

ANÁLISIS, MODELACIÓN Y EVALUACIÓN DEL PLAN DE INVERSIONES ESTRATÉGICO PARA PDI 2055

INFORME EJECUTIVO

1 INTRODUCCIÓN

1.1 PRESENTACIÓN

El presente documento corresponde al informe ejecutivo del estudio “**ANÁLISIS, MODELACIÓN Y EVALUACIÓN DEL PLAN DE INVERSIONES ESTRATÉGICO PARA PDI 2055**”, Código BIP N° 40047356-0, llamado a licitación pública por la Dirección de Planeamiento del Ministerio de Obras Públicas.

1.2 OBJETIVOS

El objetivo principal de la presente asesoría consistió en desarrollar una adaptación del modelo de transporte desarrollado para el PNIM 2020 – 2050 al nuevo PDI 2055, destacando la revisión de algunos supuestos, recalibración del modelo con nuevos antecedentes, el análisis de diversos escenarios, entre los que destacan los que apuntan a una mayor intermodalidad para la disminución de externalidades negativas asociadas al transporte y contemplando una mayor participación y gobernanza.

El modelo de transporte permite dimensionar los viajes de carga y pasajeros que se movilizan actualmente en el país y entender las lógicas mediante el cual se asignan a la red de transporte. Para estos efectos la asesoría consideró la adaptación del modelo de planificación que fue construido como parte del estudio denominado “Asesoría para la Modelación y Evaluación del Plan Nacional de Movilidad 2020-2050” desarrollado por el Equipo Consultor.

En la presente asesoría además de calibrar el modelo de transporte, se desagrega en cuatro macrozonas, de manera de analizar, con mayor nivel de detalle que la escala nacional, posibles proyectos que sean parte de la visión objetivo a construir en el PDI 2055 de manera concordada con las regiones, así como también, integrar determinados escenarios que sean aplicables a las respectivas agrupaciones macrozonales.

De manera complementaria, con el objeto de validar los antecedentes iniciales y análisis del estudio, incorporando la opinión de la región a través de consultas y requerimientos generales, se procedió a realizar talleres de participación macrozonales en cada una de las fases del estudio, seleccionando los actores en conjunto con la contraparte técnica y en coordinación con las Direcciones Regionales de la DIRPLAN. En cada taller se abordaron materias asociadas tanto al modelo de transporte interurbano nacional, como los modelos de escala macrozonal.

1.3 ENFOQUE METODOLÓGICO

El enfoque metodológico del presente estudio apuntó a resolver aquellos aspectos que no pudieron ser cubiertos dentro del desarrollo del estudio del PNIM y considerando la necesidad de desarrollar un Plan Nacional de Infraestructura para el MOP en el horizonte 2055.

El estudio considera un enfoque multimodal en el cual se construye un modelo de transporte, el que es ajustado de forma tal de reproducir los niveles de demanda observados en el año de calibración.

El modelo es construido sobre plataforma TRANSCAD considerando matrices de pasajeros, separados en cuatro categorías y matrices de carga, divididas en cinco tipos de carga. El modelo considera los modos de transporte de pasajeros: automóvil, bus, tren y avión; y modos de carga: camión liviano, camión pesado, ferrocarril, cabotaje, transporte marítimo y avión. Las matrices de transporte fueron proyectadas a partir del escenario futuro de crecimiento de las actividades, desarrollado como parte del estudio integral del Plan Nacional de Infraestructura MOP. A partir de estos antecedentes, se procedió a proyectar las matrices de viajes del modelo calibrado.

En forma paralela se identificaron las ideas de proyectos, tomando como punto de partida los antecedentes construidos como parte del PNIM 2050, para luego realizar un catastro de proyectos de inversión, el que fue complementado con los talleres de participación y gobernanza. Se identificaron los proyectos modelables de forma tal de incorporarlos en la herramienta de modelación, separando aquellos proyectos que, si bien fueron considerados en el análisis, no pueden ser evaluados con un enfoque costo-beneficio. Adicionalmente, dentro de la cartera de proyectos se identificaron aquellos proyectos priorizados y aquellos que se encuentran en fase de construcción o previos a la ejecución, lo que permitió construir la situación base o de referencia para la evaluación.

Finalmente, los proyectos fueron codificados en el modelo de transporte para pasar al proceso de evaluación del plan de proyecto. Se estimaron los beneficios del plan en términos del ahorro de tiempo de viaje, consumo de combustible, costos de operación, accidentes y emisión de contaminantes, lo que permitió evaluar el plan en su conjunto.

Adicionalmente a esto, se determinaron indicadores de rentabilidad individual de proyectos, lo que permitió jerarquizar las iniciativas, tanto a nivel nacional como regional. En este caso, se consideraron indicadores tales como el excedente marshaliano del consumidor, el que fue empleado como unidad de medida de la rentabilidad de cada proyecto individual.

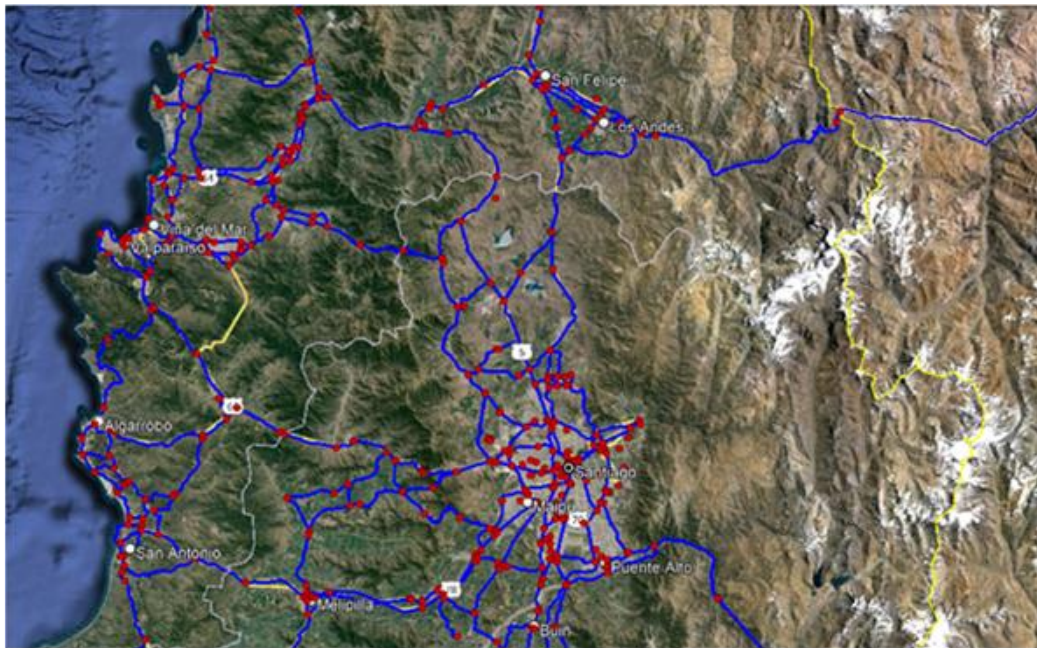
Finalmente, el modelo de transporte se dividió a nivel de macrozonas, construyendo redes de modelación regionales y matrices de viajes consistentes, lo que permite la realización de análisis específicos.

2 IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO

2.1 CONSTRUCCIÓN DE REDES MODALES

Para estos efectos el estudio se consideró la construcción del modelo de planificación en base a la recolección de diversas fuentes de información que permitieron construir una herramienta sólida en términos de la calidad de información base. Para estos efectos, se tomó como punto de partida el modelo que fue construido en el marco del Plan Nacional de Infraestructura para la Movilidad PNIM 2050.

Figura N° 2-1: Codificación Red Modelación



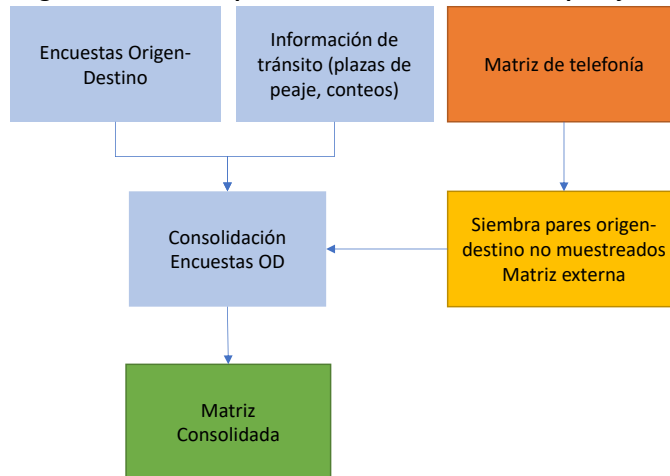
2.2 MATRICES DE PASAJEROS

Como parte del presente estudio se considera la construcción de matrices de viajes de pasajeros levantando abundante información, la que es combinada para determinar una matriz única. En este caso, se levantan los siguientes antecedentes:

- Encuestas origen-destino en 20 puntos de control, y mediciones de tránsito
- Matrices de telefonía móvil
- Información de plazas de peaje

El proceso de consolidación se presenta a continuación en forma esquemática.

Figura N° 2-2: Enfoque de construcción matriz de pasajeros



2.3 MATRICES DE TRANSPORTE DE CARGA

Como resultado del trabajo de recopilación de información productiva y de consumo, así como del análisis de consistencia con la información de comercio exterior, se procedió a estimar matrices para cada tipo de producto definido, cuyo detalle de estimación se presenta en las secciones siguientes del presente capítulo.

A continuación se presentan algunos indicadores globales que dan cuenta de la información construida. En términos generales la información construida indica que durante el año 2022, en el país se movilizó un total de 300 millones de toneladas de las cuales un 54% corresponde a movimiento de carga con origen y destino en el territorio nacional, un 46% de carga de comercio exterior.

Cuadro N° 2-1: Resumen Carga Movilizada a Nivel Nacional. Año 2022. (Toneladas)

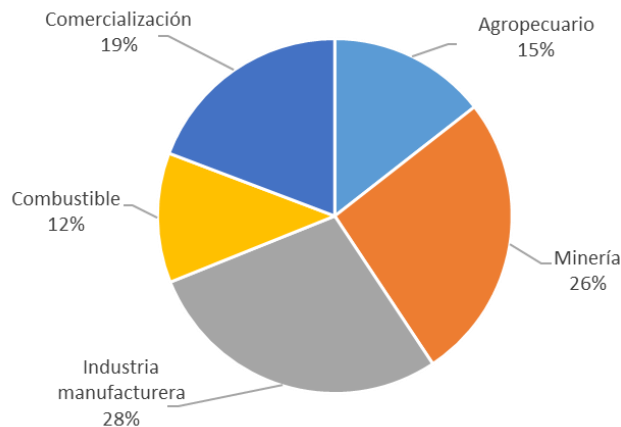
Número Producto	Tipo de Producto	Producción	Consumo	Exportación	Importación	Total
1	Frutas	7,488,264	4,490,095	3,393,944	395,775	7,884,039
2	Hortalizas y Otros Cultivos	10,377,134	10,483,597	79,940	186,402	10,563,537
3	Fertilizantes	1,919,938	1,583,022	1,186,536	849,620	2,769,558
4	Ganado - Carnes	1,553,488	1,695,446	499,679	641,637	2,195,125
6	Productos del Mar	4,214,732	3,051,536	1,183,802	20,607	4,235,339
7	Cobre refinado	1,932,571	73	1,932,571	73	1,932,644
8	Concentrado de cobre	13,374,006	1,808,678	11,565,327	0	13,374,006
9	Resto Minería	40,630,339	18,448,743	23,724,861	1,543,266	42,173,605
10	Otros Alimentos	8,038,685	12,533,773	2,528,154	7,023,242	15,061,927
11	Trozas Forestales	28,953,802	28,953,802	0	0	28,953,802
12	Productos Forestales	11,253,215	6,233,879	5,806,787	787,451	12,040,666
13	Celulosa	4,655,300	494,538	4,190,275	29,513	4,684,813
14	Papeles y Cartones	1,304,900	1,602,360	525,700	823,160	2,128,060
15	Bienes de Uso Doméstico	721,453	5,678,849	298,693	5,256,085	5,977,538
16	Maquinarias y vehículos	913,689	1,004,072	702,838	793,221	1,706,910
17	Combustibles	16,160,509	43,632,734	447,114	27,919,339	44,079,848
18	Productos Químicos	5,875,776	11,202,520	806,653	5,652,824	11,528,601
19	Acero	653,479	1,597,536	591,734	1,535,790	2,189,269
20	Cemento	3,802,114	5,746,858	43,374	1,988,118	5,790,232
20	Hormigón	6,954,979	6,954,979	0	0	6,954,979
21	Otros materiales de construcción	4,408,270	6,561,839	512,522	2,666,091	7,074,361
21	Aridos	39,371,034	39,371,034	0	0	39,371,034
22	Residuos y varios	26,205,416	27,190,929	1,037,584	2,023,097	28,228,513
		240,763,092	240,320,893	61,058,088	60,135,313	300,898,405

Fuente: Elaboración Propia

Se debe destacar que el monto de carga movilizada entre el año 2017 y 2022 permaneció prácticamente inalterable aumentando levemente la carga de comercio exterior.

Considerando que el método de estimación solo considera el movimiento entre productor y consumidor final, es necesario incorporar una etapa adicional en todos aquellos productos en los cuales la cadena de comercialización juega un rol preponderante. Esto corresponde a los productos: frutas, hortalizas, carnes, productos del mar, otros alimentos, otros bienes de consumo final, materiales de construcción y varios o residuos.

Figura N° 2-3: Distribución de la carga movilizada en el país. (Toneladas)



2.4 AJUSTE DEL MODELO

El proceso de consolidación fue realizado para obtener matrices iniciales de viajes para los tipos de vehículo reasignables, cada uno de estos por separado. Este proceso consideró en el caso de transporte de pasajeros, la consolidación de la EOD a automóviles, la que combinada con la matriz de telefonía en aquellas celdas no muestreadas. Mientras que en el caso de transporte de carga, se emplea directamente la matriz de carga construida a partir de los vectores de generación y atracción construidos como parte del presente estudio. En primer lugar se construye la matriz de transporte por carretera, para luego ajustar los costos de operación en el caso de aeropuertos, puertos y pasos fronterizos. Esto permite ajustar el flujo de vehículos, pasajeros y carga en la red vial nacional.

2.5 ESTIMACIÓN DE DEMANDA FUTURA

La predicción de la demanda al año 2055 requiere tener en consideración que en la medida que aumenta el PIB, aumenta el ingreso de las personas, así como la disponibilidad de automóvil. Esto es un hecho que se puede constatar en las tendencias de crecimiento de la tasa de motorización a nivel del país.

La evolución del parque de vehículos livianos entre el año 2010 y 2022, lo que permite determinar una correlación directa entre el parque automotriz y el PIB, donde se puede observar una elasticidad del parque de 2,14 frente al PIB. Esto indica que si el PIB se duplica al año 2055, el crecimiento de los automóviles aumentaría a 4,9 veces. Sin embargo, se considera que el valor de crecimiento del Parque no debiera superar una tasa de motorización de 600 vehículos por cada 1000 habitante, que

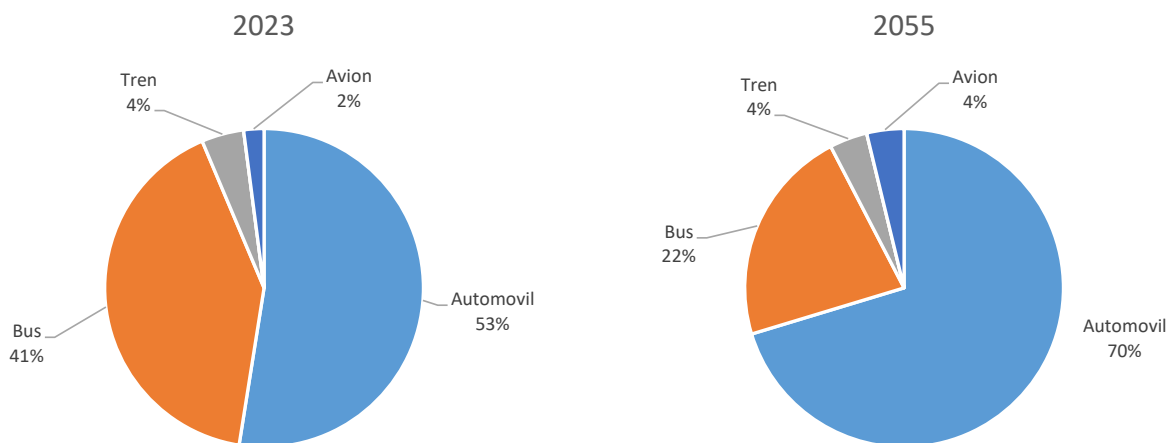
es la que actualmente posee Europa. Esto permite acotar a un máximo de 3,0 veces el valor actual del parque automotriz al año 2055. Adicionalmente, el aumento del nivel de ingreso permite una mayor participación del avión en los viajes interurbanos al año 2055. En este caso, se relaciona el crecimiento de los viajes en avión a partir del año 2010, lo que muestra una elasticidad de 3,15 en relación al PIB. Lo que indica que si el PIB se duplica al año 2055, el flujo de pasajeros en avión se ponderaría por 9,4 veces. Esto se traduce en que al año 2055 el avión podría duplicar su participación.

Finalmente, considerando el aumento de la participación de automóvil y buses producto del aumento del PIB, se tiene en contrapartida una caída de los viajes en buses.

Tomando en consideración lo antes expuestos, se procede a realizar la modelación de la situación actual al año 2055, considerando para esto la proyección del Valor del Tiempo, pero también ajustar los atributos de los modos de forma tal de replicar las tendencias previstas para los modos al año 2055. A continuación se presentan los resultados de la proyección al año 2055 y la variación observada en la participación modal interurbana.

Tomando los criterios antes señalados se observa que el modelo reproduce el incremento de la participación modal de automóviles, llegando a un 70% de participación de mercado, mientras que los buses se reducen en un 15% y en el caso del avión aumenta un 2% de participación.

Figura N° 2-4: Participación modal interurbana en la situación actual al año 2055



3 DEFINICIÓN DE PROYECTOS PARA PLAN NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA

Como parte del estudio se definió y analizó una cartera de proyectos de transporte que pasan a formar parte del **Plan Nacional de Infraestructura Pública 2025-2055**, conformado por una situación base referencial y los proyectos modelados y jerarquizados, logrando con ellos un Plan de Inversiones priorizado y con los indicadores de bondad del proyecto a nivel de perfil.

Para lo anterior, a continuación se presentan los procedimientos que permiten la identificación, clasificación y selección de proyectos, especificándose para ellos los estándares deseados para formar parte del Plan Nacional 2025-2055 y a partir de ello estimar las inversiones preliminares asociadas.

3.1 IDENTIFICACIÓN PRELIMINAR DE PROYECTOS

A partir de la revisión de antecedentes y la etapa de talleres macrozonales, en los que se incorporó la visión regional de infraestructura (Gobernanzas Regionales de Planificación) se estableció que el listado preliminar de proyectos a considerar son los provenientes de la propuesta realizada en el estudio denominado: “Asesoría para la Modelación y Evaluación del Plan Nacional de Movilidad 2020-2050”

En el estudio indicado, se estableció una imagen objetivo en la que se identificaron diversos sistemas de transporte que podrían intervenir para conformar en Plan Nacional de Movilidad, indicándose rutas y modos afectados, además de propuestas de estándares deseados para los sistemas de transporte a nivel nacional; estableciendo que para absorber la movilidad futura, se debe contar con una red nacional que integre los distintos modos de transporte vial, ferrocarril, aéreo, marítimo y por ductos.

3.2 ESTIMACIÓN DE INVERSIONES CARTERA PRELIMINAR DE PROYECTOS

El listado de proyectos identificados en el punto anterior, fueron revisados para poder conformar ahora el **Plan Nacional de Infraestructura Pública 2025-2055**, haciendo en algunos casos ajustes en las definiciones y emplazamientos de los proyectos, así como también en otros casos la incorporación de nuevas iniciativas, a la luz de los resultados de los análisis del estudio, como de requerimientos o propuestas de los equipos técnicos del Ministerio de Obras Públicas, incluso integrando aspectos de otras carteras obtenidos en el marco de desarrollo de los estudios que se desarrollan en paralelo: “**Estudio Análisis Integral Plan Director de Infraestructura 2025-2055**” y “**Análisis Requerimientos de Infraestructura Hídrica de Largo Plazo 2025-2055**”.

Respecto a las metodologías para estimación de inversiones a cartera de proyectos en análisis, se trabajó según se indica a continuación:

a) Infraestructura Vial

En el estudio que propone el Plan Nacional de Infraestructura para la Movilidad 2020-2050, se desarrolló una metodología que permitió estimar inversiones de las iniciativas de inversión en infraestructura vial, el que es validado y actualizado en el presente estudio, analizando especialmente incrementos de precios post pandemia.

b) Infraestructura Complementaria

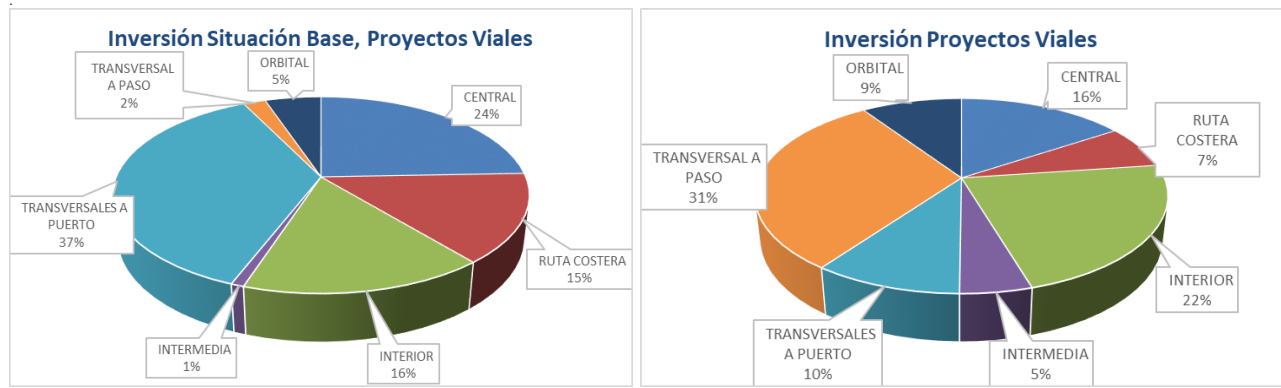
Respecto a proyectos Ferroviarios, Aeroportuarios y Portuarios, que provienen esencialmente de visiones sectoriales específicas del MOP; en general las inversiones también son informadas por estas mismas carteras técnicas, por lo que son validadas e incorporadas.

3.3 MONTOS DE INVERSIÓN PLAN NACIONAL INFRAESTRUCTURA MOP 2025-2055

El análisis de proyecto permite obtener los siguientes cuadros de inversiones de infraestructura vial, agrupadas en proyectos o partes de ellos que pasaron a formar parte de la Situación Base y los montos de inversiones de proyectos que finalmente forman parte del Plan Nacional.

Cuadro N° 3-1: Resumen Inversiones, Proyectos Plan Nacional Infraestructura Vial

SITUACIÓN BASE PROYECTOS VIALES	#	KM	UF	MM USD
CENTRAL	4	404	62.614.632	2.425
RUTA COSTERA	11	1.066	37.469.691	1.451
INTERIOR	2	820	41.123.897	1.593
INTERMEDIA	0	0	2.183.374	85
TRANSVERSAL A PUERTO	8	551	94.552.592	3.662
TRANSVERSAL A PASO	5	266	5.282.656	205
ORBITAL	3	123	13.306.544	515
TOTAL SITUACIÓN BASE	33	3.230	256.533.388	9.936
PROYECTOS VIALES PLAN NACIONAL	#	KM	UF	MM USD
CENTRAL	16	2.956	197.411.449	7.645
RUTA COSTERA	22	1.840	89.588.037	3.469
INTERIOR	16	6.356	284.127.800	11.003
INTERMEDIA	4	1.049	59.756.191	2.314
TRANSVERSALES A PUERTO	14	1.264	123.765.559	4.793
TRANSVERSAL A PASO	35	6.102	385.613.859	14.933
ORBITAL	27	842	118.296.007	4.581
TOTAL PROYECTOS	134	20.409	1.258.558.902	48.739

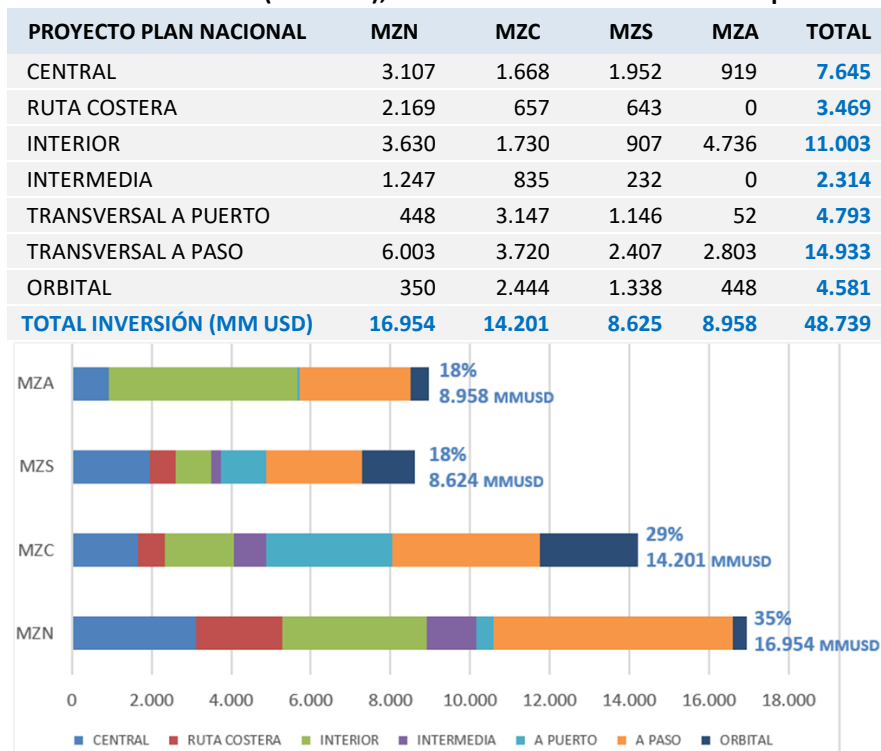


Fuente: Elaboración Propia

Del cuadro anterior, se desprende que el plan propuesto, involucra una longitud (20.409 km) superior a la red vial nacional pavimentada al años 2024 en nuestro país, que es del orden de 18.000 km. Además, este cifra del Plan Nacional, e casi el 25% de la red vial nacional total (90.000 km).

En cuadro siguiente se reportan las inversiones de proyectos de infraestructura vial del Plan Nacional, de acuerdo a las macro zonas establecidas.

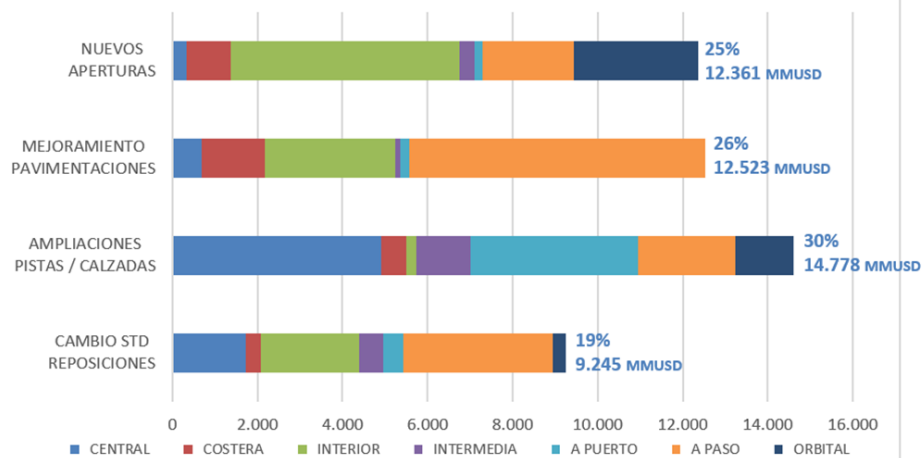
Cuadro N° 3-2: Inversiones (MM USD), Plan Nacional Infraestructura Vial por Macrozona



Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 3-3: Inversiones (MM USD), Plan Nacional Infraestructura Vial por Acción

PROYECTO PLAN NACIONAL	CONS	REP + STD	AMP	MEJ PAV	NUE APER	TOTAL
CENTRAL	300	1.727	4.900	680	338	7.645
COSTERA	300	354	590	1.488	1.037	3.469
INTERIOR	727	2.315	244	3.068	5.375	11.003
INTERMEDIA	85	548	1.285	116	365	2.314
A PUERTO	35	488	3.923	207	175	4.793
A PASO	106	3.508	2.306	6.963	2.156	14.933
ORBITAL	203	304	1.360	0	2.917	4.581
TOTAL INVERSIÓN (MM USD)	1.755	9.245	14.609	12.523	12.361	48.739



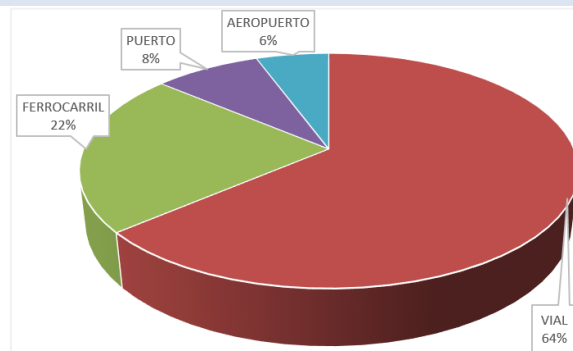
NOTA: En columna de suma total de cuadro y en gráfico, no se considera inversión de mantenimientos, la que además no supera el 3% del total del plan.

Fuente: Elaboración Propia

Respecto a la totalidad de los proyectos de infraestructura MOP que están considerados en el Plan Nacional 2025-2055, el reporte de los resultados, se muestran en los cuadros siguientes.

Cuadro N° 3-4: Inversiones Plan Nacional Infraestructura MOP 2025-2055

INFRAESTRUCTURA	#	UF	MM USD
VIAL	134	1.258.558.902	48.739
FERROVIARIA	25	441.962.461	17.116
PORTUARIA	10	162.308.479	6.286
AEROPORTUARIA	18	111.061.235	4.301
TOTAL INVERSIONES		1.973.891.077	76.442



4 DEFINICIÓN Y MODELACIÓN SITUACIÓN BASE A ESCALA NACIONAL

4.1 SITUACIÓN BASE

La situación base se define considerando como punto de partida, los proyectos programados, que fueron identificados a partir del plan director de vialidad y la revisión de los planes de inversión de la Dirección General de Concesiones, así como de las entrevistas a los distintos organismos involucrados.

Esta situación base corresponde a un horizonte de corto plazo en el cual se tiene certeza sobre la ejecución de los proyectos, por lo que sirve de punto de comparación para fines de estimación de beneficios y la evaluación de proyectos de largo plazo.

Cuadro N° 4-1: Proyectos situación base

N°	Nombre Proyecto	prop	Estado Inicial	Estado Final	Estandar final	
CENTRAL						
T8	La Serena-Los Vilos	Concesionada. En doble calzada. Fin concesión en 2048	Concesión	2PS	2PS	Mantiene estándar
T9	Túnel del Melón	Concesionada. En doble calzada. Adjudicada 2024	Concesión	2PS	2PS	Mantiene estándar
T18	Puente Canal de Chacao	En construcción incluyendo puente y accesos. 2028 año probable de operación	Concesión	Balseo	2PS	Mantiene estándar
T19	Chacao-Chonchi	Concesionada. En doble calzada. En cartera Concesiones 2024-2025	Concesión	2PS	2PS	Mantiene estándar
RUTA COSTERA						
T23	Aepto. D. Aracena -Mejillones	Pavimentado	Vialidad	1PS	1PS	Conservación
T25	Variilla-Las Breas	Pavimentado	Vialidad	1PS	1PS	Conservación
T27a	Caleta El Cobre-Caleta Paposo	Tramo en estándar de bishofita recientemente terminado	Vialidad	1PS	1PS	Conservación
T27b	Paposo-Taltal	Pavimentado	Vialidad	1PS	1PS	Conservación
T34a	Santo Domingo-Pichilemu		Vialidad	1PS	1PS	Conservación
T34b	Pichilemu-Boyeruca		Vialidad	1PS	1PS	Conservación
T34c	Boyeruca-Uico		Vialidad	1PS	1PS	Conservación
T35a	Uico-Ujimavida	Mejoramiento de estandar	Vialidad	1PS	1PS	90 km/hr
T38	Pie de Monte	Concesionable. En cartera Concesiones 2024-2025	Concesión	-	2PS	107 km/hr
T39	Coronel-Tres Pinos	Concesionada. En doble calzada. Fin concesión 2048	Concesión	1PS - 2PS	1PS - 2PS	Conservación
T40a	Tres Pinos-Mehuín	Falta tramo Mehuín-Niebla en etapa de diseño (70 km app)	Vialidad	1PS	1PS	90 km/hr
INTERIOR						
T49	Santiago-Los Andes	Concesionada. En doble calzada. En cartera Concesiones 2018-2023	Concesión	2PS - 3PS	2PS - 3PS	120 km/hr
INTERMEDIA						
TRANSVERSALES A PUERTO						
T68	Nudo Uribe-Costa	Corresponde a Ruta B-400 pavimentada que forma parte de Concesión Rutas de An	Vialidad	1PS	1PS	Conservación
T74	Nogales-Puchuncaví-Quintero	Concesionada (2ª). Considera ampliación a doble calzada.. Termino 2054	Concesión	2PS	2PS	-
T78	Santiago-Valparaíso (Ruta 68)	Concesionada. En doble calzada. Adjudicada 2024	Concesión	3PS	3PS	-
T80	Santiago-San Antonio (Ruta 78)	Concesionada. En doble calzada. Adjudicada 2023	Concesión	2PS - 3PS	2PS - 3PS	-
T86	Acceso Norte a Concepción	Concesionada. En doble calzada. Adjudicada 2024	Concesión	2PS	2PS	-
T95	Acceso Norte Valdivia	En cartera 2024-2025. Calzada simple en la actualidad	Concesión	2PS	2PS	-
T95a	Conexión Valdivia Niebla	Mejoramiento trazado existente	Vialidad	1PS	1PS	-
T96	Acceso Sur Valdivia	En cartera 2024-2025. Calzada simple en la actualidad	Concesión	2PS	2PS	-
TRANSVERSALES A PASOS						
T98	Puerto Varas - Paso Pangue		Vialidad	1PS	1PS	Conservación
T106	Coyhaique-Paso Huemules	Paso priorizado. Pavimentado	Vialidad	1PS	1PS	Conservación
T113	Paso Don Guillermo	Paso priorizado. Pavimentado	Vialidad	1PS	1PS	Conservación
T114	Paso Dorotea	Paso no priorizado. Pavimentado	Vialidad	1PS	1PS	Conservación
T116	Punta Arenas-Paso Integración Austral	Paso priorizado. Pavimentado	Vialidad	1PS	1PS	Conservación

4.2 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN BASE

En base a antecedentes generados como parte de la modelación de la situación base, se procede a identificar los conflictos que deben ser abordados en las soluciones viales a desarrollar. Con el modelo de transporte calibrado es posible generar un diagnóstico de las condiciones y características actuales de operación en la red vial del Estudio. Análisis que no sólo incluye la determinación de los niveles de tránsitos e identificación de puntos de conflictos, sino también, conocer los mercados O/D y los tipos de usuarios que explican los movimientos existentes en la red.

El escenario predicho para la situación base al año 2055, junto con las variaciones observadas en la partición modal futura. En dichos cuadros se puede observar que el automóvil mantiene el crecimiento esperado en la situación actual, llegando a una partición modal de 71%, mayor al observado en la situación actual.

Se puede apreciar que la situación base mejora la operación vial y tiene como consecuencia una mayor participación del automóvil, reduciendo el incremento de la participación del avión, en relación a lo observado en la situación actual.

En el caso del transporte de carga, se observa que la participación modal se mantiene estable en el tiempo derivado en parte de la gran interacción de la carga con los viajes hacia el extranjero.

Figura N° 4-1: Partición modal de viajes interurbanos de pasajeros

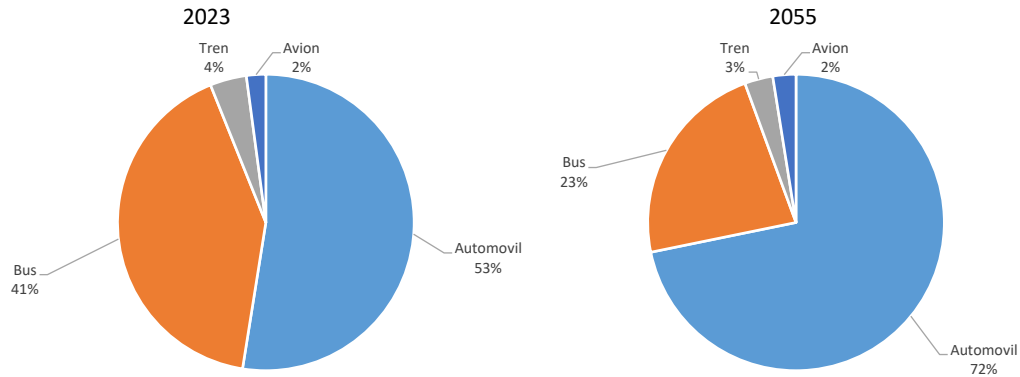
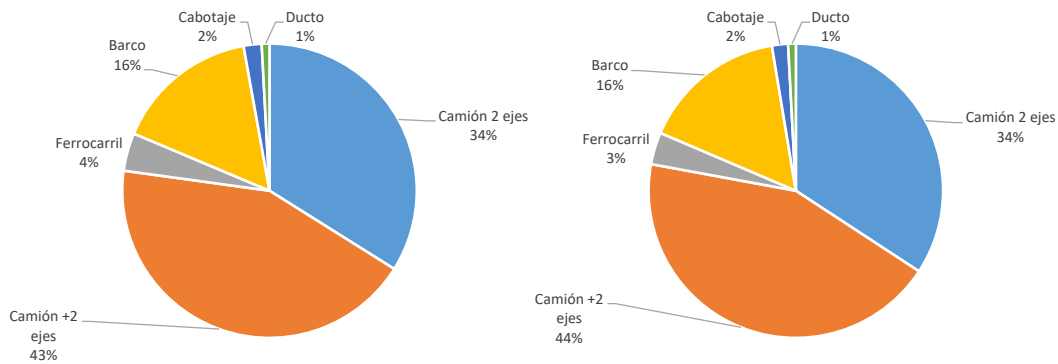
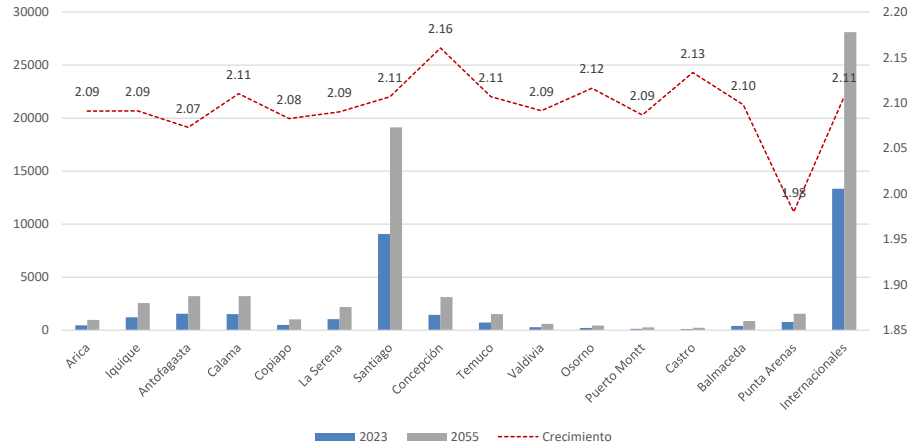


Figura N° 4-2: Partición modal de viajes interurbanos de carga



Los resultados muestran que el crecimiento de los aeropuertos se relaciona directamente con el crecimiento de la población de cada región. Sin embargo, se debe notar que los viajes mantienen la fuerte preponderancia de Santiago en los viajes aéreos. Esto se debe a que Santiago opera como un hub en el cual la mayor parte de los viajes, tienen como punto de intercambio el aeropuerto AMB. Esto indica la necesidad de seguir abriendo nuevas rutas, lo que reduciría los requerimientos sobre este aeropuerto.

Figura N° 4-3: Proyección de la demanda aérea



Al analizar los indicadores globales de operación en la red, es posible observar que los proyectos de la situación base mejoran la operación de pasajeros, reduciendo el tiempo total consumido en el sistema de transporte. Sin embargo en el caso de transporte de carga, se tiene un efecto inverso con un aumento del tiempo y recorrido de la carga. Esto derivado en parte de que los proyectos de la situación se orientan a resolver los problemas internos de la red nacional. Esto indica la conveniencia de realizar escenarios orientados a disminuir los recorridos y tiempos de viaje de la carga internacional y del acceso a los destinos, lo que reduciría los tiempos de viajes del sistema.

Figura N° 4-4: Indicadores de operación

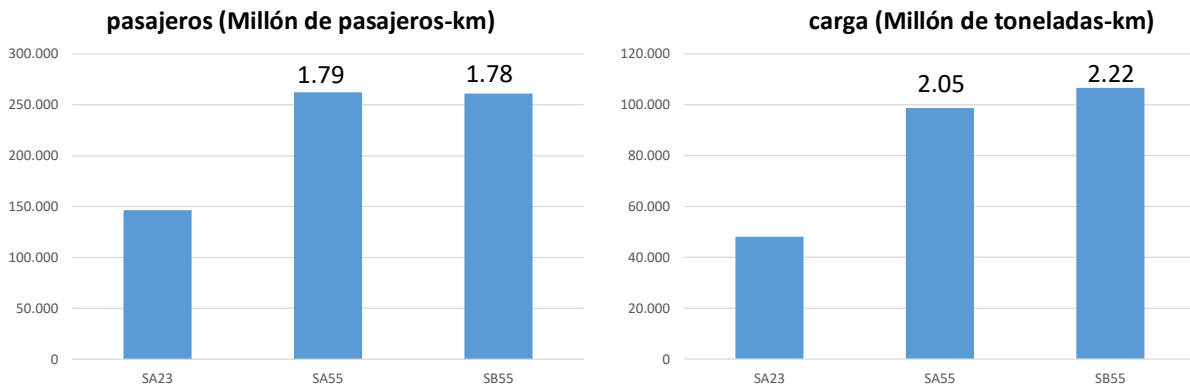
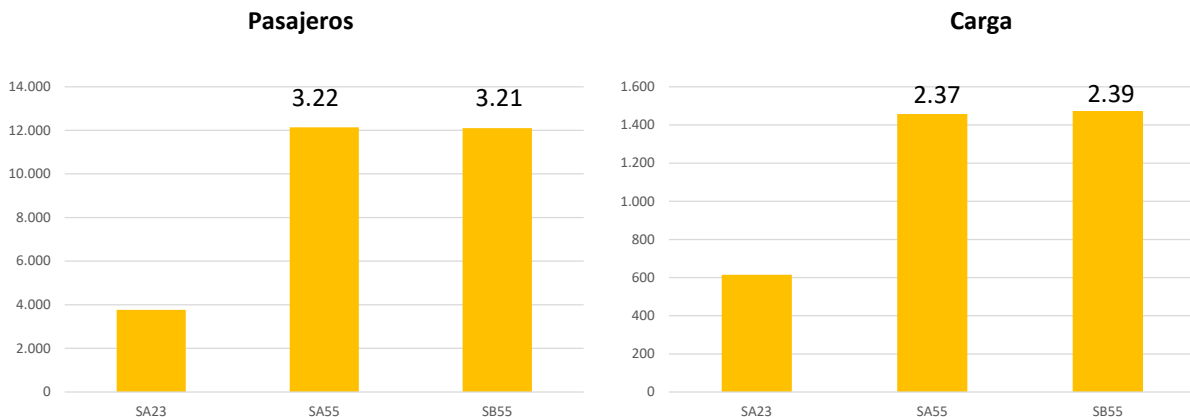
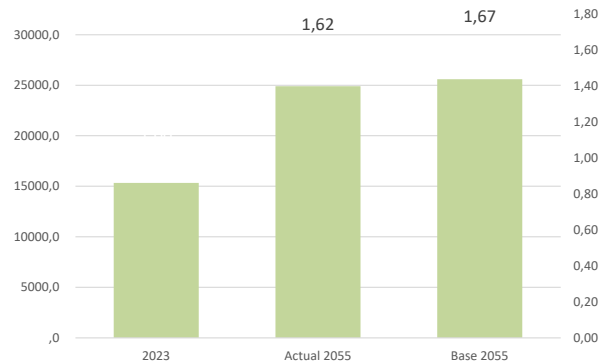


Figura N° 4-5: Indicadores de operación (Horas anuales)



Como resultado de la aplicación del modelo de transporte es posible determinar los indicadores del crecimiento de la emisión de CO₂ en ambos escenarios. Para estos efectos, se emplea la metodología diseñada en el marco de la implementación del PNIM. Como resultado del análisis se puede apreciar que la implementación de la situación base tiene como consecuencia un aumento la emisión de contaminantes en relación al escenario previsto por la proyección directa de la situación actual, lo cual se debe a que la situación actual se orienta a mejorar la velocidad de operación de los vehículos, lo que se traduce en una emisión de CO₂.

Figura N° 4-6: Determinación de la emisión de contaminantes



5 MODELACIÓN PLAN DE PROYECTOS

A partir de los resultados obtenidos en la implementación de los modelos de tránsito, se procedió a definir y modelar el Plan de Proyectos para el análisis de las soluciones, incorporando los proyectos programados que se encuentren en vías de ejecución o con decisión de inversión.

En esta etapa, resulta de especial interés analizar los efectos que se producirán en la red vial, producto de la incorporación de aquellos proyectos de inversión programados en el área de estudio.

5.1 CODIFICACIÓN DE LAS REDES DE MODELACIÓN

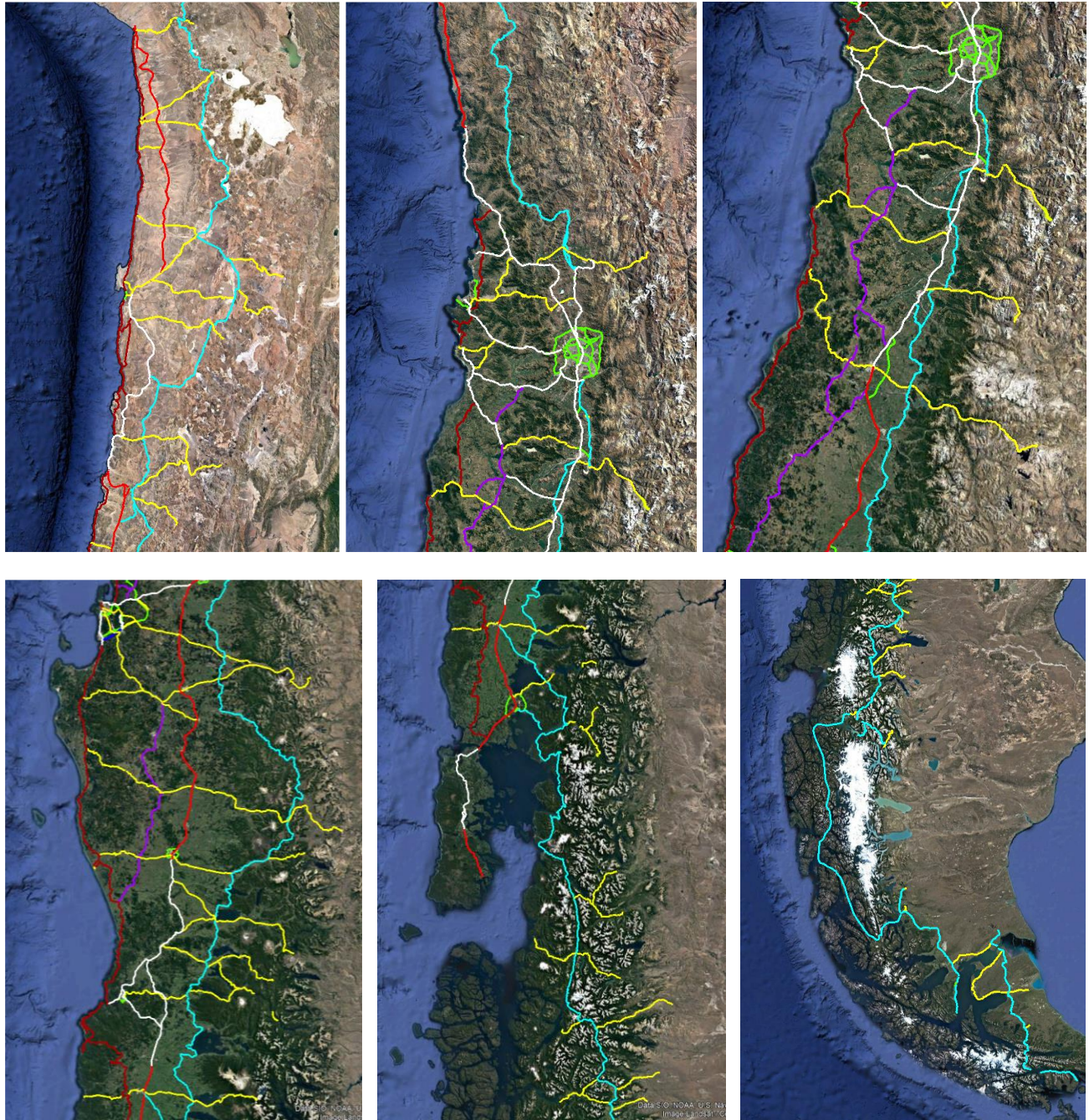
Con el objetivo de incluir en el modelo los proyectos a evaluar, se realizaron las siguientes actividades:

- Digitalización: Basándose en la información cartográfica presente en los estudios analizados se generó un archivo geográfico con los trazados de los proyectos. Posteriormente, se importó el archivo en TransCAD y se codificaron los proyectos a la red vial existente en el modelo. Este procedimiento se aplicó solo a los proyectos que en la red calibrada no cuentan con arcos que los representen.
- Generación de base de datos: Para cada uno de los nuevos arcos de la red que representan los proyectos, se incluyó en la base de datos del modelo la información operacional relevante para la asignación de viajes. Para los proyectos que ya contaban con arcos que los representaban en la red calibrada, se varió la información existente ajustándola a las condiciones operacionales requeridas por los proyectos.

Como parte de este análisis se construyó un plan que incorpora la totalidad de los proyectos identificados, lo que permite determinar el impacto marginal de cada uno dentro de la red y permite jerarquizarlos de acuerdo con los indicadores de operación individual que cada uno entrega.

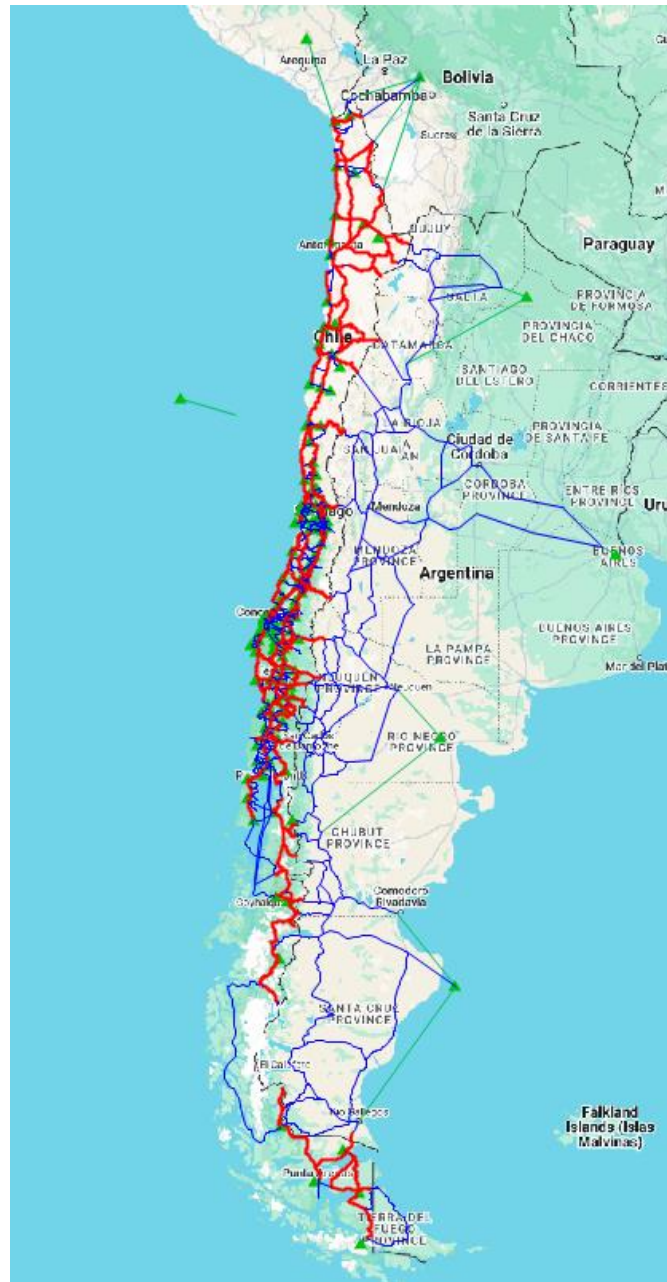
A continuación, se muestra gráficamente los proyectos viales incorporados en el plan:

Figura N° 5-1: Representación gráfica de los proyectos en la red



Mientras que a continuación, se la red de modelación que incorpora la totalidad de los proyectos:

Figura N° 5-2: Representación gráfica de los proyectos en la red



5.2 DETERMINACIÓN DE INDICADORES DE OPERACIÓN

Una vez codificados los planes de proyectos, se procedió a realizar la simulación en TransCAD, para el año base y los cortes temporales futuros. Esto implica realizar tanto la modelación de los planes de proyecto, como cada una de las alternativas de proyecto que los constituye.

Basándose en los resultados arrojados por el modelo para cada uno de los escenarios, se realizó el cálculo de los indicadores operacionales para los cortes temporales 2023 y 2055. Se destaca que para el modo pasajeros la demanda crece entre los años 2023 y 2055 1.5 veces, mientras que por efecto del aumento de los ingresos la distancia de viaje crece 1,8 veces.

Cuadro N° 5-1: Total de demanda asignada, Plan de proyectos inicial (Años 2023 y 2055)

Modo	Unidad	2023			2055		
		Interzonal	Intrazonal	Total	Interzonal	Intrazonal	Total
Pasajeros	pas-año	1.323.753.439	8.593.386.536	9.917.139.975	1.983.358.127	12.821.354.465	14.804.712.592
Agrícola	ton-año	32.692.591	25.582.392	58.274.983	68.359.691	53.492.377	121.852.068
Combustible	ton-año	26.240.949	28.862.204	55.103.152	59.648.062	55.571.759	115.219.821
Comercio	ton-año	43.096.851	37.091.642	80.188.493	90.114.835	77.558.037	167.672.872
Manufacturas	ton-año	60.890.008	38.170.124	99.060.133	128.490.408	78.642.763	207.133.172
Minerales	ton-año	52.514.770	4.897.776	57.412.546	109.686.828	10.361.898	120.048.726
Total carga	ton-año	215.435.169	134.604.138	350.039.307	456.299.824	275.626.835	731.926.659

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 5-2: Distancia promedio según categoría de usuario, Situación Base, Años 2023 y 2055 (km)

Modo	Unidad	2023			2055		
		Interzonal	Intrazonal	Total	Interzonal	Intrazonal	Total
Pasajeros	km	77,8	5,0	14,7	76,6	8,5	17,6
Agrícola	km	302,0	5,0	171,6	311,1	8,5	178,2
Combustible	km	754,6	5,0	362,0	572,5	8,5	300,5
Comercio	km	103,5	5,0	58,0	103,8	8,5	59,7
Manufacturas	km	272,6	5,0	169,5	280,7	8,5	177,3
Minerales	km	289,3	5,0	265,0	278,3	8,5	255,0
Total carga	km	306,0	5,0	190,3	287,9	8,5	182,7

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 5-3: Partición modal de pasajeros interurbana, plan de proyectos

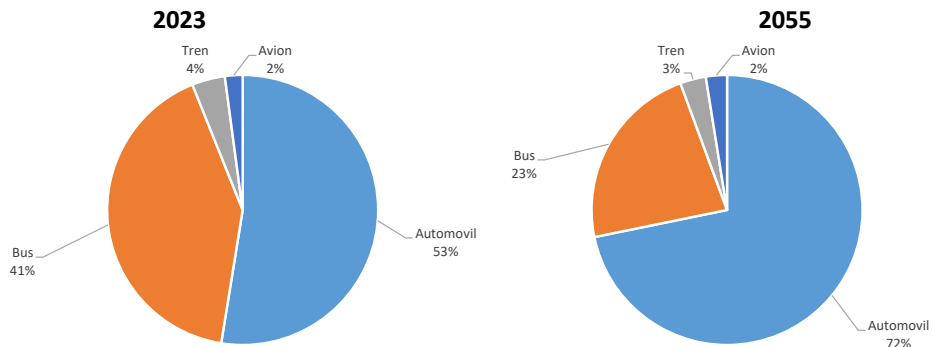
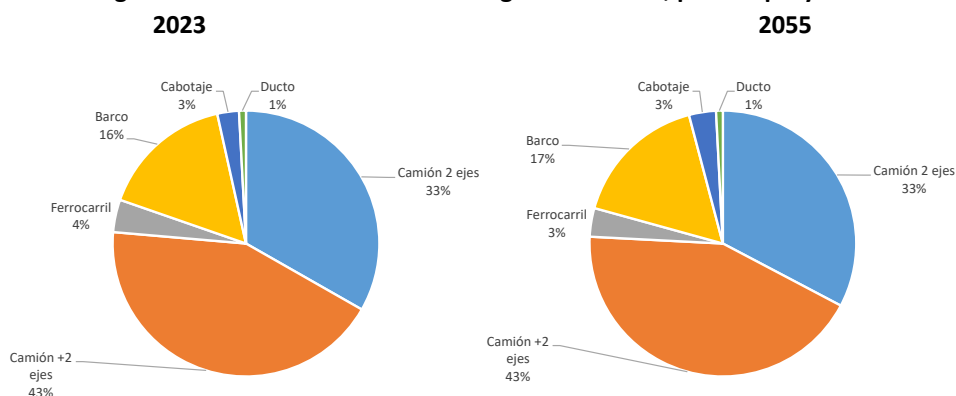


Figura N° 5-4: Partición modal de carga interurbana, plan de proyectos



5.3 CONSTRUCCIÓN DE REDES DE TRANSPORTE MACROZONALES

El modelo nacional presenta la ventaja de tratar la modelación como un todo, incorporando los distintos usuarios en todo su trayecto, respetando la interacción a nivel macrozonal. Sin embargo, un modelo de esta magnitud tiene como consecuencia que los beneficios de un proyecto no pueden ser adecuadamente considerados si el modelo posee una escala muy pequeña en relación al modelo nacional. En dicho caso, los beneficios del proyecto se pierden entre las aleatoriedades de la modelación.

En este sentido parece apropiado construir redes macrozonales, distinguiendo entre macrozonas norte, centro, sur y austral. Esto permite precisar el modelo, concentrándose en modelar los modos terrestres y bimodales, obviando las interacciones a nivel de transporte marítimo internacional y de cabotaje, así como la modelación del transporte internacional terrestre y aéreo y el transporte por ductos. De esta manera, se procedió a cortar las redes de modelación del año 2023 y 2025, empleando las facilidades que entrega el modelo TRANSCAD. En términos de la proyección de la demanda se considera realizar la agregación de las matrices proyectadas para el modelo nacional, lo que permite proyectar los vectores de generación y atracción de las matrices provenientes de las subredes. Las redes contienen exclusivamente los modos viales y ferroviarios. Eliminando la conexión con las zonas del extranjero. No obstante se ha decidido mantener la red de conexión en la zona norte y austral, dada la relevancia que tiene la comunicación con los países vecinos en dichas zonas extremas.

6 EVALUACIÓN Y JERARQUIZACIÓN DE PROYECTOS

6.1 ESTIMACIÓN DE INDICADORES

Los escenarios planteados son analizados en términos de los ahorros de consumo que generan en relación a la situación base y la estimación de los correspondientes indicadores de rentabilidad. En este caso, la situación base se plantea como el escenario de infraestructura aprobado para el año 2032, mientras que el plan de proyectos incorpora gradualmente los proyectos hasta completar el plan al año 2055.

Conforme a lo anterior, el método de evaluación utilizado para analizar los beneficios sociales de las inversiones en proyectos de transporte, se basa en la cuantificación de ahorros de recursos. En este caso, si los recursos sociales utilizados en el escenario con proyecto (incluida la inversión) son menores que los recursos utilizados cuando el sistema opera sin el proyecto (situación base), considerando una tasa de descuento social, entonces su materialización se justifica desde el punto de vista social.

El costo de la inversión, como es usual, se considera en el año cero de evaluación (o años previos al horizonte de evaluación según se estime el plazo requerido para su construcción) y se valora en precios sociales, en tanto los beneficios del proyecto se determinan para cada año de horizonte de evaluación, como la diferencia entre el proyecto y la situación base de los costos de tiempo de viaje, operación y mantenimiento de la infraestructura. Sin perjuicio de lo anterior, también pueden producirse inversiones durante el horizonte de evaluación, principalmente asociadas a la compra de

nuevos equipos ferroviarios o renovación de existentes, para atender los crecimientos de la demanda de viajes, tanto de servicios de pasajeros como de carga.

También se consideran en los beneficios otras externalidades tales como las ambientales, en particular las relacionadas con las emisiones de gases, ya que los sistemas ferroviarios modernos, más aún si son de tracción eléctrica, generan significativamente menos emisiones que los vehículos viales.

6.2 RENTABILIDAD DEL PLAN

A partir de la modelación del Plan de Proyectos y la Situación Base, se procede a estimar los beneficios del plan de proyectos a partir de los ahorros en consumo de tiempo de viaje que genera el Plan. En este caso, el Plan se evalúa considerando como primer año de operación el año 2035 y se consideran 20 años de operación.

En este caso se considera la totalidad de los proyectos viales, portuarios y aeroportuarios, indicados en el Plan, sin embargo, se excluyen los proyectos de Orbitales dado que la herramienta es demasiado agregada para su análisis en particular.

Tomando en cuenta lo antes indicado, la rentabilidad del plan es de -3.8% es decir el Plan que considera la totalidad de los proyectos, no resulta rentable.

Cuadro N° 6-1: Rentabilidad del Plan Total

	BEN	TIR	TRI
PLAN TOTAL	8609951	-6,4%	1,9%

Tomando en consideración lo anterior, se procede a descartar todos aquellos proyectos cuya rentabilidad parcial es menor a cero, lo que significa jerarquizar los proyectos de acuerdo con su nivel de beneficios. En este caso, se genera un Plan restringido, el que pasa a tener una rentabilidad de un 9,1% a nivel global.

Cuadro N° 6-2: Rentabilidad del Plan Restringido

	BEN	TIR	TRI
PLAN RESTRINGIDO	17026827	9,1%	11,4%

7 ESCENARIO DE SENSIBILIDAD

7.1 ESCENARIOS DE SENSIBILIDAD

El Plan de Proyectos analizado considera un escenario en el cual se proyecta la demanda siguiendo las tendencias observadas en el sistema de transporte y las perspectivas de desarrollo en una situación en la cual no se introducen cambios de políticas en el escenario futuro. En este escenario se espera que la partición modal del automóvil crezca hasta alcanzar un 72% derivado del aumento del ingreso de las personas y las necesidades de movilidad de los usuarios, de la misma manera, se mantiene la fuerte presencia del transporte por camión de más de dos ejes.

En este capítulo se presentan los análisis realizados intentando probar escenarios de política que permitirían modificar las tendencias observadas y analizar cuáles serían las consecuencias de la aplicación de dichos escenarios.

En este sentido, se analizan los siguientes escenarios futuros:

- Cabotaje: Escenario permite que los barcos de bandera internacional recalén en más de un puerto, reduciendo los costos de transporte terrestre
- Ferrocarril: considera un aumento en la participación modal del ferrocarril de carga y pasajeros
- Corredores bioceánicos: Análisis del impacto del aumento en la demanda en el corredor central.
- Hidrógeno Verde: Análisis del impacto de producción de hidrógeno verde. Reducción en importación de Combustible cambio en cabotaje
- Conectividad Austral: Impacto del mejoramiento de la conectividad austral.

7.2 ESCENARIO DIRIGIDO

El análisis ha mostrado la conveniencia de implementar los escenarios de infraestructura y política planteados. Los resultados indican que el escenario ferroviario en complemento con el escenario de cabotaje y transporte austral, logra reducir en forma importante los consumos del sistema. Por otra parte, los escenarios de Hidrógeno Verde y Corredor Bioceánico, son escenarios altamente probables de que se realicen en el escenario planteado.

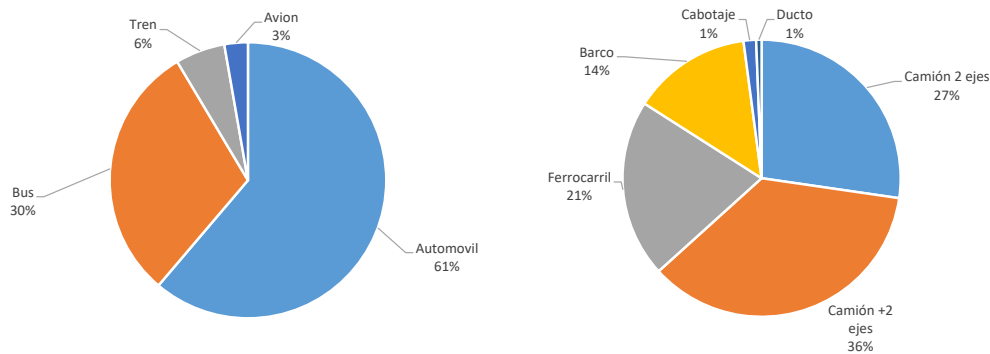
De esta manera, se decidió implementar un escenario de sensibilidad que considere la totalidad de los escenarios de sensibilidad planteados, es decir que conjugue el escenario de cabotaje, ferroviario, corredor bioceánico vial, hidrógeno verde y conectividad austral, en conjunto.

Para estos efectos, se considera analizar el impacto de un fuerte cambio en la penetración del ferrocarril, analizando el impacto del aumento en la participación del ferrocarril, considerando para esto que el ferrocarril logra aumentar su velocidad de operación en la red ferroviaria existente a una velocidad promedio de 100 km/hr. Adicionalmente, se asume que se eliminan las restricciones al cabotaje, lo que se realiza a través de la reducción de los costos y tiempos de acceso al modo cabotaje.

Como resultado de este análisis se obtiene un aumento desde un 2% a un 6% del total de viajes de pasajero en ferrocarril, mientras que en el caso del transporte de carga se obtiene un aumento de un 5% a un 21% del total de carga interurbana movilizada.

Se puede apreciar que el aumento de participación modal ferroviaria de carga es mucho mayor en el escenario dirigido, al combinar escenarios de demanda, que mueven carga masiva con mayor factibilidad de ser transportada por este modo.

Figura N° 7-1: Partición modal escenario dirigido



Este cambio en la partición modal trae como consecuencia importantes beneficios en términos de tiempos de viaje y de recorrido, lo que además se suma a una reducción en las necesidades de infraestructura del MOP. Sin embargo, naturalmente esto trae asociado un costo para materializar el Plan, considerando los niveles de servicio antes mencionado, lo que tendría que ser analizado en específico como parte de un plan ferroviario.

Cuadro N° 7-1: Viaje-km Plan total y escenario dirigido

		Plan Total	Escenario dirigido
		P0	P6
Pasajeros	pax-km	262.405	264.030
Agrícola	ton-km	21.228	19.939
Combustible	ton-km	31.929	19.444
Comercio	ton-km	9.939	9.935
Manufacturas	ton-km	36.899	38.178
Minerales	ton-km	30.803	30.351
Total carga	ton-km	130.798	117.847
Pasajeros	%		0,6%
Carga	%		-9,9%

Cuadro N° 7-2: Consumo de tiempo Plan total y escenario dirigido

		Plan Total	Escenario dirigido
		P0	P6
Pasajeros	MM Hr/año	11.979	11.980
Agrícola	MM Hr/año	251	241
Combustible	MM Hr/año	356	240
Comercio	MM Hr/año	161	158
Manufacturas	MM Hr/año	435	455
Minerales	MM Hr/año	331	325
Total carga	MM Hr/año	1.534	1.420
Pasajeros	MM Hr/año		0,0%
Carga			-7,4%
Pasajeros		MM Hr/año	-0,9
Carga		MM Hr/año	113,8
Total		MM Hr/año	112,9

A continuación se presenta gráficamente el impacto del escenario dirigido, el que muestra un cambio del transporte de carga desde rutas viales hacia el ferrocarril, lo que principalmente se observa en la zona centro y sur del país.

Figura N° 7-2: Diferencia entre escenario dirigido y plan

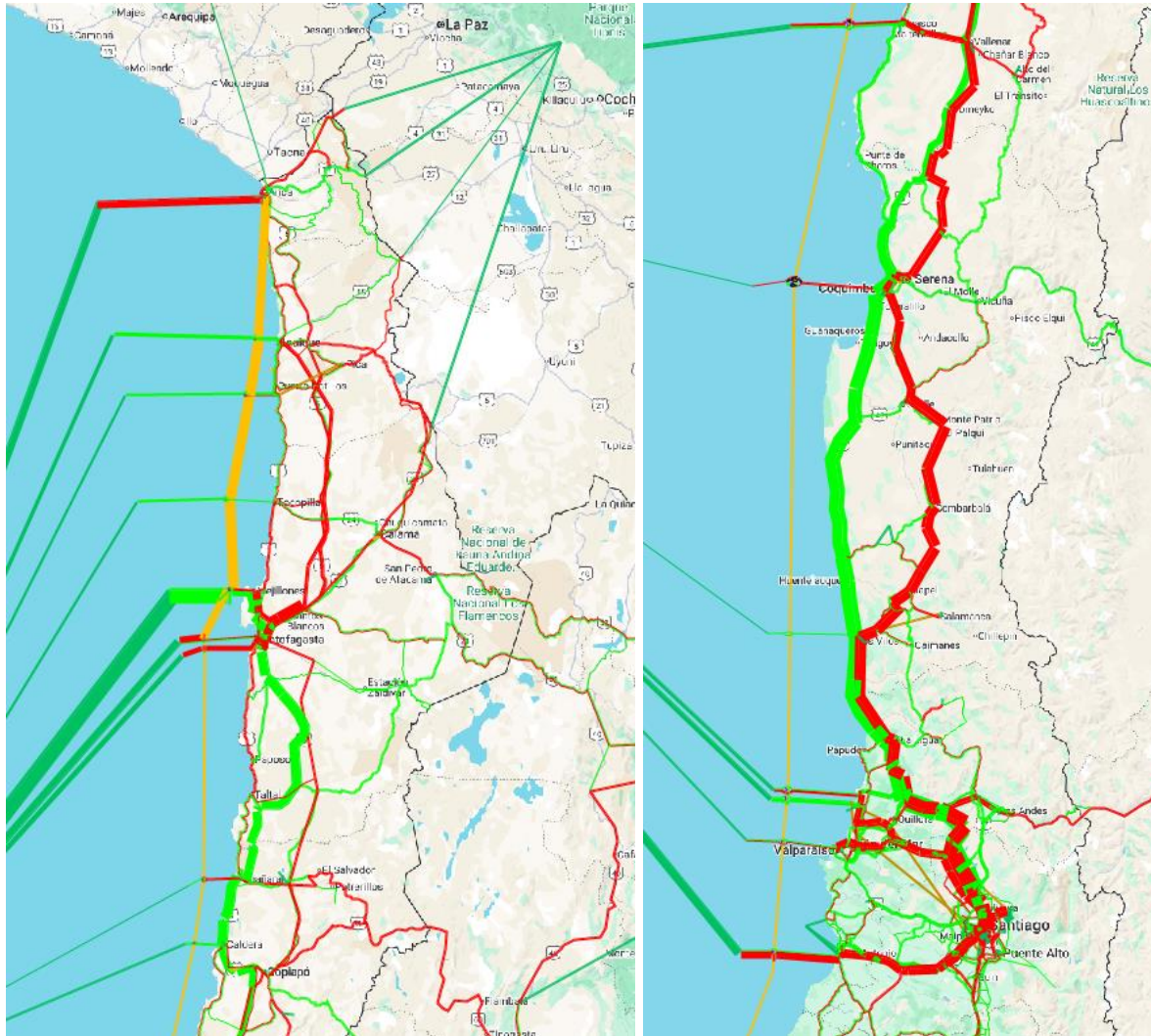
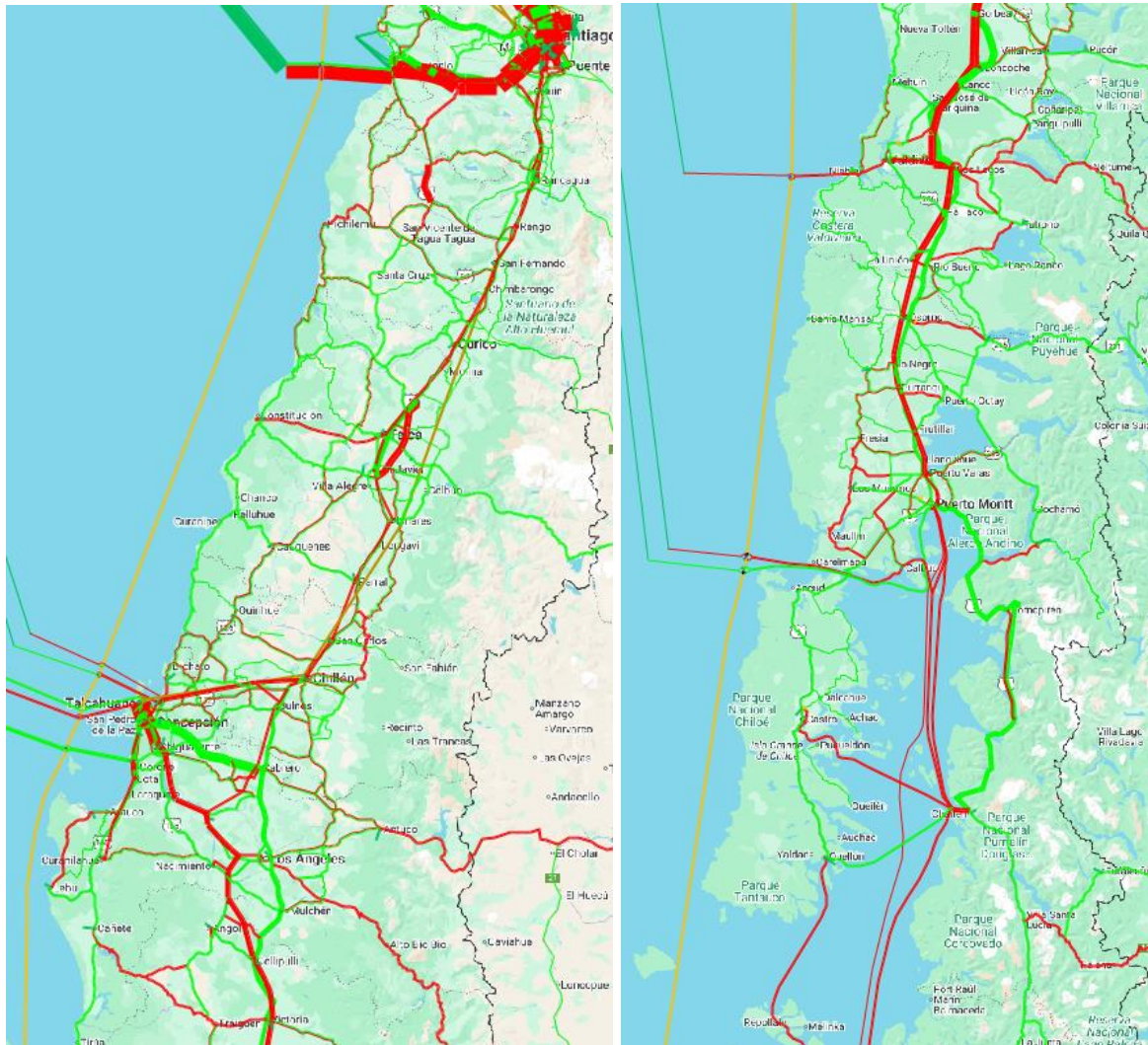


Figura N° 7-3: Diferencia entre escenario dirigido y plan (continuación)



8 TALLERES DE PARTICIPACIÓN Y GOBERNANZA ETAPA 3

Las instancias participativas tuvieron como objetivo informar al respecto de los objetivos, alcances y metodología del estudio y, a su vez, recopilar y sistematizar las opiniones, sugerencias, información y observaciones a nivel nacional y regional, como también mostrar los avances y resultados obtenidos finalizada cada una de las 3 fases que lo conforman, presentados a través de los Talleres de Participación y Gobernanza.

Como parte de este estudio se realizaron talleres macrozonales en cada una de las fases del estudio, las que se realizaron bajo la modalidad No Presencial, utilizando los medios tecnológicos disponibles (las vías digitales y mecanismos electrónicos).