



# Estudio de Factibilidad Vial

## ESTUDIO PLAN REGULADOR COMUNAL DE SAN RAFAEL

VERSIÓN 01  
Septiembre 2022





**TABLA DE CONTENIDOS**

<b>CAPITULO I ESTUDIO DE CAPACIDAD VIAL .....</b>	<b>5</b>
I.- GENERALIDADES .....	5
I.1 OBJETIVOS .....	5
I.2 METODOLOGÍA .....	5
II.- CARACTERIZACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	6
II.1 ENFOQUE PROVINCIAL .....	6
II.2 ENFOQUE COMUNAL .....	8
II.3 ENFOQUE URBANO.....	9
III.- INTERRELACIÓN CON EL ESCENARIO DE DESARROLLO URBANO .....	11
IV.- PREDICCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE .....	19
V.- ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE LA VIALIDAD.....	22
V.1 Indicadores de congestión .....	22
I.1 Conclusiones .....	24



## CAPITULO I ESTUDIO DE CAPACIDAD VIAL

### I.- GENERALIDADES

En el presente documento se describe el análisis de Capacidad Vial como estudio especial contenido en la Memoria Explicativa del estudio del Plan Regulador Comunal San Rafael, el cual ha sido desarrollado a partir de una metodología simplificada, de acuerdo con los alcances que a continuación se presentan.

#### I.1 OBJETIVOS

El objetivo principal del estudio es determinar la capacidad de transporte de la red vial estructurante propuesta para las zonas modificadas de acuerdo con los usos de suelo y, por ende, a las perspectivas de desarrollo definidas en el Anteproyecto del Plan Regulador. Por lo tanto, la idea fundamental es garantizar que la red vial jerarquizada que se propone sea capaz de absorber los flujos generados/atraídos por las actividades residenciales y productivas presentes en el área de estudio, prestando un nivel de servicio adecuado a los usuarios.

El análisis del balance oferta/demanda en la red de transporte comunal, permitirá identificar ejes o áreas críticas, en relación con los niveles de servicios entregados a los usuarios (grados de saturación y velocidades de operación). Lo anterior se traducirá en eventuales modificaciones de la red vial estructurante, en términos de mejorar el estándar de ciertas vías (cambios de jerarquía) o simplemente ampliar los perfiles de modo de proveer mayor capacidad.

El enfoque en esta etapa considera la red vial propuesta a nivel de Anteproyecto.

#### I.2 METODOLOGÍA

Para la realización del estudio se ha considerado el desarrollo de las siguientes etapas que se listan a continuación:

- I. Recolección de Antecedentes
- II. Caracterización de la situación actual
- III. Interrelación con el Escenario de Desarrollo Urbano
- IV. Predicción del Sistema de Transporte
- V. Análisis de Factibilidad Vial

La etapa de recopilación de antecedentes ha consistido en la reunión de la información existente respecto del sistema vial actual y de las proyecciones de poblamiento contempladas en el instrumento de ordenamiento en desarrollo, en lo referente a cobertura de la red vial, jerarquía, información demográfica y otros.

La etapa de caracterización de la situación actual tiene como fuente principal de información el levantamiento de terreno, tanto en lo que se refiere a la caracterización física de la red vial existente, como en lo que se refiere al análisis de información de demanda, datos cuya finalidad es la de generar una perspectiva clara de la situación actual de la oferta y demanda de transporte en el área de estudio.

La tercera etapa por seguir corresponde a una fase de identificación de las características del escenario de desarrollo urbano propuesto por la elaboración del PRC, que sirve para definir las características de la vialidad propuesta por dicho plan.

La cuarta etapa corresponde a la predicción del sistema de transporte, considerando la definición de la nueva oferta básica indicada en la etapa anterior. Finalmente, la última etapa consiste en el

análisis a futuro de las condiciones de la red vial de acuerdo con la localización de los desarrollos definidos por el nuevo PRC, verificando su factibilidad vial.

## II.- CARACTERIZACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

El artículo 2.1.10 de la OGUC establece que la memoria explicativa de un Plan Regulador Comunal debe incluir como fundamento de las proposiciones del plan, sus objetivos, metas y antecedentes que lo justifican, una serie de estudios especiales, entre los cuales se indica un “Estudio de Capacidad Vial (ECV), de las vías existentes y proyectadas, para satisfacer el crecimiento urbano en un horizonte de, al menos, 10 años.

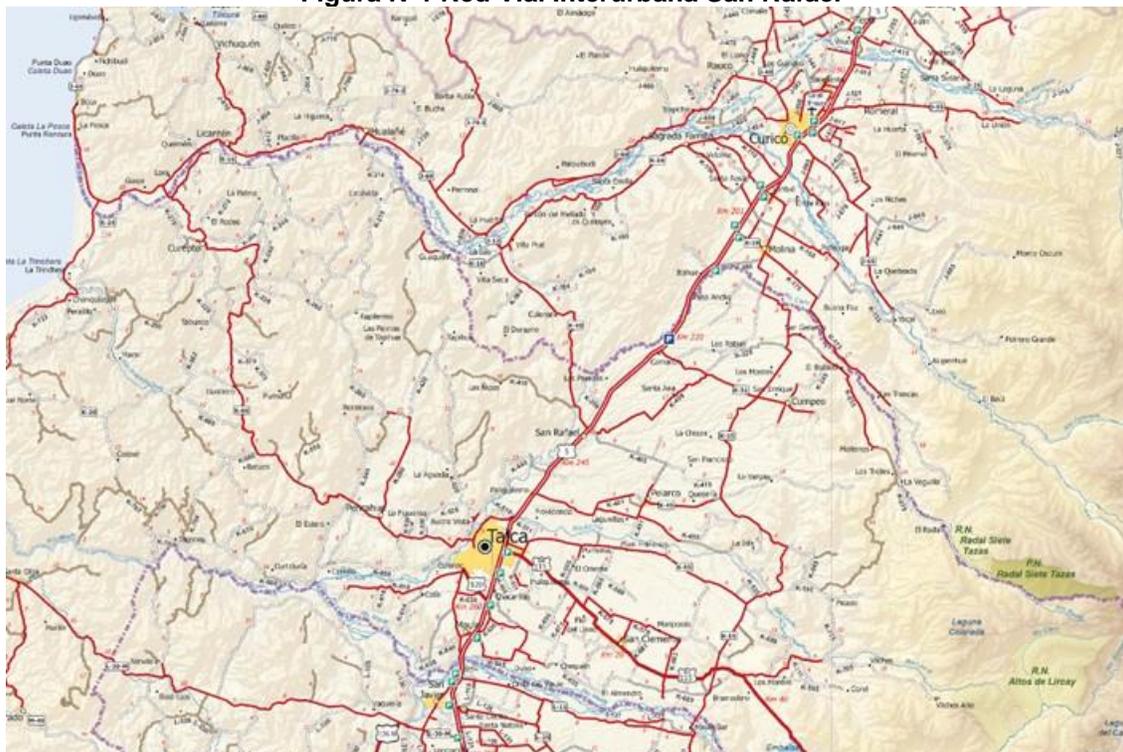
En consecuencia, el diagnóstico de requerimientos de transporte y movilidad que a continuación se desarrolla, está enfocado a generar un producto que optimice la accesibilidad física entre las distintas zonas del sistema urbano y de él con la región, a través de una estructura vial, jerarquizada y racionalizada, que incluya además el mejoramiento de la vialidad existente.

Para lo anterior, el diagnóstico se ha centrado preliminarmente en un análisis a nivel interregional y posteriormente su interrelación comunal, para finalizar en un análisis urbano.

### II.1 ENFOQUE PROVINCIAL

Desde una óptica interregional, en términos viales, la columna articuladora de la comuna de San Rafael corresponde a Ruta 5 Sur, conectando a San Rafael y Alto Pangué con Talca dentro de la Provincia del mismo nombre. En términos transversales, conecta mediante Ruta K-40 con el eje Villa Prat – Hualañé – Licantén, siendo una de las opciones principales de conexión de estos sectores con la Capital Provincial, no siendo simétrica la situación hacia el oriente, debido a la orografía existente. En efecto, hacia el oriente existe mayor densificación de la red vial secundaria, con lo cual existe una mayor oferta vial para la conexión de cada localidad con su Capital Regional.

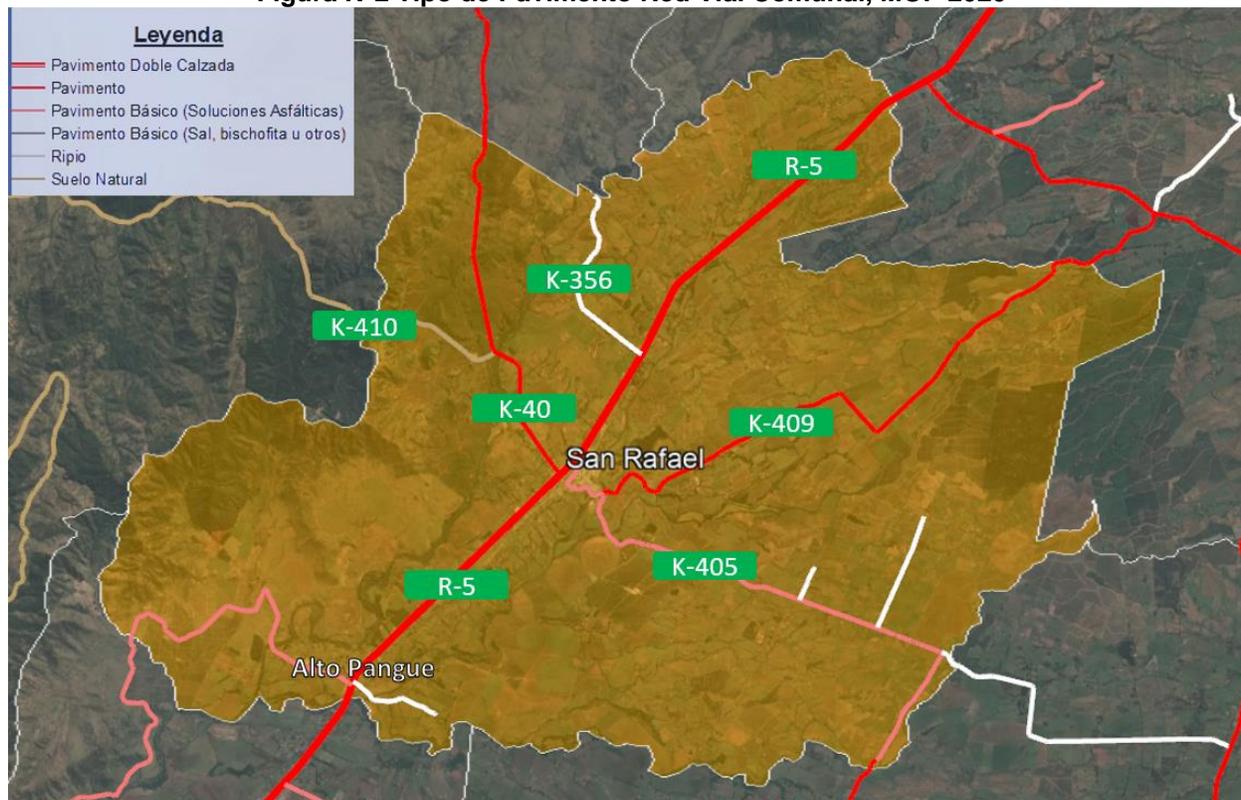
**Figura N°1 Red Vial Interurbana San Rafael**



Esta característica evidencia que la conectividad transversal y longitudinal del San Rafael a nivel interregional se resuelve principalmente por Ruta 5 Sur y su concesión vial.

La red vial MOP actualizada a 2020 indica que la estructura vial primaria (Ruta 5) se encuentra pavimentada en calzada doble, la Ruta K-40 se encuentra pavimentada en calzada simple y la conexión a Pelarco mediante Ruta K-405 mediante Pavimento Básico. Por su parte, la Ruta K-410 en suelo natural desde el km 3,5 de K-40 hacia Péncahue. La Ruta K-409 de pavimento hacia Río Claro y la Ruta K-440 con pavimento básico que conecta Alto Pangue con Talca.

**Figura N°2 Tipo de Pavimento Red Vial Comunal, MOP 2020**



Por su parte, para Alto Pangue se evidencia que la única opción real de conexión a su cabecera comunal corresponde a la concesión Ruta 5 Sur y en menor grado Ruta K-440.

El antecedente de mayor relevancia corresponde al segundo llamado a concesión de Ruta 5 en el tramo Talca – Chillán, contenido publicado en el proceso de adjudicación. El proyecto consiste en el mejoramiento de la Ruta 5 entre las ciudades de Talca y Chillán que comienza aproximadamente entre el km 219,49 (sector norte de Río Claro) y el km 412,80 (sector sur de Chillán Viejo), con una extensión actual aproximada de 193,310 km y una longitud proyectada aproximada de 195 km para un trazado que comprende las Regiones de Maule y Ñuble.

La obra incluye el desarrollo de estructuras como puentes, viaducto, pasos de ferrocarriles, enlaces, retornos, atraviesos y pasarelas. Además, considera la incorporación de un bypass con una extensión aproximada de 54 km para una velocidad de diseño de 120 km/h (bidireccional con dos pistas por sentido).

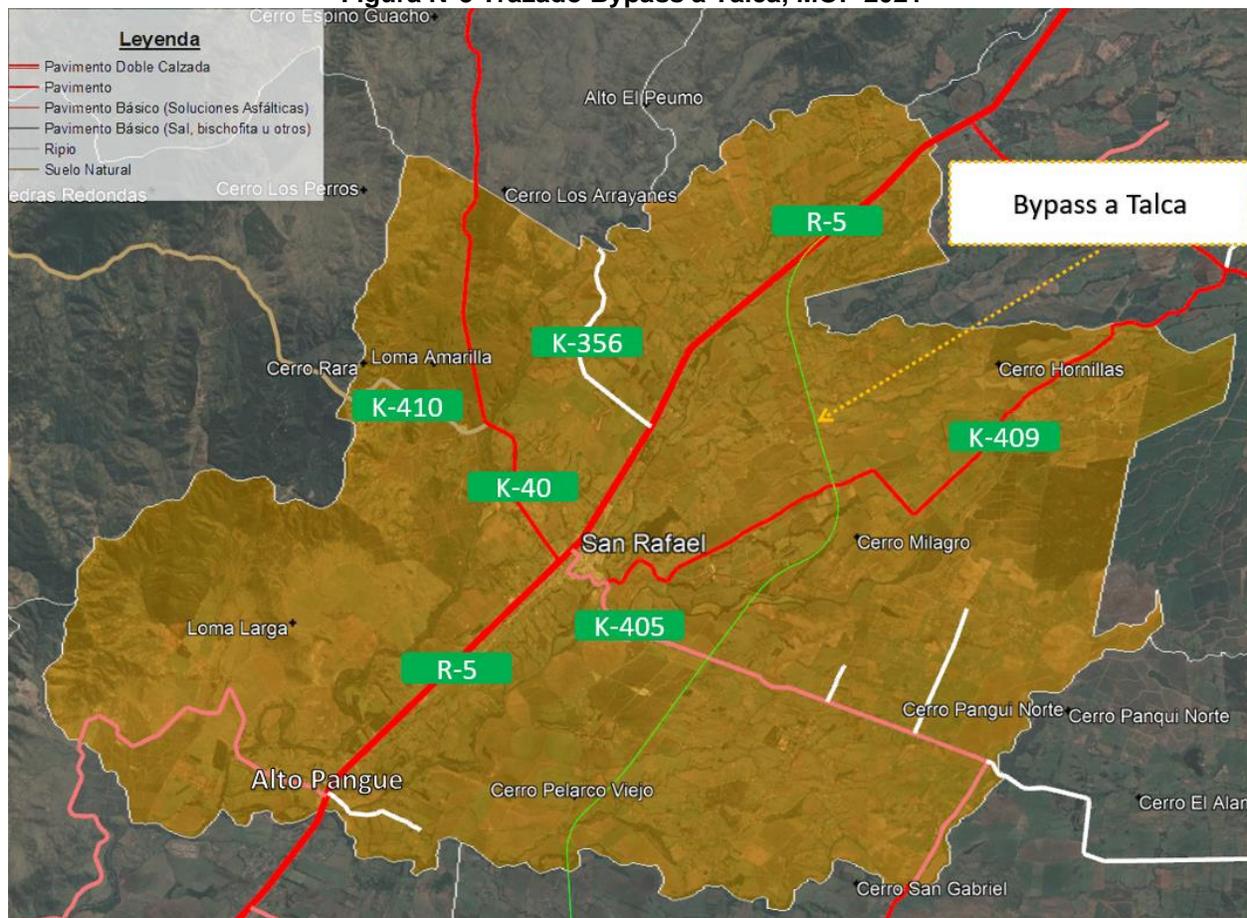
Junto a ello está previsto la ampliación a terceras pistas en el sector entre las inmediaciones de San Carlos y Chillán Viejo, rehabilitación de calzadas existentes, rectificaciones de curvas y pendientes para velocidad de 120 km/h con excepciones puntuales, habilitación de nuevos puentes, enlaces, pasarelas, atraviesos, retornos y tramos de calles de servicio y la

implementación progresiva de un Sistema de Cobro mediante Pórticos de telepeaje en todo su trazado.

El bypass a Talca de 56 km de longitud atraviesa las comunas de San Rafael, Pelarco, Talca, Maule, San Javier y Villa Alegre. La velocidad de proyecto es de 120 km/h, con calzada doble de dos pistas por sentido. Destaca el nuevo puente sobre el Río Maule, de 1,5 km de extensión.

El trazado se bosqueja a continuación, evidenciándose que éste se desarrolla por el sector de Las Chilcas.

**Figura N°3 Trazado Bypass a Talca, MOP 2021**

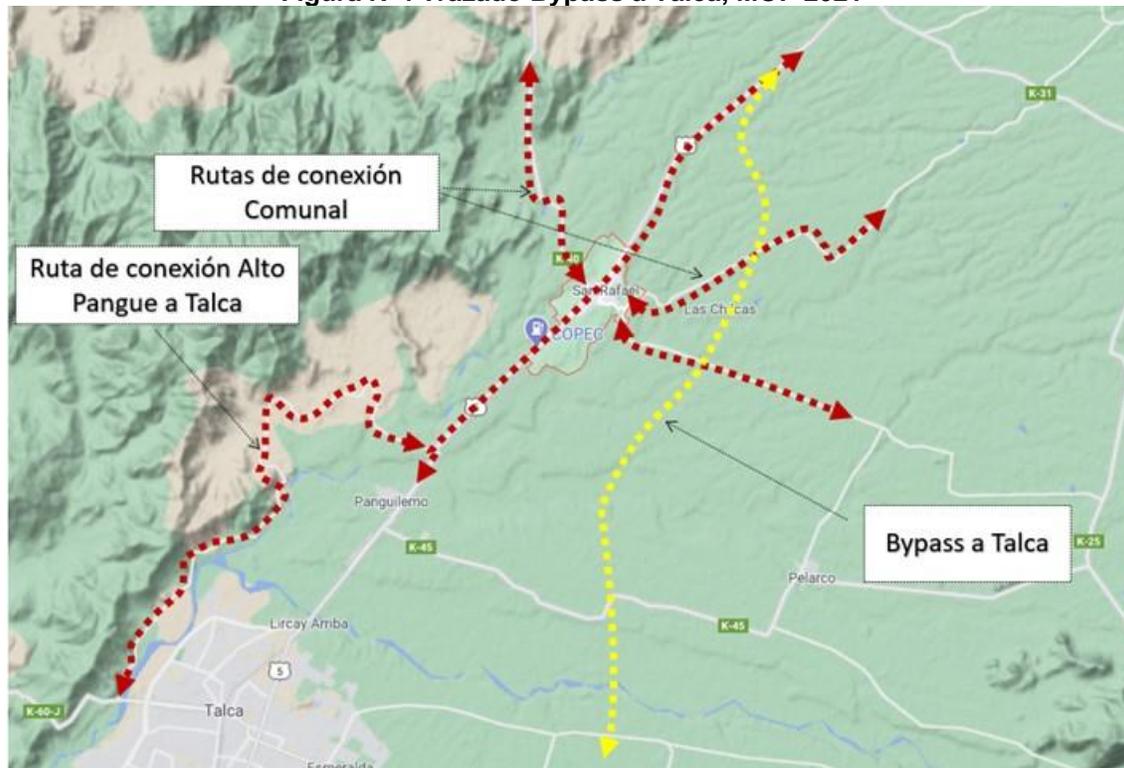


Un aspecto relevante al momento de analizar la conectividad comunal con el resto de la región será aprovechar el nuevo trazado del Bypass para efectos de movilidad con sus comunas vecinas por el sector oriente y, aprovechar la actual Ruta 5 Sur que modificará su estándar, para efectos de servir el acceso desde/hacia la Capital Regional y a localidades menores, tales como Alto Pangue.

## II.2 ENFOQUE COMUNAL

En términos viales, desde una óptica comunal, de acuerdo con el PLADECO vigente más de la mitad de la población comunal vive en zonas rurales en asentamientos dispersos y longitudinales, en vías no enroladas. Esta característica no armoniza con la estructura vial de los ejes de conexión intra y extra comunal, tal como se bosqueja en figura siguiente.

Figura N°4 Trazado Bypass a Talca, MOP 2021



La disponibilidad longitudinal del estándar de Ruta 5 Concesionada, juega en contra de la conectividad local de San Rafael, por cuanto potencia la existencia de variada y diversa oferta de transporte público en el eje. No así en términos transversales en donde es evidente la necesidad de potenciar los servicios actuales, mediante políticas de subvención de los servicios.

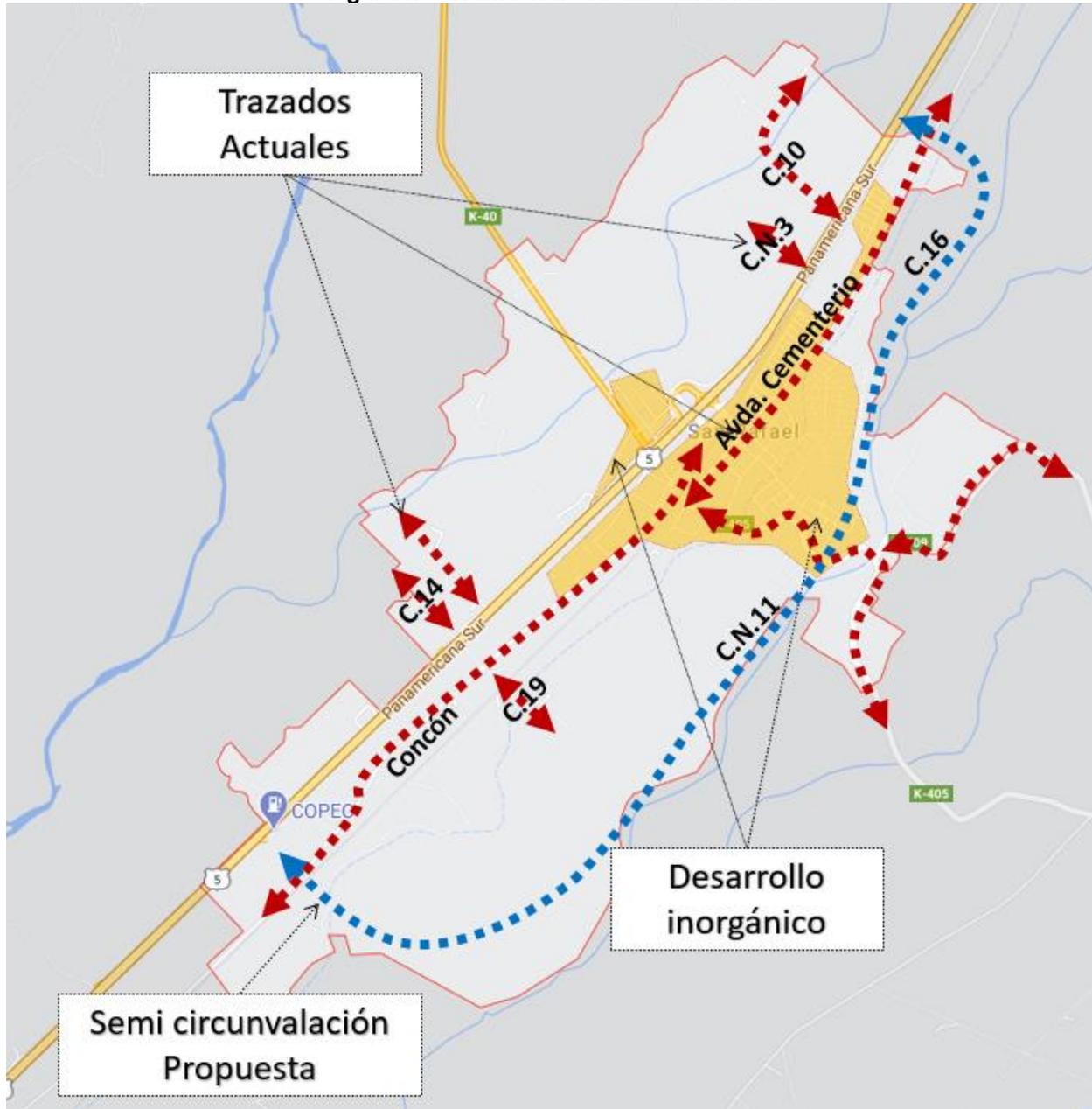
Respecto del ferrocarril, su trazado se desarrolla prácticamente paralelo a Ruta 5 Sur, generando una frontera artificial que segrega la comuna y limita los desplazamientos transversales, sólo a los tres pasos bajo nivel existentes. Además, debido a su dimensionamiento, restringen el cruce a vehículos motorizados de menos de 3,5 m de alto, lo que genera inconvenientes al sistema productivo de la zona que es predominantemente agrícola. Estas restricciones de cruce propician la existencia de pasos a nivel no formalizados, que aumentan la accidentabilidad de la comuna.

### II.3 ENFOQUE URBANO

La conformación de la estructura vial de San Rafael releva que ésta se conforma en base a la prolongación de las rutas de conexión intercomunal (Ruta 5, K-40, K-405), generando un punto neurálgico de la trama vial en el cruce sobre nivel de Ruta 5 Sur.

Esta característica, se complementa con un desarrollo caótico de la trama vial secundaria, no presentando estructuras que permiten evidenciar una planificación de largo plazo, sino más bien el aprovechamiento del territorio disponible, condicionado por las zonas productivas y los Esteros Los Robles por el costado oriente de Ruta 5 Sur y Las Pataguas por costado poniente.

Figura N°5 Trama Vial Urbana San Rafael



Es evidente la característica de cuadrícula o damero en la zona de desarrollo contigua a Ruta K-40 por el poniente, la característica de calle larga de Concón por el oriente hacia el sur, y nuevamente de damero hacia el norte por el costado poniente en Avda. Cementerio, que al oriente del Estero Los Robles presenta una trama mixta más bien desordenada. Lo anterior unido a ejes perpendiculares a Ruta 5 Sur sin conexión alternativa.

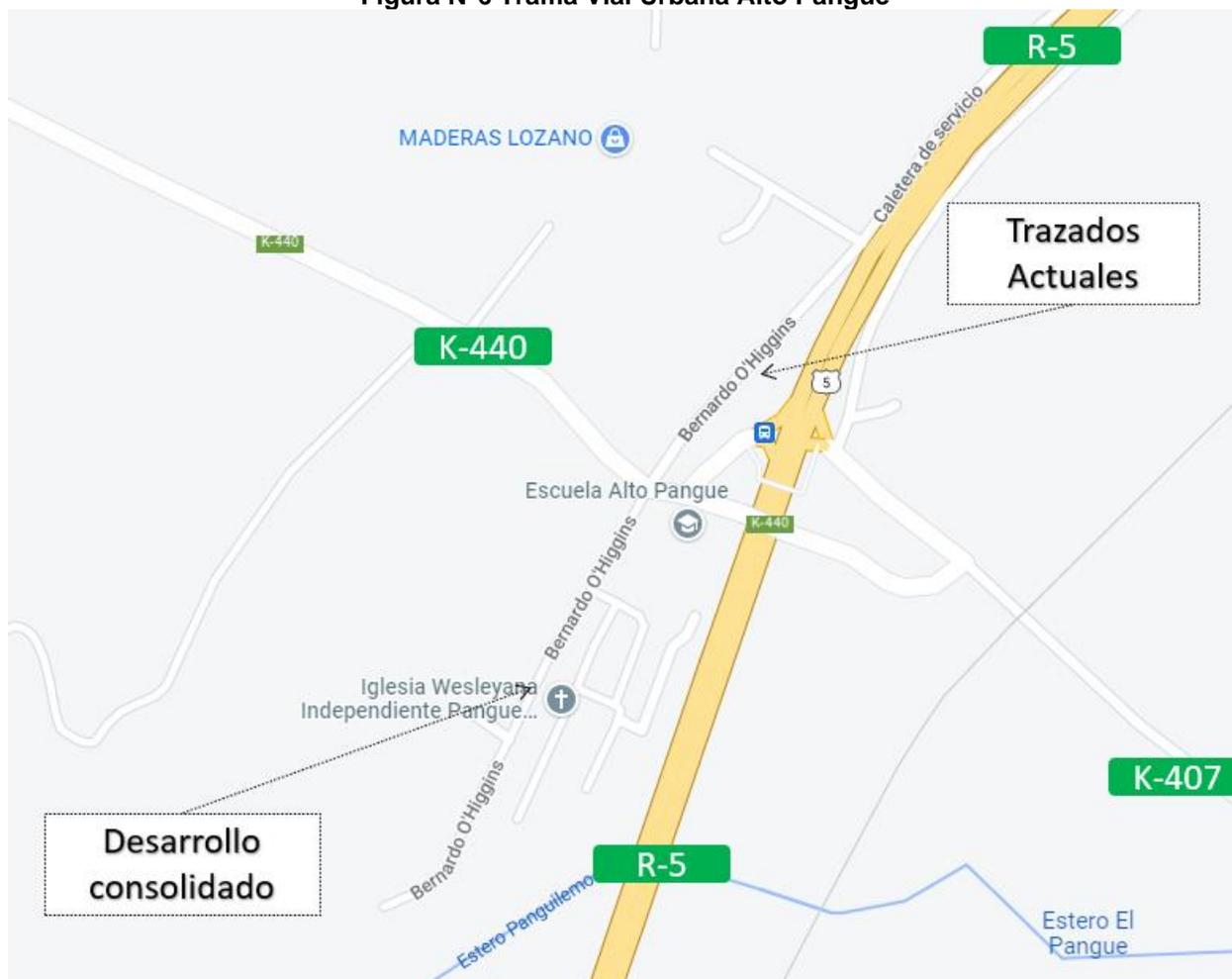
Estas características y restricciones propenden a considerar potenciar una semi circunvalación por el borde poniente del Estero Los Robles, hasta el límite urbano tanto por el norte como por el sur. Este tipo de propuesta permitiría prolongar los trazados transversales a Ruta 5 Sur, de manera de generar la trama vial secundaria necesaria.

Entre las principales ventajas de considerar una estructura vial del tipo circunvalación, es que dicha estructura permitiría delimitar zonas de crecimiento urbano, así como segregar zonas de actividades ofensivas e inofensivas. Complementariamente, reduciría sustancialmente la presión vial sobre el actual cruce sobre nivel, al desviar tránsito hacia los nuevos cruces neurálgicos de la trama vial.

El cambio de estándar de Ruta 5 Sur en este sector, debido a la implementación del bypass a Talca, ayudaría en la dirección de complementar la trama vial necesaria y potenciaría la idea de definir zonas de industria inofensiva en alguna área con buena conexión a Ruta 5 Sur.

Por su parte, en el caso de Alto Pangué, la trama vial se desarrolla en torno a Ruta K-440 mayoritariamente en el sector pavimentado, con un desarrollo consolidado al inicio en cruce con Ruta 5.

**Figura N°6 Trama Vial Urbana Alto Pangué**



### III.- INTERRELACIÓN CON EL ESCENARIO DE DESARROLLO URBANO

Para la estimación de la demanda que el nuevo plan generaría, se ha considerado la **metodología simplificada** que a continuación se describe.

Las zonas del Anteproyecto definen en su ordenanza umbrales de densidad de habitantes por hectárea. Estos umbrales contemplan los loteos de vivienda social, zonas de resguardo patrimonial, zonas con bienes nacionales, etc. En consecuencia, la densidad de habitantes por

hectárea propuesta **es el parámetro relevante en cada zona**, por cuanto el escenario más desfavorable de capacidad vial será aquel que considere que cierto porcentaje de la densidad máxima de cada zona sea alcanzado. Así, relacionando la superficie de cada zona de proyecto con su densidad máxima y dicho porcentaje, es posible obtener el máximo número de habitantes por zona que el respectivo plan permitiría, definido como Escenario de Desarrollo Extremo.

Con el antecedente del máximo número de habitantes por zona, que el proyecto define, y tomando en cuenta el tamaño familiar (habitantes por hogar), es posible estimar el número máximo de hogares por cada zona. El tamaño familiar ha sido definido en función de los antecedentes de población y hogares disponible. Así, el tamaño familiar se ha fijado para tres categorías de hogares definidas de acuerdo al nivel de ingreso. Con este supuesto, el escenario más extremo contempla el número máximo de hogares por cada zona.

Idealmente debiese estimarse un vector de orígenes y un vector de destinos por cada propósito y categoría de demanda, pero en la práctica la clasificación por categorías de demanda no siempre es posible. Dado que éstas se definen a partir de los niveles de ingreso y tasa de motorización de los hogares, la categorización de los orígenes (producciones de viajes) es fácil de hacer cuando los viajes se originan en el hogar, lo cual es una característica de la mayoría de los viajes en el período punta de la mañana y una proporción importante en el período fuera de punta.

En resumen, el método de escenario extremo contempla, hasta aquí, la tasa máxima de viajes por hogar y el tamaño de personas por hogar. Con estos supuestos, se asegura que cada zona tendrá el número máximo de hogares para la densidad definida en el anteproyecto y, por ende, el número máximo de viajes por zona, que corresponde al escenario extremo definido.

La tabla siguiente detalla tasas de generación obtenidas en ciudades capitales de distintas regiones del país que no son representativas de la realidad de la Comuna, pero ayudan a esclarecer los órdenes de magnitud aquí considerados.

En nuestro caso, se ha fijado el número de viajes por hogar en 17,68 viajes/hogar-día para el ingreso alto, 13,02 viajes/hogar-día para el ingreso medio y 10,19 viajes/hogar-día para el ingreso bajo, lo que implica haber considerado las magnitudes promedio en cada clase<sup>1</sup>.

**Tabla III-1 Tasas de Generación según Ingreso Familiar y Tamaño Medio del Hogar**

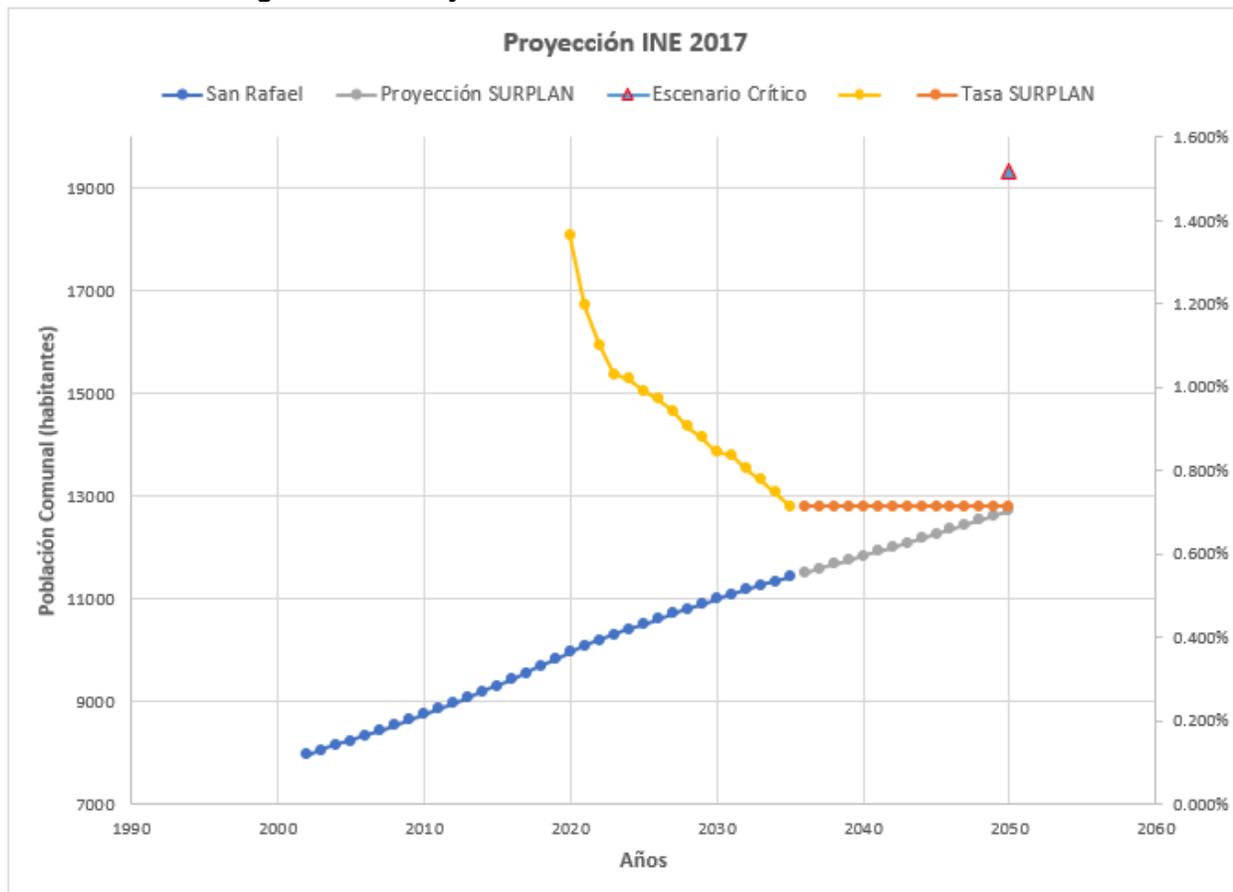
Ciudad	Viajes por Hogar según Nivel de Ingreso			Personas por Hogar
	Alto	Medio	Bajo	
Temuco	20.50	12.13	9.40	3.57
Valdivia	22.36	14.25	11.32	3.46
Osorno	19.05	14.72	10.52	3.49
Talca	15.74	13.38	11.09	3.60
Los Ángeles	12.72	11.37	8.87	3.63
Curicó	14.01	12.81	10.31	3.48
Chillán	19.36	12.51	9.81	3.53

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE STU DE CIUDADES (SECTRA)

Con la finalidad de validar el enfoque adoptado para definir un escenario de desarrollo, la figura siguiente bosqueja la proyección de los habitantes de la Comuna de acuerdo al INE (Censo 2017), para el período 2020 a 2035 (línea azul abscisa principal) y la tasa anual de crecimiento de los habitantes (línea amarilla, abscisa secundaria). Luego, se proyecta los habitantes hasta el año 2050 (línea gris, abscisa principal), de acuerdo a la tasa anual estimada (línea naranja, abscisa secundaria).

<sup>1</sup> Siempre asumiendo un escenario extremo de desarrollo de habitantes o viajes por cada zona.

Figura N°III-1 Proyección de Población Comuna de San Rafael



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

De acuerdo a las proyecciones INE hasta el 2035 las que han sido extendidas hasta el 2050, la población comunal alcanzaría los 12.708 habitantes. Sin embargo, el escenario extremo de análisis (EEA) definido contempla una magnitud de 19.344 habitantes (triángulo rojo), con lo cual se corrobora que el escenario extremo definido es poco probable de alcanzarse y que se está considerando un escenario de desarrollo sustancialmente superior al que probablemente se verifique, con lo cual la red vial se verá cargada con viajes en un escenario extremo. **De verificarse su capacidad vial para este escenario, se concluirá que la red vial propuesta en Anteproyecto es factible.**

La siguiente tabla detalla los principales parámetros obtenidos en diversas ciudades intermedias, en lo que respecta al factor de ajuste de hora punta<sup>2</sup>, y partición modal de vehículos privados, transporte público menor y transporte público mayor.

<sup>2</sup> Que permite estimar los viajes totales en la hora punta a partir de los viajes totales diarios

**Tabla III-2 Proporción de viajes en Punta Mañana y Partición Modal**

Ciudad	Factor de Ajuste PM	Vehículos Privados	Transporte Público Menor	Transporte Público Mayor
Temuco	0,1839	29%	7%	34%
Valdivia	0,1725	24%	11%	30%
Osorno	0,1822	20%	10%	27%
Talca	0,1671	20%	10%	22%
Los Ángeles	0,2104	20%	13%	15%
Curicó	0,1756	19%	10%	19%
Chillán	0,1832	18%	8%	17%
<b>Promedio</b>	<b>0,1821</b>	<b>21,4%</b>	<b>9,9%</b>	<b>23,4%</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE STU DE CIUDADES (SECTRA)

Así, la tabla siguiente resume las magnitudes asociadas al EEA definido, de acuerdo al procedimiento adoptado. Los viajes totales diarios se han ajustado a viajes/hora en la hora punta, considerando como factor de hora punta el valor promedio, sólo por ser el factor representativo de las ciudades intermedias, lo que permite seguir un enfoque de analizar un escenario extremo. Igual enfoque se ha adoptado para obtener la partición modal. Los viajes no motorizados (NM) se obtienen por diferencia con el resto motorizado.

**Tabla III-3 Demanda proyectada Escenario Extremo de Análisis (EEA)**

Localidad	Habitantes	Viajes diarios	Viajes Punta (Viajes/h)	VL	TP	NM
				(Viajes/h)	(Viajes/h)	(Viajes/h)
San Rafael	19.344	57.370	10.447	2.236	3.479	4.733
Alto Pangué	7.356	35.104	6.392	1.368	2.129	2.896

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Conocido el número de viajes en vehículos privados y transporte público, que cada zona generaría/atraería, y aplicando una tasa de ocupación promedio por tipo de vehículo, se ha obtenido el número de vehículos que cada zona generaría en el período punta mañana, para el escenario extremo definido.

Aplicando esta metodología simplificada se ha obtenido el número de vehículos privados, que cada zona del Anteproyecto generaría en el período punta mañana, para el escenario de desarrollo más desfavorable para el sistema de transporte.

Por su parte, la generación de viajes no basados en el hogar tradicionalmente es modelada con regresión lineal múltiple (RLM) a nivel zonal, lo que implica que la generación de estos viajes, es función de variables asociadas con el uso de suelos y las actividades de cada zona. En este sentido, las variables explicativas del modelo RLM de generación de viajes corresponden normalmente a equipamientos por zona, dedicados a cada actividad y no los hogares (recuérdese que ninguno de estos viajes tiene por destino el hogar). Sin embargo, dada la imposibilidad de estimar regresiones de este tipo, puesto que **la metodología simplificada no contempla la realización de una encuesta origen y destino de viajes**<sup>3</sup>, basados en la experiencia nacional en este tipo de estudios, para el período punta mañana se ha asumido un aumento del 15% de los viajes basados en el hogar, atribuibles a viajes no basados en el hogar (equipamientos) en cada zona. En consecuencia, las magnitudes de la tabla anterior han sido aumentadas en un 15%.

<sup>3</sup> La ejecución de una encuesta de este tipo escapa a los alcances del estudio, haciendo impracticable su realización.

Aplicando esta metodología simplificada se ha obtenido el número de vehículos privados que cada zona de proyecto generaría en el período punta mañana, para el escenario de desarrollo más desfavorable (escenario extremo) para el sistema de transporte.

**Tabla III-4 Demanda Punta Mañana EEA**

	<b>Vehículos Livianos</b>	<b>Transporte Público</b>	<b>No Motorizados</b>
<b>Localidad</b>	<b>(Veh/h)</b>	<b>(Veh/h)</b>	<b>(viajes/h)<sup>4</sup></b>
San Rafael	2.236	589	4.733
Alto Pangué	1.368	361	2.896

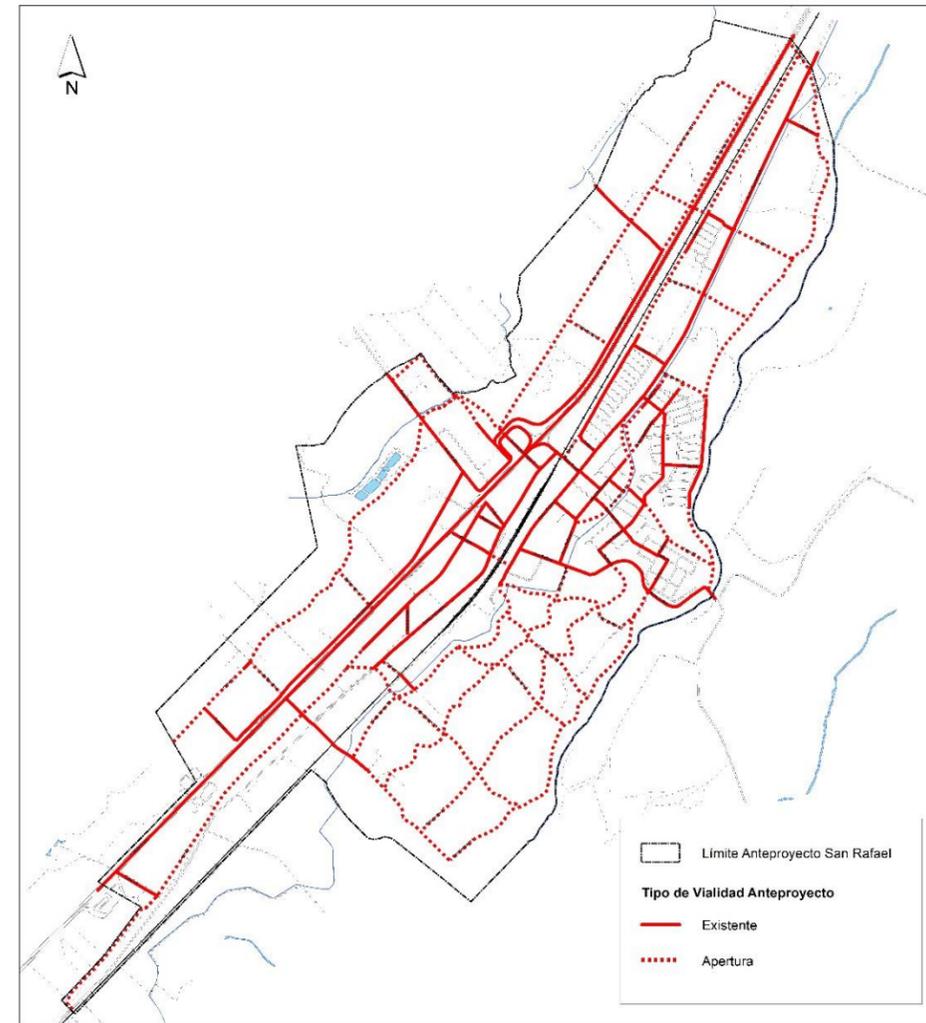
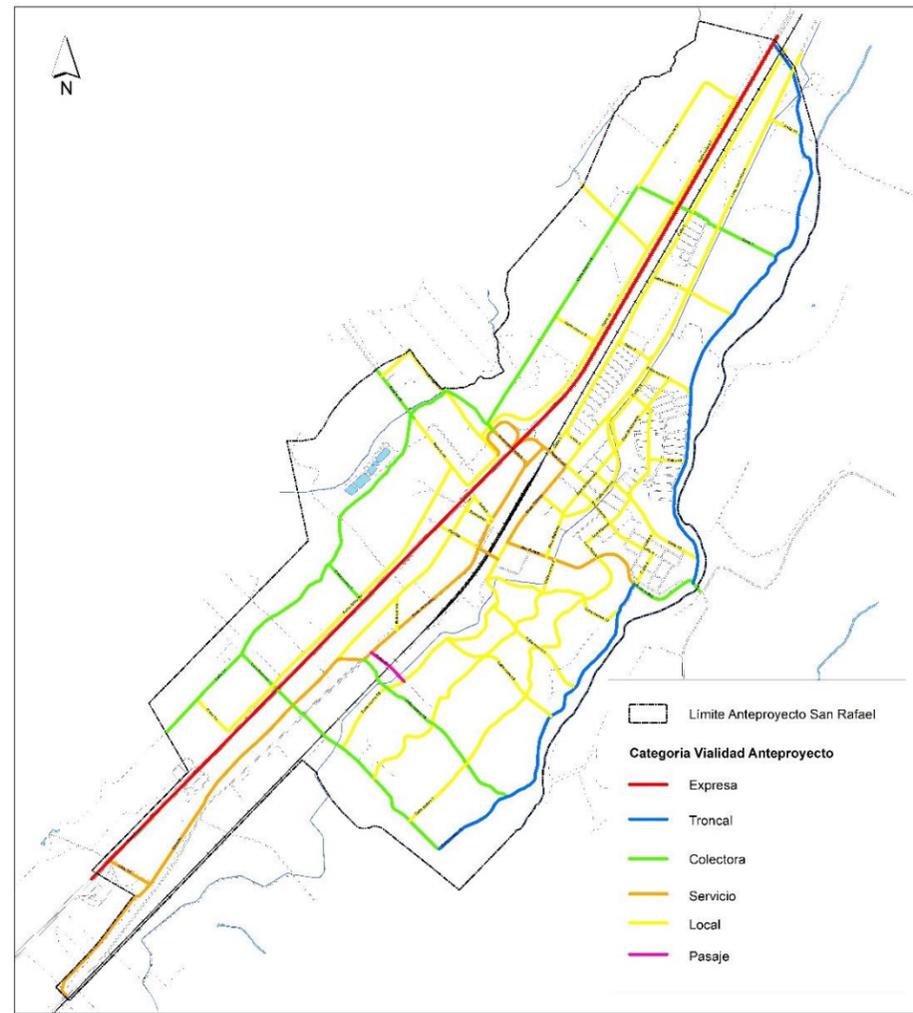
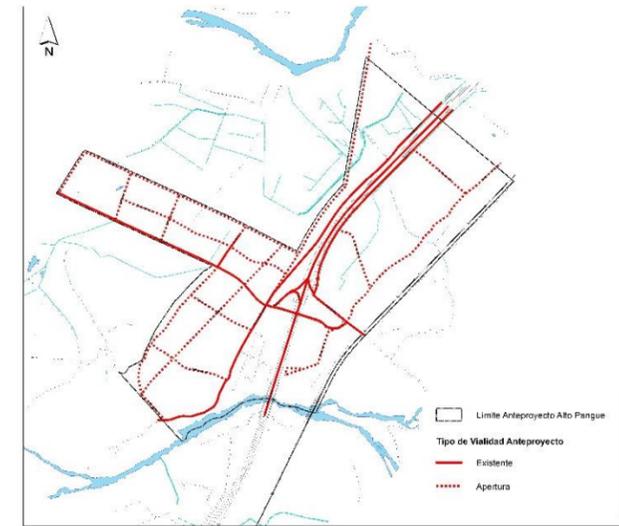
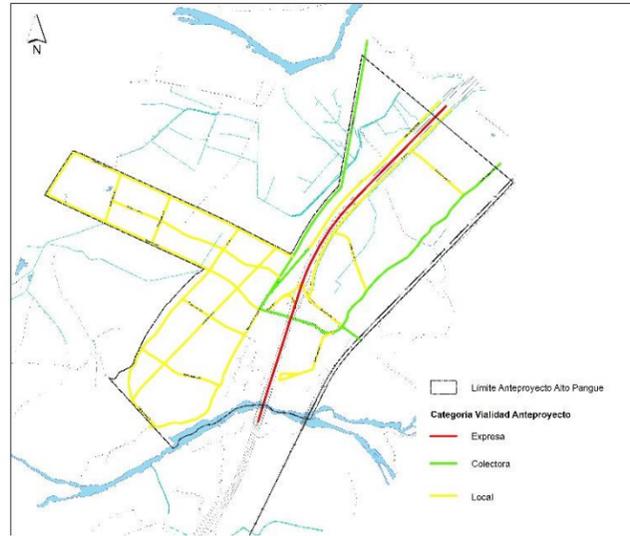
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La interrelación con el escenario de desarrollo urbano se ha realizado considerando la vialidad propuesta en el respectivo plan, de acuerdo con los bosquejos de figuras siguientes, y la estimación de la demanda de viajes urbanos que el escenario de desarrollo urbano propuesto por el nuevo PRC generaría.

La vialidad propuesta es la bosquejada a continuación. En ella es posible distinguir la vialidad de jerarquía estructurante que el plan propone.

<sup>4</sup> Estos pueden ser realizados ya sea caminando o en bicicleta







#### IV.- PREDICCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE

La predicción del sistema de transporte se ha realizado considerando la red propuesta del plan regulador, codificada como red buffer en el modelo SATURN y la matriz de viajes en vehículo privado obtenida mediante el procedimiento descrito en sección anterior.

Respecto de la circulación del transporte público, dado que no es posible pronosticar las rutas que servirán a cada localidad en el escenario modelado, se ha optado por aplicar un factor de reducción de la capacidad de cada arco de la red, con lo cual se simula la reducción de la capacidad vial producto de la circulación de servicios de transporte público.

El factor de reducción se ha asumido en un 15%, lo que implica que, si la capacidad de la vía es de 2000 Veh/h, ésta se reduce en 300 Veh/h por efecto de la circulación de transporte público, lo cual implica un escenario bastante desfavorable para efectos del modelo, por cuanto el flujo actual del transporte público es menor a estas magnitudes.

Esta reducción, al ser asumida en toda la red analizada, permite cuantificar la factibilidad de considerar ciclovías en algunos arcos de la red. En consecuencia, la reducción de capacidad simula recorridos de transporte público o ciclovías.

Debido a la definición propuesta para el escenario modelado, no tiene sentido analizar un corte temporal específico, puesto que el escenario asume aquel año en el cual todas las zonas del anteproyecto alcanzarán sus densidades máximas permitidas.

Antes de analizar en detalle la capacidad de la red vial propuesta, es conveniente analizar las formas de describir el problema de congestión. Por una parte, la escuela americana define niveles de servicio A hasta F y le asocia la demora unitaria promedio que un vehículo debiese percibir. Así, un nivel de servicio D implica que los vehículos circulando en el dispositivo bajo análisis deben presentar demoras entre 35 y 55 segundos por vehículo como promedio, en cada cruce.

Por otra parte, la escuela inglesa define el grado de saturación como la Demanda sobre la Oferta, para las condiciones prevalecientes de circulación. Entendiendo por oferta la capacidad del dispositivo vial en función del tiempo y por demanda, el flujo vehicular que circula (o se atiende) por dicho dispositivo, se define el Grado de Saturación como la razón entre el flujo y la capacidad. Si se piensa en el flujo como la *demanda* por usar de un dispositivo vial y en la capacidad como la *oferta* de atención que provee tal dispositivo, el grado de saturación muestra el balance entre oferta vial y demanda de tráfico. Así, la tabla siguiente detalla la correspondencia entre ambas escuelas e indicadores.

**Tabla IV-1 Correspondencia entre Nivel de Servicio y Grado de Saturación**

Nivel de Servicio	Demoras [s/veh]	Grado de Saturación [%]
A	< 10	< 60%
B	10 – 20	60% - 70%
C	20 – 35	70% - 80%
D	35 – 55	80% - 90%
E	55 – 80	90% - 100%
F	> 80	> 100%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Como regla general, se podrá hablar de existencia de congestión si la demora promedio por vehículo supera el minuto o si el grado de saturación supera el 90%. En un dispositivo vial, al bosquejar la evolución de las demoras en función del grado de saturación, es posible evidenciar que éstas aumentan asintóticamente hacia el 100%. Es decir, a medida que el grado de saturación aumenta linealmente, el aumento de las demoras es explosivo.

En consecuencia, sabiendo que una pista única de 3,5 m de ancho tiene una tasa de descarga que fluctúa entre los 1800 a 2300 ADE<sup>5</sup>/h-pista, es razonable considerar que la capacidad de circulación del eje podría bordear estas magnitudes. Sin embargo, en un escenario desfavorable se puede asumir que la capacidad nominal será de unos 2000 Veq<sup>6</sup>/h-pista. Esta reducción de la capacidad también involucra la consideración indirecta del flujo de transporte público y de camiones de carga, modelado como una reducción de la capacidad para el resto de los modos.

Así, las tablas y figuras siguientes presentan, el grado de saturación obtenido para cada eje del anteproyecto determinado mediante la metodología simplificada. Debido a la definición propuesta para el escenario de demanda modelado, no tiene sentido analizar un corte temporal específico, puesto que el escenario asume aquel año en el cual todas las zonas del anteproyecto alcanzarán sus densidades máximas permitidas.

Para el análisis de factibilidad vial, a continuación, se presenta los resultados del modelo de transporte para cada zona. Los resultados muestran la definición de cada arco considerado (Nodo A – Nodo B), la velocidad a flujo libre asumida ( $V_0$  [km/h]), la velocidad a capacidad asumida ( $V_Q$  [km/h]), la Capacidad de cada arco asumida a partir de los anchos de faja propuestos en cada proyecto ( $Q$  [Veh/h]), la distancia de cada arco (m), y los resultados de la asignación de flujos vehiculares de acuerdo a los supuestos y metodología simplificada descrita.

El tiempo de viaje ( $TV$  [s]) cuantifica el tiempo que demoran los vehículos en recorrer dicho arco, el flujo ( $q$  [veh/h]), corresponde al flujo vehicular que el modelo asigna en cada arco y el Grado de Saturación ( $GS$  [%]), corresponde al indicador del nivel de servicio o congestión de cada arco, en cada sentido de circulación.

El cuadro siguiente resume los resultados relevantes del análisis de la capacidad de la red vial definida en el anteproyecto. Se han filtrado los grados de saturación inferiores al 25%.

---

<sup>5</sup> ADE: Automóvil Directo Equivalente. Significa que todos los vehículos son automóviles y circulan directo, sin giros a izquierda o derecha en el cruce.

<sup>6</sup> Veq: vehículo equivalente. Significa que todos los modos se ajustan a un vehículo patrón, mediante un factor de equivalencia. Una excelente analogía es comparar los veq con en concepto de “frutas” y los automóviles con naranjas, camionetas con peras, taxis colectivos con manzanas, etc.

**Tabla IV-2 Grado de Saturación Red Vial San Rafael, Punta Mañana, Escenario Extremo**

Calle	Nodo A	Nodo B	Vo [km/h]	VQ [km/h]	Q [veh/h]	Long [m]	Ida				Regreso			
							Vel (km/h)	TV[s]	q [veh/h]	G.Sat. [%]	Vel (km/h)	TV[s]	q [veh/h]	G.Sat. [%]
Calle 16	105	117	48	18	1530	327	48	25	384	25%	48	25	384	25%
Calle 16	117	125	48	18	1530	394	48	30	486	32%	48	30	486	32%
Paso Nivel Ruta 5	164	160	53	16	1402	140	52	10	479	34%	52	10	479	34%
Paso Nivel Ruta 5	160	157	53	16	1402	101	39	9	405	29%	39	9	405	29%
Avda. Poniente	188	189	53	16	1402	32	52	2	427	30%	52	2	427	30%
Avda. Poniente	189	185	53	16	1402	93	53	6	370	26%	53	6	370	26%
Paso Nivel Ruta 5	160	157	39	15	1530	101	39	9	405	26%	39	9	405	26%
Avda. Poniente	157	188	53	16	1402	316	52	22	426	30%	52	22	426	30%
Calle Nueva 7	201	196	40	12	1062	210	40	19	277	26%	40	19	277	26%
Calle Nueva 10	198	191	40	12	1062	125	39	11	305	29%	39	11	305	29%
Calle Nueva 10	191	190	40	12	1062	178	39	16	305	29%	39	16	305	29%
Calle Nueva 6	198	197	40	12	1062	134	40	12	267	25%	40	12	267	25%
Calle Nueva 6	197	196	40	12	1062	142	39	13	315	30%	39	13	315	30%
San Rafael	189	190	53	16	1402	113	52	8	516	37%	52	8	516	37%
Avda. Cementerio	133	132	40	12	1062	111	40	10	281	26%	40	10	281	26%
Avda. Cementerio	132	131	40	12	1062	197	40	18	282	27%	40	18	282	27%
Avda. Cementerio	131	130	40	12	1062	126	40	11	289	27%	40	11	289	27%
Avda. Cementerio	130	122	40	12	1062	135	39	12	322	30%	39	12	322	30%
Calle Nueva 1	124	125	40	12	1062	115	40	10	270	25%	40	10	270	25%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**Tabla IV-3 Grado de Saturación Red Vial Alto Pangué, Punta Mañana, Escenario Extremo**

Calle	Nodo A	Nodo B	Vo [km/h]	VQ [km/h]	Q [veh/h]	Long [m]	Ida				Regreso			
							Vel (km/h)	TV[s]	q [veh/h]	G.Sat. [%]	Vel (km/h)	TV[s]	q [veh/h]	G.Sat. [%]
Ruta K-440	104	105	40	12	1062	169	39	15	308	29%	39	15	305	29%
Ruta K-440	105	110	40	12	1062	210	37	20	450	42%	37	20	448	42%
Ruta K-440	110	116	40	12	1062	107	38	10	402	38%	38	10	396	37%
Ruta K-440	116	122	40	12	1062	101	38	10	419	39%	38	10	418	39%
Bernardo O'Higgins	123	122	40	12	1062	97	38	9	430	40%	38	9	423	40%
Ruta 5	130	129	50	30	1700	86	50	6	15	1%	50	6	434	26%
Ruta K-440	122	127	39	15	1530	24	38	2	709	46%	38	2	701	46%
Calle 3	127	128	40	12	1062	86	38	8	434	41%	38	8	427	40%
Calle 3	128	129	40	12	1062	43	38	4	434	41%	38	4	434	41%
Calle 3	130	128	40	12	1062	67	38	6	427	40%	38	6	427	40%
Ruta K-407	130	131	40	12	1062	57	39	5	335	32%	39	5	328	31%
Calle 2	131	132	40	12	1062	229	39	21	296	28%	40	21	289	27%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La identificación de los nodos permite evidenciar los ejes que se encontrarían con grados de saturación inferiores al 37%. El resto de la red se encuentra con saturaciones muy inferiores, asumiendo el escenario extremo de análisis.

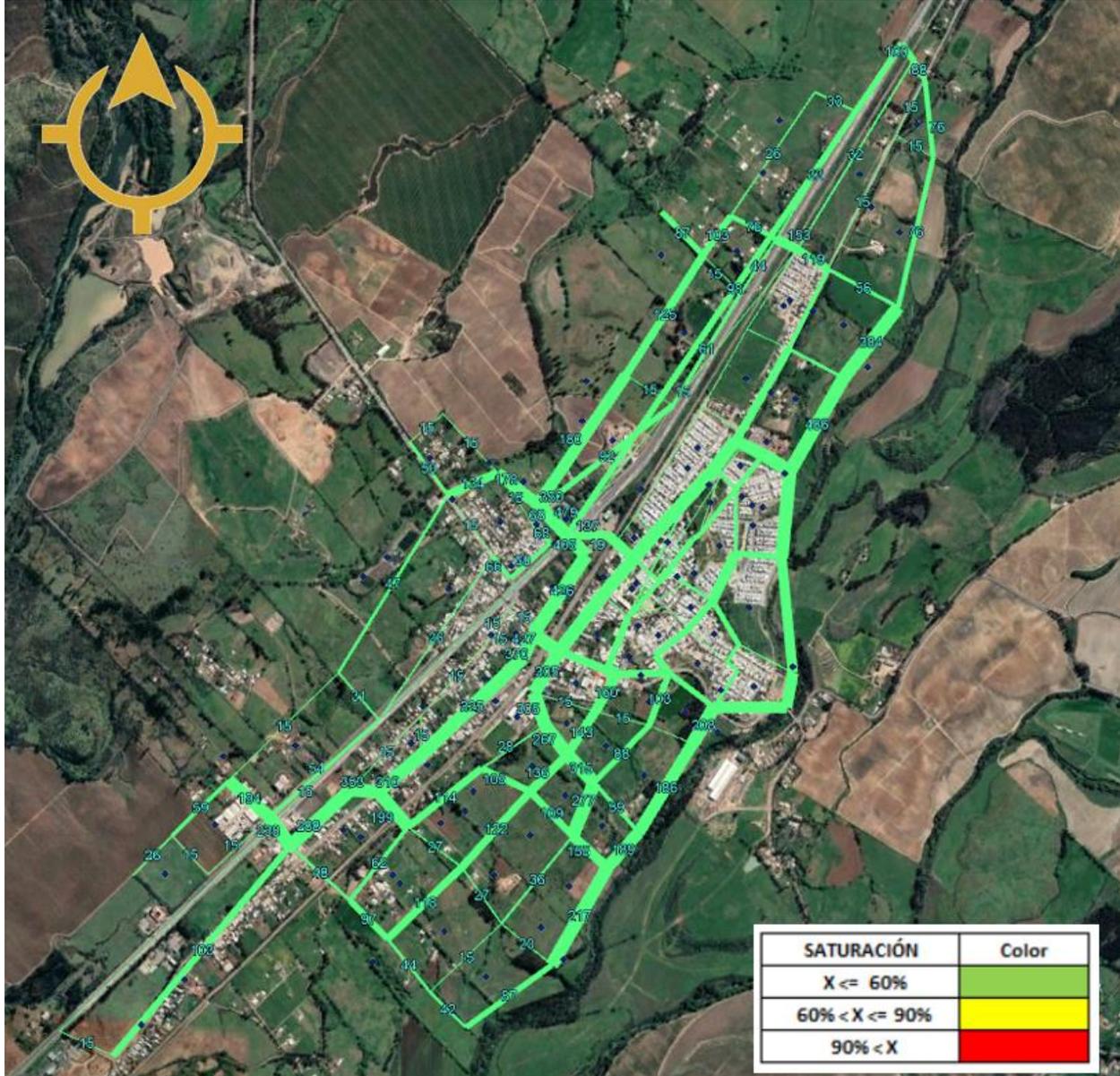
## V.- ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE LA VIALIDAD

### V.1 Indicadores de congestión

Para el análisis de factibilidad vial se ha determinado el grado de saturación que un arco tipo de cada red presenta, el cual se define como el flujo vehicular circulante dividido por la capacidad del arco (demanda sobre oferta, a nivel de arco).

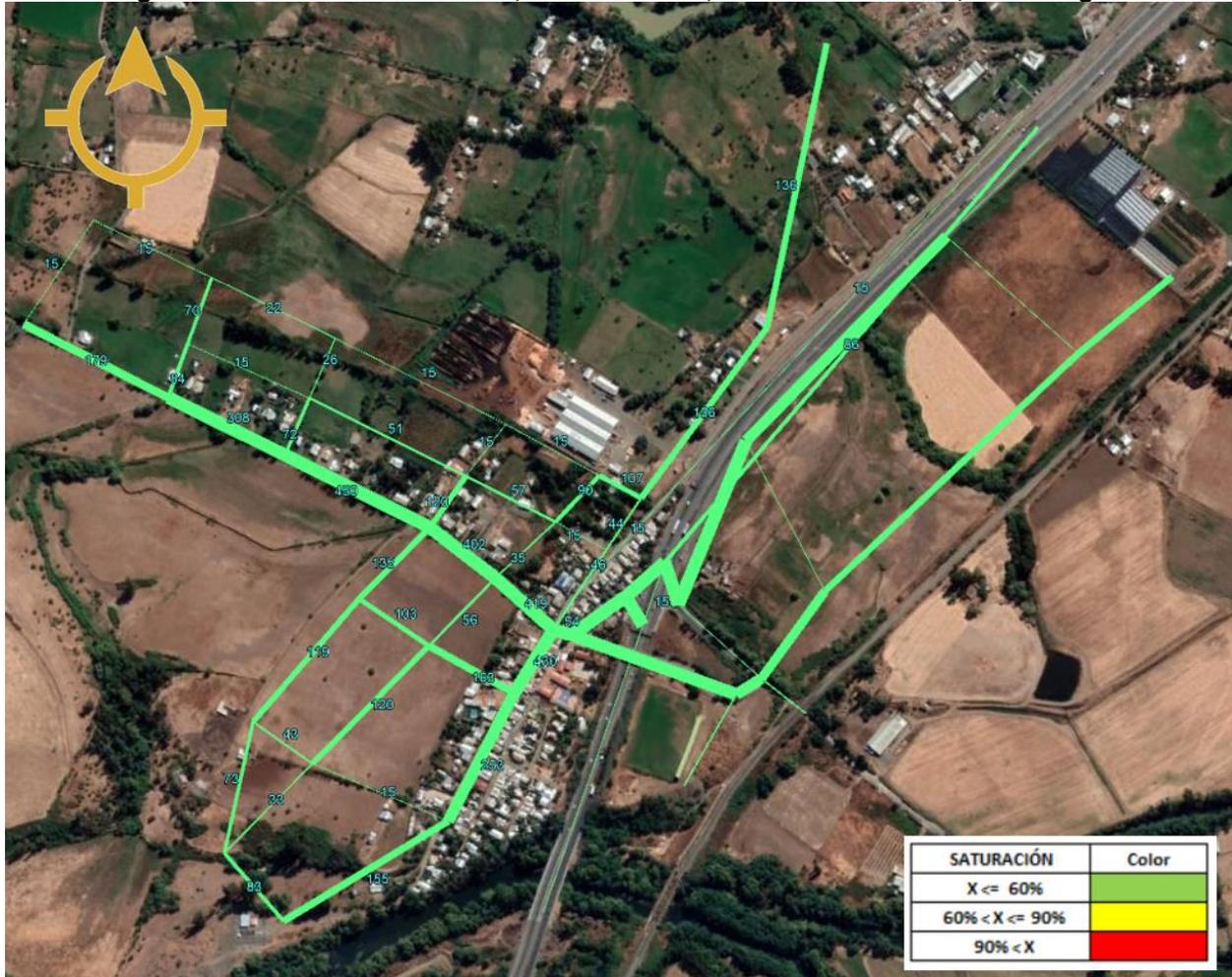
Las figuras siguientes bosquejan los flujos asignados a la red del modelo, de acuerdo al ancho de las líneas y en color el grado de saturación.

**Figura N°V-1 Red de Modelación, Punta Mañana, Escenario Extremo, San Rafael**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

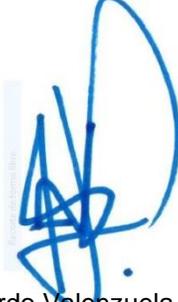
Figura N°V-2 Red de Modelación, Punta Mañana, Escenario Extremo, Alto Pangué



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

## I.1 Conclusiones

De acuerdo a los resultados del modelo aplicado, es posible concluir que la Red Vial propuesta por el Anteproyecto de San Rafael **presenta grados de saturación razonables y por debajo del umbral de la congestión**, en el periodo punta mañana para el escenario de desarrollo extremo definido, considerando la metodología simplificada que aquí se ha descrito.



Eduardo Valenzuela Freraut  
Ingeniero Civil, Mención Transporte, Universidad de Chile (1989)  
Diplomado en Seguridad Vial, Universidad de Chile (2002)