

**ESTUDIO**  
**“ANÁLISIS DE LA INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE**  
**REGION DE ATACAMA”**  
**INFORME FINAL**  
**ÍNDICE MEMORIA PARTE I**

<b>1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS .....</b>	<b>1-1</b>
<b>1.1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1-1</b>
<b>1.2 OBJETIVO DEL ESTUDIO.....</b>	<b>1-1</b>
1.2.1 <i>Objetivo General.....</i>	<i>1-1</i>
1.2.2 <i>Objetivos Específicos .....</i>	<i>1-2</i>
<b>1.3 REVISIÓN METODOLÓGICA.....</b>	<b>1-2</b>
1.3.1 <i>Etapa I: Recopilación de Antecedentes y Estudios de Base.....</i>	<i>1-3</i>
1.3.2 <i>Etapa II: Diagnóstico y Calibración del Modelo.....</i>	<i>1-5</i>
1.3.3 <i>Etapa III: Evaluación y Proposición del Plan de Inversiones.....</i>	<i>1-5</i>
<b>1.4 CONTENIDOS DEL INFORME .....</b>	<b>1-6</b>
<b>2. RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES .....</b>	<b>2-1</b>
<b>2.1 PRESENTACIÓN.....</b>	<b>2-1</b>
<b>2.2 ANTECEDENTES DE TRANSPORTE .....</b>	<b>2-1</b>
2.2.1 <i>Plazas de peaje .....</i>	<i>2-1</i>
2.2.2 <i>Plan Nacional de Censos .....</i>	<i>2-5</i>
2.2.3 <i>Información de Aduanas .....</i>	<i>2-18</i>
2.2.4 <i>Transporte Ferroviario .....</i>	<i>2-21</i>
2.2.5 <i>Transporte Aéreo .....</i>	<i>2-24</i>
2.2.6 <i>Actividad Portuaria .....</i>	<i>2-26</i>
<b>2.3 ESTUDIOS .....</b>	<b>2-31</b>
2.3.1 <i>Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021 .....</i>	<i>2-31</i>
2.3.2 <i>Chile 2020, Obras Públicas para el Desarrollo .....</i>	<i>2-33</i>
2.3.3 <i>Actualización Plan Director de Infraestructura MOP 2010 - 2025.....</i>	<i>2-34</i>
2.3.4 <i>Análisis de Proyectos de Infraestructura MOP para Plataforma Logística Regiones I-III.....</i>	<i>2-37</i>
2.3.5 <i>Análisis Estimación de la Demanda de Carga Interurbana .....</i>	<i>2-38</i>
2.3.6 <i>Formulación de una Metodología de Actualización de la Red Vial Estructurante de Chile ...</i>	<i>2-39</i>
2.3.7 <i>Estudios de tránsito y evaluación social Ruta 5, La Serena – Vallenar y Vallenar – Caldera</i>	<i>2-39</i>
2.3.8 <i>Plan Regional de Gobierno 2010 – 2014.....</i>	<i>2-42</i>
2.3.9 <i>Estrategia de Desarrollo Regional de Atacama 2007-2017 .....</i>	<i>2-44</i>
<b>3. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE ACTIVIDADES.....</b>	<b>3-1</b>
<b>3.1 ANTECEDENTES SOCIODEMOGRÁFICOS .....</b>	<b>3-1</b>
<b>3.2 ANTECEDENTES ECONÓMICOS .....</b>	<b>3-6</b>

<b>3.3</b>	<b>ANÁLISIS SECTORIAL .....</b>	<b>3-9</b>
3.3.1	<i>Sector Minero.....</i>	3-9
3.3.2	<i>Sector Agropecuario .....</i>	3-21
3.3.3	<i>Sector Pesquero .....</i>	3-25
3.3.4	<i>Sector Turismo.....</i>	3-26
3.3.5	<i>Sectores Portuario, Energía y Recursos Hídricos .....</i>	3-35
<b>4.</b>	<b>DEFINICIONES BÁSICAS .....</b>	<b>4-1</b>
<b>4.1</b>	<b>ZONIFICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....</b>	<b>4-1</b>
<b>4.2</b>	<b>DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE TRANSPORTE.....</b>	<b>4-5</b>
<b>4.3</b>	<b>AÑOS DE CORTE, PERÍODOS Y MODOS DE MODELACIÓN.....</b>	<b>4-9</b>
<b>5.</b>	<b>ESTUDIOS DE BASE.....</b>	<b>5-1</b>
<b>5.1</b>	<b>DISEÑO PROGRAMA DE TERRENO .....</b>	<b>5-1</b>
<b>5.2</b>	<b>ENCUESTAS ORIGEN - DESTINO .....</b>	<b>5-1</b>
5.2.1	<i>Localización de puntos EOD .....</i>	5-1
5.2.2	<i>Tamaño Muestral.....</i>	5-6
5.2.3	<i>Descripción Muestral.....</i>	5-8
<b>5.3</b>	<b>ENCUESTAS DE PREFERENCIAS DECLARADAS.....</b>	<b>5-11</b>
5.3.1	<i>Puntos de Encuesta .....</i>	5-11
5.3.2	<i>Diseño del Experimento .....</i>	5-13
5.3.3	<i>Experiencia Piloto .....</i>	5-16
5.3.4	<i>Muestra Definitiva .....</i>	5-17
5.3.5	<i>Descripción de la Muestra de Vehículos Livianos .....</i>	5-19
5.3.6	<i>Descripción Muestra de Vehículos Pesados .....</i>	5-20
5.3.7	<i>Estimación de Modelos .....</i>	5-22
5.3.8	<i>Comentarios finales .....</i>	5-25
<b>5.4</b>	<b>MEDICIONES DE FLUJO VEHICULAR .....</b>	<b>5-26</b>
5.4.1	<i>Mediciones de Temporada Verano .....</i>	5-26
5.4.2	<i>Mediciones de Temporada Normal.....</i>	5-28
<b>5.5</b>	<b>MEDICIONES DE TASA DE OCUPACIÓN.....</b>	<b>5-34</b>
<b>5.6</b>	<b>MEDICIÓN DE TIEMPOS DE VIAJE.....</b>	<b>5-36</b>
5.6.1	<i>Metodología.....</i>	5-36
5.6.2	<i>Circuitos de Medición.....</i>	5-38
<b>5.7</b>	<b>RECORRIDO DE TERRENO.....</b>	<b>5-41</b>
<b>6.</b>	<b>CATASTRO DE TRANSPORTE PÚBLICO INTERURBANO .....</b>	<b>6-1</b>
<b>6.1</b>	<b>BUSES RURALES .....</b>	<b>6-1</b>
<b>6.2</b>	<b>TAXIS COLECTIVOS RURALES.....</b>	<b>6-3</b>
<b>6.3</b>	<b>BUSES INTERURBANOS.....</b>	<b>6-4</b>
<b>7.</b>	<b>CALIBRACIÓN RED DE TRANSPORTE .....</b>	<b>7-1</b>
<b>7.1</b>	<b>ASPECTOS GENERALES .....</b>	<b>7-1</b>
<b>7.2</b>	<b>METODOLOGÍA DE CALIBRACIÓN .....</b>	<b>7-1</b>
<b>7.3</b>	<b>ZONIFICACIÓN Y RED DE MODELACIÓN EMME2.....</b>	<b>7-9</b>
<b>7.4</b>	<b>CONSIDERACIONES EN LA MODELACIÓN .....</b>	<b>7-12</b>
7.4.1	<i>Características de los arcos y conectores.....</i>	7-12

7.4.2	<i>Estimación de Costos Operacionales COPER</i> .....	7-12
7.4.3	<i>Funciones de Costo Generalizado de Transporte y Método de Asignación</i> .....	7-13
7.4.4	<i>Valores Subjetivos del Tiempo</i> .....	7-13
7.4.5	<i>Características y parámetros de los arcos</i> .....	7-13
7.5	<b>RESULTADOS DE CALIBRACIÓN RUTAS DE TRANSPORTE PÚBLICO</b> .....	<b>7-14</b>
7.6	<b>RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN TRANSPORTE PRIVADO</b> .....	<b>7-16</b>

## INDICE ANEXOS DIGITALES

- Anexo Cap. 1 Reunión Iniciación
- Anexo Cap. 2 Antecedentes Iniciales
- Anexo Cap. 5 Estudios de Base
- Anexo Cap. 7 Calibración de la Red
- Anexo Cap. 8 Diagnóstico Territorial
- Anexo Cap. 9 Proyecciones de Demanda de Viajes
- Anexo Cap. 11 Definiciones de Planes y Proyectos
- Anexo Cap. 12 Simulación de Planes y Proyectos
- Anexo Cap. 13 Evaluación de Planes y Proyectos

## **1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS**

### **1.1 Introducción**

En el marco del Estudio “**ANÁLISIS DE LA INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE REGION DE ATACAMA**”, la Dirección de Planeamiento adjudicó mediante licitación pública en octubre de 2012 a CIS Asociados Consultores en Transporte S.A. la realización del estudio cuyo propósito es desarrollar e implementar un modelo de planificación estratégica de transporte interurbano que considere tanto las modificaciones experimentadas en la red de transporte de la Región de Atacama, como que incorpore los proyectos de desarrollo regional en fase prospectiva.

El presente documento corresponde al Informe Final del estudio, presentándose el reporte de la totalidad de las tareas comprometidas en la propuesta elaborada por el consultor.

### **1.2 Objetivo del Estudio**

La Región de Atacama presenta un elevado potencial de crecimiento en función del desarrollo minero, principalmente asociado a la demanda de hierro, pero también aurífero y cuprífero lo que genera una serie de requerimientos directos e indirectos sobre el sistema de transporte. Otros sectores de la economía regional, como la agricultura, la agroindustria, la energía y el turismo presentan también un gran dinamismo, y existen sectores con potencial de desarrollo como la pesca y el sector pecuario. Esto genera demandas por mano de obra que deben ser resueltas en los centros poblados existentes y un requerimiento de recursos hídricos que agravará la situación de escasez actual. Para sustentar este crecimiento industrial y demográfico proyectado, es necesario contar con una planificación adecuada de la infraestructura vial, de manera que esta sea un medio de potenciar las actividades y no una restricción.

#### **1.2.1 Objetivo General**

En el contexto anterior se ha planteado este estudio, que en un horizonte de mediano (10 años) y largo plazo (25 años), busca definir un plan de inversiones viales para la región acorde con los marcos presupuestarios disponibles. Este plan de inversiones debe estar basado en un Modelo de Planificación Estratégica de Transporte Interurbano, a desarrollar en el estudio, que considere las modificaciones experimentadas en la red de transporte de la Región de Atacama e incorpore los proyectos de desarrollo regional en los distintos ámbitos de actividad.

## 1.2.2 Objetivos Específicos

Considerando el marco general anterior se definen a su vez los siguientes objetivos específicos:

- Formular desde el punto de vista conceptual y metodológico las diversas particularidades que presenta un estudio estratégico interurbano como el que se plantea en estas bases, referidas a las características de los mercados del transporte, modos de transporte identificados, comparación con otros estudios similares, etc.
- Recopilar Información de Tránsito, del sistema de transporte en general y del sistema de actividades. Analizar la información bibliográfica disponible y su posible actualización según corresponda, relacionada con la metodología propuesta y de las necesidades de levantamiento de información.
- Definir Escenarios Alternativos de Desarrollo y evaluarlos desde el punto de vista de su rentabilidad social usando el modelo indicado previamente. Dichos escenarios de desarrollo deben ser acordados entre el Consultor y la Contraparte Técnica del Estudio previa consulta a las autoridades regionales.
- Desarrollar una propuesta metodológica para la proyección de matrices de viajes en los cortes temporales futuros 2015, 2020, 2025 y 2030 como también analizar y validar las hipótesis de desarrollo regional que permitan explicar su desarrollo económico y social.
- Evaluar Socialmente los Proyectos y Planes de Proyecto, para determinar su rentabilidad social y demostrar las capacidades del modelo desarrollado.

## 1.3 Revisión Metodológica

Dados los objetivos del estudio anteriormente descritos, se efectuó la creación de una base de datos destinada a organizar y facilitar el uso y actualización de la información que se recogió como parte de la implementación del modelo estratégico de transporte interurbano. El modelo calibrado con la situación actual se utilizó para hacer un diagnóstico de la infraestructura vigente, definir escenarios alternativos de desarrollo y evaluarlos desde el punto de vista de su rentabilidad social de modo de generar un plan de inversiones viales para la región acorde con los marcos presupuestarios disponibles.

Considerando lo anterior, para enfrentar el estudio se planteó una metodología basada en tres etapas compuestas por distintas tareas que interactúan entre ellas de la forma que se representa en la figura siguiente.

**Figura 1.3-1: Interrelación de Principales Tareas del Estudio**



En los puntos siguientes se presenta una breve descripción metodológica de cada etapa del estudio.

### **1.3.1 Etapa I: Recopilación de Antecedentes y Estudios de Base**

Esta etapa comienza con la tarea de Recolección de Antecedentes existentes que se basa en tres aspectos:

- Sistema de Actividades
- Sistema de Transporte
- Otros Estudios existentes de la Región

Para estas tareas se realizó una recolección en terreno de las industrias principales y el mandante entregó una gran cantidad de antecedentes basada en estudios y proyectos existentes en la región, vigentes para los fines de este estudio.

Posteriormente se procedió a realizar la tarea de Estudios de Base en la cual se desarrollaron mediciones de terreno, todas consensuadas en términos de programa de trabajo y ubicación geográfica de puntos con el mandante, a saber:

- Encuestas Origen - Destino (EOD) de Interceptación de Vehículos en 13 puntos con apoyo de Carabineros. Incluyó puntos de EOD de Preferencias Reveladas (para conocer viajes actuales) y también de Preferencias Reveladas (para conocer elecciones de posibles proyectos alternativos a los viajes actuales).
- 62 puntos de conteos de flujo vehicular por tipo de vehículos en vías o cruces de ellas (56 puntos en Temporada Normal y 6 puntos en Temporada de Verano)
- 3 puntos de medición de Tasas de Ocupación de vehículos.
- Mediciones de Velocidades en los principales ejes estructurantes de la red vial.
- Catastro Transporte Público Interurbano en terminales.

La etapa contempló también una tarea de Definiciones Básicas donde se definió el área de estudio y la Red Vial Preliminar de transporte interurbano a calibrar.

Conforme a lo indicado en la oferta técnica, el consultor expuso al mandante las actividades comprometidas. El objetivo de la presentación, realizada en la Dirección de Planeamiento el día 26 de octubre de 2012, fue discutir la oferta técnica y determinar los aspectos de la metodología que requirieran una profundización. Como resultado de la reunión, se observó la necesidad de enfatizar la incidencia de la restricción de recursos hídricos sobre el desarrollo de escenarios de crecimiento y la proyección de actividades.

Como parte de la primera etapa del estudio se realizó por último una visita a terreno durante tres días (26 al 28 de diciembre de 2012) del equipo consultor en conjunto con profesionales MOP integrantes de la contraparte técnica tanto del nivel central y de la región. En esta visita se recorrió gran parte de la red vial a simular, mostrando los profesionales MOP al consultor la ubicación de los principales proyectos de transporte previstos y su relación con la movilidad y los sistemas productivos de la región.



### **1.3.2 Etapa II: Diagnóstico y Calibración del Modelo**

En esta etapa se desarrolló la tarea de Calibración Red de Transporte la cual se realiza utilizando el Modelo EMME2. Este modelo dispone de distintos criterios para simular la asignación de vehículos a la red vial. En este estudio dada las características interurbanas que posee, se utilizó el Método de Equilibrio Estocástico (SUE) por tipo de vehículo: autos y camiones. Para esto fue necesario realizar en primer lugar la Calibración de las Rutas de Transporte Público que se simularon como rutas de asignación fija en la red; posteriormente, la consolidación de las matrices de las encuestas de la EOD y finalmente el ajuste de estas matrices consolidadas a los conteos de vehículos una vez asignadas a la red, lo cual se realizó usando un enfoque de Máxima Entropía.

La etapa culminó con la tarea de diagnóstico territorial considerando el sistema económico (O/D cargas, I/O, turismo), la normativa territorial y el balance Oferta/Demanda de transporte. Este diagnóstico culminó con una tarea de proposiciones de proyectos y planes (agrupación de proyectos) para la región.

### **1.3.3 Etapa III: Evaluación y Proposición del Plan de Inversiones**

La etapa III comenzó con la Proyección de la Demanda de viajes tanto de vehículos de pasajeros y de carga. Para esto se utilizaron modelos del tipo demanda directa y modelos de corte temporal usando proyecciones de los sectores productivos relevantes de la región.

Luego se realizó la definición de la Situación Base, que incorporó los proyectos viales con decisión de ejecución y los proyectos de concesión en etapa de licitación.

Posteriormente, se realizó la identificación de proyectos y sus posibles combinaciones para definir los Planes de Proyectos a simular y evaluar en esta etapa del estudio, usando para ello la información proveniente del diagnóstico y de los planes de infraestructura existentes y vigentes en la región, tales como:

- Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021
- Plan Director de Vialidad
- Programa de Largo Plazo de Concesiones Viales Urbanas e Interurbanas
- Proyectos Regionales

Luego, se realizó la simulación de la Situación Base y de los Planes de Proyecto. Para esto se simularon 24 proyectos viales en forma individual identificados previamente y a partir de los resultados de demanda que toman y conectividad que proveen se escogieron los

proyectos que conforman los 3 Planes de Proyectos de inversión analizados en el estudio, los cuales se sometieron también a simulación.

Finalmente, se realizó la evaluación económica de cada Plan de Proyectos y de cada proyecto individual, culminando con una propuesta de Plan de Inversiones en infraestructura para la región de corto, mediano y largo plazo.

#### **1.4 Contenidos del Informe**

En el presente informe se plantean las tareas comprometidas en la propuesta del consultor. El contenido se ha estructurado en catorce capítulos, incluyendo el actual de presentación.

El segundo capítulo corresponde a la recopilación de antecedentes de transporte, de estudios previos desarrollados en el área de estudio o que aporten antecedentes metodológicos de interés para su desarrollo.

El tercer capítulo recoge los antecedentes correspondientes al sistema de actividades, caracterizando el territorio analizado a partir de la localización de los sectores económicos y sus habitantes.

En el cuarto capítulo se presentan las definiciones básicas que permiten modelar el sistema de transporte de la región, identificando las principales zonas y definiendo la red de transporte.

El quinto capítulo corresponde a los estudios de base realizados para medir la actividad vehicular en la región, a través de conteos de flujos vehiculares, encuestas origen – destino de viajes por modo de transporte, encuestas de preferencias declaradas, mediciones de velocidades y tasas de ocupación.

En el sexto capítulo se reporta el catastro de transporte público interurbano, compuesto por buses y taxis colectivos rurales.

En el séptimo capítulo se presentan las actividades realizadas para ajustar la red de modelación al funcionamiento observado del sistema de transporte interurbano.

En el octavo capítulo se realiza un diagnóstico del territorio desde la perspectiva económica y demográfica, y desde la perspectiva de la oferta y demanda por transporte, lo que permitió proponer un conjunto de alternativas a evaluar dentro del estudio.

El noveno capítulo presenta la Proyección de Demanda de Viajes, donde se presentan los modelos calibrados y las proyecciones por año de corte de vehículos privados livianos, de transporte de carga y de pasajeros de transporte público.

El décimo capítulo presenta la Definición de la Situación Base, que incorpora los proyectos viales con decisión de ejecución y los proyectos de concesión en etapa de licitación.

El undécimo capítulo presenta la Propuesta de Infraestructura de Mediano y Largo Plazo donde se realiza la identificación de proyectos y sus posibles combinaciones para definir los Planes de Proyectos, a partir de la información del diagnóstico del estudio y de los planes de infraestructura existentes y vigentes en la región.

En el capítulo 12 se presenta la Simulación del Sistema de Transporte tanto de la Situación Base, de los Proyectos individuales y de los Planes de Proyectos, definidos para cada año de corte futuro de la región.

En el capítulo 13 se reporta la Evaluación Social de los Proyectos individuales y de los Planes de Proyectos de infraestructura de transporte, a partir de los consumos de recursos obtenidos del modelo de simulación y una estimación de costos proveniente de los estudios disponibles.

Finalmente, en el capítulo 14 se presenta la metodología empleada para diseñar y programar financieramente el Plan de Inversiones en Infraestructura de Transporte finalmente propuesto.

## **2. RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES**

### **2.1 Presentación**

En este capítulo se realiza un levantamiento de antecedentes que permiten caracterizar el área de análisis, particularmente en el ámbito del movimiento de bienes y personas, considerando antecedentes de transporte, estudios realizados y otras fuentes.

En el segundo punto se reportan los antecedentes de flujo que se pueden obtener del Plan Nacional de Censos que elabora periódicamente la Dirección de Vialidad, tanto aquellos provenientes de instrumentos contadores automáticos como de conteos periódicos. También se reportan los antecedentes de tráfico por las avanzadas aduaneras en la zona de estudio, lo que permite tener una estimación inicial de los flujos de bienes y personas que se movilizan anualmente por los pasos fronterizos de la región.

En el tercer punto se levanta información de estudios relacionados con el estudio actual, los cuales son analizados de manera de identificar aquellos aspectos que resultan más relevantes al objetivo del presente estudio. Un aspecto también tratado se refiere a la planificación de infraestructura MOP existente en el área de análisis, lo que servirá de punto de partida para los desarrollos posteriores.

### **2.2 Antecedentes de Transporte**

#### **2.2.1 Plazas de peaje**

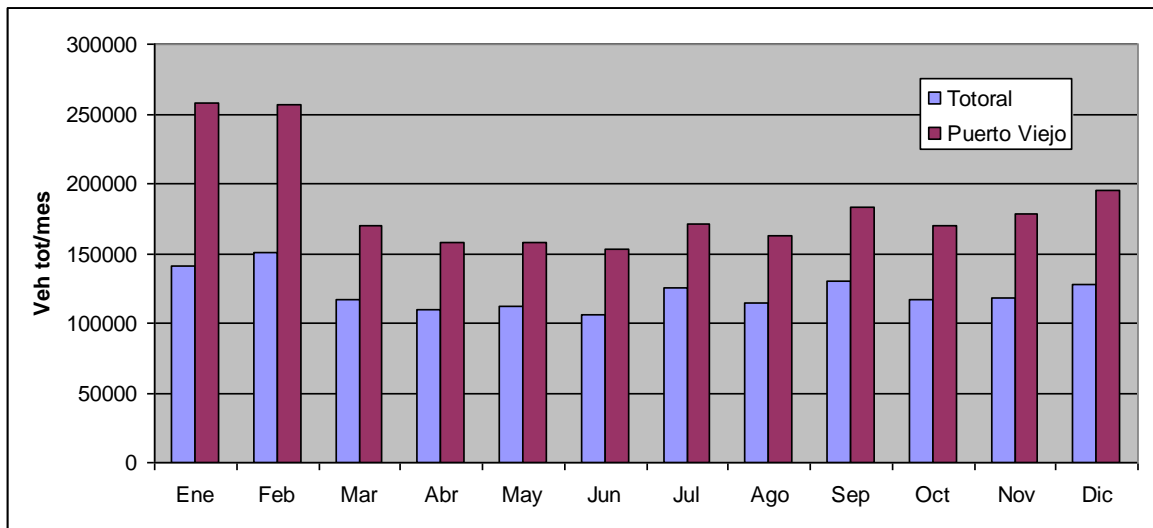
En la Región de Atacama operan sólo dos plazas de peaje, emplazadas sobre la Ruta 5 y correspondientes a la concesión Ruta 5 Norte, tramo Vallenar – Caldera. Estas plazas de peaje son Puerto Viejo, localizada entre Copiapó y Caldera, y Totoral, localizada entre Copiapó y Vallenar.

**Figura 2.2-1: Localización Plazas de Peaje Ruta 5 Vallenar - Caldera**



Durante el año 2012 se registraron 3.681.414 pasadas, de los cuales un 60% pasó por el peaje Puerto Viejo y el 40% restante por el de Totoral. Esta relación se mantiene durante el año, excepto en enero y febrero.

**Figura 2.2-2: Distribución mensual de los flujos - 2012**

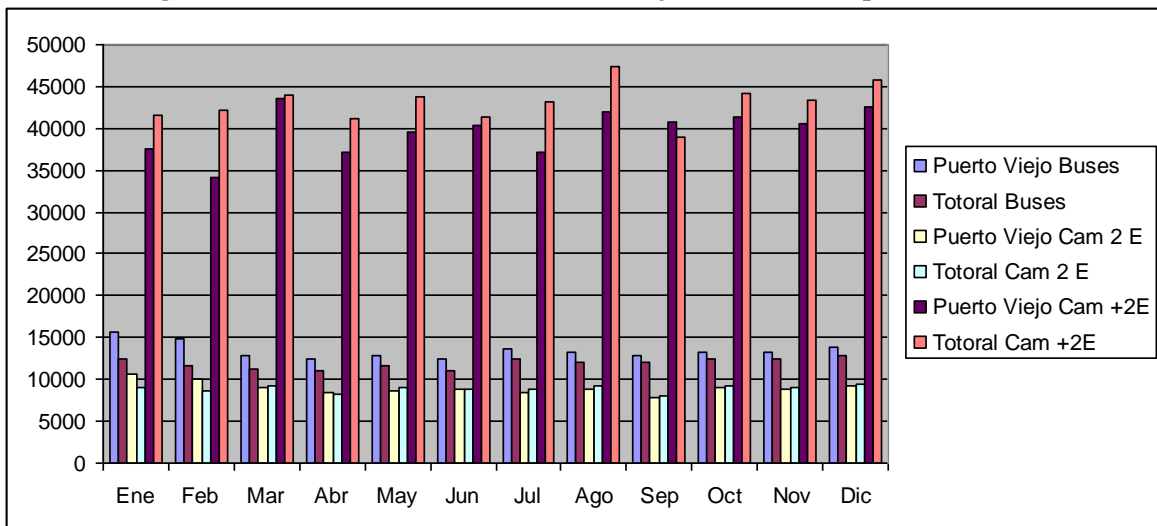


El peaje de Puerto Viejo muestra una marcada estacionalidad en los meses de enero y febrero, asociada a desplazamientos hacia Caldera y Bahía Inglesa. En el caso de Totoral también existe un aumento en los flujos en esos meses, pero es de menor magnitud.

Aproximadamente un 40% de los vehículos que circulan en el año corresponde a vehículos pesados (27% camiones de más de dos ejes, 8% buses y 6% camiones de dos ejes), en tanto el resto corresponde a vehículos livianos. No obstante, esa composición se ve alterada por el marcado aumento del flujo de vehículos livianos en temporada estival.

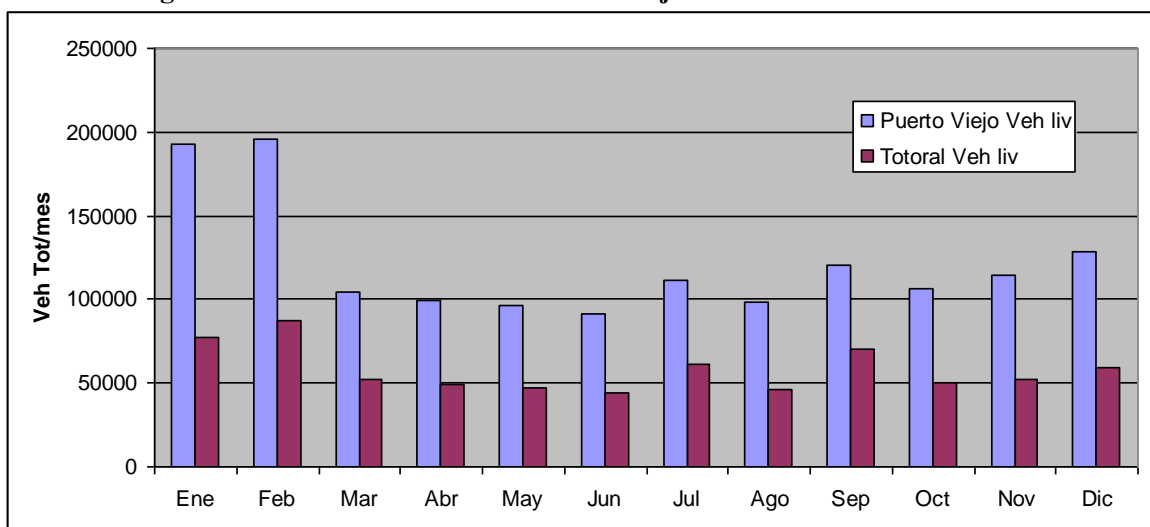
Como se observa en la figura, el flujo de camiones pesados es bastante estable durante el año y muestra una cierta continuidad entre los flujos medidos en ambas plazas de peaje, lo que sugiere que se trata de viajes de extensión supra regional.

**Figura 2.2-3: Evolución mensual de los flujos de vehículos pesados - 2012**



En el caso de los vehículos livianos, se aprecia una diferencia significativa entre la plaza de peaje de Totoral y la de Puerto Viejo, debido probablemente a la presencia del aeropuerto “Desierto de Atacama” y adicionalmente a la actividad turística. Se observa además un incremento en las pasadas en Puerto Viejo en los meses de enero y febrero, que explican además la estacionalidad observada en los flujos, ya que los vehículos pesados tienen una baja dispersión a lo largo del año. Cabe señalar que se ha despreciado el flujo de motocicletas, ya que resulta marginal en ambas plazas de peaje.

**Figura 2.2-4: Evolución mensual de los flujos de vehículos livianos - 2012**



Los cobros realizados en cada plaza de peaje se presentan en el cuadro siguiente:

**Cuadro 2.2-1: Tarifas Plaza Puerto Viejo (km 841.500)**

Tipo	Clase de Vehículo	Tarifa (\$) 2013
Tipo 1	Motos y motonetas	\$ 600
Tipo 2	Autos y camionetas, con o sin remolque	\$ 1.950
Tipo 3	Buses de dos ejes	\$ 3.550
Tipo 4	Camiones de dos ejes, camionetas de doble rueda trasera, maquinarias agrícolas y maquinarias de construcción	\$ 5.900
Tipo 5	Buses de más de dos ejes	\$ 6.300
Tipo 6	Camiones de más de dos ejes	\$ 7.900

**Cuadro 2.2-2: Tarifas Plaza Totoral (km 731.900)**

Tipo	Clase de Vehículo	Tarifa (\$) 2013
Tipo 1	Motos y motonetas	\$ 1.000
Tipo 2	Autos y camionetas, con o sin remolque	\$ 3.300
Tipo 3	Buses de dos ejes	\$ 5.900
Tipo 4	Camiones de dos ejes, camionetas de doble rueda trasera, maquinarias agrícolas y maquinarias de construcción	\$ 9.850
Tipo 5	Buses de más de dos ejes	\$ 10.550
Tipo 6	Camiones de más de dos ejes	\$ 13.150

Fuente: S. C. Valles del Desierto

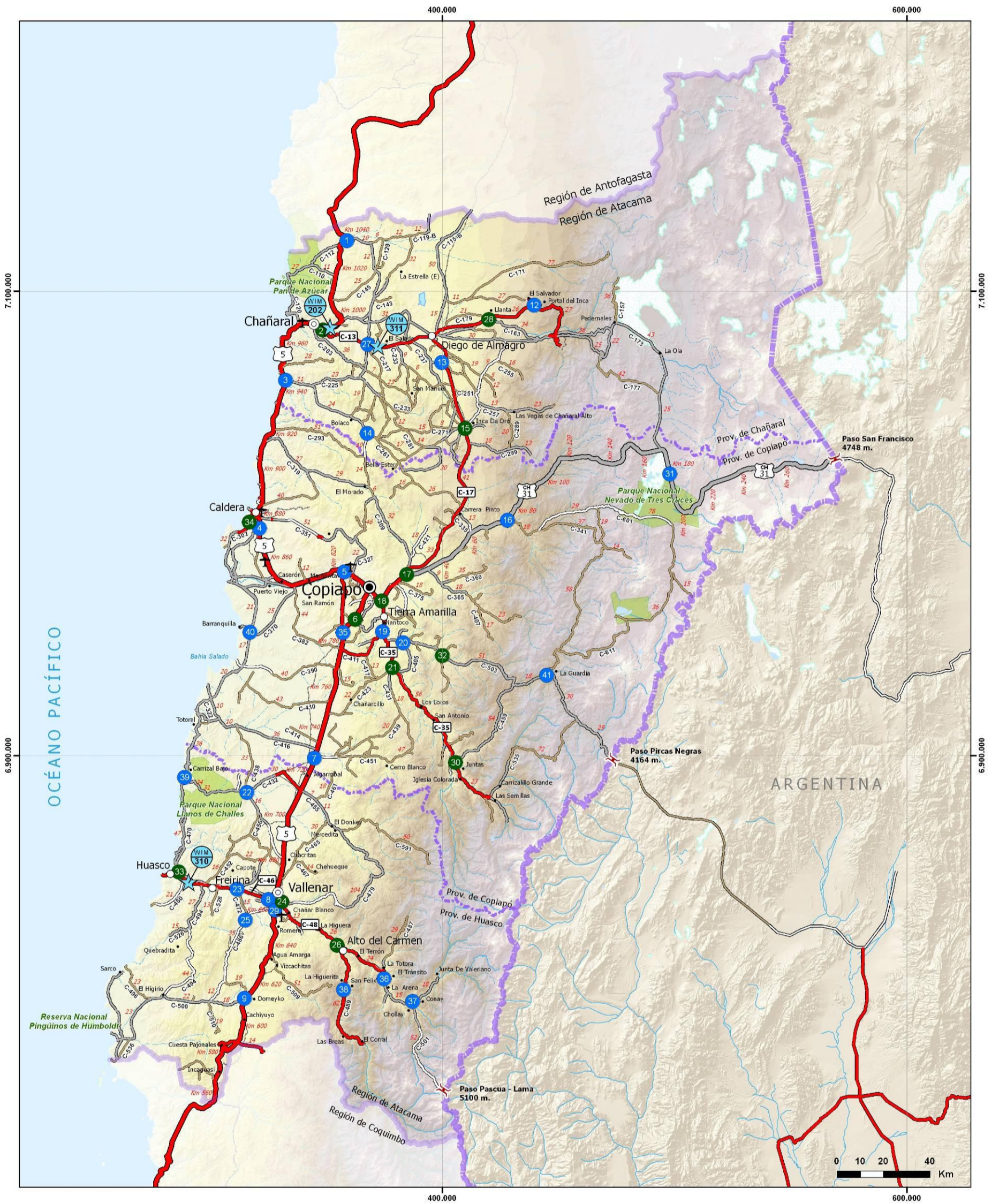
### **2.2.2 Plan Nacional de Censos**

La Dirección de Vialidad recopila sistemáticamente información de tránsito a través de instrumentos contadores de operación permanente y de conteos periódicos, realizados bianualmente en tres ocasiones (Verano, Invierno, Primavera), lo que permite tener una estimación de los volúmenes que circulan por el área de estudio.

En la figura siguiente se presenta la localización de los instrumentos contadores y puntos de control en la Región de Atacama.



Figura N° 2.2-5: Puntos de medición de flujos vehiculares- Región de Atacama



<p><b>Puntos Censales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Estación de Control - 12 horas</li> <li>Estación de Control - 24 horas</li> </ul> <p><b>Equipos Clasificadores</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Equipos Contadores - Clasificadores WIM</li> <li>Equipos Contadores - Clasificadores Phoenix PH</li> </ul>	<p><b>Red Vial</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Autopista</li> <li>Pavimento</li> <li>Ripio</li> <li>Grava Tratada (Pavimento Intermitente)</li> <li>Tierra</li> <li>Ruta Internacional</li> <li>Ruta Nacional</li> <li>Caminos Principales</li> <li>Caminos Secundarios</li> <li>Km acumulado</li> <li>Distancias</li> </ul>	<p><b>Infraestructura Vial</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Plaza Pesaje</li> <li>Balsas</li> <li>Plaza Peaje Lateral</li> <li>Plaza Peaje Troncal</li> <li>Túneles</li> <li>Otros</li> <li>Red Ferroviaria</li> <li>Rutas Marítimas</li> <li>Pasos Fronterizos</li> <li>Zona Ampliación</li> </ul>	<p><b>Legenda</b></p> <p><b>Límites Administrativos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Internacional</li> <li>Regional</li> <li>Provincial</li> </ul> <p><b>Aeropuertos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aeropuerto</li> <li>Aeródromo</li> </ul> <p><b>Centro Poblados</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Capital Regional</li> <li>Capital Provincial</li> <li>Capital Comunal</li> <li>Localidades</li> <li>Cascos Urbanos</li> </ul> <p><b>SNASPE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Parque Nacional</li> <li>Reserva Nacional</li> <li>Monumento Natural</li> </ul> <p><b>Hidrografía</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Embalse</li> <li>Lago, Laguna</li> <li>Salar</li> <li>Glaciares Ventisqueros</li> <li>Río</li> <li>Quebrada</li> </ul> <p><b>Altimetría</b></p> <p>m.s.n.m.</p>	<p><b>Plan Nacional de Censos</b></p> <p><b>Región de Atacama</b></p> <p>Escala 1:1.300.000</p> <p>Sistema de referencia SIRGAS (WGS84)</p> <p>Proyeccion UTM 19 S</p> <p>Fuente Red e Infraestructura Vial, Dirección de Vialidad 2010.</p> <p>Fuente Base Cartográfica MIDEPLAN, División Regional - Unidad de Sistemas de Información Geográfica</p> <p>Elaboración propia en base a restitución satelital año 2004, última actualización año 2009.</p> <p>Fuente Puntos Censales y Equipos Contadores de Tránsito Sub Departamento de Estadísticas y Censos de Tránsito Departamento de Estudios Viales.</p> <p>Diciembre 2010</p>
---	---	---	---	--

Fuente D. de Vialidad

2.2.2.1 Contadores automáticos

En relación a los instrumentos contadores en el área de estudio, se cuenta con cinco en total, de los cuales tres son de tipo WIM y cuentan con mayor capacidad de clasificación de vehículos, en tanto los restantes son del tipo TRAFICOMP III.

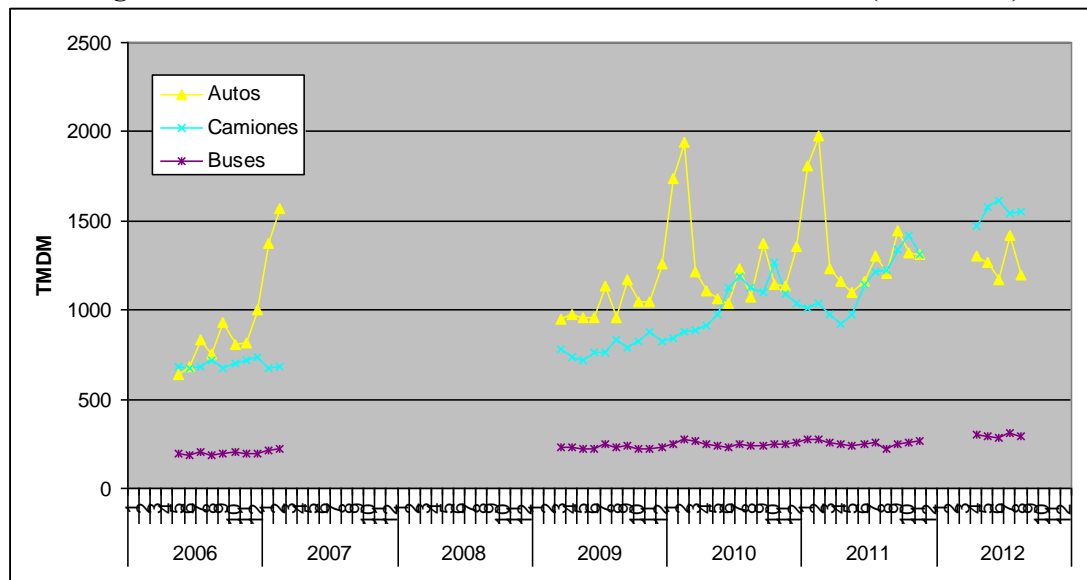
**Cuadro 2.2-3: Instrumentos contadores en Región de Atacama**

Código	Estación	Camino	Rol	Ubicación
03.III.7	Teresita	Copiapó - Paso San Fco	31 -CH	Km 16,5
03.III.8	Pajaritos	Longitudinal Norte	5	Km 733,50
03.WIM.202/ 03.WIM.376*	El Catorce	Longitudinal Norte, Sector Bifurcación El Salado	5	Km 984,3
03.WIM.310	Huasco	Vallenar - Huasco	C-46	Km 36,2
03.WIM.311	Diego de Almagro	Chañaral – D. de Almagro – El Salvador	C-13	Km 26,95

Fuente: Elab. Propia a partir de antecedentes de la D. de Vialidad (\*) Los datos del equipo WIN 376 son comparables con los datos del equipo 03.WIM.202, desde el año 2011 hacia atrás

Los dos últimos instrumentos WIM son de reciente implementación, y sólo tienen registros a partir de julio de 2010. En el caso de los instrumentos TRAFICOMP, se dispone de información mensual, con algunas interrupciones, desde el año 2000 hasta agosto de 2010, por lo que se asume que fueron dados de baja.

**Figura 2.2-6: Evolución mensual TMDM 2006 - 2011 – Ruta 5 (El Catorce)**



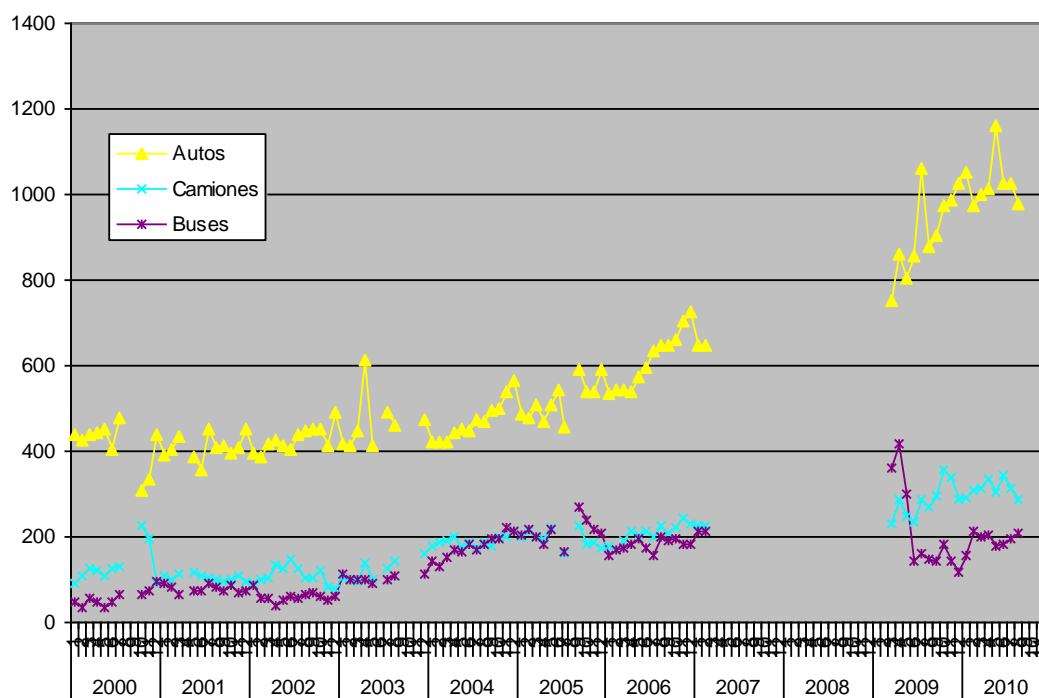
La información disponible del clasificador del tipo WIM emplazado en la Ruta 5 (bifurcación El Salado) es bastante limitada, ya que sólo está disponible de mayo a

diciembre de 2006, enero y febrero de 2007, y de marzo de 2009 a agosto de 2012 interrumpido de diciembre de 2011 a marzo de 2012 aparentemente por el cambio del equipo.

En el caso de los clasificadores Traficomp III se cuenta con algo más de información entre los años 2000 a 2010, si bien no se dispone de antecedentes mensuales entre marzo de 2007 y febrero de 2009.

En la figura siguiente se reporta la información disponible, para el contador en la Ruta 31-CH entre Paipote y la ruta al Paso San Francisco. Es posible observar un notorio crecimiento en el nivel de flujo, del 9% anual en el caso de los vehículos livianos, y superior al 10% anual en el caso de vehículos pesados.

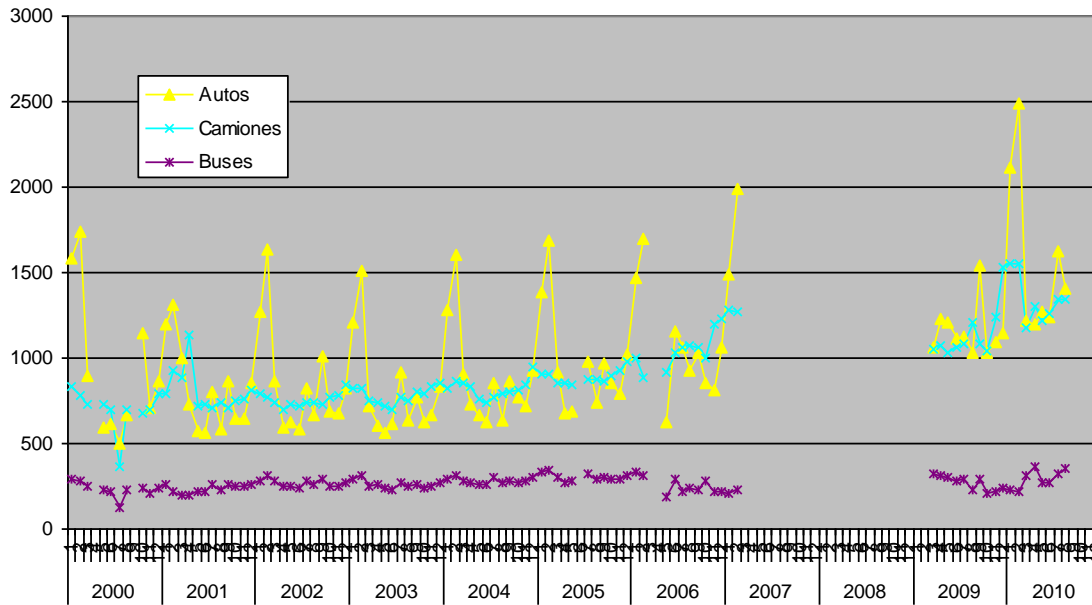
**Figura 2.2-7: Evolución mensual TMDM 2000 - 2010 – Ruta 31CH**



Fuente: Elab. Propia a partir de antecedentes de la D. de Vialidad

En la figura siguiente se observa la evolución de los flujos en el sector Pajaritos, al Sur de Copiapó, por la Ruta 5. Se observa una marcada estacionalidad en los meses de enero y febrero respecto al resto del año y volúmenes comparables de vehículos livianos y camiones, salvo en los meses de verano.

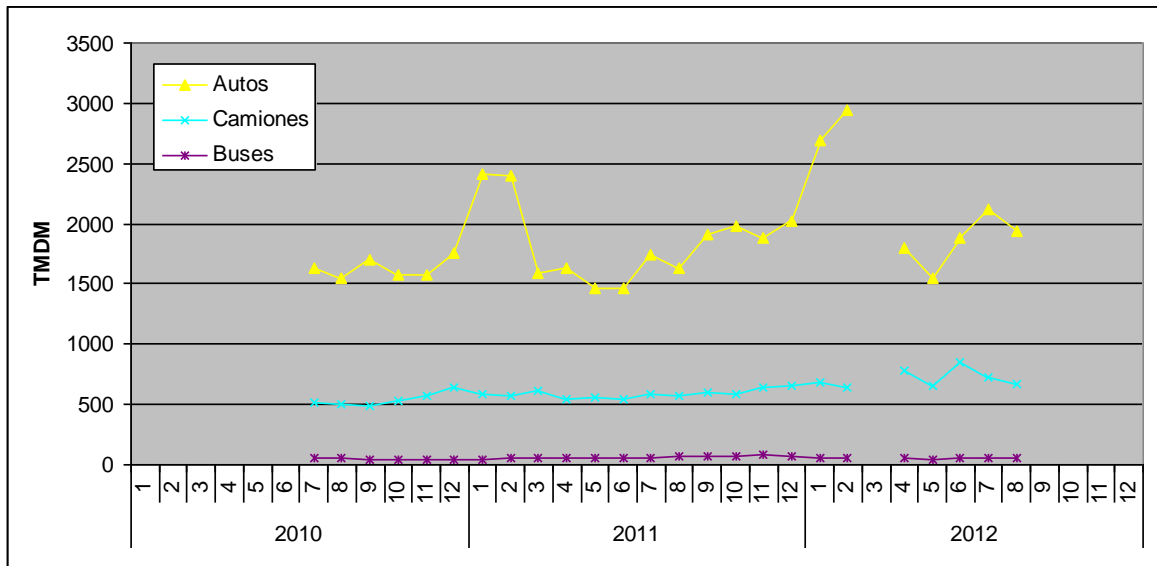
**Figura 2.2-8: Evolución mensual TMDM 2000 - 2010 – Ruta 5 (Pajaritos)**



Fuente: Elab. Propia a partir de antecedentes de la D. de Vialidad

En relación a los instrumentos de instalación más reciente, se observa en el gráfico siguiente la información disponible para la ruta Vallenar – Huasco, que presenta interrupciones durante 2012. Se aprecia un aumento del nivel de flujo de vehículos livianos en Verano y un TMDM superior a 2.500 vehículos en total.

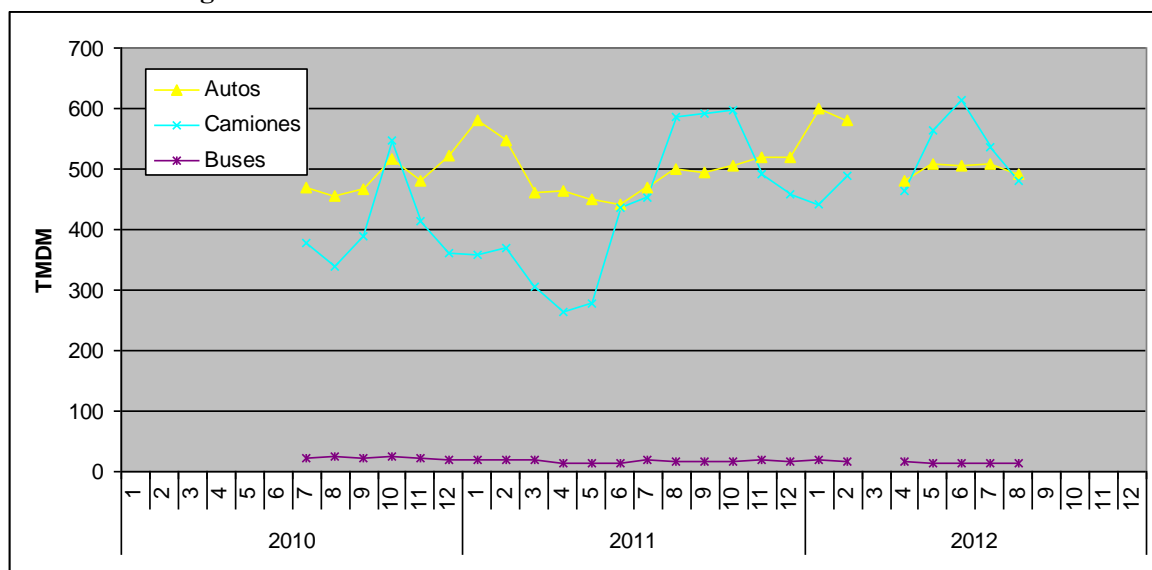
**Figura 2.2-9: Evolución mensual TMDM 2010 - 2011 – Ruta C-46**



Fuente: Elab. Propia a partir de antecedentes de la D. de Vialidad

En el caso del instrumento contador de Diego de Almagro, se observa una elevada participación de camiones, en volumen similar o incluso superior al de los vehículos livianos, con importantes variaciones de flujo promedio mensual. El volumen de buses resulta marginal

**Figura 2.2-10: Evolución mensual TMDM 2010 - 2011 – Ruta C-13**



### 2.2.2.2 Encuestas Origen-Destino

Cada dos años, en años impares, se realizan encuestas origen-destino de tránsito. En la Región de Atacama estas se realizan en dos puntos de control:

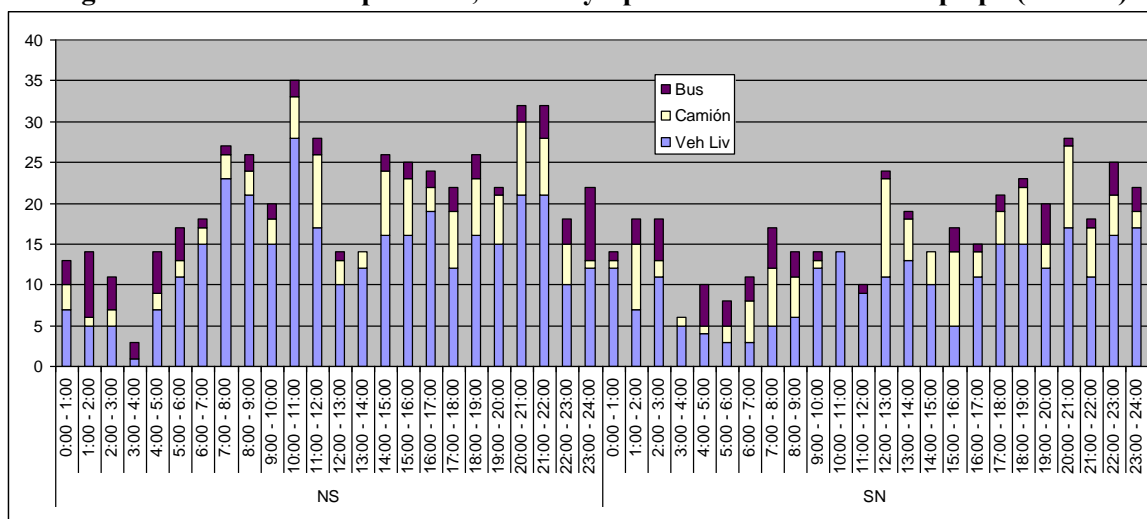
- Copiapó: Acceso a Copiapó, por Ruta 5. Sentidos N-S y S-N
- Vallenar: Accesos a Vallenar por Ruta 5. Sentidos, N-S, S-N, O-P y P-O

En el primer caso, las encuestas se realizaron los días 16 de febrero de 2011 y 19 de octubre del mismo año. En el punto de Vallenar se encuestó los días 23 de febrero y 26 de octubre de 2011.

En cada encuesta se registra Hora, Tipo Vehículo, Año Fabricación del Vehículo, N° Personas a bordo, Origen, Región de origen, Destino, Región de destino, Clase de Carga Transportada, Carga (Ton), Capacidad del Vehículo (Ton), Tara (Ton). En la información disponible en el sitio web no se indica el factor de expansión o flujo total observado en el período de medición.

La información disponible destaca por la extensión de la medición, pero se observan algunas discrepancias en cuanto a la distribución horaria de las encuestas y el nivel de muestreo por tipo de vehículo.

**Figura 2.2-11: Encuesta por hora, sentido y tipo de vehículo – EOD Copiapó (Verano)**



La información origen – destino obtenida genera algunas dudas, ya que por ejemplo en el punto de Copiapó en Verano se habría encuestado a vehículos circulando de La Serena o Talca a Santiago

**Cuadro 2.2-4: Matriz O/D regional encuestas totales Copiapó (Verano)**

O/D	Reg Des										Total	
Reg Or	15	1	2	3	4	5	13	6	7	8		9
15					2		6					8
1					3	2	12			1		18
2				8	28	4	31		2	3		76
3	1	2	3	490	79	12	43			1	1	632
4	1	3	13	51			1					69
5		1	5	6								12
13	7	11	31	36								85
6			1									1
7				1			1					2
9			1									1
11			1									1
16								1				1
Total	9	17	55	592	112	18	94	1	2	5	1	906

La información disponible de las encuestas genera ciertos reparos, por lo que no será considerada en el estudio.

### 2.2.2.3 *Conteos periódicos*

Respecto a las mediciones periódicas, estas se realizan bianualmente durante un día de temporada de verano, uno de invierno y uno de primavera, estimando el TMDA como el promedio de los valores obtenidos. Si bien este procedimiento de cálculo del TMDA es sólo aproximado, permite contar con una serie temporal de información por temporada.

Se cuenta con un total de 41 puntos de medición, localizados principalmente en intersecciones de rutas.

En el cuadro siguiente, se reporta la información disponible de los 41 puntos del Plan Nacional de Censos en la región.

**Cuadro 2.2-5: Puntos de medición Plan Nacional de Censos – Región de Atacama**

Punto	Rol	Lugar	De/A	Período	
001	5	Bif Carrizalillo	Antofagasta Copiapó	1994 2012 1994 2012	
		C-125	Bif Carrizalillo	Carrizalillo	1994 2012
002	5	Bif El Salado	Antofagasta	1994 2012	
		Bif. El Salado	Copiapó	1994 2012	
		C-13	Bif El Salado	Potrerillos	1994 2012
003	5	Bif El Flamenco	Antofagasta Copiapó	1994 2012 1994 2012	
		C-261	Bif El Flamenco	Carrera Pinto	1994 2012
004	5	Bif. Bahía Inglesa	Antofagasta Copiapó	1994 2012 1994 2012	
		C-354	Bif. Bahía Inglesa	Bahía Inglesa	1994 2012
005	5	Cruce Toledo	Antofagasta Copiapó	1994 2012 1994 2012	
		C-355	Cruce Toledo	Cerro Imán	1994 2012
		C-386	Cruce Toledo	Travesía	1994 2012
006	5	Bif Cardone	Copiapó Vallenar	1994 2012 1994 2012	
		C-397	Bif Cardone	Tierra Amarilla	1994 2012
007	5	Bif C-439	Copiapó Vallenar	1994 2012 1994 2012	
		C-439	Bif C-439	C-439 Cerro Blanco	1994 2012
008	5	Cruce Huasco	Copiapó La Serena	1994 2012 1994 2012	
		C-46	Cruce Huasco	Huasco Vallenar	1994 2012 1994 2012
009	5	Bif Domeyko	La Serena Vallenar	1994 2012 1994 2012	
		C-500	Bif. Domeyko	Carrizalillo	1994 2012
		C-507	Bif Domeyko	Domeyko	1994 2012
010	C-125	El Salado	C-125	1994 1998	
	C-13	El Salado	Chañaral Diego de Almagro	1994 1998 1994 1998	
011	C-13	Quebrada Llanta	Directo	1994 2000	

Punto	Rol	Lugar	De/A	Período
012	C-13	Acc Al Salvador	Llanta	1994 2012
		Acc El Salvador	Potrerosillos	1994 2012
	C-183	Acc El Salvador	El Salvador	1994 2012
013	C-17	Bif Chanarcito	Diego de Almagro Inca de Oro	1994 2012 1994 2012
	C-241	Bif Chanarcito	Chañarcito	1994 2012
014	C-261	Cruce C-261 Con C-309	Carrera Pinto Flamenco	1994 2012 1994 2012
	C-309	Cruce C-261 Con C-309	El Morado	1994 2012
015	C-17	Bif Inca de Oro	Diego de Almagro Inca de Oro	1994 2012 1994 2012
			C-273	Bif Inca de Oro
	C-287	Bif Inca de Oro	San P de Cachiyuyo	1994 2012
016	31-CH	Bif La Puerta	Paipote Paso San Francisco	1994 2012 1994 2012
	C-341	Bif La Puerta	La Puerta	1994 2012
017	C-17	Cruce Chulo	Inca de Oro	1994 2012
	31-CH	Cruce Chulo	La Puerta Paipote	1994 2012 1994 2012
018	31-CH	Bif Paipote	Copiapó Paso San Francisco	1994 2012 1994 2012
	C-35	Bif. Paipote	Las Juntas	1994 2012
019	C-35	Bif Nantoco	Las Juntas Paipote	1994 2012 1994 2012
	C-411	Bif Nantoco	Las Pintadas	1994 2012
020	C-401	Bif Checo de Cobre	Hacienda Cerrillos Lomas Bayas	1994 2012 1994 2012
	C-405	Bif Checo de Cobre	Checo de Cobre	1994 2012
021	C-35	Bif Potrero Seco	Las Juntas Paipote	1994 2012 1994 2012
	C-423	Bif. Potrero Seco	Cerro Blanco	1994 2012
022	C-440	Canto del Agua	Carrizal Bajo Vallenar	1994 2012 1994 2012
	C-432	Canto del Agua	Algarrobal	1994 2012
023	C-46	Bif Maitencillo	Huasco Vallenar	1994 2012 1994 2012
	C-450	Bif Maitencillo	Huanteme	1994 2012
	C-472	Bif Maitencillo	Ojos de Agua	1994 2012
024	C-485	Bif Vivero Fiscal	Alto del Carmen Vallenar	1994 2012 1994 2012
	C-479	Bif Vivero Fiscal	El Cobre	1994 2012
025	C-472	Bif Maitencillo	Maitencillo	1994 2012
	C-486	Bif Maitencillo	Algarrobo Vallenar	1994 2012 1994 2012
026	C-485	Bif Junta del Carmen	Vallenar	1994 2012
	C-495	Bif Junta del Carmen	Conay	1994 2012
	C-489	Bif Junta del Carmen	San Félix	1994 2012
027	C-125	El Salado	Carrizalillo	2000 2012
	C-13	El Salado	Chañaral Diego de Almagro	2000 2012 2000 2012
	C-209	El Salado	Mantos Verdes	2000 2012
028	C-13	Bif. Potrerillos	D. Almagro	2002 2012
			El Salvador	2002 2012



Punto	Rol	Lugar	De/A	Período	
			Potrerillos	2002	2012
029	C-485	Bif. Vivero Fiscal	Alto del Carmen Vallenar	2008	2012
	C-569	Bif. Vivero Fiscal	El Jilguero	2008	2012
030	C-35	Bif. La Guardia	Tierra Amarilla	2008	2012
	C-453	Bif. La Guardia	Iglesia Colorada	2008	2012
	C-459	Bif. La Guardia	La Guardia	2008	2012
031	31-CH	Complejo Maricunga	Complejo Maricunga Paso San Francisco	2008	2012
		C-601	Complejo Maricunga	Los Abuelos	2008
032	C-401	Bif. Lomas Bayas	Cerrillos Lomas Bayas	2008	2012
	C-503	Bif. Lomas Bayas	Aguada Carrizalillo	2008	2012
033	C-470	Huasco Bajo	Carrizal Bajo Huasco	2008	2012
	C-462	Huasco Bajo	Los Guindos	2008	2012
034	R-1	Puerto Viejo	Bahía Salada Caldera	2008	2012
	C-385	Puerto Viejo	Copiapó	2008	2012
	S/R	Puerto Viejo	Puerto Viejo	2008	2012
035	C-386	Bif. Toledo	Toledo	2008	2012
	R-5	Bif. Toledo	Copiapó Vallenar	2008	2012
036	C-495	Bif. Nicolás Naranjo	Alto del Carmen Pte. Nicolás Naranjo	2008	2012
	C-499	Bif. Nicolás Naranjo	Juntas de Valeriano	2008	2012
037	C-495	Puente Conay	Alto del Carmen Conay	2008	2012
	C-501	Puente Conay	Chollay	2008	2012
038	C-489	Puente San Félix	Alto del Carmen El Corral	2008	2012
	C-571	Puente San Félix	San Félix	2008	2012
039	Ruta 1	Bif. Ruta C-440	Carrizal bajo Huasco	2010	2012
		C-440	Bif. Ruta C-440	Canto del Agua	2010
040	Ruta 1	Bif. Ruta C-370	Puerto Viejo Bahía Salada	2010	2012
		C-370	Bif. Ruta C-370	Barranquilla Copiapó	2010
	31-CH	La Guardia	Juntas Lag. Negro Francisco	2010	2012
041	C-601	La Guardia	Paso Pircas Negras	2010	2012

Fuente: Elab. Propia a partir de antecedentes de la D. de Vialidad

Algunos puntos han sido abandonados en mediciones recientes, incorporándose nuevos puntos de control o reemplazándolos, de manera que en la medición del año 2012 se tenían 39 puntos de medición operativos. Respecto del año 2008, se incorporaron los puntos de control 039, 040 y 041.

**Cuadro 2.2-6: Puntos de Medición Plan Nacional de Censos**

Región	Puntos medición	Operativos 2012	Con información 1994 – 2012
Atacama	41	39	25

Fuente: Elab. Propia a partir de antecedentes de la D. de Vialidad

El conjunto de las mediciones efectuadas, en tres épocas del año y de manera bianual, se presenta en el Anexo 2. En el cuadro siguiente se presentan los mayores flujos observados por punto de control, considerando el total medido en todas las ramas.

**Cuadro 2.2-7: Flujos totales medidos en los principales puntos del PNC (2010)**

Punto	Lugar	De/A	Rol	Muestra		
				I	P	V
018	Bif Paipote	Copiapó	31-CH	16.144	17.482	15.655
		Las Juntas	C-35	12.946	14.013	11.990
		Paso San Francisco	31-CH	8.330	8.083	7.833
004	Bif. Bahía Inglesa	Copiapó	5	2.300	10.620	6.448
		Antofagasta	5	2.223	10.053	5.800
007	Bif C-439	Copiapó	5	3.037	6.270	5.239
		Vallenar	5	3.051	6.261	5.223
008	Cruce Huasco	Huasco	C-46	4.034	5.461	4.869
		Copiapó	5	3.310	5.246	4.646
		Vallenar	C-46	3.164	5.077	4.563
		La Serena	5	2.494	4.676	3.550
009	Bif Domeyko	La Serena	5	2.686	2.532	5.391
		Vallenar	5	2.597	2.342	5.401
005	Cruce Toledo	Copiapó	5	4.079	5.200	5.180
		Antofagasta	5	3.734	4.831	4.907

Fuente: Elab. Propia a partir de antecedentes de la D. de Vialidad

Como se observa, los mayores flujos se dan en el sector de Paipote, asociados a la conexión entre Copiapó y Tierra Amarilla principalmente, que se encuentran cercanas a conformar una conurbación. El movimiento hacia Paipote por la Ruta 31-CH también presenta niveles de flujo significativo.

Otros puntos con flujo destacado corresponden a distintas mediciones sobre la Ruta 5, aspecto que es analizado en detalle en el punto siguiente. Por otra parte, la ruta que une Vallenar con Huasco (C-46) presenta elevados niveles de flujo vehicular en la intersección con la Ruta 5, si bien decrecen hacia el poniente.

#### 2.2.2.4 Análisis de puntos seleccionados

Dado el volumen de información que registra el Plan Nacional de Censos en sus puntos de medición periódica, se ha optado por analizar algunos puntos relevantes con el fin de caracterizar el nivel de flujo y tasas de crecimiento en rutas escogidas. Dichas rutas corresponden a la Ruta 5 y la Ruta internacional 31-CH.

Para efectos del análisis, se considerarán los flujos medidos en día representativo de Primavera, lo que simplifica el efecto estacional. Dado que la medición del Plan Nacional de Censos se realiza por rama, es decir la suma de todos los movimientos directos y de viraje que atraviesan una sección de ruta, en algunos puntos se cuenta con dos datos para una misma ruta. En este caso, se trata del flujo antes y después de un cruce determinado, lo que puede afectar la continuidad de flujos, según la importancia de la conexión.

Se ha estimado conveniente presentar la información de la siguiente forma:

- TMDA observado en invierno del año 2010, debido a que los datos de primavera aparecen muy aumentados debido probablemente a las repercusiones del accidente de la mina San José.
- Proporción de vehículos pesados respecto al TMDA total.
- Tasa de crecimiento en el período disponible, que corresponde normalmente a 1994 – 2010. Se estima a nivel global (todas las tipologías de vehículos) y distinguiendo entre vehículos livianos (autos, camionetas y autos con remolque), camiones de más de dos ejes (camiones de más de dos ejes, remolques y semirremolques), buses y camiones de dos ejes.

**Cuadro 2.2-8: TMDA y tasas de crecimiento observados en Ruta 5 – Tramos Región de Atacama**

PNC	Lugar	Hacia/de	TMDA 2010	% Pesados	Tasa de crecimiento				
					Global	VL	Cam	Buses	C2E
001	Bif Carrizalillo	Antofagasta	1.250	75%	3,5%	-0,2%	3,9%	5,9%	-0,3%
001	Bif Carrizalillo	Copiapó	1.246	76%	3,4%	-0,3%	3,8%	5,9%	0,2%
002	Bif El Salado	Antofagasta	1.948	76%	4,7%	2,4%	5,2%	5,4%	0,1%
002	Bif. El Salado	Copiapó	2.747	62%	4,1%	3,1%	4,0%	6,1%	-0,3%
003	Bif El Flamenco	Antofagasta	2.114	68%	0,0%	-1,5%	2,0%	-1,7%	-3,3%
003	Bif El Flamenco	Copiapó	2.185	66%	0,1%	-1,1%	1,9%	-1,5%	-3,1%
004	Bif. Bahía Inglesa	Antofagasta	2.223	55%	3,4%	2,4%	4,3%	2,4%	1,1%
004	Bif. Bahía Inglesa	Copiapó	2.300	54%	3,2%	2,4%	4,2%	1,0%	1,2%
005	Cruce Toledo	Antofagasta	3.734	34%	5,0%	5,4%	6,3%	0,9%	2,4%
005	Cruce Toledo	Copiapó	4.079	36%	4,8%	5,2%	6,4%	0,6%	2,0%
006	Bif Cardone	Copiapó	2.373	38%	4,5%	4,7%	4,1%	2,7%	0,9%
006	Bif Cardone	Vallenar	2.094	45%	3,8%	3,4%	4,1%	2,5%	1,2%
007	Bif C-439	Copiapó	3.037	56%	3,7%	1,6%	3,7%	5,9%	5,2%
007	Bif C-439	Vallenar	3.051	56%	3,7%	1,6%	3,7%	5,9%	4,7%

PNC	Lugar	Hacia/de	TMDA 2010	% Pesados	Tasa de crecimiento				
					Global	VL	Cam	Buses	C2E
008	Cruce Huasco	Copiapó	3.310	47%	0,2%	-0,3%	1,4%	-0,3%	-2,1%
008	Cruce Huasco	La Serena	2.494	56%	-1,8%	-2,9%	-0,3%	-2,2%	-5,0%
009	Bif Domeyko	Vallenar	2.597	60%	4,5%	3,1%	5,0%	6,4%	3,1%
009	Bif Domeyko	La Serena	2.686	61%	5,6%	4,4%	5,8%	6,6%	4,1%

Fuente: Elab. Propia a partir de antecedentes de la D. de Vialidad

En el caso de la Ruta 5 se aprecian importantes variaciones en el TMDA en el tramo comprendido entre la bifurcación a Carrizalillo y la bifurcación a Domeyko en la Región de Atacama. Esto sugiere que el flujo longitudinal que la recorre en toda su extensión es relativamente pequeño y compuesto principalmente por camiones, en tanto se aprecian aumentos localizados en el tráfico en el entorno de Copiapó (cruce Toledo).

El volumen de vehículos pesados, buses y camiones, es elevado en toda la ruta con la excepción del tramo en torno a Copiapó, representando normalmente más de la mitad del flujo.

Las tasas de crecimiento globales presentan importantes variaciones según el tramo analizado, siendo superiores al 3% anual entre Caldera y Vallenar. En el caso de los buses se observan tasas de crecimiento disímiles por punto de control, en tanto en el caso de los camiones de dos ejes parece observarse una tendencia a la disminución del flujo de estos vehículos.

Se han incluido los tránsitos observados, su composición y tasas de crecimiento para dos rutas que aparecen de interés, y que corresponden a la C-46, que une Vallenar con Huasco, y 31-CH, por su carácter de paso fronterizo.

En la Ruta C-46 se tienen sólo dos puntos de control, pero permiten apreciar una importante disminución del flujo vehicular entre el cruce con la Ruta 5 y el punto 23, que se encuentra entre Vallenar y Freirina. Se ha incluido, para efectos de comparación, el TMDM de septiembre en el instrumento contador, lo que permite reflejar la disminución de flujo hacia el poniente.

En el caso de la Ruta 31-CH, se tiene un TMDA muy alto a la altura de Paipote, que va decreciendo en la medida que se acerca al complejo fronterizo, lo que se explica por la existencia de gran número de viajes de carácter local. La composición de vehículos pesados es del 30%, excepto en el sector de Chulo lo que se explica por faenas mineras. Las tasas de crecimiento son comparativamente bajas, siendo incluso negativas en algunos puntos para buses y camiones de dos ejes.

**Cuadro 2.2-9: TMDA y tasas de crecimiento observados en Ruta C-46 Vallenar - Huasco**

PNC	Lugar	Hacia/de	TMDA 2010	% Pesados	Tasa de crecimiento				
					Global	VL	Cam	Buses	C2E
008	Cruce Huasco	Vallenar	3.920	15%	3.3%	4.2%	-3.9%	5.8%	-1.7%
008	Cruce Huasco	Huasco	4.102	20%	4.1%	4.5%	0.6%	6.7%	1.4%
023	Bif Maitencillo	Vallenar	1.742	28%	2.9%	2.2%	6.1%	8.5%	2.0%
023	Bif Maitencillo	Huasco	1.713	28%	2.6%	2.0%	5.2%	8.5%	1.3%
03.WIM.310	Km 36	Ambos sentidos	2.249	24%	-	-	-	-	-

Fuente: Elab. Propia a partir de antecedentes de la D. de Vialidad

**Cuadro 2.2-10: TMDA y tasas de crecimiento observados en Ruta 31 CH (Paso San Francisco)**

PNC	Lugar	Hacia/de	TMDA 2010	% Pesados	Tasa de crecimiento				
					Global	VL	Cam	Buses	C2E
018	Bif Paipote	Copiapó	16.144	17%	5,5%	5,6%	5,8%	2,7%	5,8%
018	Bif Paipote	Paso San Francisco	8.330	25%	8,3%	9,1%	6,4%	3,1%	8,6%
017	Cruce Chulo	Paipote	1.402	35%	10,5%	6,1%	19,2%	7,5%	4,8%
017	Cruce Chulo	La Puerta	572	39%	11,0%	7,4%	22,2%	0,0%	7,1%
016	Bif La Puerta	Paipote	182	23%	2,9%	5,1%	4,7%	-7,9%	-2,0%
016	Bif La Puerta	Paso San Francisco	188	24%	2,6%	5,3%	2,2%	-7,2%	-1,1%
031	Complejo Maricunga	Complejo Maricunga	90	22%					

Fuente: Elab. Propia a partir de antecedentes de la D. de Vialidad

### 2.2.3 Información de Aduanas

El Servicio Nacional de Aduanas registra el paso de vehículos, personas y carga por cada una de las instalaciones fronterizas. En el caso de los vehículos distingue entre vehículos particulares, normalmente livianos, vehículos de pasajeros, normalmente buses y minibuses, y de carga o camiones. La información de viajeros se refiere a todas las personas que cruzaron por el paso, a bordo de los distintos tipos de vehículos.

En el área de estudio están los pasos fronterizos de San Francisco y Pircas Negras, siendo más relevante el primero, si bien tiene un flujo comparativamente menor respecto de otros pasos fronterizos con Argentina.

**Cuadro 2.2-11: Flujo en avanzadas terrestres – Año 2012**

Avanzada		Vehículos			Viajeros	Carga
		Particulares	De Pasajeros	De Carga	Personas	Ton
San Francisco	Entrada	1.548	18	64	4.688	0,98
	Salida	1.352	19	100	4.155	2.741,64
Pircas Negras	Entrada	181	3	0	567	0
	Salida	145	2	0	436	0

Fuente: Elab. Propia a partir de antecedentes del Servicio Nacional de Aduanas

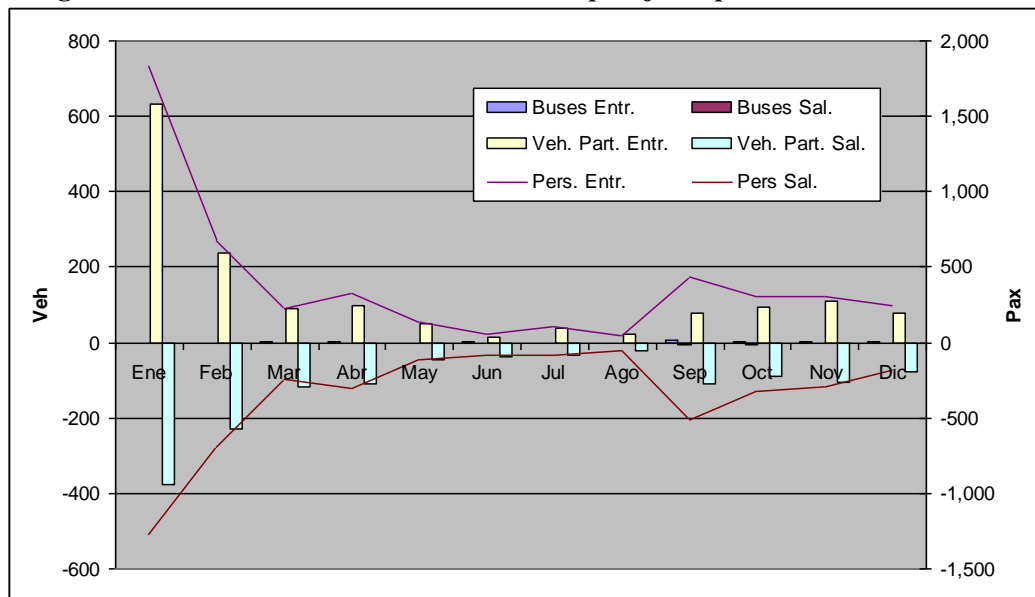
El Paso San Francisco presenta una asimetría en el volumen de carga que entra y sale del país, en tanto presenta niveles similares en el número de personas y vehículos particulares.

### 2.2.3.1 Paso San Francisco

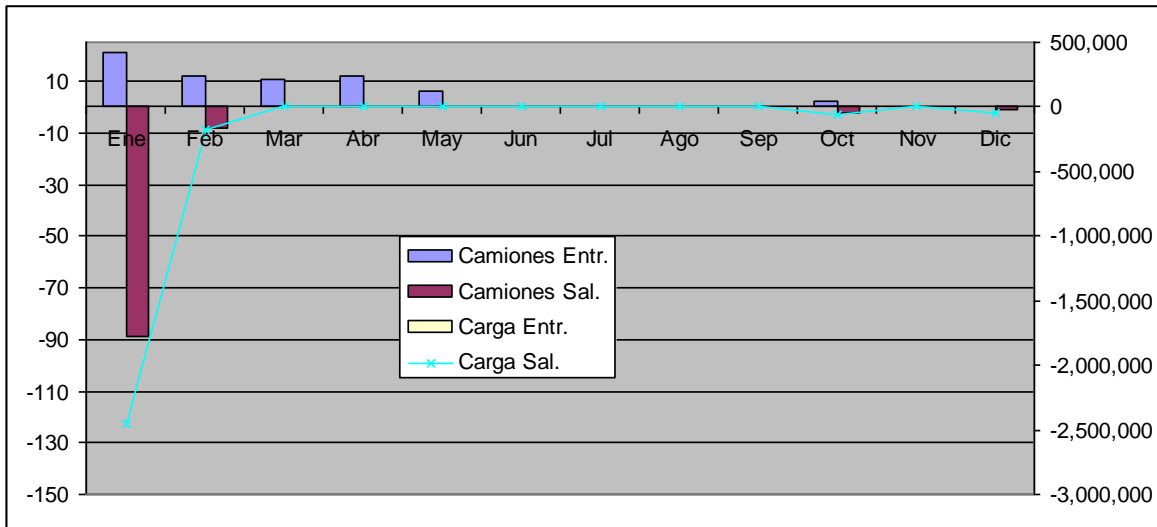
El paso San Francisco es el principal paso fronterizo de la Región de Atacama, tiene en su punto más elevado 4.748 m.s.n.m. y conecta con la provincia de Catamarca en Argentina. El movimiento de pasajeros alcanzó a de 8.843 personas durante el año 2012 y a unas 2.740 Ton de carga, mayoritariamente carga de salida.

Se observa un marcada estacionalidad en los meses de enero y febrero con una abrupta caída en los meses invernales, donde el flujo es muy reducido en los meses de junio, julio y agosto presumiblemente por cierres intermitentes del paso por nevadas y acumulación de nieve. El flujo de transporte público es prácticamente nulo durante el año.

**Figura 2.2-12: Evolución mensual tráfico de pasajeros por San Francisco - 2012**



**Figura 2.2-13: Evolución mensual carga por –San Francisco – Año 2012**



Fuente: Elab. Propia a partir de antecedentes del Servicio Nacional de Aduanas

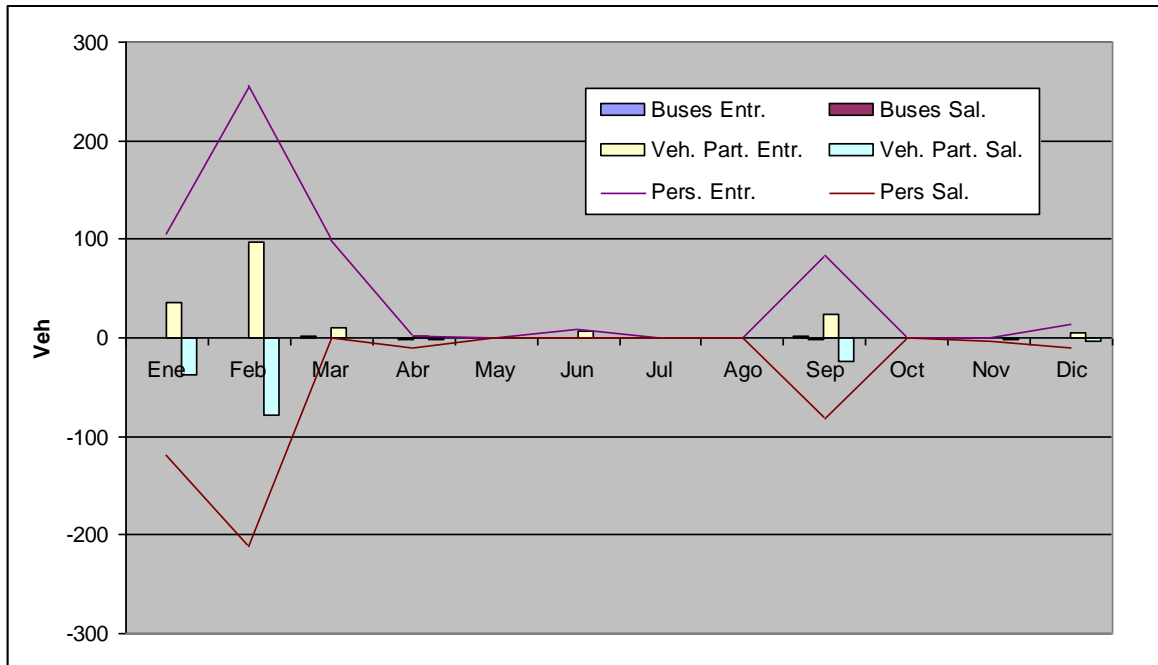
El transporte de carga resulta marcadamente asimétrico, con participación casi exclusiva de carga de salida, correspondiente casi exclusivamente al primer mes del año.

En la actualidad se trabaja en la pavimentación de un tramo del paso fronterizo, que resulta el más complicado para mantener operativo en invierno. Una vez terminados estos trabajos permitirá contar con una mayor seguridad de la conectividad, dado que se cuenta con el equipo necesario para el despeje. Según lo informado por la Dirección Regional de Vialidad en el diseño de la pavimentación se tiene considerado levantar la rasante para generar la autolimpieza.

### 2.2.3.2 Pircas Negras

El paso Pircas Negras se localiza al sur de la región, tiene una altitud de 4.110 m.s.n.m. en su punto más elevado y permite conectar con la provincia de La Rioja. El tráfico total durante el 2012 alcanzó a 331 vehículos, ninguno de ellos de carga, y 1.003 personas en los meses de enero, febrero, marzo y septiembre. El resto del año el paso prácticamente no tuvo tráfico debido a que se cierra el paso y no operan los Servicios de Fronteras.

**Figura 2.2-14: Evolución mensual tráfico de pasajeros por Pircas Negras - 2012**



Dada la simetría de los flujos, los vehículos que entraron en su mayoría retornaron por la misma ruta. Cabe destacar que los valores del año 2012 duplican los observados en el año anterior, lo que refleja un incremento en su actividad. El potencial minero y derivado de la integración ha llevado a que actualmente Vialidad Nacional Argentina está avanzando con la pavimentación hacia Pircas Negras por el lado argentino y la D. de Vialidad chilena está avanzando por el lado chileno para mejorar la conectividad hacia los yacimientos limítrofes, presentando para este año la etapa de diseño.

#### 2.2.4 Transporte Ferroviario

La red ferroviaria relevante en la Región de Atacama corresponde a la siguiente:

##### 2.2.4.1 Ferrocarril de Potrerillos

Este ferrocarril de Codelco se extiende entre Potrerillos y Chañaral, considerando el uso de trazado propio entre Potrerillos y Diego de Almagro, y las vías de Ferronor entre Diego de Almagro – Chañaral y desvío a puerto de Barquito. La empresa operadora es Ferronor.

El trazado utilizado por el ferrocarril puede separarse en cuatro secciones:



- Potrerillos-Llanta, sección de 66 km, cuyo trazado baja desde Potrerillos con pendientes hasta de 2,9% y curvas estrechas.
- Llanta-Diego de Almagro, sección de 25 km, cuyo trazado prosigue por el valle del río Salado con pendiente promedio de 1,6%.
- Diego de Almagro-Empalme 2, sección de 10 km, que corresponde a la línea principal de Ferronor, con una pendiente promedio de 1,7%.
- Empalme 2-Chañaral, sección de 54 km, que corresponde a un ramal de propiedad de Ferronor que se desarrolla por el valle del río Salado con una pendiente promedio de 1,1% y curvas suaves.

De acuerdo a los antecedentes de Ferronor, moviliza anualmente 230.000 toneladas de cátodos de cobre, aunque este valor podría considerar otros movimientos sobre su red. Otros antecedentes indican que desde la refinería de Potrerillos sale a diario un convoy de carros de FFCC con alrededor de 440 toneladas de cátodos hasta el Puerto de Barquito. En total, entre 160.000 y 165.000 toneladas anuales. Además de los concentrados de El Salvador y Chuquicamata, la refinería trata mineral de faenas privadas como Escondida y Candelaria.

#### *2.2.4.2 Ferrocarril de Algarrobo a Huasco*

Este ferrocarril es de uso de la CMP y considera un trazado principal entre la mina El Algarrobo y el acceso a la Planta de Pellets, ubicada frente al puerto Guacolda, en Huasco. También considera un ramal entre el yacimiento de Los Colorados y el empalme con la vía principal de Ferronor en el Km 765, desde donde continúan los envíos por la vía principal hasta Llanos de Soto, donde utiliza un ramal que conecta con Maitencillo y la vía hacia la planta de Pellets.

En el trazado principal pueden distinguirse tres secciones:

- El Algarrobo-Maitencillo, sección de 50 km, cuyo trazado baja desde la mina a 1.050 m.s.n.m. en un trazado muy sinuoso, con fuertes pendientes y curvas estrechas hasta el valle del río Huasco, a 270 m.s.n.m.
- Maitencillo-Empalme CAP, sección de 28 km, cuyo trazado baja con pendientes mixtas y curvas de relativa amplitud, por la orilla sur del río Huasco, hasta 16 m.s.n.m.
- Empalme CAP-Planta de Pellets, sección de 8 km, cuyo trazado sube con gradiente promedio de 0,2% y máxima de 0,6%, pasando por sectores poblados de la localidad de Huasco, para bajar luego hasta la planta.

El tramo de Los Colorados a la línea central de Ferronor es una sección de 14 km, cuyo trazado, relativamente recto y con curvas amplias, sube desde la mina con una gradiente promedio de 0,2% y máxima de 0,6%, hasta el Km 765 de la línea central de Ferronor.

De acuerdo a los antecedentes de Ferronor, moviliza anualmente 7 millones de toneladas de concentrado de hierro.

#### 2.2.4.3 *Red Ferrocarril del Norte*

Es la red ferroviaria teóricamente más extensa del país, ya que la red principal abarca desde La Calera a Iquique en 1.880 Km, y cuenta además con cinco ramales operativos, que aportan 370 Km adicionales. No obstante, la línea se encuentra interrumpida en Coquimbo, y sólo tiene operación en tramos acotados y ramales específicos. En la Región de Atacama sólo tiene en operación el tramo Llanos de Soto a Km 765, mencionado en la descripción del ferrocarril de Algarrobo a Huasco.

Una característica relevante de la red de Ferronor es que se conecta prácticamente con la totalidad de los ferrocarriles de la zona norte, lo que se facilita por la existencia de trocha métrica. Los puntos de conexión en la Región de Atacama son:

- En Maitencillo (Km 14 ramal Huasco), con el Ferrocarril de Algarrobo
- En Empalme Norte (Km 765), con el ramal de la mina Los Colorados
- En Diego de Almagro (Km 1072), con el Ferrocarril de Potrerillos

Ferronor incluye dentro de los ramales operativos el de Copiapó – Caldera, que conecta estas ciudades y que constituye la primera vía férrea construida en Chile en el año 1851. No se cuenta con antecedentes de uso del citado ramal.

Figura 2.2-15: Red Ferronor



### 2.2.5 Transporte Aéreo

La red aeroportuaria nacional está compuesta por 344 aeropuertos y aeródromos distribuidos desde Arica a la Antártica, incluyendo territorio insular. De acuerdo a los antecedentes del estudio “Actualización de la Información y Clasificación DAP de la Red Aeroportuaria Nacional”, en el área de estudio se tienen los siguientes:

**Cuadro 2.2-12: Principales aeródromos – Región de Atacama**

Aeropuerto o aeródromo	Comuna	Red
Desierto de Atacama	Caldera	Primaria
Ricardo García Posada	El Salvador	Secundaria
Vallenar	Vallenar	Secundaria
Caldera	Caldera	Pequeños aeródromos
Chañaral	Chañaral	Pequeños aeródromos
Chamonate	Copiapó	Pequeños aeródromos

Fuente: DAP

Cabe señalar que en existen otros aeródromos de uso privado, como el de Freirina y Carrizal Bajo, que no son considerados en la clasificación de la red aeroportuaria.

**Figura 2.2-16: Localización de principales aeródromos Región de Atacama**

Fuente: DAP

Se presenta la información de pasajeros y carga movilizada por medio aéreo, proveniente de la Junta de Aeronáutica Civil (JAC).

A nivel de pasajeros nacionales, si se analiza el nivel de actividad, como total de pasajeros que utilizan cada aeropuerto, se tiene lo siguiente:

**Cuadro 2.2-13: Pasajeros nacionales por año**

Aeropuerto	Pasajeros Totales (Lle.+Sal.)									
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Copiapó	88.971	94.781	114.773	155.444	198.385	214.663	274.669	403.191	515.474	597.841
El Salvador	20.567	16.610	15.691	11.783	11.839	9.288	7.606	10.460	13.588	8.057

Fuente: Elaboración Propia a partir de estadísticas de JAC

Desde el punto de vista del crecimiento de los viajes, destaca el de Copiapó con un 21% de crecimiento en el período, en tanto el de El Salvador decrece en el período.

A nivel de carga nacional, es posible analizar los principales generadores de carga, que se presentan en el cuadro siguiente:

**Cuadro 2.2-14: Origen de carga aérea nacional total por año**

Aeropuerto de Origen	Toneladas de Carga Totales (Lle.+Sal.)									
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Copiapó	8	7	9	0	0	0	0	0	0	0
El Salvador	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Santiago	26.292	26.182	27.598	26.493	26.200	25.597	27.154	29.035	28.959	27.015
Total país	29.687	29.730	30.640	29.651	27.923	27.295	29.202	30.978	30.197	28.457

Fuente: JAC

Como se observa, el movimiento de generación de carga resulta muy limitado e incluso nulo en los últimos años.

**Cuadro 2.2-15: Destino de carga aérea nacional total por año**

Aeropuerto de Destino	Toneladas de Carga Totales (Lle.+Sal.)									
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Copiapó	356	352	314	314	344	314	317	389	312	344
El Salvador	5	9	3	3	1	0	0	0	0	0
Total país	29.687	29.730	30.640	29.651	27.923	27.295	29.202	30.978	30.197	28.457

Fuente: JAC

A nivel de destino de la carga aérea, Copiapó presenta los mayores volúmenes en la región, pero se trata de niveles comparativamente menores de la carga aérea nacional.

### 2.2.6 Actividad Portuaria

En el área de estudio se ubican puertos con múltiples propósitos como son Chañaral/Barquito, Caldera/Calderilla y Huasco/Guacolda. Otros puertos comerciales en la zona son Punta Totalillo, Rocas Negras, Punta Caleta, Punta Padrones y Las Losas.

De acuerdo a los antecedentes de la Cámara Marítima, el comercio exterior por los puertos de la región alcanzó casi 8 millones de toneladas en 2012, lo que refleja un crecimiento sostenido, y muy superior al 2009 donde se transfirieron 3,1 millones de toneladas.

**Cuadro 2.2-16: Comercio Exterior en la Región de Atacama, Años 2006-2012 (Ton.)**

Puerto	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Chañaral/Barquito	211.015	199.855	24.249	4.005	76.779	65.986	76.244
Caldera/Calderilla	666.487	1.059.371	1.361.729	1.050.296	2.705.085	2.998.902	3.454.271
Huasco/Guacolda	4.940.737	5.272.774	3.540.801	2.061.571	4.119.726	3.958.551	4.206.899
<b>Total</b>	<b>5.818.239</b>	<b>6.532.000</b>	<b>4.926.779</b>	<b>3.115.872</b>	<b>6.901.590</b>	<b>7.023.439</b>	<b>7.737.414</b>

Fuente: Cámara Marítima y Portuaria de Chile. Excluye cabotaje

Por otra parte DIRECTEMAR registra los siguientes volúmenes de cabotaje:

**Cuadro 2.2-17: Cabotaje por puerto en la Región de Atacama, Años 2006 -2011 (Ton.)**

Puerto	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Chañaral/Barquito	63.798	105.064	293.101	337.618	502.292	575.753	487.766
Caldera/Calderilla	259.556	301.398	545.453	328.231	316.674	285.606	285.275
Huasco/Guacolda	1.984.835	1.681.492	2.208.859	1.831.106	1.613.579	1.524.453	1.666.096
<b>Total</b>	<b>2.308.189</b>	<b>2.087.954</b>	<b>3.047.413</b>	<b>2.496.955</b>	<b>2.432.545</b>	<b>2.385.812</b>	<b>2.439.137</b>

Fuente: DIRECTEMAR

En el caso del cabotaje, se observa que los volúmenes se mantienen relativamente estables en el período analizado,. La mayor parte del movimiento se realiza en el puerto de Huasco/Guacolda que corresponde principalmente a mineral de hierro a granel.

No obstante lo anterior, los antecedentes de los propios puertos y de aduana indican que en el año 2009 por los puertos de la región se transfirieron más de 11 millones de toneladas, de las cuales el 65% corresponde a exportaciones, como se observa en el cuadro que sigue.

**Cuadro 2.2-18: Transferencia Portuaria en la Región de Atacama, Año 2009 (Ton.)**

Puerto	Importación	Exportación	Cabotaje	Tránsito	Otros	Total
Chañaral/Barquito	36.499	10.601	339.618	0	0	386.718
Caldera/Calderilla	41.206	2.403.660	328.231	0	0	2.773.097
Huasco/Guacolda	1.232.700	4.853.662	1.831.106	82.522	48.886	8.048.876
<b>Total</b>	<b>1.310.405</b>	<b>7.267.923</b>	<b>2.498.955</b>	<b>82.522</b>	<b>48.886</b>	<b>11.208.691</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes de puertos y aduana.

Cabe señalar que se ha utilizado como referencia el año 2009, ya que se cuenta con información detallada de aduana para ese año, lo que permite analizar los tipos de carga.

### 2.2.6.1 Chañaral/Barquitos

Por este puerto es posible embarcar tanto cobre refinado como concentrado y ácido sulfúrico. En el año 2009 las exportaciones fueron mayoritariamente de cobre provenientes de Enami y Minera Atacama; mientras que las importaciones correspondieron a ácido sulfúrico para las faenas del yacimiento minero Manto Verde. En el cuadro que se muestra a continuación se observan los volúmenes transferidos. Existe también cabotaje de carga general y combustibles.

**Cuadro 2.2-19: Transferencia Portuaria Puerto de Chañaral/Barquitos, Año 2009**

<b>Puerto Chañaral/Barquitos</b>	<b>Toneladas</b>
Exportaciones	10.601
Importaciones	36.499
Cabotaje	339.618
<b>Total Transferido</b>	<b>386.718</b>

Fuente: Datasur, base de datos de Aduana 2009, Cámara Marítima 2009

En el cuadro que se muestra a continuación se observan la tipología de productos transferida en comercio exterior.

**Cuadro 2.2-20: Comercio Exterior por Puerto Chañaral/Barquitos, Año 2009**

<b>Exportaciones</b>		<b>Importaciones</b>	
<b>Producto</b>	<b>Toneladas</b>	<b>Producto</b>	<b>Toneladas</b>
Concentrado de Cobre	6.597	Ácido Sulfúrico	36.499
Cátodos de Cobre	4.004		
<b>Total Exportaciones</b>	<b>10.601</b>	<b>Total Importaciones</b>	<b>36.499</b>

Fuente: Datasur, base de datos de Aduana 2009

### 2.2.6.2 Caldera

En la bahía de Caldera se ubica el puerto **Punta Padrones** por donde se exporta el concentrado de cobre generado por la minera Candelaria; el que accede al puerto por camión; mientras que en el **puerto de Caldera** se exporta hierro proveniente de Minera Santa Fe. La Compañía Minera del Pacífico, exporta a través de **Punta Totoralillo** hasta donde llega el mineral por un concentrado proveniente de la planta de magnetita en la comuna de Tierra Amarilla y también llegan combustibles al puerto por cabotaje desde Quintero.



**Cuadro 2.2-21: Transferencia Portuaria Puerto de Caldera, Año 2009**

Puerto Caldera	Toneladas
Exportaciones	2.403.660
Importaciones	41.206
Cabotaje	328.231
<b>Total Transferido</b>	<b>2.773.097</b>

Fuente: Datasur, base de datos de Aduana 2009, Cámara Marítima 2009

Por la bahía de Caldera también se exportan productos frutícolas provenientes principalmente del valle de Copiapó.

**Cuadro 2.2-22: Comercio Exterior por Puerto Caldera/Punta Padrones, Año 2009**

Exportaciones		Importaciones	
Producto	Toneladas	Producto	Toneladas
Frutas	44.255	Petróleo	41.206
Concentrado de Cobre	438.850		
Hierro	1.920.555		
<b>Total Exportaciones</b>	<b>2.403.660</b>	<b>Total Importaciones</b>	<b>41.206</b>

Fuente: Datasur, base de datos de Aduana 2009

### 2.2.6.3 Huasco

Por el puerto de Huasco en el año 2009 se transfirieron más de 8 millones de toneladas; siendo el principal producto hierro.

**Cuadro 2.2-23: Transferencia Portuaria Puerto de Huasco, Año 2009**

Puerto Antofagasta	Toneladas
Exportaciones	4.853.662
Importaciones	1.232.700
Cabotaje	1.831.106
Carga en Tránsito	82.522
Otros	48.886
<b>Total Transferido</b>	<b>8.048.876</b>

Fuente: Datasur, base de datos de Aduana 2009

En el cuadro que se presenta a continuación se observa el detalle del comercio exterior para el año 2009. El hierro es exportado por Compañía Minera Huasco y Compañía Minera del Pacífico; el que es procesado en sus plantas de pellets y molienda en Huasco. Por otra parte las importaciones corresponden a carbón para abastecer a la Central Termoeléctrica **Guacolda** y azufre que se utiliza como insumo en la planta de ácido de Cemin, en la comuna de Vallenar.

**Cuadro 2.2-24: Comercio Exterior por Puerto Huasco, Año 2009**

Exportaciones		Importaciones	
Producto	Toneladas	Producto	Toneladas
Hierro	4.853.662	Carbón	1.203.000
		Azufre	29.700
<b>Total Exportaciones</b>	<b>4.853.662</b>	<b>Total Importaciones</b>	<b>1.232.700</b>

Fuente: Datasur, base de datos de Aduana 2009

## 2.3 Estudios

### 2.3.1 Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021

El Plan Regional de Infraestructura y Recursos Hídricos (2011-2012) es un instrumento de planificación de mediano plazo, con un horizonte estimado de 11 años que recoge los lineamientos estratégicos del Ministerio de Obras Públicas; los principales lineamientos de la Estrategia Regional de Desarrollo (2007 – 2017); el Plan Atacama y otros antecedentes.

Resulta de interés para el presente estudio pues realiza un completo análisis territorial de la Región de Atacama, determina brechas en infraestructura, genera una cartera de proyectos y analiza la disponibilidad y gestión de los recursos hídricos.

En el documento se identifican y analizan los principales requerimientos en el ámbito de la infraestructura de la Estrategia de Desarrollo Regional de Atacama 2007-2017 y el Plan Regional de Gobierno 2010-2014.

Se determinaron brechas en infraestructura de responsabilidad de las direcciones operativas del MOP, pero para efectos de este estudio resulta más relevante la identificación realizada en el ámbito vial. Se consideran tres ámbitos de análisis:

- Condiciones de la vía: Desde el punto de vista de la oferta se analiza el tipo de carpeta, el tipo y ancho de calzada, el estado de conservación y la velocidad de diseño. Esto se contrasta con criterios específicos para cada ruta analizada.
- Seguridad vial: Se analiza el número de señales por km, la proporción de demarcación de pavimentos, la disponibilidad de elementos de contención, y de áreas de descanso, miradores y paraderos.
- Tiempo de viaje: Se contrasta la velocidad media de operación con una velocidad requerida para la ruta en función del TMDA.

A continuación, se identifican los ámbitos de infraestructura vial analizados y los proyectos propuestos.

#### Conectividad Vial Ruta 5 Norte

- Construcción doble calzada Travesía- Toledo, Acceso Sur de Copiapó y Copiapó – Toledo. (55 km)
- Mejoramiento y ampliación en sectores, Caldera – límite Región de Antofagasta, Ruta 5 km 888 al 1043 (155 km)
- Construcción doble vía Ruta 5 tramo La Serena – Vallenar (101 km en Región de Atacama)

#### Conectividad Vial Ruta Intermedia

- Conservación ruta Copiapó – Inca de Oro – Diego de Almagro ( 123 km)

#### Conectividad Vial Costera

- Construcción ruta costera Huasco – límite Región de Coquimbo (65 km)
- Mejoramiento ruta costera sector Huasco – Caldera (175 km)

#### Conectividad Vial Rutas Transversales (Valles)

- Mejoramiento Ruta C-13: Bif. Ruta 5 – Diego de Almagro – Salvador. (146 km)
- Ampliación Ruta C-35 sector Tierra Amarilla – Cerrillos (10 km)
- Construcción variante Ruta C-35 Tierra Amarilla (7 km)
- Mejoramiento /Conservación Ruta C-35 Tierra Amarilla –Juntas (81 km)
- Mejoramiento Ruta C-46 Vallenar – Huasco (45 km)
- Construcción variante Ruta C-46 , Huasco Bajo –Huasco –acceso puertos ( 8 km)
- Construcción doble vía Vallenar – Huasco (46 km)
- Mejoramiento/Conservación Ruta C- 485 Vallenar – Alto del Carmen (46 km).
- Mejoramiento/conservación Ruta C- 495 Alto del Carmen – El Tránsito – Junta de Valeriano (69 km)
- Conservación Ruta C- 489 Alto del Carmen – San Félix – El Corral (61km)

#### Conectividad Vial Internacional

- Mejoramiento paso San Francisco (Ruta 31-CH), Sector Maricunga –Límite (108.5 km)
- Mejoramiento paso San Francisco, sector Bifurcación Potrerillos -Maricunga – Límite (129 km)
- Mejoramiento/conservación Paso Pircas Negras (161 km)

#### Conectividad Vial Caminos Básicos

- Mejoramiento /Conservación red de caminos básicos (2.531 km)

### Conectividad Vial Pasadas Urbanas

- Mejoramiento pasadas urbanas: Diego de Almagro, Chañaral, Caldera acceso puerto, Tierra Amarilla, Copiapó, Huasco, Alto del Carmen.

Se incluye además un análisis de escenarios, que dada su reciente data, son considerados en los desarrollos posteriores del presente estudio.

### 2.3.2 Chile 2020, Obras Públicas para el Desarrollo

Este documento del año 2009, resultado de múltiples análisis regionales y sectoriales, plantea la planificación del Ministerio de Obras Públicas durante la década, basado en los siguientes criterios:

- Impulsar el desarrollo económico sustentable del país y las regiones, mediante la provisión de servicios de infraestructura con visión territorial integrada, mejorando la competitividad, la inserción en un mundo globalizado y la innovación.
- Proveer servicios de infraestructura para garantizar la integración externa e interna, promoviendo el desarrollo equilibrado del territorio nacional.
- Contribuir con equidad al desarrollo humano, social y al mejoramiento de la calidad de vida de los chilenos y chilenas en las ciudades y en las localidades rurales.
- Proveer y mantener los servicios de infraestructura y de gestión de los recursos hídricos de acuerdo a estándares de calidad de clase mundial.
- Aportar a la seguridad ambiental y estratégica de la nación, dotando de infraestructura para el uso eficiente del agua, energía, mayor seguridad alimentaria, y obras de conectividad resistente a catástrofes naturales.
- Contribuir al resguardo medioambiental asociado al cuidado del agua, mediante la planificación, gestión y fiscalización del recurso hídrico.

Las principales propuestas están detalladas a nivel regional, por medio de separatas. Lo que se presenta a continuación es lo que corresponde a la Región de Atacama.

Se plantea como visión “Mejorar la calidad de vida de la región, creciendo con equidad, transformándola desde la explotación de recursos naturales hacia un desarrollo basado en recursos renovables con agregación de valor, generando ventajas competitivas dinámicas y diversificación productiva, promoviendo la aplicación de conocimientos, la innovación y la excelencia en la articulación público-privada”. Define nueve objetivos estratégicos, de los cuales se rescatan los siguientes por su relación con el estudio:

- Lograr posicionamiento internacional, potenciando la actividad e identidad regional, mejorando el acceso a mercados internacionales y el asentamiento de la identidad para el sector minero y turístico.
- Proveer productos mineros diferenciados por experiencia, tradición y tecnología, acorde a disponibilidades hídricas. Ser parte del clúster minero de la región.
- Poner en valor los destinos turísticos de intereses especiales de montaña, senderismo, desierto, arqueología, paleontología, patrimonio y costas.
- Desarrollar los servicios de infraestructura para mejorar competitividad de sectores productivos prioritarios, integración territorial, progreso urbano y servicios públicos, promoviendo una cultura de servicios

Los proyectos definidos en la propuesta son los siguientes:

- Doble Vía La Serena – Vallenar.
- Mejoramiento Ruta Paso San Francisco Sector Maricunga – La Ola – Empalme Ruta C-13.
- Doble Vía Ruta C-46, Vallenar - Huasco.
- Mejoramiento y Ampliación Ruta 5 Norte: Sector Caldera – Chañaral - límite Región. Antofagasta
- .Construcción Puerto Multipropósito y áreas de respaldo en Caldera y/o Chañaral.
- Mejoramiento accesos a puertos de Chañaral, Caldera y Huasco.
- Construcción Ruta Costera Huasco - Límite Región de Coquimbo.
- Pavimentación Ruta Costera sector Huasco – Caldera.
- Construcción Plantas Desaladoras de Agua de Mar.
- Mejoramiento de centros cívicos, accesos o pasadas urbanas en Copiapó, Chañaral, Diego de Almagro.

### **2.3.3 Actualización Plan Director de Infraestructura MOP 2010 - 2025**

Este estudio, desarrollado por INECON para la Dirección de Planeamiento (2009), genera un sistema de planificación basado en el modelo TRANUS y en el análisis específico de algunos sectores, lo que permite establecer una planificación estratégica de las inversiones MOP, que se denomina Plan Director de Infraestructura.

Entre los aspectos analizados de manera específica se encuentra la problemática de accesos a puertos y centros urbanos, la proposición de by-pass a centros poblados, el análisis de conectividad en localidades aisladas y propuestas de circuitos de desarrollo turístico.

Como resultado del modelo se ha planteado en el Plan Director la ampliación a doble calzada de la Ruta 5, entre Caldera y Chañaral, de la Ruta C-485: Vallenar – Alto del Carmen y de la Ruta C-35, Tierra Amarilla – Nantoco. Además, se ha considerado la incorporación de la pavimentación de las Rutas 31-CH y C-173, Potrerillos – San Francisco, teniendo presente su importancia estratégica.

Como resultado del análisis de brechas de infraestructura, el estudio Plan Director propone la pavimentación de la Ruta C-370: cruce Ruta 5 – acceso a Punta Barranquilla y la Ruta costera: cruce Ruta C- 46 (Freirina) – límite regional.

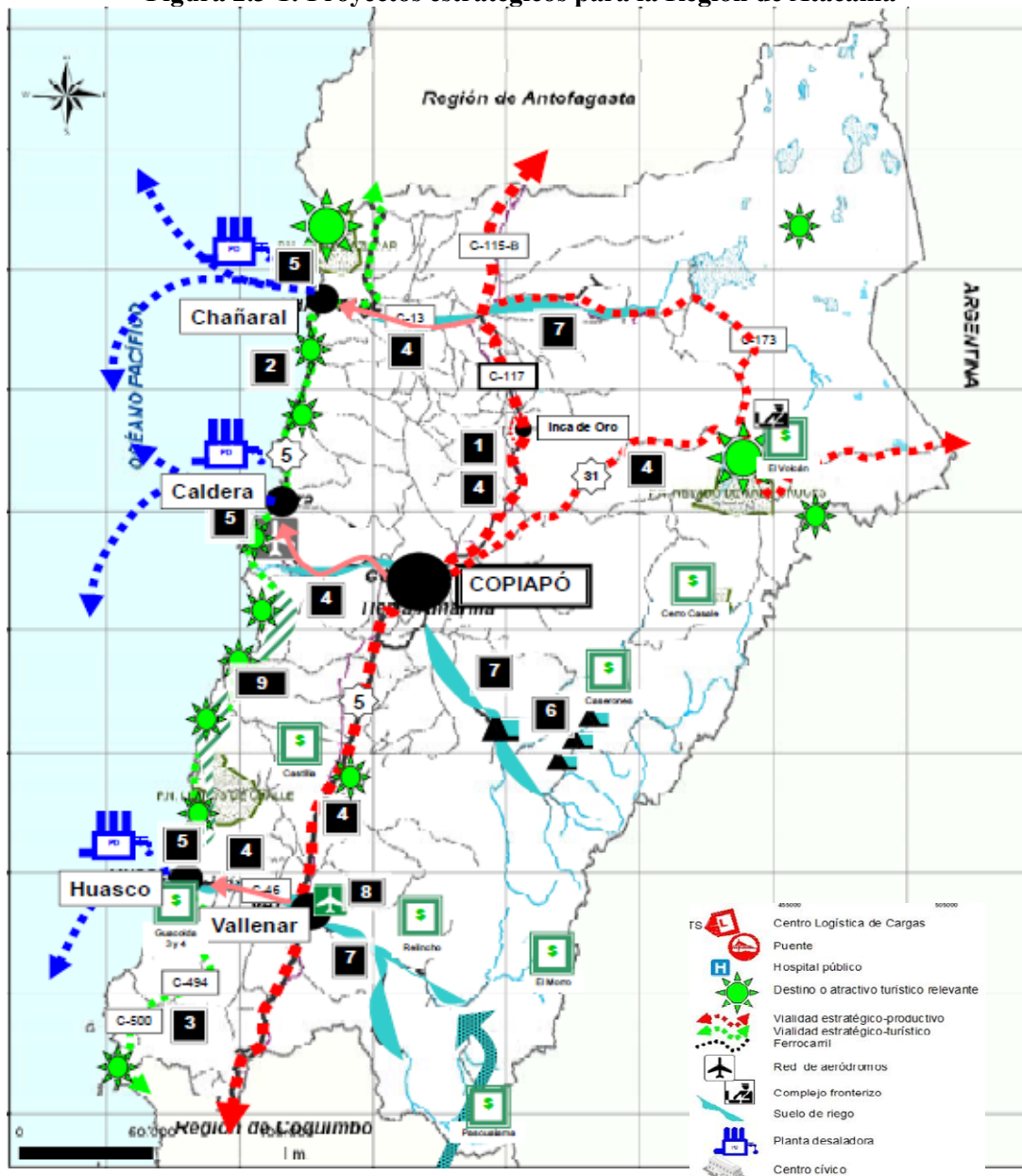
En relación a condiciones de aislamiento, se identifican sólo dos localidades con aislamiento crítico o alto, pero se incorporó además una solución para caseríos en la Quebrada de Paipote, lo que da origen a tres proyectos viales a incluir en el Plan Director.

Respecto de los accesos a puertos, el estudio propone desafectar la Ruta 5 actual y reemplazarla por una ruta interior, de manera que se libere el borde costero entre Chañaral y Caldera para uso principalmente turístico. Complementariamente, en el Plan Director se propone una solución local de acceso a los puertos de Chañaral y Barquito en Chañaral, un desnivel de la ruta de acceso al puerto de Candelaria en Caldera, y un nuevo acceso hacia el sur para el puerto de Huasco. Se propone además un by pass al poblado de Inca de Oro.

En el ámbito turístico, en el estudio se identifican seis circuitos, proponiéndose nueve proyectos viales principalmente en el área costera de la región.

La inversión total propuesta para la región supera los US\$800 millones.

Figura 2.3-1: Proyectos estratégicos para la Región de Atacama



Fuente: Actualización Plan Director de Infraestructura MOP

1. *Habilitación de Ruta C-17 y C-115-B como Ruta 5*
2. *Habilitación de Ruta 5, tramo Chañaral – Caldera, como ruta turístico-escénica*
3. *Completar Ruta Costera, tramo Huasco – Límite con Región de Serena-Coquimbo*
4. *Incorporación de ITS y sistema Bitrén a Rutas 5, C-17, 31-CH, C-115-B, C-13 y C-46*
5. *Acceso urbanos para cargas en Chañaral, Caldera y Huasco*
6. *Nuevo embalse para Río Copiapó y embalses de cabecera en Río Pulido*
7. *Sistema moderno de distribución de agua de regadío cuencas de Copiapó, Huasco y Salado*
8. *Mejoramiento Aeródromo de Vallenar*
9. *Plan de Desarrollo Territorial Costero-Inmobiliario*

### 2.3.4 Análisis de Proyectos de Infraestructura MOP para Plataforma Logística Regiones I-III

Este estudio fue desarrollado por parte de CIS Consultores para la Dirección de Planeamiento (2012), y tuvo como objetivo desarrollar e implementar un modelo de planificación estratégica de transporte interurbano e internacional que considere tanto las modificaciones experimentadas en la red de transporte de la Macrozona Norte, comprendida por las regiones de Arica y Parinacota, de Tarapacá, de Antofagasta y de Atacama, además de incorporar los proyectos de desarrollo regional en los ámbitos minero, turístico y de servicios logísticos.

La metodología de análisis consideró la calibración de un modelo estratégico de transporte interurbano mediante EMME/2, un análisis territorial de las cuatro regiones incluidas en el área de estudio, la definición y evaluación de planes y proyectos de inversión en infraestructura vial interurbana, y la proposición de un plan de inversiones.

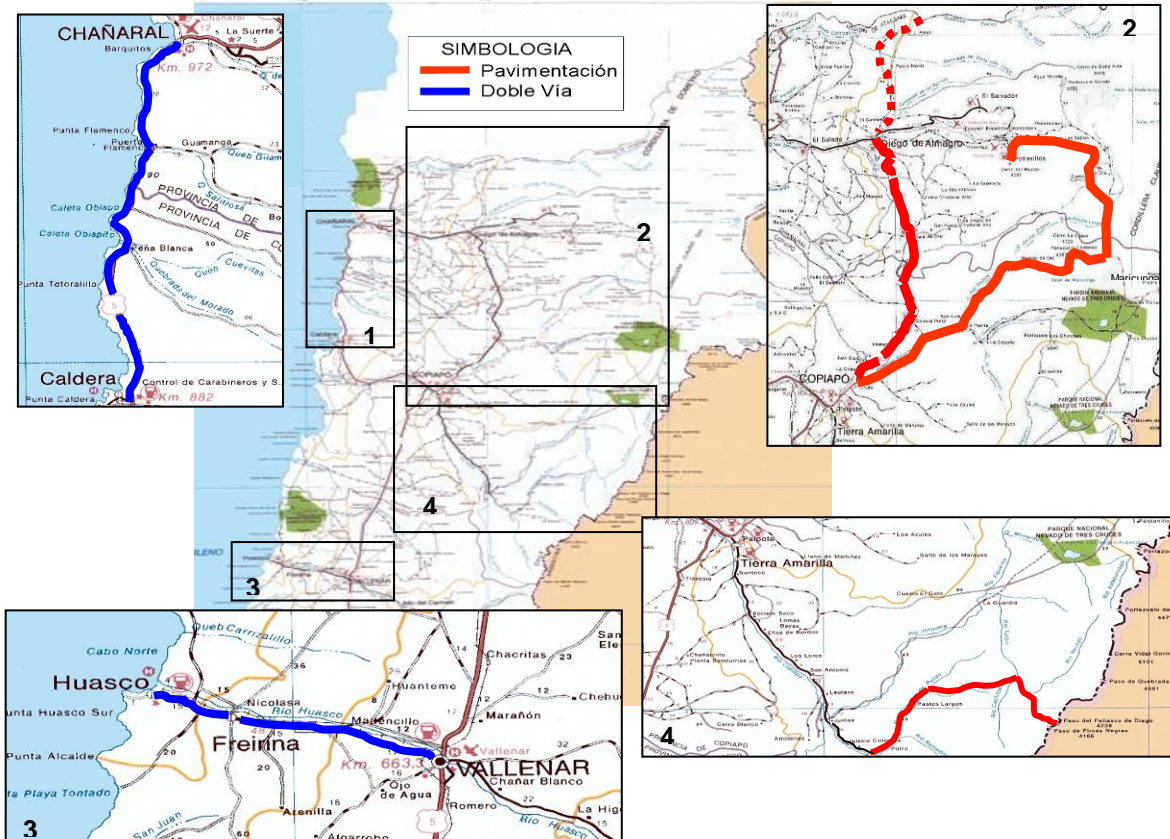
En relación a la Región de Atacama se estudiaron los siguientes proyectos:

- **Doble calzada Ruta 5 Chañaral – Caldera:** ampliación a doble calzada del tramo comprendido entre Chañaral y Caldera, dando continuidad a la doble vía implementada hasta Caldera.
- **Pavimentación Ruta C-173 Maricunga – Potrerillos:** continuación de la conexión internacional por el paso San Francisco, desde el complejo fronterizo de Maricunga hasta Potrerillos. La vía continuaría luego por la C-13 para alcanzar Chañaral y la costa atacameña.
- **Mejoramiento Ruta 31-CH Maricunga – Copiapó:** conexión desde el paso San Francisco hacia la capital regional, generando alternativas para las cargas internacionales hacia el sur.
- **Mejoramiento Ruta C-17 Copiapó – Diego de Almagro:** El mejoramiento de la conexión longitudinal entre Copiapó y Diego de Almagro, con un aumento en la velocidad de operación y un mejoramiento de la carpeta de rodado, entregaría conectividad a una serie de pequeñas localidades y enlazaría con las conexiones analizadas para el paso San Francisco. Sería además alternativa interior a la Ruta 5 actual.
- **Doble calzada Ruta C-46 Vallenar – Huasco:** ampliación a doble calzada del tramo comprendido entre las ciudades de Vallenar y Huasco, con el fin de acoger los aumentos de carga esperados en el área, vinculados principalmente a la minería de hierro.



- **Pavimentación Paso Pircas Negras:** genera una alternativa de conexión a la provincia de La Rioja, dando conectividad principalmente a yacimientos localizados entre la provincia de San Juan y La Rioja

**Figura 2.3-2: Proyectos propuestos en la Región de Atacama**



En la propuesta de plan de inversiones se consideraron los proyectos de doble calzada en los tramos Chañaral – Caldera y Vallenar – Huasco, por presentar indicadores positivos de rentabilidad social.

### 2.3.5 Análisis Estimación de la Demanda de Carga Interurbana

Este estudio fue desarrollado por parte de CIS Consultores para SECTRA (2010), y tuvo como objetivo estimar matrices de carga interurbana a escala comunal en todas las regiones (excepto XI y XII), para un conjunto de productos o agrupaciones de productos en los cortes temporales 2007 (calibración), 2010 y 2020 (proyección). La metodología de análisis consideró la calibración para el año base de modelos de generación/atracción y distribución, con énfasis en la localización de actividades a escala comunal y su vinculación con la producción y consumo de los bienes analizados. Considera además un levantamiento

de información de oferta de transporte, a nivel de puertos, aeropuertos, red vial, ductos y red ferroviaria.

Resulta de interés para el presente estudio la estimación de demanda a escala intercomunal, disponible para las regiones analizadas, las proyecciones de la demanda y los antecedentes del sistema de actividades considerados en las estimaciones. Además, resulta aplicable el catastro de información de puertos, red vial y ferroviaria.

### **2.3.6 Formulación de una Metodología de Actualización de la Red Vial Estructurante de Chile**

La Dirección de Vialidad licitó la realización del estudio denominado “**Formulación de una Metodología de Actualización de la Red Vial Estructurante de Chile**”, cuyo propósito era definir una metodología que permitiera priorizar la inversión sectorial en un subconjunto de caminos, que por su importancia en las actividades económicas y/o en la integración territorial ameritan su desarrollo prioritario.

El objetivo subyacente en el requerimiento es definir un subconjunto de la red vial nacional, conformada por unos 80.000 kilómetros reconocidos por el ente vial, sobre los cuales se espera realizar una gestión diferenciada del resto. De esta forma se reconoce que un porcentaje relativamente pequeño de la red<sup>1</sup> sustenta una parte muy relevante de la actividad económica, integra el territorio y permite la conectividad con el resto del mundo. Resulta esperable además que dicha red resulte priorizada en términos de inversiones, de mantenimiento, de preservación de la faja vial, de seguridad vial, entre otros aspectos.

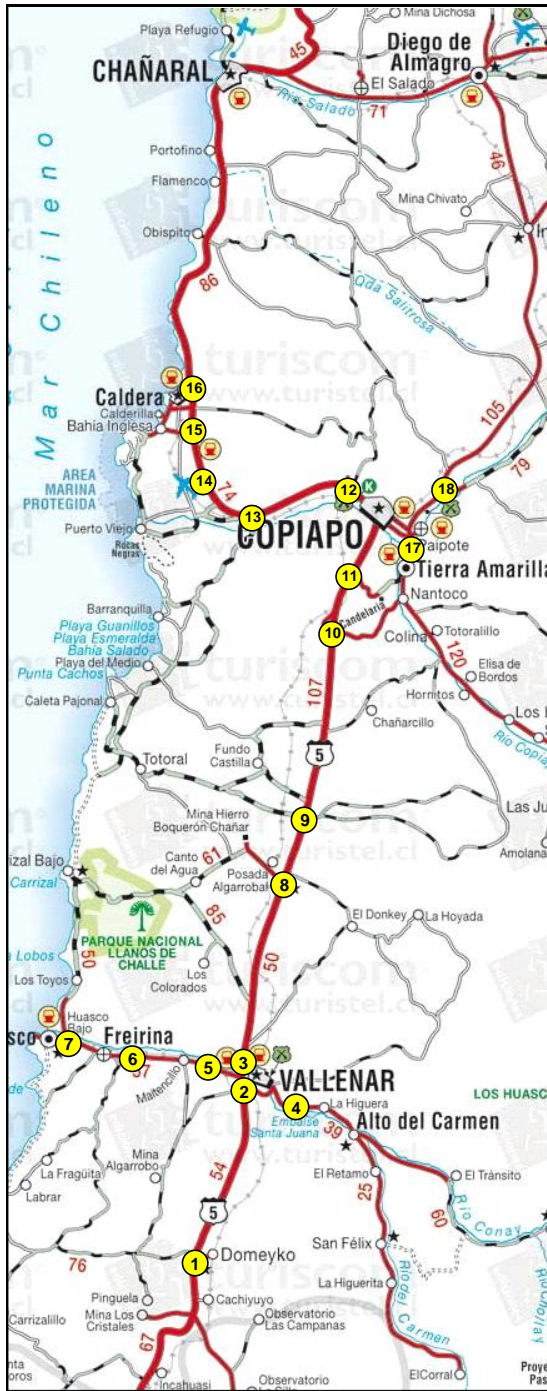
### **2.3.7 Estudios de tránsito y evaluación social Ruta 5, La Serena – Vallenar y Vallenar – Caldera**

Se dispone de antecedentes de los estudios de base desarrollados para el proyecto Concesión Ruta 5 Norte Tramo Vallenar – Caldera realizado en noviembre de 2006, y que consideró:

- 18 puntos de conteo vehicular
- 5 puntos de encuesta origen – destino
- Catastro de transporte público en Copiapó, Caldera, Vallenar y Huasco.

---

<sup>1</sup> Según se indica en la Tesis de A. Grossi, en Argentina la Red Troncal Nacional representa un 5,9% y en España la Red de Carreteras del Estado comprende un 14,7%



Puntos de conteo vehicular



Puntos de EOD

La información disponible resulta bastante desactualizada, por lo que sólo sirve de referencia.

Respecto a la “Concesión Ruta 5 Norte. Tramo La Serena - Vallenar” se tuvo acceso a los estudios de tránsito, correspondiente a trabajo de terreno para dos temporadas: Alta (Verano) y Normal (Invierno), donde fue recopilada la siguiente información:

- Censos de tráfico de validación por movimiento, para contar con información detallada y actualizada de los patrones de tráfico en la vía de interés y permitir la expansión de las encuestas Origen-Destino.
- Encuestas Origen-Destino (EOD) en puntos estratégicos de la vía, con el objeto de representar la mayor parte de la demanda existente.
- Mediciones de velocidad en arcos.
- Catastro de transporte público interurbano de los terminales de La Serena, Vallenar y Huasco.

La localización de los puntos de control se presenta en las figuras siguientes:



Puntos de conteo vehicular



Puntos de EOD

Las mediciones fueron realizadas en el año 2008 y verano del 2009, por lo que resultan referenciales para el presente estudio.

### **2.3.8 Plan Regional de Gobierno 2010 – 2014**

La formulación del Plan Atacama, busca garantizar el surgimiento de las oportunidades y seguridades necesarias para cerrar la brecha que separa a la región del promedio del país, de modo de avanzar, con el conjunto de éste, hacia la configuración de una sociedad desarrollada y sin pobreza, más libre, próspera y justa.

El plan es expresión de la nueva forma de gobernar que se impulsó en el período 2010-2014. Por lo mismo, se asienta en el afán descentralizador y la consecuente confianza en las autoridades y actores regionales y locales, públicos y privados, en la coordinación de sus esfuerzos en pos de un propósito común, en la formulación de metas claras y en el compromiso con resultados concretos y medibles y la disposición a una permanente rendición de cuentas.

El Plan incorpora un diagnóstico regional en los ámbitos de Demografía, Empleo, Producción, Pobreza, Educación, y Seguridad Ciudadana. Define lineamientos y un conjunto de medidas que se distribuyen en siete ejes. Ellos son: recurso hídrico, seguridad ciudadana, infraestructura, ciudad y calidad de vida; salud, educación e innovación, innovación y emprendimiento sustentable y pobreza.

En el ámbito hídrico define como acciones concretas:

- Mejoramiento de las condiciones de infiltración del Embalse Lautaro
- Entubamiento de canales de conducción de Copiapó: Mal Paso, Bellavista, Chamonate, San Fernando y Toledo.
- Incorporar nuevas fuentes de agua, la meta es contar con 3.132 l/s adicionales de agua a través de tres medidas. Programa de estimulación artificial de precipitaciones para espera incrementar en un 10% las precipitaciones anuales en la zona; construcción de 3 plantas desalinizadoras de agua en la provincia de Copiapó que aportarán en conjunto 1.900 litros por segundo; y la construcción de una planta desalinizadora en la comuna de Chañaral, que aportará 432 l/s.
- Mejorar cobertura y calidad de agua potable mediante la construcción de una planta de tratamiento de osmosis Inversa y la construcción de 8 Sistemas de Agua Potable Rural.

De acuerdo a lo informado en el documento citado, se han entubado 4 canales, hay nuevos sistemas de Agua Potable Rural, y se destaca la construcción de un Estanque acumulador de agua en San Fernando (Copiapó). No hay información sobre las otras medidas indicadas.

En el ámbito de infraestructura interurbana y vial propone mejorar 485 kilómetros del eje longitudinal de la región, la Ruta 5 y el mejoramiento del Paso San Francisco. Las acciones concretas son:

- Doble Vía Caldera-Vallenar. Tramo de 188 km. entre las dos ciudades mencionadas. La obra es financiada vía concesiones, con un presupuesto de alrededor de US\$300 millones. El proyecto estará terminado en junio del año 2011.
- Doble Vía Vallenar-La Serena: Tramo de 187 km. financiado a través de concesión, con un presupuesto estimado en US\$320 millones. El proyecto está compuesto por una doble vía de 187 km. con 2 puentes y 12 enlaces en desnivel. Se espera que esta obra se empiece a construir en 2011 y esté lista en 2014.
- Reposición de Ruta 5 desde Caldera hacia el norte. Proyecto de 4 tramos de reposición, que serán entregados entre 2013 y 2014, y cuyo responsable es el Ministerio de Obras Públicas. El detalle de los proyectos es:
  - o Sector Caldera-Obispito (Diseño y Ejecución). Plazo: diciembre 2014.
  - o Sector Obispito-Portofino (Diseño y Ejecución). Plazo: diciembre 2013.
  - o Sector Portofino-Chañaral (Ejecución). Plazo: diciembre 2013.
  - o Sector Chañaral (Km. 976 al Km. 1000) (Ejecución). Plazo: diciembre 2013.
- Mejoramiento de la ruta internacional Paso San Francisco. El proyecto comprende 3 etapas de pavimentación asfáltica, una de las cuales corresponde a la Región de Atacama y dos de las cuales están en territorio de la Región de Antofagasta. Éstas son:
  - o Llanta-Bif. Potrerillos, 34 km. (Ejecución) Plazo: diciembre 2012.
  - o Maricunga-El Límite, 109 km. (Ejecución) Plazo: diciembre 2012.
  - o Bif. Potrerillos- Maricunga, 124 km. (Diseño) Plazo: diciembre 2013.
- Construcción de nueva infraestructura vial. Se contemplan 6 importantes obras que mejorarán significativamente el tránsito vehicular en los principales centros urbanos de la región
  - o Construcción Avda. Circunvalación Sur, Copiapó. A cargo del Ministerio de Vivienda y Urbanismo y el Gobierno Regional. Plazo diciembre 2013.
  - o Construcción Avda. Costanera Norte, Copiapó (Prefactibilidad – Diseño – Ejecución) A cargo del Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Plazo diciembre 2013.
  - o Mejoramiento Conexión Sector Diego de Almagro con el Palomar, Copiapó (Prefactibilidad – Diseño - Ejecución) A cargo del Ministerio de Vivienda y Urbanismo y el Gobierno Regional. Plazo diciembre 2013.

- Mejoramiento Pavimentación Avda. Los Carrera, Copiapó (Ejecución). A cargo del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones y el Gobierno Regional. Plazo diciembre 2012
- Construcción Apertura Avda. Henríquez entre Circunvalación y Los Loros, Copiapó (Ejecución) A cargo del Gobierno Regional y el Municipio. Plazo diciembre de 2013.
- Construcción Prolongación Avda. Matta – Sector El Olivar, Vallenar. A cargo del Gobierno Regional, plazo: diciembre de 2014.

Algunos de los proyectos mencionados o fases de ellos se encuentran implementados, en tanto otros registran demoras respecto al plazo indicado. El avance reportado por el gobierno a la fecha de elaboración del documento (2010) corresponde a la construcción de la doble vía Caldera – Vallenar, la reposición de la Ruta 5 en el tramo Chañaral – límite II Región, la construcción del by pass a Freirina y el mejoramiento de Av. Los Carrera.

### **2.3.9 Estrategia de Desarrollo Regional de Atacama 2007-2017**

El documento de la ERDA presenta la Visión o Imagen Objetivo de Atacama al 2017.

“La Región de Atacama ha puesto en el centro de su preocupación a las personas, con un capital social altamente fortalecido, y donde los hombres y mujeres tienen igualdad de oportunidades. Consecuencia de ello nuestra región es social y territorialmente equilibrada; urbanística y ambientalmente sustentable. En la Región se ha consolidado un sistema de protección social y su desarrollo ha privilegiado la calidad de vida de sus ciudadanos, rescatando su patrimonio, historia, identidad, y cultura.

Atacama se ha constituido en una región dinámica, innovadora y emprendedora, con una economía diversificada, con sectores productivos competitivos, y con un tejido empresarial fortalecido por las micro, pequeñas, medianas y grandes empresas, que han logrado posicionar a la región mediante una oferta de bienes y servicios de calidad.”

A continuación se desarrolla una Caracterización Regional, que incluye una descripción de la situación económica, social y cultural de la región, y una evaluación de los logros alcanzados por la región en el período 2001-2006, en el que se despliega la anterior estrategia regional. Para fines del presente estudio se destaca la caracterización de la infraestructura regional y del recurso hídrico.

- Un 93,5% de la población cuenta con alcantarillado, mientras que el 99,2% tiene acceso a agua potable.

- En términos de la longitud de los pavimentos participativos existentes, en el período 2001-2006, la longitud construida aumentó en un 432,5%, desde los 15.015 hasta los 79.015 metros.
- En el 2002, se realizó el mejoramiento de la infraestructura del Puerto Pesquero de Caldera, con la construcción de un nuevo muelle fiscal, locales comerciales, cámaras de frío, sector de proceso y faena, además de la pavimentación de accesos, estacionamientos, construcción de chaza para atraque de embarcaciones.
- El 2005, se construyó el Aeropuerto Desierto de Atacama, el cual permitió aumentar las operaciones aéreas, dado las mejores condiciones físicas y climáticas del entorno, así como se pudo instalar Sistemas de Ayuda a la navegación áreas (ILS y otros). Esto ha permitido fortalecer la oferta de vuelos, así como ha potenciado la demanda, en especial la asociada al sector turístico.
- Durante el 2008, se licitó el tramo Vallenar-Caldera de la Ruta 5 Norte, que beneficiará a los habitantes de Vallenar, Copiapó y Caldera, con la construcción a través del sistema de concesiones de doble calzada en el sector Vallenar-Caldera, el que se ha proyectado con una longitud de 125 kilómetros desde el acceso sur a la ciudad de Vallenar (kilómetro 660) hasta el inicio del by-pass a la ciudad de Copiapó (kilómetro 785).
- Además, existe el proyecto de licitar y entregar a manos de privados, el mejoramiento y conservación de 190 km de vialidad interurbana, entre la ciudad de La Serena y Vallenar. El tramo se iniciará en el sector urbano de La Serena al norte del cruce de Francisco de Aguirre hasta el acceso en Ruta 5 a la localidad de Domeyko. Abarcará el mejoramiento y homogenización a un perfil de doble calzada con retornos a nivel ubicados cada 8 a 10 km.

En relación al recurso hídrico el documento plantea

- En cuanto a las proyecciones sobre el uso del recurso, se prevé proyectos mineros en las tres cuencas (El Salado, Copiapó, Huasco), agregándose a esta última el crecimiento de la agroindustria, especialmente en el eje Vallenar – Huasco.
- Se encuentra en proceso de implementación, una estrategia regional de gestión integral del recurso, dado que el mismo es cada vez más escaso, así como la demanda supera a la oferta, en especial en la cuenca de Copiapó.

En tercer lugar, se presentan los nueve lineamientos estratégicos definidos por los actores regionales:

1. Desarrollo del Capital Humano
2. Modernización Institucional y de la gestión regional
3. Promoción de la Investigación e Innovación



4. Protección Social
5. Diversificación y Mayor Dinamismo de la Economía Regional
6. Integración y Ordenamiento del Territorio para un Desarrollo Armónico
7. Implementación y Consolidación de un Modelo de Desarrollo que garantice el uso eficiente y sustentable del recurso hídrico.
8. Promoción de la Cultura y Patrimonio Regional
9. Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable

Se destacan a continuación aquellos objetivos y metas que resulten más relevantes al desarrollo del estudio.

### Objetivo 3: Promoción de la Investigación e Innovación

<b>Objetivo específico</b>	<b>Metas 2017</b>
Generar un sistema regional de innovación, que permita a los diferentes actores del proceso vincularse permanentemente, articularse, y retroalimentarse para el desarrollo de procesos de innovación prioritarios para la región.	Diseñar e implementar un plan de inversiones en infraestructura habilitante asociado a la agenda de fomento productivo e innovación en la región.

Fuente: EDR

### Objetivo 5: Diversificación y mayor dinamismo de la economía regional

<b>Objetivo específico</b>	<b>Metas 2017</b>
Incorporar Infraestructura habilitante (inclusive agua y energía) para el desarrollo y competitividad de las empresas.	Lograr que el 50% de la inversión en infraestructura regional sea orientada al desarrollo productivo y competitividad
Diversificar y agregar valor a la oferta de bienes y servicios productivos en la minería, agricultura, acuicultura y turismo.	Alcanzar un aumento del número de empresas exportadoras de en un 25 % Lograr que el número de productos exportados aumente en un 30% Lograr que el número de mercados de destino de las exportaciones aumente en un 20 % Conseguir que la participación de productos en el PIB regional no vinculados a la minería aumente en un 3,5 %

Fuente: EDR

### Objetivo 6: Integración y ordenamiento del territorio para un desarrollo armónico

<b>Objetivo específico</b>	<b>Metas 2017</b>
Plan de transporte urbano y rural para cada comuna y conectividad comunal e intercomunal adecuada	Elaborar 9 planes de transporte urbano y rural y conectividad intercomunal y comunal adecuada
Desarrollar iniciativas que garanticen conectividad	Ejecutar el proyecto Doble Vía a la Ruta 5 desde el

regional adecuada a los requerimientos del desarrollo regional Desarrollar iniciativas que garanticen conectividad internacional adecuada a los requerimientos del desarrollo regional Fuente: EDR	límite de la Región de Coquimbo hasta la ciudad de Chañaral Pavimentar el 100% del paso vial Fronterizo San Francisco al año 2017.
--	---

Objetivo 7: Implementación y consolidación de un modelo de desarrollo que garantice el uso eficiente y sustentable del recurso hídrico

<b>Objetivo específico</b>	<b>Metas 2017</b>
Hacer mas eficiente el uso de mecanismos institucionales de coordinación con los organismos privados Exploración de nuevas fuentes que aseguren la provisión de recursos hídricos	Mejorar la eficiencia en el riego y definir obras de infraestructura para cada una de las cuencas.  Explorar y desarrollar hidrogeológicamente todas las cuencas de la región.  Promover la conformación de alianzas público-privadas para la construcción plantas desaladoras para procesos productivos y agua potable

Fuente: EDR

Si bien aporta algunos antecedentes, el alcance temporal de la estrategia (2017) es limitado respecto de la perspectiva del presente estudio. Los proyectos de infraestructura mencionados (Ruta 5 y paso San Francisco) son de interés y debieran ser incorporados en la modelación.

### 3. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE ACTIVIDADES

#### 3.1 Antecedentes Sociodemográficos

De acuerdo al último Censo de Población del año 2012, la Región de Atacama cuenta con 292.054 habitantes y presenta una tasa de crecimiento promedio anual en el período 2002 – 2012 de 1,4%, superior al 1,0% de la tasa de crecimiento poblacional promedio anual del país.

En el contexto regional existen aún grandes diferencias de crecimiento poblacional entre sus provincias; Copiapó creció en un 1,9% en el último período; mientras que Huasco lo hizo en un 1,0% promedio anual y Chañaral tuvo una caída de un 0,5% promedio anual, para el mismo período intercensal.

**Cuadro N° 3.1-1: Población Región de Atacama – Censos 1992 – 2002-2012**

Provincia	Comuna	Censo 1992	Censo 2002	Censo 2012	Crecimiento 1992-2002	Crecimiento 2002-2012	Crecimiento 1992-2012	Densidad Pob.
Copiapó	Copiapó	100.907	129.091	158.261	2,5%	2,1%	2,3%	9,5
	Caldera	12.061	13.734	16.150	1,3%	1,6%	1,5%	3,5
	Tierra Amarilla	11.724	12.888	13.912	1,0%	0,8%	0,9%	1,2
<b>Provincia de Copiapó</b>		<b>124.692</b>	<b>155.713</b>	<b>188.323</b>	<b>2,2%</b>	<b>1,9%</b>	<b>2,1%</b>	<b>5,8</b>
Chañaral	Chañaral	13.936	13.543	14.146	-0,3%	0,4%	0,1%	2,5
	Diego de Almagro	27.515	18.589	16.452	-3,8%	-1,2%	-2,5%	0,9
<b>Provincia de Chañaral</b>		<b>41.451</b>	<b>32.132</b>	<b>30.598</b>	<b>-2,5%</b>	<b>-0,5%</b>	<b>-1,5%</b>	<b>1,3</b>
Huasco	Vallenar	47.248	48.040	52.099	0,2%	0,8%	0,5%	7,4
	Alto del Carmen	4.745	4.840	5.488	0,2%	1,3%	0,7%	0,9
	Freirina	5.221	5.666	6.531	0,8%	1,4%	1,1%	2,0
	Huasco	7.516	7.945	9.015	0,6%	1,3%	0,9%	5,6
<b>Provincia de Huasco</b>		<b>64.730</b>	<b>66.491</b>	<b>73.133</b>	<b>0,3%</b>	<b>1,0%</b>	<b>0,6%</b>	<b>4,1</b>
<b>Región de Atacama</b>		<b>230.873</b>	<b>254.336</b>	<b>292.054</b>	<b>1,0%</b>	<b>1,39%</b>	<b>1,2%</b>	<b>3,9</b>

Fuente: INE, Censos 1992, 2002 y 2012.

La región tiene una superficie de 75.176,2 km<sup>2</sup>, que representa el 9,94% de Chile Americano e Insular. Posee una densidad poblacional de 3,88 hab/km<sup>2</sup>; donde sus habitantes se concentran en los valles transversales, viviendo principalmente en zonas urbanas (92% del total).

**Cuadro N° 3.1-2: Población urbana- rural Región de Atacama – Censo 2012**

Provincia	Comuna	Rural	Urbana	Total
Chañaral	Chañaral	1.231	12.915	14.146
	Diego de Almagro	955	15.497	16.452
Total Chañaral		2.186	28.412	30.598
Copiapó	Caldera	707	15.443	16.150
	Copiapó	2.631	155.630	158.261
	Tierra Amarilla	3.354	10.558	13.912
Total Copiapó		6.692	181.631	188.323
Huasco	Alto del Carmen	5.488	0	5.488
	Freirina	2.806	3.725	6.531
	Huasco	1.902	7.113	9.015
	Vallenar	5.123	46.976	52.099
Total Huasco		15.319	57.814	73.133
<b>Total General</b>		<b>24.197</b>	<b>267.857</b>	<b>292.054</b>

Fuente: INE, Censo 2012.

Al comparar los resultados de los últimos dos censos se observa que la comuna de Copiapó es la que presenta un mayor crecimiento poblacional con un 2,1% promedio anual, la sigue Caldera con un 1,6%. La comuna de Diego de Almagro continúa con su decrecimiento. Ya entre los Censos de población de 1992-2002 tuvo una caída de un 3,8% promedio anual y en este último período volvió a caer aunque a una tasa menor que fue de -1.2% promedio anual.

La Región de Atacama se caracteriza por concentrar su crecimiento poblacional en la provincia de Copiapó (en sus tres comunas), ya que reciben una mayor proporción de población migrante, proveniente de otras comunas de la región y también de otras regiones del país, sumando población extranjera que ha llegado en busca de mejores perspectivas de empleo y económicas, generadas por el sector minero, construcción y agrícola de temporada, así como en menor grado por el sector comercio.

En la provincia del Huasco, los sectores agricultura, comercio y servicios han generado un crecimiento poblacional significativo en sus cuatro comunas de 1,0% promedio anual en el período intercensal 2002 – 2012, comparado con el 0,3 % del período intercensal 1992 – 2002. En la comuna de Alto del Carmen, se ha generado una mayor diversificación de productos agrícolas de exportación, principalmente frutas, y en la comuna de Freirina se había generado la explotación ganadera de carne porcina de exportación, lo cual atrajo mano de obra calificada, semi calificada y no calificada a estas comunas. Sin embargo, en el caso de Freirina la planta de cerdos fue cerrada de manera definitiva recientemente.

La situación de las comunas de Diego de Almagro y Chañaral es compleja, ya que dependen casi exclusivamente de la minería, y ambas ciudades enfrentan dificultades debido a los cambios que suceden en las explotaciones mineras, como la erradicación de la

población de Potrerillos, la actividad subcontratista de CODELCO El Salvador y la contaminación de la Bahía de Chañaral. Estas realidades y circunstancias han puesto barreras en la generación de polos atractivos para la contención de población, principalmente joven, más aún considerando que no disponen de servicios de salud, comerciales y educacionales necesarios para su asentamiento, además de la inexistencia de fuentes de agua suficientes para abastecer a su actual población, y mucho menos para acoger nuevos residentes.

De acuerdo a los resultados de la última encuesta Casen 2011; el ingreso promedio regional fue de \$796.698 muy similar al ingreso promedio nacional que llegó a \$800.274. A nivel comunal se observan importantes diferencias. Los menores ingresos se dan en las comunas de Alto del Carmen y Huasco; mientras que los mayores ingresos se concentran en la comuna de Diego de Almagro que supera el valor promedio del país como se puede apreciar en el cuadro que sigue. Otra comuna con ingresos superiores a la media nacional es Copiapó.

A nivel de subsidios las comunas que perciben mayores montos corresponden a Alto del Carmen y Chañaral, con valores que superan los promedios regionales y nacionales.

**Cuadro N° 3.1-3: Ingreso Promedio por Hogar, según Casen 2011**

<b>Comuna</b>	<b>Ingreso Autónomo</b>	<b>Subsidio Monetario</b>	<b>Ingreso Monetario</b>
Copiapó	873.120	12.810	885.930
Caldera	702.672	21.939	724.611
Tierra Amarilla	740.108	15.421	755.529
Chañaral	772.914	23.015	795.929
Diego de Almagro	1.143.532	16.228	1.159.760
Vallenar	586.143	22.099	608.242
Alto del Carmen	463.638	25.668	489.306
Huasco	560.517	19.826	580.343
Freirina	653.590	21.215	674.805
<b>Región</b>	<b>780.051</b>	<b>16.647</b>	<b>796.698</b>
<b>País</b>	<b>782.953</b>	<b>17.321</b>	<b>800.274</b>

Fuente: Reportes Estadísticos Comunales Biblioteca Congreso Nacional

El nivel de pobreza en la Región de Atacama para el año 2011 ascendía a 13,3%; de los cuales el 2,5% corresponde a pobres indigentes. Los porcentajes de indigencia son inferiores al promedio nacional, como así también el porcentaje total de pobres. Las comunas con mayor porcentaje de indigentes corresponden a Caldera, Huasco y Vallenar. Del mismo modo estas dos últimas son las que tienen el mayor porcentaje de pobres no indigentes de la región.

**Cuadro N° 3.1-4: Porcentaje de Pobres**

Comuna	Pobres Año 2011		
	Indigentes	No Indigente	Total
Copiapó	2,6%	10,6%	13,2%
Caldera	3,8%	7,6%	11,4%
Tierra Amarilla	1,9%	8,7%	10,6%
Chañaral	1,1%	6,1%	7,2%
Diego de Almagro	0,3%	7,0%	7,3%
Vallenar	3,1%	14,5%	17,6%
Alto del Carmen	2,0%	3,6%	5,6%
Huasco	3,3%	14,7%	18,0%
Freirina	0,0%	11,9%	11,9%
<b>Región</b>	<b>2,5%</b>	<b>10,8%</b>	<b>13,3%</b>
<b>País</b>	<b>2,8%</b>	<b>11,7%</b>	<b>14,5%</b>

Fuente: Reportes Estadísticos Comunales Biblioteca Congreso Nacional

En relación a la educación, el promedio de escolaridad en la Región de Atacama es de 10,2 años con una tasa de analfabetismo de un 3%. Las comunas con mayores niveles de analfabetismo son Tierra Amarilla, Vallenar y Alto del Carmen, éstas dos últimas, consistentemente con ello son las que poseen los menores ingresos. La excepción se da en Tierra Amarilla.

**Cuadro N° 3.1-5: Promedio de Escolaridad y Analfabetismo en la Región de Atacama, 2011**

Entidad	Promedio de Escolaridad (años)	Analfabetismo (%)
<b>País</b>	<b>10,5</b>	<b>3,0</b>
<b>Región de Atacama</b>	<b>10,2</b>	<b>3,6</b>
Copiapó	10,5	3,0
Caldera	10,6	2,3
Tierra Amarilla	9,2	6,1
Chañaral	10,1	1,9
Diego de Almagro	10,8	1,6
Vallenar	9,6	5,7
Alto del Carmen	8,8	5,3
Huasco	10,3	2,2
Freirina	9,8	4,3

Fuente: Reportes Estadísticos Comunales Biblioteca Congreso Nacional

A nivel nacional, el acceso de las personas a los servicios de salud está determinado por el tipo de seguro al cual están afiliados. En el año 2011 el 81,0% de la población pertenece al seguro público, y 12,9% a seguros privados (ISAPRES). De acuerdo a datos CASEN, el sistema público ha tenido un incremento sostenido de sus beneficiarios desde el año 2003. En el mismo período se observa una creciente disminución del porcentaje de población no cubierta por ningún seguro de salud (en categoría "Particular"). La encuesta Casen 2011 permite constatar que existen importantes diferencias regionales en la afiliación a un determinado sistema, verificándose la mayor tasa de afiliación a ISAPRE en la Región

Metropolitana (18,7% versus 12,9% del promedio nacional). FONASA clasifica a sus beneficiarios en tramos según ingreso (A/B/C/D), lo que determina su forma de acceder a la atención de salud. El año 2010, del total de los afiliados a FONASA, el 29,5% se inscribe en grupo A (personas carentes de ingresos), personas para las cuales no está disponible la modalidad de libre elección. En el cuadro que sigue se puede ver como es la distribución de la población en los diferentes tipos de seguro de salud para la Región de Atacama. El 83,5% de la población pertenece al sistema público, mientras que el 9,4% se encuentra afiliado a Isapre, lo que representa un porcentaje menor que el promedio nacional. Existe un 7,1% de la población que no se encuentra cubierta por ningún tipo de seguro de salud y se atiende de manera particular.

**Cuadro N° 3.1-6: Distribución de Afiliados según Seguro de Salud, Año 2011**

Comuna	Tipo de Seguro de Salud		
	Público	Isapres	Particular
Copiapó	79,9%	11,1%	9,0%
Caldera	80,8%	6,7%	12,5%
Tierra Amarilla	87,6%	5,1%	7,3%
Chañaral	86,3%	8,7%	5,0%
Diego de Almagro	87,3%	10,2%	2,6%
Vallenar	89,0%	8,5%	2,5%
Alto del Carmen	93,5%	0,7%	5,8%
Huasco	90,2%	4,0%	5,8%
Freirina	87,7%	6,8%	5,5%
<b>Región</b>	<b>83,5%</b>	<b>9,4%</b>	<b>7,1%</b>
<b>País</b>	<b>81,0%</b>	<b>12,9%</b>	<b>6,1%</b>

Fuente: Reportes Estadísticos Comunales Biblioteca Congreso Nacional

Con respecto al equipamiento de salud que presenta la Región de Atacama; ella cuenta con 5 hospitales, 19 centros de salud ambulatoria y 16 postas rurales. En la comuna de Copiapó se encuentra el centro hospitalario de mayor complejidad de la región y corresponde al hospital San José del Carmen. En la provincia de Chañaral si bien es cierto existen dos hospitales, ellos son de menor complejidad. En la provincia de Huasco se cuenta también con dos hospitales uno de ellos de menor complejidad y el otro de mediana complejidad; este último corresponde al hospital Provincial de Huasco Monseñor Fernando Ariztía.

Las prestaciones de salud a la población a nivel comunal es de tipo piramidal, considerando en la cúspide de ella a los establecimientos de alta complejidad, atención terciaria y cuaternaria y en la base unidades de baja complejidad, atención primaria.

En la base de la pirámide se encuentran dos tipos de establecimientos que brindan atención primaria, es decir, de baja complejidad y por ende de amplia cobertura. Aquí se encuentran los puestos de salud rural como las postas que atienden a localidades rurales, cuentan con rondas médicas periódicas de atención de la población y disponen de un auxiliar

paramédico en forma permanente, como es el caso de la posta de Alto del Carmen. También se ubican en este nivel los centros de salud primaria urbana. Estos establecimientos entregan atención abierta y constituyen el primer nivel de referencia de los pacientes hacia niveles de atención más complejos, entre ellos se pueden mencionar el Centro de Salud Familiar Rosario Corvalán en Caldera o el consultorio Juan Verdaguer en la comuna de Huasco.

**Cuadro N° 3.1-7: Centros de Salud en la Región de Atacama, Año 2011**

Comuna	Centros de Salud		
	Hospitales	Centros Salud Ambulatoria	Postas Rurales
Copiapó	1	8	0
Caldera	0	2	0
Tierra Amarilla	0	1	1
Chañaral	1	1	1
Diego de Almagro	1	1	1
Vallenar	1	3	5
Alto del Carmen	0	1	4
Huasco	1	1	3
Freirina	0	1	1
<b>Región</b>	<b>5</b>	<b>19</b>	<b>16</b>
<b>País</b>	<b>194</b>	<b>982</b>	<b>1164</b>

Fuente: Reportes Estadísticos Comunales Biblioteca Congreso Nacional

### 3.2 Antecedentes Económicos

Durante el año 2011 los sectores con mayor participación en el PIB regional corresponden al sector Minería con un 47,6% y el sector Construcción con un 22,6%, como se observa en el cuadro que sigue.

La estructura económica de la Región de Atacama se caracteriza por su alta especialización en productos primarios como la minería, pesca y agricultura, representando en su conjunto el 50% del PIB Regional. Se puede observar que el PIB regional ha continuado su senda de crecimiento a excepción del año 2009, donde se observa una caída producto de la crisis económica mundial.

En el sector secundario, donde se realiza la actividad económica que tiene como fin la producción de bienes y servicios necesarios para la sociedad mediante la transformación industrial de la materia prima, encontramos un aumento sostenido en el sector Construcción y en menor grado en el sector Industria Manufacturera, sectores que dependen fuertemente del nivel de inversiones del sector Minero Extractivo, presentando aún una muy escasa incidencia en la economía regional.



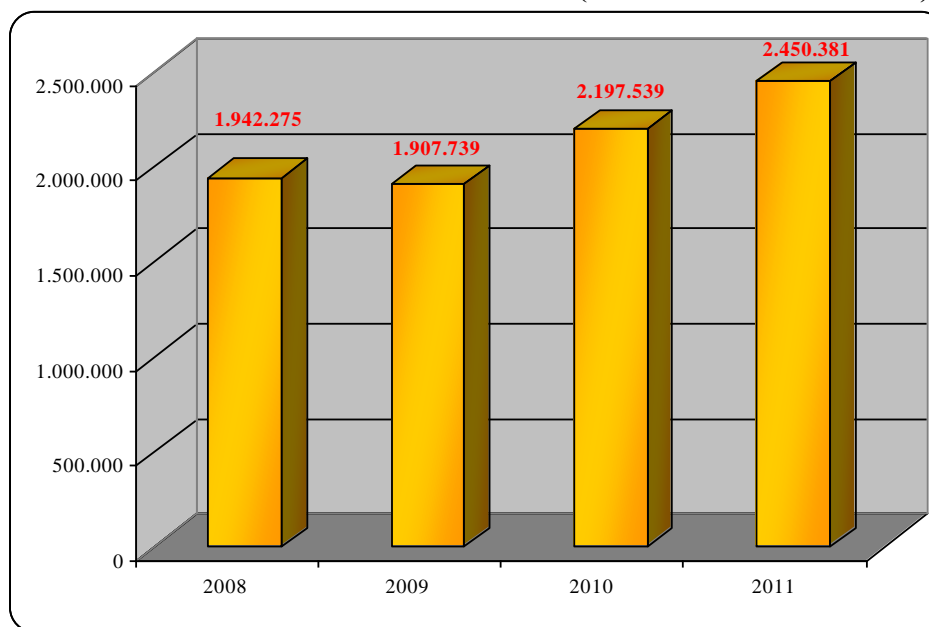
Respecto al sector terciario, el comercio, restaurantes y hoteles, sumado a los servicios financieros, personales y de transportes y comunicaciones adquieren mayor importancia durante el año 2009, sin embargo no logran compensar junto con los sectores secundarios, la caída del PIB regional.

**Cuadro N° 3.2-1: Producto Interno Bruto por Clase de Actividad Económica, Región de Atacama (Millones de \$ encadenados)<sup>2</sup>**

Descripción series	2008	2009	2010	2011
Agropecuario-silvícola	49.010	49.619	43.735	52.388
Pesca	11.437	9.323	8.078	7.129
Minería	1.184.255	1.114.361	1.138.895	1.168.221
Industria manufacturera	13.928	12.703	13.084	13.859
Electricidad, gas y agua	59.499	77.096	84.079	93.818
Construcción	142.738	170.609	364.827	553.961
Comercio, restaurantes y hoteles	106.101	93.915	115.891	134.396
Transportes. y comunicaciones	97.788	89.985	101.309	110.180
Servicios financieros y empresariales <sup>3</sup>	54.142	56.533	60.386	67.562
Propiedad de vivienda	51.424	53.141	54.876	56.187
Serv. personales <sup>4</sup>	102.657	106.983	113.135	117.035
Admin.. pública <sup>5</sup>	69.294	73.471	75.342	77.526
<b>PIB<sup>6</sup></b>	<b>1.942.275</b>	<b>1.907.739</b>	<b>2.197.539</b>	<b>2.450.381</b>

Fuente: Banco Central, Cuentas Nacionales, 2012

**Gráfico N° 3.2-1: PIB Atacama 2008 – 2011 (Millones de \$ encadenados)**



Fuente: Cuentas Nacionales, Banco Central de Chile.

<sup>2</sup> El promedio del índice 2008 se iguala al valor nominal de la serie de dicho año. Las series encadenadas no son aditivas, por lo que los agregados difieren de la suma de sus componentes.

<sup>3</sup> Incluye servicios financieros, seguros, arriendo de inmuebles y servicios prestados a empresas.

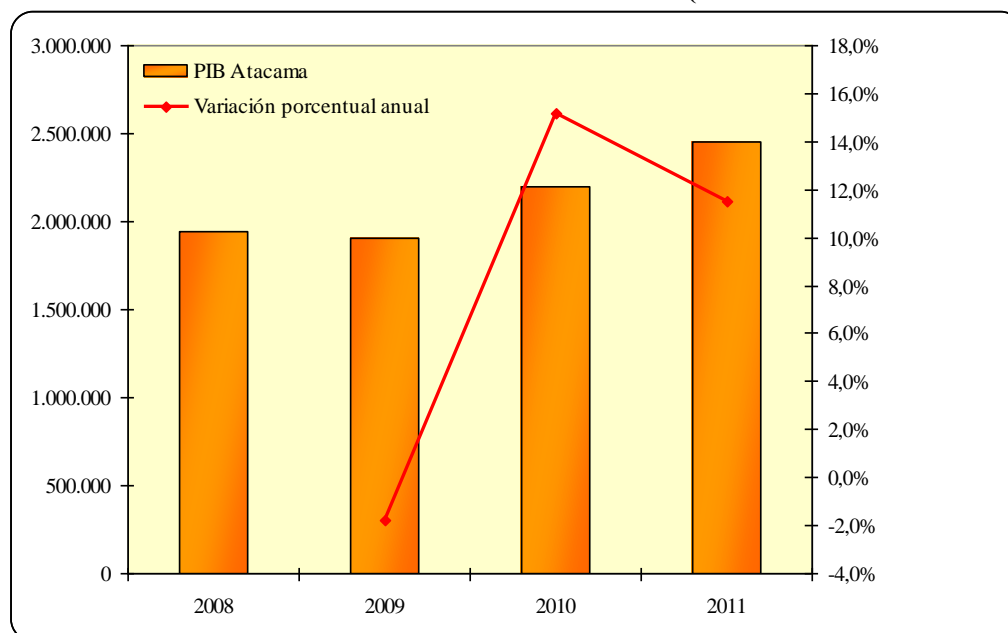
<sup>4</sup> Incluye educación, salud y otros servicios.

<sup>5</sup> En el total para cada año se incluyen los servicios en el exterior del sector Administración Pública.

<sup>6</sup> En el total para cada año se incluyen el IVA neto recaudado y los derechos de importación.

El PIB de Atacama registró un aumento sostenido durante el período comprendido entre los años 2008 y 2011, a una tasa promedio de 8,1% anual. En el año 2009 registró una variación negativa de -1,8 %; 15,2 % durante el año 2010; 11,5% durante el año 2011.

**Gráfico N° 3.2-2 : Evolución PIB Atacama 2008 – 2011 (Millones de \$ encadenados)**



Fuente: Banco Central, Cuentas Nacionales, 2012

Según el Servicio de Impuestos Internos (SII), en Atacama existen registradas 13.958 empresas al año 2008. De estas, 7.042 empresas se encuentran en la comuna de Copiapó (50,5% del total), seguida por Vallenar con 2.865 empresas (20,5%), presentando entre ambas comunas una concentración de 70,1 % del total de empresas en el ámbito regional, en directa correlación al número de población que ambas comunas concentran (72,47 %). En la comuna de Caldera se concentra un total de 838 empresas (6,0%), Chañaral 824 empresas (5,9%), Diego de Almagro 698 empresas (5,0%), y Tierra Amarilla con 558 empresas (4,0%). Le siguen las comunas de Alto del Carmen con 399 empresas (2,9%), de Huasco con 450 empresas (3,2%) y de Freirina con 292 empresas (2,1%).

La mayor concentración por tipología se encuentra en las microempresas con 9.340 unidades registradas (67% del total), las pequeñas empresas registran un total de 1.993 unidades (14,3%), las medianas empresas registran 235 unidades registradas con 1,7% y las grandes empresas registran 75 unidades registradas con 0,5% de participación del total.

Respecto al rubro de empresas, la mayor concentración se encuentra en el rubro de “comercio al por mayor y menor”, junto a los rubros de “reparación de vehículos automotores y enseres domésticos”, representado por 5.304 empresas (38%). Le siguen los

rubros “transporte, almacenamiento y comunicaciones” representado por 1.661 empresas (11,9%) y “actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler” representado por 1.102 empresas (7,9%). Estas cifras indican que el 57,8 % de las empresas regionales se dedican al servicio de comercio, transportes, reparaciones, comunicaciones y alquiler, rubros relacionados a la prestación de servicios a la minería y sus contratistas.

### **3.3 Análisis Sectorial**

#### **3.3.1 Sector Minero**

La principal actividad económica de la región es la minería, con una participación de un 47,6% de su PIB año 2011, convirtiéndose principalmente en productora y exportadora de cobre, molibdeno, oro, plata, hierro, carbonato de calcio y caliza.

El Servicio Nacional de Geología y Minería de la Región de Atacama, registra en el año 2011, 2.750 emprendimientos mineros, que forman la base económica regional, sobre la cual se encadenan las empresas contratistas, subcontratistas, de servicios a la minería y servicios generales. Según la base de datos del Sistema de Evaluación Ambiental de la Región de Atacama, a mayo del 2013 existen en etapa de Calificación 24 proyectos mineros (nuevos, de expansión o modificación) equivalentes a una inversión de MMUS\$ 3.512, lo cual demuestra el nivel de actividad e inversión del sector.

**Cuadro N° 3.3-1: Principales Emprendimientos Mineros en Calificación Ambiental**

Nombre	Titular	Inversión (MMU\$)
Proyecto Minero Volcán	Andina Minerals Chile Ltda.	800,0
Reinicio y Expansión Proyecto Lobo Marte	Minera Lobo Marte S.A	800,0
Proyecto Diego de Almagro	Compañía Minera Sierra Norte S.A	475,0
Reapertura Operación Agua de la Falda, Proyecto Jerónimo	Agua de la Falda S.A.	423,0
Proyecto Cerro Blanco	SCM White Mountain Titanium	380,0
Proyecto Arqueros	Laguna Resources Chile Limitada	300,0
Explotación Minera Oso Negro	Minera San Fierro Chile Ltda.	90,3
Ampliación y Optimización Planta San José	Sociedad Punta del Cobre S.A.	50,0
Explotación y Beneficio Yacimiento de Hierro Mina Carmen	Compañía Minera Don Daniel	30,0
Continuidad Operacional Mantoverde (2)	Anglo American Norte S.A.	30,0
Exploración Salares 7	Salares de Atacama SCM	25,0
Prospecciones Geológicas Proyecto Productora	Sociedad Minera El Águila Limitada	25,0
Modificación de la DIA Explotación Veta Mina Esperanza	Sociedad Minera Legal Esperanza Una de Sierra Áspera	20,0
Prospección Minera Vicuña, Sector Tamberías	Frontera Chile Ltda.	20,0
Explotación Mina Bella Ester	Sociedad Contractual Minera Desierto de Hierro	13,0
Producción y Comercialización de Mineral de Hierro Mina Teatinos	Chaw Austral S.A.	8,0
Explotación y procesamiento de minerales de hierro, Soberana	Admiralty Minerals Chile PTY LTD	7,3
Proyecto Beneficio Desmontes de Hierro Mina La Suerte	Südamerika Minerals Ltda	5,0
Mina de Hierro Esperanza III	Sociedad Explotación Minera Sincui International Limitada	3,0
Ampliación Depósito de Ripios Planta Biocobre	Sociedad Punta del Cobre S.A.	2,5
Peraltamiento Muro de Arenas Tranque N°3	Compañía Exploradora y Explotadora Minera Chilena Rumana COEMIN S.A.	2,0
Explotación y Beneficio Mina Chango Mario	Omar Antonio Abdala Valdes	2,0
Restitución del chancado e incremento de la capacidad de embalse de ripios de lixiviación en Planta Falda Verde	Compañía Minera Falda Verde	1,0
Modificación Proyecto Minero Refugio - Actualización Instalaciones y Diseños	Compañía Minera Maricunga	0,2

Fuente: SEA, 2013

A continuación se describen los principales proyectos, (en términos del monto de la inversión); que se encuentran en proceso de calificación ambiental.

**Proyecto Minero Volcán**, perteneciente a Andina Minerals Chile Ltda. Está ubicado a 120 km al este de la ciudad de Copiapó. El proyecto considera la explotación de mineral aurífero y la producción de lingotes de metal Doré. Tiene prevista una vida útil de 15 años y el monto de la inversión asciende a MMUS\$800.

**Reinicio y Expansión Proyecto Lobo Marte**, perteneciente a Minera Lobo Marte S.A. El Proyecto se localiza en la denominada “Franja Aurífera de Maricunga”, ubicada en la alta cordillera de la Región de Atacama, administrativamente en la comuna y provincia de Copiapó, a 160 km aproximadamente en dirección este desde la ciudad de Copiapó, a unos 4.200 m.s.n.m. aproximadamente. Tiene como objetivo producir oro en barras de metal doré y como subproducto precipitado de cobre, dando continuidad a la explotación de la Mina Marte, e incorporando un segundo yacimiento denominado “Lobo”. Considera una vida útil de 13 años y una inversión de MMUS\$800.

**Proyecto Diego de Almagro:** Pertenece a la Compañía Minera Sierra Norte S.A. Se encuentra ubicado aproximadamente a 12 km al oeste de la localidad del mismo nombre, 15 km al sureste del tranque Pampa Austral y 50 km al este de Chañaral. Considera la explotación y beneficio de recursos mineralizados del tipo oxidado, mixto y sulfurado de cobre, llegando a procesar del orden de 100 Mt de mineral.

La explotación de estos minerales se realizará mediante minería a cielo abierto. Los óxidos serán procesados en una planta de lixiviación, extracción por solventes y electro-obtención. El proyecto considera la captación de agua de mar y la conducción de ésta, mediante un acueducto, hasta las instalaciones del proyecto. La inversión prevista asciende a MMUS\$475.

**Reapertura Operación Agua de la Falda, Proyecto Jerónimo.** La operación aurífera se encuentra ubicada en la comuna de Diego de Almagro, provincia de Chañaral. A 10 km en línea recta, al sureste de la localidad de Potrerillos, en el sector denominado El Hueso. El proyecto consiste en la explotación del oro. La vida útil del proyecto es de 13 años y la inversión prevista asciende a MMUS\$423.

**Proyecto Cerro Blanco**, pertenece a la Sociedad Contractual Minera White Mountain Titanium. Se ubica a 45 km al suroeste de la ciudad de Vallenar y a 15 km al sur de la ciudad de Freirina en el sector de Cerro Blanco. Consiste en la explotación, procesamiento y transporte de mineral de rutilo (dióxido de titanio), proveniente de yacimientos naturales.

La vida útil del proyecto es de 20 años, a un ritmo de explotación de 4 millones de toneladas por año. Para el procesamiento del mineral el proyecto contempla una planta de concentración gravitacional, flotación y concentración magnética, que producirá aproximadamente 73.000 toneladas anuales de concentrado de rutilo ( $TiO_2$ ), con una ley de aproximadamente 96%. La demanda de agua será cubierta con agua de mar y una planta desalinizadora localizada a 3 km de la ciudad de Huasco, en el sector El Mirador. El concentrado de rutilo será transportado por camiones desde la planta de procesamiento hasta el puerto de Las Losas en la comuna de Huasco. La inversión prevista es de MMUS\$380.

**Proyecto Arqueros**, perteneciente a Laguna Resources Chile Ltda. . Se encuentra ubicado en la comuna de Diego de Almagro, provincia de Chañaral. Este proyecto tiene por objetivo producir alrededor de 250 kg/año de oro y 100 ton/año de plata, en un período de 15 años. Recientemente ha sido aprobado el estudio de Evaluación de Impacto Ambiental. Y la inversión prevista es de MMUS\$300.

**Explotación Minera Oso Negro**; perteneciente a Minera San Fierro Chile Ltda. La operación tiene como objetivo producir concentrado de hierro durante una vida útil de 5 años. El yacimiento se localiza a 60 km al sur de la ciudad de Copiapó y a 8,9 km de la Ruta 5 por las Rutas C-423 y C-429, en la Provincia y Comuna de Copiapó. La inversión prevista es de MMUS\$90,3.

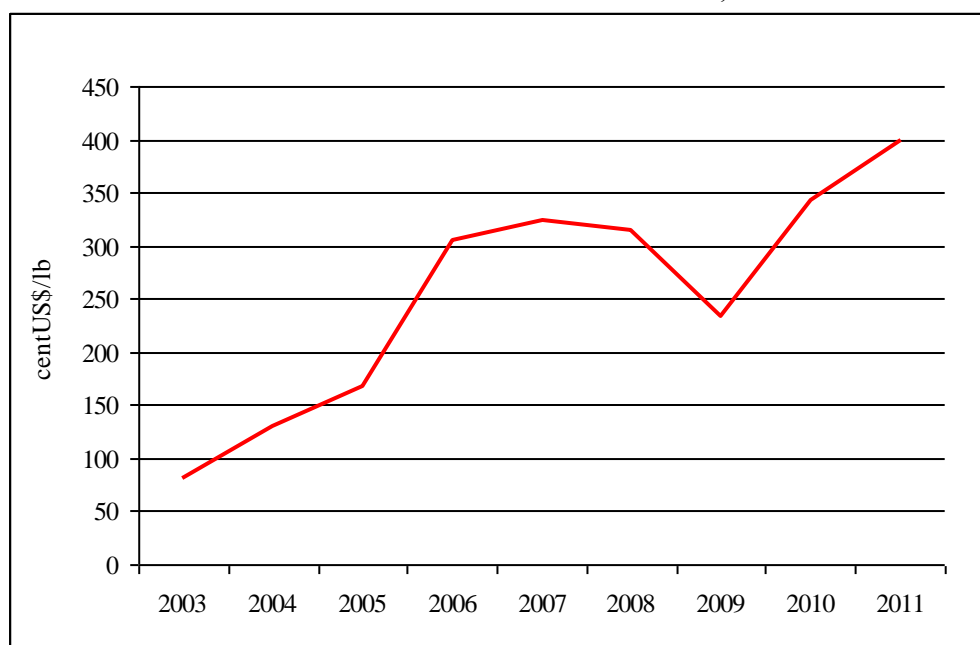
En la figura que sigue se muestra la localización espacial de los emprendimientos mineros en proceso de evaluación ambiental.

Figura N° 3.3-1: Localización Principales Emprendimientos Mineros, a mayo 2013, Región de Atacama



El nivel de actividad económica regional, cuya base principal es la actividad minera, es reflejo de los niveles de precios del cobre en el mercado internacional. Según el gráfico que sigue, elaborado con las series de precio promedio por año de la libra de cobre registrado en la bolsa de metales de Londres, desde el año 2003 se verifica una tendencia positiva de dicho precio que va desde \$ 80,73 centavos de dólar la libra hasta llegar a \$399,66 centavos de dólar la libra de cobre al año 2011, aún considerando la caída generada durante el año 2009 (\$234,22 centavos de dólar la libra) dentro del marco de una recesión económica de carácter mundial.

**Gráfico N° 3.3-1: Evolución Precio de la Libra de Cobre, Periodo 2003 – 2011**



Fuente: COCHILCO (www.cochilco.cl)

Esta tendencia positiva en el precio del cobre explica en mayor medida el nivel de inversiones en el área minera regional, generando expectativas de crecimiento económico y demográfico a nivel local y, presionando a la vez, por mayores servicios e infraestructura de apoyo a la industria minera y empresas relacionadas.

En el cuadro que sigue se muestra la evolución de la producción minera en la Región de Atacama. El principal producto corresponde a hierro, en términos de volumen y ha tenido un crecimiento sostenido durante el período de análisis, a excepción del año 2009, producto de la crisis económica Subprime que ocasionó una contracción de la demanda mundial y afectó a toda la minería. No obstante se observa el repunte a partir del año 2010.

**Cuadro N° 3.3-2: Producción Minera en la Región de Atacama años 2005-2011 (toneladas)**

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
<b>Minería Metálica</b>							
Cobre	432.924	449.058	460.522	453.310	428.927	418.259	427.500
Molibdeno	1.248	1.366	1.214	872	1.148	1.043	1.024
Oro	15	19	17	18	19	15	16
Plata	281	525	782	353	286	261	293
Hierro	5.983.441	6.284.587	6.840.190	7.595.871	6.450.107	6.968.390	8.899.215
<b>Total Metálica</b>	<b>6.417.909</b>	<b>6.735.555</b>	<b>7.302.725</b>	<b>8.050.424</b>	<b>6.880.487</b>	<b>7.387.968</b>	<b>9.328.048</b>
<b>Minería No Metálica</b>							
Coquina	7.576	20.103	20.962	15.142	23.701	22.484	19.564
Carbonato de Calcio	31.428	7.767	5.792	24.960	30.049	29.032	26.354



	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Blanco							
Caliza	523.692	740.723	746.023	671.983	540.551	731.521	690.174
Dolomita	24.903	24.006	13.791	14.263	-	-	1.498
Recursos Silíceos	108.578	116.739	110.272	100.262	97.125	47.069	25.165
Rocas Fosfóricas	10.052	1.600	12.163	16.988	1.059	40.664	0
Rocas de Ornamentación	31	169	204	187	1.582	2.170	3.201
<b>Total No Metálica</b>	<b>706.260</b>	<b>911.107</b>	<b>909.207</b>	<b>843.785</b>	<b>694.067</b>	<b>872.940</b>	<b>765.956</b>
<b>Total Producción Minera</b>	<b>7.124.169</b>	<b>7.646.662</b>	<b>8.211.932</b>	<b>8.894.209</b>	<b>7.574.554</b>	<b>8.260.908</b>	<b>10.094.004</b>

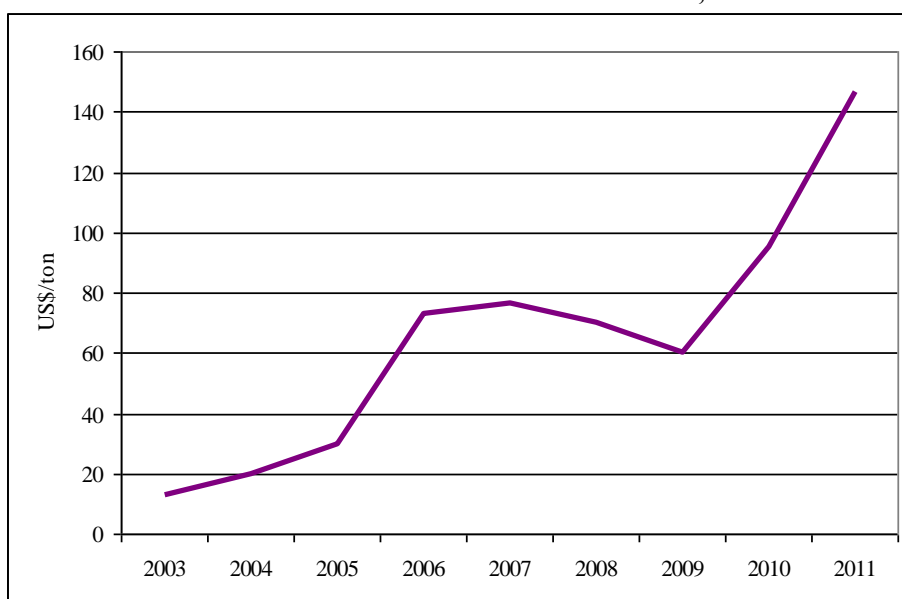
Fuente: Comisión Chilena del Cobre, 2011

Como se observa del cuadro anterior, los principales minerales producidos en la Región de Atacama en términos de volumen corresponden a hierro y cobre en el caso de los minerales metálicos y a carbonato de calcio, en el caso de los no metálicos. A continuación se presentan dichas producciones en mayor detalle.

### 3.3.1.1 Hierro

La producción de hierro ha tenido un comportamiento estable durante el período 2005-2010; sin embargo en el año 2011 creció en un 27,4% respecto al año 2010. Por otra parte la curva de precios muestra una cierta estabilidad entre los años 2006 al 2009 para posteriormente incrementarse y llegar en el 2011 a un valor de US\$146 por tonelada; aumentando su precio en un 54% con respecto al año 2010.

**Gráfico N° 3.3-2: Evolución Precio Por Tonelada de Hierro, Periodo 2003 – 2011**



Fuente: SERNAGEOMIN, Anuario de la Minería de Chile

La Compañía Minera del Pacífico es el principal productor de hierro del país y también de la Región de Atacama. En el año 2011 su producción representó el 95% del total regional y se distribuye como se muestra a continuación. La planta de magnetita ubicada en la comuna de Tierra Amarilla procesa los relaves de Minera Candelaria, desde donde obtiene el concentrado de hierro que posteriormente es transportado por ducto hasta el puerto de Punta Totalillo para su exportación. El resto de la producción de hierro de CMP es generada en el Valle de Huasco y es transportada hasta el puerto del mismo nombre para su embarque.

**Cuadro N° 3.3-3: Producción de Hierro en la Región de Atacama (toneladas)**

Provincia	Comuna	Empresa	Yacimiento	2011
Copiapó	Tierra Amarilla	CMP Minera Hierro Atacama	Relaves de Candelaria	1.685.000
	Copiapó	Minera Santa Fe	Cerro Imán	486.215
Huasco	Huasco	CMP	Los Colorados	539.000
	Vallenar	CMP	El Algarrobo	622.000
	Huasco	CMP	Planta de Pellets	5.567.000
<b>Producción Regional de Hierro</b>				<b>8.899.215</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Empresas Mineras

**Figura N° 3.3-2: Localización Principales Yacimientos de Hierro. Región de Atacama**



Fuente: Elaboración propia a partir de mapa de SONAMI y datos de Revista Minería Chilena



### 3.3.1.2 Cobre

En el año 2011, el 65% de la producción regional de cobre se concentró en tres grandes yacimientos, Candelaria, El Salvador y Manto Verde. La mediana minería representa el 25% de la producción regional donde hay un mayor número de productores y finalmente el 10% restante corresponde a la pequeña minería, con un gran número de pequeños productores, donde no es posible determinar el origen comunal de los yacimientos explotados; pero en general los minerales son procesados en la Fundición Hernán Videla Lira, ubicada en la comuna de Copiapó.

**Cuadro N° 3.3-4: Producción de cobre en la Región de Atacama (toneladas)**

Provincia	Comuna	Empresa	Mineral	2011
Copiapó	Tierra Amarilla	Candelaria	Concentrado Cu	148.400
Chañaral	Diego de Almagro	El Salvador	Cobre	69.100
	Chañaral	Manto Verde	Cátodos Cu	59.000
<b>Producción Gran Minería del Cobre</b>				<b>276.500</b>
Chañaral	Chañaral	Franke	Cátodos Cu	16.000
Copiapó	Tierra Amarilla	Atacama Kozán	Concentrado Cu	6.000
		Coemin	Concentrado Cu	14.000
		Ojos del Salado	Concentrado Cu	27.000
		Punta del Cobre	Concentrado Cu	28.000
		Punta del Cobre	Cátodos Cu	6.000
		San Andrés	Concentrado Cu	1.000
Huasco	Vallenar	Dos Amigos	Cátodos Cu	8.000
<b>Producción Mediana Minería del Cobre</b>				<b>106.000</b>
Producción Pequeña Minería del Cobre				45.000
<b>Producción Regional de Cobre</b>				<b>427.500</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de las empresas

**Figura N° 3.3-3: Localización Principales Yacimientos de Cobre. Región de Atacama**



Fuente: Elaboración propia a partir de mapa de SONAMI y datos de Revista Minería Chilena

### 3.3.1.3 Caliza

La caliza se utiliza principalmente en Chile para la fabricación de cemento, del orden del 70% de la producción anual; y para la minería y la industria del orden del 30% restante. En los últimos años se ha mantenido el volumen productivo y se concentra en una sola empresa en la región: Minera El Jilguero S.A.

**Cuadro N° 3.3-5: Producción de caliza en la Región de Atacama (toneladas)**

Provincia	Comuna	Empresa	2011
Copiapó	Tierra Amarilla	Minera El Jilguero S.A	690.174
<b>Producción Regional de Caliza</b>			<b>690.174</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de las empresas

Figura N° 3.3-4: Localización Yacimiento de Caliza. Región de Atacama



Fuente: Elaboración propia a partir de mapa de SONAMI y datos de Anuario Sernageomin

#### 3.3.1.4 Exportaciones Sector Minero

Según información del Servicio Nacional de Aduanas; durante el año 2011, las exportaciones mineras de la Región de Atacama fueron de 8.975.516 toneladas, las que comparadas con las exportaciones en el año 2010 reflejan una caída de un 9,2%. Las exportaciones mineras representan un 99% del volumen total exportado por la región.

Los principales productos corresponden a hierro y cobre. En el cuadro que se muestra a continuación se puede ver el tonelaje exportado e importado según el puerto. Se puede notar que en el caso del cobre la totalidad es exportada; sin embargo en el caso del hierro, del orden de un millón de toneladas son llevadas por cabotaje hasta la Siderurgia de Huachipato para ser transformadas en acero. Por último la caliza se destina en su totalidad al mercado interno.

**Cuadro N° 3.3-6: Comercio Exterior Minería, Región de Atacama Año 2011 (toneladas)**

Producto	Exportaciones	Puerto Embarque		
		Caldera/Calderilla	Huasco/Guacolda	Chañaral/Barquito
Hierro	7.998.346	2.859.945	5.106.799	31.602
Cobre	976.796	943.269	0	33.527
Producto	Importaciones	Puerto Desembarque		
		Caldera/Calderilla	Huasco/Guacolda	Chañaral/Barquito
Combustible	235.148	112.120	46.580	76.448
Carbón	1.863.744	0	1.863.744	0

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes de Directemar, Aduana y Empresas productoras

### 3.3.2 Sector Agropecuario

#### 3.3.2.1 Cultivos Agrícolas

La conformación geográfica natural del territorio de la Región de Atacama se basa en la existencia de sistemas acuíferos como el Río Copiapó, Río Huasco y Río Salado y sus afluentes, propiciando a su vez, la producción agrícola en los valles transversales de Copiapó y Huasco, de tierras fértiles y clima adecuado para el cultivo de productos agrícolas de exportación.

Las condiciones climáticas y geográficas desérticas que presenta la Región de Atacama, han hecho necesario incorporar tecnología de riego por goteo para intensificar la capacidad productiva de los valles de Copiapó y Huasco y, de esta manera, aprovechar su escaso recurso hídrico y diversificar su economía de tendencia monoprodutora minera, incorporando productos agrícolas de exportación y de consumo interno de alta rentabilidad. Las características de los valles transversales permiten producir en forma temprana uva, tomates, ajíes, pimentones, entre otros, y por ende, obtener mejores precios.

La Región de Atacama abarca el 0,6% de la superficie nacional destinada a cultivos (19.957 hectáreas), según el Censo Agropecuario del año 2007. Los principales usos corresponden a frutales, en segundo lugar, (pero en menor medida), plantas forrajeras y en tercer lugar hortalizas. Estos tres grupos de cultivos abarcan el 87,8% de los suelos cultivables de la región. Con respecto al país, el único grupo que destaca es el de frutales, cuya superficie representa el 4,2% del total nacional.

**Cuadro N° 3.3-7: Superficie por Grupos de Cultivos, Región de Atacama**

Tipo de Cultivo	Región				Especie/Región (%)	País (ha)	Región/País (%)
	Copiapó	Chañaral	Huasco	Total			
Cereales	3,9	0,0	256,3	260	1,3%	479.404	0,1%
Leguminosas y tubérculos	22,9	0,0	264,4	287	1,4%	70.899	0,4%
Cultivos Industriales	28,6	220,0	68,0	317	1,6%	69.972	0,5%
Hortalizas	669,3	2,4	980,3	1.652	8,3%	95.551	1,7%
Flores	1,3	2,0	24,3	28	0,1%	2.124	1,3%
Forrajeras	245,7	1,1	2.024,2	2.271	11,4%	510.371	0,4%
Frutales	9.667,3	4,3	3.927,4	13.599	68,1%	324.294	4,2%
Viñas y Parronales	275,3	0,7	447,0	723	3,6%	128.946	0,6%
Huertos Caseros	44,4	1,3	250,9	297	1,5%	15.833	1,9%
Plantaciones Forestales	167,9	8,7	284,9	462	2,3%	1.805.977	0,0%
Semilleros y Almacigos	0,8	0,0	60,3	61	0,3%	42.402	0,1%
Viveros	0,8	0,3	0,4	2	0,0%	2.298	0,1%
<b>Superficie Total</b>	<b>11.128</b>	<b>241</b>	<b>8.588</b>	<b>19.957</b>	<b>100,0%</b>	<b>3.548.071</b>	<b>0,6%</b>

Fuente: Censo Silvoagropecuario 2007, INE

Hoy el sector agrícola se encuentra en creciente desarrollo, avalado por estudios e investigaciones en rubros como la uva de mesa, uva pisquera, distintas frutas y hortalizas, y el olivo. Las características de alta luminosidad, elevada radiación solar, ausencia de neblinas costeras, alta oscilación térmica diaria (sin llegar a producir heladas), favorecen los cultivos y plantaciones y otorgan un excelente potencial para la producción de un amplio rango de especies. Sin embargo, han sido la uva de mesa y los olivos y en tercer lugar los cítricos los que han ocupado los valles.

**Cuadro N° 3.3-8: Superficie regional de frutales por especie**

Especie	Región				Especie/Región (%)	País (ha)	Región/País (%)
	Copiapó	Chañaral	Huasco	Total			
Uva de Mesa	7.636	0	1.126	8.762	64%	61.278	14,3%
Olivo	1.251	1	1.674	2.926	22%	15.450	18,9%
Palto	0	0	455	455	3%	39.255	1,2%
Limonero	103	1	80	183	1%	7.529	2,4%
Otros	678	3	592	1.273	9%	200.781	0,6%
<b>Total</b>	<b>9.667</b>	<b>4</b>	<b>3.927</b>	<b>13.599</b>	<b>100%</b>	<b>324.294</b>	<b>4,2%</b>

Fuente: Censo Silvoagropecuario 2007, INE

La producción de uva de mesa de la Región de Atacama proviene principalmente del valle de Copiapó, donde se concentra el 87% de la superficie regional plantada y que en total alcanza a 8.762 hectáreas; mientras que en el caso del olivo existe una mayor superficie en el valle de Huasco, con un 57% de la superficie regional plantada que alcanza a 2.926 hectáreas.



La vid de mesa se cultiva mayoritariamente en la zona alta de los valles, básicamente en las comunas de Tierra Amarilla y Copiapó (provincia de Copiapó) y Alto del Carmen (provincia de Huasco). Por su parte el olivo se cultiva especialmente en las comunas de Copiapó y Caldera (provincia de Copiapó) y en las de Huasco y Freirina (provincia de Huasco).

La producción frutícola de la Región de Atacama, de acuerdo al Catastro Frutícola del año 2011, fue del orden de 158 mil toneladas; de las cuales el 90% corresponde a vid de mesa.

**Cuadro N° 3.3-9: Producción regional de frutales por especie, año 2011**

Especie	Superficie en Producción	Producción (ton)
Uva de Mesa	7.051	142.305
Olivo	2.251	6.928
Palto	228	2.423
Limonero	34	998
Otros	51	5.051
<b>Total</b>	<b>9.614</b>	<b>157.704</b>

Fuente: Catastro Frutícola 2011, Ciren

Del total de frutas producidas en la región, el 75,7% se destina a exportación, el 19,3% a la agroindustria, el 4,8% al mercado interno y el 0,2% a desecho.

El segundo cultivo de importancia en la región, corresponde a plantas forrajeras. El 11,4% de la superficie está ocupada con este tipo de cultivos, principalmente alfalfa. Ello está asociado a que en la región habita el 5,5% de la población ganadera caprina del país. El 70% de la superficie destinada a plantas forrajeras se localiza en la comuna de Vallenar; en la provincia de Huasco.

La Región de Atacama destina 1.652 hectáreas al cultivo de hortalizas, que representan el 8,3% de los cultivos de la región. El 88% de la superficie hortícola regional se localiza en las comunas de Vallenar (provincia de Huasco) y Copiapó (provincia de Copiapó).

**Cuadro N° 3.3-10: Superficie regional de hortalizas por especie**

Especie	Región				Especie/Región (%)	País (ha)	Región/País (%)
	Copiapó	Chañaral	Huasco	Total			
Arveja verde	0	0	341	341	20,6%	2.873	11,9%
Tomate consumo fresco	179	0	33	212	12,8%	6.309	3,4%
Haba	150	0	14	164	9,9%	1.904	8,6%
Alcachofa	10	0	128	138	8,3%	4.996	2,8%
Poroto verde	0	0	149	149	9,0%	2.838	5,3%
Berenjena	0	0	6	6	0,3%	42	13,6%
Otros	330	2	310	642	38,9%	76.591	0,8%
<b>Total</b>	<b>669</b>	<b>2</b>	<b>980</b>	<b>1.652</b>	<b>100,0%</b>	<b>95.553</b>	<b>1,7%</b>

Fuente: Censo Silvoagropecuario 2007, INE

### 3.3.2.2 Ganadería

Como se puede observar en el cuadro que sigue, la región es relativamente importante en la masa de ganado caprino y en la de conejos respecto del total del país. Sin embargo, la que tiene mayor incidencia a nivel nacional, son los asnales con un 22% del total nacional.

Las existencias de ganado de la Región de Atacama, según la información que consta en el censo del año 2007, se pueden ver a continuación:

**Cuadro N° 3.3-11: Existencias de ganado en la Región de Atacama**

Especie	Región				Especie/Región (%)	País (N° Cabezas)	Región/País (%)
	Copiapó	Chañaral	Huasco	Total			
Bovinos	916	0	6.232	7.148	11,2%	3.718.532	0,2%
Ovinos	3.304	0	1.925	5.229	8,2%	3.888.485	0,1%
Cerdos	545	32	811	1.388	2,2%	2.928.606	0,0%
<b>Equinos</b>	<b>2.328</b>	<b>87</b>	<b>5.628</b>	<b>8.043</b>	<b>12,7%</b>	<b>325.935</b>	<b>2,5%</b>
Caballares	1.389	21	2531	3.941	6,2%	304.252	1,3%
Mulares	268	0	477	745	1,2%	6.667	11,2%
Asnales	671	66	2620	3.357	5,3%	15.016	22,4%
Caprinos	9.862	580	28745	39.187	61,7%	705.527	5,6%
<b>Camélidos</b>	<b>44</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>44</b>	<b>0,1%</b>	<b>75.136</b>	<b>0,1%</b>
Llamas	36	0	0	36	0,1%	48.989	0,1%
Alpacas	8	0	0	8	0,0%	26.147	0,0%
Jabalíes	0	0	0	0	0,0%	4.005	0,0%
Ciervos	0	0	0	0	0,0%	5.827	0,0%
Conejos	1.044	115	1357	2.516	4,0%	43.630	5,8%
<b>Total</b>	<b>18.043</b>	<b>814</b>	<b>44.698</b>	<b>63.555</b>	<b>100,0%</b>	<b>11.695.683</b>	<b>0,5%</b>

Fuente: Censo Silvoagropecuario 2007, INE

### 3.3.2.3 Exportaciones Sector Agropecuario

El potencial exportador del sector Agrícola y Agroindustrial de la región se sostiene principalmente en la Uva de Mesa, producto extensivo en áreas de cultivo, principalmente en el Valle de Copiapó e intensivo desde el punto de vista del consumo de agua necesaria para alcanzar los volúmenes actuales. En lo que comprende la ganadería no existen exportaciones.

**Cuadro N° 3.3-12: Exportaciones silvoagropecuarias Región de Atacama (toneladas)**

Producto	2011	2012	2011-2012
Uva fresca	114.970	96.093	-16,4%
Los demás frutos frescos	2.809	3.388	20,6%
Aceitunas, preparadas o conservadas, sin congelar	1.685	2.297	36,3%
Manzanas frescas	1.855	3.363	81,3%
Limonos, frescos o secos	1.339	3.597	168,6%
Kiwis frescos	0	1.182	n/a
Ciruelas frescas	0	631	n/a
Nectarines frescos	143	443	208,6%
Otros	3.627	1.313	-63,8%
<b>Total Regional</b>	<b>126.430</b>	<b>112.306</b>	

Fuente: ODEPA, Boletín Regional de Exportaciones Silvoagropecuarias  
 n/a: no aplica

### 3.3.3 Sector Pesquero

En el sector pesquero, la Región de Atacama en el año 2011 tuvo un desembarque total de 219 mil toneladas, siendo por los puertos de Caldera y Huasco por donde mayor volumen es desembarcado.

**Cuadro N° 3.3-13: Desembarque total por especie, año 2011 (toneladas)**

Especies	Región de Atacama	Puertos		
		Caldera	Chañaral	Huasco
Algas	134.411	17.202	18.906	98.303
Peces	76.329	76.008	147	174
Moluscos	8.012	7.309	256	447
Crustáceos	281	30	1	250
Otras Especies	136	30	23	83
<b>Total General</b>	<b>219.169</b>	<b>100.579</b>	<b>19.333</b>	<b>99.257</b>

Fuente: Sernapesca 2011

Por la región se desembarca el 4,9% del total nacional; siendo la principal especie las algas, que con respecto al total nacional representaron en el año 2011 el 32,2% del desembarque. En el caso de los peces, es la anchoveta la que representa el mayor volumen (39 mil toneladas en el año 2011) y en moluscos la principal especie es el ostión del norte, que representa el 1,5% del total nacional. El ostión solo se cosecha en los centros acuícolas del puerto de Caldera y representa el 45% del total de ostiones del país. El resto se cosecha en los centros de cultivo de la Región de Coquimbo.

#### 3.3.3.1 Exportaciones Sector Pesquero

El volumen de las exportaciones de pesca extractiva en el año 2011 tuvo una caída de un 0,7% con respecto al año 2010; según información de Aduanas. En el cuadro que sigue se observa el volumen de exportaciones de la Región de Atacama a nivel trimestral.

**Cuadro N° 3.3-14: Exportaciones pesca extractiva, año 2011 (toneladas)**

Período	ene-mar	abr-jun	jul-sep	oct-dic	total
2010	4.001	6.040	5.262	4.029	19.332
2011	5.305	5.185	3.505	5.205	19.200
2010-2011	32,6%	-14,2%	-33,4%	29,2%	-0,7%

Fuente: Servicio Nacional de Aduanas

### 3.3.4 Sector Turismo

Si bien es cierto, como se indica al inicio del capítulo, la principal actividad económica regional corresponde a la minería; Atacama por su localización espacial cuenta con un extenso borde costero y privilegiadas condiciones climáticas que la potencian en el desarrollo turístico.

Está catalogada como una “región que posee unos de los paisajes de mayores contrastes en el mundo, lo que permite realizar una gran variedad de actividades durante prácticamente todo el año”<sup>7</sup>. Cuenta atractivos en el sector costero, en sus valles, y en el desierto y montaña, lo que le permite tener recursos que brindan excelentes condiciones para ofrecer diversos tipos de turismo, tales como recreativo, de aventura, rural, etc.

Su capital, Copiapó; es uno de los pocos grandes centros urbanos en el interior de la zona norte. Su clima es similar a otras regiones del norte, con escasas precipitaciones, sin embargo ciertas áreas poseen un microclima privilegiado que permite el cultivo de frutas y hortalizas de exportación.

Desde el punto de vista de los atractivos turísticos, la Agencia de Desarrollo Regional Productiva (ADRP), en conjunto con Sernatur Atacama, han identificado 9 territorios considerados como de alto atractivo turístico. En estas zonas se encuentra un gran número de atractivos. En el año 2010 Sernatur identificó 179 lugares que cumplen dicha condición a lo largo y ancho de la región. De ellos existen 9 que poseen jerarquía internacional, 64 con jerarquía nacional y 91 con jerarquía regional y 15 con jerarquía local como se muestra a continuación.

**Cuadro N° 3.3-15: Resumen de Cantidad de Atractivos Turísticos Región de Atacama**

Provincia	Comuna	N° de Atractivos Turísticos según Jerarquía			
		Local	Regional	Nacional	Internacional
Copiapó	Copiapó	1	20	16	6
	Caldera	2	16	13	1
	Tierra Amarilla	3	9	9	0

<sup>7</sup> Tríptico Región de Atacama. Gobierno Regional de Atacama y Dirección Regional de Turismo de Atacama

Provincia	Comuna	N° de Atractivos Turísticos según Jerarquía			
		Local	Regional	Nacional	Internacional
Chañaral	Chañaral	2	6	5	1
	Diego de Almagro	5	14	4	0
Huasco	Vallenar	0	8	4	0
	Alto del Carmen	1	7	5	0
	Freirina	1	4	4	0
	Huasco	0	7	4	1
<b>Total Atractivos</b>		<b>15</b>	<b>91</b>	<b>64</b>	<b>9</b>

Fuente: Sernatur, 2010

En la figura que sigue se puede ver las áreas definidas por la ADRP como zonas de interés turístico.

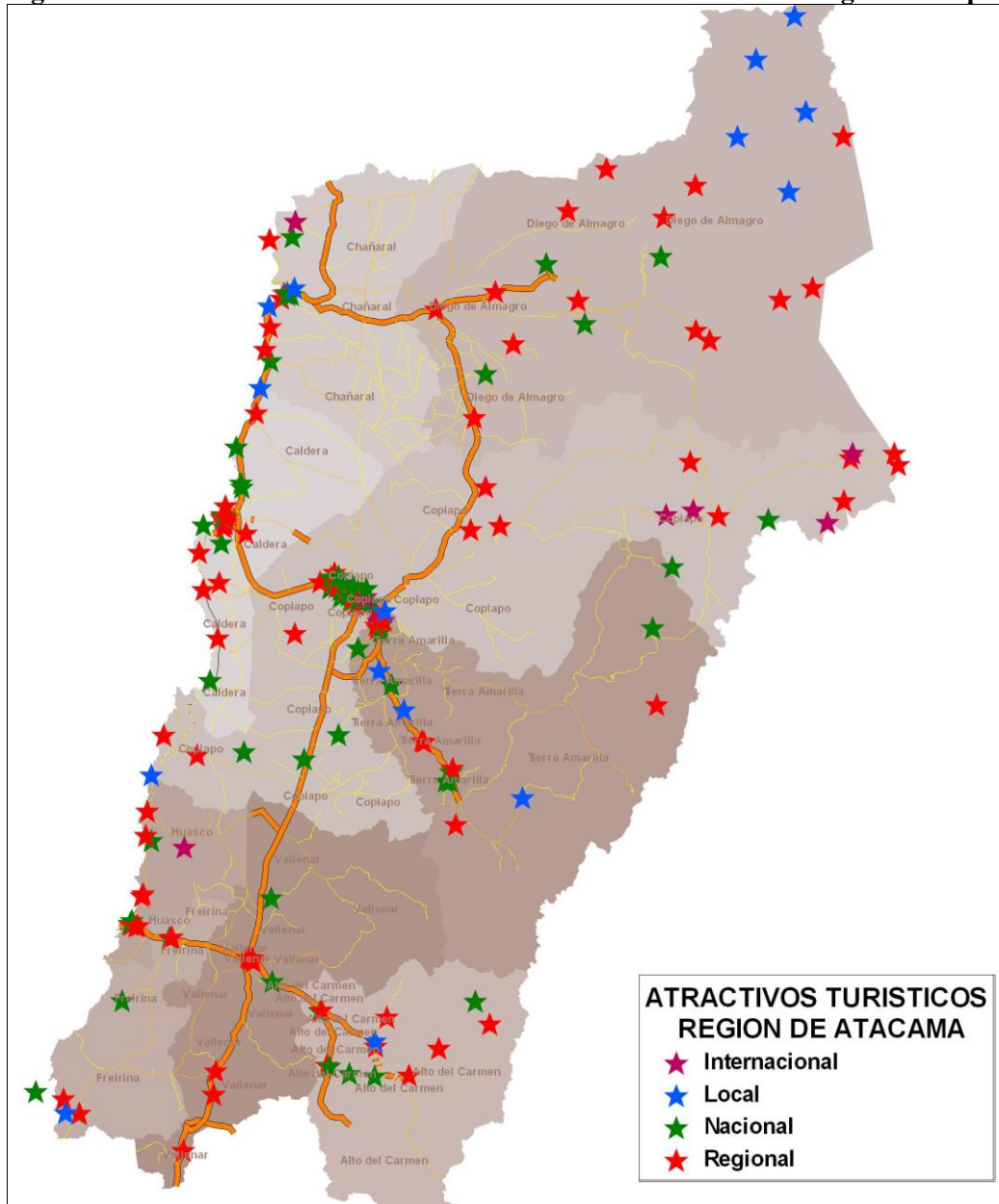
**Figura N° 3.3-5: Áreas de Interés Turístico de la Región de Atacama**



Fuente: ADRP, Región de Atacama

Los 179 atractivos turísticos relevantes que se han catastrado en la Región de Atacama, divididos por categoría permiten comprobar que la mayor fortaleza turística de la región está dada por los atractivos de naturaleza, playas, cordillera y desierto con un 46,9% del total, luego el patrimonio cultural existente con un 25,7% de los atractivos, orientados a museos y manifestaciones culturales históricas, un 12,3% son atractivos asociados al folklore, un 11,2% de realizaciones técnicas y solo un 3,9% de acontecimientos programados.

**Figura N° 3.3-6: Localización de los Atractivos Turísticos Atacama según Jerarquía**



Fuente: Elaboración Propia

El nivel de jerarquía que presentan estos atractivos son principalmente nacionales y regionales, con un 36% y 51% respectivamente, que pueden ser parte de la oferta complementaria del 5% de atractivos que corresponden a una jerarquía internacional, que genera un flujo constante de turistas internacionales y nacionales, ofreciéndoles de este modo una mayor variedad de actividades en la región.

La Región de Atacama ha sido reconocida a nivel nacional e internacional; por el Rally Dakar Argentina –Chile; que ha permitido fortalecer la imagen de Atacama como un destino Turismo Aventura asociado al área denominada Continuo Dunar de Atacama o Mar de Dunas, ubicado al noroeste de la ciudad de Copiapó. Son 40 km de longitud de arenas claras visitadas por amantes de los deportes de aventura como motocross, sandboard. Ocasionalmente en estos campos dunares se producen tormentas de arena y también producto de inusuales lluvias, las dunas y arenales florecen, generando un maravilloso espectáculo visual.

A continuación se describen algunos de los atractivos de la Región de Atacama, localizados en las áreas de interés turísticos mencionados anteriormente.

**1.-Parque Nacional Pan de Azúcar:** Localizado 28 km al norte de Chañaral, cuenta con 43.754 ha., con diversos ambientes marinos y terrestres, zona de gran importancia por su belleza natural, su flora y fauna, de la que destacan numerosas especies endémicas de cactus y diversas aves marinas. Es un atractivo con jerarquía internacional.

**2.-Desierto de Atacama:** El desierto de Atacama es el más árido del mundo y se ubica entre los ríos Loa y Copiapó en la Región de Antofagasta y de Atacama respectivamente. Cubre una superficie de 105 mil km<sup>2</sup>. Este desierto es clasificado con una jerarquía regional entre los atractivos.

**3.-Bahía Inglesa:** Es uno de los balnearios con las mejores playas del norte del país. Se localiza a 6 km al sur de Caldera. Posee aguas cristalinas, arenas blancas, oleaje tranquilo y excelentes temperaturas. Corresponde a un atractivo de jerarquía internacional.

**4.-Volcán Ojos del Salado:** El nevado Ojos del Salado es un volcán que se encuentra ubicado en la Cordillera de Los Andes en el límite entre Argentina y Chile. Tiene una altura de 6.891 m y es el volcán más alto del mundo. Dicho atractivo tiene una jerarquía internacional.

**5.- Acueducto de Amolanas:** Este atractivo fue declarado monumento histórico nacional; se encuentra ubicado en la comuna de Tierra Amarilla. Consta de 13 arcos de piedra canteada y es de 90 m de longitud. Fue construido con la finalidad de apoyar la planta de procesamiento de minerales provenientes de la mina Amolanas. El acueducto llevaba el agua del río hasta una caída de 16 m con ella se accionaba una turbina matriz de la planta de procesos. Este acueducto es clasificado con jerarquía nacional.

**6.- Caleta Barranquilla:** es una caleta de pescadores ubicada a 63 km al sur de Caldera. Posee hermosas y soleadas playas que en época estival la transforman en un atractivo para los turistas tanto de la región como del país. Es un atractivo de jerarquía regional.

**7.- Parque Nacional Llanos de Challe:** se encuentra ubicado a 15 km al este de Carrizal Bajo, en la comuna de Huasco. Posee una superficie de 45.708 hectáreas. Presenta un ecosistema desértico costero, que forma el hábitat de raras y bellas especies de flora incluyendo la garra de león y otras cactáceas endémicas. Durante el Desierto Florido, la extraña y bella garra de león, entre otras variedades de flores como añañucas, pata de guanaco, lirios de campo y suspiros, de notable belleza y colorido surgen en el parque. La fauna del parque cuenta con una gran variedad de aves como halcón peregrino y cóndor entre otros; en los mamíferos se pueden ver guanacos, zorros chilla y culpeo. Esta reserva es un atractivo de jerarquía nacional.

**8.- Laguna Grande de Huasco Alto:** Se encuentra ubicada a 30 km al noreste de Juntas de Valeriano, en la comuna de Alto del Carmen. La laguna grande y la laguna chica son los principales atractivos turísticos de la provincia de Huasco. Se encuentran en plena cordillera de Los Andes, casi en el límite con el territorio argentino. Allí se pueden ver entre su fauna nativa flamencos, taguas, gaviotas cordilleranas, además de guanacos, vicuñas y pumas. Es posible acceder a ellas a caballo. Se encuentra reconocido como atractivo de jerarquía nacional.

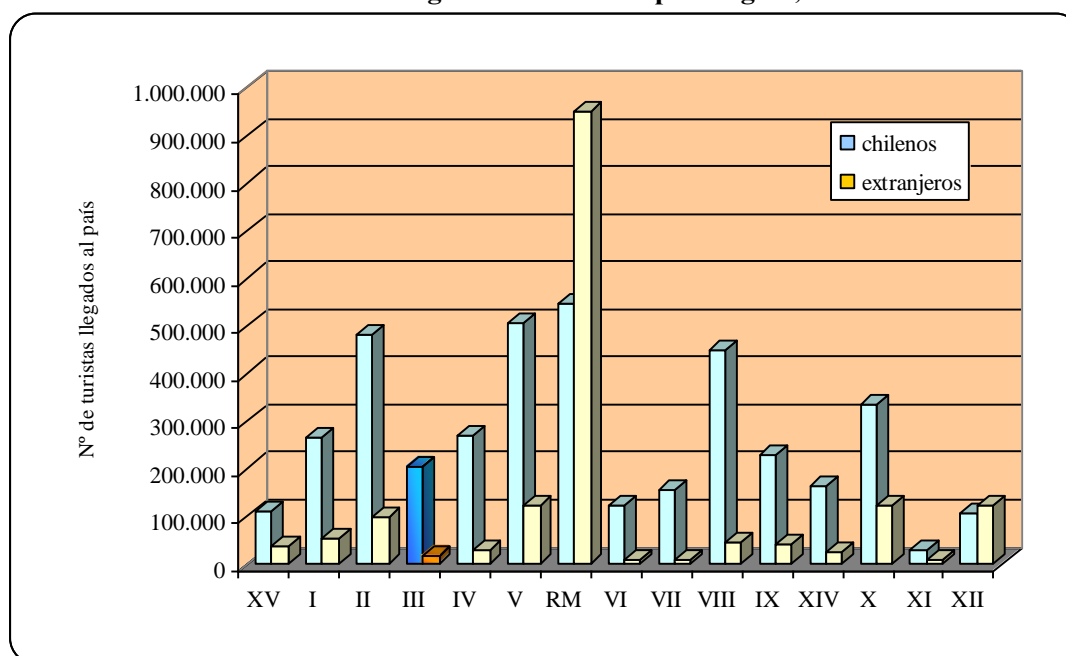
**9.- Reserva Nacional Pingüinos de Humboldt:** Esta reserva está compuesta por tres islas: Chañaral, Choros y Damas; ubicadas en el límite entre las regiones de Atacama y Coquimbo; en la comuna de Freirina. En el trayecto se pueden divisar en la isla Choros, una gran comunidad de lobos marinos, además de una gran diversidad de aves, incluido el pingüino de Humboldt y en algunas ocasiones mamíferos como el delfín nariz de botella paseando cerca de las embarcaciones. Es un atractivo de jerarquía nacional.



Como se puede notar existe una variada oferta de atractivos turísticos en la Región de Atacama, no obstante se observa que ellos no generan un gran número de visitantes de acuerdo a las cifras obtenidas de las estadísticas de Sernatur.

En la Región de Atacama, en el año 2011, llegaron 218.867 turistas, de los cuales, el 93% fueron chilenos y solo un 7% correspondió a extranjeros. Comparando la Región de Atacama con las llegadas de turistas de todo el país se puede observar que Atacama ocupa el 10° lugar con respecto al total de llegadas del país y representa el 3,9% del total nacional.

**Gráfico N° 3.3-3: Llegadas de Turistas por Región, Año 2011**



Fuente: Sernatur, 2011

En el cuadro que sigue se observa cómo se distribuye a nivel comunal la llegada de turistas; no llegaron turistas a las comunas de Tierra Amarilla, Alto del Carmen y Freirina, durante el año 2011. Se puede observar que es la capital regional la que atrae el mayor número de turistas, tanto chilenos como extranjeros. En segundo lugar como entidad atractora de turistas aparece la comuna de Caldera, y en tercer y cuarto lugar las comunas de Diego de Almagro y Vallenar respectivamente.

**Cuadro N° 3.3-16: Llegadas de Turistas en la Región de Atacama, 2011**

Entidad	Llegadas		
	Total	Chilenos	Extranjeros
<b>Región de Atacama</b>	<b>218.867</b>	<b>203.211</b>	<b>15.656</b>
<i>Prov. Chañaral</i>	<i>37.122</i>	<i>36.129</i>	<i>993</i>
Chañaral	10.251	9.501	750
Diego de Almagro	26.871	26.628	243
<i>Prov. Copiapó</i>	<i>152.831</i>	<i>141.239</i>	<i>11.592</i>
Caldera	52.121	48.754	3.367
Copiapó	100.710	92.485	8.225
<i>Prov. Huasco</i>	<i>28.914</i>	<i>25.843</i>	<i>3.071</i>
Huasco	6.807	4.740	2.067
Vallenar	22.107	21.103	1.004
<b>País</b>	<b>5.668.622</b>	<b>3.978.081</b>	<b>1.690.541</b>
% con respecto al país	3,9%	5,1%	0,9%

Fuente: Estadísticas de Alojamiento Turístico por Comuna, Año 2011

Del total de turistas nacionales que llegaron a la Región de Atacama en el año 2011, el 51,4% proviene de la Región Metropolitana, en segundo lugar de la Región de Atacama y en tercer lugar de la Región de Coquimbo. Por otra parte, de la llegada de turistas internacionales, el 21% proviene de Argentina, en segundo lugar de Estados Unidos con un 17% y en tercer lugar del resto del mundo con un 11%.

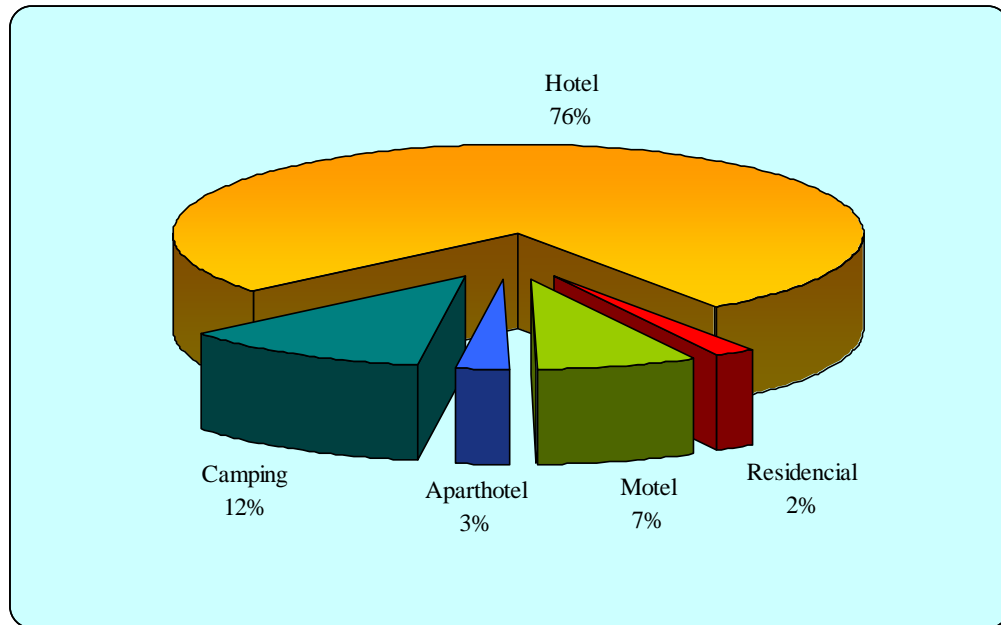
**Cuadro N° 3.3-17: Llegadas a Establecimientos de Alojamiento Turístico, según Lugar de Residencia**

Origen Nacional	Turistas	%	Origen Internacional	Turistas	%
I Región	4.433	2,2%	Argentina	3.326	21%
II Región	15.272	7,5%	Perú	486	3%
III Región	35.743	17,6%	Bolivia	136	1%
IV Región	18.930	9,3%	Estados Unidos	2.667	17%
V Región	10.106	5,0%	México	657	4%
VI Región	5.965	2,9%	Resto de América	1.291	8%
VII Región	1.871	0,9%	Brasil	890	6%
VIII Región	2.667	1,3%	Alemania	1.318	8%
IX Región	1.232	0,6%	Francia	810	5%
X Región	947	0,5%	España	475	3%
XI Región	400	0,2%	Inglaterra	204	1%
XII Región	391	0,2%	Otros de Europa	952	6%
Región Metropolitana	104.461	51,4%	Italia	212	1%
XIV Región	184	0,1%	Asia	512	3%
XV Región	609	0,3%	Resto del Mundo	1.720	11%
<b>Chilenos</b>	<b>203.211</b>	<b>100,0%</b>	<b>Extranjeros</b>	<b>15.656</b>	<b>100%</b>

Fuente: Estadísticas de Alojamiento Turístico por Comuna, Año 2011

En el gráfico que sigue se puede ver como se distribuyen los turistas en los diferentes establecimientos de Alojamiento en la Región de Atacama, de acuerdo a las estadísticas del año 2011. El 76% se hospeda en hoteles, el 12% lo hace en Camping; allí se incluyen tanto sitios como cabañas, el resto se va a moteles, residenciales y apart hoteles.

**Gráfico N° 3.3-4: Distribución de Turistas según Alojamiento**



Fuente: Estadísticas de Alojamiento Turístico

**Cuadro N° 3.3-18: Distribución de Llegadas de Turistas según Tipo de Alojamiento Turístico**

Región de Atacama	Hotel			Residencial			Motel			Aparthotel			Sitios	Cabañas		
	Total	Chileno	Extranjero	Total	Chileno	Extranjero	Total	Chileno	Extranjero	Total	Chileno	Extranjero	Chileno	Total	Chileno	Extranjero
	<b>167.394</b>	<b>154.074</b>	<b>13.320</b>	<b>4.105</b>	<b>3.988</b>	<b>117</b>	<b>16.334</b>	<b>15.114</b>	<b>1.220</b>	<b>5.572</b>	<b>5.357</b>	<b>215</b>	<b>15.182</b>	<b>10.280</b>	<b>9.496</b>	<b>784</b>
Prov. Chañaral	37.122	36.129	993	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chañaral	10.251	9.501	750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diego de Almagro	26.871	26.628	243	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prov. Copiapó	107.743	98.342	9.401	0	0	0	15.000	13.799	1.201	4.626	4.420	206	15.182	10.280	9.496	784
Caldera	10.864	9.548	1.316	0	0	0	15.000	13.799	1.201	795	729	66	15.182	10.280	9.496	784
Copiapó	96.879	88.794	8.085	0	0	0	0	0	0	3.831	3.691	140	0	0	0	0
Prov. Huasco	22.529	19.603	2.926	4.105	3.988	117	1.334	1.315	19	946	937	9	0	0	0	0
Huasco	5.732	3.674	2.058	0	0	0	129	129	0	946	937	9	0	0	0	0
Vallenar	16.797	15.929	868	4.105	3.988	117	1.205	1.186	19	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Estadísticas de Alojamiento Turístico

### 3.3.5 Sectores Portuario, Energía y Recursos Hídricos

El modelo económico de exportación desarrollado a nivel país ha generado una demanda en aumento por el uso del territorio regional y por sus recursos naturales, convirtiendo a la Región de Atacama en centro de grandes inversiones a nivel país, generando a la vez, una importante presión a la economía e infraestructura local.

Este desarrollo económico regional basado en los productos de exportación primarios provenientes de los sectores minero, agrícola y pesquero – acuícola ha generado un aumento sostenido de la población y mayores presiones y demandas en materia energéticas, conectividad regional, nacional e internacional, así como también una gran presión a los acuíferos por mayor consumo hídrico industrial y humano.

**Cuadro 3.3-1: Proyectos Evaluados por SEIA desde 1992 - 2010**

Sector	% Participación
Minería	40 %
Saneamiento Ambiental	14 %
Pesca y Acuicultura	13 %
Infraestructura de Transportes	11 %
Energía	9 %
Infraestructura Portuaria	4 %
Inmobiliarios	2 %
Planificación Territorial	2 %
Otros Sectores	4 %

Fuente: SEIA Atacama año 2011

#### 3.3.5.1 *Ámbito Portuario*

La Región de Atacama presenta 4 zonas costeras con desarrollo portuario relevante ya consolidadas Chañaral, Punta Totoralillo, Caldera y Huasco.

**Cuadro 3.3-2: Puertos en Operación y/o construcción, Región Atacama (2011)**

Nombre	Ubicación	Tipo de Puerto	Propietarios y antecedentes generales
Barquito	Chañaral	Graneles Sólidos y Líquidos	Codelco Chile División El Salvador, transferencia de cobre metálico, hidrocarburos, ácido sulfúrico y concentrado. Contrato con ESSEX Holdings permitirá agregar 960 mil toneladas a este movimiento portuario.
Punta Totalillo	Caldera	Graneles Sólidos	Cía Minera del Pacífico S.A.. operación de un Terminal Portuario especializado en el embarque de concentrado de hierro o “Pellet Feed”.
Rocas Negras	Caldera	Graneles Líquidos	Copec, Terminal Portuario de desembarque y almacenaje de petróleo, diesel y derivados.
Punta Caleta	Caldera	Multipropósito	Ex Puerto AMARCAL, este terminal, de propiedad de Puerto Caldera S.A., forma parte de la cadena de logística de transporte marítimo de la fruta fresca que es producida en la Región de Atacama.
Punta Padrones	Caldera	Graneles Sólidos	Compañía Minera Candelaria, puerto embarque concentrado de cobre y derivados mineros.
Guacolda I	Huasco	Graneles Sólidos	Cía. Minera del Pacífico, con carga a granel, carga general y contenedores
Guacolda II	Huasco	Graneles Sólidos y Líquidos	Empresa Eléctrica Guacolda S.A., operado por Ultramar Agencia Marítima Ltda. con carga a granel, combustible, carga general y contenedores
Las Losas	Huasco	Carga General	Sociedad anónima cerrada conformada por CAP S.A. y Agrosuper S.A., Graneles Minerales: Carbón, Caliza, otros en vías de certificar. Graneles Agroindustriales: Maíz, poroto soya, harinillas. Carga de Proyectos: Bultos de grandes dimensiones y/o tonelaje. Cobre metálico, Concentrado de Cu en contenedores. Fruta en Pallets a bodega y en contenedores.

Fuente: Dirección de Obras Portuarias Atacama año 2011.

A estas zonas costeras consolidadas se le suman 3 nuevas zonas costeras con aptitud portuaria, las cuales presentan 5 nuevos proyectos o ideas de infraestructura en desarrollo; Flamenco, Punta Cachos; Punta Las Ánimas, Punta Fuerte y Punta Caldera.

**Cuadro 3.3-3: Puertos en etapa Proyecto y/o Idea, Región Atacama (2011)**

Proyecto Portuario	Propietario / Operador	Comuna
Puerto Desierto	Puerto Desierto S.A.	Chañaral
Puerto Atacama	Compañía Minera Carmen	Chañaral
Puerto de Embarque de Mineral de Hierro-Fase I (Punta Fuerte)	Santa Fe Puertos S.A.	Caldera
Puerto Punta Caldera	Empresa Portuaria Punta Caldera S.A.	Caldera
Puerto Castilla	OMX Ltda.	Copiapó

Fuente: Dirección de Obras Portuarias Atacama año 2011.

**Puerto Desierto;** se localiza en la caleta Flamenco, a 26 km al sur de Chañaral. El proyecto consiste en la construcción de obras portuarias destinadas al carguío de 5,5 millones de toneladas de concentrado de hierro al año. El monto de la inversión es de MMUS\$185,12 y actualmente se encuentra en etapa de calificación ambiental.

**Puerto Atacama:** El proyecto se localiza en el sector Punta Las Ánimas, en el borde costero de la comuna de Chañaral, a 10 km al sur de la ciudad del mismo nombre. El objetivo es el transporte del concentrado de hierro producido por Minera Santa Fe en sus distintas faenas; como así también permitir la salida portuaria de hierro de otros

productores en la región. También considera la habilitación de un terminal para graneles limpios (soya), provenientes de países vecinos como Argentina y Brasil; de modo transformar un corredor bioceánico para las exportaciones de soya en la Región de Atacama. La inversión prevista es de MMUS\$62 y ha sido aprobado recientemente a comienzos del 2013.

**Puerto Punta Fuerte:** El Proyecto se localiza en la Provincia de Copiapó, comuna de Caldera, en Punta Fuerte, a 2,5 km de la ciudad de Caldera, medidos en línea recta. La justificación del proyecto se sustenta ante la necesidad que Santa Fe Puertos S. A. cuente con las obras e instalaciones portuarias necesarias para realizar el embarque del mineral de hierro, pudiendo así realizar exportaciones del mineral que extrae en la actualidad y de futuras explotaciones en la Región de Atacama y otras Regiones del país a diferentes mercados internacionales. La inversión presupuestada es de MMUS\$70 y ya se encuentra aprobado su estudio de impacto ambiental.

**Puerto Punta Caldera:** El proyecto se localiza en el sector Punta Caldera, en la bahía de Caldera. Consiste en la construcción y operación de un puerto multipropósito privado, de uso público, que permita la transferencia de concentrados de cobre y hierro, caliza, carbón, combustibles líquidos, ácido sulfúrico y carga general. Este emprendimiento tiene prevista una inversión de MMUS\$225 y se encuentra en etapa de calificación ambiental.

**Puerto Castilla:** El proyecto se localiza en la comuna de Copiapó; al interior de la hacienda Castilla; en el área de Punta Cachos, a 80 km de la ciudad de Copiapó. Consiste en la construcción y operación de un puerto multipropósito privado de uso público, que permita la transferencia de graneles sucios como carbón, petróleo diesel, concentrado de cobre, hierro, caliza, graneles limpios y carga general unitizada<sup>8</sup>. La inversión considerada es de MMUS\$300 y ya se encuentra aprobado su estudio de impacto ambiental.

En la figura que sigue se puede ver la localización de los emprendimientos portuarios que existen en la Región de Atacama.

---

<sup>8</sup> Carga que puede ser transferida en el puerto por unidades individuales, como por ejemplo, contenedores, cajas, sacos, maxi-sacos (maxibags), pallets de frutas u otros.

Figura 3.3-1: Localización de Puertos en etapa Proyecto y/o Idea, Región de Atacama



Se destaca que existe una alta concentración de puertos en operación y proyección en las bahías de Huasco y Caldera.

Analizando el cuadro que sigue, se aprecia que sólo uno de los 8 puertos comerciales actualmente en operación corresponde a un Puerto Multipropósito (Punta Caleta) y el puerto de Las Losas de carga general. Los otros 6 puertos corresponden principalmente a terminales especializados para carga y descarga de minerales y productos relacionados a sus procesos productivos.

Cuadro N° 3.3-19: Situación Puertos Región Atacama

Puerto	Capacidad de Transferencia ton/hora	Capacidad de Almacenaje ton	Carga Movilizada Año 2009 ton/año	Oferta Portuaria Embarque ton/año
Barquito	300 (ácido sulfúrico), 5.000 (granel metálico), 300 (cobre metálico)	30.000 (ácido sulfúrico), 40.000(granel metálico), 20.00 (cobre metálico)	237.000	1.050.000
Punta Totalillo	5.000	300.000	1.536.000	5.000.000
Rocas Negras	1.000 m <sup>3</sup> /hora	22.000 m <sup>3</sup>	411.168 m <sup>3</sup>	Sin datos
Punta Caleta	600 (hortofrutícola), 625 (hierro a granel)	80 contenedores de 4 pies	650.000	3.060.000



Puerto	Capacidad de Transferencia ton/hora	Capacidad de Almacenaje ton	Carga Movilizada Año 2009 ton/año	Oferta Portuaria Embarque ton/año
Punta Padrones	1.200	45.000	500.000	1.600.000
Guacolda I	1.500	320.000	S/I	Sin datos
Guacolda II	5.000	400.000	S/I	Sin datos
Las Losas	1.250.000	28.500 (silos) , 13.000 (Bodega Mecanizada), 840 contenedores	S/I	1.500.000
<b>Totales</b>				<b>12.210.000</b>

Fuente: Información obtenida de la Dirección de Obras Portuarias Atacama año 2011

En el cuadro que sigue se muestra la carga movilizada para el año 2012, con el detalle a nivel de puertos existente.

**Cuadro N° 3.3-20: Carga Movilizada por Puertos de la Región de Atacama, Año 2012**

Puerto	Comercio Exterior		Cabotaje		Total
	Exportaciones	Importaciones	Embarco	Desembarco	
Chañaral/Barquito	58.582	314.645	167.915	319.851	860.993
Caldera/Calderilla	3.825.710	166.739		285.275	4.274.724
Huasco/Guacolda	5.675.454	1.771.415	1.261.780	404.816	9.113.465

Fuente: Directemar, Anuario 2011

La falta de planificación del territorio costero regional y el bajo grado de asociatividad e integración de los proyectos productivos de exportación, entre otros factores, ha generado un aumento significativo de esta tipología de infraestructura que presionan por mayores ocupaciones de territorio cada vez más escasos y de mayor valor.

Si se agrega además a esta situación, la alta especialización de estos puertos y las características productivas de temporada de algunos embarques, la mayoría de ellos presenta capacidad ociosa generada por una oferta portuaria que supera la demanda real actual.

Adicionalmente, existen proyectos con estudios ambientales aprobados o por aprobarse para la construcción de nuevos puertos: Puerto Castilla, en la comuna de Copiapó y Puerto Punta Caldera y Punta Fuerte, ambos en la comuna de Caldera, los cuales aumentarán la capacidad portuaria comercial en 32 millones de toneladas adicionales.

### 3.3.5.2 *Ámbito Energético*

La matriz energética regional se basa en la generación de energía a partir de hidrocarburos, principalmente carbón, desarrollando un total de 12 centrales termoeléctricas (carbón y/o diesel) actualmente en etapa de operación o proyecto las que se ubican en sectores

periféricos de los principales centros urbanos regionales como Diego de Almagro, Copiapó y Huasco.

Se destaca el desarrollo de un solo proyecto de “energía limpia” o alternativa, denominado Parque Eólico Señora Rosario, ubicado en el sector norte de la comuna de Chañaral, el cual cuenta con Resolución de Calificación Ambiental de la COREMA.

La existencia de proyectos de autogeneración eléctrica asociados a grandes proyectos mineros (Manto Verde, Compañía Minera del Pacífico, Pucobre), disminuye la demanda por energía suministrada por el Sistema Interconectado Central, pero se basan en procesos contaminantes, ya que utilizan petróleo como fuente generadora.

**Cuadro N° 3.3-21: Centrales Energéticas Región de Atacama 2010**

Proyecto	Propietario	Estado	Comuna
Central Termoeléctrica Diego de Almagro	Energía Latina S.A.	O	Diego de Almagro
Grupos Electrógenos de Respaldo División Manto Verde	Anglo American Norte S.A.	O	Chañaral
Generación de Energía Eléctrica Puerto Punta Totalillo	Compañía Minera del Pacífico S.A.	O	Caldera
Central Térmica Generadora del Pacífico	Generadora del Pacífico S.A.	O	Copiapó
Central Eléctrica Cenizas	Eléctrica Cenizas S.A.	O	Copiapó
Central Tierra Amarilla	Soc. Central Tierra Amarilla S.A.	O	Copiapó
Planta de Autogeneración Eléctrica	Sociedad Punta del Cobre S.A.	O	Tierra Amarilla
Central Termoeléctrica Guacolda I y II	Empresa Eléctrica Guacolda S.A.	O	Huasco
Central Termoeléctrica Guacolda Unidad N°3	Empresa Eléctrica Guacolda S.A.	O	Huasco
Central Generadora EMELDA	Empresa Eléctrica Diego de Almagro	O	Diego de Almagro
Central Térmica Gerdau AZA Generación	Gerdau AZA Generación S.A.	P	Diego de Almagro
Parque Eólico Señora Rosario	Acciona Energía Chile S.A.	P	Chañaral

Fuente: Ministerio de Energía, Región de Atacama año 2011. O: Operación; P: Proyecto.

De igual manera, la región ha hecho esfuerzos por incorporar a su matriz energética proyectos de fuentes limpias y alternativas. La reciente aprobación del parque eólico San Juan de Chañaral de Aceituno, en la Región de Atacama, incorporará una potencia instalada de 186 MW, capaz de entregar 542 GW/h de energía renovable al Sistema Interconectado Central (SIC).

Cabe mencionar que los anteriores proyectos eólicos ya aprobados son Cabo Leones I y Cabo Leones II (de 374 MW), además de la línea de transmisión que llevará la energía al SIC.

Por otra parte, la central "Parque Solar Carrera Pinto" se ha convertido en la octava iniciativa de energía fotovoltaica que espera por su tramitación en el Servicio de Evaluación Ambiental (SEIA) de la Región. Se trata de una central con una capacidad instalada de 135 MW, compuesta por 560.832 módulos fotovoltaicos y que estarán emplazados sobre una superficie de 180,5 hectáreas. En caso de aprobarse será capaz de

generar 240 GW/h, que serán transformadas a corriente alterna en una subestación para inyectar al SIC a través de un tendido eléctrico desde los terrenos del parque hasta la subestación Carrera Pinto.

Actualmente existen plantas solares con resolución ambiental favorable en la Región de Atacama que suman 260,5 MW de capacidad instalada. En el cuadro que sigue se muestra el estado de los proyectos de generación de energía ingresados al SEIA desde el año 2001 a abril de 2013.

**Cuadro N° 3.3-22: Proyectos de Energía Ingresados al SEIA Región de Atacama 2011 – 2013**

Nombre	Titular	Inversión MMUS\$	Estado	Energía Generada
Línea de Alta Tensión de Doble Circuito de 220 kV Subestación Domeyko a Subestación Maitencillo	Ibereólica Cabo Leones II S.A.	12	C	204 MW
Parque Solar Carrera Pinto	Parque Solar Carrera Pinto S.A.	300	C	135 MW
Proyecto Solar San Andrés	Inversiones y servicios Sunedison Chile Ltda.	120,5	C	48,2 MW
Subestación Eléctrica y Línea de Transmisión 110 KV desde S/E propia a S/E Maitencillo	Desarrollo Energético Solar Chile Spa	4,5	C	58,5 MW
Parque Solar Fotovoltaico Das	Diego de Almagro Solar S.A.	24,75	A	9,7 MW
Parque PV Diego de Almagro	Emelda S.A.	130	A	52 MW
Planta Fotovoltaica Carrera Pinto Solar	Energías Renovables Fotonos de Chile Ltda.	161	C	90 MW
Parque Fotovoltaico Llano de Llampos	Inversiones y servicios Sunedison Chile Ltda.	241	A	93,6 MW
Proyecto GENPAC Fotovoltaico	Sociedad Generadora del Pacífico S.A.	38,9	A	14 MW
Instalación de un Equipo Cer en la Subestación Eléctrica Cardones	Transec S.A.	50	A	n/a
Parque Eólico Sarco	AM Eólica Sarco Spa	500	C	240 MW
Central Andes Generación	Andes Generación S.p.A.	30	A	30 MW
Planta Fotovoltaica Diego de Almagro Solar	Energías Renovables Fotonos de Chile Ltda.	187	C	90 MW
Parque Solar Diego de Almagro	Andes Mainstream SpA	420	A	162 MW
Parque Eólico Cabo Leones II	Ibereólica Cabo Leones II S.A.	362,9	A	204 MW
Proyecto PV Salvador	Solventus Chile Spa	160	A	40 MW
Instalación de Equipos de Compensación de Potencia Reactiva en subestación Diego de Almagro	Transec S.A.	20	A	n/a
Parque Eólico San Juan de Chañaral de Aceituno	Energy Focus S.A	0,0003	A	186 MW
Modificación del Proyecto Central Hidroeléctrica Río Huasco Mediante Instalación de Subestación Eléctrica Río Huasco	Hidroeléctrica Río Huasco S.A.	2	A	n/a

Fuente: SEIA 2013.. n/a: no aplica. C: En Calificación Ambiental, A: Aprobado.

### 3.3.5.3 *Ámbito Recursos Hídricos*

Los principales sistemas de abastecimiento hídricos de la región se sustentan por las cuencas de los ríos Copiapó y Huasco y sus afluentes, ya sean por aguas superficiales o subterráneas, las cuales se encuentran declaradas como áreas de prohibición para nuevas extracciones y de restricción para la constitución de nuevos derechos de aprovechamiento.

También se encuentran cuencas menores conformadas en el altiplano cordillerano, que a su vez abastecen los afluentes de los ríos principales, las cuales están en un proceso de evaluación permanente de su conformación y comportamiento debido a que corresponden a zonas del territorio con un alto nivel de presión de uso de suelo para la generación de proyectos mineros extractivos altamente contaminantes.

Debido a su condición de valle agrícola productivo y al desarrollo de actividades mineras extractivas industriales, que requieren de altos niveles de aguas para sus procesos productivos, sumado a estos una condición de sobre-otorgamiento de derechos de aprovechamiento de aguas, como es el caso de las aguas subterráneas en la cuenca del río Copiapó, la disponibilidad de agua superficial y subterránea se constituye como una condición limitante para el desarrollo regional.

Por ello, todas las fuentes de recursos hídricos existentes en la Región de Atacama, se consideran zonas sensibles, especialmente aquellas expuestas a una situación histórica de extracción sin control.

Los principales y más relevantes proyectos de infraestructuras hídrica existentes en la región corresponden a los embalses Lautaro en el cauce del río Copiapó y Santa Juana en el cauce del río Huasco, construidos para el desarrollo de la agricultura intensiva en ambos valles y pilares en el proceso de exportación agroindustrial de la región, al asegurar el agua requerida para el riego de la uva y otras frutas que se comercializan año a año a los mercados externos.

**Cuadro N° 3.3-23: Proyectos Infraestructura Hidráulica Atacama 2010**

Proyecto	Propietarios	Estado	Comuna	Capacidad (MMm3)
Embalse Lautaro	Fiscal MOP DOH	O	Tierra Amarilla	27,35
Embalse Santa Juana	Regantes río Huasco y afluentes.	O	Vallenar/	160
Laguna Grande	Regantes Río Huasco	O	Alto del Carmen	10
Laguna Chica	Regantes Río Huasco	O	Alto del Carmen	5
Canales Tercera Sección Valle Río Huasco	Regantes río Huasco y afluentes.	O	Vallenar	s/i
Bocatoma Canal Buena Esperanza	Regantes río Huasco y afluentes.	O	Vallenar	s/i
Bocatoma Canal Compañía	Regantes río Huasco y afluentes.	O	Vallenar	s/i
Bocatoma Canal Gallo y Ferrara	Regantes río Huasco y afluentes.	O	Vallenar	s/i
Bocatoma Marañón	Regantes río Huasco y afluentes.	O	Vallenar	s/i
Bocatoma Canal Quebrada Honda	Regantes río Huasco y afluentes.	O	Vallenar	s/i
Planta Desaladora Punta Totoralillo		P	Caldera	200 l/s
Planta Desaladora El Morro	Sociedad contractual Minera El Morro	P	Copiapó	740 l/s
Planta Desaladora Minera Candelaria	Minera Candelaria	P	Copiapó	500 l/s
Abastecimiento Agua Desalada Manto Verde	Anglo American	P	Chañaral	120 l/s
Planta Desaladora para el Valle de Copiapó	Agbar Chile S.A	P	Copiapó	1 m <sup>3</sup> /s
Planta Desaladora Varry		I	Caldera	s/i

Fuente: Dirección de Obras Hidráulicas Atacama, 2011. O: Operación, P: Proyecto, I: Idea. s/i: sin información

Por otro lado, se han generado soluciones parciales a la disponibilidad de agua para procesos industriales a través de la construcción de numerosas plantas desalinizadoras de agua de mar, las cuales se consideran como alternativas viables de solución a la creciente demanda por el recurso hídrico.

#### 3.3.5.4 Áreas de Restricción y Prohibición Hídrica

La Dirección General de Aguas puede declarar zonas de prohibición para nuevas explotaciones hídricas, a través de resoluciones fundadas para la protección del acuífero publicadas en el Diario Oficial, conforme a lo indicado en el Artículo 63° del Código de Aguas. A base de esta potestad de la DGA, la Región de Atacama cuenta actualmente con 9 sectores acuíferos declarados administrativamente como áreas de restricción y 4 sectores declarados como zonas de prohibición para nuevas explotaciones de aguas subterráneas.

Por esto, la cuenca del río Copiapó, área de la comuna de Tierra Amarilla, fue declarada zona de prohibición para nuevas explotaciones de aguas subterráneas mediante la Resolución DGA N°193 de fecha 27 de mayo de 1993. Posteriormente, el año 2001 fue declarada Área de Restricción en las comunas de Copiapó y Caldera, a las que se sumaron las comunas de Alto del Carmen, Vallenar, Freirina y Huasco en el año 2009.

**Cuadro N° 3.3-24: Áreas de Restricción y Prohibición Hídrica Región de Atacama**

Situación Administrativa	Provincia	Comuna	Acuífero	Sector Hidrogeológico	Resolución DGA
Área de Restricción	Copiapó	Copiapó	Copiapó	Copiapó – Piedra Colgada	N° 162 de 22/03/2001
		Caldera		Piedra Colgada – Desembocadura	
	Huasco	Alto del Carmen	Huasco	El Tránsito	N° 207 de 26/10/2009
		Río del Carmen			
		Vallenar Alto			
		Vallenar Bajo			
		Freirina Alto			
	Freirina Bajo				
Huasco	Huasco Desembocadura				
Área de Prohibición	Copiapó	Tierra Amarilla	Copiapó	Aguas Arriba del Embalse Lautaro	N° 193 de 27/05/1993 y N° 232 de 07/06/1994

Fuente: DGA Atacama, 2011

#### 3.3.5.5 Diagnóstico de Demanda Hídrica

El estudio realizado por expertos de la agencia australiana de recursos hídricos Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), fundamenta que

la situación hídrica en Atacama está en un punto crítico, debido principalmente al hecho que a la cuenca del Río Copiapó ingresa menos agua de la que se consume.

Los primeros resultados del diagnóstico de la situación hídrica en la zona del valle del río Copiapó, que dicha agencia entregó a la Dirección General de Aguas (DGA) del Ministerio de Obras Públicas, indican que se extraen 6.400 l/seg de la cuenca del Río de Copiapó y sólo ingresan 3.800 l/seg, lo cual ha generado un rápido agotamiento de dicho acuífero.

La demanda de recursos hídricos está asociada a distintos requerimientos de consumo; agropecuario, poblacional, industrial, minero, generación de energía, forestal, acuícola, turismo, caudal ecológico, entre los más relevantes. En el cuadro que sigue se entregan los antecedentes de demanda por recursos hídricos para cada una de las principales cuencas regionales. La Dirección General de Aguas realizó nuevas estimaciones de demanda hídrica para la cuenca de zonas costeras, así como también una proyección de consumo de agua potable hasta el año 2020, incluidas en el cuadro que sigue.

**Cuadro N° 3.3-25: Proyección demanda por uso estimada a 10 años en m<sup>3</sup>/seg las cuencas de Atacama**

Cuenca	Agropecuario	Agua Potable	Industrial	Minero	Generación de Energía	Forestal	Acuícola	Turismo	Caudal Ecológico	Demanda Total
Altiplánicas	0,001	0		0,08		0		0		0,08
Costeras (*)	0,059	0,05	0	1,87	0	0	0	0	0,2	2,175
Río Salado	0,017	0,13	0,99	0,91	0,023	0		0		2,055
Río Copiapó	4,292	0,88	0,02	0,89					0,28	6,354
Río Huasco	8,323	0,31	0,01	0,44	0,232	0		0	0,34	9,651
Total	12,69	1,3	1,02	4,18	0,255	0	0	0	0,82	20,27

Fuente: “Estimaciones de Demanda de Agua y Proyecciones Futuras. Zona I Norte. Regiones I a IV.” D.G.A, año 2007.  
 (\*)Pan de Azúcar, Salado, Copiapó, Totoral, Quebrada Carrizal, Huasco, Límite Regional Sur

De esta manera, se presenta un escenario proyectado de fuerte crecimiento de la demanda de consumo hídrico para la región hasta el año 2020, que estima llegará a una cifra superior a los 20 m<sup>3</sup>/seg., donde se duplica el consumo de agua potable en 20 años, considerando que el consumo actual regional se estima en 800 l/s, siendo la proyección de demanda hídrica del sector minero la de mayor magnitud, superando los 4 m<sup>3</sup>/seg.

En el cuadro que sigue se muestra la oferta actual de agua para la Región de Atacama, la demanda asociada y el déficit existente. También se presenta la demanda estimada para el año 2020.

**Cuadro N° 3.3-26: Resumen Oferta y Demanda de Agua por Cuenca, Región de Atacama, Año 2010**

Nombre Cuenca	Oferta (m <sup>3</sup> /s)	Demanda Actual (m <sup>3</sup> /s)	Déficit Actual (m <sup>3</sup> /s)	Demanda 10 años (m <sup>3</sup> /s)
Endorréicas entre frontera y vertiente del Pacífico	0,00	0,03	-0,03	0,08
Costeras Quebrada Pan de Azúcar Río Salado	0,00	0,19	-0,19	0,52
Río Salado	0,01	0,42	-0,41	1,03
Costeras e Islas Río Salado - Río Copiapó	0,00	0,76	-0,76	1,74
Río Copiapó	0,10	5,75	-5,65	6,24
Costeras entre Río Copiapó y Quebrada Totoral	0,00	0,03	-0,03	0,07
Quebrada Totoral y Costeras hasta Quebrada Carrizal	0,03	0,04	-0,01	0,10
Quebrada Carrizal y Costeras hasta Río Huasco	0,00	0,06	-0,06	0,17
Río Huasco	1,36	8,36	-7,00	9,41
Costeras e Islas entre Río Huasco y IV Región	0,00	0,46	-0,46	0,91
<b>Total</b>	<b>1,50</b>	<b>16,1</b>	<b>-14,6</b>	<b>20,27</b>

Fuente: Diagnósticos de Fuentes de Agua No Convencionales en el regadío Interregional. Comisión Nacional de Riego,  
 Año 2010

## 4. DEFINICIONES BÁSICAS

### 4.1 Zonificación del Área de Estudio

Para sistematizar el diagnóstico del área de estudio, como también para estimar las matrices de viajes que se asignan a la red vial estratégica, se establece una zonificación del territorio. Esta zonificación debe permitir el cálculo de los costos de viaje entre zonas, como también representar al territorio en lo referente a los usos de suelo y actividades productivas que allí se desarrollan, buscando la homogeneidad en cuanto a las actividades económicas que en ellas se realizan.

También la zonificación debe ser compatible con la división actual del INE, de manera de estimar variables demográficas para predecir la demanda de viajes.

Por último la zonificación debe tener un nivel de desagregación que permita una asignación adecuada de los viajes interurbanos que se realizan en la red vial estratégica, de manera de evitar en lo posible que queden caminos locales sin viajes.

Por esta razón, se define una desagregación de zonas para el estudio a nivel de distritos censales del INE, la cual cumple con los criterios anteriores. Esta zonificación que se presenta en el cuadro siguiente consta de **70 zonas** de las cuales 68 son zonas internas o distritos censales que pertenecen a las 9 comunas de la Región de Atacama y 2 zonas externas, que representan a las regiones ubicadas al Norte y al Sur del país.

**Cuadro 4.1-1: Definición de Zonas del Área de Estudio**

Comuna	Cantidad de zonas	Numero de Zonas/Distritos
1. Chañaral	3	2,3,11
2. Diego de Almagro	4	12,66,67,68
3. Caldera	3	1,38,61
4. Copiapó	18	4,7,8,9,10,13,15,21,28,52,53,54,55,56,57,58,59,60
5. Tierra Amarilla	7	5,14,18,19,20,62,65
6. Huasco	2	26,27
7. Vallenar	14	16,23,24,25,30,31,32,33,36,41,46,47,48,49
8. Alto del Carmen	12	6,17,39,40,42,43,44,45,50,51,63,64
9. Freirina	4	22,34,35,37
10. Norte del País	1	Externa
11. Sur del País	1	Externa
<b>TOTAL</b>	<b>70</b>	

Fuente: Elaboración Propia



**Cuadro 4.1-2: Zonificación interna y descripción de zonas**

MZ	Zona	Localidades
Caldera	1	Caldera, Bahía Inglesa, Aeropuerto, Puerto Punta Padrones
	38	Puerto Viejo, Barranquilla, Hacienda María Isabel
	61	Obispito, Puerto Totoralillo
Chañaral	2	Flamenco, Portofino, Manto Verde
	3	Chañaral, Barquito, Saladito
	11	El Salado, Enami Salado, Mina Palmira
Diego de Almagro	12	Diego de Almagro, Llanta, Mina Carmen
	66	El Salvador
	67	Potrerillos
	68	Inca de Oro
Copiapó	4	Paso San Francisco, Salar de Maricunga, Coipa, M. Maricunga, Ojos del Salado
	8	Cerro Picasso, Hacienda San Pedro
	9	Chamonte, Hacienda Toledo, Piedra Colgada, Bellavista, Cerro Negro Norte
	10	Carrera Pinto, Mina Galleguillos
	13	Minera Garín, Punta Cobre, Venado Sur
	15	Pueblo Minero Cerro Blanco
	21	Paipote, Planta Matta, Enami Paipote Biocobre, Quebrada El Chulo
	28	Caleta Totoral
	56	Copiapó
Tierra Amarilla	5	Iglesia Colorada, Rodeo, Agrícola Don Alfonso, Amolanas, Cacerones, Casales
	14	Valle Los Loros, Fundo Villa María
	18	Hornitos
	19	Minera Candelaria, Cerrillos, Mina Las Pintadas, Pabellón, Alianza, Tropicana
	20	Tierra Amarilla, Nantoco, Frutícola Atacama, Algarrobo, Mina Carola, Coemin
	65	Tranque Lautaro
Vallenar	23	Domeyko, Dos Amigos, Cachiyuyo
	31	Mina Los Colorados, Hacienda Ventana
	36	Incahuasi, Mina Los Cristales, Punta Colorada
	46	Embalse Santa Juana, Chañar Blanco
	47	Enami Vallenar, Planta Algas
	48	Vallenar
Alto del Carmen	6	Corral
	17	El Transito, Chancoquin Chico, Chancoquin Grande, Chiguinto
	39	San Félix
	40	Alto del Carmen, La Vega, Punta Blanca
	42	Marquezas, Terrón
	43	Crucesita
	44	El Toro, Maitén
	51	Retamo, Pedregal, El Rosario, Cerro Blanco
	63	Junta de Valeriano, Pascua Lama
Freirina	64	Ramadilla
	22	Caleta Aceituno
	34	Quebradita
Huasco	35	Freirina, Planta Agrosuper Freirina, Hacienda Atacama, Hacienda Nicolasa
	26	Huasco, Huasco Bajo, Guacolda
	27	Canto del Agua, Carrizal Bajo, Los Pozos

Fuente: Elaboración Propia

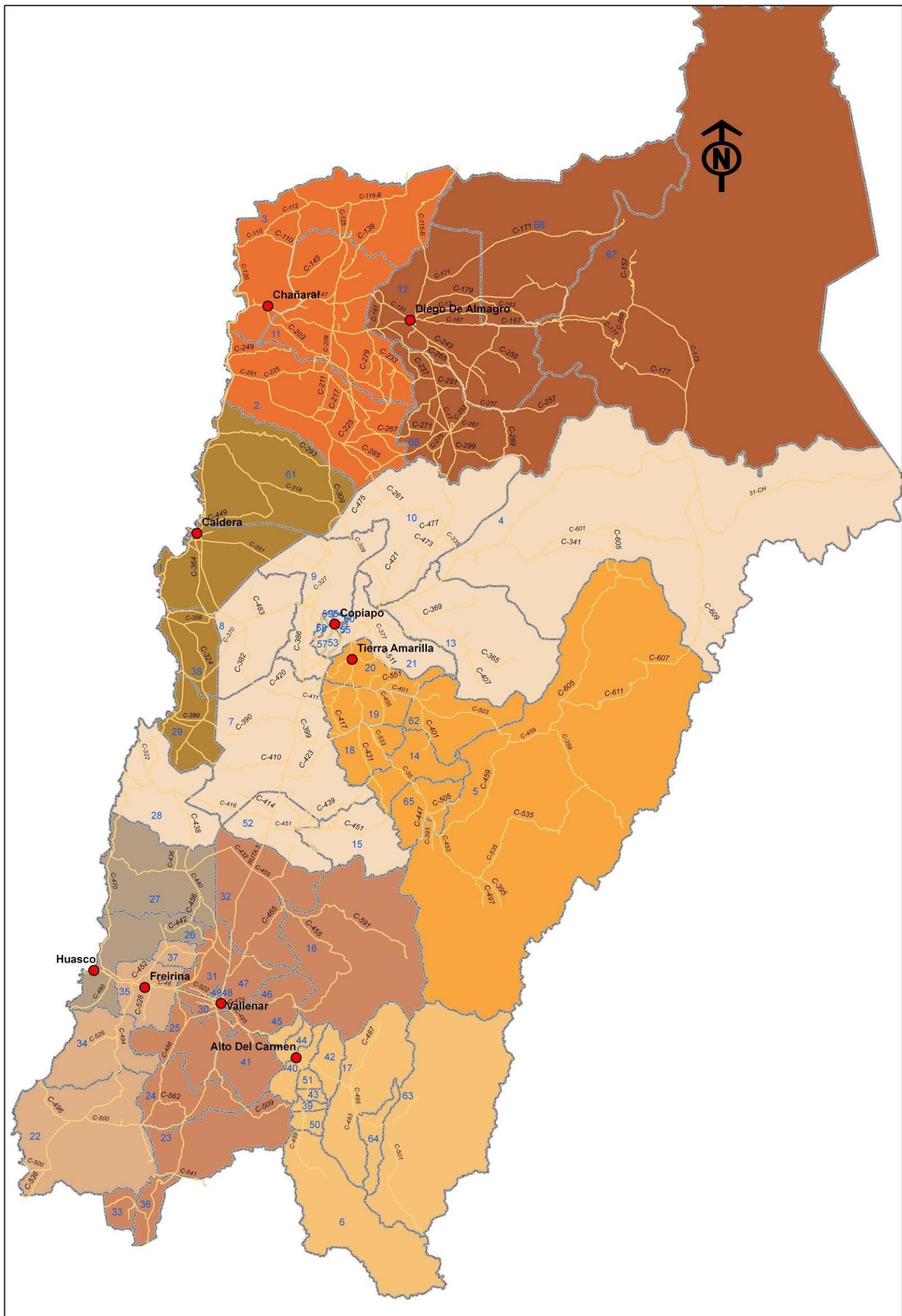
Si bien se definieron 68 zonas, en el cuadro anterior se han incluido exclusivamente aquellas zonas o distritos censales en los cuales se detectaron viajes.

**Cuadro 4.1-3: Zonificación externa**

MZ	Zona	Descripción	
Norte	100	Perú	
	101	Bolivia	
	110	Arica	
	120	Iquique, Alto Hospicio, Pozo Almonte	
	148	Tocopilla	
	149	Mejillones	
	150	Antofagasta	
	151	Calama	
	152	Sierra Gorda	
	153	Tal Tal , Minera Las Cenizas	
	154	San Pedro de Atacama, Salar de Atacama	
	155	Escondida	
	156	Baquedano	
	157	Chuquicamata	
	158	María Elena, Agua Verde	
	159	Altamira, Cerro Negro, Mina Franke, Pedro de Valdivia	
	Sur	200	La Higuera, Punta de Choros, Caleta de Horno, Pajonales, Obs. La Silla
		201	La Serena
		202	Coquimbo
203		Vicuña	
204		Monte Patria	
205		Ovalle	
206		Punitaqui	
207		Andacollo	
208		Samo Alto	
209		Valle del Elqui	
210		Romeral	
220		Combarbalá	
221		Illapel	
222		Salamanca	
225		Los Vilos	
256		Ventanas	
257		Quintero	
258		Cabildo, La Ligua	
259		Quillota, La Calera	
260		Valparaíso, Placilla	
261		Viña del Mar	
262		Concón	
263		Quilpué	
264		Villa Alemana, Limache	
265		San Felipe	
266		Los Andes	
267		Olmué	
268		San Antonio	
270		Santiago	
271		Melipilla, Talagante, Malloco, Isla de Maipo	
272		Paine	
280		Rancagua, Peumo, Rengo	
300		Curicó	
305		Talca	
310		Linares	
315		Chillán	
316		San Carlos	
320		Talcahuano	
321		Concepción	
322		Coronel	
325	Los Angeles		
329	Victoria, Cañete		
330	Temuco, Cunco		
350	Osorno, La Unión		
360	Puerto Montt		
390	Punta Arenas		

La figura siguiente presenta una imagen de la división zonal y de las comunas de la región.

Figura N° 4.1-1: Zonificación considerada en el Estudio



## **4.2 Definición y Características de la Red de Transporte**

La red considerada en el estudio abarca toda la Región de Atacama, tanto la red vial primaria como secundaria, y se obtuvo a partir de los antecedentes provenientes del estudio “Análisis de Proyectos de Infraestructura MOP Para Plataforma Logística Regiones I-III”, de DIRPLAN, específicamente de la información SIG, la que ha sido complementada con la base cartográfica de la Dirección de Vialidad 2010.

La red vial considerada en el presente estudio contempla más de 3.300 kilómetros y se presenta en la figura siguiente y en el cuadro sub-siguiente la caracterización de ella en términos de la identificación de la ruta, la longitud y el estándar actual.

Figura 4.2-1: Red vial Región Atacama



Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 4.2-1: Rutas Red Vial**

Ruta	Tipo de Carpeta	Longitud (Km)	Ruta	Tipo de Carpeta	Longitud (km)
R5	Pavimentado	484.9	C-318	Bischofita	18.8
C-500	Bischofita	78.0	C-386	Pavimentado	4.5
C-496	Ripio	22.7	C-411	Pavimentado	24.6
C-494	Tierra	68.9	C-529	Bischofita	5.3
C-486	Tierra	58.9	C-397	Bisch. / Pavimet	19.5/1.5
C-485	Pavimentado	45	C-391	Pavimentado	14.8
C-480	Ripio	19.9	31-CH	Paviment. / Bisch.	145 / 68
C-468	Pavimentado	14.2	C-35	Pavimentado	86.1
C-46	Pavimentado	45.9	C-453	Pavimentado	24.3
C-491	Pavimentado	43.1	C-535	Bischofita / Tierra	21 / 51.9
C-489	Pavimentado	54.4	C-359	Bischofita	28.2
C-571	Pavimentado	8.0	C-459	Bischofita	69.6
C-495	Paviment. / Bisch.	28 / 41	C-503	Bischofita	49.4
C-493	Bischofita	4.7	C-401	Bischofita	27.6
C-483	Bischofita	11.6	C-405	Bischofita	20.2
C-479	Bischofita / Ripio	20 / 20.6	C-393	Bischofita	9.0
C-569	Pavimentado	6.1	C-173	Bischofita	104.0
Vallenar	Pavimentado	3.6	C-13	Paviment. / Bisch.	106 / 39
C-522	Pavimentado	13.4	C-163	Pavimentado	34.3
C-450	Bischofita	28.5	C-17	Pavimentado	123.5
C-440	Bischofita	68	C-335	Bischofita	13.2
C-452	Bischofita	48	C-237	Pavimentado	18.2
C-462	Bischofita	14.9	C-309	Bischofita	68
C-470	Rural / Bischofita	18	C-319	Bischofita	55.3
Costero	Bischofita	178	C-293	Tierra	51.1
C-370	Pavimentado	38	C-261	Bischofita	103
C-358	Pavimentado	28.9	C-225	Bischofita	23.3
C-302	Paviment / Bisch.	7.8 / 26	C-209	Bischofita	16.2
C-360	Pavimentado	6.0	C-125	Bischofita	60
C-354	Pavimentado	4.0	C-147	Pavimentado	14
C-314	Pavimentado	5.2	C-151	Bischofita	36.9
Bypass	Pavimentado	41.1	C-161	Bischofita	9.7
C-350	Pavimentado	3.9	C-120	Bischofita	27.2
C-432	Pavimentado	29.4	C-110	Bischofita	23.4
C-455	Bischofita	26.5	C-112	Bischofita	16.6
C-451	Bischofita	34	C-351	Bischofita	50.3
C-416	Paviment. /Bisch.	45 / 15	C-327	Bischofita	46.0
C-322	Bischofita	17.0	Domeyko	Pavimentado	0.6
C-115-B	Bischofita	65	C-497	Tierra	13

Fuente: Elaboración propia en base a cartografía D. Vialidad

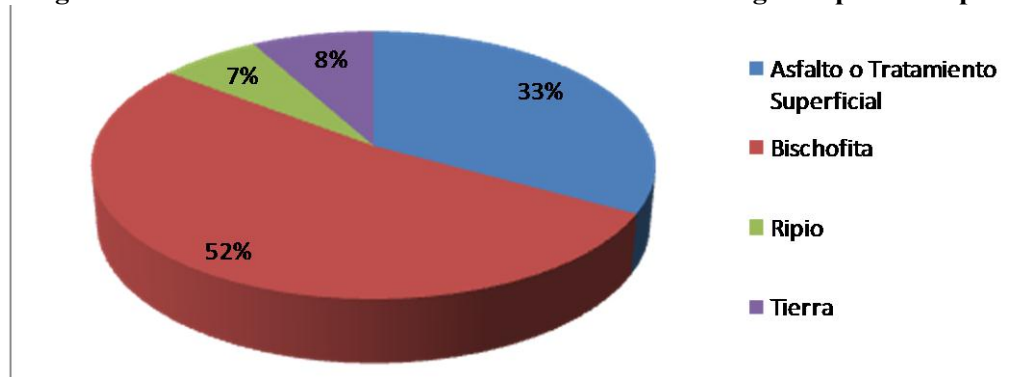
La red vial considerada en el estudio tiene 3.338 km de calzada simple correspondiente al 94.3% de la red analizada. En relación a sus pavimentos está constituida por un 33% (1.169 km) de vías en asfalto, un 15% de ripio-tierra (519 kms), y de un 52% de bischofita correspondiente a 1.851 km. En cuanto a su geometría horizontal, la mayor parte de la red presenta una curvatura baja (0°-30°) y media (entre 30°- 50°/km), con el 74% de la red y el 10% de la red restante es de curvatura alta, mayor de 50°/km.

**Cuadro 4.2-2: Extensión Red de Modelación Según Tipo de Carpeta**

Tipo de Ruta	Longitud (Km)
Asfalto o Tratamiento Superficial	1.169
Bischofita	1.851
Ripio	233
Tierra	285
<b>Total</b>	<b>3.539</b>

Fuente: Elaboración propia en base a cartografía D. Vialidad

**Figura 4.2-2: Extensión Porcentual Red de Modelación Según Tipo de Carpeta**



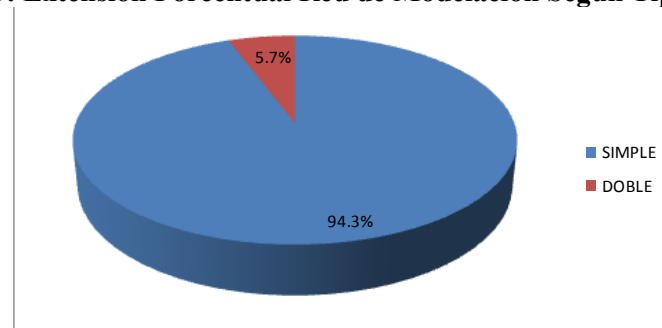
Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 4.2-3: Extensión Red de Modelación Según Tipo de Calzada**

Tipo de Calzada	Longitud (Km)
Simple	3.338
Doble	201
<b>Total</b>	<b>3.539</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 4.2-3: Extensión Porcentual Red de Modelación Según Tipo de Calzada**



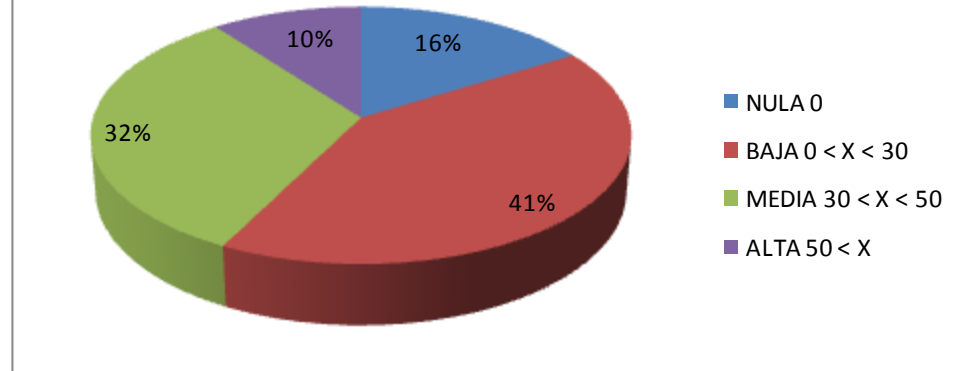
Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 4.2-4: Extensión Red de Modelación Según Curvatura de Arcos**

Curvatura	°/Km	Longitud (Km)
Nula	0	570
Baja	0 < X < 30	1.463
Media	30 < X < 50	1.142
Alta	50 < X	364
<b>Total</b>		<b>3.539</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 4.2-4: Extensión Porcentual Red de Modelación Según Curvatura de Arcos**



Fuente: Elaboración propia.

### 4.3 Años de Corte, Períodos y Modos de Modelación

De acuerdo a las bases de licitación para el estudio se consideran las siguientes definiciones básicas:

- **Años de corte de análisis:** 2015, 2020, 2025 y 2030
- **Años de corte a Modelar:** 2020 y 2030. Se considera que simular el año 2015 no aporta grandes diferencias respecto al año 2013 de calibración del modelo. A su vez, los resultados del año 2025 son directamente interpolables de los años de corte 2020 y 2030 a modelar.
- **Periodos de Modelación:** El modelo de redes calibrado es un modelo que simula los viajes del día.
- **Modos de Transporte:** Se simulan vehículos de transporte privado livianos, vehículos de transporte de carga: camiones simples y camiones articulados y vehículos de pasajeros: buses interurbanos.



## **5. ESTUDIOS DE BASE**

### **5.1 Diseño Programa de Terreno**

La planificación de los estudios de base se inició en enero de 2013, una vez realizado el recorrido en terreno y considerando que se decidió realizar mediciones de flujo vehicular en temporada de Verano en 6 puntos, localizados hacia el borde costero de la región.

Posteriormente, a partir de marzo y una vez normalizadas las actividades, se inició la planificación de las mediciones y encuestas de temporada normal. Esto implicó un proceso de discusión con la contraparte técnica a partir de una propuesta de 70 puntos de medición de flujo vehicular y 12 puntos de EOD. En el proceso, se revisó la localización de los puntos de medición y se acordó no realizar el punto de EOD en el complejo fronterizo San Francisco debido a su bajo tránsito.

Para la realización de las EOD se debió contar con la colaboración de Carabineros de Chile, razón por la cual se gestionó un oficio del mandante a la institución policial.

Posteriormente, durante el desarrollo de los estudios de base se determinó la necesidad de complementar las encuestas realizadas, para aumentar la base de encuestas de preferencias declaradas e incrementar la muestra observada en algunos puntos de EOD.

Los resultados obtenidos se presentan en los puntos siguientes.

### **5.2 Encuestas Origen - Destino**

#### **5.2.1 Localización de puntos EOD**

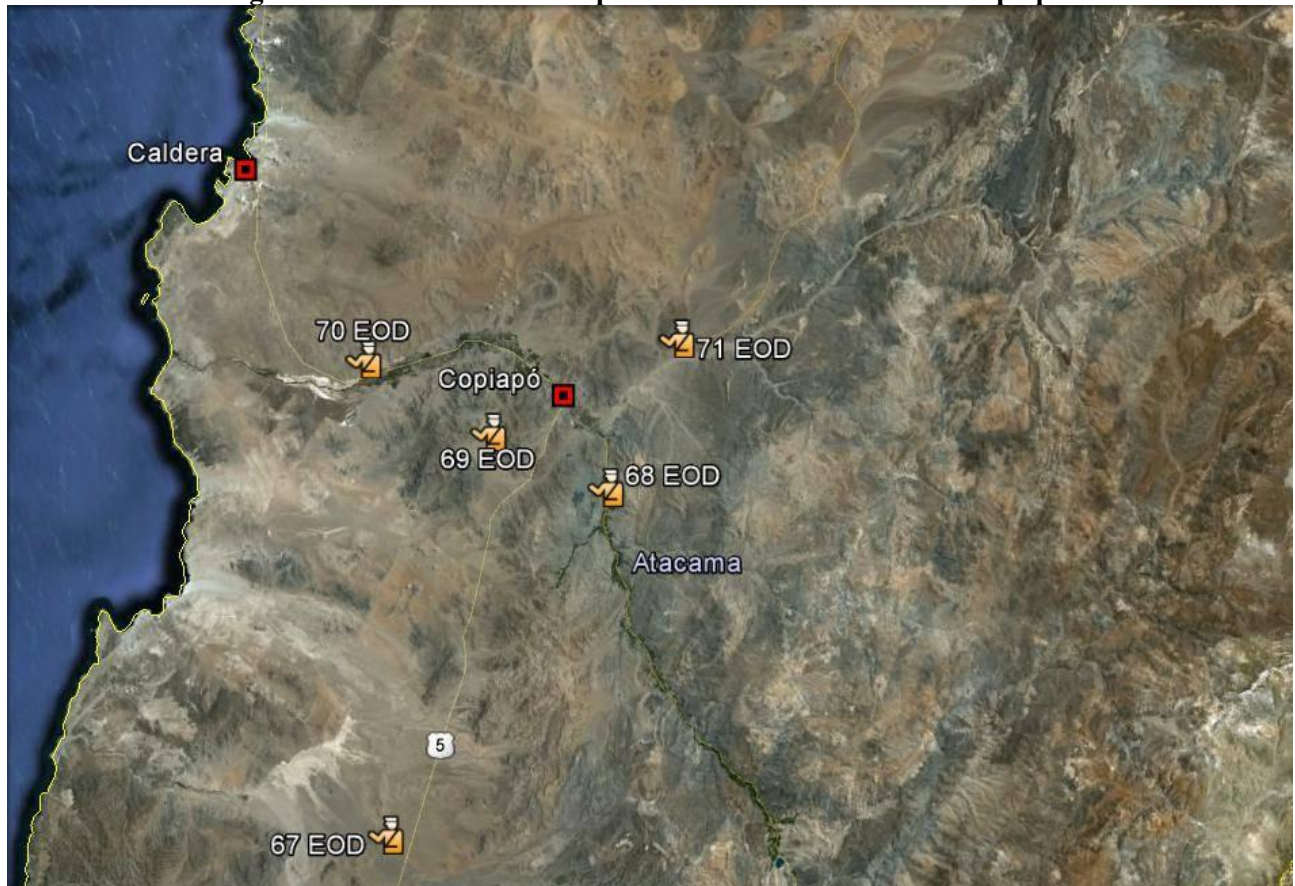
Se realizaron 13 puntos de encuesta origen – destino, en los cuales se disponía de encuestadores en ambos sentidos de circulación, que realizaban una serie de consultas a los vehículos livianos y de carga. Para desarrollar esta actividad se requirió en todos los casos de uno o dos funcionarios de Carabineros de Chile, cuya participación fue requerida mediante oficios del mandante. En simultáneo con la realización de encuestas, se desarrollaron conteos de flujo vehicular, que permitieron estimar la muestra obtenida y determinar posteriormente los factores de expansión.

Los puntos de encuesta fueron los siguientes:

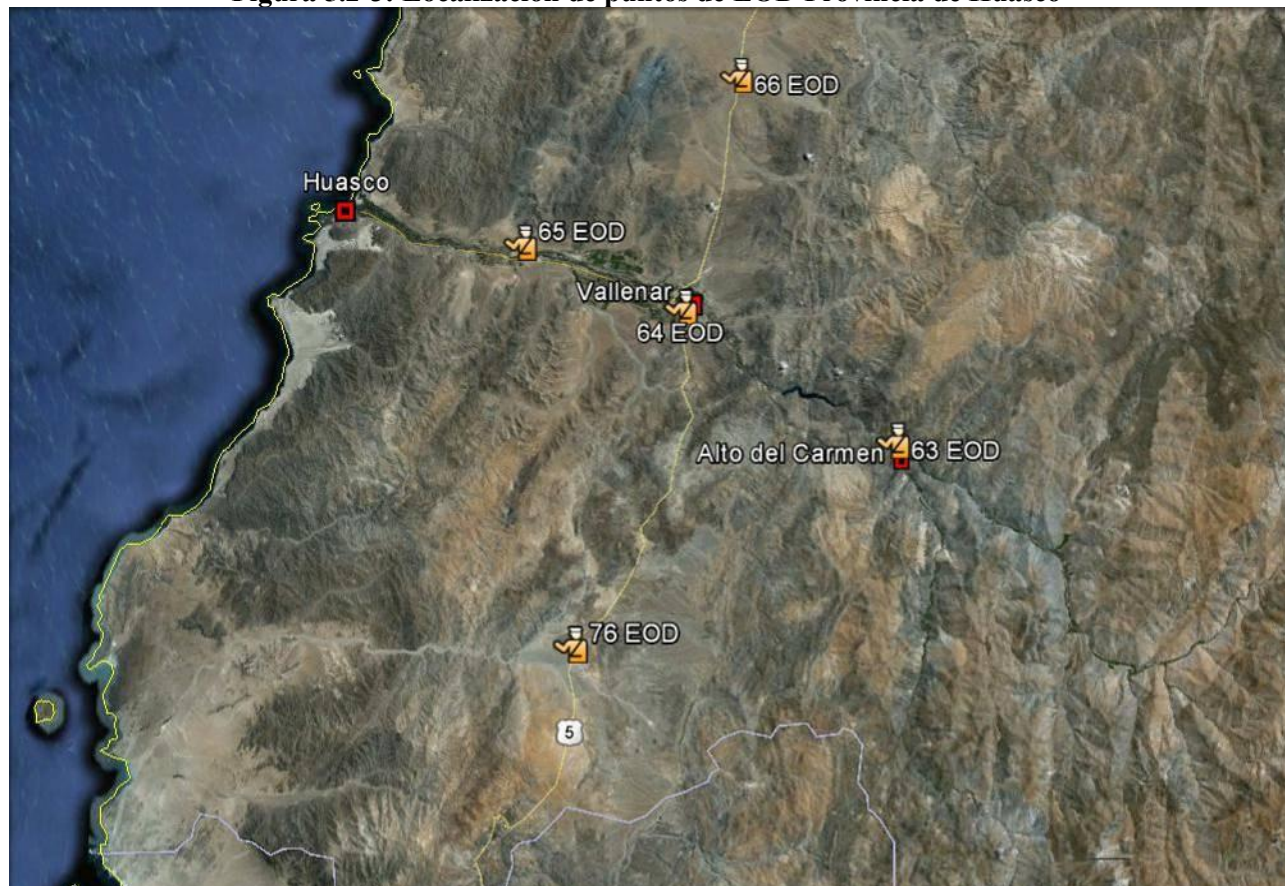
**Figura 5.2-1: Localización de puntos de EOD Provincia de Chañaral**



**Figura 5.2-2: Localización de puntos de EOD Provincia de Copiapó**



**Figura 5.2-3: Localización de puntos de EOD Provincia de Huasco**



**Cuadro 5.2-1: Localización de puntos de EOD**

PC	Ruta	Ubicación (hito o tramo)	Fecha de Medición
63	C-485	Sector Alto del Carmen	17/04/2013
64	5	Sur de Vallenar, sector aeródromo	18/04/2013
65	C-46	Km 25 aprox. Tramo: Vallenar - Freirina	23/04/2013
66	5	Plaza peaje troncal Ruta 5 Copiapó - Vallenar	24/04/2013
67	C-416	Camino a Totoral Km 2 desde Ruta 5	25/04/2013
68	C-35	Tramo Tierra Amarilla - Nantoco	17/04/2013
69	5	Empalme con Ruta C-386 Tramo urbano By pass - Copiapó	18/04/2013
70	5	Plaza peaje troncal Ruta 5 Copiapó - Caldera	16/05/2013
71	C-17	Tramo Copiapó – Diego de Almagro, cruce con 31CH	24/04/2013
73	C-13	Tramo Chañaral – Diego de Almagro, al poniente de El Salado	25/04/2013
74	5	Tramo Chañaral – Caldera, al sur del sector Flamenco	30/04/2013
75	5	Límite con Región de Antofagasta	16/05/2013
76	5	Al sur de Domeyko	16/05/2013

Fuente: Elaboración propia

Se realizaron encuestas a usuarios de vehículos livianos y a conductores de vehículos de carga. En ambos casos se consultaba origen y destino del viaje, pero en el segundo caso se

incluían consultas específicas del tipo de carga y volumen movilizado. En todos los casos se completaba la encuesta con una caracterización socioeconómica del encuestado.

En lo que se refiere a las variables de segmentación de los viajeros, se incorporaron consultas orientadas a discriminar según número de pasajeros y propósito del viaje. Mientras que en los vehículos de carga, se consultó según tipo de camión, por la tara del vehículo y carga transportada, considerando las tipologías esperadas en el área de estudio. A continuación, se indican los antecedentes consultados y/o registrados en ambos formularios.

### **Formulario EOD**

- 1) Consultas Generales:
  - Fecha de medición
  - Punto de Control
  - Movimiento Encuestado
  - Nombre del encuestador y supervisor
  - Período de Medición
- 2) Características del Vehículo:
  - Hora de Medición
  - Tipo de vehículo
    - (1) Autos
    - (2) Camionetas
    - (3) Van, furgón, jeep.
    - (4) Camión de 2 ejes
    - (5) Camión de más de 2 ejes
    - (6) Camión Semi Remolque
    - (7) Camión con Remolque
  - Número de personas que viajan
- 3) Origen del Viaje y Destino del Viaje:
  - A nivel de ciudad o localidad
- 4) Variables de Segmentación
  - Propósito del Viaje
    - (1) Trabajo
    - (2) Estudio
    - (3) Turismo, Recreación
    - (4) Otros
  - Quién paga el Viaje
    - (1) El Conductor
    - (2) Entre los Acompañantes
    - (3) El Empleador
    - (4) Otros

### Consultas específicas de Vehículos de carga

- 1) Variables de Segmentación
  - Carga Transportada
    - (1) Abastecimiento Comercio
    - (2) Productos Agrícolas
    - (3) Combustibles líquidos
    - (4) Granos
    - (5) Animales vivos
    - (6) Animales faenados
    - (7) Otros
    - (99) Vacío
  - Tonelaje Transportado
  - Tara del Camión

Los formularios utilizados se reportan en Anexo 5.

#### 5.2.2 Tamaño Muestral

En el cuadro siguiente se presenta el resumen final con las encuestas realizadas por período y sentido, el flujo medido en el período, el tamaño de muestra requerido al 95% de confianza y el nivel de cumplimiento de la muestra.

**Cuadro 5.2-2: Tamaño de muestra EOD Veh. Livianos**

Punto de Control (Medición Continua)	Sentido	Flujo Veh. Liv. (12 hrs.)	EOD	Número de encuestas requeridas	Cumplimiento
63	O-P	61	43	37	115%
	P-O	87	48	46	105%
64	N-S	558	40	82	49%
	S-N	479	167	80	209%
65	O-P	1073	63	88	71%
	P-O	1099	53	88	60%
66	N-S	572	116	82	141%
	S-N	587	110	83	133%
67	O-P	5	5	5	100%
	P-O	4	4	4	100%
68	N-S	1060	197	88	224%
	S-N	897	176	87	203%
69	N-S	148	72	58	124%
	S-N	143	45	57	78%
70	N-S	1441	289	90	321%
	S-N	1326	228	90	255%
71	N-S	377	108	77	141%
	S-N	270	117	71	165%
73	O-P	242	49	69	71%
	P-O	232	83	68	122%

Punto de Control (Medición Continua)	Sentido	Flujo Veh. Liv. (12 hrs.)	EOD	Número de encuestas requeridas	Cumplimiento
74	N-S	317	82	74	111%
	S-N	341	114	75	152%
75	N-S	222	61	67	91%
	S-N	214	49	66	74%
76	N-S	667	73	84	87%
	S-N	592	87	83	105%

Fuente: Elaboración propia

Se han incluido las encuestas de Preferencias Declaradas (PD) que se realizaron de manera simultánea, dado que en estas encuestas se consultaba también el origen y destino del viaje. Como se observa, el volumen de encuestas levantadas alcanzó a 2.600, lo que en general resulta representativo de los flujos que se esperaba caracterizar.

Si bien hubo colaboración para todos los puntos de medición por parte de Carabineros de Chile, en los casos en que no se logró completar la muestra las dificultades estuvieron en el número de funcionarios dispuestos para la actividad. En los puntos 64, 69, 73 y 76 sólo se disponía de un funcionario policial, el que fue turnando de forma irregular el sentido en el que detenía el tránsito, de manera que se lograron niveles asimétricos de muestra por sentido.

En los casos de los puntos 65 y 75, se optó por darle prioridad al levantamiento de encuestas de PD, que requieren más tiempo por encuestado. Esta situación limitó el nivel de muestra obtenido, pero en valores que resultan adecuados para niveles de confianza del 90%.

En el caso de los vehículos de carga, se tienen los siguientes niveles de muestra:

**Cuadro 5.2-3: Tamaño de muestra EOD Veh. de carga**

Punto de Control (Medición Continua)	Sentido	Flujo Veh. Liv. (12 hrs.)	EOD	Número de encuestas requeridas	Cumplimiento
63	O-P	60	53	37	144%
	P-O	42	29	29	100%
64	N-S	795	60	86	70%
	S-N	612	176	83	212%
65	O-P	462	105	80	132%
	P-O	443	82	79	104%
66	N-S	685	79	84	94%
	S-N	853	135	86	156%
67	O-P	0	0	0	n.d.
	P-O	0	0	0	n.d.

Punto de Control (Medición Continua)	Sentido	Flujo Veh. Liv. (12 hrs.)	EOD	Número de encuestas requeridas	Cumplimiento
68	N-S	346	93	75	124%
	S-N	346	77	75	102%
69	N-S	518	210	81	259%
	S-N	574	266	82	323%
70	N-S	643	184	84	220%
	S-N	585	214	82	259%
71	N-S	180	73	63	117%
	S-N	206	81	66	124%
73	O-P	134	32	56	57%
	P-O	175	49	62	79%
74	N-S	421	79	78	101%
	S-N	386	171	77	222%
75	N-S	386	93	77	121%
	S-N	536	161	81	198%
76	N-S	806	60	86	70%
	S-N	759	57	85	67%

Fuente: Elaboración propia

La muestra obtenida fue adecuada en la mayoría de los puntos, lográndose un total de 2.687 encuestas a camiones. Se destaca que en el punto 67 no circularon vehículos de carga. En los puntos 73 y 76 el volumen de muestra no resulta significativo al 95%, pero resulta adecuado a niveles de confianza más bajos, y tuvo su justificación en la disponibilidad de funcionarios policiales para detener este tipo de vehículos.

Cabe destacar que se debió repetir el proceso de levantamiento de encuestas en el punto 70, que logró en esta segunda oportunidad un muy buen nivel de muestra, y en el punto 69, donde se complementó el levantamiento de vehículos livianos.

### 5.2.3 Descripción Muestral

En este punto, se describen los resultados obtenidos para la muestra levantada. Esto implica el procesamiento de la información recogida en las encuestas, sin considerar la expansión muestral.

Se presenta el propósito del viaje realizado, de donde se observa que casi dos tercios de los viajes muestreados se vincula con actividades laborales. La proporción de viajes de turismo – recreación y trámites – compras – salud completan el total. Los viajes interurbanos con propósito educación resultan muy marginales respecto de la muestra total.



**Cuadro 5.2-4: Propósito del viaje – Veh. Livianos**

Propósito del Viaje	Nº encuestas	Proporción %
1.- Trabajo	1.691	65%
2.- Turismo, Recreación, Visita familiares / amigos	313	12%
3.- Salud	118	5%
4.- Compras	128	5%
5.- Educación	23	1%
6.-Trámites, Diligencias	244	9%
7.- Otros	82	3%
Total	2.599	100%

La alta incidencia de viajes laborales se replica en quien financia el viaje, ya que en la mitad de los viajes se trata del empleador. Los ocupantes del vehículo, y mayoritariamente el conductor, resultan los otros responsables de costear el viaje.

**Cuadro 5.2-5: Financiamiento del viaje – Veh. Livianos**

¿Quién paga el viaje?	Nº encuestas	Proporción %
1.- El Conductor	1.195	46%
2.- Entre los Acompañantes	101	4%
3.- El Empleador	1.291	50%
4.- Otros	12	0%
Total general	2.599	100%

Se observa además que una alta proporción de los vehículos encuestados corresponde a camionetas, lo que se vincula a la realización de viajes con propósitos laborales.

**Cuadro 5.2-6: Tipo de vehículo – Veh. Livianos**

Tipo Veh	Nº encuestas	Proporción %
Autos	918	35%
Camionetas	1406	54%
Van, furgón, jeep	275	11%
Total general	2599	100%

Finalmente, en relación a la antigüedad del vehículo se tiene que más de la mitad de la muestra son vehículos con menos de dos años de uso, y sólo el 13% corresponde a vehículos de más de 6 años de uso. Esta información podría considerarse un proxy del ingreso de los viajeros.

**Cuadro 5.2-7: Antigüedad del vehículo – Veh. Livianos**

Antigüedad	N° encuestas	Proporción %
1.- Nuevo (2011 en adelante)	1110	55%
2.- Regular (del 2006 al 2010)	656	32%
3.- Antiguo (antes del 2006)	268	13%
Total general	2034	100%

En relación a los vehículos pesados, los datos más relevantes en la consulta son el tipo de camión y la carga movilizada. Los resultados obtenidos de la muestra son:

**Cuadro 5.2-8: Tipo de camión encuestado**

Tipo de camión	N° encuestas	Proporción %
Camión de 2 ejes	361	13%
Camión de más de 2 ejes	658	24%
Camión Semi Remolque	1528	57%
Camión con Remolque	140	5%
Total general	2687	100%

Como se observa, la tipología más observada es el camión semi remolque, es decir compuesto de equipo tractor y remolque, seguido del camión de más de dos ejes. Se puede observar que los camiones de dos ejes resultan una proporción menor del total de la muestra.

Respecto a la carga movilizada, se observó una gran dispersión en las respuestas, de manera que se debió agrupar por sectores económicos. Se observa que un cuarto de los camiones encuestados se movilizaba vacío, lo que resulta algo menor a lo observado en otras zonas del país. Las tipologías de carga más frecuentes resultaron ser los materiales de construcción, que evidencian así una dinámica productiva e inmobiliaria en la región, y el transporte de minerales, que además presenta los mayores tamaños de embarque medios por camión. En este último aspecto, destaca además el nivel de carga de los productos químicos, con casi 24 Ton por camión.

**Cuadro 5.2-9: Tipo de carga movilizada y tamaño medio de embarque**

Clasificación de Carga	N° encuestas	Proporción %	Tam. Embarque (Ton)
Vacío	657	24%	0,0
Materiales construcción	361	13%	14,8
Minerales	349	13%	23,9
Abarrotes	212	8%	16,0
Alimentos	188	7%	14,3
Carga general	184	7%	11,1
Combustibles	127	5%	17,9
Varios	117	4%	13,5
Maquinaria	106	4%	12,6
Vehículos	90	3%	13,9
Agrícola	88	3%	15,1
Insumos minería	54	2%	14,8
Químicos	46	2%	23,8
Desechos	34	1%	16,3
Agua	32	1%	11,6
Envases	25	1%	3,2
Productos del Mar	17	1%	12,8
Total general	2.687	100%	12,2

Resulta de interés notar que abarrotes en general, alimentos y carga agrícola representan casi un 18% del total de carga muestreada. Por otra parte, si bien resulta minoritario, existe un movimiento no despreciable de agua, como reflejo de la escasez de este elemento en la zona.

### 5.3 Encuestas de Preferencias Declaradas

#### 5.3.1 Puntos de Encuesta

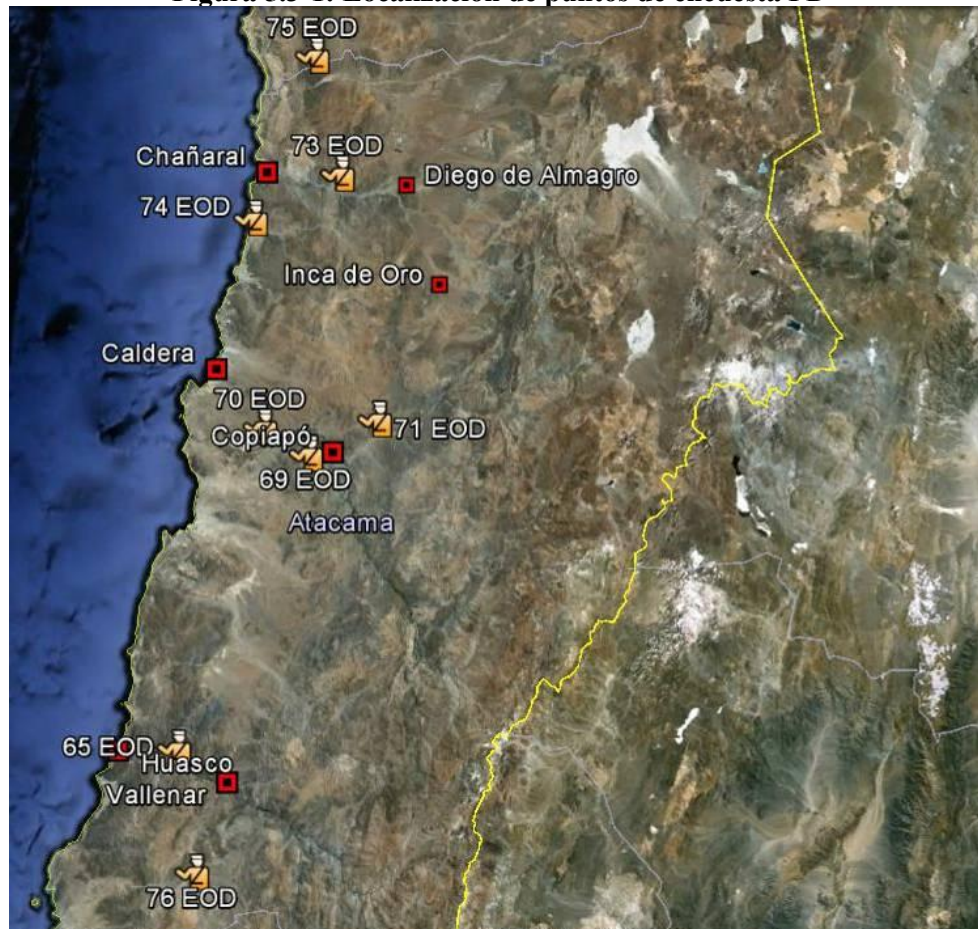
En algunos de los puntos de encuesta origen-destino se desarrollaron simultáneamente encuestas de preferencias declaradas, que perseguían determinar patrones de elección de ruta entre los usuarios de las vías. Las encuestas de PD se dirigieron a conductores de vehículos livianos y chóferes de camiones que fueran dueños de los mismos, ya que interesaba determinar al tomador de decisiones. Para este último efecto, se realizaba una consulta previa, que correspondía a si quien conducía era el dueño del camión, en caso afirmativo se aplicaba la encuesta de PD y en caso contrario se procedía a levantar una encuesta origen-destino de transporte de carga.

**Cuadro 5.3-1: Localización de puntos de encuestas PD**

PC	Ruta	Ubicación (hito o tramo)	Fecha de Medición
65	C-46	Km 25 aprox. Tramo: Vallenar - Freirina	23/04/2013
69	5	Empalme con Ruta C-386 Tramo urbano By pass - Copiapó	18/04/2013
70	5	Plaza peaje troncal Ruta 5 Copiapó - Caldera	17/04/2013 16/05/2013
71	C-17	Tramo Copiapó – Diego de Almagro, cruce con 31-CH	24/04/2013
73	C-13	Tramo Chañaral – Diego de Almagro, al poniente de El Salado	25/04/2013
74	5	Tramo Chañaral – Caldera, al sur del sector Flamenco	30/04/2013
75	5	Límite con Región de Antofagasta	16/05/2013
76	5	Al sur de Domeyko	16/05/2013

En los puntos 71 y 74 se optó por desplazar el lugar de medición para aprovechar la ejecución de obras en las rutas, lo que obligaba a una detención de los vehículos por banderero. Dado que el período de detención era relativamente extenso, esa situación facilitó la realización de encuestas de PD. En el resto de los casos, la detención del vehículo era forzada por la presencia de funcionarios policiales.

**Figura 5.3-1: Localización de puntos de encuesta PD**



### 5.3.2 Diseño del Experimento

El experimento de PD se definió con el objetivo de determinar el valor subjetivo del tiempo de los usuarios y la percepción respecto de estándares de ruta: bischofita, calzada simple pavimentada, calzada doble. De este modo, se definieron dos experimentos: calzada simple/calzada doble (CS/CD) y calzada simple/bischofita (CS/B). Estos experimentos se aplican tanto a vehículos livianos como a camiones, con diferencias en los niveles base.

El diseño para calzada simple/calzada doble se realizó para un camino hipotético de 90 kilómetros. Al aplicar la encuesta, se debía explicar esta condición, lo que se recoge en el formulario aplicado: “Ahora suponga que en un tramo de 90 kilómetros usted tiene dos posibles ruta. Una de doble calzada y la otra de calzada simple. Considerando el costo del peaje y los tiempos de viajes usted debe decidir qué ruta utilizar”.

Se establecieron tres niveles de peaje y de variación de tiempo de viaje. Los niveles contemplados para la definición de los tarjeteros se presentan a continuación:

**Cuadro 5.3-2: Niveles base Experimento CS/CD – Veh. Livianos**

NIVEL BASE RUTA A	Niveles		
	0	1	2
Tiempo (min)	40	40	40
Peaje (\$)	0	0	0
NIVEL RUTA B	0	1	2
Variación Tiempo (min)	5	10	15
Peaje (\$)	800	1.200	1.600

Fuente: Elaboración propia

A partir del número de alternativas, atributos y niveles de los atributos se definen un conjunto de combinaciones posibles. Usando los diseños de Kocur, se plantea un diseño ortogonal de 9 alternativas, que permite recoger los efectos de primer orden.

**Cuadro 5.3-3: Experimento CS/CD – Veh. Livianos**

Caso	C. Doble		C. Simple	
	Tiempo	Peaje	Tiempo	Peaje
1	45	800	50	0
2	45	1.200	50	0
3	45	1.600	50	0
4	50	800	60	0
5	50	1.200	60	0
6	50	1.600	60	0
7	55	800	70	0
8	55	1.200	70	0
9	55	1.600	70	0

Fuente: Elaboración propia

En el caso de los camiones, el escenario hipotético consideraba una ruta de 100 kilómetros que sería una alternativa para parte de su trayecto de viaje. Se especificaba que las dos alternativas que se le presentaban tenían iguales costos de operación.

**Cuadro 5.3-4: Niveles base Experimento CS/CD – Camiones**

NIVEL BASE RUTA A	Niveles		
	0	1	2
Tiempo (min)	50	50	50
Peaje (\$)	0	0	0
NIVEL RUTA B	0	1	2
Variación Tiempo (min)	20	30	40
Peaje (\$)	4.000	5.500	7.000

Fuente: Elaboración propia

El diseño resultante en este caso se resume en nueve tarjetas a presentar al encuestado:

**Cuadro 5.3-5: Experimento CS/CD – Camiones**

Caso	C. Doble		C. Simple	
	Tiempo	Peaje	Tiempo	Peaje
1	70	4.000	90	0
2	70	5.500	90	0
3	70	7.000	90	0
4	80	4.000	110	0
5	80	5.500	110	0
6	80	7.000	110	0
7	90	4.000	130	0
8	90	5.500	130	0
9	90	7.000	130	0

Fuente: Elaboración propia

En el caso del experimento Calzada Simple/Bischofita (CS/B), el escenario hipotético era un tramo de 10 kilómetros para el cual se contaba con una alternativa en que se circulaba por un camino pavimentado con peaje, o un camino en bischofita sin costo.

**Cuadro 5.3-6: Niveles base Experimento CS/B – Veh. Livianos**

NIVEL BASE RUTA A	Niveles		
	0	1	2
Tiempo (min)	15	20	25
Peaje (\$)	0	0	0
NIVEL RUTA B	0	1	2
Tiempo (min)	5	10	15
Peaje (\$)	800	1.200	1.600

Fuente: Elaboración propia

El diseño resultante en este caso se resume en nueve tarjetas a presentar al encuestado:

**Cuadro 5.3-7: Experimento CS/B – Veh. Livianos**

Caso	C. Simple		Bischofita	
	Tiempo	Peaje	Tiempo	Peaje
1	5	800	15	0
2	5	1.200	25	0
3	5	1.600	20	0
4	10	800	20	0
5	10	1.200	15	0
6	10	1.600	25	0
7	15	800	25	0
8	15	1.200	20	0
9	15	1.600	15	0

Fuente: Elaboración propia

Para el experimento aplicado a camiones, se consideraba un escenario hipotético de un tramo de ruta de 40 kilómetros, con dos alternativas: camino pavimentado con peaje, o un camino en bischofita sin costo.

**Cuadro 5.3-8: Niveles base Experimento CS/B – Camiones**

NIVEL BASE RUTA A	Niveles		
	0	1	2
Tiempo (min)	55	60	65
Peaje (\$)	0	0	0
<b>NIVEL RUTA B</b>	0	1	2
Variación Tiempo (min)	30	40	50
Peaje (\$)	4.000	5.500	7.000

Fuente: Elaboración propia

El diseño resultante en este caso se resume en nueve tarjetas a presentar al encuestado:

**Cuadro 5.3-9: Experimento CS/B – Camiones**

Caso	C. Simple		Bischofita	
	Tiempo	Peaje	Tiempo	Peaje
1	30	4.000	55	0
2	30	5.500	65	0
3	30	7.000	60	0
4	40	4.000	60	0
5	40	5.500	55	0
6	40	7.000	65	0
7	50	4.000	65	0
8	50	5.500	60	0
9	50	7.000	55	0

Fuente: Elaboración propia

Cabe señalar que se ordenaron las tarjetas en un modo diferente al presentado en el cuadro, alternando además el lugar en que se presentaban las alternativas, de manera que el encuestado no respondiera con un patrón uniforme.

Es importante señalar además que el diseño del experimento está orientado al tomador de decisiones, de tal forma que en el caso de los vehículos pesados se incluyó una consulta para seleccionar, referida a si el entrevistado era o no el dueño del vehículo. Esta situación tuvo impacto en el número de encuestas realizadas, dado que un porcentaje significativo de los camiones entrevistados correspondía a una flota o empresa.

Se incluyen en Anexo 5 los tarjeteros y formularios aplicados.

### 5.3.3 Experiencia Piloto

La experiencia piloto se desarrolló en los puntos 70, en el sector de la plaza de peaje Puerto Viejo, y 71, cruce de la Ruta 31-CH y C-17, donde se aprovechó la detención del banderero por obras en la intersección. La elección de los puntos permitió pilotear tanto el diseño de calzada doble / calzada simple como el de calzada simple / bischofita.

Previamente, se había realizado una capacitación en el uso de los tarjeteros a los encuestadores, todos los cuales contaban con experiencia en encuestas origen – destino en ruta. No obstante, durante el piloto de la encuesta se verificó que los encuestadores aplicaran correctamente el tarjetero y completaran la información requerida en el formulario.

Durante la aplicación, se recogieron los resultados de las encuestas realizadas a vehículos livianos durante las dos primeras horas de labor. Los resultados, en ambos experimentos, eran de una preferencia prácticamente absoluta por la alternativa de mejor estándar, lo que sugería que el nivel de tarifa aplicado y/o los diferenciales de tiempo eran inadecuados. Se optó en ambos casos por aumentar de manera significativa las tarifas de la alternativa de mejor estándar y a reducir la diferencia de tiempo en una u otra opción.

**Cuadro 5.3-10: Experimento modificado CS/CD – Veh. Livianos**

Caso	C. Doble		C. Simple	
	Tiempo	Peaje	Tiempo	Peaje
1	42	1.200	44	0
2	42	2.000	44	0
3	42	3.500	44	0
4	45	1.200	50	0
5	45	2.000	50	0
6	45	3.500	50	0
7	50	1.200	60	0
8	50	2.000	60	0
9	50	3.500	60	0

Fuente: Elaboración propia



**Cuadro 5.3-11: Experimento modificado CS/B – Veh. Livianos**

Caso	C. Simple		Bischofita	
	Tiempo	Peaje	Tiempo	Peaje
1	5	1.200	15	0
2	5	2.000	25	0
3	5	3.500	20	0
4	10	1.200	20	0
5	10	2.000	15	0
6	10	3.500	25	0
7	12	1.200	25	0
8	12	2.000	20	0
9	12	3.500	15	0

Fuente: Elaboración propia

Se modificaron in situ los tarjeteros y se aplicaron por un período significativo de tiempo, durante el cual se pudo apreciar cambios en el patrón de elecciones. Dichos cambios iban en el sentido esperado, de manera que el nuevo diseño se mantuvo para la toma de muestra definitiva.

En el caso de los camiones, el criterio de selección previo limitó de manera importante el volumen de encuestas realizadas durante el día de experiencia piloto, de manera que no fue posible obtener resultados concluyentes. Se apreció, no obstante, que existía elección entre las alternativas de manera que se optó por mantener el diseño para la muestra definitiva.

### 5.3.4 Muestra Definitiva

La muestra obtenida alcanza un total de 563 encuestas a vehículos livianos y 38 encuestas realizadas a dueños de camiones. La muestra obtenida por punto de control se presenta en el cuadro siguiente:

**Cuadro 5.3-12: Encuestas realizadas por punto de control**

PC	Lugar	Tipo Experimento	N° Encuestas	
			Veh. Liv	Camiones
65	C-46 Freirina	Calzada Doble	116	12
69	By Pass Toledo	Calzada Doble	80	0
70	Peaje Puerto Viejo	Calzada Doble	95	8
71	Flamenco	Calzada Doble	78	2
73	Camino Inca de Oro	Bischofita	53	3
74	El Salado	Bischofita	31	13
75	Lim II-III Reg	Calzada Doble	61	0
76	Domeyko	Calzada Doble	49	0
Total general			563	38

Fuente: Elaboración propia

El número de encuestas ha sido contabilizado en la muestra de EOD, dado que se contaba con información equivalente de origen y destino.

Como se observa, se consideró que sólo en dos puntos de control resultaba aplicable una encuesta PD relativa a caminos con bischofita, en tanto en el resto de las encuestas, sobre la Ruta 5, by pass Toledo o Ruta C-46, se estimó adecuado aplicar la encuesta relativa a calzada simple/doble calzada. Como se aprecia en el cuadro siguiente, se lograron 84 encuestas relativas al experimento de bischofita en vehículos livianos, en tanto en los otros puntos de control se lograron mayores niveles de muestra y se cuenta con 479 encuestas para el experimento CS/CD.

**Cuadro 5.3-13: Encuestas realizadas por experimento – Veh. Livianos**

Tipo Experimento	Caso	N° Encuestas
Bischofita	Piloto	25
	Modificado	59
Total Bischofita		84
Calzada Doble	Piloto	130
	Modificado	349
Total Calzada Doble		479
Total general		563

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro anterior se consigna además el conjunto de encuestas que se realizaron durante el experimento piloto, cuyo contenido no obstante resulta útil para la estimación de modelos.

En el caso de los vehículos de carga, el tamaño de muestra obtenido es reducido debido al criterio de selección establecido para su aplicación. Como se indicó previamente, la mayor parte de los camiones que circulan por las rutas de la región forman parte de una empresa o flota mayor, de manera que sus conductores no toman las decisiones de ruta que interesaba estudiar.

**Cuadro 5.3-14: Encuestas realizadas por experimento – Camiones**

Experimento	N° Encuestas
Bischofita	16
Calzada Doble	22
Total general	38

Fuente: Elaboración propia

La distribución de encuestas por tipo de experimento hace poco viable la estimación de modelos específicos para este tipo de vehículos.

### 5.3.5 Descripción de la Muestra de Vehículos Livianos

A continuación se presenta información básica que permite caracterizar a la muestra de conductores de vehículos livianos. Al analizar con detalle las encuestas se optó por eliminar dos de ellas por contener información inconsistente del viaje, de manera que la muestra analizada alcanzó a 561 encuestas.

Los propósitos de viaje más relevante son trabajo y estudio, alcanzando a un 69% de la población encuestada. Le siguen en importancia los viajes con propósito visita a familiares o amigos, los viajes con propósito salud y trámites. Llama la atención la baja participación del propósito turismo, que puede alcanzar un 30% de participación en la temporada estival.

**Cuadro 5.3-15: Distribución de la Muestra por Propósito de Viaje**

Propósito	Casos	%
S/I	1	0.18%
Trabajo	285	50.80%
Estudio	103	18.36%
Trámites	26	4.63%
Salud	31	5.53%
Turismo	4	0.71%
Visita Amigos o Familiares	86	15.33%
Otros	25	4.28%
Total	561	100.00%

A pesar de la fuerte participación de los viajes por trabajo, se observa una menor participación de los viajes financiados por el empleador. La mayoría de los viajes son financiados por el Conductor o bien entre éste y sus acompañantes.

**Cuadro 5.3-16: Distribución de la Muestra Según quien lo Financia**

Financia	Casos	%
Conductor	426	75.94%
Empleador	21	3.74%
Entre Varios	105	18.72%
S/I	9	1.60%
Total	561	100.00%

Consistente con resultados de otras encuestas, se observa que una gran mayoría de los encuestados son hombres.

**Cuadro 5.3-17: Distribución de la muestra según género**

Género	Casos	%
S/I	9	1.60%
Mujeres	52	9.27%
Hombres	500	89.13%
Total	561	100.00%

El cuadro siguiente revela una baja tasa de ocupación de los vehículos, observándose que con hasta dos acompañantes se concentra cerca del 80% de la muestra.

**Cuadro 5.3-18: Ocupación por vehículo**

Número de Acompañantes	Casos	%
0	85	15.15%
1	177	31.55%
2	177	31.55%
3	77	13.73%
4	30	5.35%
5	12	2.14%
6	1	0.18%
7	1	0.18%
10	1	0.18%
Total	561	100.00%

La distribución del ingreso de los conductores muestra una ligera concentración hacia los estratos de ingreso medio y bajo. De hecho hasta los 800 mil se concentra el 60% de los conductores entrevistados.

**Cuadro 5.3-19: Distribución de la muestra por nivel de ingreso**

Rango de Ingreso	Casos	%
S/I	6	1.1%
1. Menor a \$400mil	100	17.8%
2. Entre \$401mil y \$600mil	135	24.1%
3. Entre \$601mil y \$800mil	108	19.3%
4. Entre \$801mil y 1millón	82	14.6%
5. Entre \$1millón un peso y \$1millón 300mil	47	8.4%
6. Entre \$1millón 301mil y 1millón 600mil	22	3.9%
7. Entre \$1millón 601mil y \$2millón	28	5.0%
8. Entre 2millón un peso y \$3millón	21	3.7%
9. Más de 3millón	12	2.1%
Total general	561	100.0%

### 5.3.6 Descripción Muestra de Vehículos Pesados

El siguiente cuadro presenta la distribución por tipo de camión en la muestra de PD. La mayor participación de los camiones de dos ejes es el resultado de orientar la muestra a conductores propietarios del camión.

**Cuadro 5.3-20: Distribución de la muestra por Tipo de Camión**

Tipo de Camión	N° de Casos
De 2 ejes	31
Semi Remolque	6
Con Remolque	1
Total	38

El siguiente cuadro presenta la habitualidad del viaje encuestado, para lo cual se consultó sobre el número de viajes mensuales realizados en la ruta utilizada al aplicar la encuesta.

**Cuadro 5.3-21: Viajes Mensuales en la Ruta Encuestada**

Número de Viajes al Mes	N° Casos
Entre 1 y 10	16
Entre 16 y 30	10
Mayor a 30	12
Total	38

Puede observarse que en general se trata de usuarios frecuentes, existiendo una cantidad importante de encuestados que realizan más de un viaje al día.

**Cuadro 5.3-22: Duración del viaje**

Duración del Viaje	N° de Casos
Menor a 1 hr.	3
Entre 1 y 2hrs	12
Entre 2.1 hrs y 4 hrs	15
Sobre 4hrs	7
S/I	1
Total	38

Una variable que determina el valor del tiempo es la existencia de hora de llegada al destino. En nuestro caso una cuarta parte de los encuestados indica la existencia de esta restricción, lo que hace esperable mayores valores del tiempo.

**Cuadro 5.3-23: Existencia de Hora de Llegada al Destino**

Hora de llegada	N° de Casos
No	29
Si	9
Total	38

### 5.3.7 Estimación de Modelos

#### 5.3.7.1 Vehículos Livianos

La estimación de modelos se realizó considerando ambos diseños simultáneamente, de esta forma se logra una mayor variabilidad en la fuente de datos. Se probaron diversas especificaciones de la función de utilidad indirecta, no obstante y en consideración a los objetivos del estudio se privilegió modelos agregados.

El modelo siguiente se estima con los datos obtenidos en ambos experimentos, descartándose el uso de los datos obtenidos en el piloto. También se descartó algunos datos de la muestra definitiva por presentar problemas de consistencia. El modelo presenta un ajuste satisfactorio para este tipo de modelos (49%). No obstante, en nuestro caso esto resulta esperable por tratarse de elecciones bimodales. Los coeficientes presentan los signos esperados y altamente significativos para los coeficientes de costo y constante para la calzada doble. Los coeficientes de tiempo presentan una significancia menor, 73% para el coeficiente de tiempo en calzada simple o doble, y 83% para el coeficiente de camino bischofita.

**Cuadro 5.3-24: Modelo Global**

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[ Z >z]
TIEM	-.1141991137E-01	.10535036E-01	-1.084	.2784
COSTO	-.2422017651E-03	.42337069E-04	-5.721	.0000
CTECD	1.641532873	.14478847	11.337	.0000
TIEMBI	-.3263488056E-01	.23822968E-01	-1.370	.1707
CTEBI	-.8891050880	.49614835	-1.792	.0731

Bajo el modelo anterior se obtiene un valor del tiempo de \$/min 47 para la calzada simple y doble y un valor del tiempo de \$/min 139 para calzada de Bischofita. El mayor valor de calzada Bischofita se explica por la mayor desutilidad que presenta viajar en este tipo de camino.

El siguiente modelo considera el ingreso declarado como variable independiente. Se especificó esta variable como divisor del costo. El modelo mejora su ajuste global, pero el coeficiente de tiempo en calzada simple o doble presenta una significancia menor, lo que inhabilita el uso del modelo. Se destaca que el coeficiente de la variable tiempo de viaje camino Bischofita y su constante son muy similares a los obtenidos con el modelo anterior.

**Cuadro 5.3-25: Modelo Costo/Ingreso**

```

+-----+
| Discrete choice (multinomial logit) model |
| Maximum Likelihood Estimates |
| Dependent variable           Choice |
| Weighting variable           ONE |
| Number of observations       2914 |
| Iterations completed         5 |
| Log likelihood function      -1554.717 |
| Log-L for Choice model =    -1554.7168 |
| R2=1-LogL/LogL* Log-L fncn R-sqrd RsqAdj |
| No coefficients -3201.3562 .51436 .51352 |
| Constants only. Must be computed directly. |
|                               Use NLOGIT ;...; RHS=ONE $ |
| Chi-squared[ 3]              = 1633.20717 |
| Significance for chi-squared = 1.00000 |
| Response data are given as ind. choice. |
| Number of obs.= 2965, skipped 51 bad obs. |
+-----+

+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Variable | Coefficient | Standard Error | b/St.Er. | P[|Z|>z] | Mean X |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
TIEM      -.5391654808E-02  .105751444E-01  -.510     .6102
COSING    -172.6114032     14.947859      -11.548   .0000
CTECD     1.846192115      .11227142      16.444   .0000
TIEMBI    -.3322882669E-01  .24095528E-01  -1.379   .1679
CTEBI     -.8399155608     .49757285      -1.688   .0914
    
```

El modelo siguiente se obtiene considerando la muestra del experimento Calzada Simple Calzada Bischofita. Nótese el menor ajuste del modelo, que podría ser consecuencia de la mayor variación de las preferencias declaradas, como resultado de un bajo tamaño muestral. Los coeficientes estimados presentan los signos esperados y nivel de significancia similares a los obtenidos con el modelo global.

**Cuadro 5.3-26: Modelo Calzada Simple Calzada Bischofita**

```

+-----+
| Discrete choice (multinomial logit) model |
| Maximum Likelihood Estimates |
| Dependent variable | Choice | | |
| Weighting variable | ONE |
| Number of observations | 755 |
| Iterations completed | 6 |
| Log likelihood function | -365.7284 |
| Log-L for Choice model = | -365.7284 |
| R2=1-LogL/LogL* | Log-L fncn | R-sqrd | RsqAdj |
| No coefficients | -523.3261 | .30115 | .29742 |
| Constants only. Must be computed directly. |
| Use NLOGIT ;...; RHS=ONE $ |
| Chi-squared[ 3] | = | 100.21248 |
| Significance for chi-squared = | 1.00000 |
| Response data are given as ind. choice. |
| Number of obs.= | 755, skipped | 0 bad obs. |
+-----+

+-----+-----+-----+-----+-----+
|Variable | Coefficient | Standard Error |b/St.Er.|P[|Z|>z] | Mean X|
+-----+-----+-----+-----+-----+
TIEMCS -.3830680727E-01 .28697386E-01 -1.335 .1819
COSTO -.8199948376E-03 .86940748E-04 -9.432 .0000
CTECD 2.537474294 .60758302 4.176 .0000
TIEMBI -.3257257212E-01 .22948201E-01 -1.419 .1558
    
```

En este caso se obtienen valores del tiempo de \$/min 47 para la calzada simple y de \$/min 39 para la calzada Bischofita. Este resultado contradictorio de los VST podría explicarse por el bajo tamaño muestral y también por la menor variabilidad de los datos.

También se estimó un modelo considerando exclusivamente la muestra del experimento calzada simple – calzada doble. Los resultados obtenidos no mejoran las estimaciones del modelo global. En particular se obtiene un valor del tiempo bastante superior al obtenido con la muestra del experimento calzada simple calzada bischofita.

### 5.3.7.2 Estimación Modelo Vehículos Pesados

Se estimó un modelo con las variables básicas del modelo. No se consideró variables de segmentación por el bajo tamaño muestral. No obstante, pudo estimarse significativamente los coeficientes del tiempo por tipo de calzada, lo que se muestra en el siguiente cuadro.



**Cuadro 5.3-27: Modelo Vehículos Pesados**

```

+-----+
| Discrete choice (multinomial logit) model |
| Maximum Likelihood Estimates |
| Dependent variable             Choice |
| Weighting variable             ONE |
| Number of observations         342 |
| Iterations completed           4 |
| Log likelihood function        -232.0000 |
| Log-L for Choice model =      -232.0000 |
| R2=1-LogL/LogL*   Log-L fncn  R-sqrd  RsqAdj |
| No coefficients   -474.1127   .51066   .50633 |
| Constants only.  Must be computed directly. |
|                   Use NLOGIT ;...; RHS=ONE $ |
| Response data are given as ind. choice. |
| Number of obs.=   342, skipped   0 bad obs. |
+-----+

+-----+-----+-----+-----+-----+
|Variable | Coefficient | Standard Error |b/St.Er.|P[|Z|>z] | Mean X|
+-----+-----+-----+-----+-----+
TIEM      -.3015934373E-01  .10400117E-01   -2.900   .0037
COSTO     -.1342613337E-03  .57419778E-04   -2.338   .0194
TIEMBI    -.2940326285E-01  .12096157E-01   -2.431   .0151
    
```

El modelo obtenido presenta un buen ajuste y los coeficientes estimados son todos significativos. Obsérvese que los coeficientes de tiempo son muy similares, indistinguibles estadísticamente. Los VST resultantes son de \$/min 225 para calzada simple y \$/min 219 para bischofita.

Se estimó un modelo que desagregaba el coeficiente “TIEM” por calzada doble y por calzada simple. Los coeficientes estimados presentaron los signos esperados, pero niveles de significancia bajos.

### 5.3.8 Comentarios finales

Los resultados obtenidos de valores subjetivos del tiempo son significativamente superiores a otros resultados obtenidos, particularmente en estudios de concesiones en la zona norte. Se destaca la dificultad de obtener valores representativos por nivel de ingreso, en particular en el caso de vehículos livianos, probablemente debido a inconsistencias en la información de ingreso reportada por los encuestados.

No se logró el objetivo de determinar una valoración para el caso de caminos de bischofita, salvo en el primer modelo presentado para vehículos livianos, que sugiere que un minuto en bischofita es equivalente a 3 minutos en calzada pavimentada. En el caso de los camiones,

los resultados obtenidos muestran que la valoración de ambos tipos de carpeta resulta en la práctica equivalente.

Se observa además una alta valoración positiva por la doble calzada en todos los modelos, lo que podría evidenciar un sesgo de los encuestados por la provisión de infraestructura (sesgo de política). Probablemente vinculado a esta situación, se pudo observar una alta disposición a pagar por mejor infraestructura, durante la realización del experimento.

Dado lo anterior, para efectos de la calibración del modelo, y asumiendo que en la práctica no existen rutas alternativas a las vías tarifcadas (en este caso, dos tramos de la Ruta 5), se utilizaron los valores obtenidos en estudios anteriores.

**Cuadro 5.3-28: Valores Subjetivos del Tiempo utilizados (\$, dic. 2012)**

Tipo de Vehículo	Valor del Tiempo (\$/min)
Vehículos Livianos	31.20
Camiones Simples	29.40
Camiones Pesados	58.80

Fuente: “Análisis de Proyectos de Infraestructura MOP para Plataforma Logística Regiones I-III”, de la Dirección de Planeamiento del MOP

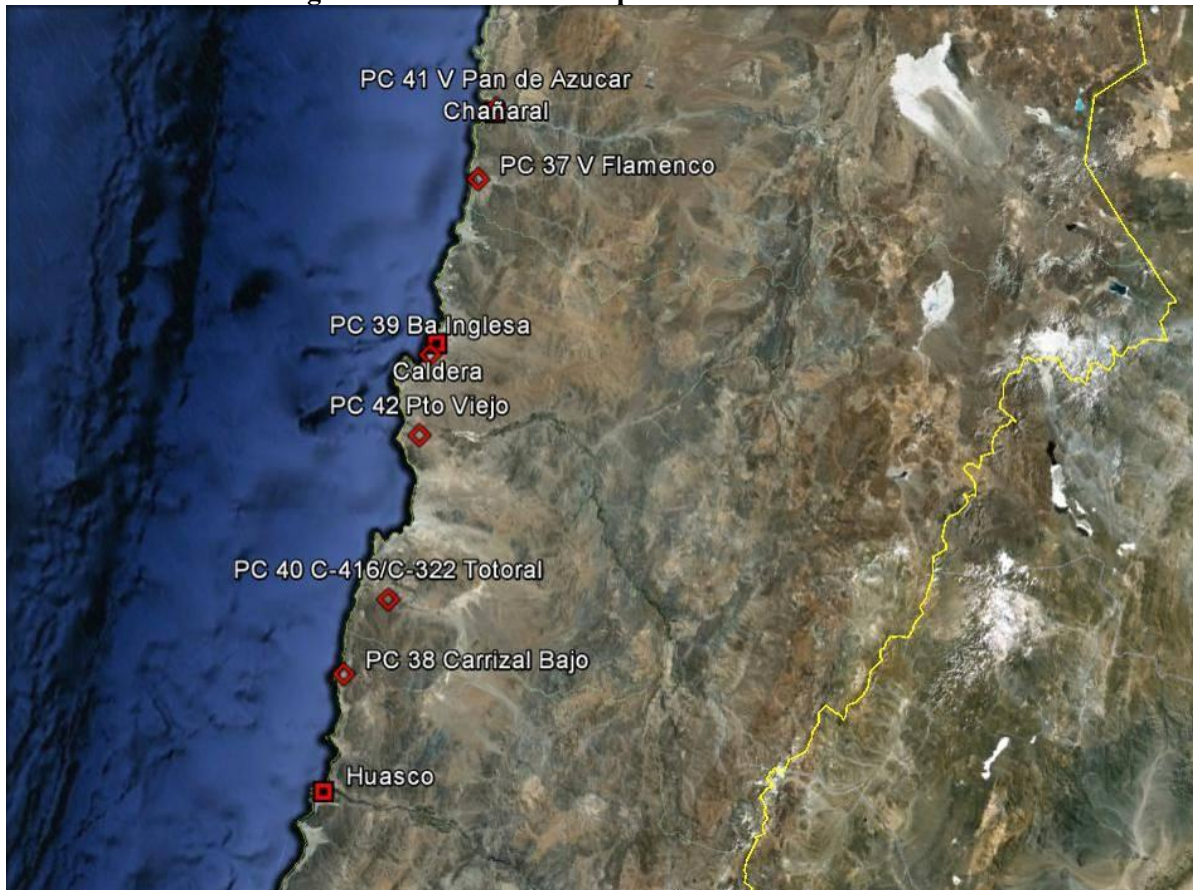
## **5.4 Mediciones de Flujo vehicular**

### **5.4.1 Mediciones de Temporada Verano**

Durante la temporada de verano, los días 5, 6 y 7 de febrero de 2013, se realizaron mediciones en seis puntos localizados en el litoral con el fin de determinar el nivel de demanda en esa temporada.

Los puntos de medición se repitieron en temporada normal, permitiendo comparar los volúmenes en cada época del año.

**Figura 5.4-1: Localización puntos de control - Verano**



En el cuadro siguiente se muestran los volúmenes de flujos vehiculares medidos en 12 horas durante temporada verano y normal. Como se aprecia, el incremento de vehículos livianos es significativo en prácticamente todos los puntos.

**Cuadro 5.4-1: Flujo total por sentido y punto de control – 12 horas**

PC	Sentido	Veh. Liv			Buses		Camiones	
		Verano	Normal	% aumento	Verano	Normal	Verano	Normal
Acceso sur Pan de Azúcar	N-S	122	34	359%	0	0	4	3
	S-N	150	46	326%	0	0	1	1
Ruta 5 Flamenco	N-S	813	343	237%	64	57	592	479
	S-N	644	299	215%	69	55	520	257
Acceso Bahía Inglesa	O-P	433	192	226%	1	0	1	10
	P-O	431	191	226%	0	1	8	20
Cruce Puerto Viejo/ Ruta Costera	N-S	32	24	133%	0	0	5	15
	O-P	127	8	1.588%	3	0	8	2
	S-N	92	30	307%	0	0	8	15
	P-O	68	5	1.360%	3	0	7	0
Acceso sector Totoral	O-P	19	17	112%	0	0	2	9
	P-O	13	15	87%	0	0	1	6
Ruta Costera Carrizal Bajo	N-S	121	29	417%	0	0	16	11
	S-N	149	38	392%	0	0	17	7

Fuente: Elaboración propia

En el caso de buses, los incrementos son menores, y se trata en general de volúmenes reducidos salvo el punto de la Ruta 5. En los camiones que circulan por la Ruta 5 se observa una disminución en época normal, en tanto en otros puntos se observan aumentos o disminuciones pero en volúmenes menores.

### 5.4.2 Mediciones de Temporada Normal

Se realizaron mediciones de flujo vehicular en un total de 56 puntos de control, definidos en base a los siguientes criterios:

- Reproducir la localización de puntos de medición del Plan Nacional de Censos (PNC)
- Repetir los puntos de medición de temporada de Verano
- Incluir puntos de interés para el estudio, tanto por potenciales proyectos de mejoramiento vial como para facilitar la calibración de la red de modelación.

El listado de puntos de medición se presenta en el cuadro siguiente:

**Cuadro 5.4-2: Localización puntos de medición de flujos vehiculares**

Punto N°	Fecha	Localización	Provincia
1	9/4/13	Acceso norte Pan de Azúcar, cruce C-110/C-112	Chañaral
2	3/4/13	Ruta 5, sector cruce Caldera	Copiapó
3	8/4/13	Cruce C-261 / C-309	Chañaral
4	2/4/13	Cruce C-35 / C-423	Copiapó
5	2/4/13	Cruce C-485/C-569	Huasco
6	27/3/13	Mina Algarrobo C-472 / C-486	Huasco
7	4/4/13	Cruce internacional C-17 / 31 CH	Copiapó
8	27/3/13	Cruce C-35/ C-411 Nantoco	Copiapó
9	28/5/13	Cruce C-485/C-479	Huasco
10	11/4/13	Ruta 5 sector acceso a Domeyko	Huasco
11	4/4/13	C-46 al oriente de Maitencillo (Hacienda Tatara)	Huasco
12	27/3/13	Cruce C-17 /C-35 Paipote	Copiapó
13	3/4/13	C-485/C-495-C-489 Cruce Alto del Carmen /El Tránsito / San Félix	Huasco
14	8/4/13	Cruce Ruta 5 / C-451	Copiapó
15	26/3/13	Cruce Ruta 5 / C-397 acceso termoelectrica	Copiapó
16	29/5/13	Cruce C-470 – C-462	Huasco
17	5/4/13	C-440/C-438-C-432 (Canto del Agua)	Huasco
18	2/4/13	Cruce C-401 / C-405	Copiapó
19	9/4/13	Cruce Chañaral / D. Almagro / Antofagasta Ruta 5/ C-13	Chañaral
20	2/5/13	C-13/C-175 sector cuesta Llanta	Chañaral
21	26/3/13	Cruce Ruta 5 / C-386 sector Toledo	Copiapó
22	5/4/13	Cruce C-17 / C-273 al norte de Inca de Oro	Chañaral
23	2/4/13	Cruce Ruta 5 / C-46 trébol Vallenar	Huasco
24	5/4/13	Cruce C-17/C-237 al sur de D. de Almagro	Chañaral
27	26/3/13	Cruce Ruta 5 / C-386 (By pass Toledo o acceso a Copiapó)	Copiapó

Punto N°	Fecha	Localización	Provincia
28	4/4/13	Sector Barranquilla C-370/ Ruta costera	Copiapó
29	2/4/13	Cruce C-503/C-401 camino a Maricunga	Copiapó
31	3/4/13	Cruce C-35 / C-459 cerca de Iglesia Colorada	Copiapó
32	4/4/13	C-470/C-46 Huasco Bajo	Huasco
33	27/3/13	Cruce Ruta 5 /C-486 camino Algarrobal	Huasco
34	9/4/13	Ruta C-495 Camino Conay - Alto del Carmen	Huasco
35	3/4/13	Ruta C-499 Conay - Alto del Carmen, sector El Tránsito	Huasco
36	3/4/13	Ruta C-489 sector San Félix	Huasco
37	8/4/13	Ruta 5 / C-203 Sector Flamenco	Chañaral
38	5/4/13	Ruta costera C-470, Carrizal Bajo	Huasco
39	3/4/13	Bahía Inglesa/Ruta Playa/Ruta 5	Copiapó
40	8/4/13	C-416/C-322 Totoral al poniente	Copiapó
41	9/4/13	Entrada Sur Pan de Azúcar	Chañaral
42	4/4/13	Ruta costera/Puerto Viejo/Ruta 5	Copiapó
43	11/4/13	Ruta C-500 al poniente de Domeyko, sector Carrizalillo	Huasco
44	10/5/13	Cruce C-327 / C-309	Copiapó
45	10/4/13	Cruce C-470 Puente Huasco Bajo	Huasco
46	12/4/13	Cruce C-323 / C-319	Copiapó
47	12/4/13	Cruce Puerto Caldera (El Faro) con ruta Caldera/Ba. Inglesa	Copiapó
48	2/5/13	C-13/C-115 al norte de Diego de Almagro	Chañaral
50	15/4/13	Cruce Ruta 5 / C-319	Copiapó
52	12/4/13	Ruta C-522, sector planta tratamiento de agua	Huasco
54	12/4/13	Cruce Ruta 5 / C-432	Huasco
56	10/4/13	Cruce C-46 / By pass Freirina	Huasco
57	10/4/13	Ruta C-411 Entre Ruta 5 y cruce Nantoco	Copiapó
59	10/5/13	Cruce C-17 – C-275	Chañaral
61	3/5/13	Cruce C-125/C-151	Chañaral
62	15/4/13	Cruce C-225/C-261 Cruce Mantos de Oro	Chañaral
63	11/4/13	Ruta C-35 Al sur de Los Loros	Copiapó
64	11/4/13	Cruce C-391/C-397 sector termoeléctricas sur de Copiapó	Copiapó
65	10/4/13	Cruce C-35 / C-401 Copiapó-Los Loros/Coemin	Copiapó

Fuente: Elaboración propia

El detalle de los movimientos medidos por punto y los resultados, se incluyen en anexo 5.

En el cuadro siguiente se presentan los flujos de los movimientos principales:

**Cuadro 5.4-3: Flujo medido en 12 hrs. por punto de control**

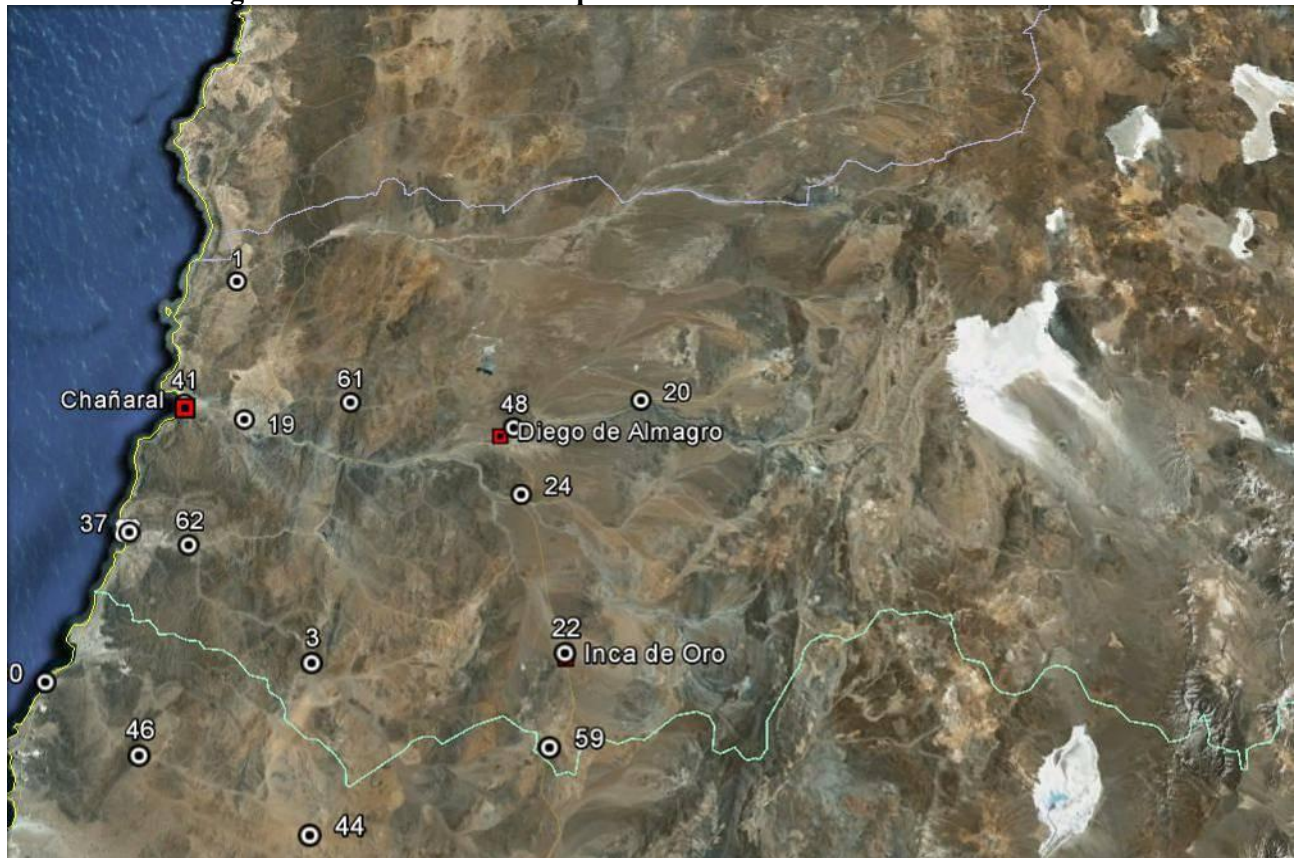
PC	Mov	Veh Livianos	Buses	Camiones
1	O-P	2	0	0
	P-O	9	0	1
19	O-P	233	54	153
	P-O	114	11	87
20	O-P	29	0	43
	P-O	33	3	22
22	N-S	313	9	114
	S-N	211	11	100
24	N-S	251	8	71
	S-N	210	19	60
37	N-S	343	57	465
	S-N	299	55	228
41	N-S	34	0	3

PC	Mov	Veh Livianos	Buses	Camiones
	S-N	46	0	1
48	N-S	277	28	123
	S-N	239	25	86
59	N-S	312	36	146
	S-N	270	21	169
61	N-S	21	0	25
	O-P	10	0	11
	S-N	13	0	17
	P-O	10	0	11
2	O-P	1158	186	395
	P-O	781	148	219
4	N-S	415	68	130
	S-N	317	50	132
7	N-S	301	18	143
	S-N	221	13	112
8	O-P	734	130	164
	P-O	650	104	190
12	N-S	1825	82	756
	O-P	4612	242	430
	S-N	1651	77	651
	P-O	4639	165	760
14	N-S	556	160	412
	S-N	355	69	366
15	N-S	376	58	127
	S-N	439	59	201
18	O-P	43	4	20
	P-O	72	11	15
21	N-S	178	11	313
	O-P	903	108	264
	S-N	179	24	237
	P-O	935	87	268
27	N-S	523	65	276
	S-N	163	21	243
	P-O	210	16	310
28	N-S	27	0	14
	S-N	29	0	18
29	O-P	44	5	18
	P-O	71	13	16
31	N-S	232	33	107
	S-N	151	66	63
39	O-P	192	0	10
	P-O	191	1	19
40	O-P	17	0	8
	P-O	15	0	3
42	N-S	24	0	15
	O-P	8	0	2
	S-N	30	0	15
	P-O	5	0	0
44	N-S	0	0	0
	S-N	0	0	0
46	O-P	9	0	8
	P-O	0	0	0
47	N-S	525	5	37
	O-P	29	0	44
	S-N	631	26	47
	P-O	30	0	44
50	N-S	331	41	207
	S-N	432	56	263
57	O-P	148	8	62
	P-O	159	6	108

PC	Mov	Veh Livianos	Buses	Camiones
63	O-P	110	32	12
	P-O	126	24	15
64	O-P	182	14	125
	P-O	138	13	112
65	O-P	521	117	185
	P-O	401	133	171
5	O-P	325	4	46
	P-O	439	9	32
6	O-P	27	2	20
	P-O	32	4	33
10	N-S	522	159	499
	O-P	34	0	12
	S-N	635	107	415
	P-O	50	8	2
11	O-P	762	195	414
	P-O	859	188	321
13	O-P	109	2	32
	P-O	104	2	11
17	O-P	24	2	70
	P-O	41	1	66
23	N-S	926	183	773
	O-P	1150	121	163
	S-N	448	107	543
	P-O	1383	128	258
32	O-P	1247	152	142
	P-O	868	147	187
33	N-S	685	94	436
	S-N	537	99	744
34	O-P	67	16	32
	P-O	108	15	25
35	O-P	269	26	32
	P-O	232	15	18
36	O-P	270	57	149
	P-O	279	50	77
38	N-S	29	0	3
	S-N	38	0	6
43	O-P	27	0	13
	P-O	30	0	4
45	N-S	26	0	8
	S-N	79	0	22
52	O-P	22	0	14
	P-O	27	2	9
54	N-S	630	97	470
	S-N	658	117	540
56	O-P	214	90	130
	P-O	190	22	147

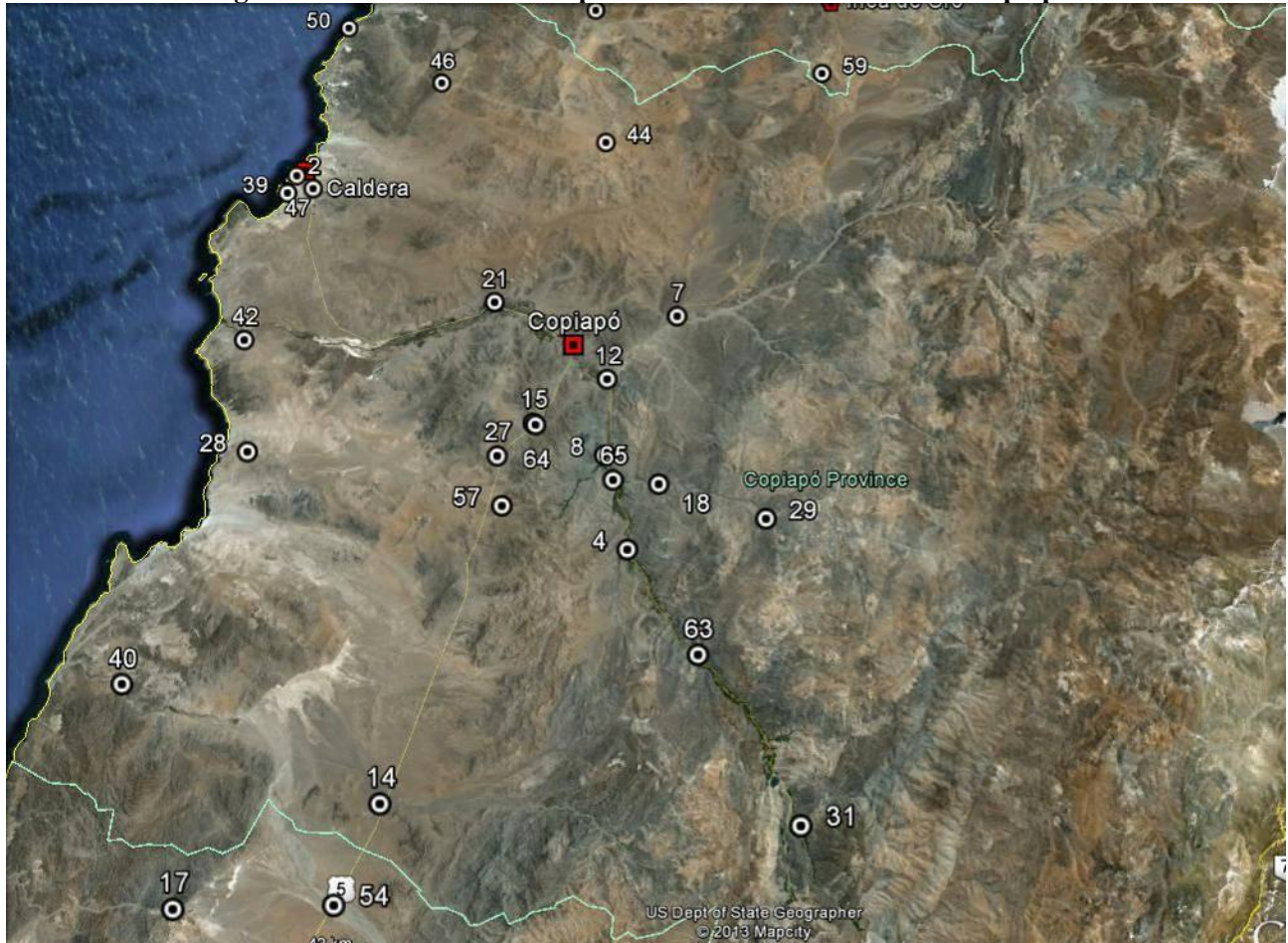
En las figuras siguientes se muestra la localización de cada punto.

**Figura 5.4-2: Localización de puntos de control Provincia de Chañaral**

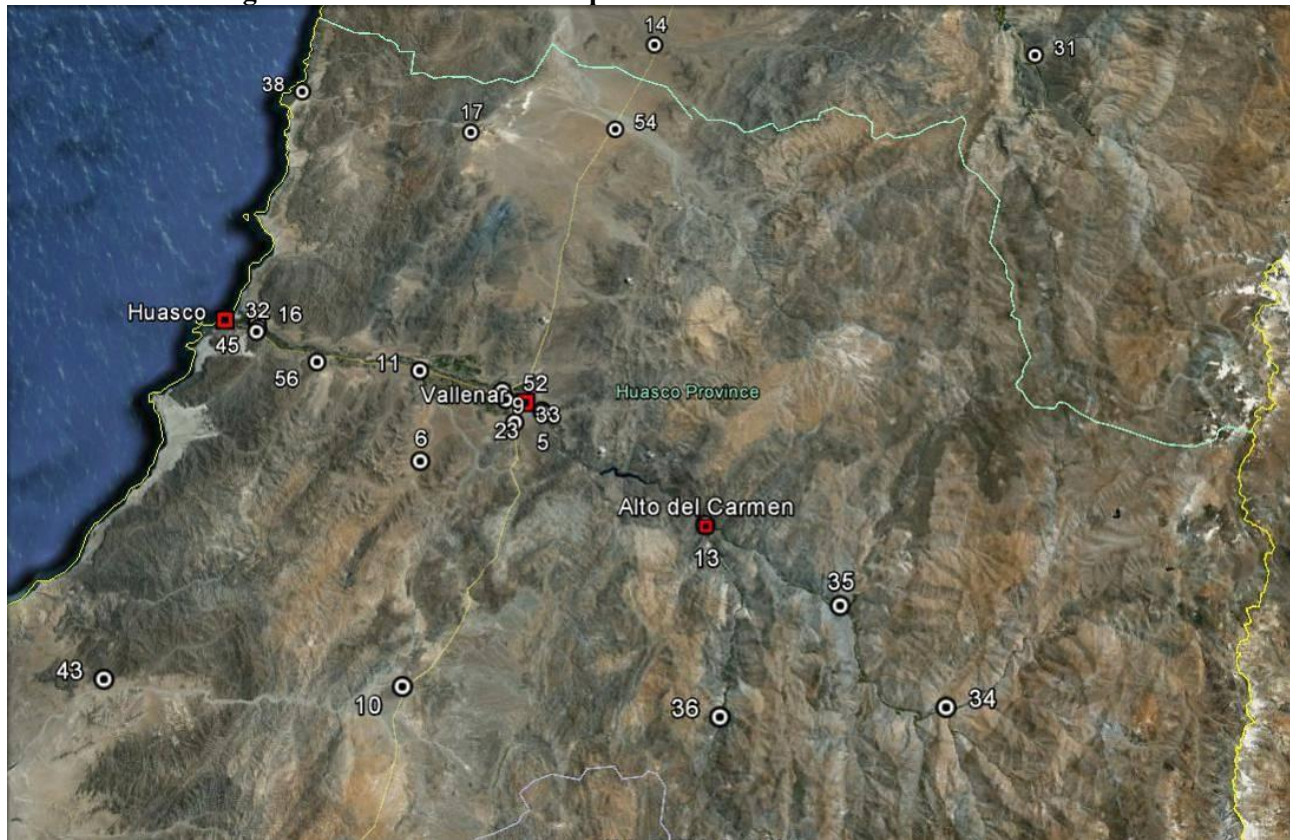




**Figura 5.4-3: Localización de puntos de control Provincia de Copiapó**



**Figura 5.4-4: Localización de puntos de control Provincia de Huasco**



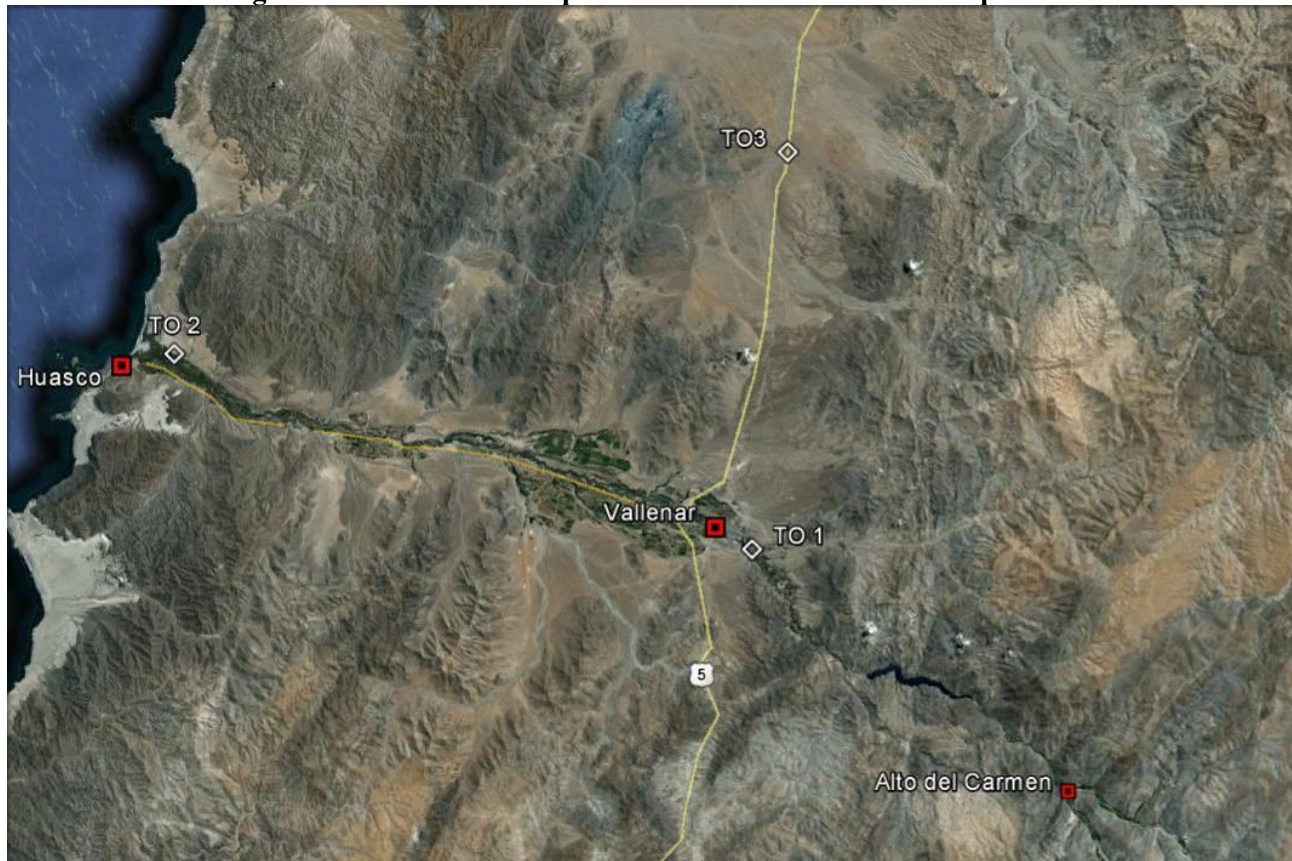
## 5.5 Mediciones de Tasa de Ocupación

Para determinar el volumen de ocupantes promedio por tipo de vehículo, se realizaron mediciones de tasa de ocupación en tres puntos de control. Los puntos de control fueron:

- Vallenar, cruce C-485/C-479
- Huasco, Cruce C-470 – C-462
- Peaje Totoral, en Ruta 5

El objetivo fue distribuir las mediciones en distintos tipos de vías (principal, suburbano, secundario) y en sectores geográficamente dispersos, como se aprecia en la figura:

**Figura 5.5-1: Localización puntos de medición Tasas de Ocupación**



Se definieron cinco niveles de ocupación para los vehículos de transporte público, pero en la práctica sólo se registraron dos niveles: 1 Menos de la mitad de los asientos ocupados y 2 Más de la mitad de los asientos ocupados. En el caso de vehículos livianos y camionetas se contabilizó el total de ocupantes.

**Cuadro 5.5-1: Ocupación media por tipo de vehículo y punto de control**

PC	Sentido.	Promedio ocupantes/veh		
		Automóviles, Van y Jeep	Camionetas	Buses y Taxibuses Urbanos
Vallenar	O-P	1,97	2,03	20,0
	P-O	2,10	2,00	17,1
Total		2,03	2,01	18,5
Huasco	N-S	1,97	1,85	30,0
	S-N	2,11	1,89	-
Total		2,02	1,87	30,0
Ruta 5	N-S	2,09	1,86	22,0
	S-N	1,84	1,75	24,5
Total		1,96	1,80	23,1
Total general		1,99	1,88	22,5

Fuente: Elaboración propia

Como se observa, el promedio de ocupantes en vehículos livianos resulta bastante similar en todos los puntos de medición. En el caso de transporte público, los valores de los puntos TO1 y TO3 son similares. En el caso del punto TO2, sólo se registró un bus circulando, de manera que no resulta un valor representativo.

## 5.6 Medición de Tiempos de Viaje

### 5.6.1 Metodología

Se realizó la recolección de la información a través de instrumentos GPS, ya que según la experiencia del consultor su uso conlleva una serie de ventajas, entre ellas la precisión que logra en la medición del registro de la hora, respecto al posicionamiento espacial. En efecto, dichos instrumentos pueden ser programados para que almacenen automáticamente el posicionamiento (en términos de coordenadas espaciales X, Y, Z), cada cierto intervalo de tiempo (por ejemplo cada 1 segundo). Dado que la cantidad de información que permite generar este instrumento es de gran escala, esta información debe ser procesada posteriormente, para obtener de los registros almacenados, aquellos que son de interés (intersecciones, nodos de la red vial).

Se implementó cada vehículo con un equipo GPS-M Pro Receiver, un Notebook y 2 personas a bordo, de las cuales una de ellas conduce en el circuito asignado, y la otra registra en el Notebook los waypoints correspondientes a las intersecciones de interés, que son entregadas por los supervisores generales.

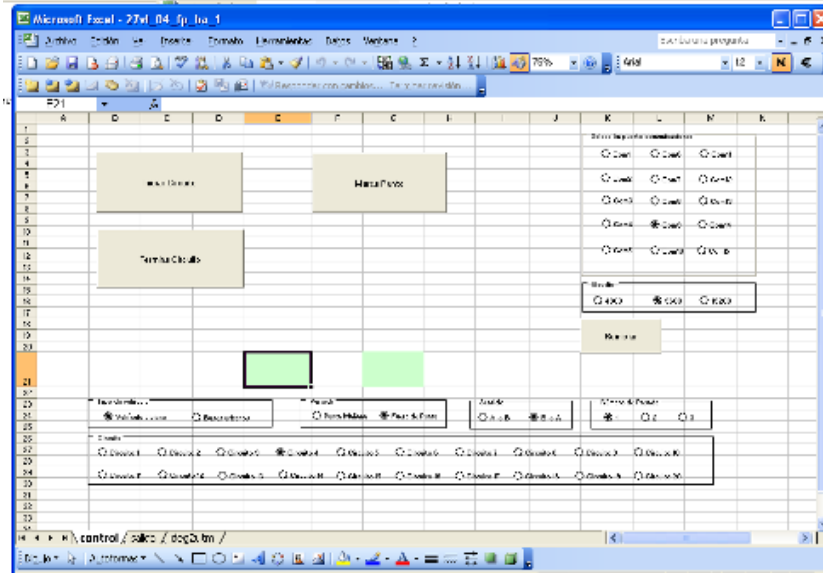
En la siguiente figura se presenta el equipo que se utilizó para el levantamiento de información.

**Figura 5.6-1: Equipo Medición Tiempos de Viaje**



Además, se cuenta con un programa en Visual Basic (macro de Excel), que permite ir registrando la posición y el tiempo dentro de un circuito, generando una mínima interferencia con el medidor para evitar errores posteriores en el procesamiento de la información. En efecto, en la figura siguiente se muestra el programa generado para dicha tarea y el resultado que entrega luego de finalizado el circuito.

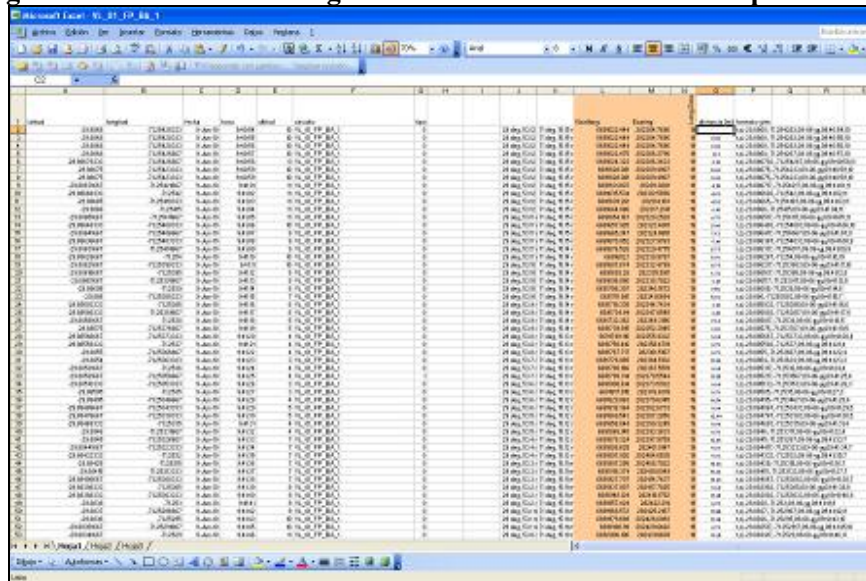
**Figura 5.6-2: Programa de Levantamiento de Tiempos de Viaje**



Se observa que el programa permite definir a priori el tipo de vehículo que se está midiendo, el período, sentido, número de medición o pasada y el número del circuito, marcar puntos específicos en forma manual (waypoints) y está autoprogramado para captar información cada 1 segundo, además de otras especificaciones técnicas tales como el puerto que utiliza el GPS y la frecuencia a la cual opera.

Finalmente, el programa de levantamiento de información entrega una salida, que se lee directamente en software especializados en GPS tal como TrackMaker y el cual permite exportar los archivos a formatos de Google Earth y ArcView. La siguiente figura muestra una representación de la salida del programa.

**Figura 5.6-3: Salida del Programa de Levantamiento de Tiempos de Viaje**



### 5.6.2 Circuitos de Medición

Se definieron y recorrieron una serie de circuitos, para los cuales se realizaron varias pasadas de ida y regreso, lo que permitió obtener velocidades representativas para la red de modelación.

**Cuadro 5.6-1: Circuitos de medición de velocidad**

Circuito	Pasadas
Copiapó – Tierra Amarilla - Nantoco	4
Copiapó - Vallenar	6
Copiapó - Chañaral	11
Chañaral – El Salado	10
Vallenar – Freirina - Huasco	4
Chañaral – Pan de Azúcar	14
T. Amarilla – Nantoco – Ruta 5 – By pass	4
Caldera – Barranquilla – Puerto Viejo	10
Ruta costera	10
Copiapó - Aeropuerto	12
Copiapó – Inca de Oro	6
Copiapó – Lim. Regional Norte	14
Copiapó - Salvador	16
Salvador – Llanta – D. de Almagro – Inca de Oro	4
Vallenar – Valle Alto del Carmen	8
Copiapó – Vallenar - Domeyko	8

Fuente: Elaboración propia

**Figura 5.6-4: Circuitos recorridos**



A nivel de las rutas, se obtuvieron los siguientes valores promedio de velocidad de circulación:

**Cuadro 5.6-2: Velocidades medias observadas**

Ruta	Vel. Media (Km/hr)
Ruta Costera	97,8
C-17	92,1
Ruta 5	90,8
C-261	89,3
By Pass Toledo	88,2
C-370	84,9
C-302	84,5
C-358	82,2
C-13	82,1
C-485	75,6
C-209	73,7
C-360	72,4
C-354	72,3
31-CH	72,1
C-225	70,9
C-120	70,7
C-46	70,2
C-470	66,5
C-35	65,9
C-491	64,7
C-318	64,5
C-411	60,3
C-314	58,1
C-112	55,3
C-489	48,8
Pasada urbana por Vallenar	48,2
Pasada urbana por Huasco	48,0
Pasada urbana por Chañaral	40,4
C-110	39,4
C-468	35,8
C-522	24,8

Las velocidades medias observadas son relativamente altas, considerando que en la mayoría de los casos se trata de vías bidireccionales. El caso más notorio es el de la ruta costera, que pese a contar con una solución básica de bischofita presenta un trazado poco restrictivo en curvatura vertical y horizontal, lo que permite obtener altas velocidades de circulación.

Las rutas de carácter secundario presentan velocidades de circulación más bajas, y en el caso de las pasadas por zonas urbanas se aprecian valores más reducidos de circulación. En el caso de la Ruta 5, se analizó de manera diferenciada algunos sectores específicos:



**Cuadro 5.6-3: Velocidades medias observadas por tramo de Ruta 5**

<b>Tramo Ruta 5</b>	<b>Vel. Media (Km/hr)</b>
Chañaral al norte	84
Caldera - Chañaral	82
Copiapó - Caldera	101
Copiapó - Vallenar	106
By pass Vallenar	91

En el caso de la Ruta 5, la velocidad media observada es más alta en el tramo concesionado Caldera – Vallenar. Los tramos al norte de Caldera presentan menores velocidades medias, influenciadas además por el efecto de la pasada por Chañaral y algunos desvíos por obras de mejoramiento.

### **5.7 Recorrido de terreno**

El recorrido de terreno se realizó los días 26 al 28 de diciembre y consideró el siguiente programa:

- Miércoles 26, tras presentación en Copiapó, salida a Vallenar (150 Km).
- Jueves 27. Recorrido a Alto del Carmen - El Tránsito - Conay y retorno a Vallenar (200 Km). Recorrido Vallenar - Huasco - Caldera por ruta costera (240 Km)
- Viernes 28, Recorrido Caldera – Chañaral – Pan de Azúcar – Altamira – Diego de Almagro – Flamenco (450 Km).

**Figura 5.7-1: Recorrido realizado**



## 6. CATASTRO DE TRANSPORTE PÚBLICO INTERURBANO

Los servicios de transporte público que circulan por la región permiten caracterizar el sistema de transporte, estableciendo determinados niveles de oferta de estos servicios, pero también contribuyen a calibrar la red de modelación al incorporar tales servicios como flujos permanentes que descuentan capacidad al resto de los usuarios de la red.

En la Región de Atacama coexisten al menos tres categorías de servicios de transporte público interurbano:

- Buses interurbanos: prestan servicio entre centros urbanos relevantes de la zona norte del país, para lo cual circulan preferentemente en sentido norte – sur y no necesariamente consultan detenciones en los terminales de la región (Vallenar o Copiapó).
- Buses rurales: corresponde a servicios que se realizan dentro de la región, y normalmente desde una cabecera comunal a localidades de menor tamaño.
- Taxis colectivos rurales: corresponde a servicios realizados mediante taxis, que circulan normalmente entre dos cabeceras comunales.

La metodología empleada para obtener los antecedentes presenta variaciones, según se expone en los puntos siguientes.

### 6.1 Buses rurales

En el caso de los buses rurales, se solicitó información a la SEREMITT de la Región de Atacama, quien entregó antecedentes correspondientes al servicio como la empresa operadora, su estado de vigencia, el tamaño de flota y el recorrido. La información del recorrido incluía las vías urbanas por las que estaba autorizada su circulación, aspecto que no resulta relevante para efectos del presente estudio.

**Cuadro 6.1-1: Servicios vigentes de buses rurales Región de Atacama**

Línea	Tamaño flota (buses)	Recorrido Servicio		
500002	11	Vallenar	Freirina	Huasco
500100	5	Diego de Almagro	Copiapó	
500500	2	Vallenar	Alto del Carmen	
500502	2	Vallenar	Alto del Carmen	
500504	4	Vallenar	Alto del Carmen	
500505	4	Vallenar	Alto del Carmen	
500506	2	Vallenar	Alto del Carmen	
500507	1	Vallenar	Alto del Carmen	
500508	4	Vallenar	Vallenar	

Línea	Tamaño flota (buses)	Recorrido Servicio		
500511	2	Vallenar	Freirina	Huasco
500512	3	Vallenar	Freirina	
500513	13	Vallenar	Freirina	Huasco
500514	3	Vallenar	Alto del Carmen	
500516	1	Huasco	Vallenar	Copiapó
500517	2	Vallenar	Alto del Carmen	
500518	10	Vallenar	Freirina	Huasco
500519	3	Vallenar	Alto del Carmen	
500520	3	Vallenar	Huasco	
500602	9	Caldera	Copiapó	Tierra Amarilla
500604	46	Caldera	Copiapó	Tierra Amarilla
500606	47	Copiapó	Tierra Amarilla	
500607	23	Caldera	Copiapó	
500608	15	Caldera	Copiapó	

Fuente: SEREMITT

Como se observa, existen varias empresas que prestan servicios similares, como Caldera – Copiapó, Copiapó – Tierra Amarilla, Vallenar – Freirina – Huasco y Vallenar – Alto del Carmen. En este último caso, había diferenciación entre los servicios que se dirigían a Conay o al Valle de San Félix.

Se analizaron los antecedentes disponibles, como la frecuencia máxima ofrecida con la flota disponible, y se comparó con los antecedentes levantados en terreno, relativos a número de buses observados, lo que permitió establecer un volumen de servicios diario:

**Cuadro 6.1-2: Frecuencia de servicios por rutas principales**

Tramo	Ruta	Frecuencia (Buses/12 hrs.)
Diego de Almagro - Copiapó	Ruta C-17	8
Caldera - Copiapó	Ruta 5	150
Copiapó - Tierra Amarilla	Ruta C-35	200
Vallenar - Freirina	Ruta C-46	180
Freirina - Huasco	Ruta C-46	150
Vallenar - Alto del Carmen	Ruta C-485	30
Alto del Carmen - Conay	Ruta C-495	20
Alto del Carmen - San Félix	Ruta C-489	10

Fuente: Elaboración propia

Como se observa, existen servicios con alta frecuencia de servicios en sentido transversal como Caldera – Copiapó – Tierra Amarilla o Vallenar – Freirina – Huasco, que sugieren una vinculación cercana. En el caso de Copiapó – Tierra Amarilla, se trata de ciudades que tienden a conurbarse, por lo que los servicios de transporte público tienen un carácter más local. Destaca también la vinculación de Vallenar a los valles aledaños a Alto del Carmen, y en menor medida la conexión entre Copiapó y Diego de Almagro.

## 6.2 Taxis colectivos rurales

De manera análoga al caso de los buses rurales, se obtuvo información de los servicios habilitados de taxis colectivos intercomunales en la Región de Atacama.

**Cuadro 6.2-1: Servicios vigentes de taxis colectivos intercomunales Región de Atacama**

Línea	Tamaño flota (buses)	Recorrido Servicio		
1000	1	Diego de Almagro	Copiapó	
1001	8	Diego de Almagro	Copiapó	
1002	9	Diego de Almagro	Copiapó	
5000	5	Huasco	Vallenar	Copiapó
5002	17	Vallenar	Huasco	
6000	61	Tierra Amarilla	Copiapó	
6001	5	Tierra Amarilla	Copiapó	
6003	43	Tierra Amarilla	Copiapó	
6004	0	Tierra Amarilla	Copiapó	Caldera
6005	21	Tierra Amarilla	Copiapó	Caldera
7000	8	Caldera	Copiapó	Tierra Amarilla
7001	4	Caldera	Copiapó	Tierra Amarilla
8000	0	Chañaral	Copiapó	
8001	1	Chañaral	Copiapó	
8002	1	Chañaral	Copiapó	
9000	2	Diego de Almagro	Copiapó	

Fuente: SEREMITT

Se repiten algunos servicios con el caso de los buses, como Diego de Almagro – Copiapó, Vallenar – Huasco, Caldera – Copiapó – Tierra Amarilla, pero se incluyen además servicios como Chañaral – Copiapó o Vallenar - Copiapó, que no se ofrecen con transporte público mayor. Es posible que parte de estos requerimientos sean cubiertos con servicios interurbanos de larga distancia, que realicen paradas en puntos como Chañaral, Vallenar y Copiapó.

**Cuadro 6.2-2: Frecuencia de servicios por rutas principales**

Tramo	Ruta	Frecuencia (TXC/12 hrs.)
Diego de Almagro - Copiapó	Ruta C-17	40
Caldera - Copiapó	Ruta 5	140
Copiapó - Tierra Amarilla	Ruta C-35	600
Vallenar - Huasco	Ruta C-46	20
Vallenar - Copiapó	Ruta 5	20
Chañaral - Caldera	Ruta 5	4

Fuente: Elaboración propia

Resulta válida la comparación entre la oferta de transporte público mayor y menor que se observa, por ejemplo entre Copiapó – Tierra Amarilla o Vallenar – Huasco, donde en un caso parece haber una preferencia acentuada por los taxis colectivos y en el otro se ha

optado preferentemente por los buses, lo que puede explicarse por la distancia a recorrer y flexibilidad de los servicios de taxis colectivos.

### 6.3 Buses interurbanos

En el estudio “Análisis de Proyectos de Infraestructura MOP para Plataforma Logística Regiones I-III” se levantó un catastro de los principales servicios de transporte público en los terminales de las ciudades de:

- Arica
- Iquique
- Antofagasta
- Calama
- Copiapó

La metodología consistió en consultar directamente en ventanilla los destinos finales de un servicio, y el número de servicios diarios o semanales, identificando además los días en que se entregaba el servicio. Resulta bastante frecuente que los servicios cuenten con paradas intermedias (e.g. Iquique – Santiago, con paradas en Antofagasta, Copiapó, La Serena) por lo que se consultó directamente por el destino final.

El objetivo de la recopilación de información era determinar el número de salidas efectuadas por destino, de manera de incorporar correctamente este efecto en el modelo de asignación. Dado que algunas ciudades presentan más de un terminal de buses, el análisis se centró en el rodoviario principal considerando además que algunas empresas como Tur Bus cuentan con información en línea, lo que permite complementar o chequear la información recopilada.

En el caso del terminal de Arica, se consultó a las empresas Atacama Vip, Buses Zambrano, Chile Bus, Cruz del Norte, Pullman Cuevas, Fichtur, Flota Barrios, Géminis, Kenny Bus, Norte Grande, Pullman Bus, Pullman San Andrés, Ramos Cholele, Transportes Carmelita y Tur Bus. Se recopiló un total de 413 servicios semanales, efectuados por las 15 empresas consultadas.

**Cuadro N° 6.3-1: Catastro de servicios de terminal de Arica**

Destino Final	Empresa	Ruta	Salidas semanales	Frec./día
Cochabamba	Chile Bus	Tambo Quemado	1	0.1
La Paz	Chile Bus	Tambo Quemado	7	1.0
Salta	Géminis	Ruta 5	3	0.4
Iquique	Buses Zambrano	Ruta 5	7	1.0
	Cruz del Norte	Ruta 5	3	0.4
	Cuevas	Ruta 5	42	6.0
	Flota Barrios	Ruta 5	7	1.0
	Pullman	Ruta 5	7	1.0
	Pullman San Andrés	Ruta 5	7	1.0
	Ramos Cholele	Ruta 5	28	4.0
	Transportes Carmelita	Ruta 5	42	6.0
Antofagasta	Buses Zambrano	Ruta 5	7	1.0
	Cruz del Norte	Ruta 5	7	1.0
	Fichtur	Ruta 5; Ruta 1	7	1.0
	Flota Barrios	Ruta 5; Ruta 1	7	1.0
	Norte Grande	Ruta 5; Ruta 1	7	1.0
	Pullman	Ruta 5; Ruta 1	14	2.0
	Tur Bus	Ruta 5; Ruta 1	42	6.0
Calama	Atacama Vip	Ruta 5; Calama	14	2.0
	Flota Barrios	Ruta 5	7	1.0
	Géminis	5	7	1.0
	Kenny Bus	Ruta 5 y A-1	7	1.0
	Ramos Cholele	Ruta 5	7	1.0
	Tur Bus	Ruta 5; Ruta 1	14	2.0
San Pedro de Atacama	Tur Bus	Ruta 5	7	1.0
Coquimbo	Tur Bus	Ruta 5; Ruta 1	7	1.0
Valparaíso	Pullman	Ruta 5; Ruta 1	7	1.0
	Tur Bus	Ruta 5; Ruta 1	7	1.0
Santiago	Fichtur	Ruta 5	7	1.0
	Pullman	Ruta 5	14	2.0
	--	Ruta 5; Ruta 1	14	2.0
	Pullman San Andrés	Ruta 5; Ruta 1	7	1.0
	Ramos Cholele	Ruta 5; Ruta 1	14	2.0
	Tur Bus	Ruta 5	21	3.0
	--	Ruta 5; Ruta 1	7	1.0

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de Iquique se consultó en el terminal de la ciudad, a las empresas Andesmar, Carmelita, Cruz del Norte, Evans, Expreso Norte, Flota Barrios, Frontera del Norte, Kenny Bus, Pullman Bus, Pullman Cuevas, Pullman San Andrés, Ramos Cholele y Tur Bus.

**Cuadro N° 6.3-2: Catastro de servicios de terminal de Iquique**

Destino Final	Empresa	Ruta	Salidas Semanales	Frec./día
Bolivia / La Paz	Pullman Cuevas	Ruta 5	3	0.4
Bolivia / Oruro	Pullman Cuevas	Ruta 5	6	0.9
Salta, Argentina	Andesmar	Ruta 5	1	0.1
Arica	Carmelita	Ruta 5	56	8.0
	Cruz del Norte	Ruta 5	14	2.0
	Expreso Norte	Ruta 5	21	3.0
	Flota Barrios	Ruta A - 1	7	1.0
	Pullman Cuevas	Ruta 5	9	1.3
	Ramos Cholele	Ruta 5	56	8.0
Calama	Frontera del Norte	Ruta 5	7	1.0
	Kenny Bus	Ruta 5	21	3.0
	Pullman Bus	Ruta 5	140	20.0
	Tur Bus	Ruta A - 1	28	4.0
San Pedro de Atacama	Frontera del Norte	Ruta 5	7	1.0
Antofagasta	Flota Barrios	Ruta A - 1	7	1.0
	Kenny Bus	Ruta A - 1	7	1.0
	Pullman Bus	Ruta A - 1	70	10.0
	Ramos Cholele	Ruta A - 1	14	2.0
	Tur Bus	Ruta A - 1	70	10.0
La Serena	Expreso Norte	Ruta 5	21	3.0
Valparaíso	Expreso Norte	Ruta 5	7	1.0
	Tur Bus	Ruta 5	7	1.0
	Carmelita	Ruta 5	14	2.0
Santiago	Evans	Ruta A - 1	4	0.6
	Expreso Norte	Ruta 5	14	2.0
	Pullman Bus	Ruta 5	70	10.0
	Pullman San Andrés	Ruta 5	7	1.0
	Ramos Cholele	Ruta 5	14	2.0
	Tur Bus	Ruta 5	70	10.0
	Caldera	Expreso Norte	Ruta 5	21
Calera	Pullman Bus	Ruta 5	140	20.0
Chañaral	Pullman Bus	Ruta 5	140	20.0
Copiapó	Expreso Norte	Ruta 5	21	3.0
	Pullman Bus	Ruta 5	140	20.0
	Ramos Cholele	Ruta A - 1	14	2.0
Coquimbo	Expreso Norte	Ruta 5	21	3.0
Illapel	Pullman Bus	Ruta 5	140	20.0
Los Vilos	Pullman Bus	Ruta 5	140	20.0
Mejillones	Pullman Bus	Ruta 5	140	20.0
Ovalle	Expreso Norte	Ruta 5	14	2.0
Salamanca	Pullman Bus	Ruta 5	140	20.0
Serena	Pullman Bus	Ruta 5	140	20.0
Tocopilla	Pullman Bus	Ruta 5	140	20.0
Vallenar	Expreso Norte	Ruta 5	21	3.0
	Pullman Bus	Ruta 5	140	20.0

Fuente: Elaboración propia.

En la ciudad de Antofagasta se consultó en el terminal de la ciudad y en algunas oficinas de buses cercanas, de las empresas Atacama Vip, Buses Ciktur, Buses Evans, Buses Zambrano, Camus, Corsarios, Cruz del Norte, Elqui Bus, Expreso Norte, Flota Barrios,



Géminis, Kenny Bus, Línea Azul, Norte Grande, Pullman Bus, Ramos Cholele, Romani, Tur Bus.

**Cuadro N° 6.3-3: Catastro de servicios de terminal de Antofagasta**

Destino Final	Empresa	Salidas semanales	Frec./día
Arica	Buses Evans	14	2.0
	Buses Zambrano	14	2.0
	Corsarios	14	2.0
	Cruz del Norte	14	2.0
	Expreso Norte	14	2.0
	Flota Barrios	7	1.0
	Kenny Bus	14	2.0
	Norte Grande	14	2.0
	Pullman	21	3.0
	Ramos Cholele	14	2.0
Tur Bus	21	3.0	
Calama	Atacama Vip	14	2.0
	Buses Ciktur	21	3.0
	Expreso Norte	21	3.0
	Flota Barrios	28	4.0
	Geminis	7	1.0
	Kenny Bus	21	3.0
	Pullman	35	5.0
	Ramos Cholele	7	1.0
	Romani	42	6.0
Tur Bus	70	10.0	
Coquimbo	Buses Ciktur	7	1.0
	Corsarios	7	1.0
	Tur Bus	7	1.0
Salamanca	Elqui Bus	5	0.7
	Expreso Norte	7	1.0
	Pullman	7	1.0
	Tur Bus	14	2.0
Salta	Geminis	2	0.3
	Tur Bus	2	0.3
San Pedro de Atacama	Tur Bus	28	4.0
Santiago	Buses Ciktur	21	3.0
	Buses Evans	14	2.0
	Elqui Bus	14	2.0
	Expreso Norte	21	3.0
	Flota Barrios	21	3.0
	Línea Azul	14	2.0
	Pullman	35	5.0
	Ramos Cholele	14	2.0
	Romani	42	6.0
Tur Bus	63	9.0	
Tocopilla	Camus	14	2.0
Valparaíso	Flota Barrios	7	1.0
	Pullman	7	1.0
	Romani	28	4.0
	Tur Bus	42	6.0

Fuente: Elaboración propia.

En Calama, se consultó a las empresas Buses Atacama 2000, Expreso Norte, Flota Barrios, Frontera Norte, Géminis, Intertrans, Kenny Bus, Buses Ramos en diversas agencias

distribuidas por la ciudad. En el caso de Tur Bus y Pullman Bus se recurrió directamente al sitio web.

**Cuadro N° 6.3-4: Catastro de servicios de terminal de Calama**

Destino final	Empresa	Salidas semanales	Frec./día
Salta/Argentina	Géminis	7	1.0
Jujuy/Argentina	Géminis	3	0.4
Arica	Expreso Norte	7	1.0
	Flota Barrio	7	1.0
	Frontera Norte	14	2.0
	Géminis	7	1.0
	Kenny bus	2	0.3
	Pullman Bus	14	2.0
	Ramos	7	1.0
	Tur Bus	42	6.0
Iquique	Frontera Norte	7	1.0
	Kenny bus	21	3.0
	Pullman Bus	14	2.0
	Tur Bus	28	4.0
Antofagasta	Expreso Norte	28	4.0
	Flota Barrio	28	4.0
	Kenny bus	21	3.0
	Pullman Bus	14	2.0
	Tur Bus	308	44.0
Ollagüe	Buses Atacam 2000	4	0.6
Peine	Buses Atacam 2000	7	1.0
Calera	Expreso Norte	21	3.0
Copiapó	Expreso Norte	28	4.0
	Flota Barrio	28	4.0
	Kenny bus	21	3.0
Coquimbo	Expreso Norte	28	4.0
Illapel	Expreso Norte	7	1.0
Salamanca	Expreso Norte	7	1.0
San Pedro de Atacama	Buses Atacam 2000	21	3.0
	Frontera Norte	35	5.0
	Intertrans	49	7.0
Socaire	Frontera Norte	7	1.0
	Intertrans	3	0.4
Toconao	Buses Atacam 2000	21	3.0
	Frontera Norte	21	3.0
	Intertrans	3	0.4
Vallenar	Expreso Norte	28	4.0
	Kenny bus	21	3.0
Valparaíso	Flota Barrio	7	1.0
	Kenny bus	21	3.0
La Serena	Expreso Norte	7	1.0
	Flota Barrio	28	4.0
	Kenny bus	21	3.0
	Pullman Bus	7	1.0
	Tur Bus	42	6.0
Ovalle	Expreso Norte	21	3.0
	Flota Barrio	21	3.0
	Kenny bus	21	3.0

Destino final	Empresa	Salidas semanales	Frec./día
Viña del Mar	Flota Barrio	7	1.0
	Kenny bus	21	3.0
	Pullman Bus	7	1.0
	Tur Bus	28	4.0
Santiago	Expreso Norte	21	3.0
	Flota Barrio	7	1.0
	Kenny bus	21	3.0
	Pullman Bus	21	3.0
	Ramos	1	0.1
	Tur Bus	161	23.0

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de Copiapó, existe un terminal establecido donde se obtuvo información de Expreso Norte, Buses Evans, Libac y Flota Barrios, terminales propios (Buses Evans, Andimar) y una serie de agencias distribuidas en la ciudad (Ramos Cholele, Ciktur, San Lorenzo), recopilándose además directamente antecedentes de Pullman Bus y Tur Bus.

**Cuadro N° 6.3-5: Catastro de servicios de terminal de Copiapó**

Destino Final	Empresa	Salidas semanales	Frec./día
Arica	Expreso Norte	28	4
	Flota Barrios	14	2
	Pullman Bus	14	2
	Ramos Cholele	15	3
	Tur Bus	42	6
Iquique	Pullman Bus	28	4
	Tur Bus	77	11
Calama	Flota Barrios	42	6
	Romani	35	5
	Ciktur	21	3
	San Lorenzo	21	3
	Pullman Bus	35	5
	Tur Bus	77	11
Antofagasta	Tur Bus	203	29
La Serena	Expreso Norte	7	1
	Elqui bus	14	2
	Pullman Bus	77	11
	Tur Bus	238	34
Viña	Tur Bus	42	6
Santiago	Expreso Norte	42	6
	Buses Evans	15	3
	Andimar	28	4
	Flota Barrios	35	5
	Ciktur	21	3
	San Lorenzo	21	3
	Libac	28	4
	Pullman Bus	63	9
	Tur Bus	266	38

Fuente: Elaboración propia.

Los buses que realizan servicios desde Copiapó al sur (La Serena, Viña del Mar, Santiago) pasan también por el terminal de Vallenar. Ocurre lo mismo a la inversa, no existiendo servicios específicos desde o hacia Vallenar.

## 7. CALIBRACIÓN RED DE TRANSPORTE

### 7.1 Aspectos Generales

Esta tarea consiste en implementar y calibrar el modelo de asignación para vehículos livianos y camiones, representativo de la movilidad de los flujos vehiculares dentro de la Región de Atacama, tanto los viajes de paso como los internos en la región, bajo la premisa que este tipo de vehículos se asigna a la red vial minimizando el costo de transporte. Para tal efecto, el costo de viaje queda representado por una combinación de los siguientes atributos; tiempo, costo de operación y tarifas pagadas en peaje, si es que se elige una vía tarifada.

Para el caso de vehículos livianos y camiones, el tiempo de viaje se calcula a nivel de cada arco de la red en función de las características físicas y operativas, especificada a través de la velocidad a flujo libre más el efecto por el roce vehicular, representado por una curva flujo-demora. En cuanto al transporte público, es considerado como demanda fija a través de los itinerarios y frecuencias obtenidas de los catastros, las que se ajustan de acuerdo a las mediciones de flujo vehicular realizadas en el presente estudio.

Respecto a la demanda de transporte, a partir de las encuestas origen-destino realizadas en el presente estudio, tanto vehículos livianos como camiones, se procedió a realizar un proceso de consolidación de matrices, de modo de evitar el doble encuestaje, que se produce al sumar las encuestas realizadas en todos los puntos de control.

Finalmente se procedió a hacer un ajuste de la demanda de los modos asignables a través de un proceso de estimación de matrices origen-destino, con la finalidad de replicar los volúmenes de los flujos observados.

### 7.2 Metodología de Calibración

El objetivo principal de esta tarea es la calibración de la red vial tipo “buffer”, representado por arcos unidireccionales y nodos que representan intersecciones entre rutas o hitos relevantes como: cambio de geometría, puntos generadores/attractores de viajes u otros, utilizando el modelo de asignación EMME2, de forma tal que sus resultados reproduzcan de manera razonable la situación actual de los flujos vehiculares medidos en toda la red.

El tratamiento de las distintas categorías consideradas son las siguientes:

- Vehículos Livianos: modo asignable
- Camiones Simple (2 ejes): Modo asignable

- Camiones Pesados (más de 2 ejes): Modo asignable
- Buses: Modo no asignable.

El proceso de calibración consiste básicamente en un proceso iterativo, donde se retroalimentan los niveles de servicio de la red vial y la matriz de viajes.

Para la calibración de la situación actual, el modelo de asignación requiere de los siguientes antecedentes:

1. Oferta vial. Definición de la red y características de los arcos (longitud, capacidad, curva flujo-demora, costos de operación). Esta etapa considera las características actuales de la infraestructura vial que la red involucra, situación que es considerada como dato de entrada al modelo y es invariable durante todo este proceso.
2. Demanda de Transporte: Matrices a priori provenientes de las encuestas origen-destino (vehículos livianos y camiones simples y pesados) y los conteos de flujo vehicular por modo de transporte.

El proceso de calibración consta de las siguientes etapas:

- **Calibración de la red vial**

Consiste en verificar las características geométricas de los arcos e intersecciones y de la definición de la topología de la red vial (arcos, conectores, etc.), de forma de no introducir distorsiones en el ajuste de la matriz de viajes derivadas de una definición errada de la red de modelación. Para tal efecto, se efectúa una calibración inicial entre los resultados de las cargas vehiculares a nivel de la red y los flujos vehiculares observados en terreno, de modo de asimilarlos, modificando para ello la localización de los conectores de zonas, los parámetros de arcos e intersecciones como tiempos de viaje y flujos de saturación.

- **Calibración de Frecuencias de Rutas Fijas.**

En el caso de las rutas de transporte público, especialmente compuesto por buses rurales e interurbanos, se utilizaron los antecedentes provenientes del estudio de referencia y a los antecedentes de flujo vehicular levantados en diferentes puntos localizados en la red.

La calibración consiste fundamentalmente en replicar los conteos de flujos observados. Para tal efecto, a partir de las líneas identificadas del catastro existente, itinerario y frecuencias operacionales iniciales, por período que en este caso se consideró diario (P), que corresponden a los valores iniciales en el proceso de calibración ( $f_{inicial}^{P,i}$ ). La sumatoria en arco (l) de estos valores iniciales, en cada modo (m) y período (P) y que denominamos  $FC_m^P$  puede expresarse como:

$$FC_m^P = \sum_{i,l} f_{inicial}^{P,i} \quad \text{con } l \in L \text{ (arcos de la red de modelación) y } P=1, 2 \text{ o } 3 \quad (1)$$

La determinación de las frecuencias definitivas ( $f_{mod}^{P,i}$ ) por línea i y período P se ha realizado contrastando la sumatoria de frecuencias por línea en arcos donde existen flujos observados, para cada modo (m), lo que puede expresarse como:

$$FM_m^P = \sum_{i,j} f_{mod}^{P,i} \quad j \in \text{conteos observados } P=24 \text{ horas} \quad (2)$$

Utilizando la herramienta “solver” de Excel, que opera optimizando una función objetivo sujeta a una serie de restricciones (como un problema de programación lineal), se minimiza el módulo de la diferencia cuadrática entre flujos observados y frecuencias iniciales agregadas por arco, en un conjunto acotado de arcos de la red. Lo anterior puede expresarse como:

$$Min(M_m^P - FC_m^P)^2 \quad (3)$$

Las restricciones de este PPL corresponden a que la frecuencia modelada de cada línea debe ser positiva y menor que un cierto umbral o frecuencia máxima ( $F_{mod}^{P,j}$ ), todo lo cual puede expresarse como:

$$f_{mod}^{P,i} \geq 0 \wedge f_{mod}^{P,i} \leq F_{mod}^{P,j} \quad (4)$$

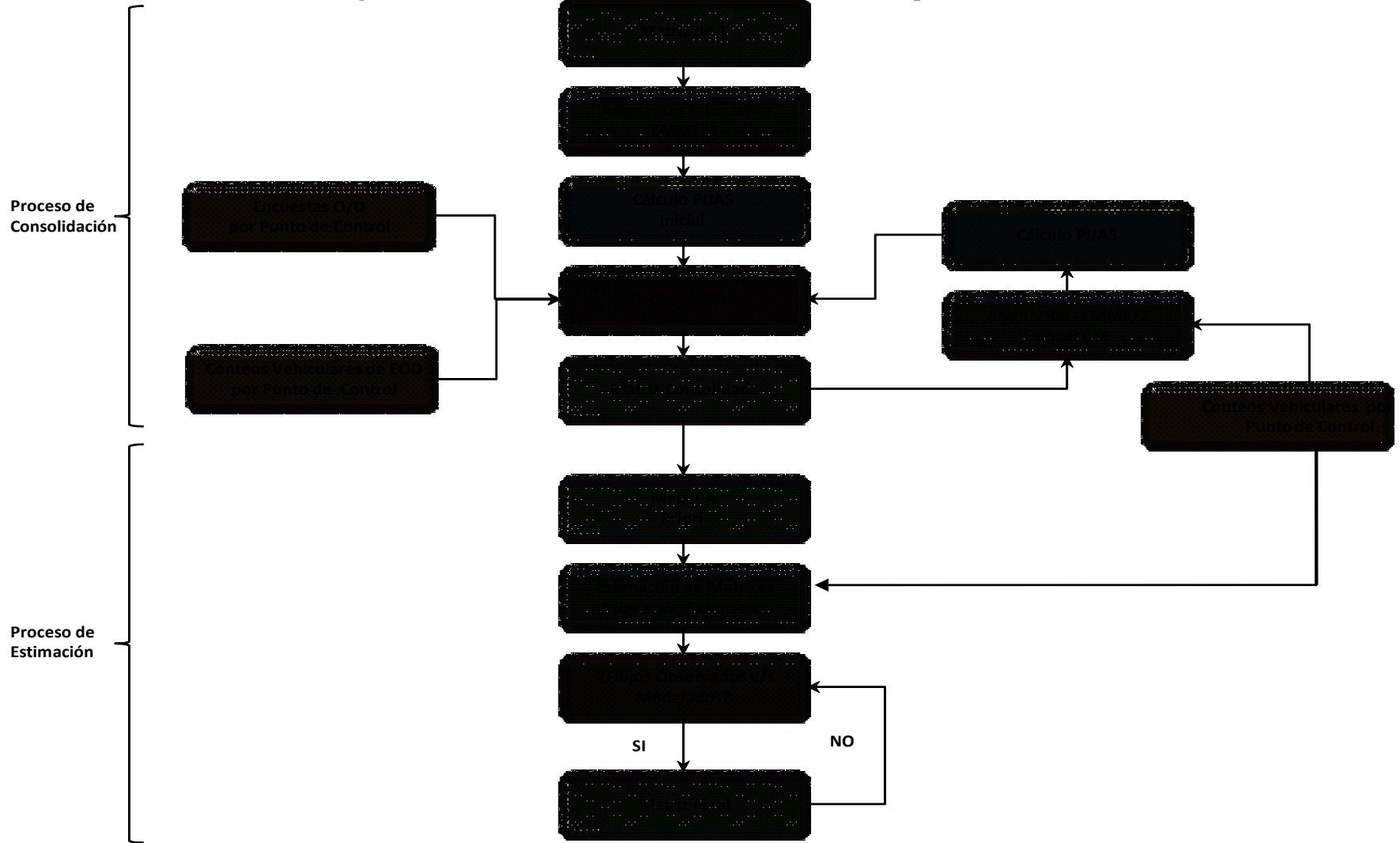
- **Calibración de la Matriz de Viajes Transporte Privado.**

Consiste en obtener una matriz origen-destino que permita, una vez asignada a la red de modelación, reproducir los volúmenes vehiculares en los arcos con conteos de flujo. Para tal efecto, se cuenta con las matrices obtenidas de las encuestas origen-destino por punto de control realizadas en el presente estudio.

Dada la ubicación de los puntos de control de las encuestas origen-destino existe la posibilidad de realizar doble encuestaje, razón por lo cual, los resultados de las encuestas origen-destino son llevados a un proceso de consolidación de matrices según la metodología de Gálvez et al (1996). Esta metodología permite resolver el problema de las observaciones repetidas o dobles conteos que se suscita al existir más de un punto de control que contiene el mismo par origen-destino.

La metodología anteriormente planteada se resume en el diagrama siguiente:

Figura 7.2-1: Metodología de Calibración Matriz de Transporte Privado



Fuente: Elaboración propia.



La metodología de consolidación de matrices puede resumirse en lo siguiente:

- $\lambda_{ij}$  Flujo real en vehículos por hora que circula desde la zona origen  $i$  a la zona destino  $j$ . Esta es la matriz consolidada que se requiere estimar. Corresponde a un período temporal y tipo de vehículo dado, pero por simplicidad han sido omitidos los subíndices correspondientes.
- $X_r$  Flujo real en vehículos por hora que circula por el arco  $r$ . Es también un valor desconocido que se requiere estimar y corresponde a un período temporal y tipo de vehículo dado.
- $P_{ijr}$ : representa la proporción del flujo desde la zona origen  $i$  a la zona destino  $j$  que pasa por el arco  $r$ .

Entre estas variables existe la siguiente relación:

$$X_r = \sum_{ij} \lambda_{ij} \cdot p_{ijr} \quad (1)$$

La estimación de estas variables se realiza con la siguiente información:

Los datos procedentes de las encuestas origen – destino son los siguientes:

- $n_{ijk}$  Número total de vehículos observados en el punto de control  $k$  con origen en la zona  $i$  y destino en la zona  $j$ .
- $t_k$  Duración, en horas, de la encuesta Origen-destino en el punto de control  $k$ .
- $m_k$  Tasa de muestreo, esto es, proporción que representa el flujo encuestado con relación al flujo total en el punto de control  $k$ .
- $t_k \cdot m_k$  Total de encuestas en el punto de control  $k$  (todos los pares o/d) dividido por el flujo horario en el punto de control  $k$  (porcentaje de muestreo).

Los datos procedentes de los conteos son:

- $n_r$  Número total de vehículos observados en el punto de conteo  $r$ .
- $t_r$  Duración, en horas, del conteo en el punto de conteo  $r$ .

Los datos procedentes del modelo de asignación son:

$P_{ija}$  Proporción del *flujo* desde la zona origen  $i$  a la zona destino  $j$  que pasa por el arco  $a$ . Esta proporción es obtenida mediante el modelo de asignación.

El método de máxima verosimilitud (ML) es una técnica de estimación que se emplea con frecuencia, porque posee múltiples propiedades asintóticas (por ejemplo, eficiencia y consistencia). El objetivo es encontrar el valor de población que mejor se ajuste a la muestra observada, es decir, el valor de la población hipotético más susceptible que cualquier otro de generar la muestra observada.

$$\begin{aligned} \pi_k &= \text{prob} ( \lambda_{ij} \cdot t_k \cdot m_k \cdot P_{ijk} = n_{ijk} ) \\ &\text{y} \\ \pi_r &= \text{prob} ( \sum_{h,l} \lambda_{hl} \cdot t_r \cdot P_{hlr} = n_r ) \end{aligned} \quad (2)$$

Asumiendo que  $\lambda_{ij}$  sigue una Ley de Poisson y desarrollando matemáticamente las ecuaciones resultantes, es posible afirmar que los nuevos valores de viajes entre la celda  $ij$ , resultantes de la calibración estarán dados por:

$$\langle \lambda_{ij} \rangle = \frac{\sum_k n_{ijk}}{\sum_k t_k \cdot m_k \cdot P_{ijk}} \quad (3)$$

Se debe notar que, como se ha planteado en la metodología de calibración, al utilizar el proceso de consolidación descrito, la calibración de la red vial de modelación y la agregación de matrices se vuelve un proceso iterativo, en el que se requiere conocer las probabilidades de asignación para estimar las matrices y, a su vez, es necesario contar con matrices agregadas para determinar estas proporciones.

Se debe notar que el proceso de consolidación no genera valores de viajes para aquellas celdas en las cuales se cumple la siguiente relación:

$$\sum_k n_{ijk} = 0 \quad (4)$$

Lo cual permite construir la matriz  $M_{ij}$ , que toma valor “0” en celdas con información origen-destino y “1” en aquellas sin información.

Además puede demostrarse que los conteos a utilizar son sólo aquellos que cumplan la siguiente condición:

$$\sum_{i,j} p_{ijr} \cdot M'_{ij} = 0 \quad (5)$$

Por lo tanto, al término de esta primera fase se habrá utilizado sólo un subconjunto del total de conteos.

Al aplicar esta metodología es posible incorporar flujos en arcos de la red, lo cual entrega mayor consistencia a la caracterización de la red vial. Se debe destacar que estos viajes no muestreados son utilizados para incorporar la reducción de velocidad que generan los niveles de flujo en los diversos arcos de la red.

En resumen, el proceso de consolidación consiste en los siguientes pasos secuenciales e iterativos:

1. Definir inicialmente una matriz de viajes no nula, por ejemplo, sólo 1.
2. Realizar una asignación estocástica mediante el modelo EMME2.
3. Calcular los factores PIJA, correspondientes a las probabilidades de elección de los arcos “a”, para cada par origen-destino (ij). Estos factores se obtienen a partir de la modelación de la asignación de viajes.
4. En base a los factores PIJA, se realiza la consolidación de las encuestas origen-destino por punto de control.
5. Una vez realizada la consolidación, se realiza una nueva asignación mediante el modelo EMME2.
6. Como resultado de esta nueva asignación estocástica, se calculan los nuevos factores PIJA.
7. A partir de los nuevos factores PIJA, se realiza una nueva consolidación de encuestas origen -destino por punto de control y se vuelve al punto 4.

Este proceso se realiza en un número finito de veces y se comparan los resultados de los flujos observados versus modelados con la matriz consolidada. Se escoge la iteración con el mejor ajuste logrado.

Básicamente, el método de ajuste en base a conteos de tráfico consiste en determinar una matriz de viajes cuyas celdas ( $T_{ij}$ ), permitan reproducir los conteos observados. Esto puede ser formalizado a través de la siguiente expresión:

$$V_a = \sum_{i,j} T_{ij} p_{ij}^a$$

Donde,  $p_{ij}^a$  representa la proporción de viajeros que utilizan el arco  $a$ , al viajar entre las zonas  $i$  y  $j$ .

La proporción  $p_{ij}^a$ , puede ser estimada a partir de un modelo de asignación de viajes lo suficientemente realista. Si el modelo es del tipo todo o nada, la proporción valdrá uno si el arco  $a$  es utilizado y cero en caso contrario. En el modelo EMME/2 la proporción se genera a partir del modelo de asignación estocástico.

El problema de la estimación de una matriz  $\{T_{ij}\}$  que satisfaga la ecuación anterior, a partir de una matriz a priori  $\{t_{ij}\}$  puede ser formulado como un problema de programación matemática y, tal como indica Willumsen<sup>9</sup>, esto permite probar la unicidad y convergencia del problema e identificar las condiciones que se deben cumplir para su solución.

La formulación general del problema puede ser expresada de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Min } & \sum_{ij} (T_{ij} \ln \frac{T_{ij}}{t_{ij}} - T_{ij} + t_{ij}) \\ \text{s.a. } & \sum_{i,j} T_{ij} p_{ij}^a - V_a = 0 \\ & T_{ij} \geq 0 \end{aligned}$$

La función objetivo se puede interpretar como la entropía de la matriz, o bien, como la distancia entre la matriz a priori y la matriz ajustada. De esta forma, la solución al problema indicado corresponde a la matriz más probable (y que se parece más a la matriz a priori) que satisface los conteos observados.

La solución al problema puede representarse mediante la siguiente expresión,

$$T_{ij} = t_{ij} \prod_a X_a^{p_{ij}^a}$$

<sup>9</sup> (1991,1994). Modelling Transport (Willumsen y Ortuzar)

$$X_a = \frac{V_a}{\sum_u \sum_{ij} T_{ij}^u P_{ij}^{au}}$$

donde,  $X_a$  son factores de corrección asociados al conteo a, que deben ser aplicados a la matriz de viajes  $\{t_{ij}\}$ .

### 7.3 Zonificación y Red de Modelación EMME2.

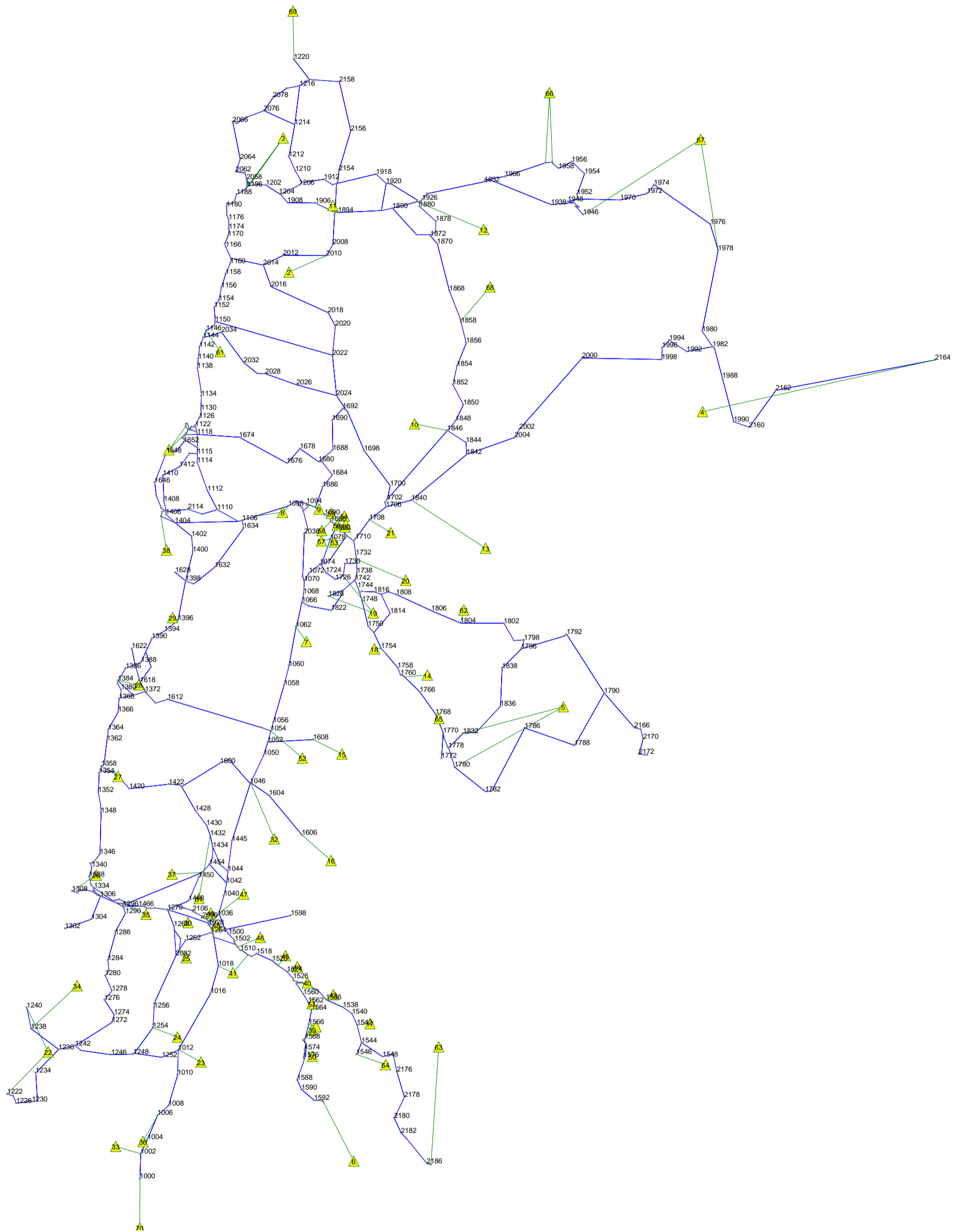
La zonificación se definió según lo reportado en el punto 4.1, correspondiente a 68 zonas internas y 2 macrozonas externas (Norte y Sur), como muestra la siguiente figura

Figura 7.3-1: Zonificación y Red de Modelación



Figura 7.3-2: Red de Modelación en EMME/2

elaborado por AGEdRES 2.0  
ITA Consultores Ltda.



## 7.4 Consideraciones en la Modelación

### 7.4.1 Características de los arcos y conectores

Las características de los arcos utilizados en la modelación son las siguientes:

- nodo inicio y nodo término
- longitud
- capacidad
- Velocidad a flujo libre obtenida de la estimación del modelo COPER.

### 7.4.2 Estimación de Costos Operacionales COPER

Para cada uno de los arcos que conforma la red vial se determinó el costo de combustible de los vehículos livianos y de camiones a través del COPER, que corresponde a una adecuación a las condiciones locales del modelo HDM-IV.

Para tal efecto, se utilizaron las características geométricas y operacionales que presentan los arcos en la situación actual del estudio de referencia, tales como:

- Longitud
- Tipo de carpeta de rodado
- Ancho de pista por sentido
- Altitud promedio del arco respecto al nivel del mar
- Curvatura horizontal (°/km)
- Subidas y Bajadas (m/km)
- Rugosidad (mm/km).

Dado que estos costos serán utilizados por el modelo de asignación corresponden a los costos percibidos directamente por el usuario, por lo tanto corresponden a precios privados. Para tal efecto, se actualizó el vector de precios utilizado en el estudio “Análisis de Proyectos de Infraestructura MOP para Plataforma Logística Regiones I-III”, de la Dirección de Planeamiento del MOP.

**Cuadro 7.4-1: Precios Privados Costos de Operación (\$, dic. 2012)**

Ítem	Unidades	Tipo de Vehículos				
		Autos	Camionetas	Camión Simple	Camión articulado	Buses
Vehículos	(\$/veh)	10.439.520	12.011.707	24.629.475	55.725.783	89.257.180
Combustible	(\$/lt)	568	568	614	622	622
Neumáticos	(\$/neum)	37.104	73.308	113.533	224.926	224.926
Mantenión	(\$/hr)	3.972	3.972	3.972	3.972	3.972
Lubricantes	(\$/lt)	5.339	5.218	2.462	2.462	2.462

Fuente: Elaboración propia



### 7.4.3 Funciones de Costo Generalizado de Transporte y Método de Asignación

Se utilizó el método de asignación estocástico multiusuario considerando la siguiente expresión para el costo generalizado de transporte:

$$CT_{a,i} = Tiempo_a \cdot VST_i + Peaje + CTOT_{i,a}$$

donde:

- $Tiempo_a$  : Tiempo de viaje por el arco a
- $VST_i$  : Valor del tiempo del tipo de usuario i
- $Peaje_a$  : Peaje del arco a
- $CTOT_{i,a}$  : Costos totales de operación del arco a para tipo de vehículo i obtenidos del COPER

### 7.4.4 Valores Subjetivos del Tiempo

Se utilizaron finalmente los valores propuestos en el estudio de referencia “Análisis de Proyectos de Infraestructura MOP para Plataforma Logística Regiones I-III”, de la Dirección de Planeamiento del MOP, debidamente actualizados. En dicho estudio se adoptaron los valores del tiempo de la calibración de los modelos de elección de ruta realizados en el marco del estudio de ingeniería de tránsito para la concesión de la Ruta 5 Norte, en el tramo Domeyko-Caldera, realizado por el Consorcio Ingelog – G&S, durante el año 2007.

**Cuadro 7.4-2: Valores Subjetivos del Tiempo utilizados (\$, dic. 2012)**

Tipo de Vehículo	Valor del Tiempo (\$/min)
Vehículos Livianos	31.20
Camiones Simples	29.40
Camiones Pesados	58.80

Fuente: “Análisis de Proyectos de Infraestructura MOP para Plataforma Logística Regiones I-III”, de la Dirección de Planeamiento del MOP

### 7.4.5 Características y parámetros de los arcos

Los distintos arcos de modelación fueron caracterizados en primer lugar según el tipo de calzada, lo que determina un conjunto de características que fueron parametrizadas según se presenta en el siguiente cuadro

**Cuadro 7.4-3: Parámetros de modelación según tipo de carpeta de rodado**

Calzada	Capacidad (veq/hr)	n (curva BPR)	Factor Longitud	IRI (Rugosidad)
Simple	1.800	3	1,00	3,50
Doble	3.600	6	0,73	2,80
Urbano	1.800	2	2,00	3,00
Bischofita	1.100	1	2,45	4,00
Ripio	900	1	2,45	5,00
Tierra	500	1	2,45	7,00
Rural	1.000	1	1,50	3,00

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente se incorporó en los arcos correspondientes, las tarifas de la concesión Vallendar-Caldera según el siguiente cuadro.

**Cuadro 7.4-4: Precios de peajes en Ruta 5 (\$ enero 2013)**

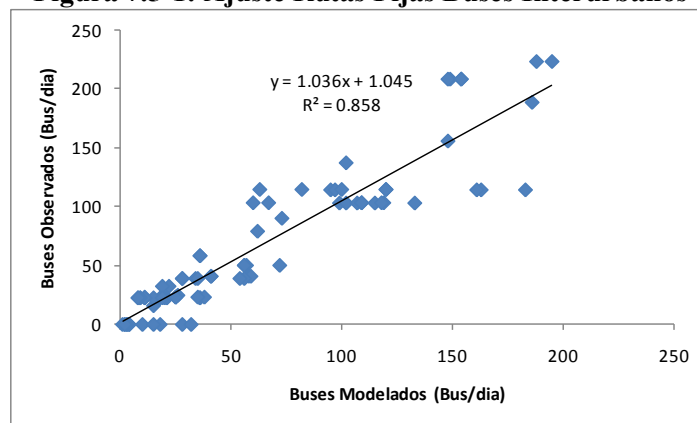
Peaje	Nodo A	Nodo B	VL	CS	CP
Troncal Vallendar-Copiapó	1050	1052	3.300	9.850	13.150
	1052	1050	3.300	9.850	13.150
Troncal Copiapó-Caldera	1102	1104	1.950	5.900	7.900
	1104	1102	1.950	5.900	7.900

Fuente: Concesionaria Valles del Desierto (<http://www.scvallesdeldesierto.cl>)

## 7.5 Resultados de Calibración Rutas de Transporte Público

De acuerdo a la metodología presentada en el acápite 7.2 se realizó el ajuste de rutas fijas. Para tal efecto, se trabajó con buses/día, asumiendo la frecuencia inicial del estudio de referencia la que se hizo variar entre 0.5 y 1.5 veces. Al realizar una regresión lineal entre los flujos observados y modelados se obtuvo un R<sup>2</sup> de 0.858: En la siguiente figura se aprecia el nivel de ajuste alcanzado

**Figura 7.5-1: Ajuste Rutas Fijas Buses Interurbanos**



En la figura siguiente se presenta el flujo vehicular de buses sobre la red de modelación.

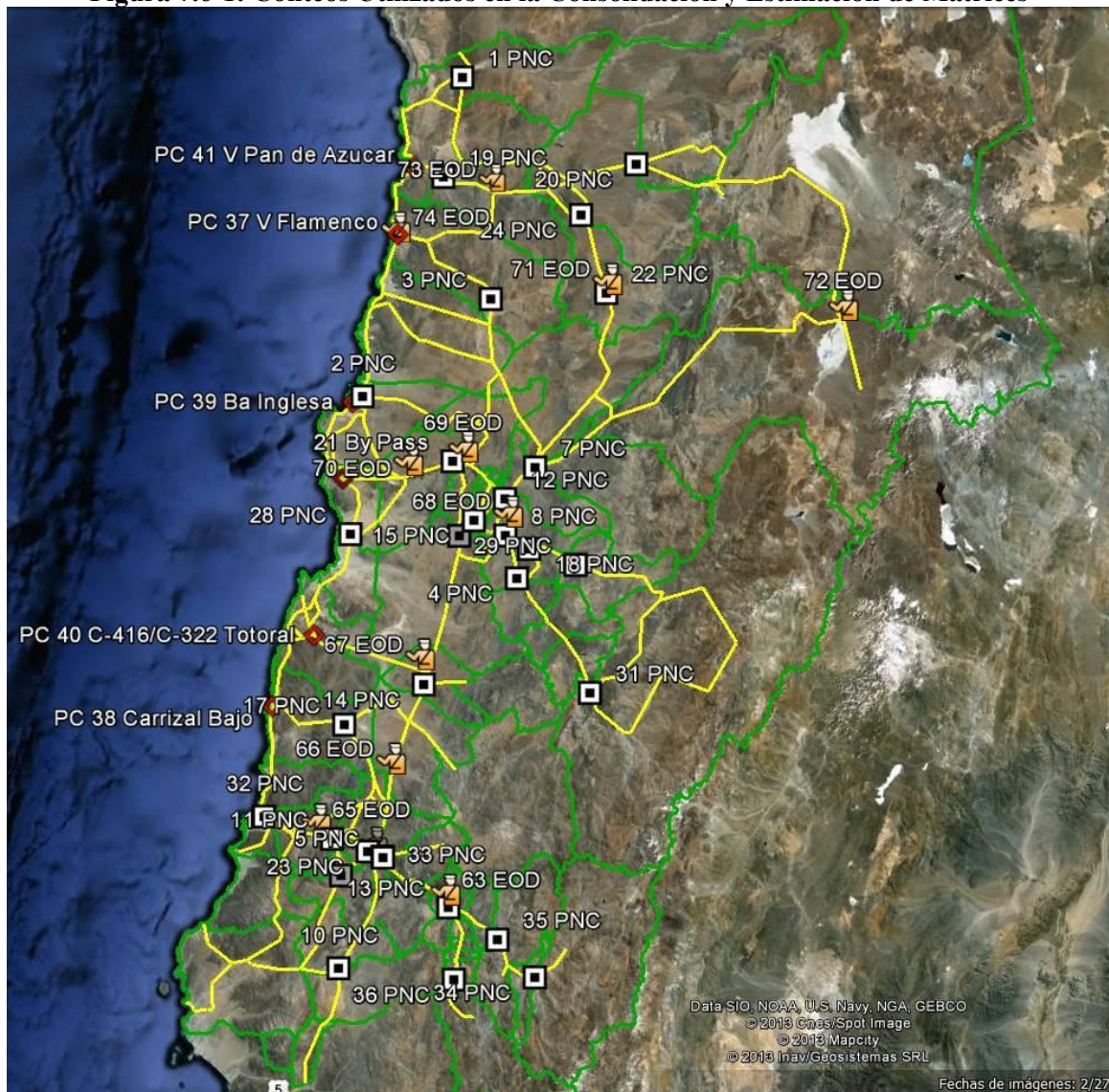
Figura 7.5-2: Flujo de Buses (veh/día)



## 7.6 Resultados de la Calibración Transporte Privado

A continuación se presenta una figura con la cobertura de los conteos de flujo vehicular utilizados tanto en el proceso de consolidación de matrices como para el proceso de estimación.

**Figura 7.6-1: Conteos Utilizados en la Consolidación y Estimación de Matrices**



La información fue procesada a nivel de movimiento en cada punto de control y posteriormente agregada a nivel de arco para su utilización en el proceso de consolidación y estimación de matrices. En el siguiente cuadro se presenta el diccionario entre cada punto de control y los correspondientes nodos de modelación.

**Cuadro 7.6-1: Diccionario Punto de Control – Movimiento – Nodos de Modelación**

PC	Mov	Na	Nb	Nc	PC	Mov	Na	Nb	Nc	PC	Mov	Na	Nb	Nc	PC	Mov	Na	Nb	Nc
1	21	1214	2076	2074	27	11	1072	1070	1068	64	42	1074	1722	2124	50	31	1142	1144	1146
1	10	2078	2076	2074	27	10	1072	1070	2036	64	20	1724	1722	2124	50	20	2034	1144	1146
1	20	1214	2076	2078	27	31	1068	1070	2036	64	41	1074	1722	1724	50	11	1146	1144	1142
1	42	2074	2076	2078	27	30	1068	1070	1072	64	12	2124	1722	1724	50	22	2034	1144	1142
1	41	2074	2076	1214	27	41	2036	1070	1068	64	10	2124	1722	1074	50	12	1146	1144	2034
1	12	2078	2076	1214	27	42	2036	1070	1072	64	21	1724	1722	1074	50	30	1142	1144	2034
2	31	1116	1118	-	28	42	1628	1398	1400	65	41	1744	1746	1748	52	41	2094	2092	-
2	11	1118	1116	-	28	10	1400	1398	1628	65	12	1818	1746	1748	52	21	2092	2094	-
3	10	2018	2020	2022	28	31	1396	1398	1400	65	21	1748	1746	1744	54	32	1445	1046	1602
3	12	2018	2020	-	28	11	1400	1398	1396	65	10	1818	1746	1744	54	42	1602	1046	1048
3	20	-	2020	2018	28	40	1628	1398	1396	65	42	1744	1746	1818	54	10	1048	1046	1602
3	32	2022	2020	2018	28	32	1396	1398	1628	65	20	1748	1746	1818	54	40	1602	1046	1445
3	22	-	2020	2022	29	21	1804	1806	1808	5	42	1494	1496	1038	54	11	1048	1046	1445
3	30	2022	2020	-	29	22	1804	1806	-	5	41	1494	1496	1498	54	31	1445	1046	1048
4	11	1748	1750	1752	29	41	1808	1806	1804	5	10	1038	1496	1494	56	21	1294	1458	-
4	10	1748	1750	-	29	40	1808	1806	-	5	12	1038	1496	1498	56	41	1458	1294	-
4	31	1752	1750	1748	29	32	-	1806	1808	5	20	1498	1496	1038	62	22	2012	2014	2016
4	32	1752	1750	-	29	30	-	1806	1804	5	21	1498	1496	1494	62	30	2016	2014	2012
4	42	-	1750	1748	31	31	1780	1778	1776	10	31	1010	1012	1016	62	20	2012	2014	1164
4	40	-	1750	1752	31	30	1780	1778	1832	10	11	1016	1012	1010	62	32	2016	2014	1164
6	21	1260	2082	2084	31	11	1776	1778	1780	10	21	1014	1012	1252	62	42	1164	2014	2012
6	22	1260	2082	1258	31	12	1776	1778	1832	10	32	1010	1012	1252	62	40	1164	2014	2016
6	30	1258	2082	1260	31	20	1832	1778	1776	10	40	1252	1012	1010	20	42	1934	1936	1968
6	41	2084	2082	1260	31	22	1832	1778	1780	10	10	1016	1012	1252	20	20	1938	1936	1968
6	40	2084	2082	1258	37	31	1162	1164	1166	10	41	1252	1012	1014	20	10	1968	1936	1934
6	32	1258	2082	2084	37	30	1162	1164	2014	10	12	1016	1012	1014	20	21	1938	1936	1934
7	11	1704	1706	1708	37	11	1166	1164	1162	10	42	1252	1012	1016	20	41	1934	1936	1938
7	22	1840	1706	1708	37	12	1166	1164	2014	10	30	1010	1012	1014	20	12	1968	1936	1938
7	30	1708	1706	1840	37	20	2014	1164	1166	10	20	1014	1012	1016	40	41	1618	1376	1616
7	12	1704	1706	1840	37	22	2014	1164	1162	10	22	1014	1012	1010	40	21	1616	1376	1618
7	31	1708	1706	1704	39	40	1656	1654	1652	11	21	1480	1478	-	40	32	1374	1376	1618
7	20	1840	1706	1704	39	22	1116	1654	1652	11	41	1478	1480	-	40	30	1374	1376	1616
8	21	1744	1742	1740	39	21	1116	1654	1656	13	41	1528	1530	1532	40	40	1618	1376	1374
8	32	1830	1742	1740	39	32	1652	1654	1656	13	40	1528	1530	1556	40	22	1616	1376	1374
8	41	1740	1742	1744	39	41	1656	1654	1116	13	30	1556	1530	1532	33	42	1264	1024	1026
8	30	1830	1742	1744	39	30	1652	1654	1116	13	32	1556	1530	1528	33	32	1022	1024	1264
8	40	1740	1742	1830	41	11	2058	1196	-	13	22	1532	1530	1556	33	40	1264	1024	1022
8	22	1744	1742	1830	41	31	1196	2058	-	13	21	1532	1530	1528	33	10	1026	1024	1264
12	11	1710	1712	-	42	21	1108	1404	1636	14	11	1054	1052	1050	33	31	1022	1024	1026
12	31	1712	1710	-	42	41	1636	1404	1108	14	31	1050	1052	1054	33	11	1026	1024	1022
12	21	1732	1712	-	42	22	1108	1404	1402	14	12	1054	1052	1608	48	11	1930	1928	1926
12	41	1712	1732	-	42	30	1402	1404	1108	14	30	1050	1052	1608	48	40	-	1928	1926
15	11	1076	1074	1072	42	20	1108	1404	1406	14	22	1608	1052	1050	48	31	1926	1928	1930
15	22	1722	1074	1072	42	12	1406	1404	1108	14	20	1608	1052	1054	48	42	-	1928	1930
7	30	1072	1074	1722	42	42	1636	1404	1406	17	41	1424	1426	1428	48	10	1930	1928	-
15	12	1076	1074	1722	42	10	1406	1404	1636	17	12	1600	1426	1428	48	32	1926	1928	-
15	31	1072	1074	1076	42	31	1402	1404	1406	17	20	1428	1426	1600	61	31	1900	1916	-
15	20	1722	1074	1076	42	11	1406	1404	1402	17	42	1424	1426	1600	61	21	1918	1916	1914
18	21	1810	1812	1816	42	32	1402	1404	1636	17	10	1600	1426	1424	61	41	1914	1916	1918
18	22	1810	1812	1814	42	40	1636	1404	1402	17	21	1428	1426	1424	61	11	-	1916	1900
18	41	1816	1812	1810	46	30	-	2030	2028	23	11	1482	1028	-	61	22	1918	1916	1900
18	40	1816	1812	1814	46	22	2028	2030	-	23	41	1480	1482	-	61	40	1914	1916	1900
18	32	1814	1812	1816	46	41	2032	2030	2028	23	31	1028	1482	-	61	42	1914	1916	-
18	30	1814	1812	1810	46	40	2032	2030	-	23	21	1482	1480	-	61	20	1918	1916	-
19	21	1908	1910	1204	46	21	2028	2030	2032	32	10	1327	1319	1318	61	10	-	1916	1914
19	10	1206	1205	1204	46	32	-	2030	2032	32	12	1327	1319	1320	61	32	1900	1916	1914
19	20	1908	1910	1205	47	31	1658	1660	1668	32	20	1320	1319	1327	61	12	-	1916	1918
19	12	1206	1205	1910	47	20	1670	1660	1668	32	42	1318	1319	1327	61	30	1900	1916	1918
19	42	1202	1204	1205	47	32	1658	1660	1662	32	21	1320	1319	1318	44	42	1692	1694	2024
19	41	1202	1204	1910	47	42	1662	1660	1668	32	41	1318	1319	1320	44	40	1692	1694	1696
21	21	1096	1098	-	47	22	1670	1660	1658	34	21	1550	1548	-	44	31	1696	1694	2024
21	11	2046	1096	-	47	12	1668	1660	1670	34	41	1548	1550	-	44	32	1696	1694	1692
21	41	1098	2096	-	47	41	1662	1660	1670	35	21	1540	1538	-	44	11	2024	1694	1696
21	31	1096	2046	-	47	30	1658	1660	1670	35	41	1538	1540	-	44	10	2024	1694	1692
22	32	1864	1866	-	47	10	1668	1660	1662	36	21	1588	1578	-	59	31	1852	1854	1856
22	10	1868	1866	-	47	21	1670	1660	1662	36	41	1578	1588	-	59	10	1856	1854	-
22	11	1868	1866	1864	47	11	1668	1660	1658	38	31	1354	1356	1358	59	11	1856	1854	1852
22	40	-	1866	1864	47	40	1662	1660	1658	38	30	1354	1356	1416	59	42	-	1854	1856
22	31	1864	1866	1868	57	41	1066	1820	-	38	11	1358	1356	1354	59	32	1852	1854	-
22	42	-	1866	1868	57	21	1820	1066	-	38	20	1416	1356	1358	59	40	-	1854	1852
24	32	1872	1874	2122	63	41	1760	1762	-	38	22	1416	1356	1354					
24	10	1876	1874	2122	63	21	1762	1760	-	38	12	1358	1356	1416					
24	40	2122	1874	1872						43	21	1242	1236	-					
24	11	1876	1874	1872						43	41								

Los resultados del proceso de consolidación, tanto para las matrices de vehículos livianos como de camiones simples y pesados, se presentan en el cuadro siguiente:

**Cuadro 7.6-2: Indicadores de la Consolidación**

Tipo de Vehículo	Indicador R2	GEH Ponderado
Vehículos Liviano	0,582	2,21
Camiones Simples	0,678	0,95
Camiones Pesados	0,611	2,25

Los bajos indicadores tienen relación con ciertos pares que presentan flujos y que no son posibles de ser observados en las encuestas EOD realizadas, como por ejemplo los viajes entre Copiapó y el Paso San Francisco.

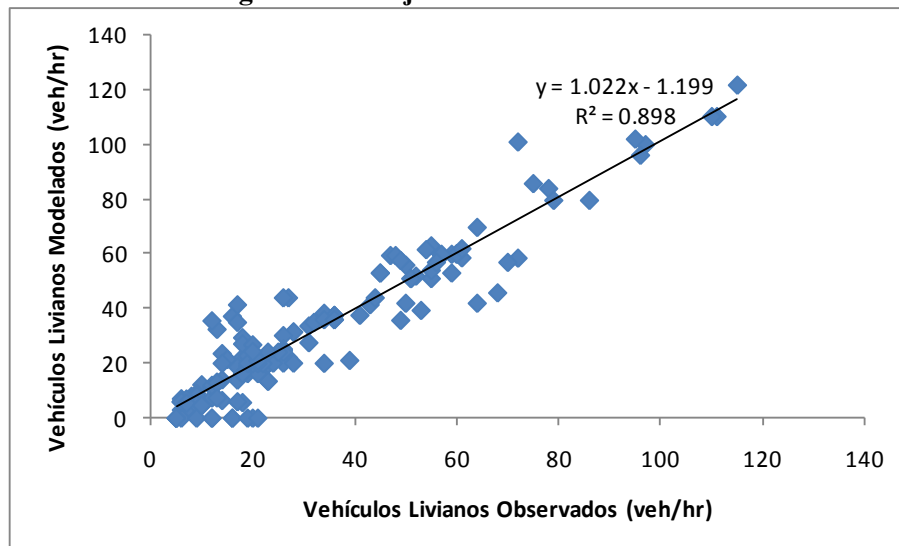
Por lo anterior, se implementó un proceso de “semillado” manual de la matriz resultante del proceso de consolidación, de forma de construir las matrices a priori de los distintos tipos de vehículos.

Una vez construidas estas matrices, se realiza el proceso de estimación basado en la maximización de la entropía realizando tres iteraciones y cuyos resultados son los siguientes:

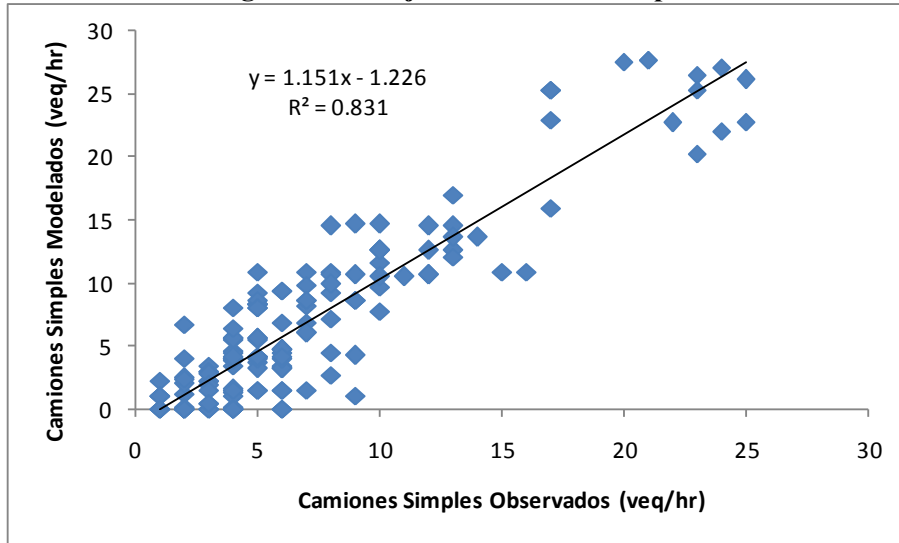
**Cuadro 7.6-3: Indicadores de la Estimación**

Tipo de Vehículo	Indicador R2	GEH Ponderado
Vehículos Liviano	0,898	0,49
Camiones Simples	0,831	0,48
Camiones Pesados	0,867	1,03

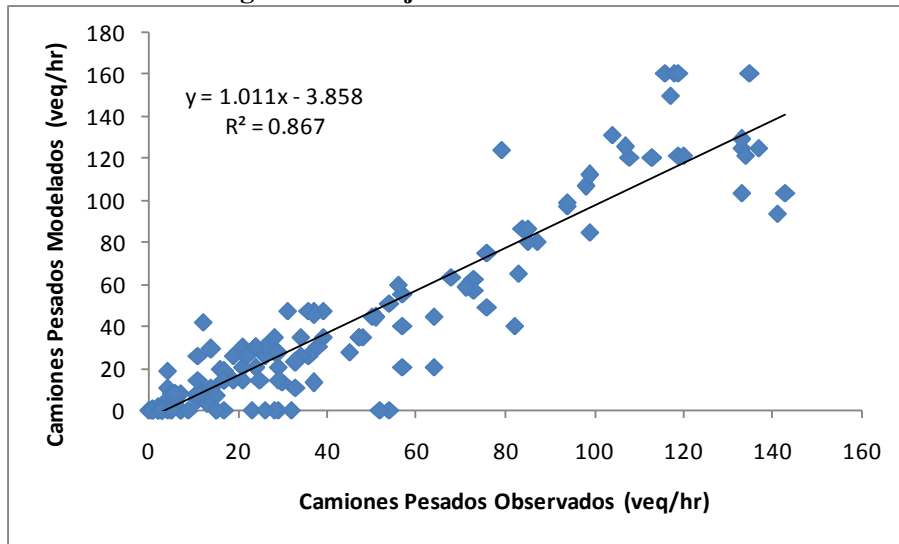
**Figura 7.6-2: Ajuste Vehículos Livianos**



**Figura 7.6-3: Ajuste Camiones Simples**



**Figura 7.6-4: Ajuste Camiones Pesados**



A continuación se presentan los flujos observados y modelados a nivel de arco para cada tipo de vehículo a nivel diario y posteriormente las asignaciones correspondientes, donde es posible apreciar el alto nivel de simetría logrado sobre la Ruta 5 en los distintos tipos de usuarios.

**Cuadro 7.6-4: Comparación entre Flujo Observado y Modelado. Vehículos Livianos /Día**

NA	NB	Obs	Mod	NA	NB	Obs	Mod	NA	NB	Obs	Mod
1010	1012	720	722	1319	1318	1332	1323	1744	1742	840	683
1012	1010	624	623	1319	1320	1032	955	1744	1746	600	504
1012	1014	156	156	1319	1327	144	0	1746	1744	672	683
1012	1016	732	703	1320	1319	1320	1323	1746	1748	408	432
1012	1252	96	96	1327	1319	240	0	1746	1818	204	72
1014	1012	168	77	1328	1330	84	35	1748	1746	528	528
1016	1012	600	671	1356	1358	72	72	1748	1750	432	432
1022	1024	564	714	1424	1426	96	84	1750	1748	324	528
1024	1022	708	719	1426	1428	60	0	1750	1752	432	432
1024	1026	576	714	1426	1600	108	84	1752	1750	312	528
1026	1024	720	719	1428	1426	72	0	1760	1762	216	326
1028	1482	684	714	1445	1046	708	637	1762	1760	204	225
1038	1496	216	68	1458	1294	192	447	1776	1778	240	229
1046	1048	720	721	1478	1480	864	1211	1778	1776	156	157
1046	1445	660	612	1480	1478	768	837	1778	1780	228	229
1046	1602	72	36	1480	1482	1380	1461	1780	1778	156	157
1048	1046	660	649	1482	1028	684	719	1806	1804	72	72
1050	1052	540	637	1482	1480	1152	1153	1808	1806	72	72
1052	1050	612	612	1494	1496	588	429	1812	1810	72	72
1052	1054	540	637	1496	1038	204	167	1816	1812	72	72
1054	1052	612	612	1496	1494	468	253	1818	1746	156	155
1066	1820	156	390	1496	1498	516	497	1820	1066	144	427
1068	1070	660	756	1498	1496	384	420	1830	1742	240	253
1070	1068	732	743	1528	1530	204	497	1840	1706	84	66
1070	2036	168	283	1530	1528	204	420	1852	1854	276	237
1072	1074	636	473	1530	1532	180	257	1854	1852	324	265
1074	1072	492	451	1530	1556	240	240	1854	1856	276	237
1074	1076	648	739	1532	1530	252	252	1856	1854	312	265
1074	1722	408	241	1538	1540	228	228	1864	1866	228	196
1076	1074	588	692	1540	1538	264	252	1866	1864	312	241
1096	1098	900	1029	1548	1550	108	98	1866	1868	216	196
1098	1096	936	1007	1550	1548	72	85	1868	1866	336	241
1116	1118	1164	1200	1556	1530	168	168	1872	1874	252	196
1116	1654	192	0	1578	1588	276	162	1874	1872	288	241
1118	1116	1140	1224	1588	1578	276	162	1874	1876	216	196
1142	1144	432	451	1602	1046	84	84	1876	1874	252	241
1144	1142	336	378	1654	1116	192	0	1908	1910	240	322
1144	1146	432	451	1654	1652	60	0	1910	1204	228	273
1146	1144	336	378	1654	1656	228	0	1926	1928	264	240
1162	1164	408	451	1656	1654	252	0	1928	1926	312	290
1164	1162	408	460	1704	1706	312	265	1928	1930	240	240
1164	1166	312	362	1706	1704	228	237	1930	1928	300	290
1164	2014	144	89	1706	1708	372	331	1934	1936	252	240
1166	1164	372	404	1706	1840	108	60	1936	1934	276	290
1202	1204	432	450	1708	1706	312	297	1936	1968	228	240
1204	1205	312	303	1722	1074	300	267	1968	1936	252	252
1204	1910	120	147	1722	1724	168	241	2012	2014	120	56
1205	1204	144	136	1722	2124	108	0	2014	1164	120	56
1206	1205	144	144	1724	1722	216	267	2014	2012	156	89
1252	1012	108	108	1740	1742	816	550	2036	1070	240	292
1264	1024	60	0	1742	1740	864	702	2082	1260	60	0
1294	1458	216	353	1742	1744	768	504	2124	1722	144	0
1318	1319	948	955	1742	1830	276	280				



**Cuadro 7.6-5: Comparación entre Flujo Observado y Modelado. Camiones Simples /Día**

NA	NB	Obs	Mod	NA	NB	Obs	Mod	NA	NB	Obs	Mod
1010	1012	150	157	1319	1318	78	87	1744	1742	60	63
1012	1010	138	122	1319	1320	54	52	1744	1746	84	82
1012	1014	12	7	1319	1327	24	0	1746	1744	66	63
1012	1016	138	159	1320	1319	72	87	1746	1748	60	76
1012	1252	24	8	1327	1319	12	0	1746	1818	24	6
1014	1012	24	1	1328	1330	18	0	1748	1746	54	52
1016	1012	132	136	1356	1358	6	14	1748	1750	60	76
1022	1024	126	166	1424	1426	24	24	1750	1748	42	52
1024	1022	102	152	1426	1428	24	24	1750	1752	60	76
1024	1026	126	166	1426	1600	12	0	1752	1750	42	52
1026	1024	102	152	1428	1426	18	14	1760	1762	24	25
1028	1482	144	163	1445	1046	90	65	1762	1760	24	48
1038	1496	42	49	1458	1294	30	52	1776	1778	24	0
1046	1048	96	65	1478	1480	60	58	1778	1776	30	48
1046	1445	72	64	1480	1478	144	132	1778	1780	24	0
1046	1602	12	0	1480	1482	150	137	1780	1778	30	48
1048	1046	72	64	1482	1028	138	152	1806	1804	6	6
1050	1052	48	65	1482	1480	102	95	1808	1806	6	6
1052	1050	54	64	1494	1496	36	21	1812	1810	6	6
1052	1054	42	65	1496	1038	24	23	1816	1812	6	6
1054	1052	48	64	1496	1494	42	36	1818	1746	18	11
1066	1820	78	102	1496	1498	60	70	1820	1066	36	26
1068	1070	30	65	1498	1496	48	59	1830	1742	54	6
1070	1068	42	59	1528	1530	12	40	1840	1706	12	15
1070	2036	12	24	1530	1528	42	36	1852	1854	42	9
1072	1074	36	41	1530	1532	18	18	1854	1852	36	28
1074	1072	18	21	1530	1556	30	23	1854	1856	36	9
1074	1076	42	41	1532	1530	48	27	1856	1854	36	28
1074	1722	36	0	1538	1540	18	18	1864	1866	30	9
1076	1074	24	21	1540	1538	24	27	1866	1864	36	19
1096	1098	60	88	1548	1550	12	12	1866	1868	30	9
1098	1096	30	56	1550	1548	12	15	1868	1866	36	19
1116	1118	54	88	1556	1530	24	10	1872	1874	24	9
1116	1654	6	0	1578	1588	18	14	1874	1872	36	19
1118	1116	48	56	1588	1578	24	24	1874	1876	18	9
1142	1144	30	50	1602	1046	24	0	1876	1874	30	19
1144	1142	30	50	1654	1116	12	0	1908	1910	36	24
1144	1146	30	50	1654	1652	6	0	1910	1204	30	24
1146	1144	30	50	1654	1656	12	0	1926	1928	30	34
1162	1164	36	56	1656	1654	18	0	1928	1926	30	25
1164	1162	78	76	1704	1706	36	28	1928	1930	30	34
1164	1166	36	56	1706	1704	36	9	1930	1928	30	25
1164	2014	12	0	1706	1708	48	43	1934	1936	24	34
1166	1164	78	73	1706	1840	18	17	1936	1934	30	25
1202	1204	120	166	1708	1706	54	25	1936	1968	24	34
1204	1205	102	138	1722	1074	36	0	1968	1936	36	25
1204	1910	24	28	1722	1724	36	0	2012	2014	18	3
1205	1204	24	33	1722	2124	24	0	2014	1164	18	3
1206	1205	30	33	1724	1722	18	0	2014	2012	24	0
1252	1012	12	1	1740	1742	72	76	2036	1070	24	38
1264	1024	6	0	1742	1740	60	47	2082	1260	6	0
1294	1458	48	87	1742	1744	78	82	2124	1722	24	0
1318	1319	54	52	1742	1830	48	16				

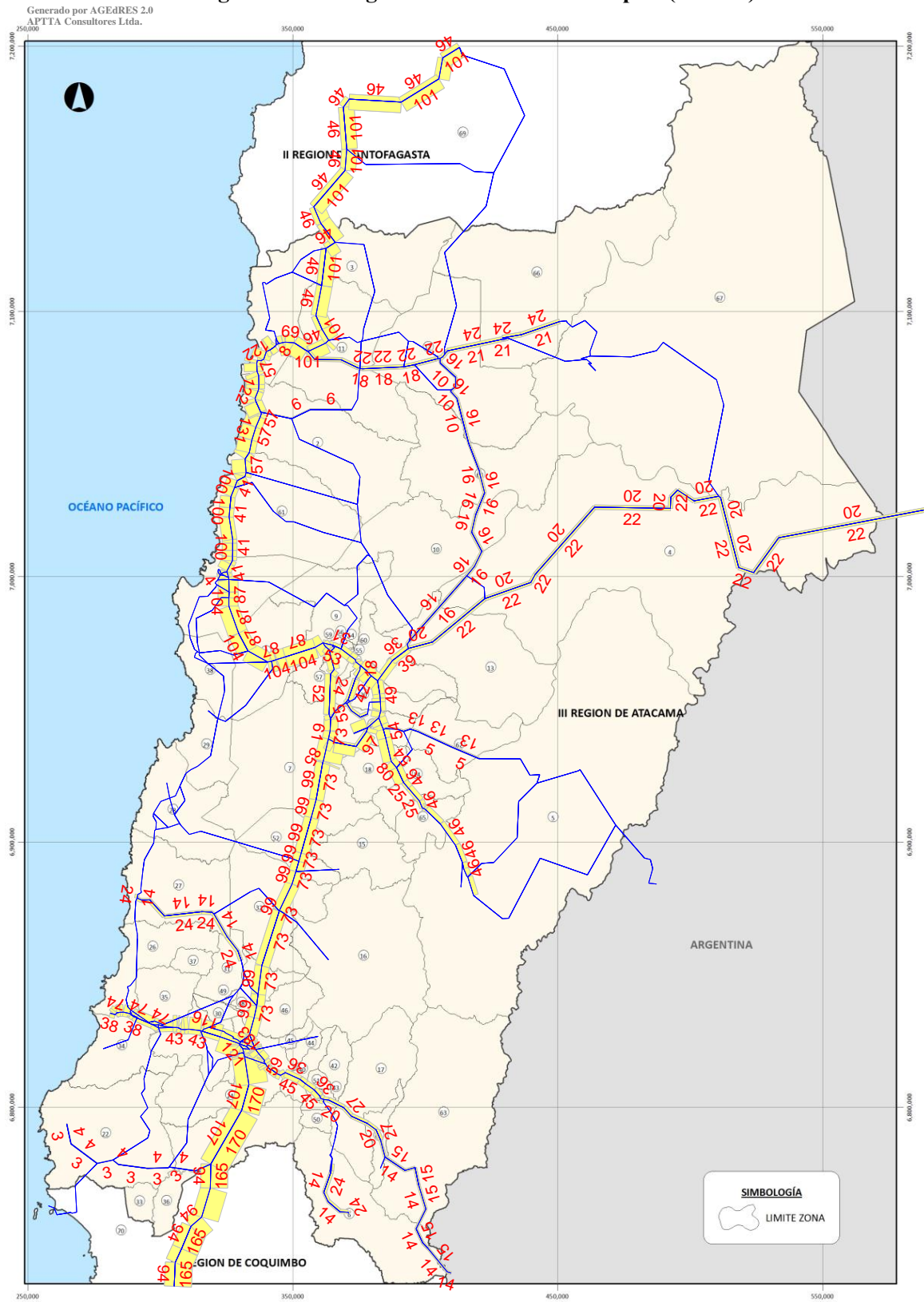
**Cuadro 7.6-6: Comparación entre Flujo Observado y Modelado. Camiones Pesados /Día**

NA	NB	Obs	Mod	NA	NB	Obs	Mod	NA	NB	Obs	Mod
1010	1012	392	428	1318	1319	148	190	1744	1742	156	140
1012	1010	468	599	1319	1318	96	121	1744	1746	228	83
1012	1014	16	44	1319	1320	144	190	1746	1744	192	140
1012	1016	396	448	1319	1327	12	0	1746	1748	116	83
1012	1252	4	0	1320	1319	104	121	1746	1818	112	0
1014	1012	16	21	1327	1319	0	0	1748	1746	136	140
1016	1012	464	643	1328	1330	4	0	1748	1750	96	83
1022	1024	532	501	1356	1358	16	75	1750	1748	188	140
1024	1022	472	643	1424	1426	56	43	1750	1752	96	83
1024	1026	548	501	1426	1428	52	12	1752	1750	188	140
1026	1024	476	643	1426	1600	60	30	1776	1778	84	83
1028	1482	532	415	1428	1426	120	54	1778	1776	44	33
1038	1496	24	18	1445	1046	536	486	1778	1780	84	83
1046	1048	532	516	1458	1294	124	190	1780	1778	44	33
1046	1445	432	482	1480	1482	156	190	1806	1804	12	0
1046	1602	44	20	1482	1028	540	643	1808	1806	12	0
1048	1046	428	502	1482	1480	96	121	1812	1810	12	0
1050	1052	476	486	1494	1496	8	8	1816	1812	12	0
1052	1050	452	482	1496	1038	28	0	1818	1746	60	0
1052	1054	480	486	1496	1494	28	32	1820	1066	48	168
1054	1052	452	482	1496	1498	24	26	1830	1742	132	42
1066	1820	56	117	1498	1496	48	32	1840	1706	108	125
1068	1070	572	414	1528	1530	8	8	1852	1854	144	104
1070	1068	564	375	1530	1528	20	32	1854	1852	116	110
1070	2036	272	253	1530	1532	8	4	1854	1856	136	104
1072	1074	328	161	1530	1556	12	3	1856	1854	112	110
1074	1072	256	178	1532	1530	24	32	1864	1866	76	104
1074	1076	228	161	1538	1540	4	4	1866	1864	84	59
1074	1722	216	0	1540	1538	24	32	1866	1868	88	104
1076	1074	200	178	1548	1550	16	0	1868	1866	100	59
1096	1098	316	496	1550	1548	24	32	1872	1874	104	104
1098	1096	376	389	1556	1530	8	0	1874	1872	68	59
1116	1118	416	525	1578	1588	60	0	1874	1876	44	104
1116	1654	4	0	1588	1578	68	0	1876	1874	44	59
1118	1116	376	398	1602	1046	44	30	1908	1910	224	239
1142	1144	304	300	1654	1116	8	0	1910	1204	132	92
1144	1142	292	250	1654	1652	0	0	1926	1928	68	58
1144	1146	304	300	1654	1656	4	0	1928	1926	104	122
1146	1144	292	250	1656	1654	8	0	1928	1930	68	58
1162	1164	336	346	1704	1706	180	110	1930	1928	96	122
1164	1162	348	322	1706	1704	136	104	1934	1936	76	58
1164	1166	340	346	1706	1708	284	234	1936	1934	152	122
1164	2014	8	0	1706	1840	68	73	1936	1968	148	52
1166	1164	340	322	1708	1706	204	177	1968	1936	116	58
1202	1204	396	339	1722	1074	208	0	2012	2014	28	0
1204	1205	332	260	1722	1724	92	0	2014	1164	28	0
1204	1910	64	79	1722	2124	116	0	2014	2012	20	0
1205	1204	216	204	1724	1722	128	0	2036	1070	304	197
1206	1205	292	229	1740	1742	228	223	2082	1260	36	0
1252	1012	12	0	1742	1740	148	182	2124	1722	104	0
1264	1024	20	0	1742	1744	256	83				
1294	1458	84	121	1742	1830	112	139				

**Figura 7.6-5: Asignación de Vehículos Livianos (veh/día)**



**Figura 7.6-6: Asignación de Camiones Simples (veh/día)**



**Figura 7.6-7: Flujo Total asignado (veh/día)**

