

INFORME EJECUTIVO**INDICE DE CONTENIDOS**

1. DIAGNÓSTICO GENERAL.....	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. ÁREA DEL ESTUDIO	1
1.2.1. Descripción.....	1
1.2.2. Áreas de influencias Directa e Indirecta.....	2
1.2.3. Situación Actual de la Infraestructura	2
2. DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS	7
2.1. RESTITUCIÓN AEROFOTOGRAMÉTRICA (ESCALA 1:5.000).....	7
2.2. ESTUDIO GEOTÉCNICO	7
2.3. ESTUDIO HIDROLÓGICO	7
2.4. ELABORACIÓN DE DISEÑOS PRELIMINARES. DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS	8
2.4.1. Alternativa A: Doble Calzada Amplia Ruta 199 CH.....	9
2.4.2. Alternativa B: Doble Calzada Restringida Ruta 199 CH.....	13
2.4.3. Alternativa C: Doble Calzada Sectorizada Ruta 199 CH.....	16
2.4.4. Variante Ruta Antigua.....	18
2.4.5. Variante Nuevo Acceso a Villarrica.....	19
2.5. CUBICACIONES Y CÁLCULOS DE COSTOS DE INVERSIÓN DE ALTERNATIVAS PRELIMINARES	
20	
2.5.1. Alternativa A: Doble Calzada Amplia Ruta 199 CH.....	21
2.5.2. Alternativa B: Doble Calzada Restringida Ruta 199 CH.....	21
2.5.3. Alternativa C: Doble Calzada Sectorizada Ruta 199 CH.....	21
2.5.4. Variante A: Mejoramiento Ruta Antigua.....	22
2.5.5. Variante B: Nuevo Acceso a Villarrica	22
3. ESTUDIO DE DEMANDA	23
3.1. CODIFICACIÓN RED DE MODELACIÓN.....	23
3.2. CARACTERIZACIÓN DE LA RED	24
3.2.1. Curvas Flujo Velocidad.....	26
3.2.2. Matrices Origen Destino	28
3.2.3. Modelo de Asignación	28
3.2.4. Ajuste	29
3.2.5. Ajuste de frecuencias de transporte público	31
3.2.6. Modelos de Proyección de Demanda	31

3.2.7.	<i>Población</i>	32
3.2.8.	<i>Proyección del PIB</i>	32
3.2.9.	<i>Ingresos Familiares por Hogar</i>	33
3.2.10.	<i>Calibración de Modelos Econométricos de Crecimiento de Tránsito</i>	33
3.2.11.	<i>Recolección de Datos</i>	34
3.2.12.	<i>Modelos de Proyección de Viajes</i>	35
3.3.	CALIBRACIÓN MODELOS DE DEMANDA.....	36
3.4.	ACCIDENTES DE TRÁNSITO.....	38
3.4.1.	<i>Número de Accidentes Totales</i>	38
3.4.2.	<i>Número de Accidentes Totales por Mes</i>	39
3.4.3.	<i>Tasa de Accidentabilidad por Época y Tramos</i>	40
3.4.4.	<i>Número de Accidentes Totales por Causa</i>	42
3.4.5.	<i>Número de Personas Totales involucradas en accidentes por tipo de gravedad</i>	42
4.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	43
4.1.	SITUACIÓN BASE Y CON PROYECTO.....	43
4.1.1.	<i>Situación Base</i>	43
4.1.2.	<i>Situación con Proyecto</i>	43
4.2.	MONTOS DE INVERSIÓN DEL PROYECTO.....	44
4.2.1.	<i>Costos de Mantenimiento</i>	47
4.3.	DEFINICIÓN DE ÍTEMS Y PARÁMETROS DE EVALUACIÓN SOCIAL.....	48
4.4.	APLICACIÓN DEL MODELO DE TRANSPORTE.....	49
4.4.1.	<i>Resultados de Modelación</i>	50
4.4.2.	<i>Diagnóstico de Tránsito</i>	52
4.4.3.	<i>Ahorros y Beneficios</i>	52
4.5.	ANÁLISIS DE RENTABILIDAD SOCIAL.....	53
4.5.1.	<i>Indicadores de Rentabilidad</i>	53
5.	EVALUACIÓN AMBIENTAL Y TERRITORIAL DE ALTERNATIVAS VIALES	60
5.1.	MEDIO HUMANO.....	60
5.2.	MEDIO FÍSICO.....	61
5.3.	MEDIO BIÓTICO.....	61
6.	APLICACIÓN DE MULTICRITERIO Y DEFINICIÓN DE ALTERNATIVA	63
6.1.	MÉTODO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.....	64
7.	CONCLUSIONES FINALES DEL ESTUDIO	67
7.1.	COMENTARIOS GENERALES.....	67
7.2.	RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS.....	67

INDICE DE CUADROS

CUADRO N° 1.1: PARADEROS SEGÚN TRAMOS	4
CUADRO N° 2.1: ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS.....	7
CUADRO N° 2.2: ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS.....	7
CUADRO N° 2.3: RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS Y OBRAS EN ALTERNATIVAS Y VARIANTES	8
CUADRO N° 2.4: PROYECTOS O COMBINACION DE ALTERNATIVAS Y VARIANTES A EVALUAR	9
CUADRO N° 2.5: RESUMEN DE INVERSIONES CON EXPROIACIONES.....	20
CUADRO N° 2.6: INVERSIÓN ALTERNATIVA A.....	21
CUADRO N° 2.7: INVERSIÓN ALTERNATIVA B.....	21
CUADRO N° 2.8: INVERSIÓN ALTERNATIVA C.....	21
CUADRO N° 2.9: INVERSIÓN VARIANTE A	22
CUADRO N° 2.10: INVERSIÓN VARIANTE B	22
CUADRO N° 2.11: COSTO EXPROIACIONES SEGÚN PROYECTOS.....	22
CUADRO N° 3.1: VELOCIDADES MEDIDAS / OBSERVADAS.....	27
CUADRO N° 3.2: FACTORES OBTENIDOS	28
CUADRO N° 3.3: COMPARACIÓN DE FLUJOS EN TRAMOS RELEVANTES	29
CUADRO N° 3.4: PIB PROYECTADO CASO 2.....	32
CUADRO N° 3.5: TASA PROMEDIO ANUAL DEL CRECIMIENTO DE LOS INGRESOS	33
CUADRO N° 3.6: MODELOS Y FORMA FUNCIONAL PARA PROYECCIÓN DE VIAJES.....	35
CUADRO N° 3.7: COEFICIENTES DE MODELOS TEMPORADA NORMAL.....	37
CUADRO N° 3.8: COEFICIENTES DE MODELOS TEMPORADA ALTA.....	37
CUADRO N° 3.9: NÚMERO DE ACCIDENTES POR AÑO.....	38
CUADRO N° 3.10: TASA DE ACCIDENTABILIDAD / KM, POR TRAMO - RUTA 199-CH.....	39
CUADRO N° 3.11: N° DE PERSONAS INVOLUCRADAS EN ACCIDENTES SEGÚN GRAVEDAD.....	42
CUADRO N° 4.1: RESUMEN DE ALTERNATIVAS.....	44
CUADRO N° 4.2: RESUMEN DE INVERSIÓN POR PROYECTOS Y ALTERNATIVAS (MM\$ DIC 2013).....	45
CUADRO N° 4.3: RESUMEN INVERSIÓN POR PROYECTO (MM\$ DICIEMBRE 2013)	46
CUADRO N° 4.4: COSTOS DE CONSERVACIÓN POR PAVIMENTACIÓN (M\$/KM DIC. 2013).....	47
CUADRO N° 4.5: COSTOS DE REPOSICIÓN (M\$/KM DIC. 2013).....	48
CUADRO N° 4.6: VALOR SOCIAL DEL TIEMPO (\$ DIC. 2013/HORA)	49
CUADRO N° 4.7: VALOR SOCIAL DEL VECTOR DE PRECIOS (\$ DIC. 2013)	49
CUADRO N° 4.8: ESCENARIOS DE MODELACIÓN	50
CUADRO N° 4.9: FLUJOS SITUACIÓN CON PROYECTO POR ARCOS AÑO 2015, TMDA.....	50
CUADRO N° 4.10: FLUJOS SITUACIÓN CON PROYECTO POR ARCOS AÑO 2030, TMDA.....	51
CUADRO N° 4.11: FLUJOS SITUACIÓN CON PROYECTO, RIBERA NORTE LAGO VILLARRICA, TMDA...	51
CUADRO N° 4.12: BENEFICIOS ANUALES EN LA RED (\$ DICIEMBRE 2013)	53
CUADRO N° 4.13: BENEFICIOS DE CONSUMOS OPERACIONALES Y TIEMPO EN LA RED ALTERNATIVA 1.1B.....	54

CUADRO N° 4.14: BENEFICIOS DE CONSUMOS OPERACIONALES Y TIEMPO EN LA RED ALTERNATIVA 1.2 B.....	54
CUADRO N° 4.15: INDICADORES DE RENTABILIDAD SOCIAL	55
CUADRO N° 4.16: INDICADORES DE RENTABILIDAD SOCIAL, SENSIBILIZACIÓN (MM\$)	57
CUADRO N° 4.17: INDICADORES DE RENTABILIDAD SOCIAL, SENSIBILIZACIÓN (MM\$)	57
CUADRO N° 4.18: BENEFICIOS ANUALES (UF DIC 2013).....	58
CUADRO N° 4.19: BENEFICIOS ANUALES (\$ DIC 2013)	58
CUADRO N° 4.20 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD CON ACCIDENTES DE TRÁNSITO	59

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 2.1: PROPUESTA EMPALME RUTA 199 CH CON RUTA 5	10
Figura N° 2.2: PROPUESTA CRUCE CUNCO (DESNIVELADO) RUTA 199 CH.	11
Figura N° 2.3: PERFIL TIPO ALTERNATIVA A	12
Figura N° 2.4: PERFIL CALLES DE SERVICIO.....	13
Figura N° 2.5: PLANTA ALTERNATIVA A.....	13
Figura N° 2.6: PROPUESTA CRUCE CUNCO (A NIVEL) RUTA 199 CH.	14
Figura N° 2.7: PERFIL TIPO ALTERNATIVA B	15
Figura N° 2.8: PLANTA ALTERNATIVA B.....	16
Figura N° 2.9: PERFIL TIPO ALTERNATIVA C – DOBLE CALZADA	17
Figura N° 2.10: PERFIL TIPO ALTERNATIVA C - CALZADA SIMPLE	17
Figura N° 2.11: PLANTA ALTERNATIVA C.....	18
Figura N° 2.12: PERFIL MEJORAMIENTO DE RUTA 199-CH ANTIGUA.....	18
Figura N° 2.13: VARIANTE A, RUTA ANTIGUA.....	19
Figura N° 2.14: PERFIL TIPO. NUEVO ACCESO A VILLARRICA	19
Figura N° 2.15: VARIANTE B, NUEVO ACCESO A VILLARRICA	20
Figura N° 3.1: RED VIAL RELEVANTE	24
Figura N° 3.2: RED VIAL CATASTRADA.....	25
Figura N° 3.3: RED VIAL DE MODELACIÓN, TOPOLOGÍA.....	26
Figura N° 3.4: PUNTOS PNC SELECCIONADOS.....	34
Figura N° 4.1: TMDA TEMPORADAS NORMAL Y VERANO	52
Figura N° 6.1: CRITERIOS, SUBCRITERIOS Y VARIABLES.....	63
Figura N° 6.2: RESULTADOS POR CRITERIOS ALTERNATIVAS DE PROYECTO	64
Figura N° 6.3: MATRIZ DE VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES POR SIGNIFICANCIA: SIGNIFICATIVOS Y MUY SIGNIFICATIVOS.....	66

INDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N° 3.1: VELOCIDADES MODELADAS/OBSERVADAS.....	27
---	----

GRÁFICO N° 3.2: COMPARACIÓN DE FLUJOS EN TRAMOS RELEVANTES.....	30
GRÁFICO N° 3.3: VIAJES GENERADOS VEHÍCULOS LIVIANOS (VIAJES/DÍA-AÑO)	30
GRÁFICO N° 3.4: VIAJES ATRAÍDOS VEHÍCULOS LIVIANOS (VIAJES/DÍA-AÑO)	31
GRÁFICO N° 3.5: COMPORTAMIENTO FLUJO SEGÚN MODELO DE TIPO LINEAL.....	35
GRÁFICO N° 3.6: COMPORTAMIENTO FLUJO SEGÚN MODELO DE TIPO POTENCIAL	36
GRÁFICO N° 3.7: COMPORTAMIENTO FLUJO SEGÚN MODELO DE TIPO LOGARÍTMICO.....	36
GRÁFICO N° 3.8: TASA DE ACCIDENTABILIDAD TOTAL	39
GRÁFICO N° 3.9: NÚMERO DE ACCIDENTES TOTALES POR MES.....	40
GRÁFICO N° 3.10: TASA DE ACCIDENTABILIDAD - VERANO	40
GRÁFICO N° 3.11: TASA DE ACCIDENTABILIDAD - RESTO DEL AÑO	41
GRÁFICO N° 3.12: ACCIDENTES TOTALES POR CAUSA - RUTA 199-CH.....	41
GRÁFICO N° 3.13: NÚMERO DE ACCIDENTES TOTALES POR TIPO	42
GRÁFICO N° 4.1: ORDENAMIENTO DE ALTERNATIVAS EN FUNCIÓN DEL VAN	56

En cuanto a la población y según los antecedentes preliminares del Censo de Población y de Vivienda, del año 2012, la región registraba 907.333 habitantes, representando un 5,5% del total de población a nivel nacional. Dado que, con posterioridad, dicho Censo se invalidó, se incluye la del año 2002, en que dicho porcentaje constituía un 5,74 %.

Respecto del año 2002 hubo un incremento de 4,6%, correspondiente a un total de 39.982 habitantes más en relación al censo anterior.

1.2.2. Áreas de influencias Directa e Indirecta

El área de influencia directa del estudio se centra en la comprendida en torno a la Ruta 199-CH entre las ciudades de Freire y Villarrica.

Las comunas de Freire, Pucón y Curarrehue, se vinculan a través de la Ruta 199 CH, la cual, complementada con la Ruta 5 sirve de conexión para el tránsito desde Temuco, u otras ciudades, hacia estos destinos. Existe una fuerte estacionalidad en el uso de la ruta situación que repercute en la serviciabilidad, vocación y conectividad de ella.

En la figura N° 1.2 se puede apreciar el area de influencia directa del presente estudio mientras que el área de influencia indirecta se ha asociado con la del área considerada como situación base y que se muestra en la figura N° 1.4.

La Ruta 199-CH se inicia en Freire y finaliza en el Paso Fronterizo Mamuil Malal, a 1.210 m.s.n.m. y tiene una longitud de 156 kilómetros. Un tramo de su trazado forma parte de la Red Interlagos.

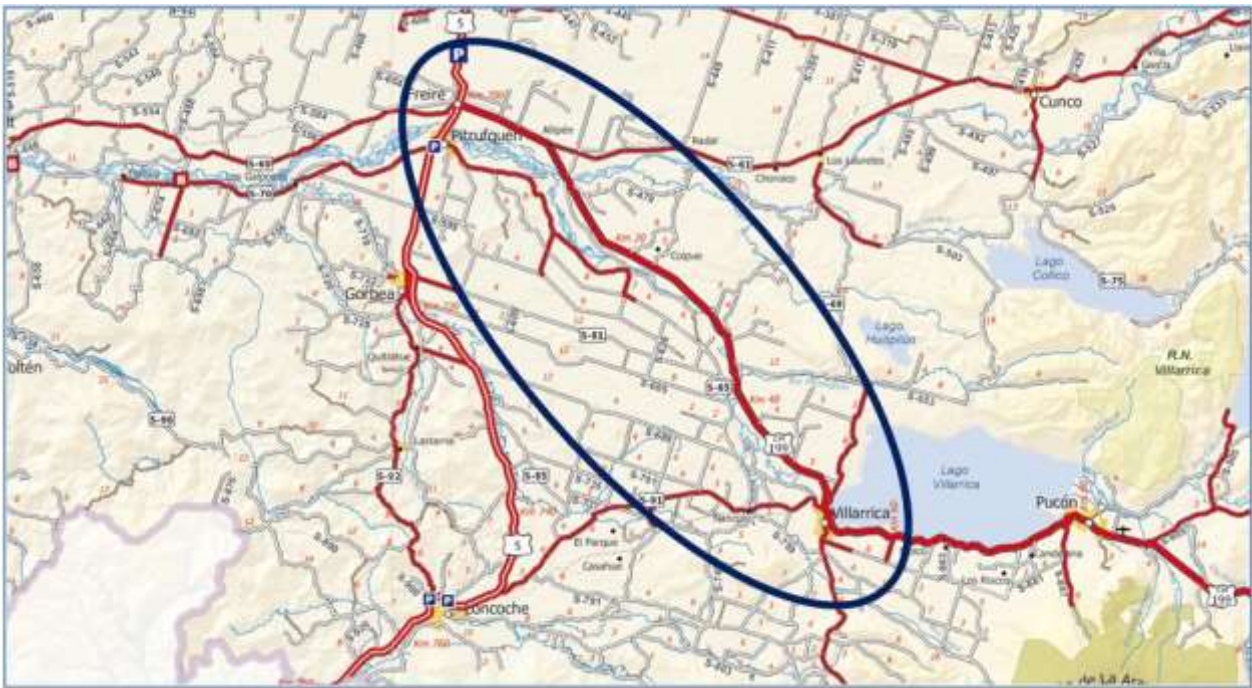
Los hitos más relevantes de la ruta, en el tramo estudiado, son:

- kilómetro 0, cruce con Ruta 5 Sur.
- Kilómetro 8,6, cruce con Ruta S 61.
- Kilómetro 12,9, cruce con Ruta S 479.
- Kilómetro 21,67, cruce con Ruta S 489.
- Kilómetro 23,8, cruce con Ruta S 483.
- Kilómetro 49, 3, cruce con Ruta S 69.
- Kilómetro 55 Comuna de Villarrica.

1.2.3. Situación Actual de la Infraestructura

Para el estudio de la infraestructura existente, profesionales del equipo visitaron la zona que esta abarca, con la finalidad de conocer las características del camino existente y el estado en que éste se encuentra.

A continuación, se muestra plano con la red vial en el área de influencia directa del estudio, donde se destaca la Ruta 199-CH entre los sectores de Freire y Villarrica.

Figura N° 1.2: ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA DEL ESTUDIO

Fuente: Elaboración propia sobre Carta Caminera 2010 del MOP

La Ruta 199 CH presenta una carpeta de asfalto en regular y mal estado de siete metros con bermas de anchos variables a lo largo de su desarrollo y opera en forma bidireccional. Se aprecia, a lo largo de su trazado, sectores de fuertes pendientes, como es el caso en la salida de Villarrica en dirección a la Ruta 5 la que se extiende por aproximadamente 2 km. También, se aprecian diversas actividades económicas con desarrollo de asentamientos humanos e infraestructura asociada, destacando, por ejemplo, industrias forestales, comercio asociado a actividades silvoagropecuarias, salmicultura, ganadería, colegios y viviendas. Debido a lo anterior, se observa, a lo largo de la ruta, presencia de paradas de transporte público para atender las demandas que las actividades generan, las cuales, por cierto, no presentan uniformidad. A lo largo del camino, de oriente a poniente, existen diversos cruces tales como: Las Vertientes y Catrico Alto, La Roca y La Luna, Coipue Alto, Pitrufquén, Balsa Coipue, Folilco, Cunco, Suevia, Campamento y, finalmente, la Ruta 5, donde el empalme principal, es un cruce desnivelado (trébol). La mayor parte de la vialidad transversal presenta carpeta de rodado de tierra, siendo las excepciones el camino a Cunco, la Ruta 5 y la ruta Villarrica Pedregoso. En términos de trazado, la Ruta 199-CH presenta mayoritariamente tramos de rectas importantes, con longitudes que varían entre 4 y 10 km aproximadamente, emplazadas en lugares con poca pendiente. En cuanto a la señalización y demarcación, se encuentra en regular y buen estado. Dentro de la infraestructura existente, el puente Allipén es el más relevante con una longitud aproximada de 380 m. Se observa además, un importante flujo vehicular en ambos sentidos de circulación, donde la velocidad máxima permitida alcanza los 100 km/hr.

En resumen, la Ruta 199-CH es una vía que presenta en la actualidad claros problemas de congestión, en particular en la temporada de verano, en la cual los flujos medidos en febrero de 2013 alcanzaron, en fin de semana, sobre 8.500 vehículos diarios. La solución a esto, va por generar una segunda calzada o aumentar su capacidad con soluciones intermedias.

1.2.3.1. Cruces de la Ruta 199-CH con caminos y accesos a predios.

La Ruta 199-CH cuenta con aproximadamente 86 intersecciones, es decir salidas o entradas hacia o desde predios que no tienen conectividad con otros caminos interiores. Por otra parte, fueron contabilizadas 108 intersecciones de la Ruta 199 CH con otras rutas, por lo que fueron considerados como caminos de conectividad. De estos, 17 son de mayor jerarquía, ya que intersectan caminos con Rol que definen conexión internacional, interregional, regional o intercomunal. La mayor cantidad de cruces de estas características, se encuentran en el tramo² 4 y en el tramo 6, luego el tramo 8, el tramo 1 y finalmente los tramos 2, 5 y 9. Cabe destacar que el tramo 1 posee conexión directa con la Ruta 5 por lo que en términos de conectividad este tramo logra tener un mayor peso. Este tema estuvo presente en el desarrollo de las alternativas ya que las soluciones tipo autopista generan barreras que deben ser resueltas con retornos adecuados que den respuesta a los requerimientos de la población aledaña.

1.2.3.2. Paraderos de Transporte Público en la Ruta 199-CH.

Los paraderos identificados en la Ruta, se asocian a los tramos de acuerdo al siguiente cuadro:

CUADRO N° 1.1: PARADEROS SEGÚN TRAMOS

TRAMO	LONGITUD (m)	DM INICIO	DM TÉRMINO	NÚMERO PARADEROS
T1	4.100	0	4.100	4
T2	4.900	4.100	9.000	6
T3	3.050	9.000	12.050	0
T4	10.250	12.050	22.300	8
T5	7.550	22.300	29.850	5
T6	6.800	29.850	36.650	7
T7	3.500	36.650	40.150	2
T8	9.950	40.150	50.100	6
T9	2.100	50.100	52.200	2

Fuente: Elaboración propia

En general, los paraderos antes mencionados tienen diseños inadecuados por lo que son mejorados en todas las alternativas estudiadas, al igual que las bermas existentes.

² Ver Cuadro N° 1.1 con los 9 tramos en que se dividió la Ruta 199 CH.

1.2.3.3. La Ruta 199-CH y la Red Interlagos.

El tramo de la Ruta 199-CH, entre Freire y Villarrica, es la principal conexión que tiene la región de la Araucanía con la Red Interlagos. Esto se aprecia en la siguiente figura, en la cual se han destacado tanto los tramos que conforman a esta última así como su actual estándar. En ella se muestran importantes circuitos turísticos que integran la Red Interlagos y, la ruta en estudio, destacada en color naranja, aparece como un conector relevante de dicha Red y la Ruta 5.

FIGURA N° 1.3: RELACIÓN CON RED INTERLAGOS

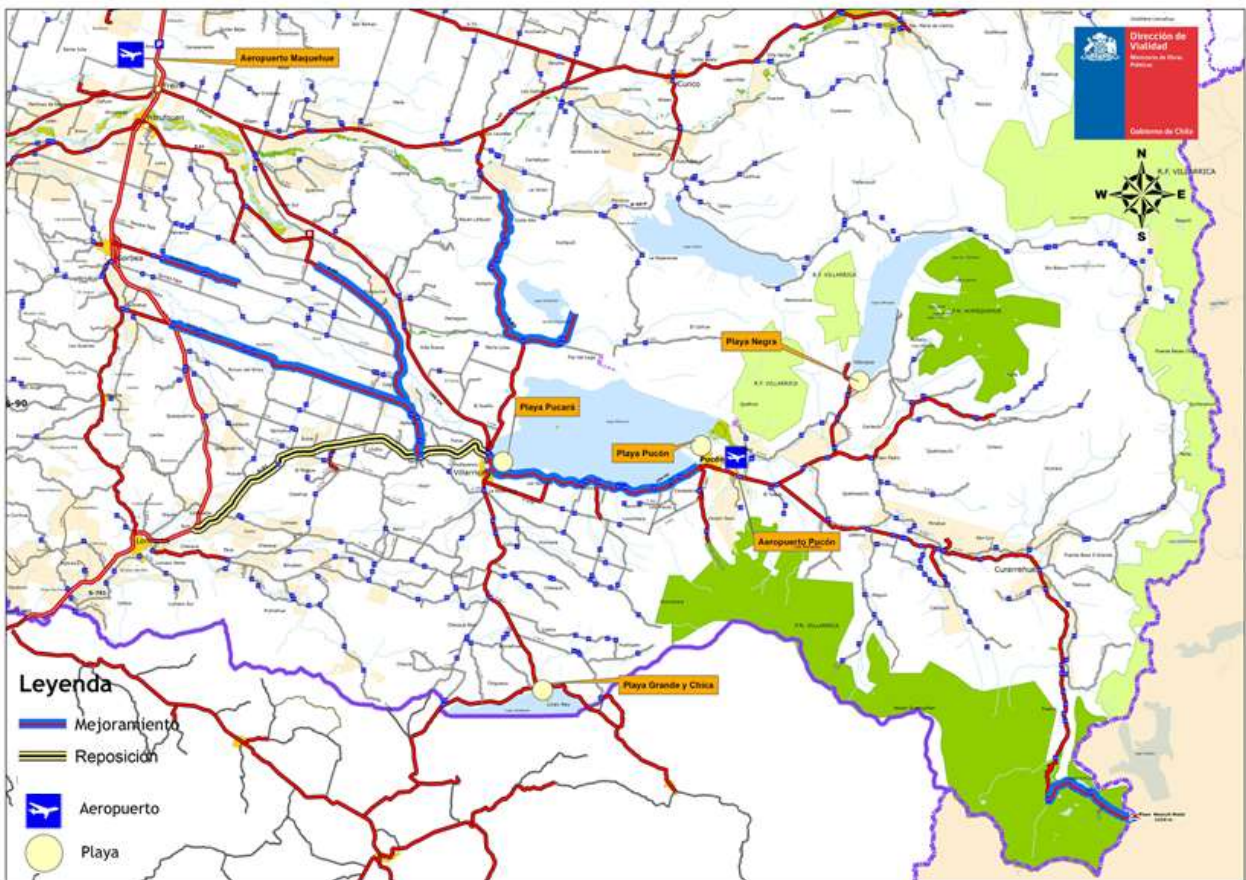


Fuente: Dirección de Vialidad, Red Interlagos

1.2.3.4. Proyectos Contemplados en el Mediano Plazo.

En la figura N° 1.4 se muestran los proyectos que están programados para su materialización en el mediano plazo lo cual puede ser considerado como situación base a considerar en la evaluación. Sin embargo, la mayor parte de ellos son solo mejoramientos o reposiciones que no tienen impacto significativo en las reasignaciones de flujos.

FIGURA N° 1.4: ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA Y SITUACIÓN BASE DEL ESTUDIO.



Fuente: Elaboración propia

2. DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS

2.1. RESTITUCIÓN AEROFOTOGRAMÉTRICA (ESCALA 1:5.000).

Las Alternativas se desarrollaron sobre restitución aerofotogramétrica, escala 1:5.000, realizada especialmente para el proyecto.

2.2. ESTUDIO GEOTÉCNICO

Se desarrolló una descripción general de los suelos aledaños a la fundación de las obras, destacando que se constituyen por suelos arcillo limosos de textura moderadamente fina, con baja capacidad de soporte. (CBR).

2.3. ESTUDIO HIDROLÓGICO

Con los antecedentes de estaciones pluviométricas señaladas en el Cuadro N° 2.1, se determinaron las intensidades de diseño, a través de un análisis estadístico de las series.

CUADRO N° 2.1: ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS

ESTACIÓN	CÓDIGO BNA	COORDENADAS UTM (DATUM WGS)		
		NORTE (M)	ESTE (M)	ALTURA
FREIRE SENDOS	09135003-3	5.684.961	707.239	100
VILLARRICA	06006001-0	5.655.795	733.836	210

Fuente: DGA-MOP

Se logró determinar una precipitación de diseño de con $P_{24}^{10} = 123.70$ mm, correspondiendo a la Estación Villarrica señalada en el Cuadro N° 2.2. El resultado es amplificado en un 10% debido a que las 24 horas de mayor precipitación, comúnmente no coinciden con el intervalo de tiempo de medición (entre las 8:00 y las 20:00 Hrs).

CUADRO N° 2.2: ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	PRECIPITACIÓN	PRECIPITACIÓN
Freire Sendos	Gumbel	102.51	112.76
Villarrica	Log Normal	123.70	136.07

Fuente: Elaboración propia.

2.4. ELABORACIÓN DE DISEÑOS PRELIMINARES. DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS

Se definieron las siguientes alternativas y Variantes:

- **ALTERNATIVA A:** Doble Calzada Amplia Ruta 199 CH. (Mediana 6 m).
- **ALTERNATIVA B:** Doble Calzada Restringida Ruta 199 CH. (Mediana 3 m).
- **ALTERNATIVA C: DOBLE CALZADA SECTORIZADA RUTA 199 CH. (MEDIANA 3 M).**

Adicionalmente se consideraron las siguientes variantes para la Ruta 199-CH, que fueron evaluadas haciendo combinaciones con las Alternativas A, B y C:

- **VARIANTE A (RUTA ANTIGUA):** Contempla el mejoramiento y uso de la ruta antigua en el sector comprendido entre el puente Allipén y la localidad de Coipue en una longitud de 12 km. La idea es que se constituya, en este tramo, en la segunda calzada, actuando como par con la actual ruta, con sentido de tránsito único.
- **VARIANTE B (NUEVO ACCESO A VILLARRICA):** Considera la construcción de un nuevo acceso a Villarrica, que se desprende desde la Ruta 199 CH, a la altura del empalme con la Ruta S-695, conectando con la Avda. Pedro de Valdivia de dicha ciudad. Tiene un desarrollo de 2.7 km y requiere de la construcción de un puente, de doble calzada, de 100 m de longitud sobre el río Toltén.

En el Cuadro N° 2.3 se muestran las características principales y obras contempladas para cada alternativa o variante, descritas anteriormente, incluyendo los montos de inversión.

Para poder evaluar el mejoramiento de la Ruta 199-CH entre Freire y Villarrica, fue necesario definir combinaciones entre las alternativas y variantes indicadas, de modo de encontrar aquella más conveniente desde el punto de vista técnico – económico, mostradas en el Cuadro N° 2.4.

CUADRO N° 2.3: RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS Y OBRAS EN ALTERNATIVAS Y VARIANTES

CARACTERÍSTICAS	ALTERNATIVA A	ALTERNATIVA B	ALTERNATIVA C	VARIANTE A	VARIANTE B
Toponimo Inicial	Ruta 5 Freire, Km 0.0			Puente Allipén	Km 50.1
Toponimo Final	Inicio Nuevo Acceso a Villarrica, Km 50.1			Catrico	Villarrica
Ubicación	Km 0.0 a Km 50.1	Km 0.0 a Km 50.1	Km 0.0 a Km 50.1	Km 12.2 al 25.1	Km 50.1 al 52.3
Longitud (Km)	50,10	50,10	50,10	12,90	2,20
Longitud Dobles Calzada (Km)	50,10	50,10	17,85	-	2,20
Ubicación Dobles Calzada (Km)	Dm 0.0 a Dm 50.1	Dm 0.0 a Dm 50.1	Dm 0.0 a Dm 9.15 Dm 41.40 al 50.1	-	Km 50.1 al 52.3
Velocidad Máxima (Km/h)	100	100	80	80	100
Calles de Servicio (Km)	8,0	-	-	-	-
2° Puente Allipén (ml)	300	300	-	-	-
2° Puente Catrico (ml)	30	30	-	-	-
2° Puente Pedregoso (ml)	100	100	-	-	-
Reemplazo Puente Catrico	15	15	15	-	-
Reparación Puentes Existentes	SI	SI	SI	-	-
Mejoramiento Ruta 199 CH	SI	SI	SI	-	-

CARACTERISTICAS	ALTERNATIVA	ALTERNATIVA	ALTERNATIVA	VARIANTE	VARIANTE
	A	B	C	A	B
Mejoramiento Acceso Enlace	SI	SI	SI	-	-
Enlace Cunco	SI	NO	NO	-	-
Mejoramiento Acceso A Cunco	NO	SI	SI	-	-
Pasarelas Peatonales	SI	SI	SI	-	-
Retornos Cada 10 Km	SI	SI	NO	-	-
Inversión MM\$	121.298	112.530	51.615	18.220	8.979

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 2.4: PROYECTOS O COMBINACION DE ALTERNATIVAS Y VARIANTES A EVALUAR

PROYECTO	COMBINACION DE ALTERNATIVAS	LONGITUDES DE OBRAS		INVERSIÓN MM(\$)	COSTO POR KM
		CAMINO (Km)	PUENTES		
P1	1.1 Alternativa A	50,1	410	121.298	2.421
P2	1.1.A Alternativa A + Variante A	50,1	410	139.826	2.791
P3	1.1.B Alternativa A + Variante B	52,3	510	130.538	2.496
P4	1.1.AB Alternativa A + Variantes A y B	52,3	510	149.059	2.850
P5	1.2 Alternativa B	50,1	410	112.530	2.246
P6	1.2 A Alternativa B + Variante A	50,1	410	131.053	2.616
P7	1.2 B Alternativa B + Variante B	52,3	510	121.760	2.328
P8	1.2 AB Alternativa B + Variantes A y B	52,3	510	140.279	2.682
P9	1.3 Alternativa C	50,1	410	51.615	1.030
P10	1.3.B Alternativa C + Variante B	52,3	510	60.848	1.163

Fuente: Elaboración propia

2.4.1. Alternativa A: Doble Calzada Amplia Ruta 199 CH

Esta alternativa corresponde a la construcción de la segunda calzada para el camino Freire - Villarrica, Ruta 199 CH, transformándola en una autopista para velocidad de 100 km/hr. Se compondrá por lo tanto de una vía de doble calzada unidireccional, segregada, minimizando virajes a la izquierda, efectuándose estos preferentemente en forma desnivelada, permitiendo así una mayor seguridad a los usuarios. Solo en el sector del puente Catrico, se limitará la velocidad a 80 km/hr, debido a que las características topográficas e hidrográficas del lugar, hacen requerir de una gran inversión en su mejoramiento.

Las principales obras a considerar en esta alternativa, son las siguientes:

2.4.1.1. Segunda Calzada.

Se requiere la construcción de 50.1 km de calzada paralela a la actual para conformar el perfil tipo de la Figura N° 2.3, considerando una mediana de 6 m de ancho. En el Km 50.1 empalma con la Variante del Nuevo Acceso a Villarrica

2.4.1.2. Mejoramiento y adaptación de enlace en Freire.

Actualmente, los vehículos que toman la Ruta 5 con dirección al norte y que provienen del oriente, utilizan dos pistas de acercamiento, reduciéndose a una en el giro de acceso. Esto genera un grado de congestión en temporada alta, provocando cola de espera. Para evitar esto es necesario incorporar una pista adicional independiente, manteniendo el tránsito local por la pista existente y aumentar el radio de giro, como se muestra en la siguiente figura.

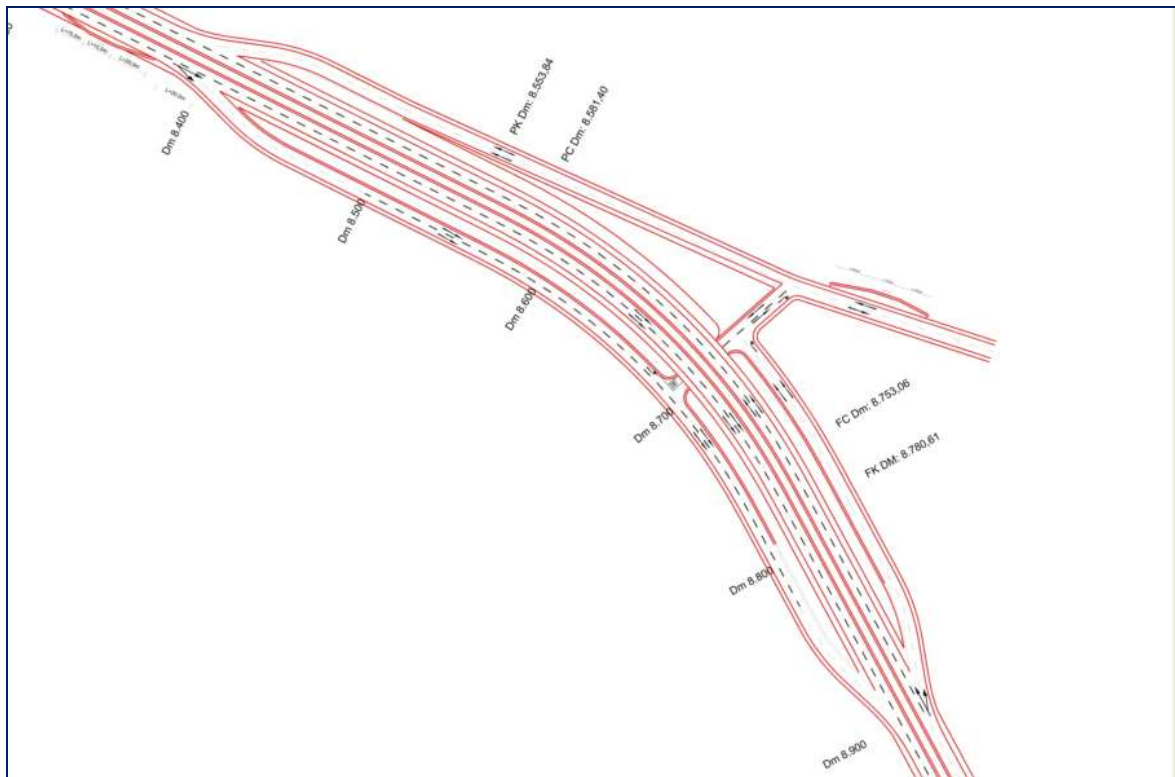
Figura N° 2.1: PROPUESTA EMPALME RUTA 199 CH CON RUTA 5



Fuente: Elaboración propia

2.4.1.3. Enlace en cruce a Cunco ubicado en el km 8.67.

En la actualidad, el cruce a Cunco carece de pistas que permitan movimientos básicos como es el giro de los vehículos provenientes desde el sur con dirección a Cunco y también en sentido contrario. En la siguiente figura se muestra la solución considerada para esta intersección.

Figura N° 2.2: PROPUESTA CRUCE CUNCO (DESNIVELADO) RUTA 199 CH.


Fuente: Elaboración propia

2.4.1.4. Cruces e intersecciones con pistas de frenado y aceleración, en mediana y laterales.

Esta alternativa contempla el mejoramiento de todos los cruces y accesos con solución a nivel, incorporando pistas de frenado y aceleración, en mediana y laterales.

2.4.1.5. Calles de servicio en sectores con fricción lateral.

La alternativa considera la construcción de calle de servicio por el lado norte entre los km 0.00 y km 3.9 en una longitud de 3.9 km y por el lado sur entra el km 0.0 y el km 4.1 en una longitud de 4.1 km.

2.4.1.6. Puentes nuevos paralelos: Allipén, Catrico y Pedregoso.

Es necesaria la construcción de los siguientes puentes, paralelos a los existentes, para dar continuidad a la segunda calzada:

Puente Allipén:	km 12.080	L = 300 m.
Puente Catrico:	km 33.050	L = 30 m.
Puente Pedregoso:	km 36.180	L = 100 m.

2.4.1.7. Reemplazo del Puente Catrico existente.

El puente Catrico existente debe ser reemplazado, dado su avanzado estado de deterioro, en todas las alternativas contempladas. El material se considera de hormigón tanto para las vigas como para los estribos y losas.

2.4.1.8. Pasarelas peatonales y paraderos de buses.

Para una mayor seguridad peatonal, se proyectan 19 pasarelas peatonales y paraderos de buses en los lugares indicados en los planos de este proyecto.

2.4.1.9. Mejoramiento de Ruta 199 CH existente.

Comprende la reposición de calzada, ampliando bermas y reparación de puentes.

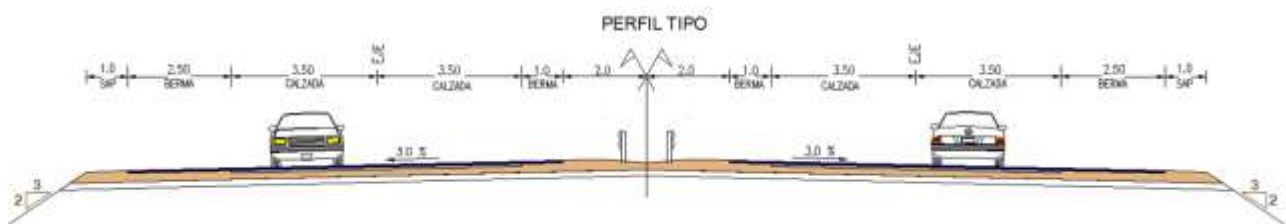
2.4.1.10. Reparación de puentes existentes.

2.4.1.11. Generación de retornos a nivel en pista central, cada 10 km.

2.4.1.12. Velocidad de Diseño 100 km/h

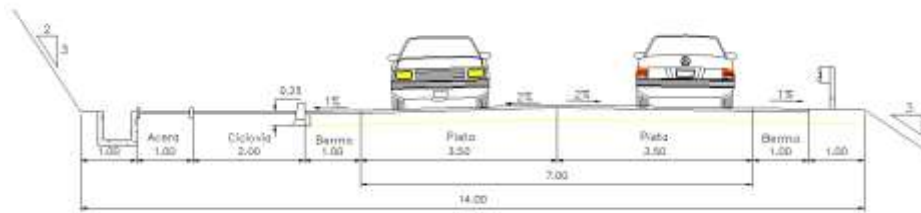
El perfil tipo para esta alternativa se muestra en la Figura N° 2.3 y se compone de dos calzadas de 7 m de ancho cada una, bermas de 2.5 m y SAP de 1.0 m a ambos lados, más una mediana de 6 m de ancho que incluye bermas de 1.0 m. Se contemplan calles de servicio según lo señalado en el punto 2.1.4.5.

Figura N° 2.3: PERFIL TIPO ALTERNATIVA A



El perfil de las calles de servicio, ver punto 2.1.4.5, se muestra en la figura siguiente

Figura N° 2.4: PERFIL CALLES DE SERVICIO



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 2.5: PLANTA ALTERNATIVA A



Fuente: Cartografía de la Dirección de Vialidad

2.4.2. Alternativa B: Doble Calzada Restringida Ruta 199 CH

Esta alternativa corresponde a la construcción de la segunda calzada utilizando una mediana restringida de 3 m de ancho, con barrera de seguridad del tipo “F Alta”, con accesos y cruces a nivel, permitiendo los giros a la izquierda.

Las principales obras a considerar en esta alternativa, son las siguientes:

Puente Allipén:	km 12.080	L = 300 m.
Puente Catrico:	km 33.050	L = 30 m.
Puente Pedregoso:	km 36.180	L = 100 m.

2.4.2.6. Reemplazo del Puente Catrico existente.

Este puente, al igual que lo señalado en el punto 2.4.1.7, se reemplaza.

2.4.2.7. Pasarelas peatonales y paraderos de buses.

Para una mayor seguridad peatonal, se proyectan las mismas 19 pasarelas peatonales y 40 paraderos de buses de la alternativa anterior.

2.4.2.8. Mejoramiento de Ruta 199 CH existente.

Comprende la reposición de calzada y la ampliación de bermas.

2.4.2.9. Reparación de puentes existentes.

2.4.2.10. Generación de retornos a nivel en pista central, cada 10 km

2.4.2.11. Velocidad de Diseño 100 km/hr.

El perfil tipo para esta alternativa se muestra en la Figura N° 2.7 y se compone de dos calzadas de 7 m de ancho cada una, bermas de 2.5 m y SAP de 1.0 m a ambos lados, más una mediana restringida de 3 m de ancho que incluye barrera de seguridad y bermas de 1.0 m.

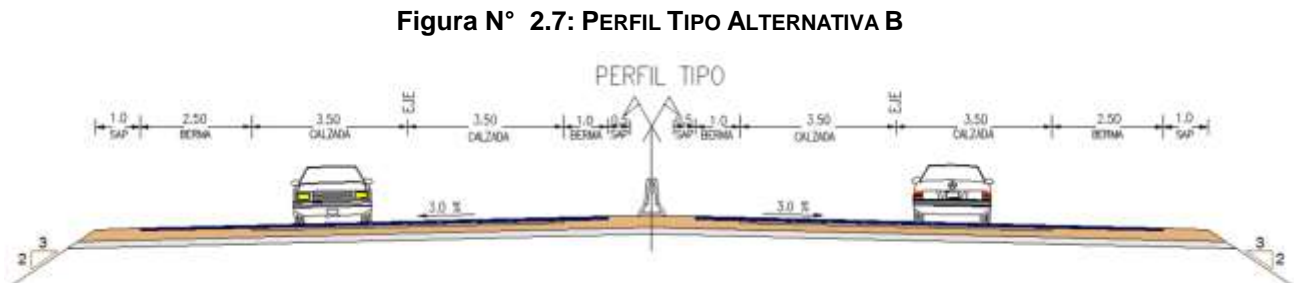


Figura N° 2.8: PLANTA ALTERNATIVA B

Fuente: Cartografía de la Dirección de Vialidad

2.4.3. Alternativa C: Doble Calzada Sectorizada Ruta 199 CH.

Esta alternativa corresponde a la construcción de la segunda calzada sólo en sectores de fricción lateral, en que exista actividad en los bordes como industrias, accesos muy continuos, comercio y otros. En los sectores de doble calzada se utilizó una mediana restringida de 3 m de ancho, con barrera de seguridad tipo “F alta”.

Las principales obras a considerar en esta alternativa, son las siguientes:

2.4.3.1. Construcción de Segunda Calzada en sectores con fricción lateral.

Esta alternativa incluye la construcción de segunda calzada en los siguientes tramos: Km 0.0 a Km 9.15 y Km 41.4 a Km 50.1, donde empalma con la Variante del Nuevo Acceso a Villarrica (Fig 2.10).

2.4.3.2. Mejoramiento y adaptación de enlace en Freire.

Para esta alternativa, se implementará la misma solución dada en las Alternativas A y B para el mejoramiento del enlace Freire (ver Fig 2.1).

2.4.3.3. Cruces e intersecciones con pistas de frenado y aceleración.

Esta alternativa contempla el mejoramiento de los cruces y accesos, con solución a nivel, incorporando pistas de frenado y aceleración. Se consideran los Cruces a Coipue y Chucaco

2.4.3.4. Reemplazo del Puente Catrico existente.

El puente Catrico existente debe ser reemplazado, dado su avanzado estado de deterioro.

2.4.3.5. Paraderos de buses en calzada simple.

2.4.3.6. Pasarelas peatonales en doble calzada, en total 6, y todos los paraderos de buses (40).

Para una mayor seguridad peatonal, se proyectan pasarelas peatonales y paraderos de buses.

2.4.3.7. Mejoramiento de Ruta 199 CH existente, reposición de calzada, ampliando bermas y reparación de puentes.

2.4.3.8. Reparación de puentes existentes.

2.4.3.9. Velocidad de Diseño 80 km/h

El perfil tipo para la doble calzada sectorizada de esta alternativa se muestra en la Figura N° 2.8 y se compone de dos calzadas de 7 m de ancho cada una, bermas de 2.5 m y SAP de 1.0 m a ambos lados, más una mediana restringida de 3 m de ancho que incluye barrera de seguridad y bermas de 1.0 m. Para el resto del camino, el perfil tipo se plantea en la Figura N° 2.9 y se compone de una calzada de 7 m de ancho, bermas de 2.5 m y SAP de 1.0 m a ambos lados.

Figura N° 2.9: PERFIL TIPO ALTERNATIVA C – DOBLE CALZADA

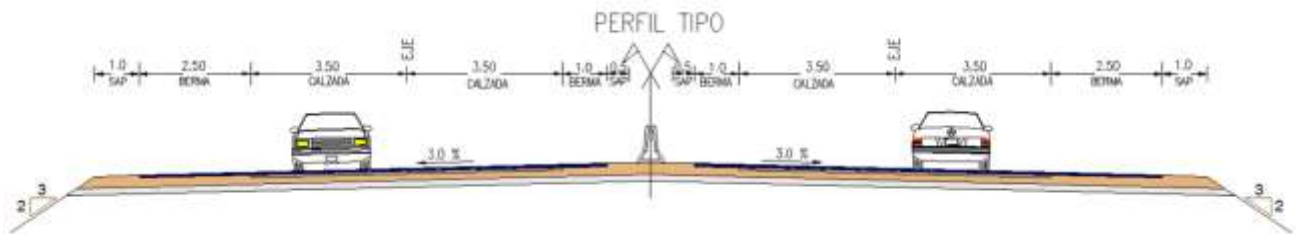


Figura N° 2.10: PERFIL TIPO ALTERNATIVA C - CALZADA SIMPLE

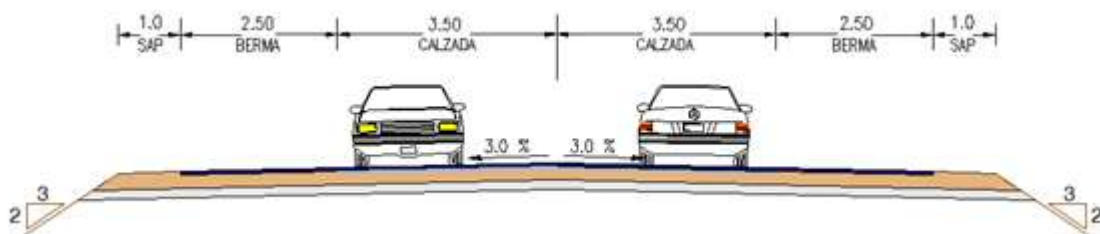


Figura N° 2.11: PLANTA ALTERNATIVA C



Fuente: Cartografía de la Dirección de Vialidad

2.4.4. Variante Ruta Antigua

Existen sectores con un trazado paralelo a la actual Ruta 199 CH, que corresponde a la antigua ruta que conectaba Freire y Villarrica. Se plantea aquí el mejoramiento del estándar de este camino existente entre el Dm 12.2 (Puente Allipén) y el Dm 25.2 (Coipue), en una longitud de 12.96 km. El propósito es utilizarlo como variante para las Alternativas A y B, constituyendo un par vial con la Ruta 199-CH en el tramo. El perfil tipo a utilizar para el mejoramiento, es el mostrado en la Figura N° 2.11.

El mejoramiento de este camino se termina en Coipue, Dm 25.2. El trazado paralelo termina en el Dm 32, sin embargo no se incluyen los últimos 6.8 km debido a que se requerirían cortes de más de 20 m de altura para lograr el estándar requerido. Se incorporó en el análisis, como variante, tanto para las alternativas A como la B.

Figura N° 2.12: PERFIL MEJORAMIENTO DE RUTA 199-CH ANTIGUA

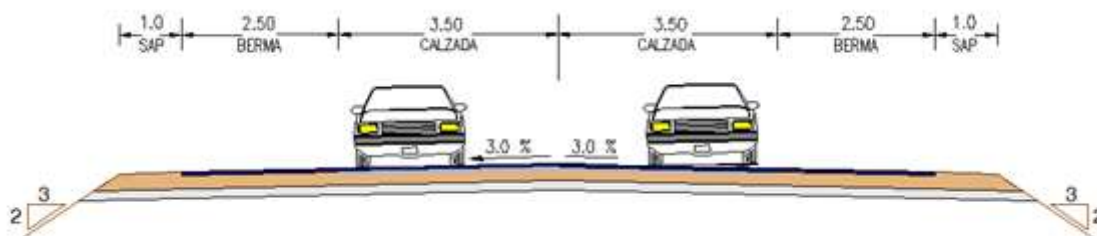
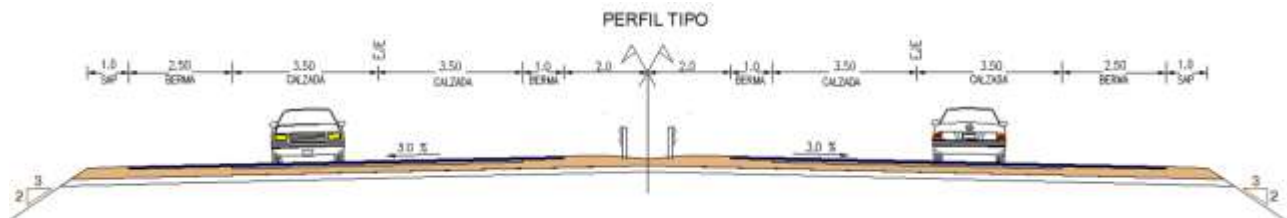


Figura N° 2.13: VARIANTE A, RUTA ANTIGUA


Fuente: Elaboración propia

2.4.5. Variante Nuevo Acceso a Villarrica

Esta opción considera la construcción de un nuevo acceso a Villarrica con el propósito de utilizarlo como variante para las Alternativas A, B y C. El perfil tipo a utilizar en este acceso, es el mostrado en la Figura N° 2.13, que se compone de una doble calzada de 7 m de ancho cada una, bermas de 2.5 m y SAP de 1.0 m a ambos lados, más una mediana de 6 m de ancho que incluye bermas de 1.0 m.

Figura N° 2.14: PERFIL TIPO. NUEVO ACCESO A VILLARRICA


Fuente: Elaboración propia

Esta solución considera la construcción de un puente de doble calzada sobre el río Toltén de 100 m de longitud, y acceso hacia la Ruta S-91 que conduce a Loncoche, resolviéndose a desnivel los flujos que van de Villarrica a Loncoche con los que vienen de la variante a Villarrica. El nuevo acceso empalma con la avenida Pedro de Valdivia en Villarrica. Contempla solución desnivelada para la intersección de los flujos que circularán por el nuevo acceso con los del actual a Villarrica.

Figura N° 2.15: VARIANTE B, NUEVO ACCESO A VILLARRICA


Fuente: Elaboración propia

2.5. CUBICACIONES Y CÁLCULOS DE COSTOS DE INVERSIÓN DE ALTERNATIVAS PRELIMINARES

En los cuadros siguientes, se presenta un resumen de la estimación de inversión requerida para cada combinación de alternativa y variante analizada.

CUADRO N° 2.5: RESUMEN DE INVERSIONES CON EXPROPIACIONES

PROYECTO	COMBINACION DE ALTERNATIVAS	INVERSIÓN MM(\$) (DIC 2013)
P1	1.1 Alternativa A	121.298
P2	1.1.A Alternativa A + Variante A	139.826
P3	1.1.B Alternativa A + Variante B	130.538
P4	1.1.AB Alternativa A + Variantes A y B	149.059
P5	1.2 Alternativa B	112.530
P6	1.2.A Alternativa B + Variante A	131.053
P7	1.2.B Alternativa B + Variante B	121.760
P8	1.2.AB Alternativa A + Variantes A y B	140.279
P9	1.3 Alternativa C	51.615
P10	1.3.B Alternativa C + Variante B	60.848

Fuente: Elaboración propia

- Alternativa A: Doble Calzada Amplia Ruta 199 CH
- Alternativa B: Doble Calzada Restringida Ruta 199 CH
- Alternativa C: Doble Calzada Sectorizada Ruta 199 CH
- Variante A: Mejoramiento Ruta Antigua
- Variante B: Nuevo Acceso a Villarrica

2.5.1. Alternativa A: Doble Calzada Amplia Ruta 199 CH

CUADRO N° 2.6: INVERSIÓN ALTERNATIVA A

OBRA	INVERSIÓN \$ DIC 2013
DOBLE CALZADA AMPLIA	74.457.568.591
PUENTE ALLIPÉN	8.847.813.739
PUENTE CATRICO	589.854.249
REEMPLAZO PUENTE CATRICO	707.825.099
PUENTE PEDREGOSO	2.457.726.038
REPARACION PUENTES EXISTENTES	1.056.822.197
MEJORAMIENTO RUTA 199 CH	30.191.262.320
MEJORAMIENTO ACCESO ENLACE	304.758.029
ENLACE CUNCO	314.588.933
PASARELAS PEATONALES	53.086.882
CALLES DE SERVICIO	1.238.693.923
TOTAL \$	120.220.000.000

Fuente: Elaboración propia

2.5.2. Alternativa B: Doble Calzada Restringida Ruta 199 CH

CUADRO N° 2.7: INVERSIÓN ALTERNATIVA B

OBRA	INVERSIÓN \$ DIC 2013
DOBLE CALZADA RESTRINGIDA	67.072.608.710
PUENTE ALLIPEN	8.847.813.739
PUENTE CATRICO	589.854.249
REEMPLAZO PUENTE CATRICO	707.825.099
PUENTE PEDREGOSO	2.457.726.038
REPARACION PUENTES EXISTENTES	1.056.822.197
MEJORAMIENTO RUTA 199 CH	30.191.262.320
MEJORAMIENTO ACCESO ENLACE	304.758.029
MEJORAMIENTO ACCESO A CUNCO	203.242.737
PASARELAS PEATONALES	53.086.882
TOTAL \$	111.485.000.000

Fuente: Elaboración propia

2.5.3. Alternativa C: Doble Calzada Sectorizada Ruta 199 CH

CUADRO N° 2.8: INVERSIÓN ALTERNATIVA C

OBRA	INVERSIÓN \$ DIC 2013
DOBLE CALZADA SECTORIZADA	18.595.877.188
REEMPLAZO PUENTE CATRICO	707.825.099
REPARACION PUENTES EXISTENTES	1.056.822.197
MEJORAMIENTO RUTA 199 CH	30.191.262.320
MEJORAMIENTO ACCESO ENLACE	304.758.029
MEJORAMIENTO ACCESO A CUNCO	150.000.000
PASARELAS PEATONALES	17.455.167
TOTAL \$	51.024.000.000

Fuente: Elaboración propia

2.5.4. Variante A: Mejoramiento Ruta Antigua

CUADRO N° 2.9: INVERSIÓN VARIANTE A

OBRA	INVERSIÓN \$, DIC 2013
MEJORAMIENTO RUTA ANTIGUA	18.220.000.000
TOTAL \$ DIC 2013	18.220.000.000

Fuente: Elaboración propia

2.5.5. Variante B: Nuevo Acceso a Villarrica

CUADRO N° 2.10: INVERSIÓN VARIANTE B

OBRA	INVERSIÓN \$, DIC 2013
NUEVO ACCESO A VILLARRICA	4.197.233.714
PUENTE TOLTEN (DOBLE CALZADA)	4.781.766.286
TOTAL \$ DIC 2013	8.979.000.000

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 2.11: COSTO EXPROPIACIONES SEGÚN PROYECTOS

PROYECTO	ALTERNATIVA	VARIANTE	VALOR TOTAL	MM \$
			(\$) DIC 2013	
P1	1.1		1.077.909.255	1.078
P2	1.1.A	A	1.386.236.340	1.386
P3	1.1.B	B	1.339.402.165	1.339
P4	1.1.AB	A Y B	1.640.998.454	1.641
P5	1.2		1.045.377.257	1.045
P6	1.2.A	A	1.347.532.562	1.348
P7	1.2.B	B	1.296.774.339	1.297
P8	1.2.AB	A Y B	1.596.384.775	1.596
P9	1.3		590.686.392	591
P10	1.3.B	B	844.738.853	845

Fuente: Elaboración propia

3. ESTUDIO DE DEMANDA

En este capítulo, se presenta, en forma resumida, el desarrollo del modelo de transporte que permite estimar los flujos vehiculares y condiciones de operación para la Ruta 199-CH, en hipotéticos escenarios futuros de operación, lo cual derivará además, en la estimación de ahorros de consumos de recursos y en la validación de la efectividad de los proyectos de mejoramiento para superar los problemas de tráfico actuales en la ruta.

El modelo de transporte en este caso se encuentra constituido por dos elementos. El primero, corresponde a un modelo de asignación vehicular, lo que incluye la implementación de una red, de arcos y nodos, representativa de la red vial involucrada en el proyecto y matrices origen-destino que representan la movilidad de los viajes actuales y potenciales usuarios del proyecto.

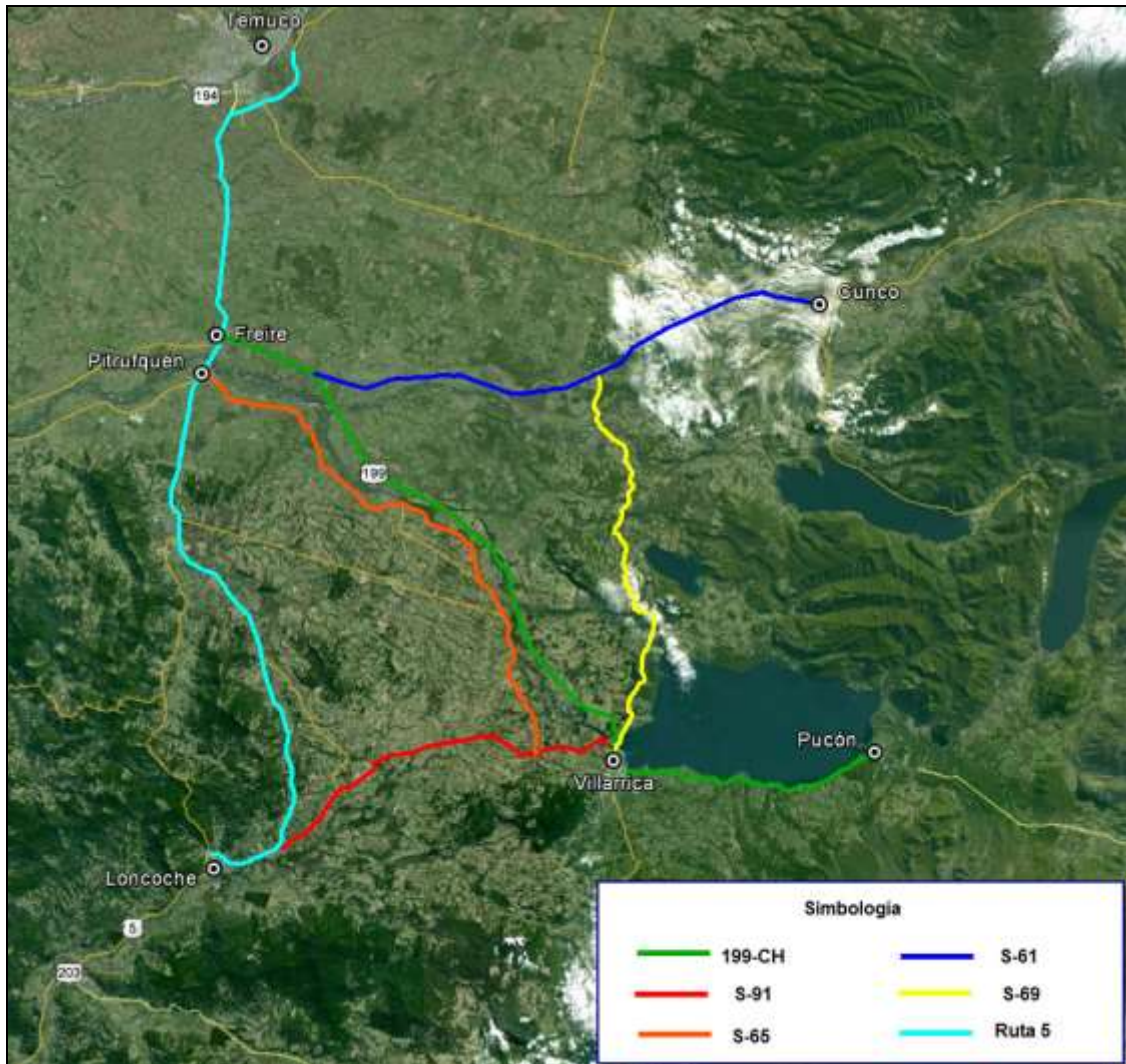
Un segundo modelo corresponde al empleado para proyectar las matrices origen-destino, de manera de obtener la demanda de viajes dentro del período de operación del proyecto.

3.1. CODIFICACIÓN RED DE MODELACIÓN

La red de transporte del presente estudio corresponde al conjunto de rutas que son significativas para la operación actual y futura del proyecto, permitiendo el acceso a las localidades ubicadas a lo largo de la Ruta Freire - Villarrica, generando afluencia tanto de turistas como de abastecimiento. En este sentido se ha detectado una posible reasignación futura de los flujos generados en esta ruta y con destino a Villarrica, por lo cual es importante incluir las rutas que permiten viajar entre estos puntos, y que a futuro pueden variar su volumen producto del cambio de estándar que se producirá con la implementación del proyecto y otros mejoramientos.

En este sentido, las principales rutas consideradas corresponden a:

- Ruta 5: Se inicia en la localidad de Loncoche y finaliza en Temuco con una longitud de 84,19 kilómetros. Su relevancia se debe a la conectividad que ésta genera entre Loncoche, Freire y Temuco.
- Ruta 199-CH: Freire – Villarrica cuya longitud es de 50,50 kilómetros. Su relevancia se debe a que es la ruta en estudio y la conectividad que ésta genera entre Freire y Villarrica.
- Ruta S-65: Se inicia en la intersección con la Ruta 5 y finaliza en la Ruta S-91. Su longitud es de 48,48 kilómetros. Su importancia se debe a la conectividad que ésta genera entre Pitrufoquén y Villarrica y que se ubica paralela a la Ruta 199 CH.
- Ruta S-91: Loncoche Villarrica, cuya longitud es de 38,66 kilómetros. Su relevancia se debe a la conectividad que esta genera entre Loncoche y Villarrica.
- Ruta S-69: Camino que intercepta con la Ruta S-61 en el sector Los Laureles y conecta con Pedregoso y Villarrica. Su longitud es de 38,70 kilómetros.
- Ruta S-61: Camino que conecta a Freire con la localidad de Cunco, y que posee intersecciones con las rutas 199-CH y S-69. Su longitud es de 46,07 kilómetros.

Figura N° 3.1: RED VIAL RELEVANTE


Fuente: Elaboración Propia

3.2. CARACTERIZACIÓN DE LA RED

Se realizó un levantamiento de las características físico-geométricas de la red vial aledaña al proyecto. El objetivo fue obtener datos para alimentar al modelo de asignación y para utilizar en el modelo de costos de operación, los cuales dependen de las características de la ruta.

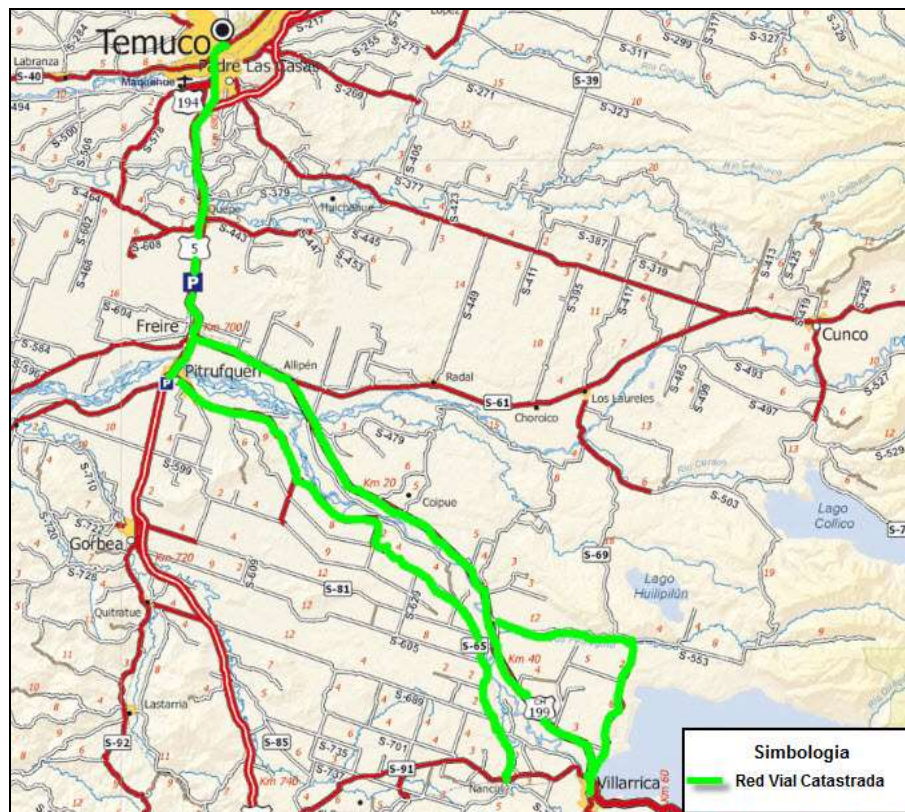
Los antecedentes fueron levantados para representar tramos de ruta, cada uno de estos con características homogéneas. Los datos recopilados corresponden a:

- Longitud
- Pendiente

- Curvatura
- Rugosidad (clasificación visual)
- Tipo y estándar de camino
- Número de pistas

En la siguiente figura se observa la red catastrada durante los estudios de base.

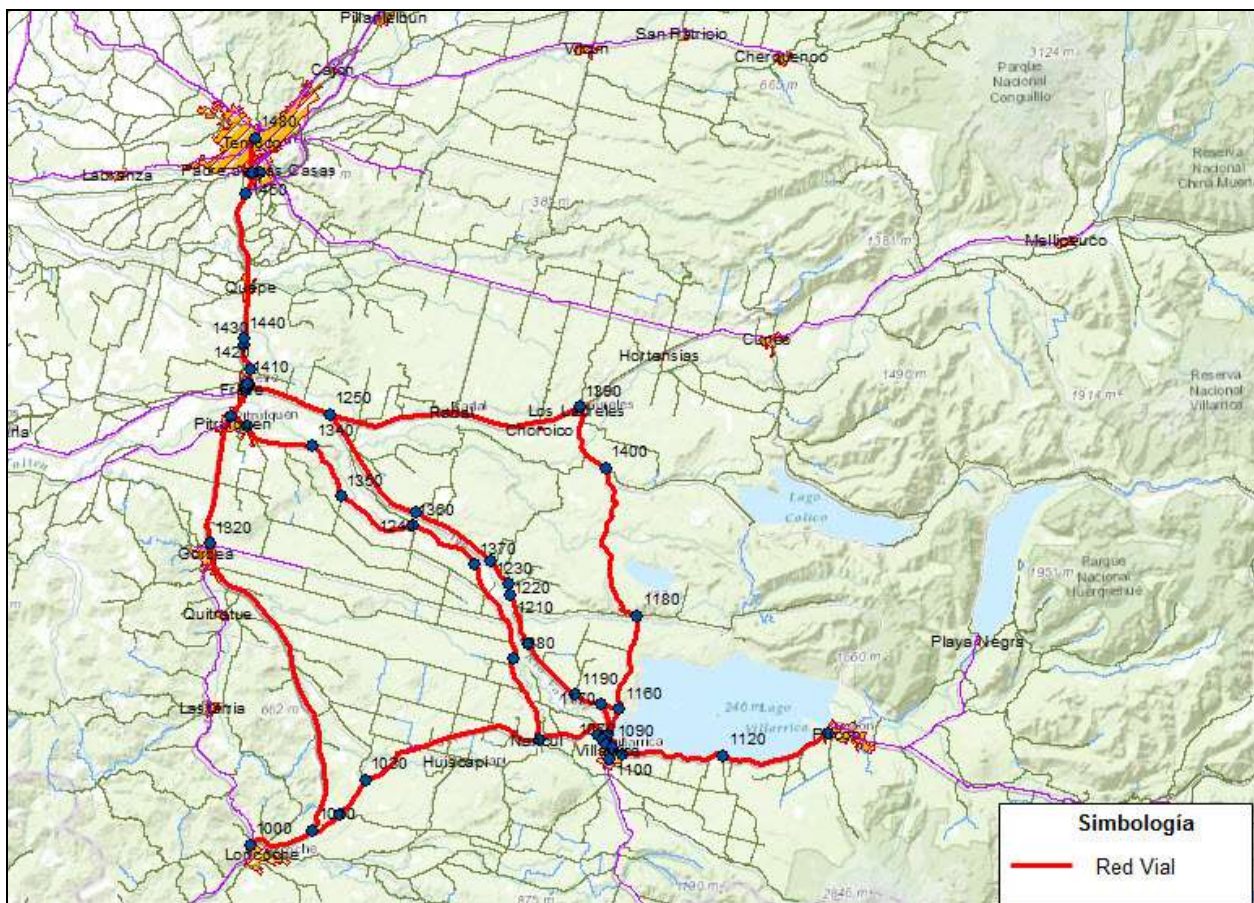
Figura N° 3.2: RED VIAL CATASTRADA



Fuente: Elaboración Propia

La red de modelación considerada, con todos sus arcos y nodos se presenta en la siguiente figura.

Figura N° 3.3: RED VIAL DE MODELACIÓN, TOPOLOGÍA



Fuente: Elaboración Propia

Se procedió a determinar las características físicas y geométricas de la red, a nivel de arcos y nodos. Los datos para esta caracterización fueron obtenidos a partir del catastro realizado, y complementado con fuentes secundarias obtenidas de estudios ya realizados.

Aplicando el modelo HDM-IV CH (COPER), se obtuvieron los parámetros requeridos para incorporar en la modelación de la red vial. Estos son velocidad a flujo libre y costos de operación.

3.2.1. Curvas Flujo Velocidad

Uno de los aspectos relevantes en el presente estudio correspondió al análisis de las velocidades que actualmente se desarrollan en la ruta 199-CH, que fueron medidas a través del método del vehículo flotante, particularmente en los accesos y en algunos sectores con dificultad geométrica, en aquellos períodos de mayor afluencia vehicular.

La validación, de los resultados obtenidos, se hizo para el tramo completo de la Ruta 199-CH entre el enlace con la Ruta 5 y el Puente Villarrica, comparando las velocidades medidas con

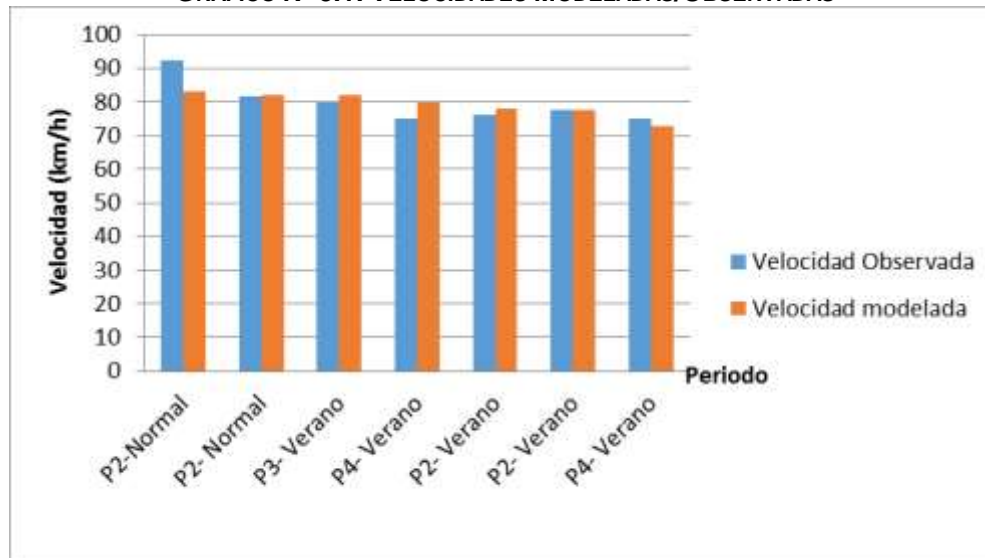
respecto a las modeladas, para el tramo íntegro. El siguiente cuadro muestra la comparación realizada.

CUADRO N° 3.1: VELOCIDADES MEDIDAS / OBSERVADAS

PERIODO	FLUJO/SENTIDO VEH LIVIANOS (VEH/HR)	VELOCIDAD OBSERVADA (KM/H)	VELOCIDAD MODELADA (KM/H)
2-Normal	113	92	83
2-Normal	145	82	82
3- Verano	154	80	82
4- Verano	256	75	80
2- Verano	330	76	78
2- Verano	460	78	78
4- Verano	531	75	73

Fuente: Elaboración Propia

GRÁFICO N° 3.1: VELOCIDADES MODELADAS/OBSERVADAS



Fuente: Elaboración Propia

La comparación realizada indica que:

- Las velocidades modeladas son semejantes a las velocidades medidas en terreno. Se debe recordar que las funciones utilizadas son genéricas para tipo de geometría y presencia de vehículos pesados (lentos), y por los resultados se aprecia que son totalmente aplicables al presente análisis.

- La tendencia en la variación de la velocidad, con respecto al volumen vehicular circulante, es similar entre lo entregado por el modelo y lo medido ya que, en ambos casos, se verifica que a mayor flujo hay una disminución en la velocidad de operación.
- Se demuestra que las funciones propuestas son adecuadas para modelar la velocidad de operación en los arcos de la red.

3.2.2. Matrices Origen Destino

El modelo de transporte a emplear (asignación – proyección de demanda) requiere de la generación de matrices origen-destino, que representen la movilidad (o distribución) de los viajes en su contexto espacial, vale decir entre las zonas en las cuales se ha subdividido el área de estudio. Estas matrices tienen la característica de incorporar aquellos viajes potenciales y/o beneficiados con el proyecto.

3.2.3. Modelo de Asignación

La red codificada y las matrices origen-destino fueron incorporadas al software EMME/2, el cual se utiliza para realizar la modelación de los diversos escenarios a estudiar (actual, base, alternativas de proyecto, cortes temporales futuros). Los principales aspectos considerados para aplicar el modelo de asignación fueron los siguientes:

- Cada período y tipo de vehículo se asigna por separado, por lo cual se requieren 6 asignaciones para completar un escenario (situación-corte temporal).
- El criterio de asignación es el de buscar la ruta de costo mínimo. En este sentido, a cada tipo de vehículo se le ha definido una función de costos, asociado a cada arco, utilizado en su viaje. La suma de los costos para viajar entre un origen y destino corresponderá entonces al costo total de viaje, y el modelo se encarga de determinar cuál es la ruta que proporciona el menor costo de viaje, para cada par origen destino y tipo de vehículo.
- El costo de viaje de camiones corresponde al costo de operación privado ponderado por la longitud del arco.
- El costo de viaje de vehículos livianos corresponde al tiempo de viaje ponderado por un factor de percepción del estándar de la ruta
- Cabe mencionar que los factores de percepción han sido estimados a partir del modelo de preferencias, ver capítulo 2 del volumen 1, y cuyos valores resultantes son los del cuadro N° 3.2.

CUADRO N° 3.2: FACTORES OBTENIDOS

TIPO CALZADA	VERANO	NORMAL
Doble	1	1
Simple	1.188	1.310
Simple Congestionada	5.310	3.227

Fuente: Elaboración Propia

Para la asignación se utilizó un criterio estocástico de elección de ruta, característico de las modelaciones interurbanas con rutas de diverso estándar. Esto implica que las funciones de costo, anteriormente definidas, se replantearon incorporando un parámetro que es generado aleatoriamente por el modelo.

3.2.4. Ajuste

Con la red de modelación, las matrices origen-destino iniciales y el criterio de asignación vehicular así definidos, se obtuvo un modelo de asignación de tipo preliminar, que permitió obtener flujos y consumos operacionales para cada arco de la red. Posteriormente, este modelo fue sometido a un proceso de ajuste, con el objeto de lograr que la operación de transporte, en la red estudiada, fuera representativa de la situación actual. El ajuste apunta a corregir los siguientes elementos del modelo:

- Características de los arcos: Se revisan y corrigen los parámetros de los arcos, de manera que las rutas escogidas por los usuarios en la actualidad se reflejen en el modelo. Las rutas escogidas, en este caso, se deducen de la información de la encuesta origen-destino.
- Ajuste de matrices: El ajuste de matrices se realizó para que el modelo de asignación logre replicar los flujos observados, contabilizados en los estudios de base. El ajuste de matrices se realizó mediante un algoritmo que modifica levemente los valores de la matriz preliminar, de manera que al realizar la asignación los flujos resultantes sean semejantes a los flujos observados.

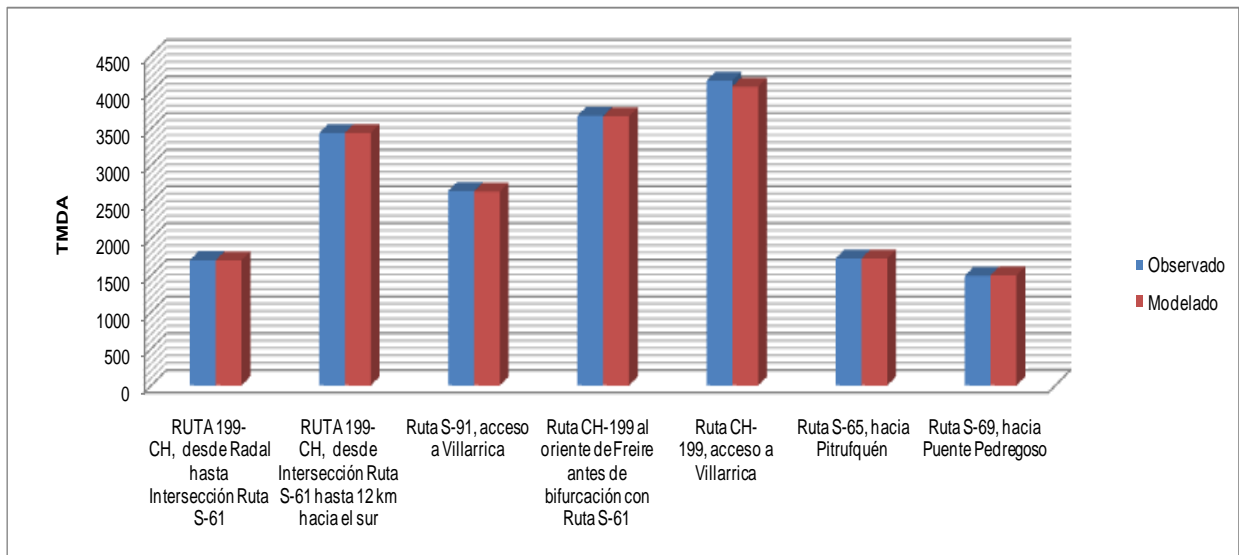
Como resultado de este proceso, se obtuvo un modelo de asignación calibrado, cuya aplicación refleja los costos operacionales, los tiempos de viaje y los flujos vehiculares para cada tipo de vehículo y período contemplado para el estudio. El siguiente cuadro muestra los resultados de la asignación para la situación actual.

CUADRO N° 3.3: COMPARACIÓN DE FLUJOS EN TRAMOS RELEVANTES

TOPÓNIMO	TMDA	
	OBSERVADO	MODELADO
Ruta 199-CH, desde Radal hasta Intersección Ruta S-61	1.708	1.706
Ruta 199-CH, desde Intersección Ruta S-61 hasta 12 km hacia el sur.	3.438	3.441
Ruta S-91, acceso a Villarrica.	2.651	2.642
Ruta 199-CH al oriente de Freire antes de bifurcación con Ruta S-61.	3.674	3.668
Ruta 199-CH, acceso a Villarrica.	4.153	4.071
Ruta S-65, hacia Pitrufrquén	1.731	1.731
Ruta S-69, hacia Puente Pedregoso.	1.495	1.502

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 3.2: COMPARACIÓN DE FLUJOS EN TRAMOS RELEVANTES

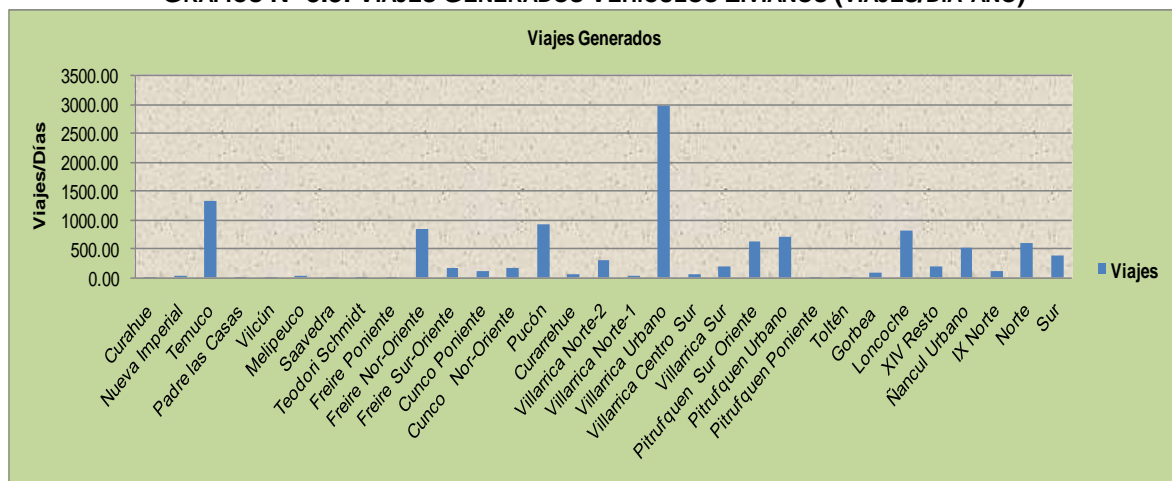


Fuente: Elaboración propia

Se observa que el Tránsito Medio Diario Anual sobre la ruta bordea los 5.000 vehículos, lo que contrasta con lo ocurrido en algunos períodos peak de movimiento, donde se alcanzan más de 500 vehículos livianos por hora en un solo sentido, para Fin de Semana en Temporada Alta.

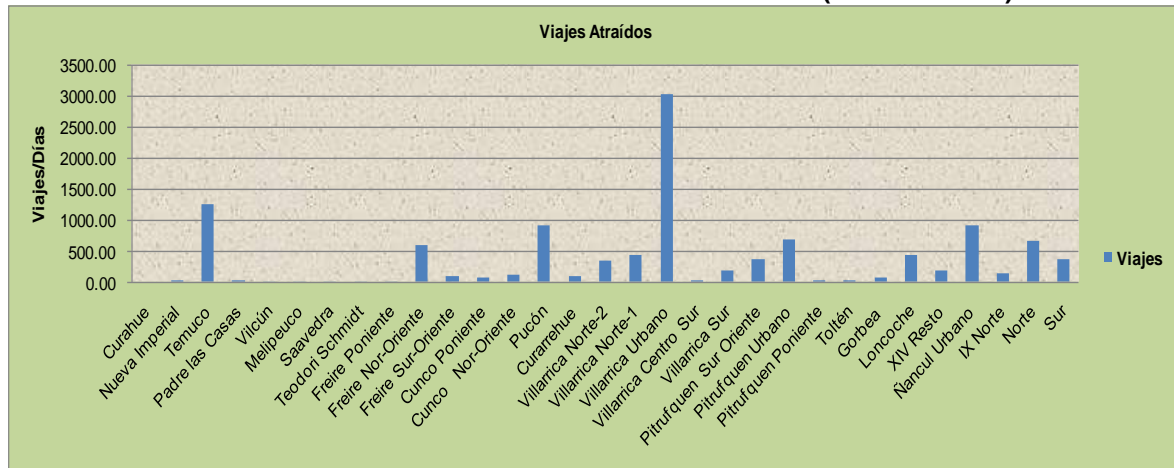
Las siguientes figuras y cuadros muestran para el caso de vehículos livianos los viajes generados y atraídos a nivel de zonas, en unidades de vehículos diarios promedio anual, y en forma particular los viajes/hr en Período Punta Temporada Alta.

GRÁFICO N° 3.3: VIAJES GENERADOS VEHÍCULOS LIVIANOS (VIAJES/DÍA-AÑO)



Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 3.4: VIAJES ATRAÍDOS VEHÍCULOS LIVIANOS (VIAJES/DÍA-AÑO)



Fuente: Elaboración propia

Se observa que gran parte de los viajes son generados/atraídos por Villarrica urbano, seguido en orden de importancia por Temuco. En menor medida se presentan Freire, Loncoche, Pitrufquén, y las zonas Norte y Sur del país.

En el Período Punta son relevantes, en el caso de turismo, los viajes generados y atraídos por Temuco, Freire, Villarica, destacando también Pucón, Loncoche y Ñancul.

3.2.5. Ajuste de frecuencias de transporte público

El presente estudio contempla los posibles beneficios que se generarán producto de los ahorros de consumo de recursos de todos los tipos de vehículo relevantes que circulan actualmente por el sector. Entre estos se encuentran los buses.

Se decidió incorporar el flujo de buses al modelo en formato de flujo fijo para cada arco de la red y período de modelación. Para lo anterior, se utilizó como punto de partida la información obtenida a partir del catastro de transporte público realizado como parte de los estudios de base, la cual fue codificada dentro de los archivos correspondientes a “líneas de transporte público”.

3.2.6. Modelos de Proyección de Demanda

En esta sección se presenta la proyección de las variables socioeconómicas que explican cómo se producen los viajes y flujos vehiculares en la red analizada, para el periodo de evaluación requerido en el estudio.

3.2.7. Población

La proyección de la población, se basó en los datos obtenidos en el último censo disponible a la fecha, realizado el año 2002 por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), además de utilizar la proyección nacional elaborada por el Departamento de Demografía en su “Programa de Proyecciones de la Población”, cuyas proyecciones se apoyan en los resultados de los Censos levantados en el país y otras estadísticas demográficas disponibles hasta el Censo del 2002 y que cubre los años del período 1990-2020.

Al tener ya proyectada la población, es factible obtener las tasas de crecimiento entre un periodo y el otro. Las tasas que se obtienen, son las que permiten visualizar de manera más sencilla si la población en este caso tiene un crecimiento o decrecimiento con respecto al año anterior de proyección.

3.2.8. Proyección del PIB

La proyección de variables como el PIB con modelos convencionales es un proceso complejo, debido a que se trata de una variable macroeconómica que es dependiente de variados parámetros.

Para este caso en particular, se analizaron dos estimaciones del PIB hasta el año 2035, que corresponden a una regresión de un modelo exponencial, caso 1, y estimaciones realizadas en el documento "Informe de Finanzas Públicas: Proyecto de Ley de Presupuestos del Sector Público para el año 2014", caso 2, con fecha Octubre de 2013 y realizado por la Dirección de Presupuestos del Ministerio de Hacienda.

A partir de la información anterior, las cifras obtenidas del Producto Interno Bruto Nacional, año a año, se presentan en el siguiente cuadro:

CUADRO N° 3.4: PIB PROYECTADO CASO 2

AÑO	PIB (M\$ DE 2008)
2014	120.221.912
2015	125.872.342
2016	131.788.342
2017	137.982.394
2018	144.467.566
2019	151.257.542
2020	158.366.647
2021	163.909.479
2022	169.646.311
2023	175.583.932
2024	181.729.369
2025	188.089.897
2026	194.673.044
2027	201.486.600
2028	208.538.631
2029	215.837.483
2030	223.391.795

AÑO	PIB (M\$ DE 2008)
2031	229.646.766
2032	236.076.875
2033	242.687.027
2034	249.482.264
2035	256.467.768

Fuente: "Informe de Finanzas Públicas: Proyecto de Ley de Presupuestos del Sector Público para el año 2014".
Dirección de Presupuestos - Ministerio de Hacienda - Octubre de 2013

A modo de conclusión, las cifras empleadas para realizar estimaciones en el presente estudio, corresponden a las obtenidas en el Caso 2, ya que son cifras oficiales mientras que, las del primer caso, no entrega cifras ajustadas a la realidad.

3.2.9. Ingresos Familiares por Hogar

La proyección de los ingresos se realizó en base a los datos obtenidos a través del Ministerio de Desarrollo Social (MDS).

Por otra parte, se asume que el crecimiento de los ingresos por distrito, comunidad, caseríos o aldeas, crece al mismo ritmo que la comuna que los comprende. Esto se debe a que no se posee información de ingreso a nivel más desagregado, para estratos inferiores a los comunales. A la vez, en algunas zonas donde son agrupadas varias comunas, se ha obtenido un ingreso promedio ponderado de ellas, a través de una media aritmética.

Las tasas de crecimiento, al estar en función del PIB, no varían para cada zona. Las tasas son las siguientes:

CUADRO N° 3.5: TASA PROMEDIO ANUAL DEL CRECIMIENTO DE LOS INGRESOS

PERIODO	TASA DE CRECIMIENTO
2006-2013	4,14%
2013-2015	4,70%
2015-2020	4,70%
2020-2025	3,50%
2025-2030	3,50%
2030-2035	2,80%

Fuente: Elaboración propia en base a datos del SIR y Banco Central

3.2.10. Calibración de Modelos Económicos de Crecimiento de Tránsito

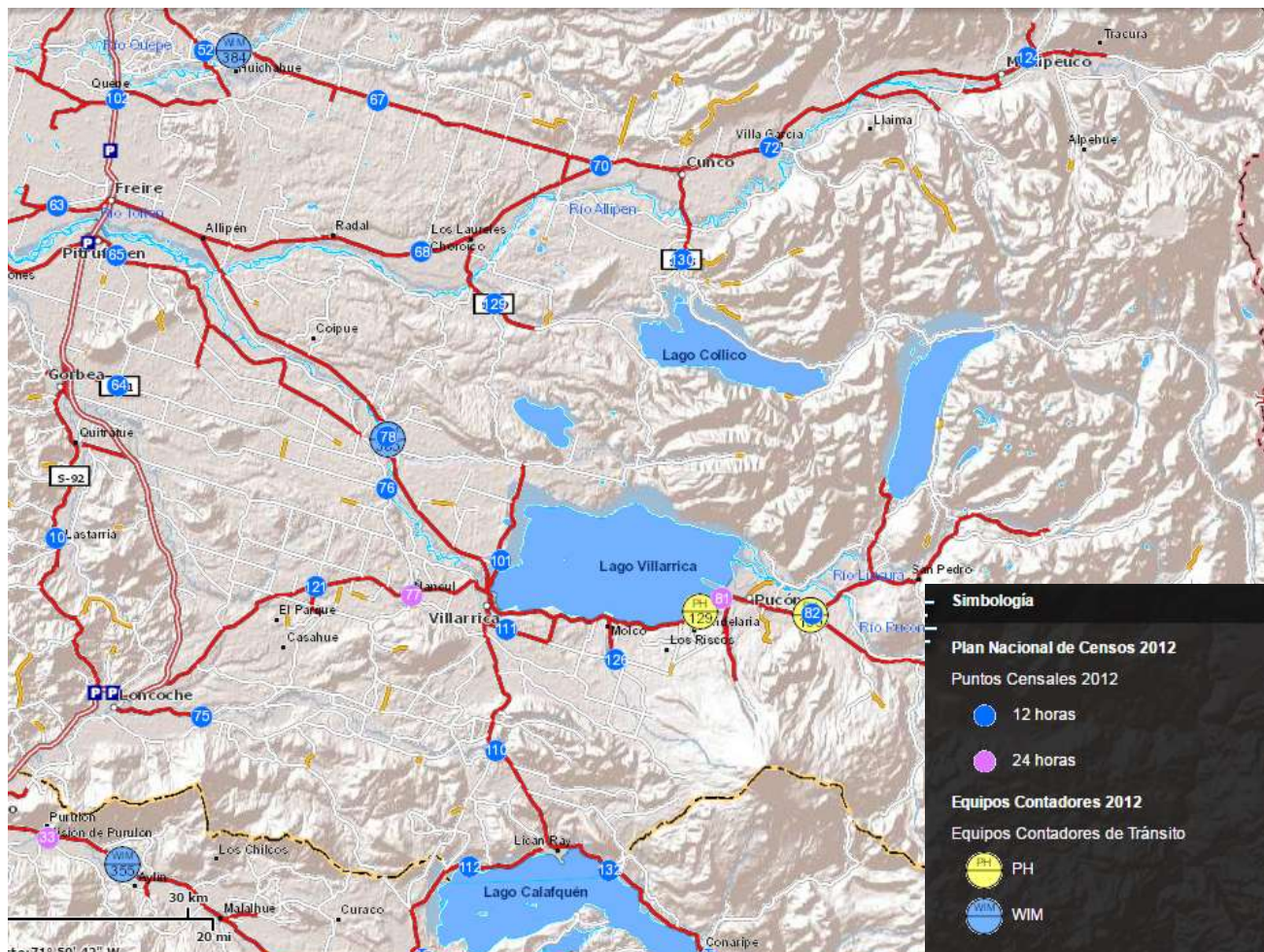
Para obtener una estimación del crecimiento global del tránsito, se hizo uso principalmente de los datos que se han recolectado a través del Plan Nacional de Censos, a lo cual se agrega la evolución del PIB a través del tiempo.

3.2.11. Recolección de Datos

Los datos considerados, se obtuvieron a partir de muestras realizadas desde el año 1994 hasta el 2012, que pertenecen a rutas censadas en la Región de la Araucanía.

De los datos obtenidos, algunos se modificaron a través de interpolación lineal, dado que los flujos vehiculares deben ir aumentando a través del tiempo y no tener quiebres bruscos de cambios en su valoración. Esto se debe a que las mediciones son realizadas de forma manual, por lo que en ciertos años pueden no ser 100% representativas.

Figura N° 3.4: PUNTOS PNC SELECCIONADOS



Fuente: Elaboración Propia en base a esquema de Dirección de Vialidad

Cabe destacar, que para obtener una buena proyección y dado que se posee información histórica del Producto Interno Bruto a Nivel Nacional, por año, se realizó una interpolación de modo lineal entre los años pares del PNC (pues así son presentados los datos de Dirección de Vialidad

respecto al Plan Nacional de Censos), para así estimar los viajes en los años impares tales como 1995, 1997, 1999, 2001, 2003, 2005, 2007, 2009 y 2011.

Con estos datos, se obtuvo la base para proyectar la demanda futura en la Región de la Araucanía.

3.2.12. Modelos de Proyección de Viajes

Para obtener la proyección del Flujo Total de los datos analizados, se utilizaron tres modelos de proyección, que corresponden al: lineal, exponencial y logarítmico.

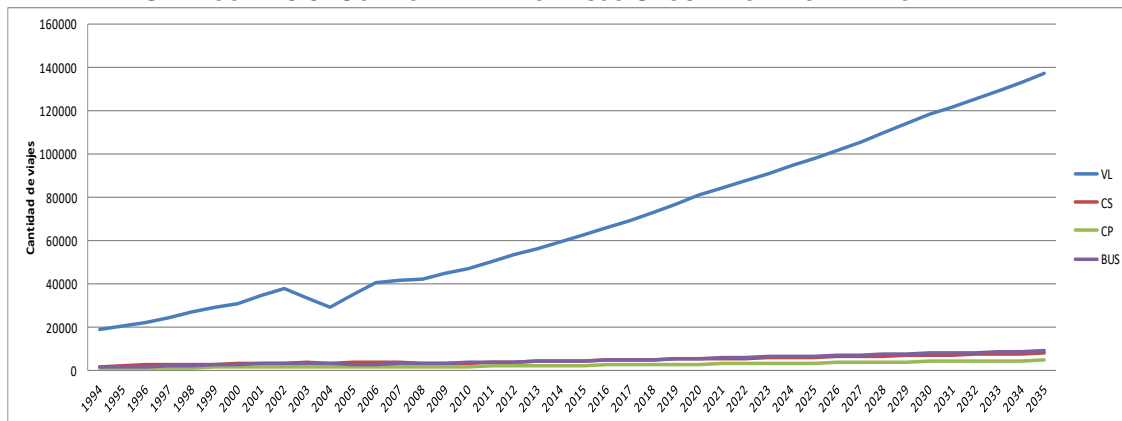
CUADRO N° 3.6: MODELOS Y FORMA FUNCIONAL PARA PROYECCIÓN DE VIAJES

TIPO DE MODELO	FORMA FUNCIONAL
Modelo Lineal	$Flujo = c(1) + c(2) * PIB$
Modelo Potencial	$Flujo = c(1) * PIB^{c(2)}$
Modelo Logarítmico	$Flujo = c(1) + c(2) * \ln(PIB)$

Fuente: Elaboración Propia

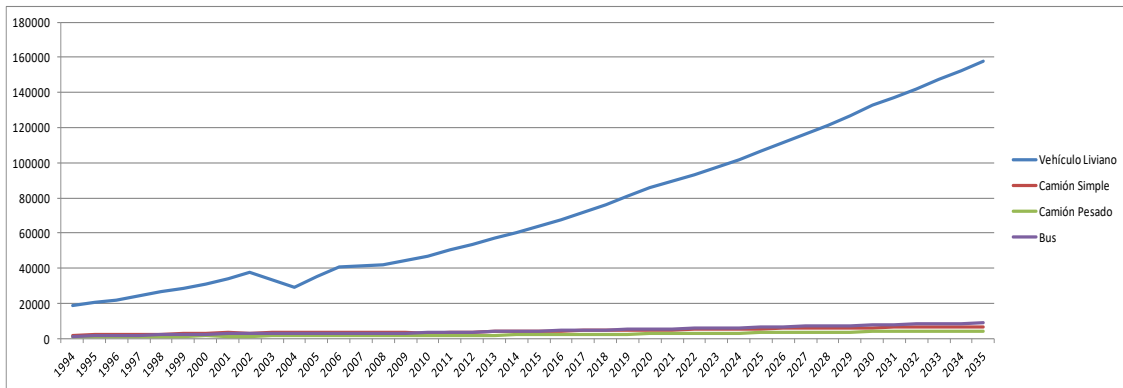
A continuación, se presentan gráficos que representan el comportamiento del aumento de flujo total en la Región de la Araucanía a lo largo del horizonte del estudio.

GRÁFICO N° 3.5: COMPORTAMIENTO FLUJO SEGÚN MODELO DE TIPO LINEAL



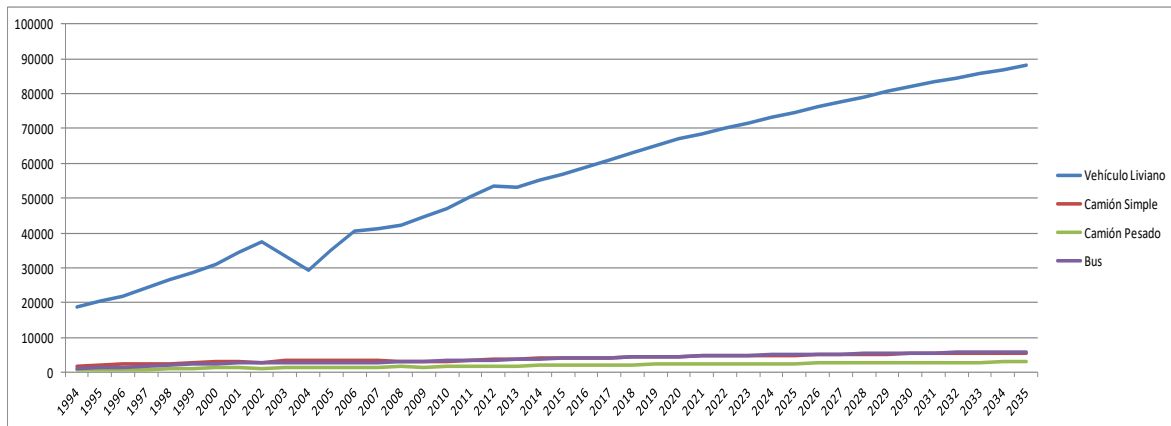
Fuente: Elaboración Propia

GRÁFICO N° 3.6: COMPORTAMIENTO FLUJO SEGÚN MODELO DE TIPO POTENCIAL



Fuente: Elaboración Propia

GRÁFICO N° 3.7: COMPORTAMIENTO FLUJO SEGÚN MODELO DE TIPO LOGARÍTMICO



Fuente: Elaboración Propia

Para la presente proyección de vehículos se puede apreciar que el modelo tipo lineal como el tipo potencial pueden ser alternativas, esto se debe a la similitud que existe entre los factores de correlación y tasas de crecimiento.

La elección del modelo Lineal para vehículos livianos, camiones pesados y buses se basa en el mejor factor de correlación que este posee. Mientras que la elección del modelo lineal para camiones simples, se basa en la tasa de crecimiento a largo plazo, ya que esta posee una mejor proporción respecto a los demás modelos. La elección por medio de tasa de crecimiento se realiza por la escasa diferencia que existe entre los factores de correlación.

3.3. CALIBRACIÓN MODELOS DE DEMANDA.

En el presente estudio se estimaron, como base para la proyección de la demanda, modelos de demanda directa, los cuales permiten calcular los viajes a nivel de pares origen destino. Este

modelo sólo se aplicará a los vehículos livianos ya que se considera que los camiones no presentan tanta elasticidad a la congestión.

Los modelos de demanda se requieren para generar matrices de viajes en función de las características socioeconómicas de las zonas generadoras de viajes, y de los costos y condiciones de viajes, lo cual involucra el estándar de las rutas. En este caso el modelo de demanda se aplicó para definir por ejemplo cuantos viajes adicionales se producirán, con respecto a la Situación Base, producto de las mejoras atribuibles al proyecto. Este efecto se puede definir como la elasticidad de la demanda al costo de viaje en la ruta intervenida.

Temporada Normal:

En temporada normal se definieron dos categorías de vehículos livianos: turismo y no turismo, siendo los modelos equivalentes para los dos casos.

Temporada Alta:

A partir de las formas funcionales de los modelos, los resultados de los coeficientes de cada uno de los modelos calibrados, los cuales son utilizados para obtener los viajes entre cada par origen destino, son los siguientes:

CUADRO N° 3.7: COEFICIENTES DE MODELOS TEMPORADA NORMAL

TEMPORADA NORMAL - LABORAL - TURISMO			TEMPORADA NORMAL - LABORAL - NO TURISMO		
Parámetro	Coeficiente	t-Student	Parámetro	Coeficiente	t-Student
α	0,20146829	4,5234547	α	0,21711974	6,55031796
β	-0,33159308	-1,78164666	β	-0,29798123	-2,16044666
R2	0,866		R2	0,8618	

Fuente: Elaboración Propia

CUADRO N° 3.8: COEFICIENTES DE MODELOS TEMPORADA ALTA

TEMPORADA NORMAL - LABORAL - TURISMO			TEMPORADA NORMAL - LABORAL - NO TURISMO		
Parámetro	Coeficiente	t-Student	Parámetro	Coeficiente	t-Student
α	0,18334486	4,5861472	α	0,18812154	5,32169808
β	-0,20990111	-1,26470668	β	-0,23834592	-1,58676199
R2	0,897		R2	0,873	

Fuente: Elaboración Propia

Los modelos obtenidos se aplican para la distribución de los viajes en los casos con y sin proyecto, derivando matrices de viajes distintas en ambos casos.

3.4. ACCIDENTES DE TRÁNSITO

Se hizo un análisis de los accidentes de tránsito ocurridos desde el año 2008 hasta el año 2012 sobre el eje de la Ruta 199-CH, desde el km 0,0 (Ruta 5), hasta el km 53,0 (Ingreso a Villarrica), cuyos detalles, se encuentran en anexo digital.

Los análisis realizados, consideraron los siguientes aspectos:

3.4.1. Número de Accidentes Totales

- Tasa de Accidentabilidad Total por Tramos
- Número de Accidentes Totales según Mes
- Tasa de Accidentabilidad por Época y Tramos
- Número de Accidentes Totales por Causa
- Número de Accidentes Totales por Tipo
- Número de Personas Totales involucradas en accidente por tipo de Gravedad.

El año 2009, es el único año donde se aprecia un decrecimiento en el número de accidentes, el cual corresponde a un 25,0%.

CUADRO N° 3.9: NÚMERO DE ACCIDENTES POR AÑO

AÑO	Nº DE ACCIDENTES	TASA CRECIMIENTO
2008	84	-
2009	63	-25,0%
2010	78	23,8%
2011	80	2,6%
2012	109	36,3%
Total	414	-

Fuente: Elaboración Propia en base a antecedentes de Carabineros de Chile

A continuación, se presenta la información obtenida de los accidentes totales de acuerdo a los 9 tramos en que se dividió la ruta:

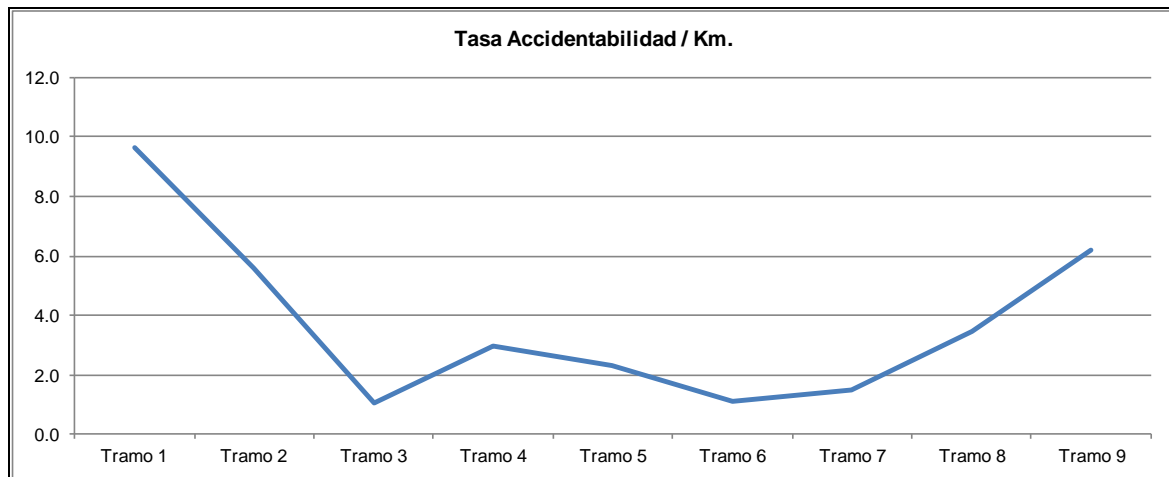
CUADRO N° 3.10: TASA DE ACCIDENTABILIDAD / KM, POR TRAMO - RUTA 199-CH

TRAMO	KM	Nº ACCIDENTES	CANTIDAD KM	TASA ACCIDENTABILIDAD / KM.
Tramo 1	0,0 - 4,05	39	4,05	9,6
Tramo 2	4,05 - 9,07	28	5,02	5,6
Tramo 3	9,07 - 11,93	3	2,86	1,0
Tramo 4	11,93 - 22,33	31	10,4	3,0
Tramo 5	22,33 - 30,05	18	7,72	2,3
Tramo 6	30,05 - 36,54	7	6,49	1,1
Tramo 7	36,54 - 41,34	7	4,8	1,5
Tramo 8	41,34 - 49,39	28	8,05	3,5
Tramo 9	49,39 - 52,30	18	2,91	6,2

Fuente: Elaboración Propia en base a antecedentes de Carabineros de Chile

A partir de los cálculos obtenidos, se puede inferir que los tramos con mayor tasa de accidentes / kilómetro, corresponden a aquellos con tasa mayor o igual a 5, es decir, los tramos 1, 2 y 9, los cuales se encuentran entre los km 0,0 y el km 9,07 y desde el km 49,39 al km 52,30.

Dichos tramos, se encuentran a la salida de Ruta 5 (Inicio Ruta 199-CH), hacia el oriente y a la llegada a Villarrica.

GRÁFICO N° 3.8: TASA DE ACCIDENTABILIDAD TOTAL


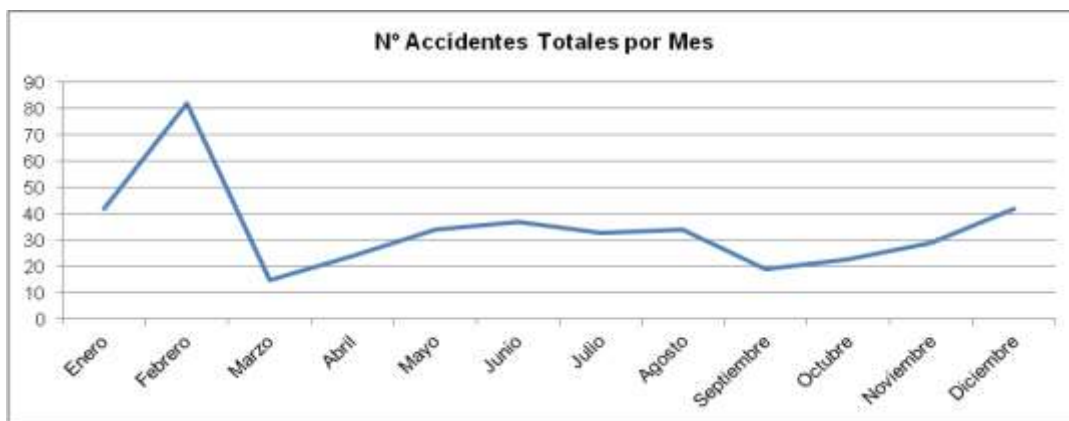
Fuente: Elaboración Propia en base a antecedentes de Carabineros de Chile

3.4.2. Número de Accidentes Totales por Mes

El siguiente desglose tiene por fin conocer los meses en que ocurre la mayor cantidad de accidentes, cuyos antecedentes indican que éstos suceden en mayor número, los meses estivales

que corresponden a Enero, Febrero y Diciembre, los cuales abarcan el 40% de los accidentes totales.

GRÁFICO N° 3.9: NÚMERO DE ACCIDENTES TOTALES POR MES



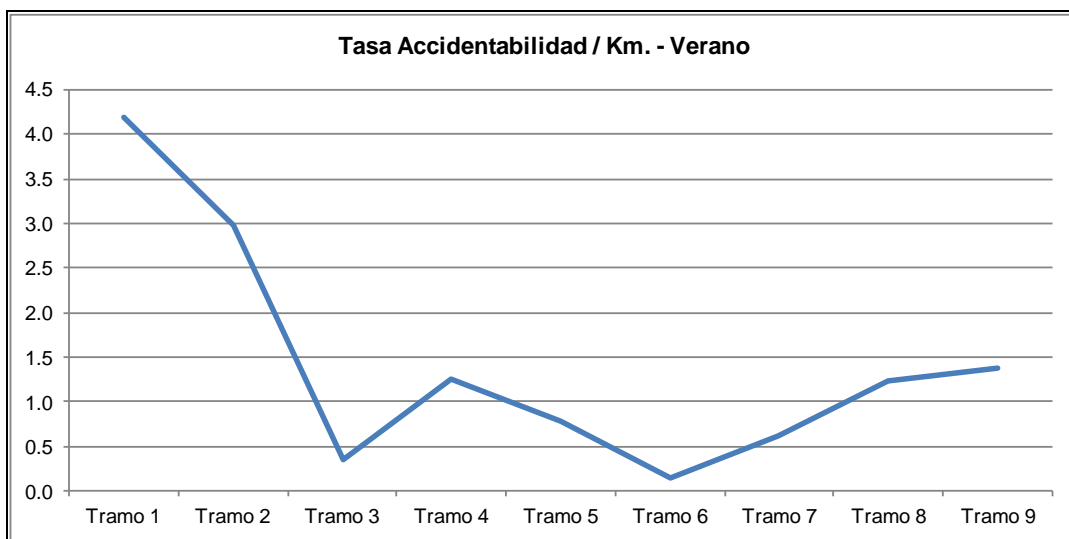
Fuente: Elaboración Propia en base a antecedentes de Carabineros de Chile

3.4.3. Tasa de Accidentabilidad por Época y Tramos

Para este caso, se utilizaron los mismos 9 tramos definidos anteriormente, con la excepción de que debido al análisis anterior (accidentes totales por mes), se procedió a realizar un análisis por época: verano y resto del año.

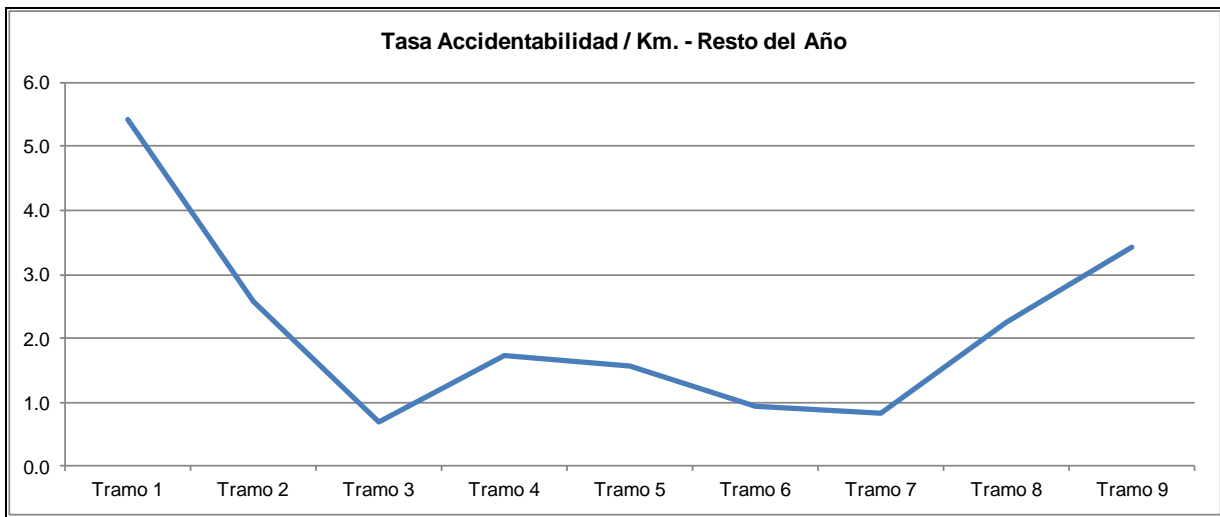
Para la época de verano, se consideraron 3 meses (enero, febrero y diciembre), y los demás meses corresponden al resto del año.

GRÁFICO N° 3.10: TASA DE ACCIDENTABILIDAD - VERANO



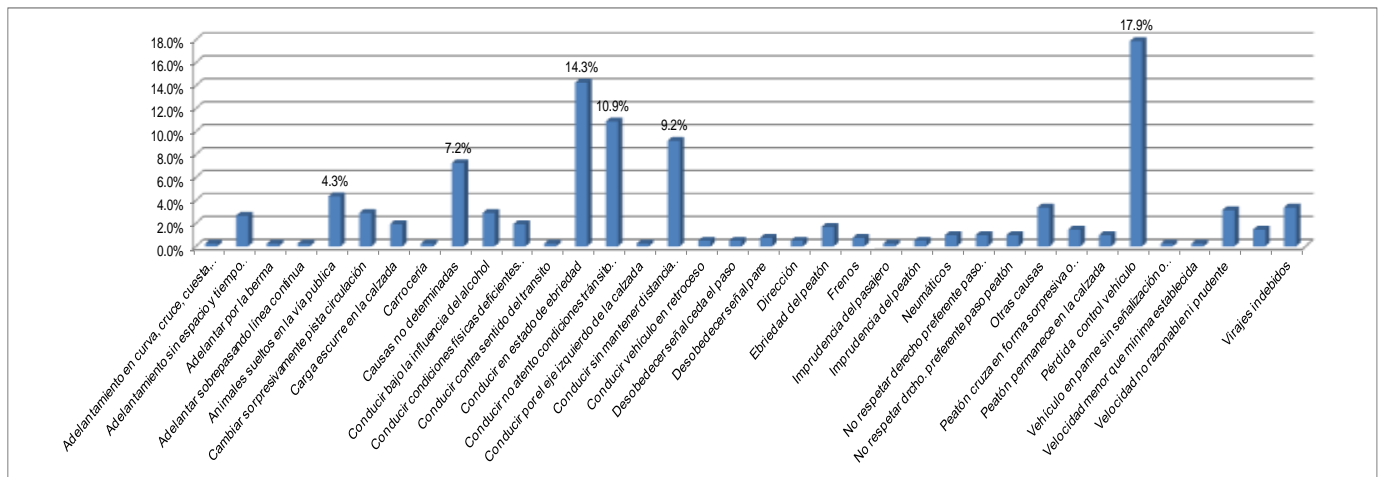
Fuente: Elaboración Propia en base a antecedentes de Carabineros de Chile.

GRÁFICO N° 3.11: TASA DE ACCIDENTABILIDAD - RESTO DEL AÑO

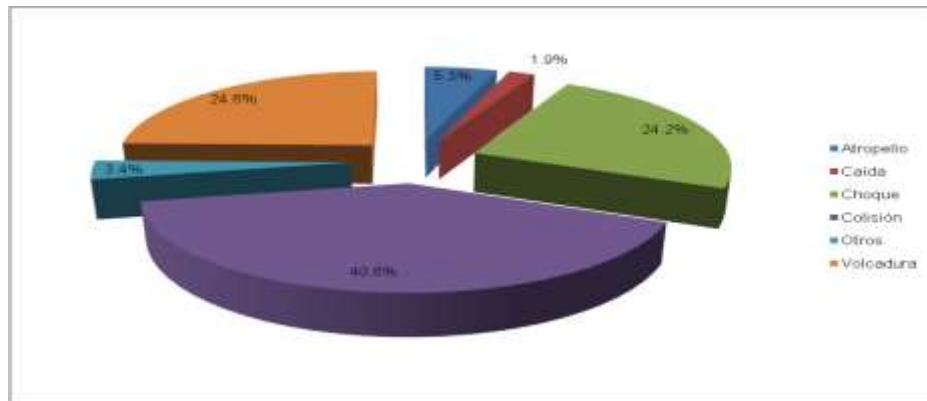


Fuente: Elaboración Propia en base a antecedentes de Carabineros de Chile

GRÁFICO N° 3.12: ACCIDENTES TOTALES POR CAUSA - RUTA 199-CH



Fuente: Elaboración Propia en base a antecedentes de Carabineros de Chile

GRÁFICO N° 3.13: NÚMERO DE ACCIDENTES TOTALES POR TIPO


Fuente: Elaboración Propia en base a antecedentes de Carabineros de Chile

3.4.4. Número de Accidentes Totales por Causa

Las principales causas de accidentes de tránsito en el eje de la Ruta 199-CH, corresponden a:

- Animales sueltos en la vía pública: 4,3%
- Causas no determinadas: 7,2%
- Conducir sin mantener distancia: 9,2%
- Conducir no atento a condiciones de tránsito: 10,9%
- Conducir en estado de ebriedad: 14,3%
- Pérdida de control del vehículo: 17,9%

Esto implica, que en su mayoría, los accidentes sucedidos en los últimos cuatro períodos (2008-2012), tienen relación directa con errores del conductor y no son necesariamente, adjudicadas al estado del camino, ya que de las causas más relevantes, el tercer, cuarto y quinto punto, corresponden al 34,4% de los accidentes totales.

3.4.5. Número de Personas Totales involucradas en accidentes por tipo de gravedad

En los 4 años de antecedentes obtenidos, se tiene que en total, existieron 882 personas involucradas en algún tipo de accidente de tránsito. De ellas, un 76,5% resultaron con lesiones de tipo leve y un 4,1% con resultado de muerte.

CUADRO N° 3.11: N° DE PERSONAS INVOLUCRADAS EN ACCIDENTES SEGÚN GRAVEDAD (Serie 2008 - 2012)

GRAVEDAD DEL ACCIDENTE	N° DE PERSONAS	%
Con resultado de Lesiones Leves	675	76,5%
Con resultado de lesiones Menos Graves	57	6,5%
Con resultado de lesiones Graves	114	12,9%
Con resultado de Muerte	36	4,1%
Total	882	100%

Fuente: Elaboración Propia en base a antecedentes de Carabineros de Chile

4. EVALUACIÓN ECONÓMICA

En este capítulo se presenta los resultados obtenidos en la fase de evaluación socio-económica de las alternativas analizadas para este estudio. La evaluación se efectúa utilizando los antecedentes generados anteriormente, como son la inversión de los proyectos, los flujos y consumos obtenidos a partir de la modelación de transporte.

El procedimiento utilizado para determinar los costos sociales de la inversión es el tradicionalmente empleado en la evaluación social de proyectos viales, esto es, desglosar cada una de las partidas del presupuesto de inversión a precios de mercado en las componentes de Mano de Obra (Calificada, Semicalificada y No Calificada), Moneda Nacional, Moneda Extranjera e Impuestos o Transferencias.

4.1. SITUACIÓN BASE Y CON PROYECTO

4.1.1. Situación Base

Si bien en el capítulo 1 se plantea un conjunto de obras a materializar en la zona, en el mediano plazo, lo que podría considerarse como situación base para efectos de evaluación, cabe señalar que para el presente estudio no se ha determinado que dichos proyectos viales actúen en forma gravitante sobre la red actual y, por lo tanto, la situación base corresponde a la situación actual desde el punto de vista de la modelación.

4.1.2. Situación con Proyecto

A continuación se realiza una descripción resumida de las dos variantes que posee el proyecto y que son tratadas en detalle en el capítulo 2.

Variante A

Existen sectores con un trazado paralelo al actual camino Freire Villarrica, que corresponde a la antigua ruta que conectaba estas dos localidades. Se plantea aquí el mejoramiento del estándar de este camino existente entre el Dm 12.2 (Puente Allipén) y el Dm 25.2 (Coipue), El propósito es utilizarlo como variante para las Alternativas 1.1 y 1.2, constituyendo un par vial con la Ruta 199-CH en el tramo

Variante B

Se considera aquí la construcción de un nuevo acceso a Villarrica con el propósito de utilizarlo como variante para las Alternativas 1.1; 1.2 y 1.3, descrita en detalle en el capítulo 2.

A continuación se presenta un Cuadro, a modo de resumen, con todas las alternativas antes mencionadas.

CUADRO N° 4.1: RESUMEN DE ALTERNATIVAS

PROYECTO	COMBINACIÓN DE ALTERNATIVAS	DESCRIPCIÓN
P1	1.1	DOBLE CALZADA CON BANDEJÓN ANCHO SIN VARIANTES
P2	1.1.A	DOBLE CALZADA CON BANDEJÓN ANCHO CON VARIANTE A
P3	1.1.B	DOBLE CALZADA CON BANDEJÓN ANCHO CON VARIANTE B
P4	1.1 AB	DOBLE CALZADA CON BANDEJÓN ANCHO CON VARIANTES A Y B
P5	1.2	DOBLE CALZADA CON BANDEJÓN ANGOSTO SIN VARIANTES
P6	1.2.A	DOBLE CALZADA CON BANDEJÓN ANGOSTO CON VARIANTE A
P7	1.2.B	DOBLE CALZADA CON BANDEJÓN ANGOSTO CON VARIANTE B
P8	1.2 AB	DOBLE CALZADA CON BANDEJÓN ANGOSTO CON VARIANTES A Y B
P9	1.3	DOBLE CALZADA SECTORIZADA SIN VARIANTES
P10	1.3 B	DOBLE CALZADA SECTORIZADA CON VARIANTE B

Fuente: Elaboración Propia

4.2. MONTOS DE INVERSIÓN DEL PROYECTO

En el siguiente cuadro se presentan los valores sociales y privados de inversión. Se ha considerado como valor residual expropiaciones, estructuras, cambios de servicios y medidas mitigatorias, el resto de las obras se considera que el valor residual es cero, que es el valor recomendado por el MDS.

CUADRO N° 4.2: RESUMEN DE INVERSIÓN POR PROYECTOS Y ALTERNATIVAS (MM\$ DIC 2013)

ITEM	DESCRIPCIÓN	PROYECTO P1		PROYECTO P2		PROYECTO P3		PROYECTO P4		PROYECTO P5		PROYECTO P6		PROYECTO P7		PROYECTO P8		PROYECTO P9		PROYECTO P10	
		Alternativa 1.1		Alternativa 1.1A		Alternativa 1.1B		Alternativa 1.1AB		Alternativa 1.2		Alternativa 1.2A		Alternativa 1.2B		Alternativa 1.2AB		Alternativa 1.3		Alternativa 1.3B	
		Privado	Social	Privado	Social	Privado	Social	Privado	Social	Privado	Social	Privado	Social	Privado	Social	Privado	Social	Privado	Social	Privado	Social
100	PREPARACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO	1.451	1.135	1.451	1.135	1.629	1.278	1.629	1.278	1.451	1.135	1.451	1.135	1.629	1.278	1.629	1.278	1.392	1.091	1.570	1.233
200	MOVIMIENTO DE TIERRAS																				
201	EXCAVACIÓN GENERAL ABIERTA	24.001	18.896	24.001	18.896	24.995	19.678	24.995	19.678	21.285	16.757	21.285	16.757	22.279	17.540	22.279	17.540	10.765	8.475	11.759	9.258
202	EXCAVACIÓN PARA DRENAJES, PUENTES Y ESTRUCTURAS	2.006	1.550	2.006	1.550	2.104	1.625	2.104	1.625	1.762	1.361	1.762	1.361	1.859	1.436	1.859	1.436	623	481	720	556
205	FORMACION Y COMPACTACION DE TERRAPLENES	31.664	24.938	31.664	24.938	33.134	26.096	33.134	26.096	27.912	21.983	27.912	21.983	29.382	23.141	29.382	23.141	12.070	9.506	13.540	10.664
206	RELLENO ESTRUCTURAL	3.090	2.360	3.090	2.360	3.216	2.457	3.216	2.457	2.842	2.171	2.842	2.171	2.969	2.268	2.969	2.268	1.673	1.278	1.799	1.374
209	PREPARACION DE LA SUBRASANTE	1.243	861	1.243	861	1.281	888	1.281	888	1.243	861	1.243	861	1.281	888	1.281	888	695	482	734	509
210	APERTURA, EXPLOTACIÓN Y ABANDONO DE EMPRESTITOS	25	20	25	20	38	30	38	30	25	20	25	20	38	30	38	30	25	20	38	30
300	CAPAS GRANULARES	7.847	6.231	7.847	6.231	8.070	6.409	8.070	6.409	7.847	6.231	7.847	6.231	8.070	6.409	8.070	6.409	4.832	3.837	5.056	4.015
400	REVESTIMIENTOS Y PAVIMENTOS	18.020	14.046	18.020	14.046	18.506	14.424	18.506	14.424	18.020	14.046	18.020	14.046	18.506	14.424	18.506	14.424	11.144	8.687	11.630	9.065
500	ESTRUCTURAS Y OBRAS CONEXAS	2.929	2.176	2.929	2.176	3.092	2.297	3.092	2.297	2.541	1.887	2.541	1.887	2.703	2.008	2.703	2.008	795	590	958	711
600	DRENAJE Y PROTECCIÓN DE LA PLATAFORMA	828	616	828	616	858	638	858	638	828	616	828	616	858	638	858	638	443	329	472	351
700	ELEMENTOS DE CONTROL Y SEGURIDAD	10.306	8.256	10.306	8.256	10.802	8.653	10.802	8.653	10.306	8.256	10.306	8.256	10.802	8.653	10.802	8.653	3.860	3.095	4.356	3.492
804	APERTURA, USO Y ABANDONO DE BOTADEROS	29	23	29	23	44	35	44	35	29	23	29	23	44	35	44	35	29	23	44	35
900	OTRAS OBRAS	16.781	13.425	35.001	28.000	21.430	17.144	39.649	31.720	15.394	12.316	33.614	26.891	20.043	16.035	38.263	30.610	2.678	2.142	7.327	16.718
1000	EXPROPIACIONES	1.078	1.078	1.386	1.386	1.339	1.339	1.641	1.641	1.045	1.045	1.348	1.348	1.297	1.297	1.596	1.596	591	591	845	845
		Total Privada	121.298	Total Privada	139.826	Total Privada	130.538	Total Privada	149.059	Total Privada	112.530	Total Privada	131.053	Total Privada	121.760	Total Privada	140.279	Total Privada	51.615	Total Privada	60.848
		Total Social	95.611	Total Social	110.494	Total Social	102.991	Total Social	117.869	Total Social	88.708	Total Social	103.586	Total Social	96.080	Total Social	110.954	Total Social	40.627	Total Social	58.856
		Valor Residual	64.258	Valor Residual	76.171	Valor Residual	69.826	Valor Residual	81.487	Valor Residual	57.786	Valor Residual	69.684	Valor Residual	63.200	Valor Residual	75.007	Valor Residual	23.572	Valor Residual	37.822

Fuente: Elaboración Propia

A continuación se muestra un Cuadro con el resumen de la inversión para cada alternativa de proyecto.

CUADRO N° 4.3: RESUMEN INVERSIÓN POR PROYECTO (MM\$ DICIEMBRE 2013)

PROYECTO	ALTERNATIVA	VARIANTE	VALOR PRIVADO	VALOR SOCIAL	VALOR RESIDUAL
P1	1.1	SIN	121.298	95.612	64.258
P2	1.1.A	A	139.826	110.495	76.171
P3	1.1.B	B	130.538	102.990	69.826
P4	1.1.AB	A y B	149.059	117.868	81.487
P5	1.2	SIN	112.530	88.709	57.786
P6	1.2.A	A	131.053	103.587	69.684
P7	1.2.B	B	121.760	96.079	63.200
P8	1.2.AB	A y B	140.279	110.953	75.007
P9	1.3	SIN	51.615	40.628	23.572
P10	1.3.B	B	60.848	58.856	37.822

Fuente: Elaboración Propia

4.2.1. Costos de Mantención

Para la estimación de los costos sociales de conservación por kilómetro, se empleó el documento "PRECIOS SOCIALES PARA LA EVALUACIÓN SOCIAL DE PROYECTOS", SEBI 2008 del Ministerio de Desarrollo Social, cuyas valoraciones fueron actualizadas desde \$ de 2006 a \$ de 2013.

Para ello, se cuenta con dos tipos de valores: costos de conservación por pavimentación y de reposición, los cuales se desagregan en sin y con proyecto.

Los costos de conservación por pavimentación, para la situación con proyecto y con un TMDA superior a 500 vehículos, se muestran a continuación (en \$ DIC. de 2013).

CUADRO N° 4.4: COSTOS DE CONSERVACIÓN POR PAVIMENTACIÓN (M\$/KM DIC. 2013)

PAVIMENTACIÓN	TMDA>500
AÑO	C/P M\$ DIC 2013
0	-
1	919,7
2	954,0
3	987,0
4	1.014,9
5	15.426,2
6	1.096,1
7	1.139,2
8	1.188,7
9	1.238,2
10	1.292,7
11	919,7
12	954,0
13	987,0
14	1.014,9
15	15.426,2
16	1.096,1
17	1.139,2
18	1.188,7
19	1.238,2
20	1.292,7

Fuente: Elaboración propia

Los costos asociados a la reposición para las situaciones sin y con proyecto, se presentan en el siguiente cuadro:

CUADRO N° 4.5: COSTOS DE REPOSICIÓN (M\$/KM DIC. 2013)

REPOSICIÓN	S/P	C/P
AÑO		
0	4.797,9	-
1	4.797,9	1.263,5
2	4.797,9	1.263,5
3	4.797,9	1.263,5
4	4.797,9	1.263,5
5	4.797,9	13.094,5
6	4.797,9	1.263,5
7	4.797,9	1.263,5
8	4.797,9	1.263,5
9	4.797,9	1.263,5
10	4.797,9	18.413,8
11	4.797,9	1.263,5
12	4.797,9	1.263,5
13	4.797,9	1.263,5
14	4.797,9	1.263,5
15	4.797,9	23.622,7
16	4.797,9	1.263,5
17	4.797,9	1.263,5
18	4.797,9	1.263,5
19	4.797,9	1.263,5
20	4.797,9	1.263,5

Fuente: Elaboración propia

4.3. DEFINICIÓN DE ÍTEMS Y PARÁMETROS DE EVALUACIÓN SOCIAL

El Ministerio de Desarrollo Social entrega anualmente los valores sociales de los insumos para la evaluación social. En el presente estudio se utilizaron los valores más nuevos disponibles correspondientes al proceso presupuestario 2013.

CUADRO N° 4.6: VALOR SOCIAL DEL TIEMPO (\$ DIC. 2013/HORA)

TIPO DE VEHÍCULO	\$/HORA/VEH
Camión de dos Ejes	5.565
Camión de más de dos Ejes	5.565
Vehículo Liviano	12.779*
Buses	103.623

Fuente: MDS

*: Valor ponderado entre camionetas y autos

CUADRO N° 4.7: VALOR SOCIAL DEL VECTOR DE PRECIOS (\$ DIC. 2013)

ITEMIZADO	CATEGORÍAS DE VEHÍCULOS					
	UNIDADES	AUTOS	CAMIONETAS	CAMIONES DE 2 EJES	CAMIONES MÁS DE 2 EJES	BUSES
Vehículo Nuevo	(Miles \$/Veh)	7.619,6	8.984,8	18.209,8	41.199,6	65.989,4
Combustible	(\$/Lt)	451,1	451,1	465,3	472,7	472,7
Neumáticos	(\$/Neum)	34.099	67.373	104.341	206.716	206.716
Mantenimiento	(\$ / Hr)	3.213	3.213	3.213	3.213	3.213
Lubricantes	(\$ / Lt)	4.081	4.081	1.925	1.925	1.925

Fuente: MDS

Para estimar los consumos, se utilizó el modelo HDM IV y se calculó el consumo social promedio en la red por kilómetro recorrido. Los consumos por arco se presentan en anexo digital³.

4.4. APLICACIÓN DEL MODELO DE TRANSPORTE

Previo a la obtención de los indicadores de rentabilidad social, se debe realizar la modelación de la red para cada uno de los cortes temporales y períodos considerados.

Inicialmente, se debe definir la Situación Base, lo cual significa incorporar a la red todos los proyectos de mejoramiento vial ya decididos o en ejecución en el área de proyecto.

Posteriormente, se codifican las alternativas de proyecto, con lo cual, aplicando el modelo de simulación de transporte en EMME/2, es posible obtener los flujos vehiculares y los consumos de recursos asociados a cada alternativa.

Finalmente, los resultados obtenidos constituyen los *inputs* para realizar la evaluación social de los proyectos propuestos, estableciendo así la conveniencia de la ejecución de cada plan de mejoramientos.

³Anexo Coper

4.4.1. Resultados de Modelación

Una vez definida la red base y alternativa de proyecto, se realizaron las simulaciones respectivas con el modelo de transporte implementado en EMME/2. Cabe señalar que para realizar la evaluación de las 10 alternativas no se requiere modelar los 10 casos, puesto que las diferencias desde el punto de vista de modelación en algunas ocasiones son marginales. Luego, se decidió modelar 4 escenarios para, posteriormente, asignar los resultados de cada uno de estos 4 escenarios a las alternativas correspondientes. A continuación se describen los escenarios y las alternativas asociadas a cada uno de estos.

CUADRO N° 4.8: ESCENARIOS DE MODELACIÓN

ESCENARIO	CAMINO TIPO	ALTERNATIVAS
1	Calzada Doble sin Nuevo Acceso a Villarrica	1.1; 1.1A; 1.2 y 1.2A
2	Calzada Doble con Nuevo Acceso a Villarrica	1.1B; 1.1AB; 1.2B y 1.2AB
3	Calzada Doble sectorizada con Nuevo Acceso a Villarrica	1.3 B
4	Calzada Doble Sectorizada sin Nuevo Acceso a Villarrica	1.3

Fuente: Elaboración propia

La modelación de cada alternativa está compuesta por:

- 3 cortes temporales: 2015, 2020 y 2030.
- 4 tipos de vehículos: vehículos livianos, camiones de 2 ejes, camiones de más de dos ejes y buses.
- 2 Temporada (Alta y Normal) y 2 días tipo (Laboral y Fin de Semana).

A continuación se presentan los flujos vehiculares obtenidos en la modelación para el eje de proyecto, para el escenario 2 de modelación (Calzada doble más Variante B).

CUADRO N° 4.9: FLUJOS SITUACIÓN CON PROYECTO POR ARCOS AÑO 2015, TMDA

NODO I	NODO J	TIPOLOGÍA	VL	CS	CP	BUS	TOTAL
1411	1262	Enlace Freire	2.484	331	689	188	3.692
1262	1260	Freire hasta 0,14 km hacia el Oriente por 199 CH	2.484	331	689	188	3.692
1260	1261	CH 199. Desde km 0,14, hasta km 2,34.	6.100	326	276	176	6.878
1261	1250	CH 199. Desde km 2,34, hasta km 8,54.	6.100	326	276	176	6.878
1250	1251	CH 199. Desde km 8,54 hasta km 12,21.	6.073	339	224	125	6.761
1251	1240	CH 199. Desde km 12,21 hasta km 21,94.	6.073	339	224	125	6.761
1240	1253	CH 199. Desde km 21,94 hasta km 26,04.	6.073	339	224	125	6.761
1253	1230	CH 199. Desde km 26,04 hasta km 30,81.	6.073	339	224	125	6.761
1230	1220	CH 199. Desde km 30,81 hasta km 33,73.	6.073	339	224	125	6.761
1220	1210	CH 199. Desde km 33,73 hasta km 34,80.	6.073	339	224	125	6.761
1210	1200	CH 199. Desde km 34,80 hasta km 39,92.	6.073	339	224	125	6.761
1200	1190	CH 199. Desde km 39,92 hasta km 46,83.	6.073	339	224	125	6.761
1190	1170	CH 199. Desde km 46,83 hasta km 49,52.	6.561	336	228	125	7.250
1170	1052	CH 199. Desde km 49,52 hasta km 49,95.	7.127	336	228	125	7.816
1052	1050	Nuevo Acceso a Villarrica	7.127	335	228	125	7.815

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 4.10: FLUJOS SITUACIÓN CON PROYECTO POR ARCOS AÑO 2030, TMDA

NODO I	NODO J	TIPOLOGÍA	VL	CS	CP	BUS	TOTAL
1411	1262	Enlace Freire	4.227	565	1.231	320	6.343
1262	1260	Freire hasta 0,14 km hacia el Oriente por 199 CH	4.227	565	1.231	320	6.343
1260	1261	CH 199. Desde km 0,14, hasta km 2,34.	10.382	558	494	300	11.734
1261	1250	CH 199. Desde km 2,34, hasta km 8,54.	10.382	558	494	300	11.734
1250	1251	CH 199. Desde km 8,54 hasta km 12,21.	10.335	577	400	212	11.524
1251	1240	CH 199. Desde km 12,21 hasta km 21,94.	10.335	577	400	212	11.524
1240	1253	CH 199. Desde km 21,94 hasta km 26,04.	10.335	577	400	212	11.524
1253	1230	CH 199. Desde km 26,04 hasta km 30,81.	10.335	577	400	212	11.524
1230	1220	CH 199. Desde km 30,81 hasta km 33,73.	10.335	577	400	212	11.524
1220	1210	CH 199. Desde km 33,73 hasta km 34,80.	10.335	577	400	212	11.524
1210	1200	CH 199. Desde km 34,80 hasta km 39,92.	10.335	577	400	212	11.524
1200	1190	CH 199. Desde km 39,92 hasta km 46,83.	10.335	577	400	212	11.524
1190	1170	CH 199. Desde km 46,83 hasta km 49,52.	11.166	572	408	212	12.358
1170	1052	CH 199. Desde km 49,52 hasta km 49,95.	12.130	572	408	212	13.322
1052	1050	Nuevo Acceso a Villarrica	12.130	571	408	212	13.321

Fuente: Elaboración propia

4.4.1.1. Flujo del Proyecto con Alternativa Ribera Norte Lago Villarrica

Dado que surgió la inquietud de conocer cómo afectaría al proyecto la materialización de una alternativa de conexión por la ribera norte del Lago Villarrica, que permitiese redireccionar los flujos provenientes de Pucón y el sector cordillerano hacia la Ruta 5, se estimó este efecto de manera aproximada. En este caso, se realizó una modelación, a modo preliminar, donde se ha codificado una ruta que une Pucón con la Ruta S-553 y una pavimentación de esta ruta hasta su unión con la Ruta 199 CH.

A continuación se presenta el resultado de este ejercicio realizado para los 3 cortes temporales de los cuales dispone el modelo.

CUADRO N° 4.11: FLUJOS SITUACIÓN CON PROYECTO, RIBERA NORTE LAGO VILLARRICA, TMDA

AÑO	ARCO	VL	CS	CP	TMDA
2015	1180_1132	891	3	4	898
2020	1180_1132	1.084	3	5	1.092
2030	1180_1132	1.471	4	6	1.481

Fuente: Elaboración propia

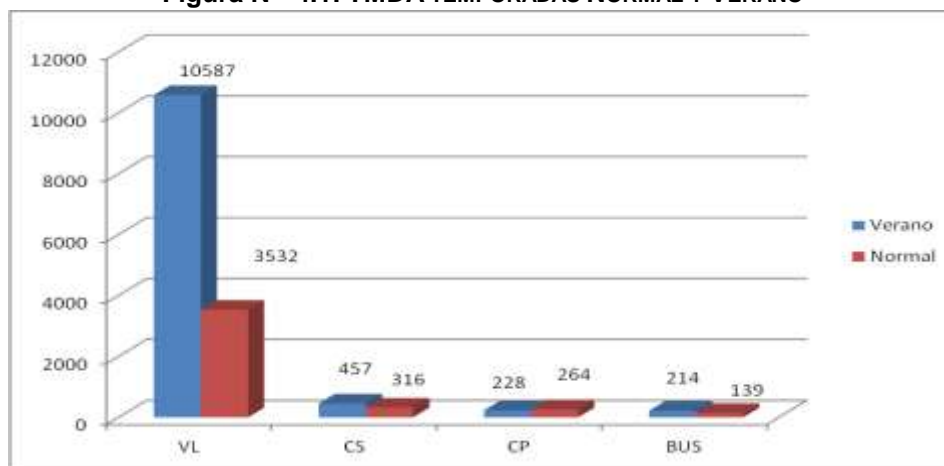
El resultado indica que el flujo que se redireccionará por esta ruta, corresponde a aproximadamente un 20% del flujo que carga actualmente la Ruta 199 CH en el tramo Freire-Villarrica. Esta disminución en la Ruta 199 CH se produciría naturalmente en el tramo Villarrica-Cruce con la Ruta S-553.

4.4.2. Diagnóstico de Tránsito

Los flujos vehiculares que transitan por el eje del proyecto sufren un alza muy importante durante la temporada de verano, esto se debe principalmente a la gran afluencia de turistas que llegan al sector de Villarrica.

A continuación se muestra una Figura que muestra las diferencia existentes de TMDA entre la temporada Normal y Verano.

Figura N° 4.1: TMDA TEMPORADAS NORMAL Y VERANO



Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en la Figura anterior los flujos vehiculares tienden a elevarse significativamente para la temporada de verano, llegando incluso a triplicarse en vehículos livianos, aumentar casi en un 100% para buses y cerca de un 25% en Camiones Simples. Los Camiones Pesados son los únicos flujos que disminuyen, lo que puede tener relación con el cambio industrial de la zona para ésta temporada.

El aumento de flujo para la temporada de verano trae consigo un aumento en los beneficios, ya que una mayor cantidad de vehículos se verían beneficiados con ahorros de operación y de tiempo. Incluso para los Camiones Pesados existirían beneficios por el importante ahorro que genera la implementación del proyecto.

4.4.3. Ahorros y Beneficios

A continuación se muestran los beneficios anuales en la red estimados para los cuatros escenarios modelados.

CUADRO N° 4.12: BENEFICIOS ANUALES EN LA RED (\$ DICIEMBRE 2013)

AÑOS	BENEFICIOS ESCENARIO 1	BENEFICIOS ESCENARIO 2	BENEFICIOS ESCENARIO 3	BENEFICIOS ESCENARIO 4
2015	5.875.143.320	7.034.082.253	4.767.094.681	4.032.879.957
2016	6.340.312.132	7.563.033.487	5.068.062.719	4.300.103.109
2017	6.842.311.028	8.131.760.969	5.388.032.218	4.585.451.988
2018	7.384.056.058	8.743.255.808	5.728.202.825	4.890.179.123
2019	7.968.694.151	9.400.734.037	6.089.849.925	5.215.624.835
2020	8.599.621.396	10.107.653.531	6.474.329.427	5.563.223.456
2021	9.093.197.305	10.660.657.478	6.807.933.714	5.861.370.642
2022	9.615.102.039	11.243.917.048	7.158.727.707	6.175.812.384
2023	10.166.961.534	11.859.087.571	7.527.597.144	6.507.453.283
2024	10.750.495.046	12.507.914.939	7.915.473.402	6.857.248.773
2025	11.367.520.507	13.192.240.565	8.323.335.851	7.226.208.004
2026	12.019.960.191	13.914.006.608	8.752.214.324	7.615.396.888
2027	12.709.846.698	14.675.261.488	9.203.191.719	8.025.941.322
2028	13.439.329.293	15.478.165.693	9.677.406.731	8.459.030.592
2029	14.210.680.595	16.324.997.917	10.176.056.731	8.915.920.974
2030	15.026.303.663	17.218.161.523	10.700.400.786	9.397.939.540
2031	16.003.784.937	18.277.020.542	11.293.012.159	9.965.164.841
2032	17.044.852.683	19.400.995.829	11.918.443.633	10.566.625.882
2033	18.153.643.287	20.594.091.816	12.578.512.856	11.204.389.020
2034	19.334.562.213	21.860.559.192	13.275.138.143	11.880.645.328
2035	20.592.301.503	23.204.910.053	13.977.808.059	12.567.357.857
2036	21.931.858.427	24.631.933.969	14.717.671.185	13.294.254.293
2037	23.358.555.331	26.146.715.056	15.496.696.205	14.063.718.071
2038	24.878.060.789	27.754.650.085	16.316.956.009	14.878.276.055
2039	26.496.412.121	29.461.467.710	17.180.633.206	15.740.607.301
2040	28.220.039.386	31.273.248.878	18.090.025.933	16.653.552.363

Fuente: Elaboración propia

4.5. ANÁLISIS DE RENTABILIDAD SOCIAL.

A partir de la información antes presentada, se puede realizar el cálculo de los indicadores de rentabilidad social. Se ha supuesto que la construcción del proyecto se llevará a cabo durante el año 2018 y con una tasa de descuento social de un 6%.

4.5.1. Indicadores de Rentabilidad

La evaluación social se realizó para cada una de las 10 alternativas estudiadas. Si bien los beneficios son comunes para algunas de ellas (se ha estimado beneficios para 4 escenarios como se mencionó anteriormente), los montos de inversión difieren en cada uno de los 10 casos.

A continuación se muestran cuadros con los beneficios obtenidos para cada alternativa y sus respectivos indicadores de rentabilidad para las alternativas 1.1 B y 1.2 B.

**CUADRO N° 4.13: BENEFICIOS DE CONSUMOS OPERACIONALES Y TIEMPO EN LA RED ALTERNATIVA 1.1B
(\$ Diciembre 2013)**

PERÍODO	AÑO	INVERSIÓN	MANTENCIÓN	BENEFICIOS			FLUJO SOCIAL
				COSTO OPERACIONAL	TIEMPO DE VIAJE	TOTAL	
0	2018	-51.495.163.903	-251.311.762	-	-	-	-51.746.475.665
0	2019	-51.495.163.903	-251.311.762	-	-	-	-51.746.475.665
1	2020		-114.359.477	1.486.212.446	8.621.441.085	10.107.653.531	9.993.294.054
2	2021		-116.153.612	1.552.107.965	9.107.778.138	10.659.886.103	10.543.732.491
3	2022		-117.881.297	1.620.925.152	9.621.549.551	11.242.474.704	11.124.593.407
4	2023		-119.343.185	1.692.793.549	10.164.302.903	11.857.096.452	11.737.753.267
5	2024		-1.493.916.189	1.767.848.438	10.737.673.070	12.505.521.508	11.011.605.318
6	2025		-123.595.948	1.846.231.102	11.343.387.152	13.189.618.254	13.066.022.305
7	2026		-125.855.229	1.928.089.087	11.983.269.675	13.911.358.762	13.785.503.533
8	2027		-128.446.757	2.013.576.483	12.659.248.087	14.672.824.570	14.544.377.813
9	2028		-131.038.285	2.102.854.210	13.373.358.563	15.476.212.773	15.345.174.488
10	2029		-1.032.225.518	2.196.090.322	14.127.752.141	16.323.842.463	15.291.616.945
11	2030		-114.359.477	2.293.460.326	14.924.701.197	17.218.161.523	17.103.802.046
12	2031		-116.153.612	2.404.941.892	15.875.708.241	18.280.650.132	18.164.496.521
13	2032		-117.881.297	2.521.842.404	16.887.313.778	19.409.156.181	19.291.274.884
14	2033		-119.343.185	2.644.425.269	17.963.379.164	20.607.804.433	20.488.461.248
15	2034		-2.045.380.047	2.772.966.698	19.108.011.803	21.880.978.501	19.835.598.453
16	2035		-123.595.948	2.907.756.328	20.325.580.823	23.233.337.151	23.109.741.203
17	2036		-125.855.229	3.049.097.873	21.620.733.757	24.669.831.630	24.543.976.401
18	2037		-128.446.757	3.197.309.813	22.998.414.276	26.195.724.089	26.067.277.332
19	2038		-131.038.285	3.352.726.106	24.463.881.068	27.816.607.174	27.685.568.889
20	2039	69.826.303.790	-133.895.611	3.515.696.945	26.022.727.902	29.538.424.847	99.230.833.027
VAN							90.624.635.793
TIR							12,46%
TRI							9,7%

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO N° 4.14: BENEFICIOS DE CONSUMOS OPERACIONALES Y TIEMPO EN LA RED ALTERNATIVA 1.2 B
(\$ Diciembre 2013)**

PERÍODO	AÑO	INVERSIÓN	MANTENCIÓN	BENEFICIOS			FLUJO SOCIAL
				COSTO OPERACIONAL	TIEMPO DE VIAJE	TOTAL	
0	2018	-48.039.252.134	-251.311.762	-	-	-	-48.290.563.896
0	2019	-48.039.252.134	-251.311.762	-	-	-	-48.290.563.896
1	2020		-114.359.477	1.486.212.446	8.621.441.085	10.107.653.531	9.993.294.054
2	2021		-116.153.612	1.552.107.965	9.107.778.138	10.659.886.103	10.543.732.491
3	2022		-117.881.297	1.620.925.152	9.621.549.551	11.242.474.704	11.124.593.407
4	2023		-119.343.185	1.692.793.549	10.164.302.903	11.857.096.452	11.737.753.267
5	2024		-1.493.916.189	1.767.848.438	10.737.673.070	12.505.521.508	11.011.605.318
6	2025		-123.595.948	1.846.231.102	11.343.387.152	13.189.618.254	13.066.022.305
7	2026		-125.855.229	1.928.089.087	11.983.269.675	13.911.358.762	13.785.503.533
8	2027		-128.446.757	2.013.576.483	12.659.248.087	14.672.824.570	14.544.377.813
9	2028		-131.038.285	2.102.854.210	13.373.358.563	15.476.212.773	15.345.174.488

PERÍODO	AÑO	INVERSIÓN	MANTENCIÓN	BENEFICIOS			FLUJO SOCIAL
				COSTO OPERACIONAL	TIEMPO DE VIAJE	TOTAL	
10	2029		-1.032.225.518	2.196.090.322	14.127.752.141	16.323.842.463	15.291.616.945
11	2030		-114.359.477	2.293.460.326	14.924.701.197	17.218.161.523	17.103.802.046
12	2031		-116.153.612	2.404.941.892	15.875.708.241	18.280.650.132	18.164.496.521
13	2032		-117.881.297	2.521.842.404	16.887.313.778	19.409.156.181	19.291.274.884
14	2033		-119.343.185	2.644.425.269	17.963.379.164	20.607.804.433	20.488.461.248
15	2034		-2.045.380.047	2.772.966.698	19.108.011.803	21.880.978.501	19.835.598.453
16	2035		-123.595.948	2.907.756.328	20.325.580.823	23.233.337.151	23.109.741.203
17	2036		-125.855.229	3.049.097.873	21.620.733.757	24.669.831.630	24.543.976.401
18	2037		-128.446.757	3.197.309.813	22.998.414.276	26.195.724.089	26.067.277.332
19	2038		-131.038.285	3.352.726.106	24.463.881.068	27.816.607.174	27.685.568.889
20	2039	63.200.409.392	-133.895.611	3.515.696.945	26.022.727.902	29.538.424.847	92.604.938.629
VAN							95.434.745.738
TIR							13,21%
TRI							10,3%

Fuente: Elaboración propia.

Los flujos de beneficios y costos presentados en los cuadros anteriores muestran que todas las alternativas evaluadas son positivas, superando la tasa interna de retorno del 6%. En el siguiente cuadro se presenta un resumen con los valores estimados para todas las alternativas estudiadas.

CUADRO N° 4.15: INDICADORES DE RENTABILIDAD SOCIAL

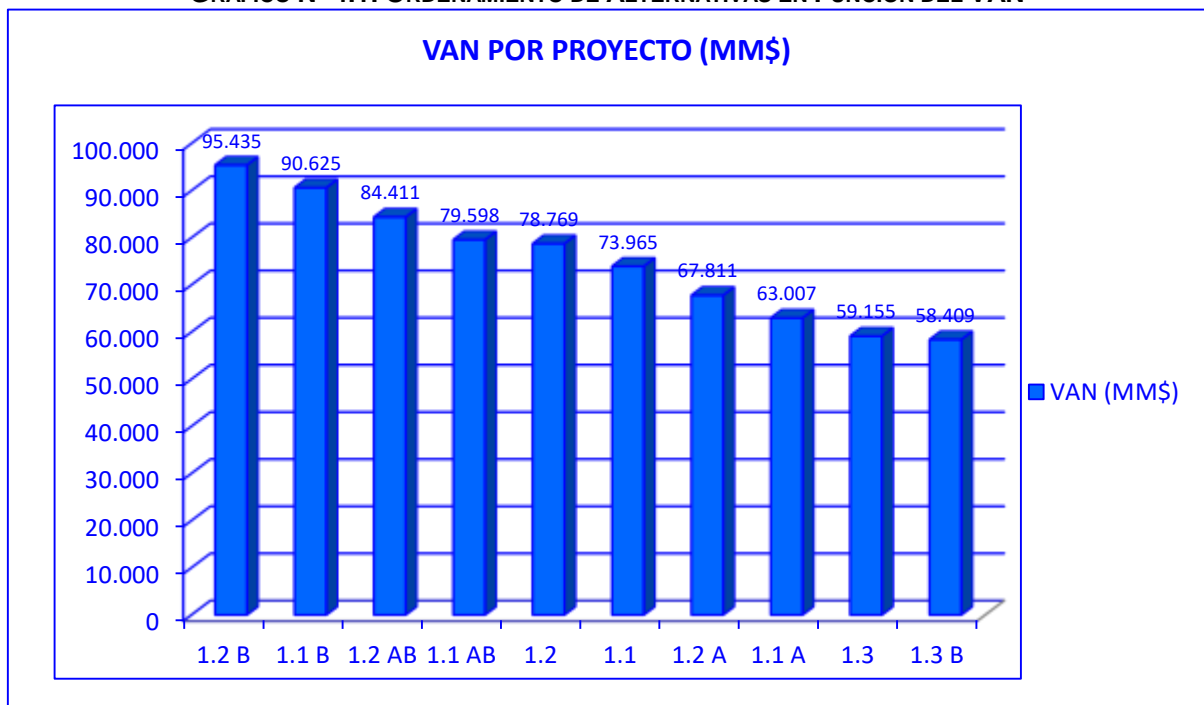
PROYECTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ALTERNATIVA Y VARIANTE	1.1	1.1 A	1.1 B	1.1 AB	1.2	1.2 A	1.2 B	1.2 AB	1.3	1.3 B
INVERSIÓN PRIVADA	121.298	139.826	130.538	149.059	112.530	131.053	121.760	140.279	51.615	60.848
INVERSIÓN SOCIAL	95.611	110.494	102.991	117.869	88.708	103.586	96.080	110.954	40.627	58.856
VAN (MM\$) DIC 2013	73.965	63.007	90.625	79.598	78.769	67.811	95.435	84.411	59.155	58.409
TIR	11,71%	10,32%	12,46%	11,08%	12,47%	10,91%	13,21%	11,67%	16,14%	13,31%

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones: Como se observa, todas las alternativas planteadas muestran indicadores de rentabilidad positivos, y en este sentido la TIR demuestra que cualquiera de las alternativas generará rentabilidad social de ser implementada. Sin embargo, este indicador por sí mismo no permite saber cuál es la mejor alternativa, ya que una TIR alta no significa necesariamente mayores beneficios.

Otra manera de decidir, para este caso, cual es la alternativa más conveniente de implementar es seleccionar aquella que genere mayor beneficio social neto, lo cual puede ser medido a través del indicador VAN (beneficio neto actualizado) obtenido para cada alternativa. Al ordenar las alternativas de acuerdo a este indicador, el resultado muestra que de las alternativas rentables (en este caso todas), la que genera mayores beneficios sociales corresponde a la **Alternativa 1.2 B (Doble calzada Restringida más Nuevo Acceso a Villarrica)**.

GRÁFICO N° 4.1: ORDENAMIENTO DE ALTERNATIVAS EN FUNCIÓN DEL VAN



Fuente: Elaboración propia

4.5.1.1. Sensibilización

Se realizó una sensibilización de la evaluación social, reestimando los indicadores de rentabilidad social, asumiendo escenarios conservadores con respecto a los parámetros relevantes de la evaluación realizada. Esto se refleja en la disminución del beneficio y el aumento de la inversión en valores porcentuales con respecto a los estimados durante el estudio. Adicionalmente, se agrega la sensibilización que incluye los beneficios obtenidos por los accidentes de tránsito (Caso VI Punto 4.5.1.2). Los resultados se muestran en los siguientes cuadros.

CUADRO N° 4.16: INDICADORES DE RENTABILIDAD SOCIAL, SENSIBILIZACIÓN (MM\$)

PROYECTO	ALTERNATIVA Y VARIANTE	CASO I: INVERSIÓN AUMENTA 20%		CASO II: INVERSIÓN AUMENTA 40%		CASO III: BENEFICIOS DISMINUYEN 20%	
		VAN (MM\$)	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR
1	1.1	41.882,40	8,86%	44.363,50	8,61%	43.569,50	9,52%
2	1.1 A	49.226,50	8,92%	31.304,80	7,63%	37.496,10	8,68%
3	1.1 B	35.244,20	8,26%	58.810,30	9,20%	55.790,80	10,16%
4	1.1 AB	42.506,40	8,39%	43.373,30	8,10%	44.764,40	8,98%
5	1.2	47.646,80	9,47%	51.088,60	9,21%	48.373,20	10,16%
6	1.2 A	54.991,40	9,45%	35.747,70	7,97%	37.415,40	8,83%
7	1.2 B	41.016,30	8,80%	65.544,50	9,79%	60.601,00	10,79%
8	1.2 AB	48.281,90	8,86%	50.111,50	8,57%	49.577,40	9,48%
9	1,3	42.697,00	12,52%	36.188,20	10,90%	40.190,20	13,25%
10	1.3 B	38.510,00	10,26%	29.317,70	8,86%	36.888,80	10,83%

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 4.17: INDICADORES DE RENTABILIDAD SOCIAL, SENSIBILIZACIÓN (MM\$)

PROYECTO	ALTERNATIVA	CASO IV: BENEFICIOS DISMINUYEN 40%		CASO V: CASO I + CASO III	
		VAN	TIR	VAN	TIR
1	1.1	13.174,00	7,12%	28.768,70	8,00%
2	1.1 A	2.215,90	6,17%	15.619,00	6,96%
3	1.1 B	20.957,10	7,65%	39.883,70	8,56%
4	1.1 AB	9.930,60	6,69%	26.652,00	7,53%
5	1.2	17.977,70	7,63%	34.533,10	8,57%
6	1.2 A	7.019,90	6,56%	21.383,80	7,39%
7	1.2 B	25.767,20	8,15%	45.655,80	9,12%
8	1.2 AB	14.743,60	6,69%	32.427,50	7,96%
9	1,3	21.224,90	10,07%	33.681,30	11,27%
10	1.3 B	15.368,80	8,12%	27.675,90	9,13%

Fuente: Elaboración propia

4.5.1.2. Análisis de Sensibilidad Adicional

El análisis de sensibilidad adicional tiene relación con los ahorros por accidentes de tránsito, empleando para ello la metodología existente para obtener estos ahorros la cual se denomina:

"Metodología Simplificada de Estimación de Beneficios Sociales por Disminución de Accidentes en Proyectos de Vialidad Interurbana" (SECTRA-MIDEPLAN, Mayo 2011).

La estimación de beneficios, usando la metodología antes mencionada, proviene del diferencial de costos entre las situaciones sin y con proyecto, cuya valoración al año, se presenta a continuación:

CUADRO N° 4.18: BENEFICIOS ANUALES (UF DIC 2013)

DOBLE CALZADA COMPLETA							DOBLE CALZADA SECTORIZADA						
Año	TMDA	Atropello	Choque	Colisión	Volcadura	TOTAL/AÑO	Año	TMDA	Atropello	Choque	Colisión	Volcadura	TOTAL/AÑO
2012	2.916	708	-6.042	1.645	5.681	1.992	2012	2.916	304	-3.830	908	2.774	155
2013	3.083	747	-6.404	1.748	6.024	2.116	2013	3.083	319	-4.080	970	2.954	163
2014	3.253	784	-6.773	1.852	6.372	2.235	2014	3.253	332	-4.332	1.038	3.143	182
2015	3.432	826	-7.163	1.961	6.742	2.366	2015	3.432	350	-4.595	1.109	3.336	201
2016	3.611	866	-7.553	2.071	7.113	2.496	2016	3.611	367	-4.863	1.182	3.536	221
2017	3.798	910	-7.957	2.185	7.499	2.636	2017	3.798	383	-5.140	1.256	3.740	238
2018	3.994	953	-8.383	2.304	7.902	2.777	2018	3.994	402	-5.434	1.338	3.957	263
2019	4.198	999	-8.822	2.430	8.326	2.934	2019	4.198	419	-5.741	1.419	4.182	278
2020	4.412	1.048	-9.289	2.561	8.767	3.087	2020	4.412	440	-6.058	1.509	4.421	312
2021	4.579	1.085	-9.645	2.662	9.111	3.213	2021	4.579	453	-6.307	1.578	4.607	331
2022	4.752	1.123	-10.021	2.768	9.470	3.340	2022	4.752	472	-6.568	1.651	4.803	357
2023	4.931	1.165	-10.412	2.878	9.841	3.473	2023	4.931	488	-6.833	1.724	4.999	379
2024	5.117	1.207	-10.816	2.993	10.224	3.608	2024	5.117	504	-7.110	1.803	5.207	404
2025	5.308	1.250	-11.228	3.110	10.622	3.754	2025	5.308	523	-7.400	1.883	5.420	425
2026	5.506	1.295	-11.660	3.232	11.030	3.897	2026	5.506	538	-7.692	1.964	5.643	452
2027	5.711	1.340	-12.100	3.358	11.455	4.054	2027	5.711	558	-8.004	2.051	5.873	478
2028	5.924	1.388	-12.567	3.489	11.896	4.206	2028	5.924	578	-8.323	2.139	6.111	504
2029	6.144	1.437	-13.041	3.623	12.349	4.367	2029	6.144	598	-8.650	2.233	6.358	539
2030	6.372	1.490	-13.537	3.764	12.822	4.539	2030	6.372	617	-8.991	2.328	6.614	569
2031	6.561	1.531	-13.948	3.879	13.215	4.677	2031	6.561	635	-9.278	2.406	6.826	589
2032	6.755	1.575	-14.367	4.000	13.614	4.821	2032	6.755	652	-9.569	2.488	7.041	612
2033	6.954	1.621	-14.800	4.121	14.027	4.969	2033	6.954	671	-9.866	2.573	7.265	642
2034	7.158	1.666	-15.240	4.246	14.447	5.120	2034	7.158	689	-10.173	2.658	7.495	669
2035	7.369	1.713	-15.700	4.376	14.889	5.277	2035	7.369	708	-10.492	2.747	7.735	698
2036	7.587	1.763	-16.174	4.510	15.336	5.435	2036	7.587	727	-10.820	2.840	7.977	724
2037	7.810	1.814	-16.656	4.647	15.799	5.603	2037	7.810	747	-11.154	2.935	8.228	756
2038	8.040	1.864	-17.151	4.789	16.278	5.780	2038	8.040	769	-11.501	3.033	8.490	791
2039	8.276	1.919	-17.659	4.929	16.757	5.945	2039	8.276	791	-11.839	3.122	8.737	811

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, los beneficios obtenidos, para cada tipo de solución planteada (doble calzada completa o sectorizada), en pesos (\$) de diciembre 2013, son:

CUADRO N° 4.19: BENEFICIOS ANUALES (\$ DIC 2013)

AÑO	DOBLE CALZADA COMPLETA	DOBLE CALZADA SECTORIZADA
2012	46.429.022	3.610.327
2013	49.313.685	3.793.060
2014	52.096.992	4.230.885
2015	55.155.446	4.674.866
2016	58.189.653	5.154.861
2017	61.449.407	5.538.119

AÑO	DOBLE CALZADA COMPLETA	DOBLE CALZADA SECTORIZADA
2018	64.725.378	6.128.628
2019	68.381.078	6.482.737
2020	71.949.212	7.284.209
2021	74.898.016	7.718.882
2022	77.862.886	8.315.945
2023	80.951.211	8.832.297
2024	84.102.359	9.411.830
2025	87.503.265	9.914.620
2026	90.845.933	10.542.854
2027	94.490.354	11.147.126
2028	98.033.250	11.754.504
2029	101.802.884	12.562.577
2030	105.800.877	13.260.134
2031	109.015.102	13.722.341
2032	112.375.955	14.260.047
2033	115.834.319	14.960.360
2034	119.342.556	15.596.599
2035	123.015.435	16.269.768
2036	126.688.049	16.877.083
2037	130.604.457	17.621.874
2038	134.721.288	18.443.598
2039	138.575.097	18.900.713

Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestra la evaluación de alternativas incluyendo los beneficios estimados por accidentes de tránsito.

CUADRO N° 4.20 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD CON ACCIDENTES DE TRÁNSITO

ALTERNATIVA	CASO VI: CON ACC TTO	
	VAN	TIR
1.1	74.727	11,76%
1.1 A	63.769	10,37%
1.1 B	91.387	12,51%
1.1 AB	80.360	11,13%
1.2	79.531	12,53%
1.2 A	68.573	10,96%
1.2 B	96.197	13,26%
1.2 AB	85.173	11,72%
1,3	59.233	16,15%
1.3 B	58.487	13,32%

Fuente: Elaboración propia

Al incluir los beneficios por accidentes de tránsito, el VAN de todas la alternativas aumenta, esto significa que los beneficios esperados son aun mayores a los anteriormente estimados, es decir, sin incluir los accidentes de tránsito.

5. EVALUACIÓN AMBIENTAL Y TERRITORIAL DE ALTERNATIVAS VIALES

La evaluación ambiental del estudio se subdividió en dos puntos: Evaluación Ambiental de Alternativas y Evaluación Ambiental de la Alternativa Seleccionada.

En una primera instancia son evaluadas comparativamente las alternativas en función de sus impactos ambientales de acuerdo a la propuesta de criterios, subcriterios e indicadores del análisis multicriterio (ver punto 6).

Luego, de la alternativa recomendada por multicriterio y consensuada, son evaluados ambientalmente los impactos correspondiente y, a continuación, definidas las medidas ambientales relacionadas principalmente a los impactos de mayor significancia.

La evaluación ambiental se realizó teniendo como objetivo la inclusión de indicadores para la matriz multicriterio.

En general, las alternativas en estudio si bien plantean distintas soluciones para el mejoramiento de la ruta 199-CH en el tramo entre Freire – Villarrica, éstas tienen la particularidad de utilizar casi en su totalidad los caminos existentes, por lo que la diferenciación territorial - ambiental entre ellas es muy pequeña. En este sentido, los indicadores que se utilizan en el análisis ambiental deben hacer énfasis en estas pequeñas diferencias entre una y otra alternativa, principalmente destacando los anchos de calzadas, la utilización de la ruta antigua y la construcción del nuevo acceso a la ciudad de Villarrica.

5.1. MEDIO HUMANO

Para este medio se definieron 2 indicadores, considerados relevantes, para la discriminación de alternativas: afectación de edificaciones y afectación de actividades productivas.

El primero contempla el determinar la cantidad de infraestructura que cada una de las alternativas alterará según el trazado de diseño. Para esto, se analizó un área de intervención acorde al ancho del perfil de diseño de cada alternativa.

El segundo criterio, corresponde a las actividades productivas que serán intervenidas por cada uno de los proyectos, obteniendo un indicador de valor final que considera la cantidad de actividades, el tipo de ella, la forma de intervención, dando como resultado un indicador comparativo producto de la suma de las actividades por tipo, ponderadas por intervención.

La mayor cantidad de edificaciones afectadas se encuentran asociadas a los proyectos P3 (doble calzada con bandejón ancho y variante nuevo acceso a Villarrica) y P4 (doble calzada con bandejón ancho y variantes ruta antigua y nuevo acceso a Villarrica); mientras que las menores son las relacionadas a los proyectos P9 (doble calzada sectorizada) y P10 (doble calzada sectorizada con variante nuevo acceso a Villarrica).

En cuanto a la intervención de actividades productivas, medidas tanto por cantidad como por tipo de intervención, destaca el proyecto P4, que corresponde a doble calzada con bandejón ancho y variante ruta antigua más acceso nuevo a Villarrica, seguida por los proyectos (P8 correspondientes a doble calzada con bandejón angosto más las variantes de nuevo acceso a Villarrica y ruta antigua) y P3 (doble calzada con bandejón ancho y nuevo acceso a Villarrica).

Mientras que la menor intervención está dada por la alternativa de proyecto P9 de doble calzada sectorizada sin variante, seguida por P5 de doble calzada con bandejón angosto sin variantes. Si bien estos dos casos tienen asociadas una menor intervención, desde el punto de vista de transporte no constituyen una solución recomendable.

5.2. MEDIO FÍSICO

En cuanto al medio físico se utilizaron 2 indicadores, el primero corresponde a la valoración de clase de uso de suelo por alternativa, considerando el suelo como recurso, y el segundo corresponde a la intervención potencial de cursos de agua.

El primer indicador expresa la superficie afectada y ponderada por el valor del suelo en términos agroforestales.

El segundo criterio corresponde a la ponderación según las actividades en relación a puentes, debido a que el tipo de la intervención que se proyecta posee directa relación con el grado de intervención del lecho del río. Estas intervenciones han sido ordenadas de menor a mayor siendo la reparación de un puente la actividad que menor intervención produce, puesto que solo se realizarán actividades en un lugar que ya ha sido intervenido con anterioridad. En contraposición, la construcción de un puente nuevo en doble calzada, es el caso del puente Toltén, produce la mayor intervención, pues se proyecta en un sector que hasta el día de hoy no posee intervención directa. Así, la ponderación de las obras proyectadas para las diferentes alternativas se muestra a continuación:

- La mayor intervención del suelo como recurso está dada en la alternativa de doble calzada con bandejón angosto y variante de uso de ruta antigua y nuevo acceso a Villarrica, mientras que la de menor intervención está dada por la alternativa doble vía sectorizada sin variantes.
- En cuanto a la intervención del cauce del río, los valores más altos corresponden a 5,3 asociado a los proyectos: P3 (Alternativa 1.1 más variante B), P4 (Alternativa 1.1 más variantes A y B), P7 (Alternativa 1.2 más variante B) y P8 (Alternativa 1.2 más variantes A y B), mientras que los de menor intervención se dan en los proyectos P9 (0,8) (Alternativa 1.3), alternativa de doble calzada sectorizada sin variante y P10 (2,3), doble calzada sectorizada con variante de nuevo acceso a Villarrica. Es importante destacar que las alternativas en comento, aunque posean valores altos, no comprometen el normal escurrimiento de aguas, después de ejecutadas las obras; no afectan los ambientes del río ni la fauna por lo que no son inviables desde el punto de vista ambiental.

5.3. MEDIO BIÓTICO

Para el análisis del medio biótico se utilizaron dos indicadores, que marcan diferencias entre las alternativas propuestas: existencia de vegetación natural al costado del camino y existencia de áreas productivas.

De acuerdo al Catastro de Bosque Nativo de CONAF del año 2006, existen aproximadamente 2 kilómetros de largo de afectación de la alternativa seleccionada sobre bosques y plantaciones. Luego, al incorporar la información asociada a la restitución y la definición de anchos de calzada sobre el territorio, fue posible observar que sólo existen, en el área de estudio, zonas con vegetación natural (bosques) y matorrales mucho más acotadas que, según el ancho de cada una de las alternativas estudiadas, afectan en mayor o menor grado.

De acuerdo con el análisis realizado, los proyectos P2 (Alternativa 1.1 más variante A) y P4 (Alternativa 1.1 más variantes A y B) son aquellos con más impacto sobre la vegetación natural, al considerar la ruta antigua y el nuevo acceso a Villarrica, en doble calzada, ya que requieren mayor superficie de despeje de faja. Por su parte, los proyectos P9 (Alternativa 1.3) y P10 (Alternativa 1.3 más variante B) son los con menos impacto, al contemplar la doble calzada sectorizada, sólo en ciertos lugares, los que no coinciden, mayoritariamente, con las áreas de mayor presencia de vegetación natural. En todo caso, la afectación no es tan significativa como para hacer ninguno de los proyectos inviables desde el punto de vista ambiental.

Los cultivos y las plantaciones fueron importantes elementos naturales al momento de considerar los impactos de las alternativas propuestas. En este sentido, se pudo observar que las mayores afectaciones están dadas por los proyectos P1, P2, P3 y P4, es decir, la alternativa 1.1 (autopista) en todas sus combinaciones, debido al ancho de faja a despejar, mientras que las menores afectaciones están dadas por los proyectos P9 y P10 (doble calzada sectorizada sin y con variante B).

Finalmente, y en cuanto a las alternativas propuestas y la afectación al medio físico, la alternativa más favorable (que presenta menor intervención) es la P9 (Doble calzada sectorizada y sin variante).

Pese a que la afectación estimada, es considerada como mayor o menor, comparativamente entre alternativas, es importante destacar que las alternativas no generan impactos significativos, sino más bien poco significativos, ya que el medio a intervenir no es de particular fragilidad, lo que se traduce en que todas ellas son viables desde el punto ambiental.

6. APLICACIÓN DE MULTICRITERIO Y DEFINICIÓN DE ATERNATIVA

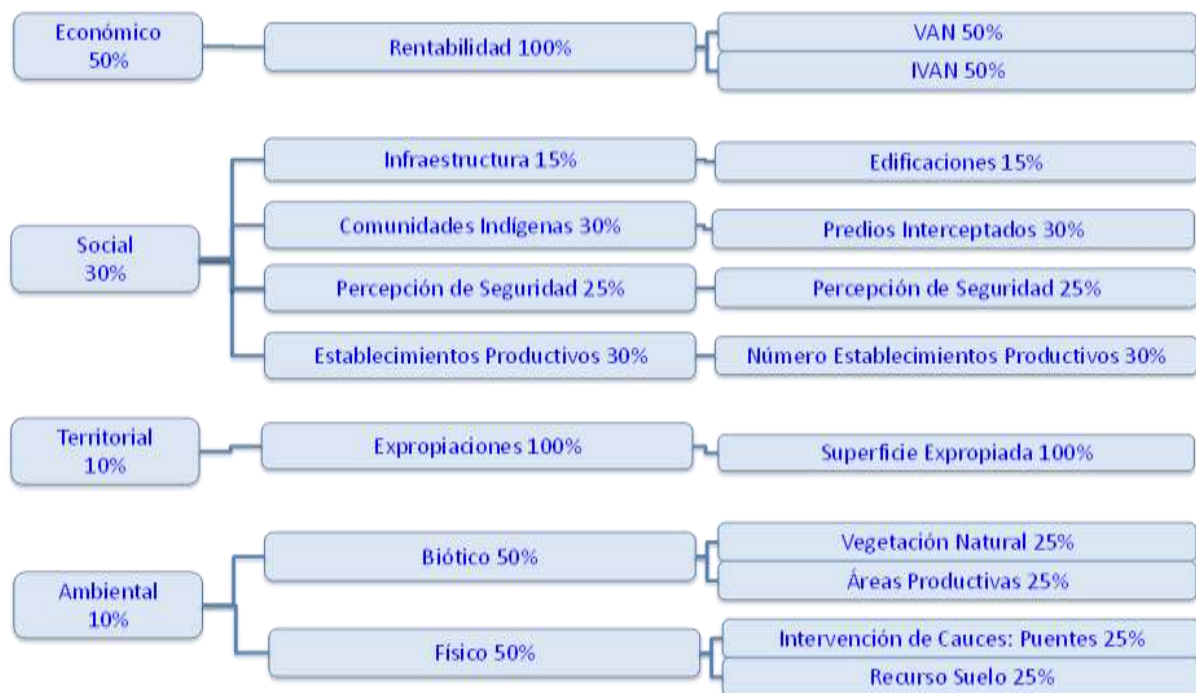
El objetivo de la Evaluación Multicriterio es que, considerando criterios económicos, ambientales, sociales y territoriales se priorice y seleccione la mejor de todas la alternativas definidas en el estudio.

Para el caso de este estudio, se utilizó el método de las Jerarquías Analíticas o AHP - Analytical Hierarchical Process o Proceso Analítico Jerárquico, el cual fue desarrollado por el matemático Thomas Saaty.

Este método consiste en formalizar la comprensión intuitiva de problemas complejos mediante la construcción de un Modelo Jerárquico. Una vez construido el Modelo Jerárquico, se realizan comparaciones de a pares entre dichos elementos (criterios-subcriterios y alternativas) y se atribuyen valores numéricos a las preferencias señaladas por las personas, entregando una síntesis de las mismas mediante la agregación de esos juicios parciales.

La matriz multicriterio que se trabajó en este estudio y los correspondientes porcentajes se observan en la siguiente figura:

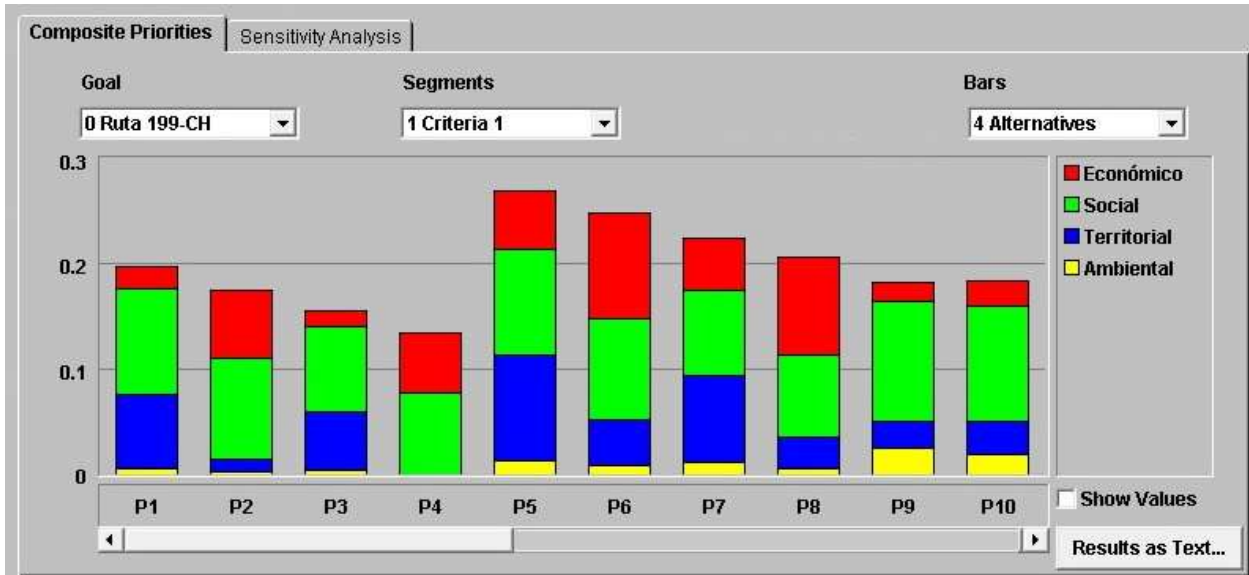
Figura N° 6.1: CRITERIOS, SUBCRITERIOS Y VARIABLES



Fuente: Elaboración propia a partir del software Web Hipre

Finalmente, los resultados de la evaluación multicriterio se muestran a continuación:

Figura N° 6.2: RESULTADOS POR CRITERIOS ALTERNATIVAS DE PROYECTO



Fuente: Elaboración propia a partir del software Web Hipre

Es posible observar que la mejor alternativa corresponde al proyecto P5, Doble Calzada Angosta sin Variantes. Le siguen los proyectos P6, P7 y P8, todas alternativas de la familia Doble Calzada Angosta. De ellas, el proyecto P7, que corresponde a doble calzada con bandejón restringido y que incorpora el nuevo acceso a Villarrica es, sin lugar a dudas, la que resuelve de mejor manera los problemas existentes. Por lo anterior, la evaluación de impacto ambiental se centró en dicha alternativa.

6.1. MÉTODO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

La identificación, análisis y valorización de los impactos del proyecto se basó en el cruce de los antecedentes y alcances del proyecto de ingeniería, con la información obtenida en la línea de base ambiental.

Esta evaluación se llevó a cabo mediante la identificación de las actividades o acciones del proyecto susceptibles de causar impactos ambientales, y de los componentes y elementos ambientales de cada medio, posibles de ser afectados por estas acciones. Se consideró también, los potenciales efectos positivos que generará el proyecto sobre su entorno.

Los componentes ambientales evaluados fueron los siguientes:

Cuadro Nº 6.1: DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES

MEDIOS	ELEMENTO	COMPONENTE AMBIENTAL	IMPACTO	CARÁCTER
Físico	Aire	Calidad del Aire	Alteración de la calidad del aire.	T
		Ruido. Nivel Sonoro	Disminución de la calidad acústica.	T
	Geomorfología	Modificación del relieve (movimientos de tierra)	Modificación del relieve.	P
	Hidrogeología	Calidad del Agua (composición físico-química, temperatura, calidad biológica).	Alteración de la calidad del agua.	T
		Redes de drenaje, acuíferos cercanos a la superficie, permeabilidad, escorrentía, etc.	Alteración de las redes de drenaje y acuíferos	T
	Suelo	Pérdida de suelo	Los movimientos de tierra en corte y confección de terraplenes	T
Calidad del suelo		Alteración de la calidad del suelo..	T	
Biótico	Vegetación	Afectación Formaciones vegetales	Alteración de cobertura vegetal.	T
Medio Humano	Población	Distribución espacial de la población	Afectación de población y/o actividades económicas por efecto de la materialización de los proyectos (faja fiscal de expropiaciones).	P
		Calidad de vida	Variación de la calidad de vida.	P
		Población ocupada	Contratación de mano de obra.	T
	Uso del suelo y ordenamiento territorial	Seguridad vial y tiempos de desplazamiento	Modificación de Seguridad y tiempos de desplazamientos.	P
Patrimonio Cultural y arqueológico	Sitios Arqueológicos y comunidades originarias	Alteración de sitios de importancia cultural, ritual y arqueológica. Intervención de sitios.	T	

NOTA: T: Temporal; P: Permanente Fuente: Elaboración propia.

El método elegido para cuantificar y dimensionar cada impacto fue el de "Calificación Medio Ambiental" (CMA), el cual considera como criterios, el carácter, la intensidad, la extensión, el desarrollo, la periodicidad, la reversibilidad, la magnitud y la certidumbre, del efecto producido en el medio por cada intervención asociada al desarrollo del proyecto.

Una vez definido cada valor y realizada la ecuación, los impactos pueden ser jerarquizados según significancia en cuatro categorías, desde impacto No Significativo, hasta impacto Muy Significativo, ya sea de carácter positivo o negativo

La matriz de valoración de impactos muestra, en la gama los colores cálidos (rojos), aquellos impactos negativos de acuerdo a su significancia. Por otra parte, en la gama de colores verdes se encuentran los impactos que poseen un carácter positivo.

De los 57 efectos posibles, de la operación y obra proyectada, los impactos clasificados como Muy Significativos y Significativos, ya sean tanto positivos como negativos, tratados en detalle en el volumen 4, medio ambiente y territorio, son los siguientes:

Figura N° 6.3: MATRIZ DE VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES POR SIGNIFICANCIA: SIGNIFICATIVOS Y MUY SIGNIFICATIVOS

COMPONENTE AMBIENTAL	Nº	IMPACTO	ETAPA	CALIFICACIÓN MEDIO AMBIENTAL	IMPORTANCIA	
Calidad del Aire, Ruidos y Vibraciones	4	Aumento de los niveles sónicos	Operación	-0,60	0,58	Significativo
Geomorfología y Geología	8	Remoción de Material Parental	Construcción	-0,70	0,70	Muy Significativo
Suelos	15	Pérdida de suelo de Aptitud Agrícola (rural)	Construcción	-0,40	0,40	Significativo
Asentamientos Humanos	33	Afectación de grupos vulnerables o protegidos	Construcción	-0,50	0,50	Significativo
	35	Riesgos de accidentes	Operación	0,85	0,85	Muy Significativo
	38	Incremento de la población	Operación	0,65	0,65	Muy Significativo
	39	Cambios de las condiciones de circulación	Construcción	-0,70	0,65	Muy Significativo
	40	Cambios de las condiciones de circulación	Operación	0,95	0,95	Muy Significativo
	42	Mejoramiento Bienestar de la Población	Operación	0,95	0,95	Muy Significativo
Actividades Económicas	45	Alteración de la actividad económica e ingreso	Operación	0,95	0,95	Muy Significativo
	46	Aumento de tiempo de viaje	Construcción	-0,50	0,45	Significativo
	47	Disminución de tiempo de viaje	Operación	0,95	0,95	Muy Significativo
	49	Disminución de costo de transporte	Operación	0,48	0,48	Significativo
Infraestructura y Equipamiento	51	Mejoramiento de la seguridad vial	Operación	0,95	0,95	Muy Significativo
Paisaje	57	Incremento del turismo	Operación	0,95	0,95	Muy Significativo

Fuente: Elaboración propia

Como se observa, en la valoración de impactos, los de mayor significancia negativa se asocian a la etapa de construcción, donde el despeje y remoción de material parental (suelo y subsuelo) así como los cambios en las condiciones de circulación, son de los aspectos más relevantes.

La obra considera por sí misma ruidos molestos y polvo en suspensión por lo cual las medidas ambientales de mitigación son asociadas a estos aspectos.

Por otra parte, debido a la intervención de la vegetación en el área de análisis y el valor relativo que la vegetación natural adquiere en el área (por lo escaso) es que se plantea de forma especial su cuidado. Es por esto que, en la etapa de diseño definitivo, deberán ser considerados los planes de manejo asociados y recomendados.

En cuanto a los impactos positivos de mayor significancia, éstos tienen relación con las mejoras propias de la ruta durante su operación, que son la disminución en los riesgos de accidentes, mejoras en las condiciones de circulación, en las actividades económicas y en los ingresos

locales, disminución en los tiempos de viaje y por ende en los costos de transporte, mejoras en la seguridad vial y un incremento del turismo.

7. CONCLUSIONES FINALES DEL ESTUDIO

7.1. COMENTARIOS GENERALES

El presente estudio, se realizó sobre una restitución 1:5000, lo cual lleva implícito una estimación de las inversiones con un nivel de exactitud acorde con ella. En la etapa de ingeniería, junto con afinar estos montos, se recomienda realizar un proceso de Participación Ciudadana temprana, dado que en el actual estudio dicho proceso fue muy exiguo, habiéndose desarrollado, en los comienzos del estudio, un diseño amplio de participación. El origen de esto, fue un oficio del Sr. SEREMI de Obras Públicas, cuyo párrafo relevante dice lo siguiente:

“En relación a las reuniones de Participación Ciudadana que restan por realizar en el marco del Estudio Ampliación Ruta 199-CH..., esta Secretaria Regional Ministerial, estima que no es necesario su realización, fundamentalmente debido a que la programación de estas inversiones no esta contemplada para antes del año 2016 y, previo a ello, se requiere el desarrollo del Diseño respectivo, en el cual se retomará el proceso de Participación Ciudadana”

Algo similar ocurrió con el proceso relacionado con la Consulta Indígena, cuya propuesta primitiva no fue considerada por las autoridades relevantes. De acuerdo a lo dispuesto por el Fiscal Nacional de Obras Públicas el 15 de Octubre de 2013, en relación a la Aplicación de la Consulta Indígena, en el Oficio N° 4050 (15/10/13), se lee:

“Pues bien, en sesión celebrada el día 04 de septiembre del presente, la Dirección de Vialidad presentó la solicitud de evaluación de aplicabilidad de la consulta indígena respecto del proyecto “Estudio de Prefactibilidad Ampliación Ruta 199-CH, Sector Freire – Villarica, Región de la Araucanía”.

Al respecto, me permito informar a usted que la Comisión de Asuntos Indígenas ha resuelto que no procede la realización del procedimiento de consulta indígena toda vez que el proyecto se encuentra en la etapa de prefactibilidad y sugiere a la Dirección de Vialidad el retiro del proyecto de la Comisión de Asuntos Indígenas para su reingreso en la etapa de diseño”.

En atención a lo anterior, no se ejecutó el Plan de Consulta Indígena diseñado, para este estudio, y se consideró que deberá realizarse en la etapa de diseño.

7.2. RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS

De acuerdo a los indicadores de rentabilidad obtenidos, todas las alternativas de proyecto son rentables, ya que poseen TIR mayores al 10% llegando incluso al 16%. En la Gráfico N° 4.1 se muestra un ranking, con las distintas alternativas de proyecto, ordenadas de mayor a menor beneficio social neto (VAN) que es la mejor manera para definir la mejor de ellas.

Por lo tanto la alternativa que posee el mayor beneficio en el tiempo es la 1.2 B, doble calzada con bandejón angosto más el nuevo acceso a Villarrica, siendo ésta la recomendada.

El proyecto es bastante robusto en cuanto a indicadores. En efecto, los resultados obtenidos a partir del análisis de sensibilidad demuestran que, con una variación de un 20% y un 40% de los parámetros evaluados (beneficios e inversión social), la rentabilidad social sigue estando asegurada para todas las alternativas.

De acuerdo al análisis de sensibilidad adicional (con accidentes de tránsito) se concluye que estos tienen un efecto positivo en la evaluación, generando un aumento en el VAN en todas las alternativas y por ende un aumento en la rentabilidad de cada proyecto.

Frente al impacto que pudiera tener el realizar una nueva conexión por la ribera norte del Lago Villarrica, se estimó, a modo preliminar, que el flujo vehicular de la Ruta 199 CH, entre Villarrica y cruce S-553, disminuye aproximadamente en un 20%, producto del redireccionamiento de los flujos, desde Pucón y la zona cordillerana, hacia la Ruta 5.

De acuerdo a los resultados de la evaluación multicriterio, las dos alternativas mejor evaluadas son las de los proyectos P5 (Doble calzada con bandejón angosto), y P7, igual al anterior pero incorporando el nuevo acceso a Villarrica que conecta a la Avda. Pedro de Valdivia de dicha ciudad, conformada por dos calzadas. Sin embargo, hay que destacar que los puntajes son similares y que la materialización del nuevo acceso a Villarrica traerá importantes beneficios a futuro, cuando se habilite la conexión, contemplada en los Instrumentos de Planificación, la cual, bordeando la ciudad por el lado sur, permitirá que los flujos de paso hacia Pucón no transiten por el centro de Villarrica. Por otra parte, el mejoramiento del actual acceso a Villarrica es de muy difícil materialización y de un altísimo costo por situarse en zona urbana y obligaría a la construcción de un tercer puente sobre el río Toltén lo que la hace inviable. Es, por esta razón, que la recomendación final es para el proyecto **P7, Doble Calzada con Bandejón Angosto que incluye la Variante de Nuevo Acceso a Villarrica.**