), existen algunos caminos básicos con problemas de seguridad vial que se clasifican en la siguiente tabla:

CUADRO N°10-6: SINIESTRALIDAD DE CAMINOS BÁSICOS EN LA REGIÓN DE O'HIGGINS

Ruta	Siniestros de Tránsito	Fallecidos	Heridos Graves
H-800	58	2	14
H-790	48	1	7
I-340	43	3	5
I-826	28	2	3

Ruta	Siniestros de Tránsito	Fallecidos	Heridos Graves
I-790	17	3	1
H-776	15	1	2
H-858	15	0	2
H-320	14	1	4
I-376	14	1	2
H-265	12	0	2

Fuente: Elaboración propia a partir de estadísticas Carabineros de Chile

Sobre los tipos de siniestros, se observa una tendencia hacia los choques (impacto contra un objeto fijo), y colisiones (impacto entre dos o más vehículos en movimiento), contabilizando dos tercios de los casos en promedio.

CUADRO N°10-7: TIPOS DE SINIESTROS EN CAMINOS BÁSICOS EN LA REGIÓN DE O'HIGGINS

Ruta	Atropello	Caída	Choque	Colisión	Incendio	Volcadura	Otro Tipo	Total
H-800	4	1	18	25		8	2	58
I-790	1		7	4		3	2	17
I-340	2		6	18		12	5	43
I-826	5		12	5		5	1	28
H-790	2		9	21		5	11	48
H-776	3		3	7			2	15
H-858	1		7	5			2	15
H-320			7	5		2		14
I-376			2	8		4		14
H-265			6	1		5		12

Fuente: Elaboración propia a partir de estadísticas Carabineros de Chile

Acerca de las causas de los siniestros de tránsito en caminos básicos, se registra que la mayoría corresponde a imprudencias del conductor, seguido de alcohol en la conducción y en menor medida, pérdida de control del vehículo.

10.5.3 Según Flujos Vehiculares

De acuerdo al análisis de la composición del flujo por tipo de vehículo en caminos básicos, obtenido a partir de las mediciones en 120 puntos que se presentó en el Capítulo 4, los puntos de control de mayor riesgo son:

- Ruta I-148 (Cruce I-80-G / Piedra Partida / Cruce I-112 (La Esfera)): ubicada en la comuna de Litueche, esta ruta registró uno de los valores más altos de camiones de más de 2 ejes (96 en 12 horas).

- Ruta I-192 (Cruce I-112 / Valle Hidalgo / Cruce I-119): esta vía emplazada en la comuna de Navidad contabilizó más de 150 camiones de dos o más ejes. Cabe destacar que posee un buen estado de pavimento y demarcación, con escasa fricción lateral.
- Ruta I-158 (Cruce I-20 (San Miguel De Los Llanos) / Cruce I-150 (Coipu)): esta ruta de la comuna de La Estrella está fuertemente influenciada por el tránsito de vehículos pesados proveniente de plantas de industria porcina y avícola.
- Ruta H-400 (Cruce Ruta 6 (Paso Inferior) / Cruce H-40): situada en la comuna de Olivar, donde su estado de pavimento y demarcación es regular, con un tipo de entorno mixto (campestre y residencial) y alta presencia de aceras, posee un tránsito regular de camiones simples (más de 100 al día).

10.5.4 Según Flujos de Bicicletas

Para evaluar la necesidad de una ciclovía, se utiliza el flujo de bicicletas que transita por la red vial en estudio.

De los resultados obtenidos se destaca que:

- Dos tercios de las mediciones corresponde a flujos bajos de vehículos y bicicletas, por lo que solo correspondería una segregación materializada por líneas longitudinales (ciclobanda).
- Un 28% de las mediciones contiene flujos de vehículos motorizados o de bicicletas catalogados como “Medio”, es decir, la facilidad para ciclistas debería contar con demarcación de línea continua, más tachas reflectantes rojas.
- Por último, los casos donde existe una necesidad de habilitar ciclovías delimitadas con tachones bajos y línea continua de borde, es decir, que los conflictos entre usuarios motorizados y no motorizados son considerables debido al alto flujo de ambos tipos, son los siguientes:
 - Ruta H-320, cruce H-30 (Loreto) / Cruce H-312 (Quimávida por los Bronces)
 - Ruta H-634, Cruce H-65 (Malloa) / Corcolén / cruce H-56 (tunca)
 - Ruta H-312, Cruce H-30 / Lo de Cuevas / H-30
 - Ruta S/R-H-452, Cruce H-50 (Esmeralda) / Cruce H-60
 - Ruta H-574, cruce H-56 (La estacada) / Rio Claro
 - Ruta H-255, Av. San Juan (Machali) / Cruce H-35 (Termas de Cauquenes)
 - Cruce Ruta 5 (Caletera Tinguiririca) / Cruce I-86 (Chimbarongo)

10.5.5 Estándares de Seguridad Vial en Caminos Básicos

A partir de la normativa vigente del Manual de Carreteras Volumen 6 del MOP y el Manual de Señalización de Tránsito del MTT, se proponen estándares de dispositivos de seguridad vial en caminos básicos. Los cuales incluyen:

- **Señalización Vertical:** Señales reglamentarias, señales de advertencia de peligro y señales informativas.
- **Señalización Horizontal**
- **Elementos de Apoyo:** Delineadores verticales, delineadores direccionales, captafaros, hitos de arista e hitos flexibles.
- **Segregación:** Tachones bajos y soleras
- **Sistemas de Contención**
- **Facilidades para Usuarios Vulnerables**
- **Iluminación**

10.5.6 Tratamiento Especial a Singularidades

A continuación se presenta una caracterización de las principales singularidades para ser tratadas especialmente desde el punto de vista de la seguridad vial, estableciéndose tres niveles de intervención (mínima, normal y óptima). Es importante mencionar que el éxito de las medidas dependerá de que a similares riesgos, se realicen las acciones respectivas para uniformarlas dentro de la red vial de caminos básicos de la región.

CUADRO N°10-8: TRATAMIENTO ESPECIAL A SINGULARIDADES EN LA REGIÓN DE O'HIGGINS

		Niveles de Intervención			
		Base	Mínimo	Normal	Óptimo
Singularidades	Pasada Urbana				
	Intersección				
	Angostamiento				

	Curva				
	Postaciones				

Fuente Elaboración propia

Dado que se observaron discrepancias en la clasificación de los caminos básicos que posee la Región de O'Higgins², de las vías que se estudiaron asumiendo esta categoría en las etapas previas, es posible concluir que:

- Se debe prestar especial atención a la infraestructura de las rutas I-520, I-400 e I-850, cuyos trazados concentran curvas cerradas y pocas restricciones de velocidad máxima, aunque se advierte fricción lateral (viviendas y zonas mixtas).
- En función de los siniestros de tránsito de los últimos 5 años en caminos básicos, las rutas H-800, H-790 e I-340 han ocasionado alrededor de 10 siniestros de tránsito anuales en promedio, contabilizando 6 fallecidos y 26 heridos graves. Dichas vías deben ser examinadas detalladamente, procurando utilizar estándares de seguridad del tipo “Óptimo”, definidos en este informe.
- De acuerdo a los flujos vehiculares, las rutas I-148, I-192, I-158 y H-400 son de preocupación dada la alta cantidad y porcentaje de vehículos pesados circulando diariamente.
- Para el caso de facilidades para ciclistas, deben estudiarse las rutas H-320, H-634 y H-312, en términos de espacio transversal disponible de la calzada, de la conectividad con localidades y la red de ciclovías existentes, debido a que actualmente los flujos de vehículos y bicicletas requerirían la segregación física de dichos usuarios viales.

Con todo lo anterior, se plantean las siguientes medidas:

- **Corto Plazo:** establecer una revisión de las velocidades máximas de todos los caminos básicos, de manera tal de uniformar sus valores de acuerdo al ancho de la calzada, diseño geométrico, presencia de usuarios vulnerables, etc. Luego de esto, se deben realizar tratamientos de seguridad vial a todas las singularidades existentes en las rutas mencionadas en este acápite.
- **Mediano Plazo:** aplicar los estándares de seguridad vial a los caminos básicos con mayores preocupaciones de seguridad vial. Paralelamente, se debe intervenir las singularidades de todos los caminos básicos de la región.
- **Largo Plazo:** instaurar todas las medidas de seguridad en la infraestructura de la red vial de caminos básicos, estableciendo como mínimo el estándar “Normal” que se propone en este informe.

Adicionalmente a las medidas de seguridad vial propuestas, y probablemente en un enfoque de más largo plazo, las vías antes mencionadas deberían considerar un estudio de mejoramiento vial que abarque elementos de diseño geométrico, de diseño de pavimentos,

² La información de base que se utilizó proviene del nivel central de la Dirección de Vialidad. La Dirección Regional dispone de un listado de contratos ejecutados, que indica una menor extensión de caminos básicos, aspecto que fue constatado durante el recorrido en terreno. Por esta razón, es posible que algunas rutas catastradas como caminos básicos correspondan a vialidad secundaria.

de definición de faja vial y de proyección de demanda, que permita superar las limitaciones normativas y presupuestarias propias del programa de caminos básicos.

11 SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE

11.1 Escenarios de Demanda

A partir de las matrices calibradas para el corte 2024 y los modelos de crecimiento, se estimaron los viajes de vehículos livianos y camiones para los cortes temporales 2029, 2034 y 2040, considerando el escenario de crecimiento tendencial. Los totales de viajes obtenidos fueron los siguientes:

CUADRO N°11-1: DEMANDA POR TIPO DE VEHÍCULO

Corte	Veh. Livianos	Camiones Simples	Camiones más de dos ejes
2029	220.436	24.331	16.807
2034	262.901	27.476	19.333
2040	329.674	32.101	23.084

Fuente Elaboración propia

En el caso de las rutas fijas también se obtuvieron y aplicaron factores de crecimiento a las frecuencias de cada una de las rutas fijas.

11.2 Simulaciones por Proyecto

Las características de los proyectos que se formularon provocan cambios de las velocidades de operación de los tramos intervenidos, los que se determinaron a partir de modelaciones utilizando la planilla HDM-4.

A continuación se presentan los proyectos identificados y en paralelo se muestra la codificación en el modelo del proyecto.

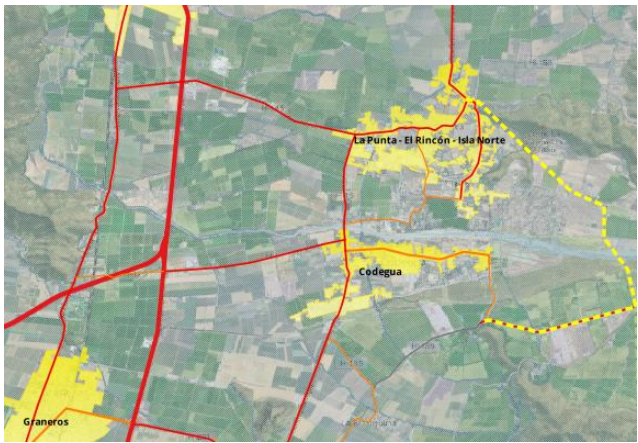
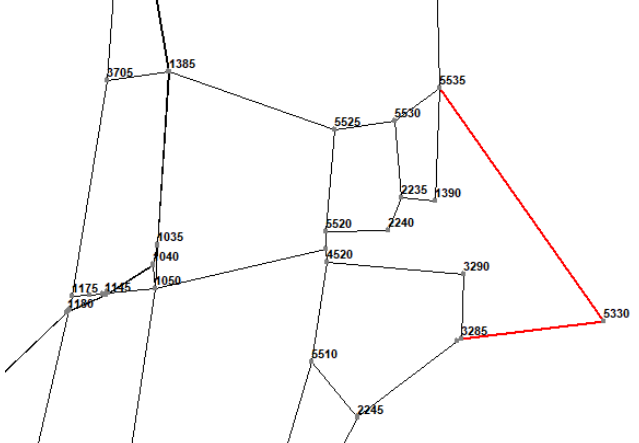
CUADRO N°11-2: NOMENCLATURA PROYECTOS Y PLANES

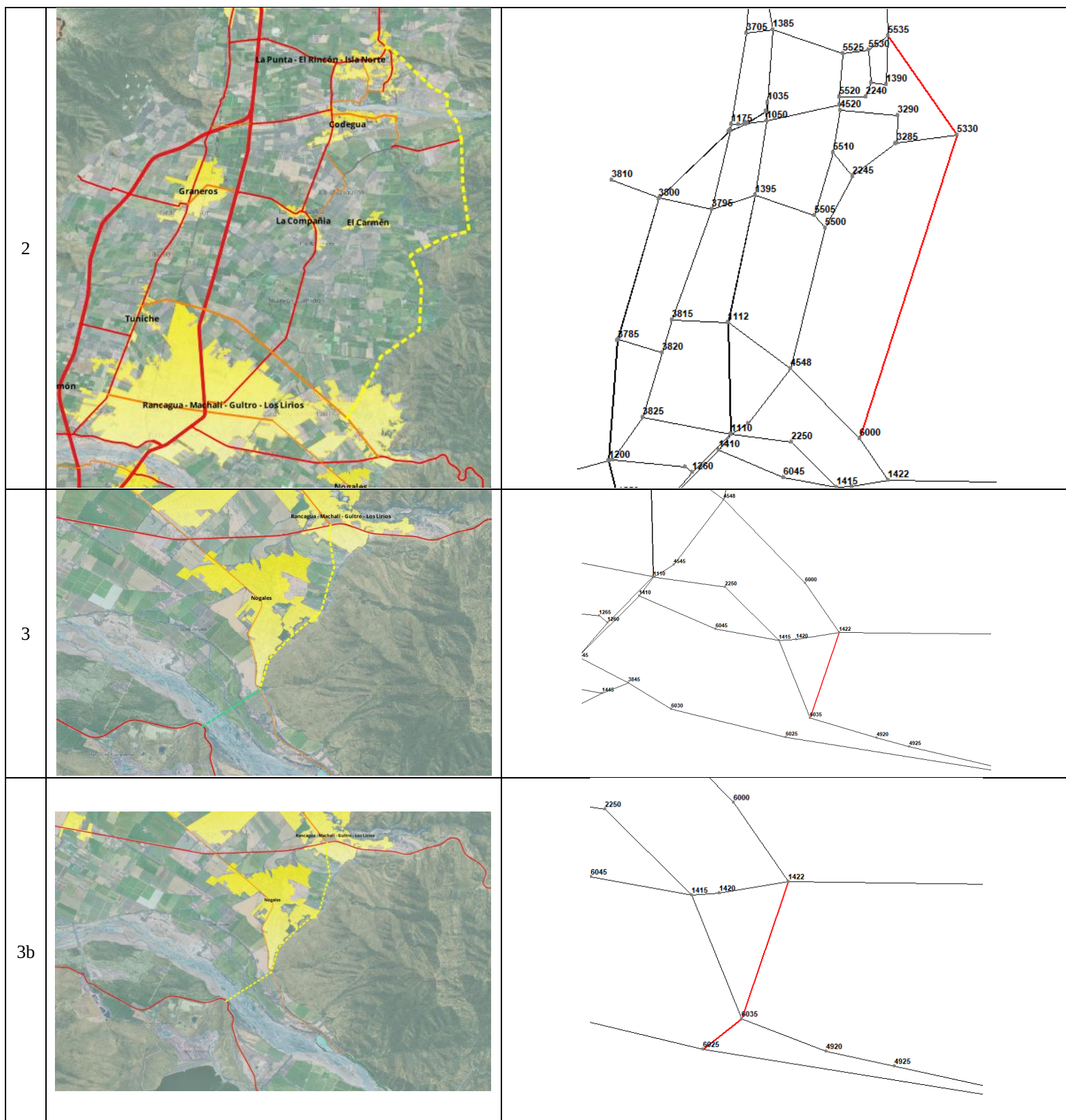
Proyecto	Descripción
1	Conexión La Punta de Codegua – Carmen Alto
2	Conexión Oriente Codegua – Machalí
3	Conexión sur Machalí
3b	Conexión Machalí – Cachapoal Sur
4	Conexión Cachapoal
5	Conexión Cachapoal Sur – Rengo
5a	Conexión Sur Cachapoal
6	Conexión oriente Tinguiririca
6b	Variante Morza Conexión oriente Tinguiririca
7a	Proyecto Conexión Olivar – Las Mercedes
7b	Proyecto Conexión Las Mercedes – Rosario
7c	Conexión poniente Ruta 90 – Ruta 5

Proyecto	Descripción
8	Proyecto Ampliación Conexión Santa Cruz - Chépica
9	Proyecto Mejoramiento Conexión Coinco - Olivar
11	Proyecto Conexión Rapel – Topocalma
12	Proyecto Conexión Topocalma – Ruta 90
13	Proyecto Conexión Alcones – Paredones
14	Proyecto Conexión Bucalemu – San Pedro de Alcántara
15	Proyecto Mejoramiento Conexión Nancagua - Chépica
16	Proyecto Mejoramiento Ampliación Chépica - Teno
21	Proyecto Ampliación Ruta H-30
22	Proyecto Mejoramiento Ruta I-674 Alcones – La Quebrada
23	Proyecto Mejoramiento Ruta I-650 Pumanque – Isla de Yáquil
24	Proyecto Mejoramiento Ruta I-610 Nilahue - Pumanque
25a	Proyecto Conexión Ruta 5 – Paredones de Auquenco
25b	Conexión Santa Adriana – Los Callejones
25c	Conexión Los Tricahues – Las Palmas
25d	Conexión Santa Teresa de Quinahue – Cancha de Maitén
25e	Proyecto Mejoramiento Alcántara – Límite Regional
26	Mejoramiento conexión Nilahue del Medio – Hualañé
27	Conexión Huique - Millahue
28	Conexión El Barco - Peumo
29	Conexión Pichidegua – La Rosa
9X	Plan X

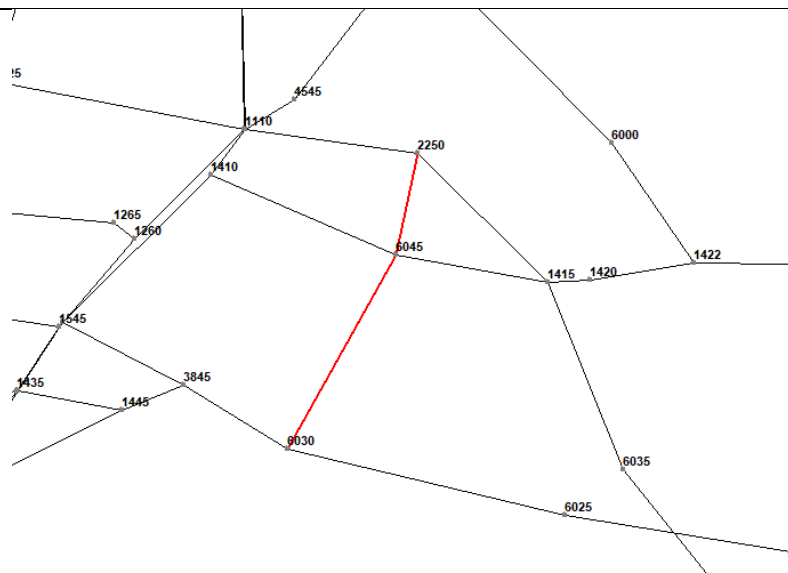
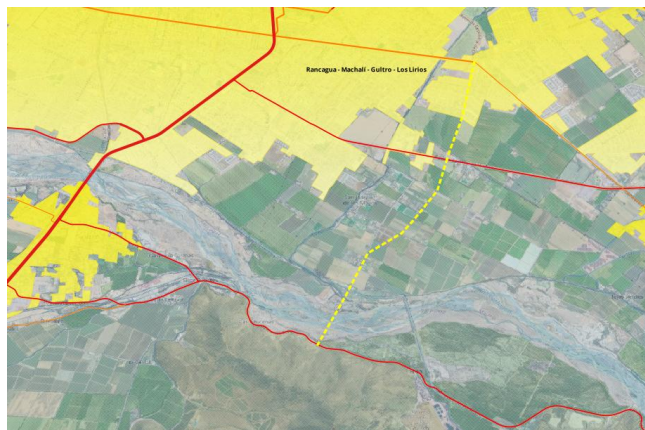
Fuente: Elaboración propia

CUADRO N°11-3: PROYECTOS IDENTIFICADOS

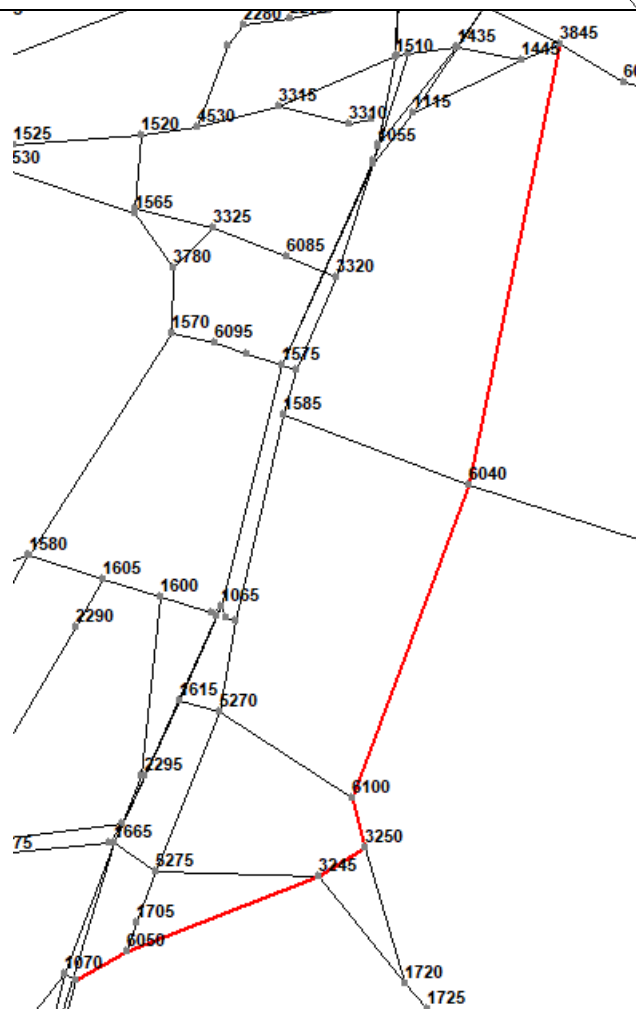
PE	Proyecto	Codificación
1		

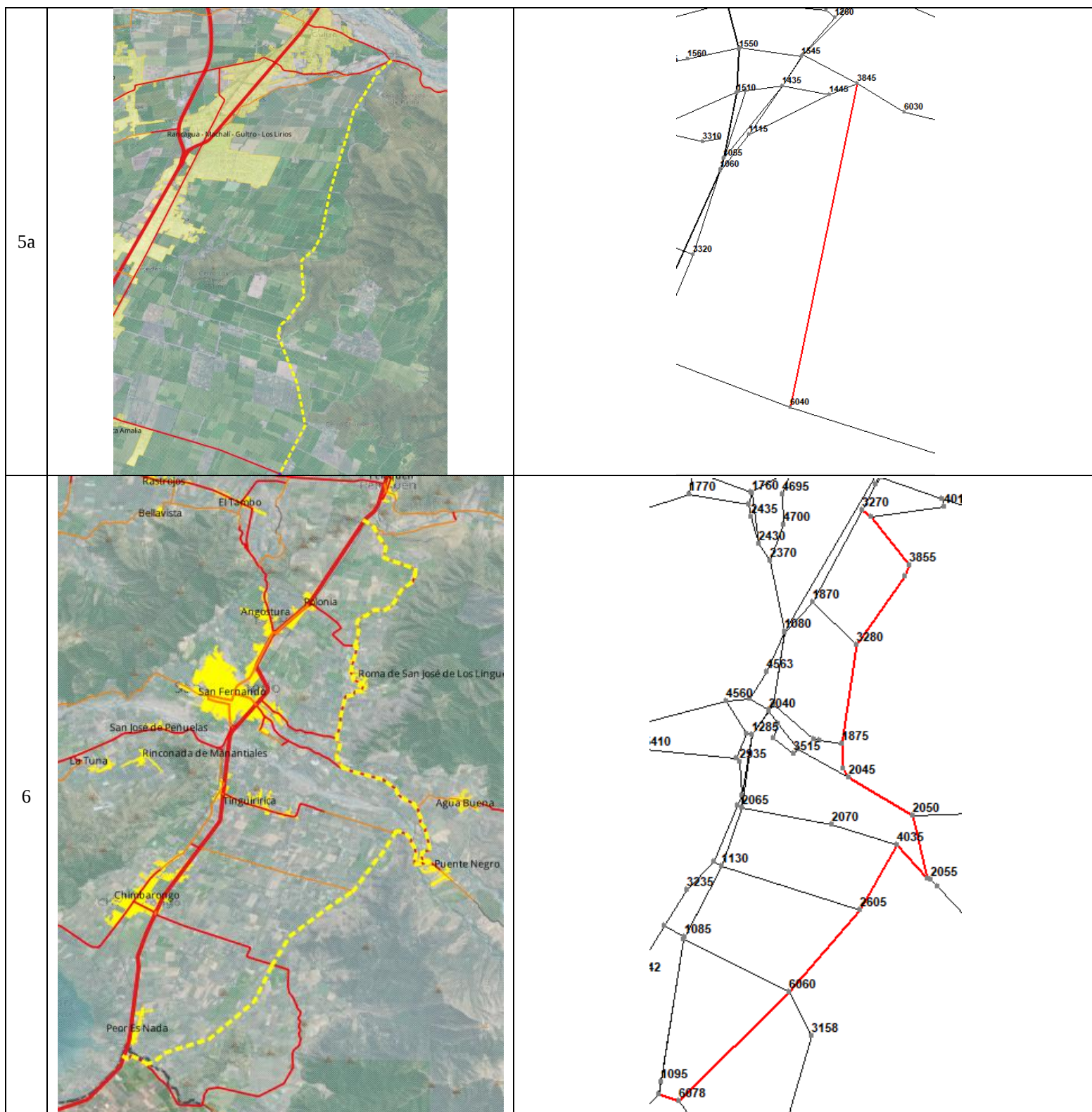


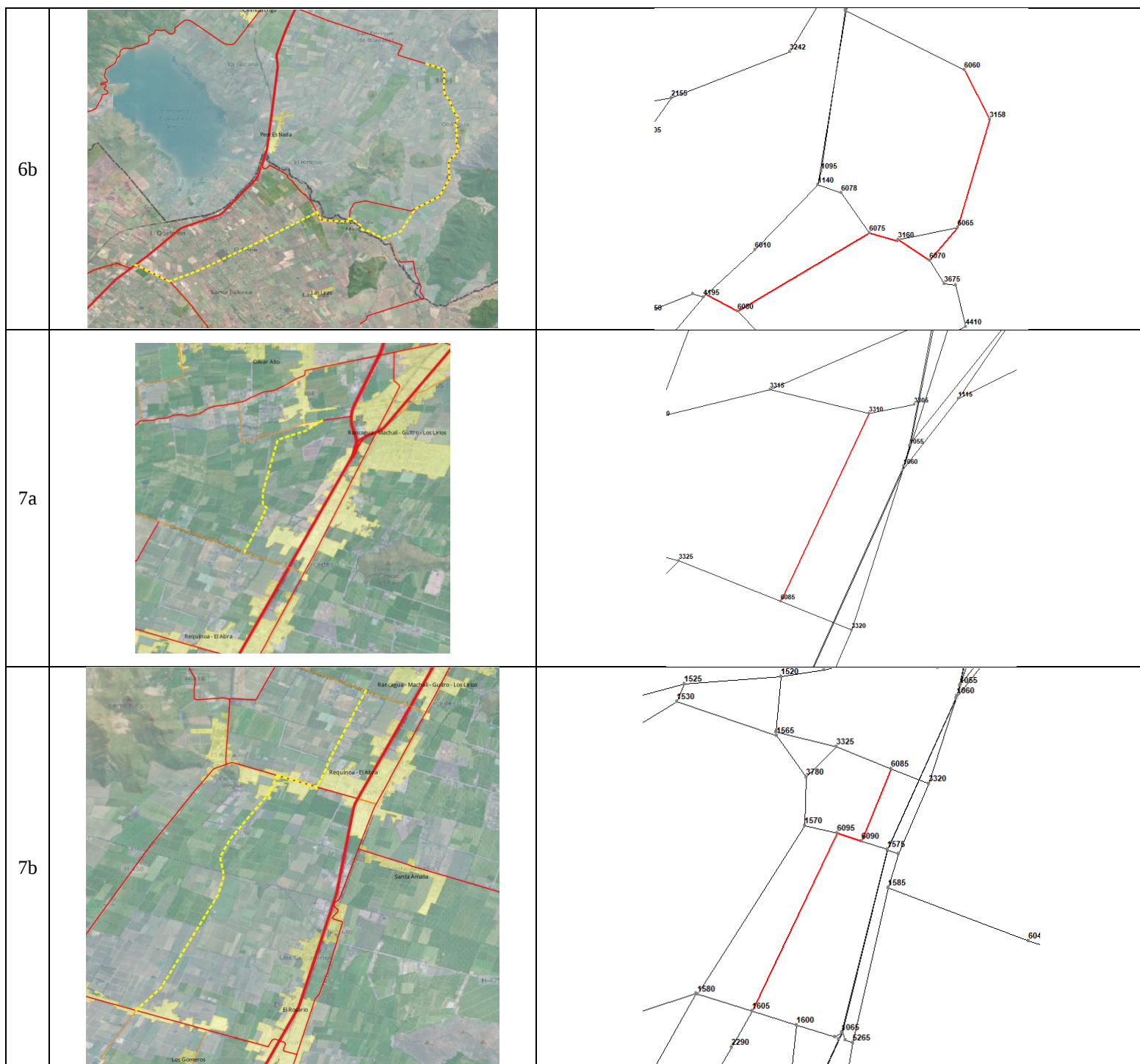
4

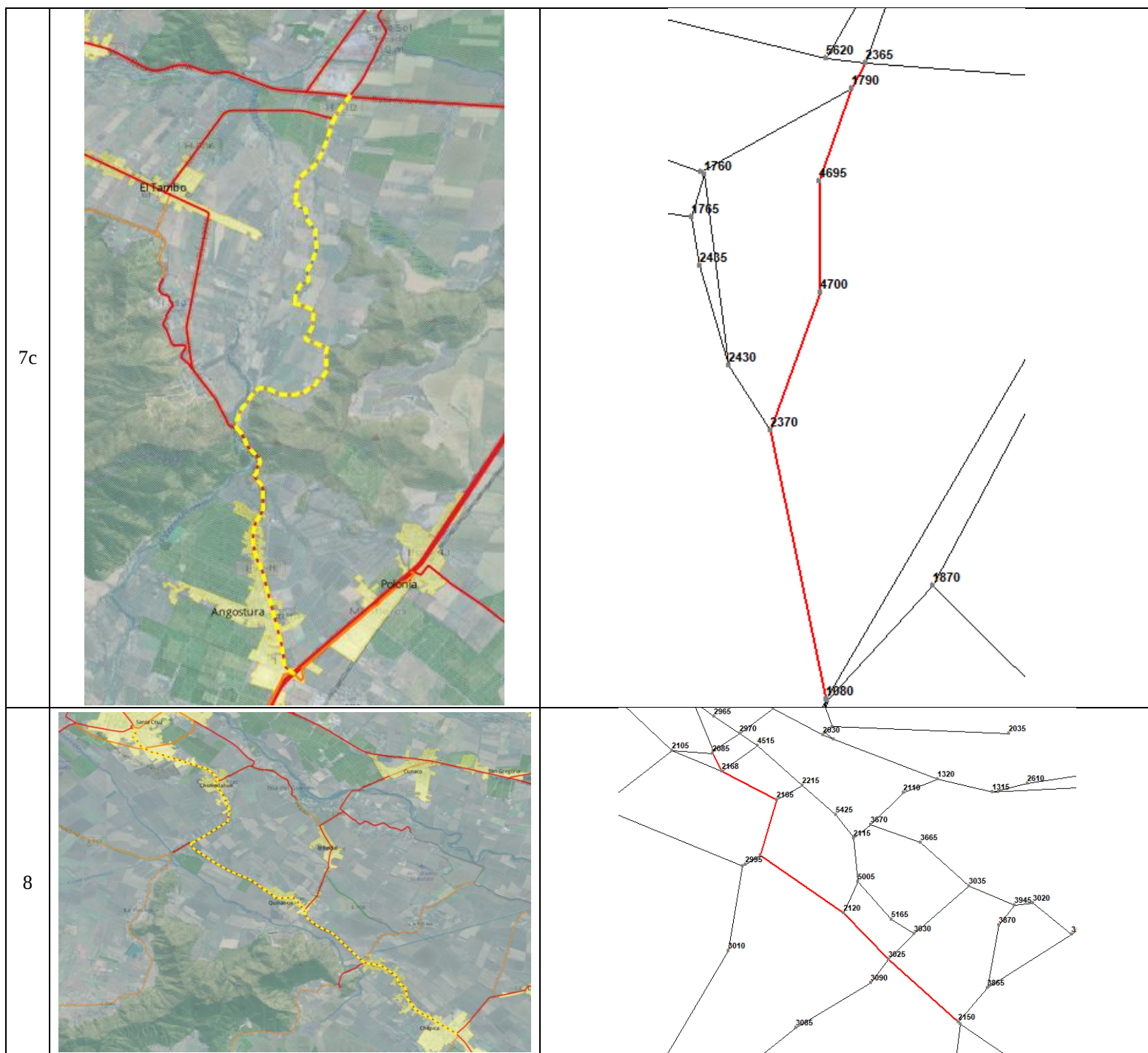


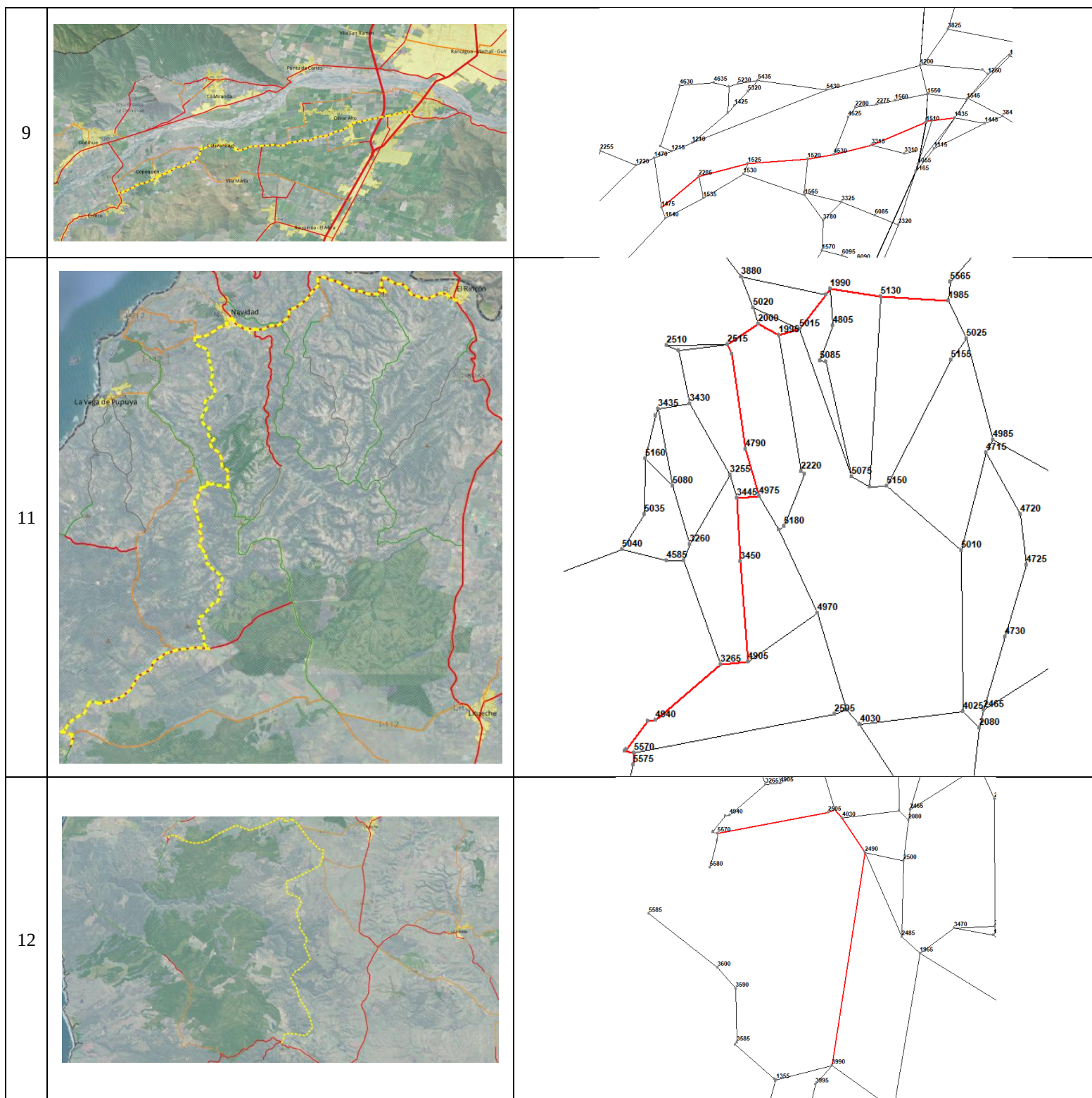
5

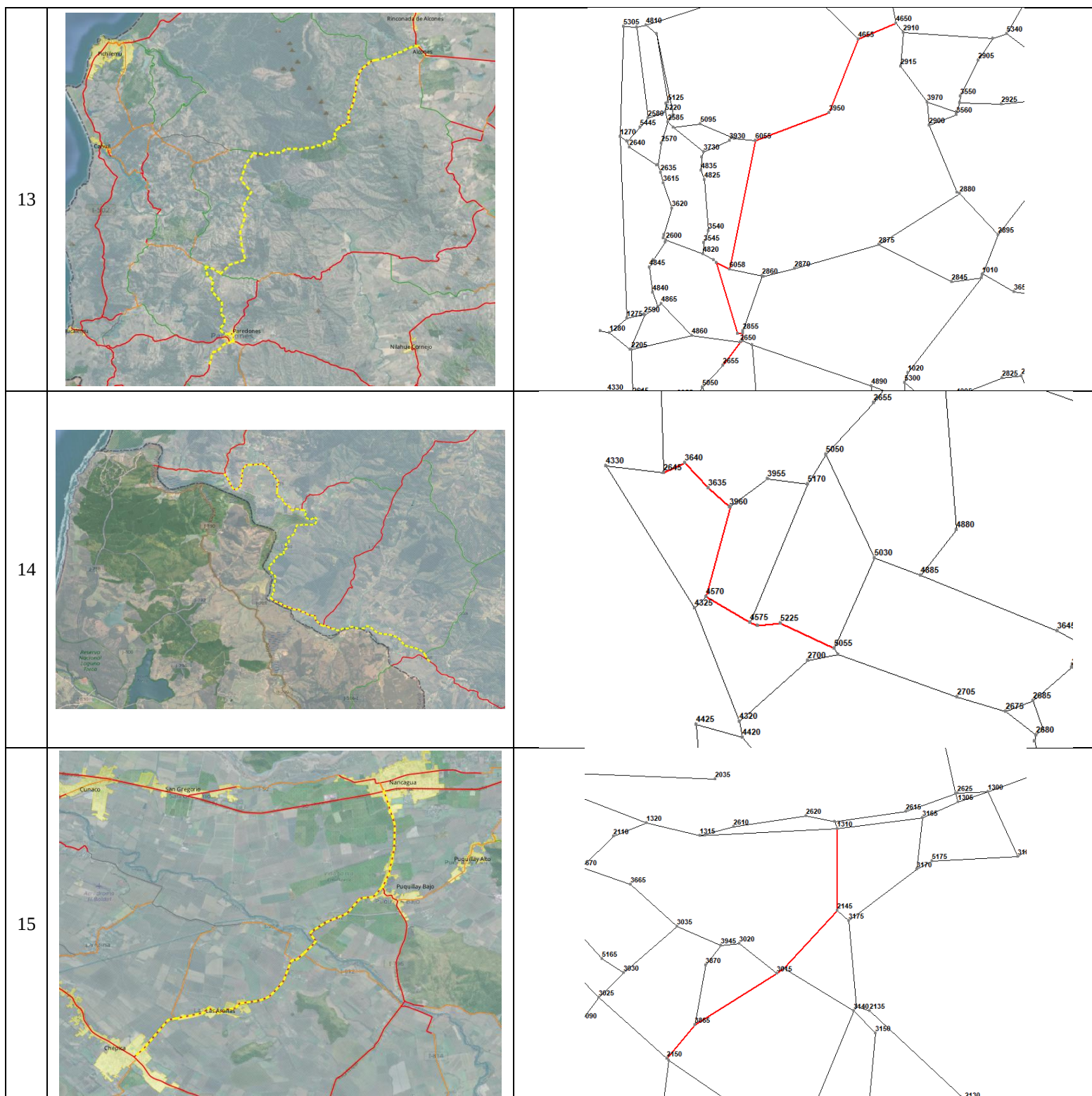




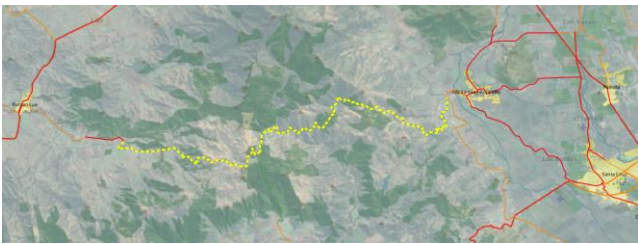
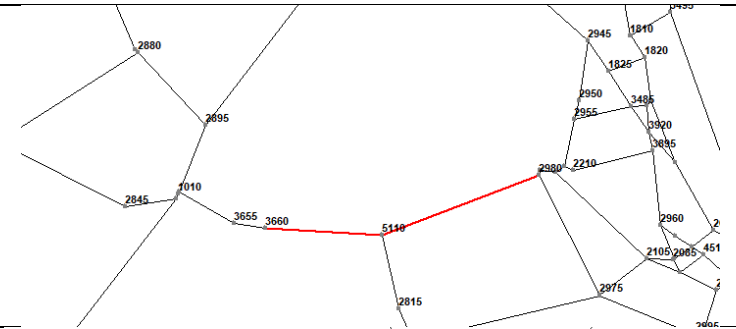
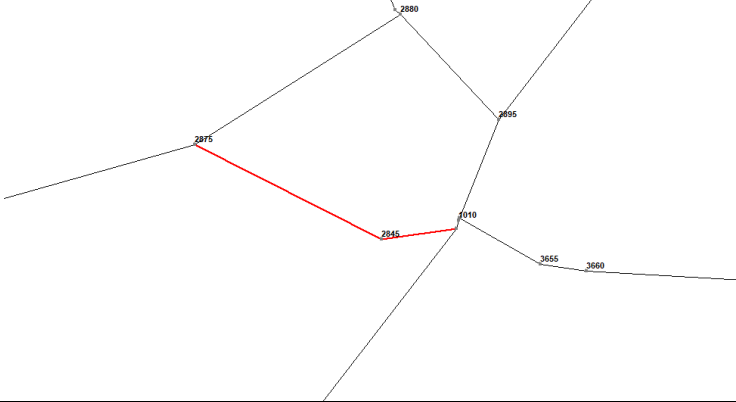
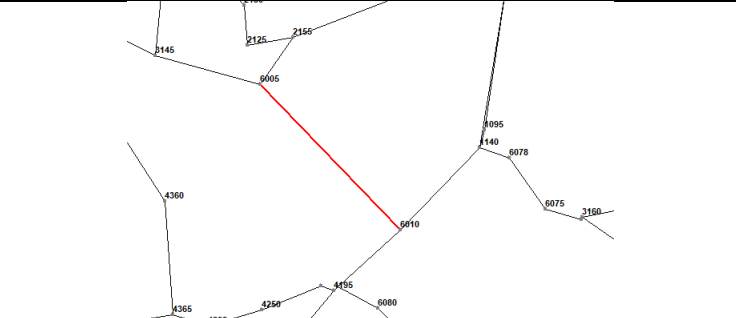
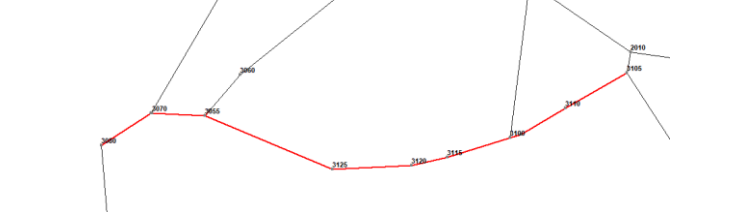
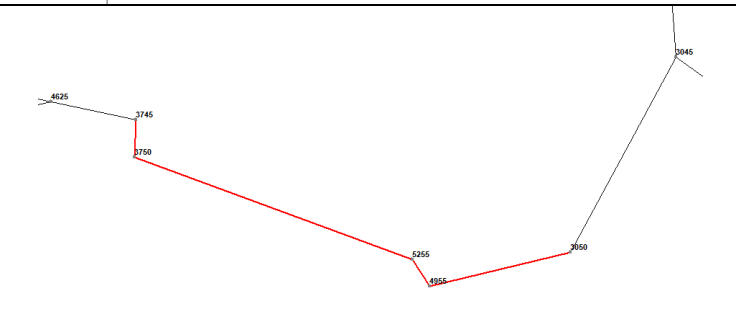


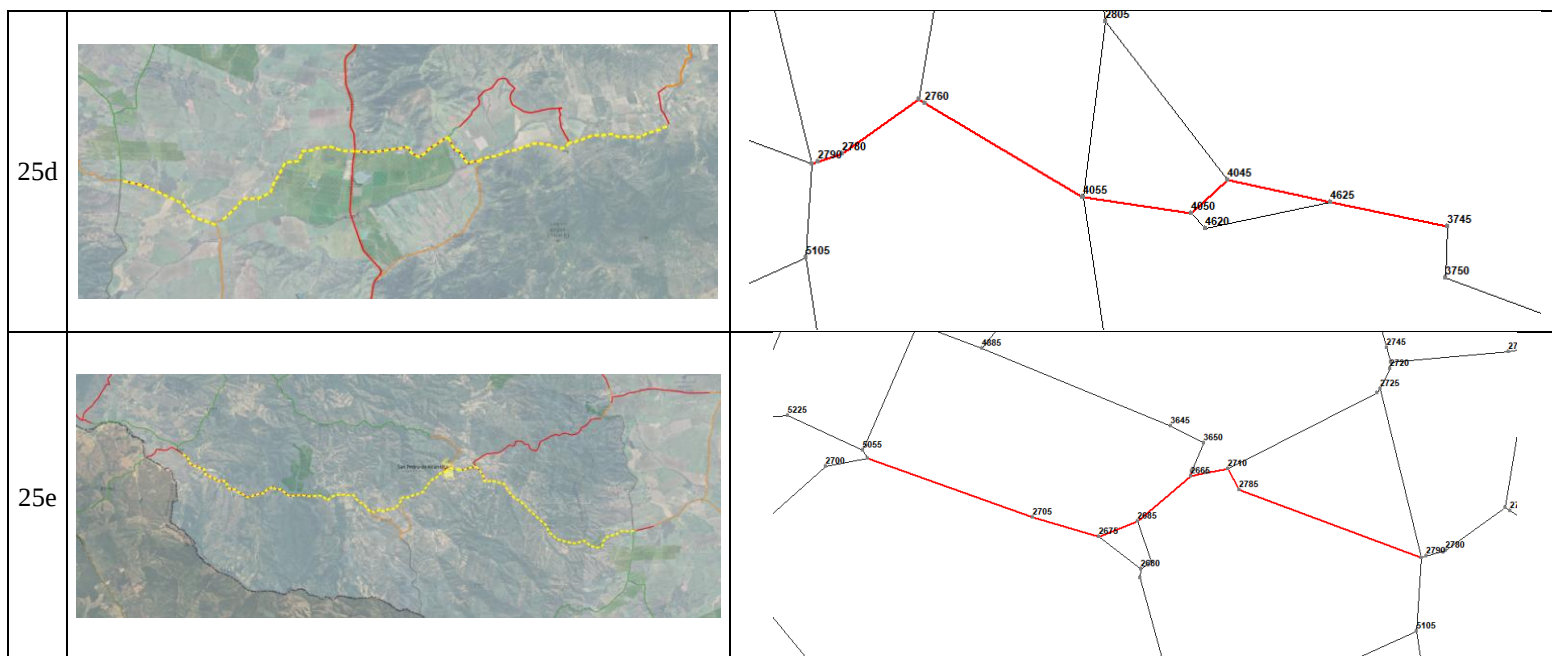




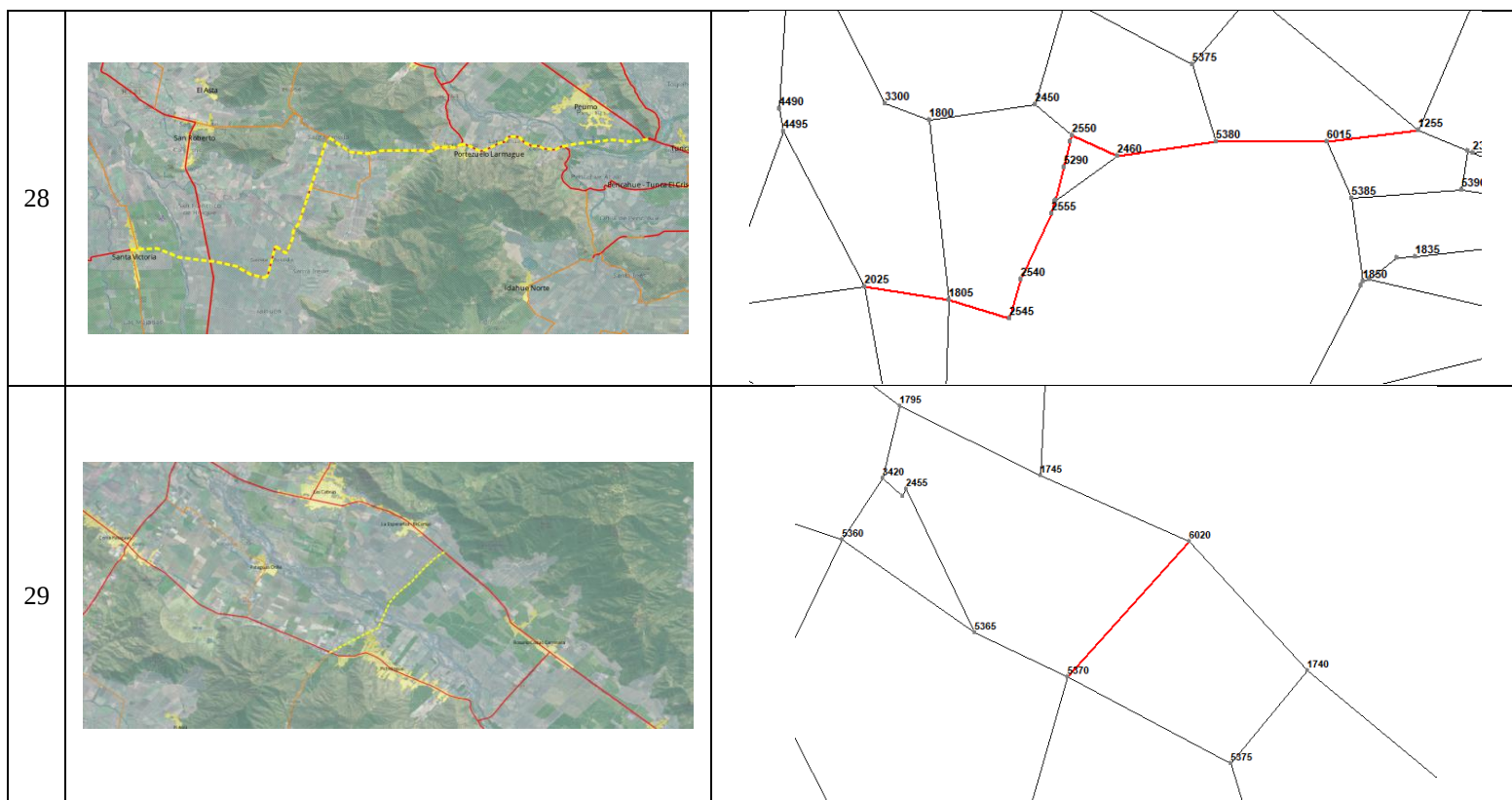




23		
24		
25a		
25b		
25c		







Fuente Elaboración propia

11.3 Simulación de Planes

A partir del análisis realizado y de la presencia de proyectos estratégicos que resultan competitivos con otros, y la complementariedad entre otros, se propusieron planes de proyecto a modelar. Se generaron seis planes a lo largo del análisis, denominados Plan 1, Plan 2, Plan 5, Plan 6, Plan 8 y Plan 9. Los de mejor comportamiento fueron los planes 5 y 8, que se presentan a continuación:

CUADRO N°11-4: INVERSIONES EN PLAN 5 (MM\$ DIC 2024)

	Proyecto estratégico	Longitud	Inversión	Inversión	Valor
		Km	Privada	Social	Residual
1	Conexión La Punta de Codegua – Carmen Alto	8,67	8.640	6.912	1.558
2	Conexión Oriente Codegua – Machalí	21,78	25.966	20.773	5.540
4	Conexión Cachapoal	5,40	13.772	11.017	4.548
5	Conexión Cachapoal Sur – Rengo	32,79	34.039	27.231	6.873
8	Proyecto Ampliación Conexión Santa Cruz – Chépica	15,01	80.745	64.596	12.919
9	Proyecto Mejoramiento Conexión Coinco - Olivar	19,04	18.283	14.627	2.925
12	Proyecto Conexión Topocalma – Ruta 90	37,68	37.511	30.008	6.741
28	Conexión El Barco – Peumo	31,28	32.688	26.151	6.159
29	Conexión Pichidegua – La Rosa	6,53	14.464	11.571	4.604
	Total	178,18	266.108	212.886	51.867

Nota: \$/UF 31/Dic/24: 38.416,69

Fuente: Elaboración Propia

CUADRO N°11-5: INVERSIONES EN PLAN 8 (MM\$ DIC 2024)

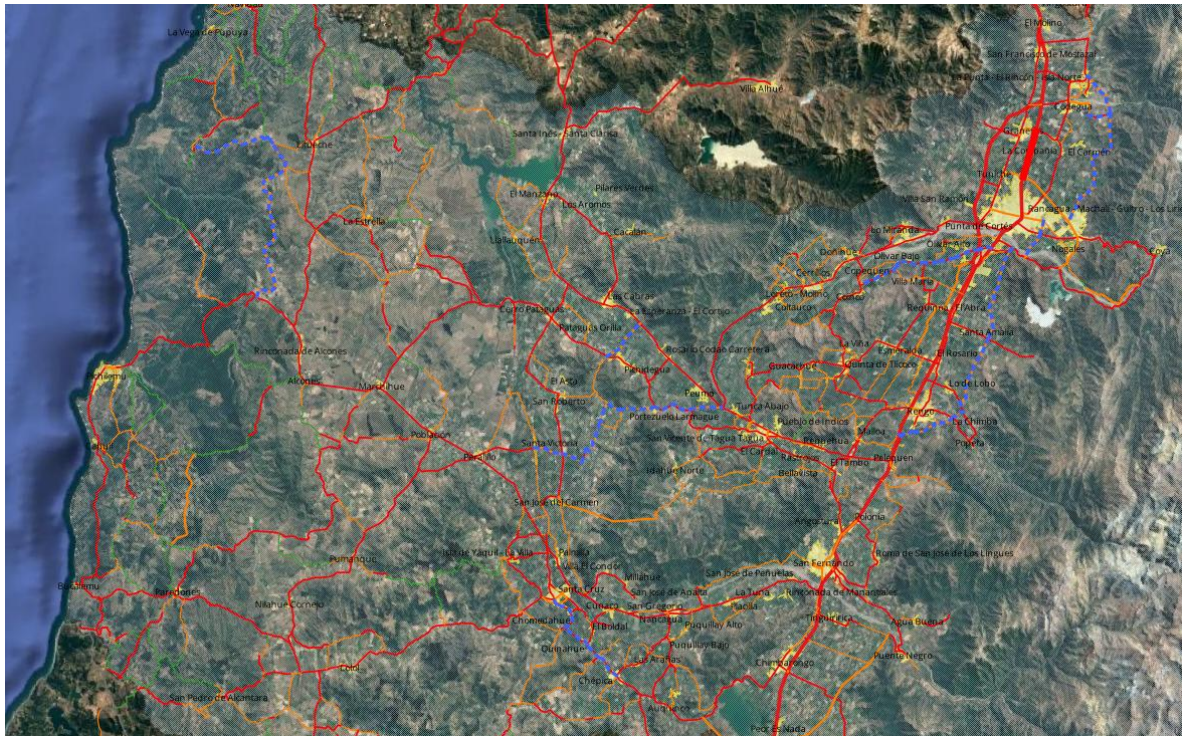
	Proyecto estratégico	Longitud	Inversión	Inversión	Valor
		Km	Privada	Social	Residual
9	Proyecto Mejoramiento Conexión Coinco - Olivar	19,04	18.283	14.627	2.925
21	Proyecto Ampliación Ruta H-30	52,68	284.829	227.863	45.937
28	Conexión El Barco - Peumo	31,28	32.688	26.151	6.159
29	Conexión Pichidegua – La Rosa	6,53	14.464	11.571	4.604
	Total	109,52	350.265	280.212	59.626

Nota: \$/UF 31/Dic/24: 38.416,69

Fuente: Elaboración Propia

El Plan 5 recoge los proyectos que presentaron beneficios en su materialización y que en conjunto podrían presentar sinergias:

FIGURA N° 11-1: UBICACIÓN DE PROYECTOS EN PLAN 5



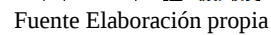
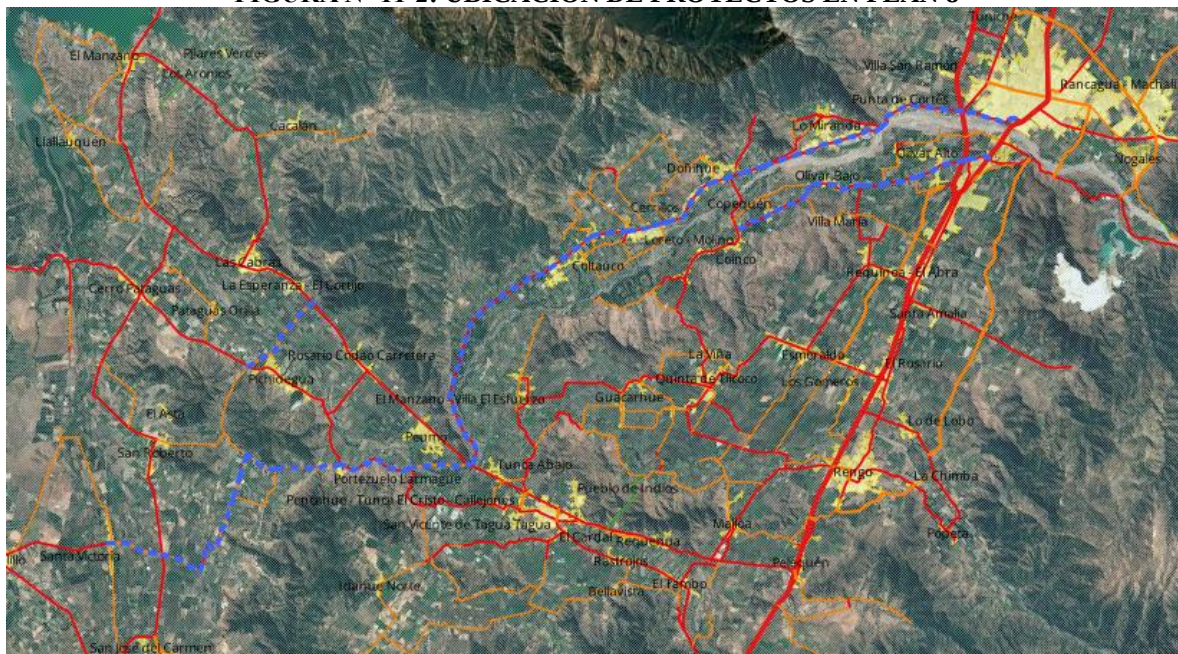
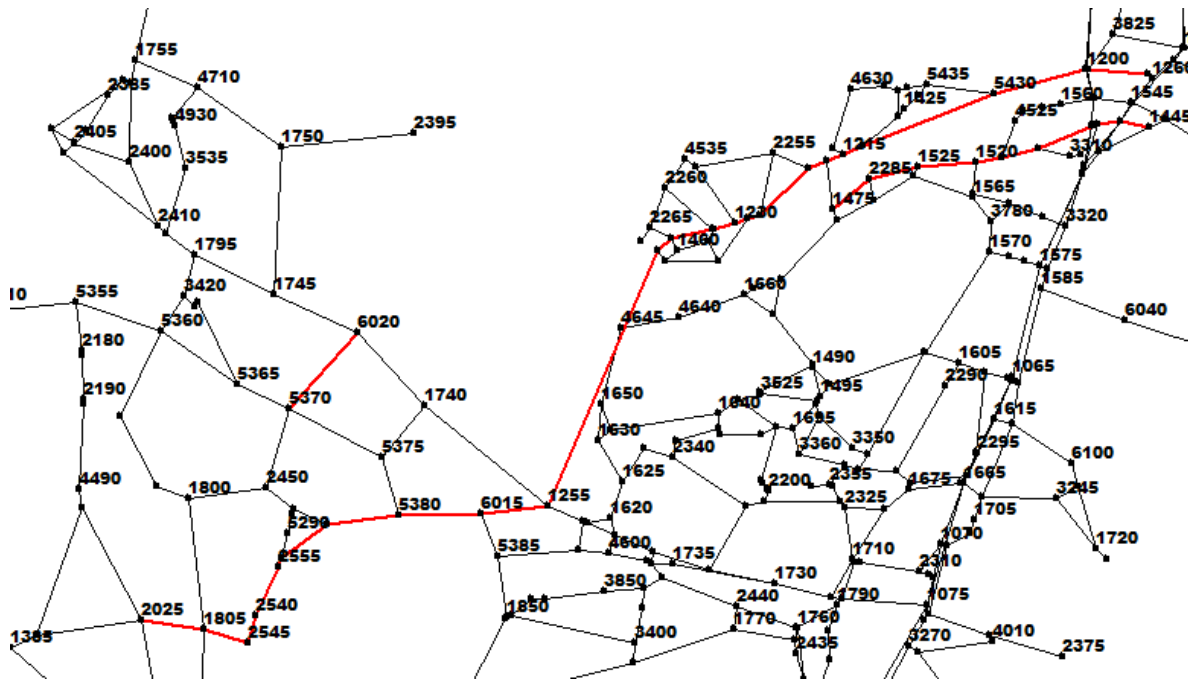


FIGURA N° 11-2: UBICACIÓN DE PROYECTOS EN PLAN 8





Fuente Elaboración propia

12 EVALUACIÓN SOCIAL DE PLANES Y PROYECTOS

Para el estudio de la rentabilidad de los planes y proyectos se estiman los indicadores tradicionales en la evaluación de proyectos de transporte, como son los ahorros de tiempo y los ahorros en los costos de operación de los vehículos.

12.1 Inversiones y Valor Residual

Las estimaciones de inversión asociadas a cada uno de los proyectos estratégicos analizados son llevadas a valor social para su inclusión en la evaluación.

Para la evaluación social y para tener consistencia con el vector de precios sociales vigente, se utilizan valores expresados en moneda de diciembre de 2024. Para llevarlos a valor social, se asume que equivale al 80% de la inversión privada. Para determinar el valor residual, se asume que al final del horizonte de evaluación (20 años), se mantiene un 20% de la inversión social en proyecto vial y un 50% de la inversión en estructuras, ya que tienen una vida útil mayor.

CUADRO N°12-1: INVERSIONES EN MEJORAMIENTOS Y VALOR RESIDUAL (MM\$ DIC 2024)

Proy	Proyecto Estratégico	Inversión Privada	Inversión Social	Valor residual	% valor residual
1	Conexión La Punta de Codegua – Carmen Alto	8.640	6.912	1.558	23%
2	Conexión Oriente Codegua – Machalí	25.966	20.773	5.540	27%
3	Conexión Sur Machalí	3.695	2.956	844	29%
3B	Conexión Machalí – Cachapoal Sur	11.625	9.300	3.791	41%
4	Conexión Cachapoal	13.772	11.017	4.548	41%
5A	Conexión Sur Cachapoal	6.373	5.098	1.469	29%
5	Conexión Cachapoal Sur – Rengo	34.039	27.231	6.873	25%
6	Conexión Oriente Tinguiririca	55.302	44.241	11.188	25%
6B	Variante Morza Conexión Oriente Tinguiririca	28.362	22.690	6.569	29%
7A	Proyecto Conexión Olivar – Las Mercedes	4.329	3.463	998	29%
7B	Proyecto Conexión Las Mercedes – Rosario	10.589	8.471	2.202	26%
7C	Conexión Poniente Ruta 90 – Ruta 5	11.025	8.820	1.764	20%
8	Proyecto Ampliación Conexión Santa Cruz - Chépica	80.745	64.596	12.919	20%
9	Proyecto Mejoramiento Conexión Coinco - Olivar	18.283	14.627	2.925	20%
11	Proyecto Conexión Rapel – Topocalma	36.371	29.097	6.249	21%
12	Proyecto Conexión Topocalma – Ruta 90	37.511	30.008	6.741	22%
13	Proyecto Conexión Alcones – Paredones	48.441	38.753	10.012	26%
14	Proyecto Conexión Bucalemu – San Pedro de Alcántara	14.937	11.950	2.390	20%
15	Proyecto Mejoramiento Conexión Nancagua - Chépica	14.459	11.567	2.960	26%
16	Proyecto Mejoramiento Ampliación Chépica - Teno	37.555	30.044	6.259	21%
21	Proyecto Ampliación Ruta H-30	284.829	227.863	45.937	20%
22	Proyecto Mejoramiento Ruta I-674 Alcones – La Quebrada	8.247	6.598	1.901	29%
23	Proyecto Mejoramiento Ruta I-650 Pumanque – Isla de Yáquil	35.471	28.377	7.804	28%
24	Proyecto Mejoramiento Ruta I-610 Nilahue - Pumanque	11.665	9.332	2.689	29%
25A	Proyecto Conexión Ruta 5 – Paredones de Auquincó	8.544	6.835	1.917	28%
25B	Conexión Santa Adriana – Los Callejones	17.648	14.118	2.883	20%
25C	Conexión Los Tricahues – Las Palmas	17.015	13.612	2.722	20%
25D	Conexión Santa Teresa de Quinahue – Cancha de Maitén	16.392	13.114	2.741	21%
25E	Proyecto Mejoramiento Alcántara – Límite Regional	19.197	15.357	3.071	20%
26	Mejoramiento Conexión Nilahue del Medio – Hualañé	34.767	27.814	6.241	22%
27	Conexión Huique – Millahue	261.906	209.525	103.218	49%
28	Conexión El Barco – Peumo	32.688	26.151	6.159	24%
29	Conexión Pichidegua – La Rosa	14.464	11.571	4.604	40%

Nota: \$/UF 31/Dic/24: 38.416,69

Fuente: Elaboración Propia

12.2 Evaluación por Proyecto

La evaluación social se realiza según lo establecido por el MDSF en la Metodología de Preparación y Evaluación de Proyectos de Transporte Interurbano (2013). De esta forma, se incluirán los siguientes beneficios sociales en la evaluación social del proyecto:

- Beneficios por ahorro en tiempo de viaje de los usuarios.
- Beneficios por ahorro en el consumo de combustible de los vehículos.
- Beneficios por otros costos de operación de los vehículos.

El beneficio económico proveniente del tránsito corresponde a la diferencia entre el consumo total de recursos en la situación base y en la situación con proyecto. Su valorización se realiza ocupando los precios sociales vigentes.

Los resultados de estas modelaciones permitirán cuantificar el consumo de tiempo de viaje en la red y los flujos resultantes del equilibrio de tráfico serán incorporados en la estimación de los costos operacionales vehiculares.

A partir de los antecedentes recopilados en la estimación de costos de construcción de las obras se establece un valor residual de éstas, mediante el análisis de aquellas partidas cuya vida útil excede el horizonte de evaluación. Este valor residual se considera entre los flujos del proyecto como un beneficio al término de dicho horizonte, provenientes del mejor proyecto que utilice parcial o totalmente la infraestructura remanente. Este beneficio es valorizado a precios sociales, una vez aplicados los ajustes establecidos por el MDS a las diferentes partidas del remanente de la inversión.

Se calculan indicadores de rentabilidad, de corto y largo plazo, incluyéndose el VAN, TIR, la tasa de rentabilidad inmediata (TRI) y el valor actualizado neto del primer año (VAN1). Posteriormente, se realizan sensibilizaciones en lo que respecta a sus variables económicas más relevantes y sujetas a incertidumbre (beneficios e inversión), estimándose la variabilidad de los indicadores de rentabilidad social del escenario de proyecto seleccionado.

El siguiente cuadro presenta los indicadores económicos obtenidos para las alternativas. Para el cálculo de rentabilidad del proyecto, se utilizaron los beneficios obtenidos para las alternativas y sus costos de inversión.

CUADRO N°12-2: INDICADORES ECONÓMICOS DE CORTO Y LARGO PLAZO

Alt	Alternativa	VAN MM\$	TIR %	IVAN MM\$	TRI %	Momento óptimo inversión
1	Conexión La Punta de Codegua – Carmen Alto	-6.258	-7,5%	-1	-0,2%	2047
2	Conexión Oriente Codegua – Machalí	-18.488	-6,6%	-1	-0,2%	2047

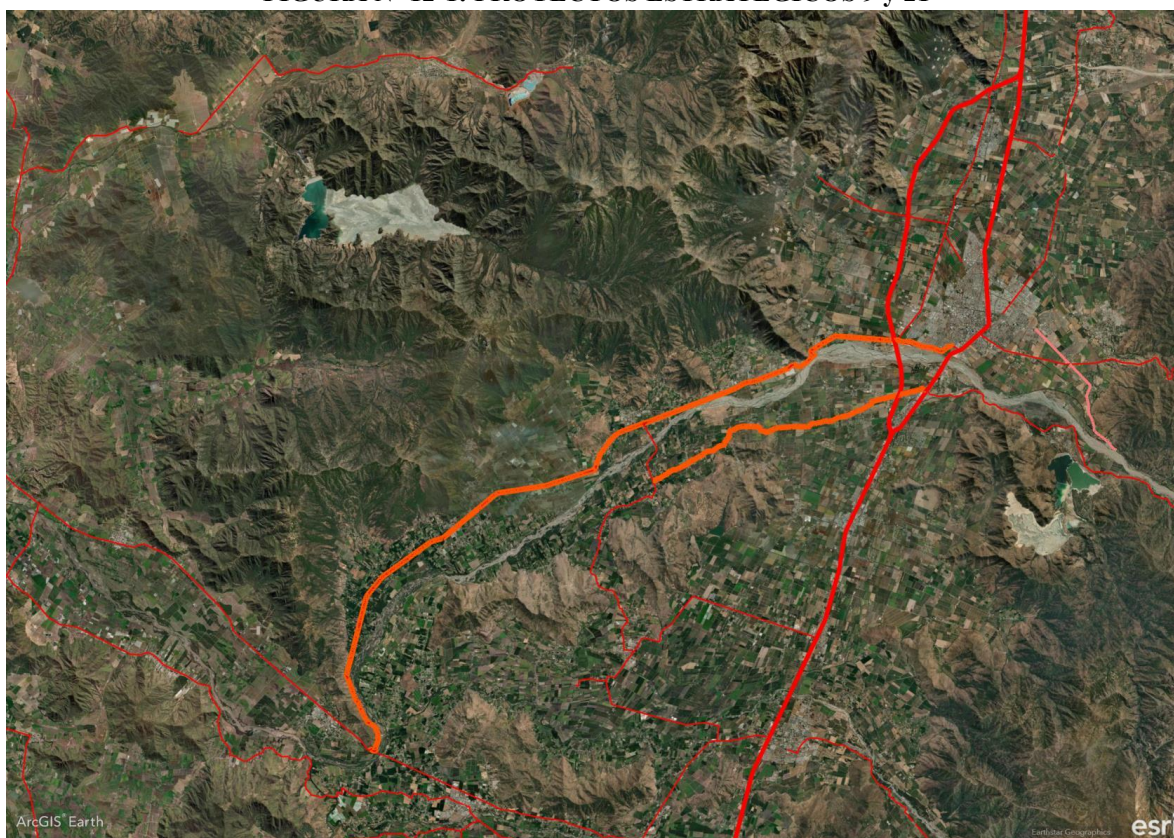
Alt	Alternativa	VAN MM\$	TIR %	IVAN MM\$	TRI %	Momento óptimo inversión
3	Conexión sur Machalí	-2.545	-5,8%	-1	0,0%	2047
3b	Conexión Machalí – Cachapoal Sur	-10.216	-9,2%	-1	-2,0%	2047
4	Conexión Cachapoal	-5.921	-0,2%	-1	2,2%	2047
5	Conexión Cachapoal Sur – Rengo	-318	5,4%	0	6,3%	2028
5a	Conexión Sur Cachapoal	-3.343	-2,2%	-1	1,4%	2047
6	Conexión oriente Tinguiririca	-351.473	-	-8	-53,4%	f.h.e
6b	Variante Morza Conexión oriente Tinguiririca	-43.019	-	-2	-7,5%	2047
7a	Proyecto Conexión Olivar – Las Mercedes	-2.979	-5,8%	-1	0,0%	2047
7b	Proyecto Conexión Las Mercedes – Rosario	-5.709	-2,6%	-0,71	1,4%	2047
7c	Conexión poniente Ruta 90 – Ruta 5	-7.081	-5,4%	-0,85	0,6%	2047
8	Proyecto Ampliación Conexión Santa Cruz - Chépica	-45.711	-3,7%	-0,70	1,5%	2047
9	Proyecto Mejoramiento Conexión Coinco - Olivar	47.239	25,3%	3,40	29,2%	2028
11	Proyecto Conexión Rapel – Topocalma	-22.539	-4,7%	-0,82	0,8%	2047
12	Proyecto Conexión Topocalma – Ruta 90	-16.218	-0,8%	-0,57	2,7%	2047
13	Proyecto Conexión Alcones – Paredones	-10.687	2,7%	-0,29	4,3%	2036
14	Proyecto Conexión Boyeruca/Bucalemu – San Pedro de Alcántara	-10.087	-6,4%	-0,89	0,3%	2047
15	Proyecto Mejoramiento Conexión Nancagua - Chépica	-7.470	-2,2%	-0,68	1,7%	2047
16	Proyecto Mejoramiento Ampliación Chépica - Teno	-20.906	-3,4%	-0,66	1,5%	2047
21	Proyecto Ampliación Ruta H-30	402.341	18,2%	1,90	19,9%	2028
22	Proyecto Mejoramiento Ruta I-674 Alcones – La Quebrada	-5.129	-4,2%	-0,82	0,6%	2047
23	Proyecto Mejoramiento Ruta I-650 Pumanque – Isla de Yáquil	-24.192	-5,7%	-0,90	0,1%	2047
24	Proyecto Mejoramiento Ruta I-610 Nilahue - Pumanque	-7.055	-3,8%	-0,80	0,8%	2047
25a	Proyecto Conexión Ruta 5 – Paredones de Auquenco	-344.388	-	-53,11	-373,9%	f,h,e
25b	Conexión Santa Adriana – Los Callejones	-10.445	-4,2%	-0,78	1,1%	2047
25c	Conexión Los Trichahues – Las Palmas	-11.906	-7,1%	-0,92	0,1%	2047
25d	Conexión Santa Teresa de Quinahue – Cancha de Maitén	-10.966	-6,1%	-0,88	0,4%	2047
25e	Proyecto Mejoramiento Alcántara – Límite Regional	-10.903	-3,7%	-0,75	1,4%	2047
26	Mejoramiento conexión Nilahue del Medio – Hualañé	-26.050	-8,2%	-0,99	-0,4%	2047
27	Conexión Huique - Millahue	-162.574	-3,0%	-0,82	0,2%	2047
28	Conexión El Barco - Peumo	33.742	15,3%	1,36	16,2%	2028
29	Conexión Pichidegua – La Rosa	3.808	8,4%	0,35	9,3%	2028

Fuente: Elaboración Propia. f.h.e.: Fuera del horizonte de evaluación

Se obtienen cuatro proyectos estratégicos que resultan socialmente rentables y cuya implementación debería realizarse en el corto plazo.

Se realizó además un análisis específico del proyecto 9 (Mejoramiento Conexión Coinco – Olivar) que se encuentra al otro lado del río del proyecto 21 (Ampliación Ruta H-30). Dado que ambos son rentables, se analizó si el proyecto 9 podía estar capturando demanda a partir del mismo problema que resuelve el proyecto de ampliación de la ruta H-30.

FIGURA N° 12-1: PROYECTOS ESTRATÉGICOS 9 y 21



Se determinó que el proyecto 9 es rentable aún considerando que el proyecto 21 está implementado, por lo que se recomienda su implementación conjunta.

Se realizó un análisis adicional, asociado a considerar proyectos con menor inversión que la considerada inicialmente. Para este análisis, se estimó que los beneficios podrían ser similares si en vez de contar con una calzada simple pavimentada se disponía de un pavimento básico, cuya inversión máxima por kilómetro debería ser del orden de 12.000 UF/Km partiendo de un estándar de ripio o suelo natural.

En el siguiente cuadro se muestran las inversiones ajustadas:

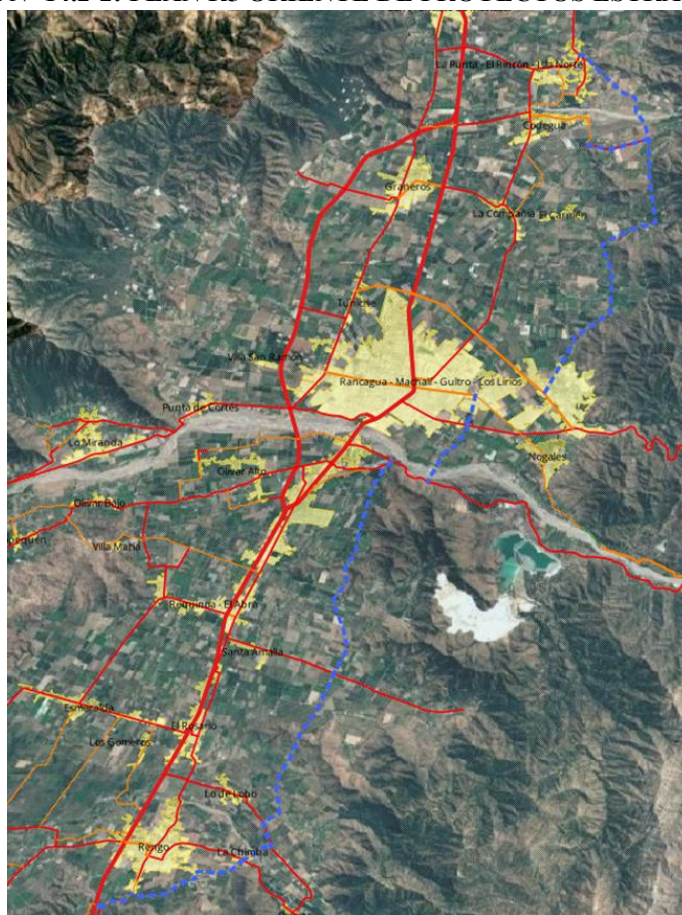
CUADRO N°12-3: INVERSIONES AJUSTADAS EN PROYECTOS ESTRATÉGICOS

Proy	Proyecto estratégico	Longitud	Proy. Vial	Estructuras	Expropiaciones	Total	Total
		Km	UF	UF	UF	UF	MM\$
12	Proyecto Conexión Topocalma – Ruta 90	19,9	336.224	0	26.942	363.166	13.952
13	Proyecto Conexión Alcones – Paredones	33,7	419.593	3.280	7.564	430.437	16.536

Fuente: Elaboración Propia

Se analizó de manera conjunta aquellos proyectos que conformaban alternativas de circulación al eje de la Ruta 5, tanto por el oriente (proyectos estratégicos 1,2, 4 y 5) como por el poniente (proyectos 7a, 7b y 7c), siendo preferible la implementación conjunta de los proyectos por el oriente de la ruta 5 pero con una rentabilidad menor a la requerida, por lo que no es recomendable su implementación.

FIGURA N° 14.2-2: PLAN R5 ORIENTE DE PROYECTOS ESTRATÉGICOS



Fuente Elaboración propia

En función de los resultados anteriores, se generaron diferentes planes de proyecto para evaluar.

12.3 Evaluación de Planes

De manera similar a lo expuesto para los proyectos, se generó una evaluación para los planes de inversión propuestos, que se configuraron a partir de algunos proyectos que resultaban socialmente rentables y otros cuya implementación se justificaría en el mediano plazo.

CUADRO N°12-4: INDICADORES ECONÓMICOS DE CORTO Y LARGO PLAZO

Plan de Proyectos	VAN \$	TIR %	IVAN %	TRI %	Momento óptimo inversión
Plan 1	-21.339	-	-2,1	-8,8%	f.h.e.
Plan 2	-127.474	3,6%	-0,20	5,2%	2032
Plan 5	-1.511	5,4%	0,0	6,5%	2028
Plan 6	-500.703	-10,6%	-1,1	-1,3%	f.h.e.
Plan 8	458.788	17,4%	1,7	18,9%	2028
Plan 9	-249.589	1,1%	-0,4	3,5%	2043

Fuente: Elaboración Propia, f.h.e: fuera de horizonte de evaluación

El plan 8, compuesto por los proyectos estratégicos que resultaron rentables es, en conjunto, también ampliamente rentable por lo que se debería avanzar en su implementación. El resto de los planes no resulta socialmente rentable, aunque el Plan 5 se encuentra muy cercano al umbral de rentabilidad.

13 DISEÑO PLAN DE INVERSIONES

Se generó y evaluó una cartera que involucra inversiones por más de 1.260.000 MM\$, destacando la inversión de la doble calzada de la ruta H-30 pero también varios proyectos orientados a complementar la conectividad regional. Se analizaron planes de proyectos que contenían el conjunto de proyectos de mejor rentabilidad social y obras complementarias, resultando preferible la implementación del Plan 8, con una inversión total de 350.000 MM\$ equivalentes a más de 15 años de inversión sectorial en obras viales. Se agrega además un proyecto que es prácticamente rentable como lo es la Conexión Cachapoal Sur-Rengo (TIR=5.4%).

Se plantean también iniciativas de cambio de estándar en tramos de vías mediante el programa de caminos básicos, que permitirían mejorar la conectividad en diversos sectores con una inversión estimada en 52.000 MM\$. Estos proyectos configuran vías longitudinales y transversales en el tramo central de la región y hacia el sector costero.

De acuerdo a lo indicado previamente, se propone de manera referencial un plan de inversiones estructurado en quinquenios. Se ha considerado la prioridad de los proyectos

estratégicos analizados, en términos de su momento óptimo de inversión y una distribución territorial de las inversiones.

Se han incorporado estimaciones de los estudios a desarrollar, que en el caso de los proyectos de ingeniería requeridos son del 5% del valor de las obras. El detalle del plan de inversiones se presenta en el cuadro siguiente:

CUADRO 13-1: PROPUESTA PLAN DE INVERSIONES

Proyecto Estratégico	Item	Inversión MM\$	Inversión por período MM\$		
			2031-2035	2036-2040	2041-2045
Conexión Cachapoal Sur – Rengo	Proyectos de ingeniería	1.702	1.702		
	Obras	34.039	34.039		
Proyecto Conexión Topocalma – Ruta 90	Proyectos de ingeniería	698	698		
	Obras	13.952	13.952		
Proyecto Conexión Alcones – Paredones	Proyectos de ingeniería	827	827		
	Obras	16.536	16.536		
Proyecto Mejoramiento Conexión Coinco – Olivar	Proyectos de ingeniería	914	914		
	Obras	18.283	18.283		
Proyecto Ampliación Ruta H-30	Proyectos de ingeniería	14.241	14.241		
	Obras	284.829		99.690	185.139
Conexión El Barco – Peumo	Proyectos de ingeniería	1.634		1.634	
	Obras	32.688		32.688	
Conexión Pichidegua – La Rosa	Proyectos de ingeniería	723	723		
	Obras	14.464	14.464		
Conexión Cachapoal	Proy. de ingeniería/pref	689	689		
	Obras	13.772	13.772		
Eje O-P hacia la costa (al sur de la región)	Proyectos de ingeniería	1.056	528	528	
	Obras	21.128	10.564	10.564	
Total		472.175	141.932	145.104	185.139
Promedio gasto anual			28.386	29.021	37.028

Fuente: Elaboración propia.

Las iniciativas señaladas consideran casi 53 km de ampliación a doble calzada, 100 km de caminos básicos y 95 km de mejoramiento incluyendo aperturas/puentes/mejoras geométricas representando una inversión total de casi MM\$ 450.000.

En general, se ha intentado mantener un nivel de gasto sectorial consistente con el marco presupuestario establecido previamente, pero es evidente que la inversión de la ruta H-30 escapa a las posibilidades aún postergando en varios años la inversión. Si bien es un proyecto que resulta prioritario, se ha optado por avanzar en el primer quinquenio con las obras de inversiones menores en conectividad (proyectos Conexión Cachapoal Sur – Rengo, Conexión Cachapoal, Conexión Topocalma – Ruta 90, Conexión Alcones – Paredones y Eje O-P hacia la costa) y en la inversión del mejoramiento entre Coinco – Olivar considerando que permitiría absorber parte del flujo derivado durante las obras de ampliación de la ruta H-30. En el segundo quinquenio se debería iniciar las obras de la ruta H-30 y avanzar en conectividad hacia Peumo y durante el último quinquenio completar las inversiones requeridas por la ruta H-30.

FIGURA N° 13-1: PLAN DE INVERSIONES



Elaboración propia

De manera complementaria al análisis estratégico, se revisó la presencia de algunas vías con estándar básico que resultan relevantes en la conectividad regional. Lo anterior, determinado a partir de su inclusión en la red de modelación, sugiere la conveniencia de contar con una jerarquía vial superior a la que cuentan en la actualidad que es normalmente como camino secundario.

Adicionalmente, se revisaron las vías con mayores niveles de flujo medidos particularmente con el Plan Nacional de Censos pero también con los estudios de base del presente estudio. Los mayores tráficos ya cuentan con doble calzada o están contemplados en proyectos de concesión como la Ruta 66, en un avance por etapas como la ruta 90 o en proyectos en fase de diseño o construcción como las rutas H-10, H-210 y H-27. Otras vías, como la Ruta H-30 fue analizada como proyecto estratégico en el presente estudio, lo mismo que la Ruta I-86.

Otros tráficos importantes aparecen en rutas como H-511, I-72, H-82-I, H-64, H-50, H-15 lo que sugeriría un análisis de mayor detalle para revisar la necesidad de aumentos de capacidad. Se debe tener en consideración que los registros del Plan Nacional de Censos están normalmente en intersecciones, donde puede incluirse flujo local o de corta distancia, lo que puede incidir en mayores volúmenes de tránsito. En otros casos, las rutas indicadas ya forman parte de áreas urbanas o de conexión entre conurbaciones cercanas, lo que les otorga un carácter más urbano y por tanto pueden requerir soluciones de mejoramiento urbano, gestión de tránsito y/o generación de bypasses, lo que amerita un análisis específico.

Dentro de los caminos básicos, se revisaron algunas vías con un tráfico relevante (TMDA mayor a 250 vehículos) destacando algunas vías que además presentan un volumen elevado de vehículos de carga, lo que no sería compatible con la carpeta no estructural que disponen. Del análisis de los videos de terreno y de los niveles de tránsito pesado registrados por el PNC, resulta recomendable pasar del estándar básico actual a contar con un pavimento estructural en rutas como H-634, I-112 e I-810, entre otras, ya que se observa un deterioro de la carpeta básica probablemente causado por el tránsito de camiones y/o fallas de drenaje de la vía.

14 CONCLUSIONES

Uno de los aspectos relevantes del presente estudio correspondió al análisis de los caminos básicos de la región. Si bien se realizó un levantamiento de información de tránsito y se recorrió una parte importante de la vialidad secundaria regional, es necesario observar la existencia discrepancias entre la información de tipo de carpeta y lo existente efectivamente en terreno. La información del Departamento de Gestión Vial no coincide tampoco con los registros de obras que mantiene la Dirección Regional de Vialidad, por lo que existen rutas con pavimentos básicos o estructurales que no están registrados de esa forma en el inventario vial. Es por esto que resulta necesario corregir esta situación (ya sea con un trabajo a nivel interno o con el apoyo de una consultoría) tendiente a determinar las condiciones reales de toda la red vial regional, especialmente en el caso de caminos secundarios, con el fin de

contar con una base adecuada para programar inversiones de mejoramiento y planificar las necesidades de mantenimiento vial. Sería importante además completar el enrolamiento de todas las vías que se encuentran bajo tuición de la Dirección de Vialidad.

Se ha planteado también la necesidad de mejorar el estándar de rutas que cuentan actualmente con pavimento básico, asociado a vías secundarias y flujos locales, por un mejoramiento geométrico considerando pavimento estructural dado que están soportando demandas mayores y cumplen roles de conectividad intercomunal.

Adicionalmente, se observan algunas rutas con tráficos importantes, de carácter estructurante para la región como las rutas 66 y 90, que cuentan con proyectos de inversión que deben seguir implementándose. También se detectó una serie de vías cuya capacidad podría verse superada en el mediano plazo dado que hoy cumplen un rol de soporte a la conectividad urbana en distintas conurbaciones de la región, para las cuales se recomienda desarrollar análisis específicos.

Respecto de la propuesta de plan de inversiones generada se recomiendan las siguientes acciones a implementar:

- Desarrollar los estudios de ingeniería asociados a los proyectos estratégicos, siguiendo el ordenamiento propuesto en el plan de inversiones.
- Priorizar las inversiones en los proyectos estratégicos indicados, particularmente en el caso en que se contemple financiamiento sectorial/regional y sean materializados como tramos de rutas.
- Avanzar en el mejoramiento de estándar de algunos tramos de rutas mediante caminos básicos, que permitirían generar conectividades longitudinales en la zona centro y costera, según la propuesta de proyectos de menor estándar.
- Analizar la factibilidad de implementar la ampliación de la ruta H-30 mediante concesión de obra pública, principalmente por su incidencia en las capacidades de financiamiento sectorial.