

## 2 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE ESTUDIOS ANTERIORES

### 2.1 Estudios Dirplan VI-VII, VIII y IX-X Regiones

En esta sección se presenta una breve descripción de los principales aspectos abordados en los estudios desarrollados por la Dirplan para las VI-VII, VIII y IX-X Regiones y que corresponden a las siguientes referencias:

- Análisis y Evaluación del Sistema de Transporte de la Macrozona Centro-Sur (Ghisolfo, 2006), en el cual se aborda el sistema vial de las Regiones VI y VII.
- Análisis y Evaluación del Sistema de Transporte Interurbano de la Macrozona Sur, (Ciprés, 2002), en el cual se aborda el sistema vial de la VIII Región.
- Desarrollo de un Plan de Transporte Terrestre para las Regiones IX y X (CIS, 2004), en el cual se aborda el sistema vial de las Regiones IX y X.

#### 2.1.1 Redes y Zonificación

Los tres estudios se encuentran estructurados a partir de una zonificación a nivel comunal, debido principalmente a que de esta forma, la caracterización de cada zona coincide de forma más directa con los antecedentes de base requeridos para los modelos de demanda, tales como la población, la producción o el nivel de ingreso.

El modelo VI-VII contiene un mayor número de zonas, ya que considera una mayor desagregación para algunas comunas. Del mismo modo se observa que el modelo VI-VII presenta una mayor cantidad de arcos con respecto a la longitud cubierta por la red. Esto implica que el criterio empleado para la definición de arcos es disímil entre los tres estudios y obedece a distintos objetivos para su desagregación.

En los cuadros siguientes se presenta los atributos con los cuales se caracterizan los arcos de cada una de las redes.

**Cuadro N° 2.1-1: Atributos de Caracterización de los Arcos del Estudio VI-VII**

| Campo     | Descripción             |
|-----------|-------------------------|
| ID        | Identificación          |
| LONG      | Longitud                |
| COD_CAR   | Tipo de Carpeta         |
| NI        | Nodo Inicial            |
| NF        | Nodo Final              |
| COD_CAL   | Tipo de Calzada         |
| P+        | Pendiente en Subida     |
| P-        | Pendiente en Bajada     |
| CURV      | Curvatura               |
| ROL       | Rol del Camino          |
| RUGOSIDAD | Rugosidad del Camino    |
| ALT       | Altura Promedio (msnm.) |
| TIPO      | Vocación del Camino     |

Fuente: Ghisolfo, 2006

**Cuadro N° 2.1-2: Atributos de Caracterización de los Arcos del Estudio VIII**

| Campo      | Descripción              |
|------------|--------------------------|
| ID         | Identificación           |
| LENGTH     | Longitud                 |
| DIR        | Dirección                |
| NI         | Nodo Inicial             |
| NF         | Nodo Final               |
| ENLACE     | Enlace (si=1; no=0)      |
| PISTAS     | Nº Pistas                |
| CARPETA    | Tipo de Carpeta          |
| CURVATURA  | Curvatura                |
| PENDIENTE  | Pendiente                |
| INTERFEREN | Roce Urbano              |
| NOAD       | No Adelantar             |
| MODO       | Modo                     |
| TIPO_ARCO  | Tipo de Arco             |
| CODIGO     | Código del Camino        |
| ROL        | Rol del Camino           |
| NOMBRE     | Nombre del Camino        |
| TIPO_CAMIN | Clasificación del Camino |
| CALZADA    | Tipo de Calzada          |

Fuente: Ciprés, 2002

**Cuadro N° 2.1-3: Atributos de Caracterización de los Arcos del Estudio IX-X**

| Campo      | Descripción              |
|------------|--------------------------|
| ID         | Identificación           |
| LENGTH     | Longitud                 |
| DIR        | Dirección                |
| NI         | Nodo Inicial             |
| NF         | Nodo Final               |
| ENLACE     | Enlace (si=1; no=0)      |
| PISTAS     | Nº Pistas                |
| CARPETA    | Tipo de Carpeta          |
| CURVATURA  | Curvatura                |
| PENDIENTE  | Pendiente                |
| INTERFEREN | Roce Urbano              |
| NOAD       | No Adelantar             |
| MODO       | Modo                     |
| TIPO_ARCO  | Tipo de Arco             |
| CODIGO     | Código del Camino        |
| ROL        | Rol del Camino           |
| NOMBRE     | Nombre del Camino        |
| TIPO_CAMIN | Clasificación del Camino |
| CALZADA    | Tipo de Calzada          |
| ROL1       | Rol de la ruta           |

Fuente: CIS, 2004

Como se puede apreciar en las tablas anteriores la codificación de los arcos de los estudios en cuestión es bastante similar, y se abocan principalmente a la identificación de los arcos, caracterización geométrica y funcional de estos. No obstante existen algunas pequeñas

diferencias, por ejemplo en los dos primeros estudios se utiliza un campo especial para caracterizar los enlaces, mientras que estos atributos son incluidos en el campo COD\_CAR en el estudio de las regiones VI-VII mediante un código. Para estos casos en los cuales existen diferencias se generarán diccionarios apropiados con el fin de homologar los atributos de la caracterización de los arcos de los estudios en cuestión.

### 2.1.2 Función de Tiempo de Viaje y Costo de Operación

Uno de los elementos relevantes en la caracterización de los arcos lo constituye las funciones de tiempo de viaje y costo de operación que se emplean en cada modelo para incorporar la variable costo de viaje a nivel de arco.

En el caso de los estudios VIII y IX-X el tiempo de viaje corresponde simplemente a la longitud dividida por la velocidad a flujo libre, no incorporándose el efecto de disminución por congestión. Esto puede ser razonable para gran parte de la red, en la cual los tiempos de viaje no se ven alterados por el flujo debido al bajo volumen de este. Sí se hace gran hincapié en definir una función para estimar la velocidad a flujo libre, la que depende de una serie de parámetros relacionados con las características físicas y geométricas de los arcos. La velocidad para cada arco es finalmente definida a partir de una categorización predefinida, en la cual los parámetros que inciden en los costos y tiempos de viaje dependen de la categoría asociada al arco. Vale decir los modelos VIII, IX y X responden a un criterio estratégico para parametrizar la red.

En el caso del modelo VI-VII la modelación tanto del costo operacional como de la velocidad a flujo libre se realizó para cada arco de la red tomando como base el modelo COPER. En el caso de la velocidad a flujo libre, ésta es función de la velocidad generada por COPER y un factor que incorpora el roce urbano. Sin embargo a diferencia de los otros estudios el tiempo de viaje de equilibrio es función de la velocidad a flujo libre (ya descrita) y una disminución de ésta de carácter lineal en función del flujo en el arco.

### 2.1.3 Categorías de Usuarios

Las categorías utilizadas para la desagregación de la demanda de usuarios de vehículos livianos son semejantes: ingreso alto, ingreso medio, ingreso bajo y pagado por empresa. La excepción la constituye el modelo de la VI-VII en que no se incluyó la categoría "pagado por la empresa".

Los siguientes cuadros muestran los valores subjetivos del tiempo utilizados y los criterios de ingreso para definir las categorías.

**Cuadro N° 2.1-4: Valor Subjetivo del Tiempo Utilizado en Estudio VI y VII Regiones (\$ Diciembre 2005)**

| Tipo | Período Laboral |               |              |
|------|-----------------|---------------|--------------|
|      | Ingreso Bajo    | Ingreso Medio | Ingreso Alto |
| VST  | 36              | 65            | 98           |

Fuente: Ghisolfo, 2006

Ingreso Bajo: Menor a \$283.818  
 Ingreso Medio: Entre \$283.819 y \$578.776  
 Ingreso Alto: Mayor a \$578.777

**Cuadro N° 2.1-5: Valor Subjetivo del Tiempo Utilizado en Estudio VIII Región (\$/minuto Diciembre 2001)**

| Ingreso                 | Propósito | Valor del Tiempo |
|-------------------------|-----------|------------------|
| Bajo                    | Obligado  | 63,36            |
| Medio                   | Obligado  | 63,36            |
| Alto                    | Obligado  | 92,62            |
| Bajo                    | Placer    | 73,28            |
| Medio                   | Placer    | 77,99            |
| Alto                    | Placer    | 77,99            |
| Pagado por el empleador |           | 71,96            |

Fuente: Ciprés, 2002

Ingreso Bajo: < 240.000  
 Medio: 200.000 < 800.000  
 Alto: > 800.000

**Cuadro N° 2.1-6: Ponderadores de la Distancia en Vehículos Livianos Estudio VIII Región (\$/minuto Diciembre 2001)**

| VSTA | Descripción           | FACTOR |
|------|-----------------------|--------|
| 1    | Calzada Simple        | 1.027  |
| 2    | Calzada Doble         | 1      |
| 3    | No Pavimentado        | 2.267  |
| 4    | Urbano densidad alta  | 1.296  |
| 5    | Urbano densidad media | 1.296  |
| 6    | Enlace                | 1.027  |
| 7    | Cuesta                | 3      |
| 8    | Cuesta No Pavimentada | 3      |
| 9    | Conector              | 1      |

Fuente: Ciprés, 2002

**Cuadro N° 2.1-7: Valor Subjetivo del Tiempo Utilizado en Estudio IX y X Regiones (\$/minuto Marzo 2004)**

| Tipo Pavimento | Período Laboral |               |              |              | Fin de Semana |               |              |              |
|----------------|-----------------|---------------|--------------|--------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
|                | Ingreso Bajo    | Ingreso Medio | Ingreso Alto | Paga Empresa | Ingreso Bajo  | Ingreso Medio | Ingreso Alto | Paga Empresa |
| Ripio          | 44              | 82            | 104          | 82           | 46            | 86            | 109          | 86           |
| Simple         | 33              | 61            | 78           | 61           | 37            | 69            | 88           | 69           |
| Doble          | 22              | 40            | 51           | 40           | 29            | 55            | 70           | 55           |

Fuente: CIS, 2004

Ingreso Bajo: Menor a \$157.000  
 Medio: 157.000 y 894.000  
 Alto: Más de 894.000

**Cuadro N° 2.1-8: Relación Costo/Peaje por Categoría de Camión Estudio IX y X Regiones**

| Tipo               | Camión simple | Camión pesado |
|--------------------|---------------|---------------|
| Carga agropecuaria | 1,99          | 1,21          |
| Carga forestal     | 2,02          | 1,23          |
| Otras cargas       | 2,79          | 1,70          |
| Camiones vacíos    | 2,23          | 1,36          |

Fuente: CIS, 2004

**2.1.4 Encuestas Origen Destino**

Se presenta a continuación un resumen con la descripción de las encuestas origen- destino de las cuales se dispone para utilizar en el presente estudio y que corresponden a lo recabado como parte de los estudios de base efectuados en los tres estudios antes citados.

**Cuadro N° 2.1-9: Resumen Estudios de Base**

| Región                            | VI-VII              | VIII               | IX-X                |
|-----------------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| <b>Fecha Realización</b>          |                     |                    |                     |
| EOD                               | 17 ago- 22 sep 2005 | 27 Oct-18 Nov 2001 | 18 mar- 28 mar 2004 |
| Conteos                           | 18 ago- 22 sep 2005 | n/a                | n/a                 |
| <b>Días de Semana</b>             |                     |                    |                     |
| EOD                               | Lab / FDS           | Lab / FDS          | Lab / FDS           |
| Conteos                           | Lab / FDS           | n/a                | n/a                 |
| <b>N° Puntos de Control</b>       |                     |                    |                     |
| EOD                               | 30                  | 25                 | 21                  |
| Conteos                           | 16                  | n/a                | n/a                 |
| <b>N° de Encuestas Realizadas</b> |                     |                    |                     |
| EOD VL                            | 38.733              | 21.638             | 22.281              |
| EOD CS                            | 5.644               | 2.383              | 7.905               |
| EOD CP                            | 4.238               | 5314               |                     |
| PD VL                             | -                   | 4296               | -                   |

Fuente: Ghisolfo, 2006; CIS, 2004 y Ciprés, 2002

Como se puede apreciar en la tabla anterior el estudio que exhibe una mayor cobertura en las EOD es el estudio de las regiones VI y VII, presentando una diferencia de casi 16.000 encuestas, en promedio, a vehículos livianos en comparación con las efectuadas en los estudios de la VIII Región y regiones IX y X. Con respecto a las mediciones de aforos vehiculares (puntos exclusivos de conteos vehiculares) solamente se realizaron en el estudio de Macrozona Centro-Sur, siendo éstos sustituidos en los dos estudios restantes por flujos captados en Plazas de Peajes o en el Plan Nacional de Censos, que realiza la Dirección de Vialidad cada dos años.

A pesar de la diferencia en las fechas de las mediciones todas fueron realizadas en temporada normal (entre la segunda semana de Marzo y la segunda semana de Diciembre), siendo asimilada la temporada alta, en todos los estudios, mediante factores calculados a partir de flujos registrados en Instrumentos de Conteo Continuo.

### 2.1.4.1 Estudio VI y VII Regiones (Ghisolfo, 2006)

Los Estudios de Base del Estudio de la Macrozona Centro-Sur se realizaron entre los meses de Agosto y Septiembre del año 2005, abarcando 30 puntos de EOD, en los cuales se realizaron tanto EOD como conteos vehiculares y en algunas rutas mediciones de velocidad. Junto con lo anterior se midieron exclusivamente aforos vehiculares en 16 puntos del área de influencia directa, para así ajustar las matrices de viajes. A continuación se presentan una serie de tablas resumen con datos relevantes de los Estudios de Base del estudio de las regiones VI y VII. Ver cuadros y figuras siguientes.

**Cuadro N° 2.1-10: Plan de Mediciones Encuesta O-D Estudio VI y VII Regiones**

| PC | Rol              | Ubicación                   | Región | Fecha de Realización |               |
|----|------------------|-----------------------------|--------|----------------------|---------------|
|    |                  |                             |        | Laboral              | Fin de Semana |
| 1  | 128CH            | Parral-Cauquenes            | VII    | 18-ago               | 01-oct        |
| 2  | M-30-L           | San Javier-Constitución     | VII    | 17-ago               | 02-ago        |
| 3  | K-60             | Talca - Penciahue           | VII    | 24-ago               | 02-oct        |
| 4  | K-16             | Sagrada Familia -Villa Prat | VII    | 30-ago               | 04-sep        |
| 5  | J-60             | Curico-Rauco                | VII    | 30-ago               | 03-sep        |
| 6  | 115-CH           | Corralones                  | VII    | 24-ago               | 02-sep        |
| 7  | 128-CH           | Cauquenes-Constitución      | VII    | 18-ago               | 01-oct        |
| 8  | I-50             | San Fernando-Santa Cruz     | VI     | 21-sep               | 24-sep        |
| 9  | R-66             | Poniente Ruta 5             | VI     | 06-sep               | 11-sep        |
| 10 | I-50             | Peralillo - Marchigue       | VI     | 22-sep               | 25-sep        |
| 11 | I-80-G           | Sur Litueche                | VI     | 22-sep               | 25-sep        |
| 12 | Ruta 5           | Linares -Parral             | VII    | 23-ago               | 01-oct        |
| 13 | Ruta 5           | Norte-Rancagua              | VI     | 22-sep               | 25-sep        |
| 14 | Ruta 126         | Sur Cauquenes               | VII    | 18-ago               | 02-oct        |
| 15 | G-66             | Lago Rapel                  | VI     | 08-sep               | 10-sep        |
| 16 | R-5              | San Fernando-Curicó         | VI     | 31-ago               | 24-sep        |
| 17 | I-72             | Santa Cruz -Lolol           | VI     | 06-sep               | 11-sep        |
| 18 | L-11             | San Javier-Colbún           | VII    | 17-ago               | 20-ago        |
| 19 | J-55             | Poniente -Romeral           | VII    | 30-ago               | 04-sep        |
| 20 | R-115            | Km. 100                     | VII    | 24-ago               | No se realizó |
| 21 | R-5              | Curico -Talca               | VII    | 25-ago               | 04-sep        |
| 22 | J-60             | Licantén - Iloca            | VII    | 01-sep               | 03-sep        |
| 23 | H-900-I          | Peralillo-Las Cabras        | VI     | 22-sep               | 25-sep        |
| 24 | I-520            | Pichilemu-Cahuil            | VI     | 08-sep               | 10-sep        |
| 25 | I-880            | Chimbarongo                 | VI     | 21-sep               | 11-sep        |
| 26 | J - 80 / J - 790 | Norte de Vichuquén          | VII    | 01-sep               | 10-sep        |
| 27 | L-45             | Sur de Llepo                | VII    | 23-ago               | 01-oct        |
| 28 | M-40             | Sector Puico                | VII    | 18-ago               | 01-oct        |
| 29 | J-810            | Sector Vichuquén            | VII    | 01-sep               | 03-sep        |
| 30 | I-50             | Pichilemu - Alcones         | VI     | 08-sep               | 10-sep        |

Fuente: Ghisolfo, 2006

**Cuadro N° 2.1-11: Plan de Mediciones Aforos Vehiculares Estudio VI y VII Regiones**

| PC | Rol            | Ubicación               | Región | Fecha  |
|----|----------------|-------------------------|--------|--------|
| 1  | K-25           | Sur de Cumpeo           | VII    | 25-Ago |
| 2  | H-76           | San José Marchigue      | VI     | 22-Sep |
| 3  | G-66           | Las Cabras - Peumo      | VI     | 11-Sep |
| 4  | I-50           | San Fernando - Nancagua | VI     | 06-Sep |
| 5  | K-20-J         | Hualañé-Licantén        | VII    | 01-Sep |
| 6  | M-80-N         | Sur de Curanipe         | VII    | 18-Ago |
| 7  | L-25           | Yerbas Buenas           | VII    | 23-Ago |
| 8  | I-30-J         | Sur de Chepica          | VI     | 31-Ago |
| 9  | K-40 / K-410   | Poniente de San Rafael  | VII    | 25-Ago |
| 10 | L-202 / L-16   | Cruce                   | VII    | 17-Ago |
| 11 | L-25 / L-265   | Cruce                   | VII    | 17-Ago |
| 12 | K-635          | San Diego               | VII    | 24-Ago |
| 13 | K-405 / K-415  | Cruce                   | VII    | 25-Ago |
| 14 | I-60           | Sur de Pumanque         | VI     | 06-Sep |
| 15 | I-90-H / H-800 | Cruce                   | VI     | 06-Sep |
| 16 | I-810          | Cabrería                | VI     | 31-Ago |

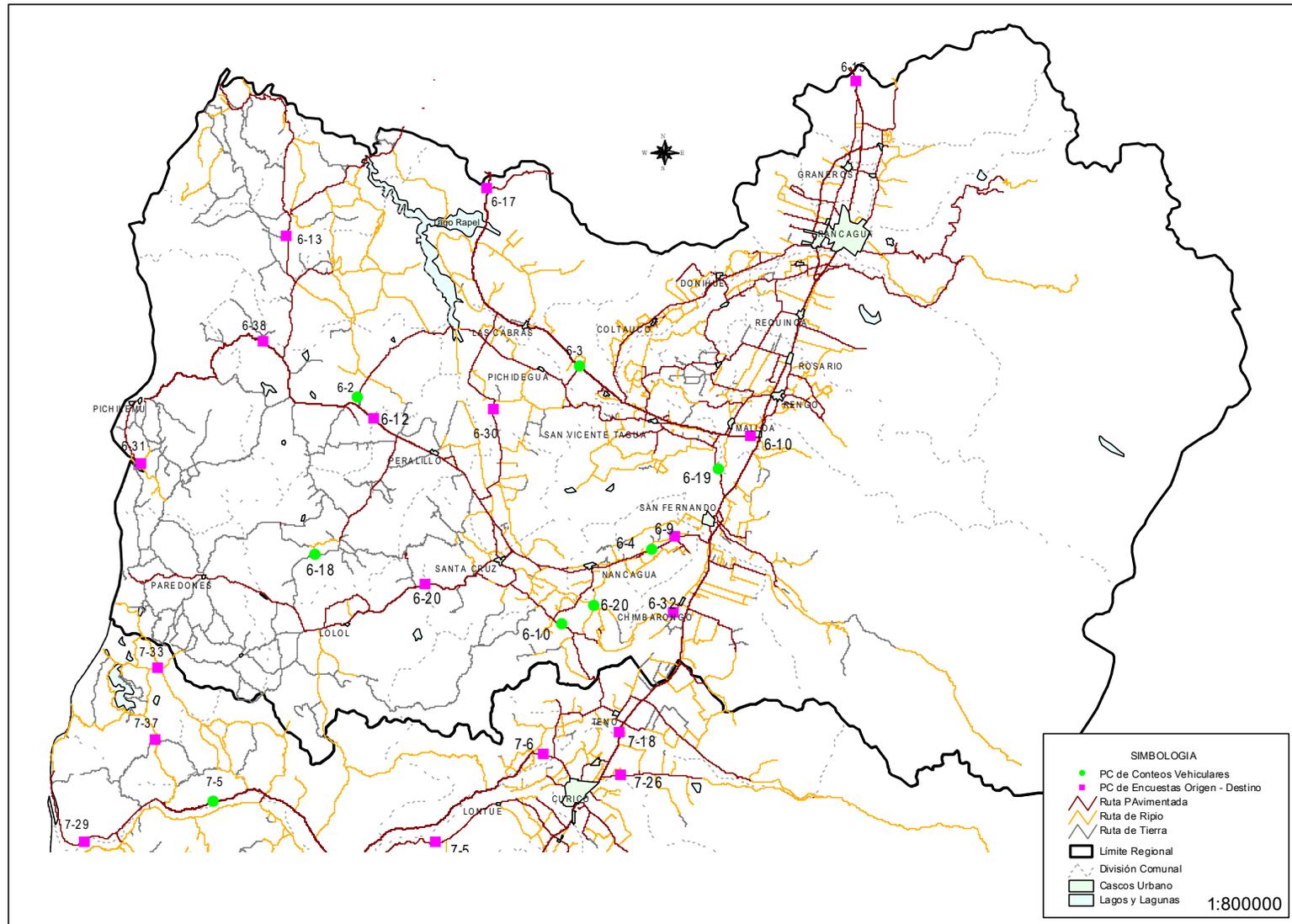
Fuente: Ghisolfo, 2006

#### 2.1.4.1.1 Encuesta a Vehículos Livianos

A través de este instrumento de medición se levantó la siguiente información:

- Origen y destino del viaje.
- Tipo de vehículo.
- Fecha y hora.
- Propósito del viaje
  - Trabajo
  - Turismo
  - Estudios
  - Trámites
  - Otros
- Pasajeros.
- Nivel de ingreso.
  - Menos de 249.000
  - Entre 250.000 y 499.000
  - Entre 500.000 y 899.000
  - Entre 900.000 y 1.499.000
  - Sobre 1.500.000
- Quien paga el viaje.
  - Conductor
  - Empresa
- Grupo de Viaje
- Sexo del encuestado.

Figura N° 2.1-1: Puntos de Medición Estudio Región del Libertador Bernardo O'Higgins (Ghisolfo, 2006)



Fuente: Elaboración Propia



### 2.1.4.1.2 Encuesta a Vehículos de Transporte de Carga

A través de este instrumento de medición se levantó la siguiente información:

- Origen y destino del viaje.
- Número de ejes.
- Tipo de carga.
- Cantidad de carga transportada.
- Tara.
- Capacidad de carga.

Para concluir este punto es necesario agregar que toda la información descrita a lo largo del acápite ha sido proporcionada al Consultor por la Contraparte Técnica del Estudio, tanto las memorias como las bases de datos asociadas.

### 2.1.4.2 Estudio VIII Región (Ciprés, 2002)

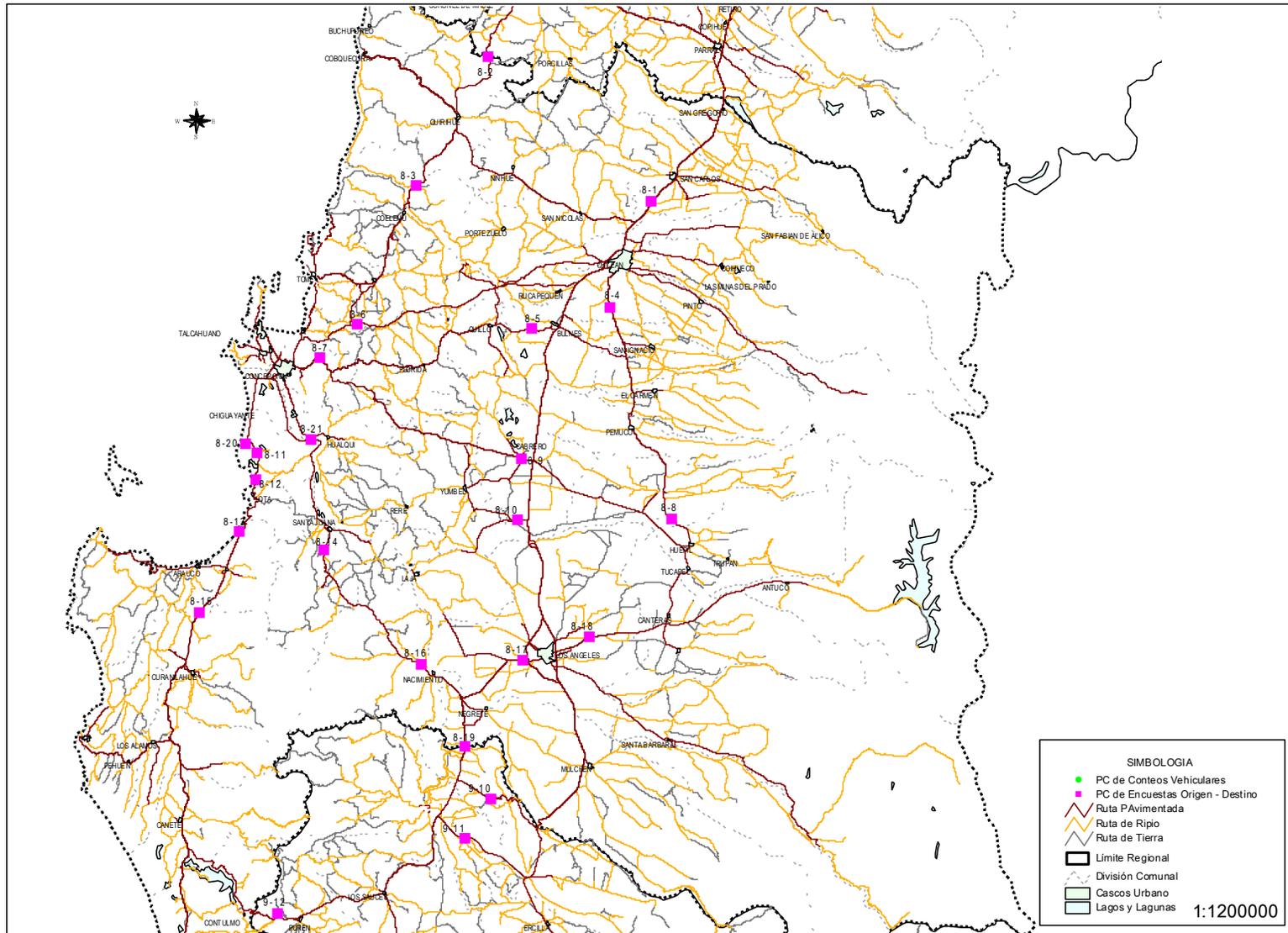
En este estudio se realizaron encuestas origen destino durante 10 horas en un día de semana y un día de fin de semana de una semana representativa de la temporada normal del año 2001. La siguiente tabla muestra los puntos de encuesta considerados. Ver cuadro y figura siguientes.

**Cuadro N° 2.1-12: Puntos de EOD Estudio VIII Región**

| PC | Ubicación   |  | Día de Medición |             |
|----|-------------|--|-----------------|-------------|
|    |             |  | Laboral         | Festivo     |
| 1  | Ruta 5      | Entre San Carlos y Chillan               | Ma 06/11/01     | Do 04/11/01 |
| 2  | Ruta 126    | Entre Cauquenes y Quirihue               | Ma 30/10/01     | Sa 27/10/01 |
| 3  | Ruta 126    | Entre Quirihue y Coelemu                 | Ma 06/11/01     | Do 28/10/01 |
| 4  | Ruta N-59   | Al sur de Chillán Viejo                  | Mi 07/11/01     | Sa 10/11/01 |
| 5  | Ruta 148    | Acceso a Bulnes                          | Ma 30/10/01     | Sa 03/11/01 |
| 6  | Ruta 152    | Autopista del Itata, Peaje Agua Amarilla | Mi 07/11/01     | Sa 03/11/01 |
| 7  | Ruta 148    | Plaza de peajes Chaimávida               | Ma 06/11/01     | Sa 27/10/01 |
| 8  | Ruta N-33-Q | Al Norte de Huepil                       | Ju 08/11/01     | Do 11/11/01 |
| 9  | Ruta O-50   | Acceso a Cabrero                         | Ju 08/11/01     | Do 04/11/01 |
| 10 | Ruta O-90-Q | Acceso a Laja                            | Ju 08/11/01     | Do 04/11/01 |
| 11 | Ruta 160    | By Pass Coronel                          | Ju 08/11/01     | Do 04/11/01 |
| 12 | Ruta 160    | Entre Coronel y Lota                     | Mi 07/11/01     | Sa 03/11/01 |
| 13 | Ruta 160    | Entre Lota y Arauco                      | Ma 06/11/01     | Do 28/10/01 |
| 14 | Ruta 156    | Plaza de Peaje Santa Juana               | Ju 08/11/01     | Do 04/11/01 |
| 15 | Ruta 160    | Entre Carampangue y Curanilahue          | Ma 30/10/01     | Do 11/11/01 |
| 16 | Ruta 156    | Plaza de Peaje Curali                    | Mi 07/11/01     | Sa 03/11/01 |
| 17 | Ruta 180    | Entre Los Ángeles y Santa Fe             | Ma 30/10/01     | Do 11/11/01 |
| 18 | Ruta Q-45   | Entre Los Ángeles y Villa Mercedes       | Ma 06/11/01     | Do 28/10/01 |
| 19 | Ruta 180    | Entre Coihue y Renaico                   | Ma 13/11/01     | Sa 10/11/01 |
| 20 | Ruta R-22   | Entre Tijeral y Mininco                  | Ma 13/11/01     | Sa 10/11/01 |
| 21 | Ruta 182    | Entre Angol y Collipulli                 | Mi 07/11/01     | Sa 03/11/01 |
| 22 | Ruta 160    | Entre Contulmo y Purén                   | Ma 13/11/01     | Sa 10/11/01 |
| 23 | Ruta 5      | Entre Ercilla y Victoria                 | Ma 13/11/01     | Do 11/11/01 |
| 24 | Ruta R-89   | Al Sur de entrada norte a By Pass        | Ma 13/11/01     | Sa 10/11/01 |
| 25 | Ruta 156    | Al norte de Camino Patagual              | Ma 30/10/01     | Do 11/11/01 |

Fuente: Ciprés, 2002

Figura N° 2.1-3: Puntos de Medición Estudio Región del Bío Bío (Ciprés, 2002)



Fuente: Elaboración Propia

#### 2.1.4.2.1 Encuesta a Vehículos Livianos

A través de este instrumento de medición se levantó la siguiente información:

- Tipo de vehículo
- Lugar de Residencia Permanente del Encuestado
- Origen y Destino de su viaje
- Tasa de ocupación
- Propósito del viaje
  - Trabajo
  - Estudio
  - Trámites
  - Salud
  - Turismo
  - Otros
- Frecuencia del viaje
- Quién paga el viaje
  - El Conductor
  - Alguien del grupo
  - Una Empresa
  - Otra persona
- Ingreso Familiar (\$ de Dic 2001)
  - Menos de 90.000
  - Entre 90.000 y 157.000
  - Entre 157.000 y 243.000
  - Entre 243.000 y 380.000
  - Entre 380.000 y 578.000
  - Entre 578.000 y 894.000
  - Entre 894.000 y 1.400.000
  - Entre 1.400.000 y 2.200.000
  - Mas de 2.200.000

#### 2.1.4.2.2 Encuesta a Vehículos de Transporte de Carga

A través de este instrumento de medición se levantó la siguiente información:

- Tipo de vehículo
- Origen y Destino de la carga
- Tipo de carga transportada
  - Combustible
  - Mat. De Construcción
  - Prod. Agrícolas
  - Prod. Alimenticios
  - Prod. Forestales
  - Prod. Ganaderos
  - Prod. Industriales
  - Prod. Mineros
  - Prod. Varios
  - Vacíos
- Cantidad de carga transportada

- Propiedad del Camión
  - El Conductor
  - Empresa de transporte
  - Empresa productiva
  - Otro
- Financiamiento del viaje

#### 2.1.4.2.3 Encuestas Preferencias Declaradas

A través de este instrumento de medición se levantó la siguiente información:

- Origen y Destino de su viaje
- Tiempo estimado de viaje
- Propósito del viaje
- Tipo de vehículo
- Costos involucrados en el viaje
- Peajes utilizados en el viaje
- Quién paga el viaje
- Tasa de ocupación
- Sexo
- Edad
- Ingreso Familiar

#### 2.1.4.2.4 Encuesta Pasajeros Transporte Público

Se realizaron 2813 encuestas a la subida o bajada a buses en 5 terminales de Chillán, Los Ángeles y Concepción. A continuación se presentan los datos consultados:

- Recorrido del servicio
- Lugar de Residencia Permanente del encuestado
- Origen y Destino
- Con cuántas personas está realizando el viaje
- Propósito del viaje ( trabajo, turismo, trámites, salud, estudios y otros)
- Quién paga el viaje (él, una empresa, el grupo u otro)
- Frecuencia con que realiza el viaje (al día, a la semana, al mes o la año)
- Ingreso Familiar

Adicionalmente se realizaron 533 encuestas a usuarios de trenes, las preguntas fueron las siguientes:

- Servicio utilizado
- Lugar de Residencia Permanente del encuestado
- Origen y Destino
- Con cuántas personas está realizando el viaje
- Propósito del viaje ( trabajo, turismo, trámites, salud, estudios y otros)
- Quién paga el viaje (él, una empresa, el grupo u otro)
- Frecuencia con que realiza el viaje (al día, a la semana, al mes o al año)
- Ingreso Familiar

### 2.1.4.3 Estudio IX y X Regiones (CIS, 2004)

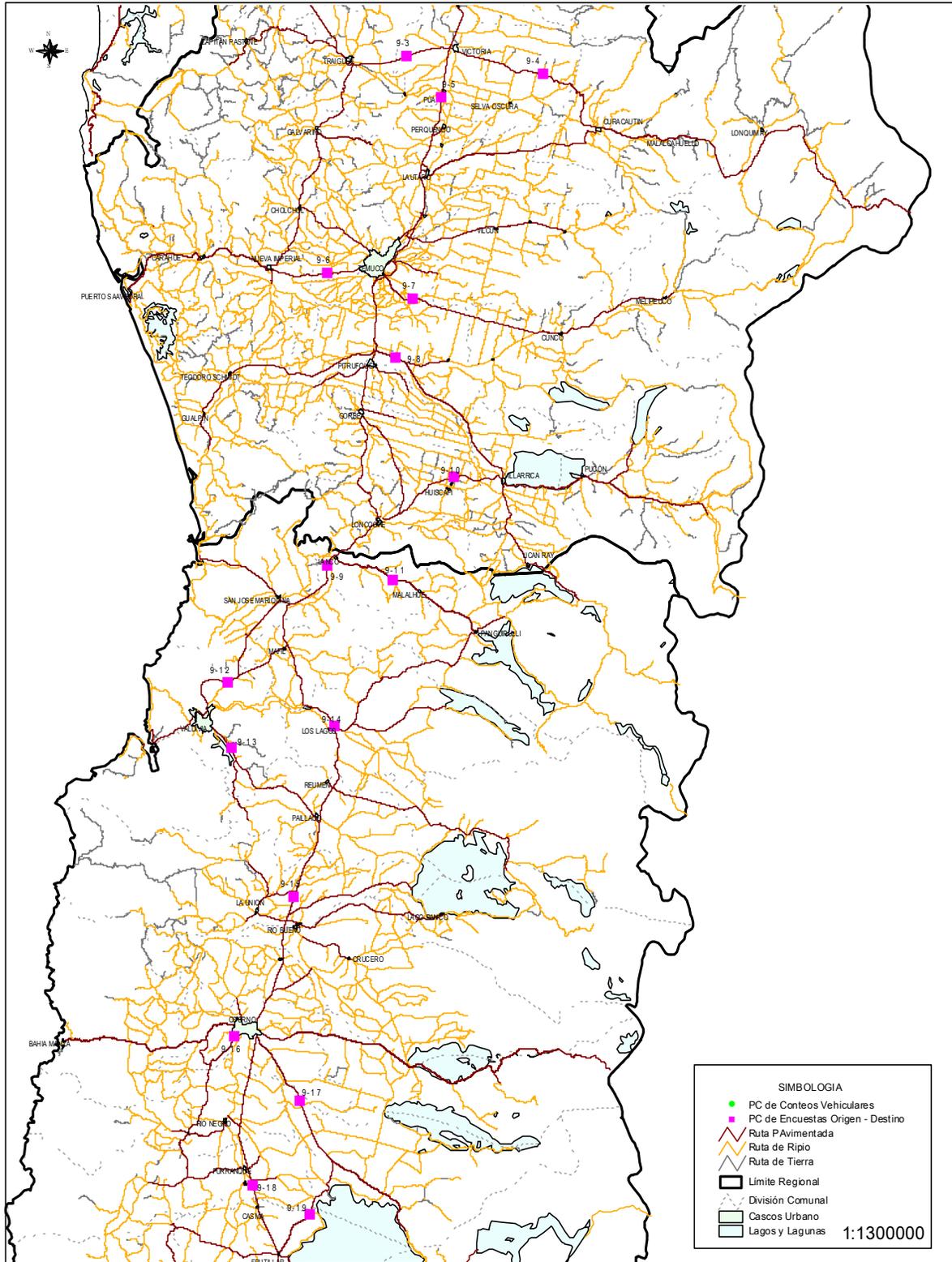
El siguiente cuadro y la siguiente figura muestran los puntos de encuesta considerados.

**Cuadro N° 2.1-13: Puntos de EOD Estudio IX y X Regiones**

| PC | Ubicación   |                                   |
|----|-------------|-----------------------------------|
| 1  | Ruta 5      | Entre Collipulli y Ercilla        |
| 2  | Ruta R-86   | Entre Angol y Los Sauces          |
| 3  | Ruta R-88   | Entre Victoria y Traiguén         |
| 4  | Ruta R-89   | Entre Victoria y Curacautín       |
| 5  | Ruta 5      | Peaje Troncal Púa                 |
| 6  | Ruta S-30   | Entre Temuco y Nueva Imperial     |
| 7  | Ruta S-51   | Entre Temuco y Cunco              |
| 8  | Ruta S-55   | Entre Freire y Ruta S-61          |
| 9  | Ruta 5      | Peaje Troncal Lanco               |
| 10 | Ruta S-91   | Entre Loncoche y Villarrica       |
| 11 | Ruta 203    | Entre Lanco y Panguipulli         |
| 12 | Ruta 205    | Entre Valdivia y Máfil            |
| 13 | Ruta 207    | Entre Valdivia y Paillaco         |
| 14 | Ruta T-39   | Entre Los Lagos y Bifurcación T55 |
| 15 | Ruta 5      | Peaje Troncal La Unión            |
| 16 | Ruta U-40   | Entre Osorno y Ruta U-72          |
| 17 | Ruta U-55-V | Entre Osorno y Puerto Octay       |
| 18 | Ruta 5      | Peaje Troncal Purranque           |
| 19 | Ruta U-55-V | Entre Frutillar y Puerto Octay    |
| 20 | Ruta 225    | Entre Puerto Varas y Petrohué     |
| 21 | Ruta 5      | Entre Puerto Varas y Puerto Montt |

Fuente: CIS, 2004

**Figura N° 2.1-4: Puntos de Medición Estudio Región de la Araucanía y Los Lagos (CIS, 2004)**



Fuente: Elaboración

#### 2.1.4.3.1 Encuesta a Vehículos Livianos

A través de este instrumento de medición se levantó la siguiente información:

- Tipo de vehículo
- Lugar de Residencia Permanente del Encuestado
- Origen y Destino de su viaje
- Tasa de ocupación
- Propósito del viaje
  - Trabajo
  - Estudio
  - Trámites
  - Salud
  - Turismo
  - Otros
- Frecuencia del viaje
- Quién paga el viaje
  - El Conductor
  - El Grupo de Viajeros
  - Una Empresa
  - Otra persona
- Ingreso Familiar (\$ de Mar 2004)
  - Menos de 90.000
  - Entre 90.000 y 157.000
  - Entre 157.000 y 243.000
  - Entre 243.000 y 380.000
  - Entre 380.000 y 578.000
  - Entre 578.000 y 894.000
  - Entre 894.000 y 1.400.000
  - Entre 1.400.000 y 2.200.000
  - Mas de 2.200.000

#### 2.1.4.3.2 Encuesta a Vehículos de Transporte de Carga

A través de este instrumento de medición se levantó la siguiente información:

- Tipo de vehículo
- Origen y Destino de la carga
- Tipo de carga transportada
  - Combustible
  - Mat. De Construcción
  - Prod. Agrícolas
  - Prod. Alimenticios
  - Prod. Forestales
  - Prod. Ganaderos
  - Prod. Industriales
  - Prod. Mineros
  - Prod. Varios
  - Vacíos
- Cantidad de carga transportada

- Propiedad del Camión
  - El Conductor
  - Empresa de transporte
  - Empresa productiva
  - Otro
- Financiamiento del viaje

#### 2.1.4.3.3 Preferencias declaradas y reveladas

Se realizaron encuestas de preferencias declaradas a los usuarios de vehículos livianos y preferencias reveladas a los vehículos de carga.

### 2.1.5 Modelos de Redes de Transporte

En particular se realiza una descripción de los modelos de redes de transporte que ha desarrollado la Dirección de Planeamiento para evaluar proyectos en las regiones VI, VII, VIII, IX y X regiones. Estos modelos son resultado de los tres estudios realizados por esta Dirección, y que abarcan distintas coberturas del territorio bajo análisis. La idea es que como resultado de esta revisión se generen los criterios que permitan unificar dichos modelos de transporte en una plataforma, tanto desde el punto de vista de la red de modelación, como de la representación de los viajes entre distintos pares O/D (Matrices origen-destino), y el criterio de asignación vehicular para cada tipo de vehículo relevante.

El análisis está orientado a describir las redes de modelación implementadas, y el tratamiento adoptado para su caracterización a nivel de arcos. Por otro lado se requiere estipular el criterio establecido para la modelación de los tiempos y costos de viaje que contempla el modelo de asignación rutal. Finalmente se describe la estructura de las encuestas origen-destino empleadas en cada estudio y la zonificación adoptada.

La siguiente tabla presenta las principales características de los modelos de transporte desarrollados en los tres estudios de referencia.

**Cuadro N° 2.1-14: Características de los Modelos de Transporte de los Estudios VI-VII, VIII y IX-X Regiones**

| Ítem                         | VI-VII                  | VIII                    | IX-X                    |
|------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Año Calibración              | 2006                    | 2001                    | 2004                    |
| Zonificación                 | Comunal                 | Comunal                 | Comunal                 |
| N° de Centroides             | 130                     | 99                      | 98                      |
| N° de Nodos                  | 1341                    | 473                     | 664                     |
| N° de Arcos                  | 3406                    | 1327                    | 1750                    |
| Longitud Red Vial            | 8718                    | 3173                    | 5782                    |
| Criterio Asignación VL       | Tiempo                  | Tiempo                  | Tiempo                  |
| Criterio Asignación Camiones | Costo Operación         | Costo Operación         | Costo Operación         |
| N° Categorías                | 5 (3 VL, CS y CP)       | 12 (4 VL, 4CS, 4 CP)    | 12 (4 VL, 4CS, 4 CP)    |
| Períodos                     | 2 (Laboral, Fin Semana) | 2 (Laboral, Fin Semana) | 2 (Laboral, Fin Semana) |

Fuente: Ghisolfo, 2006; CIS, 2004 y Ciprés, 2002

## **2.2 Estudio de Demanda y Evaluación Social Ruta 66, Camino de La Fruta (Citra-2005)**

Este estudio de demanda solicitado por la Coordinación General de Concesiones del Ministerio de Obras Públicas, se inscribe en el tipo de proyecto en el cual se espera que los mejoramientos viales induzcan en forma relevante desarrollo de la actividad productiva en su zona de influencia.

El estudio tiene por objetivo principal proponer un plan de inversiones para el mejoramiento integral de la Ruta 66 o Camino de la Fruta, que sea socialmente rentable y que permita su ejecución dentro del sistema de concesiones.

Además, los TDR señalan los siguientes objetivos específicos:

- Cuantificar la demanda por tramos, período y corte temporal, en términos de vehículos y pasajeros.
- Definir la localización de plazas de peaje y las tarifas óptimas.
- Estimar los ingresos de la concesión.
- Determinar la Rentabilidad Social de cada una de las propuestas de mejoramiento, conservación y/o ampliaciones de capacidad de la ruta y enlaces e intersecciones.
- Determinar el año óptimo de inversión de cada una de las intervenciones propuestas.
- Proponer un cronograma de intervenciones que considere tipos de obras, cantidades, presupuestos de apalancamiento y año óptimo de intervención.

### **2.2.1 Área de Influencia**

En primera aproximación se propuso utilizar el área de influencia y la red vial relevante definida en el estudio de referencia realizado por CIS (MOP, 2000). Esta red fue actualizada para incorporar cambios relevantes, tales como el nuevo puente sobre el Río Cachapoal entre Las Cabras y El Carmen, que conecta la Ruta 66 hacia el sur por la recientemente pavimentada ruta Las Cabras – Santa Cruz – Chépica – Teno. Si bien esta ruta tiene un estándar inferior a la Ruta 5, al no estar tarifada puede competir en buen pie con esta última, captando demanda que de no existir esta ruta utilizaría el tramo Pelequén – Las Cabras de la Ruta 66.

El área de influencia directa considerada en la modelación, contempla alrededor de 90 comunas, pertenecientes a 18 provincias de 3 regiones (V, VI y RM), y no difiere mayormente de la utilizada por CIS, salvo que se agregaron conectores de algunas zonas al norte de San Antonio/Melipilla/Santiago, lo que reduce ligeramente la red vial relevante; y que además se agregó el By - Pass de Rancagua, y otro par de arcos menores.

### **2.2.2 Zonificación**

Considerando lo anterior, y la cercanía o relevancia para la Ruta 66, se adoptó una desagregación territorial de 72 zonas (lo que significa en algunos casos agregación de comunas y en otros desagregación). Formalmente, se mantiene la zonificación de CIS.

### **2.2.3 Red de Modelación**

La red vial de modelación se codificó a partir de la red de modelación generada en el estudio de referencia (MOP, 2000). A la red original se le efectuaron algunas modificaciones, correspondientes principalmente a actualizaciones de algunos arcos (pavimentaciones período 2000-2004) y a algunas correcciones a la codificación inicial.

#### **2.2.4 Periodización y Estacionalidad**

Se establecieron 3 épocas en el año, Temporada Normal, Temporada Alta y Temporada de la Fruta. Por otra parte, de acuerdo a las variaciones horarias al interior de una semana tipo, de cada uno de las tres épocas estacionales, se definió 5 períodos;

- Nocturno
- Baja de día laboral
- Alta de día laboral
- Baja de fin de semana
- Alta de fin de semana

Estos 5 períodos replicados, en iguales o distintos horarios, sobre las 3 semanas tipo, dan origen a 15 períodos diferentes por analizar. CITRA mantuvo tal periodización.

#### **2.2.5 Estimación de la Demanda, Año Base**

CITRA corrige o mejora las matrices O/D de CIS, a partir de nuevos estudios de base; al menos para la Temporada Verano. Construye las otras matrices a partir de las existentes, corregidas por factores estacionales.

#### **2.2.6 Proyección de la Demanda: Cortes Temporales 2004, 2009 y 2019**

Se utilizó proyecciones basadas en modelos de corte transversal y temporal; en que las variaciones del nivel de ingreso medio por habitante, en distintas comunas, y su evolución en el tiempo, permitieron conocer tasas de crecimiento por par O/D.

#### **2.2.7 Calibración de la Red de Modelación**

Los aportes de CITRA en este caso son los siguientes:

- Para el cálculo de costos de operación vehiculares, se utilizó la versión de HDM III CH-COPER del año 1998, en lugar de la utilizada por CIS (año 1989). Al respecto ambas versiones difieren significativamente en los resultados que entregan, sobre todo que consideran estructuras del parque vehicular completamente distintas.
- En cuanto a curvas flujo-demora, CITRA propuso nuevas funciones de flujo-velocidad representativas de todos los arcos de la red, que incorporan el roce con el flujo en sentido contrario en caminos de calzada simple.

#### **2.2.8 Evaluación de Alternativas de Proyecto**

Se plantea la metodología tradicional en evaluación social, por lo que no hay elementos que requieran caracterización específica. Se evalúan una serie de escenarios, surgiendo un proyecto que posee rentabilidad social de aproximadamente un 17%. Dicho proyecto consiste básicamente en implementar una doble calzada entre Ruta 5 y Las Cabras, más una variante en el sector de El Manzano. El resto de la ruta se mantiene con calzada simple, incorporando una serie de mejoras en radio de giro y segundas calzadas de adelantamiento. También se propone una solución para el sector Crucero las Arañas.

### **2.3 Estudio Análisis y Desarrollo Evaluación Sistema de Transporte Interurbano, IV Etapa (Astra, 2001)**

Este estudio fue encargado por la SECTRA a la empresa ASTRA Consultores Ltda., donde participó activamente el equipo profesional de la presenta oferta. Este estudio se inserta dentro del marco de los estudios complementarios de Estrasur y fue orientado a la especificación y calibración de modelos de demanda de pasajeros en la Macrozona Sur del país.

La información base para la estimación de modelos fue recabada a partir de fuentes tales como: las encuestas de viajes realizadas en la Macrozona el año 1993, información estadística de ventas de pasajes aéreos y ferroviarios, Plan Nacional de Censos e información de contadores automáticos de flujos vehiculares, información comunal del sistema de actividades y socioeconómica, además de mediciones específicas de flujos vehiculares y encuestas de preferencias (reveladas y declaradas), éstas últimas obtenidas en las temporadas de verano y normal del año 1997.

Una vez procesada esta información, mediante un proceso exploratorio exhaustivo, basado en criterios de carácter econométricos y de consistencia lógica, se analizaron las distintas formas funcionales, variables y segmentaciones, que permitirán representar de manera adecuada y a nivel agregado, la demanda de pasajeros por transporte interurbano en el área señalada anteriormente.

Como resultado del estudio, se obtiene la especificación y calibración de los siguientes modelos de demanda de transporte de pasajeros para la Macrozona Sur, para dos temporadas, Normal y de Verano:

- Modelos de Generación de viajes: su objetivo es hallar relaciones funcionales entre el número de viajes que tiene por origen una zona dada, y ciertas variables o atributos de dicha zona.
- Modelos de Atracción de viajes: su objetivo es hallar relaciones funcionales entre el número de viajes que tiene por destino una zona dada, y ciertas variables o atributos de dicha zona.
- Modelos de Distribución de viajes: su objetivo es hallar relaciones funcionales entre el número de viajes que tienen por origen una zona dada y por destino otra zona dada, y variables o atributos de ambas zonas y el costo de transporte entre las mismas.
- Modelos de Partición Modal: su objetivo es hallar relaciones funcionales entre la proporción de usuarios que elige cada modo alternativo de transporte, y variables o atributos de estos modos,

A continuación se describen los modelos desarrollados, cuya estructura general puede ser empleada directamente en la estimación de modelos para el presente estudio:

#### **2.3.1 Modelos de Generación-Distribución Conjunta**

Como resultado de este estudio y su posterior actualización, se llegó a la conclusión que el modelo conjunto entregó mejores resultados que los obtenidos de modelos secuenciales independientes. Los modelos resultaron ser función de las siguientes variables:

- HOG : Número de Hogares de la Comuna
- IHOG : Ingreso medio de los Hogares de la Comuna
- NET : Número de Establecimientos de Alojamiento Turístico de la Comuna
- IBE : Índice de Belleza Escénica de la Comuna

Se probaron diversas especificaciones, sin embargo las que entregaron mejores resultados son aquellas que consideran el Ingreso Comunal y el Número de Hogares, presentando resultados muy similares.

El ingreso comunal (PIB), puede ser estimado como el producto del número de hogares (HOG) y el ingreso medio de los hogares (IHOG). De esta manera, basados en los resultados del estudio referencial, la especificación genérica de estos modelos corresponde a la siguiente:

$$V_{ij}^k = [IBE_i \cdot IBE_j]^{\theta_k} \cdot [NET_i \cdot NET_j]^{\phi_k} \cdot [PIB_i \cdot PIB_j]^{\beta_k} \cdot e^{R_{ij}^k + \lambda_k \cdot (EMU_i^k - EMU_0)}$$

$$R_{ij}^k = \Theta_0^k + \Theta_{RM}^k \cdot [RM_i + RM_j] + \Theta_{R5}^k \cdot [R5_i + R5_j] + \Theta_{R6}^k \cdot [R6_i + R6_j] + \Theta_{CR}^k \cdot [CR_i + CR_j] + \Theta_{CP}^k \cdot [CP_i + CP_j]$$

Donde:

|     |   |  |
|-----|---|--|
| V   | : | Viajes totales realizados  |
| IBE | : | Índice de Belleza Escénica   |
| NET | : | Número de Establecimientos de Alojamiento Turístico                            |
| PIB | : | Ingreso de la zona (Nº de Hogares Ingreso por Hogar)                           |
| EMU | : | Máxima Utilidad Esperada (con EMU0=20)   |
| RM  | : | Variable Dicotómica que vale 1 si la zona pertenece a la Región Metropolitana  |
| R5  | : | Variable Dicotómica que vale 1 si la zona pertenece a la V Región              |
| R6  | : | Variable Dicotómica que vale 1 si la zona pertenece a la VI Región             |
| CR  | : | Variable Dicotómica que vale 1 si la zona corresponde a una Capital Regional   |
| CP  | : | Variable Dicotómica que vale 1 si la zona corresponde a una Capital Provincial |
| i   | : | Subíndice que representa la zona de origen de los viajes                       |
| j   | : | Subíndice que representa la zona de destino de los viajes                      |
| k   | : | Superíndice que representa la categoría de viaje                               |

Los resultados obtenidos en la calibración de esta especificación, para las categorías de demanda consideradas en la temporada de verano, se presentan en el siguiente cuadro.

**Cuadro N° 2.3-1: Modelos Restringidos con Ingreso Comunal, Generación/Atracción y Distribución Conjunta**

| CATEGORIA                          | FINANCIAMIENTO           | OTRO         |          | PROPIO / FAMILIAR |         |             |          |             |         |
|------------------------------------|--------------------------|--------------|----------|-------------------|---------|-------------|----------|-------------|---------|
|                                    | INGRESO                  | TODOS        |          | BAJO              |         | ALTO        |          |             |         |
| COEFICIENTE                        | DESCRIPCION              | PARAM        | T-EST    | PARAM             | T-EST   | PARAM       | T-EST    | PARAM       | T-EST   |
| C(01)                              | CTE GLOBAL               | -16.5248     | -10.7287 | -9.5533           | -4.4563 | -21.3016    | -11.5332 | -7.7272     | -3.8409 |
| C(02)                              | CTE V REG                | 7.4003       | 9.4717   | 7.7308            | 7.3429  | 13.3967     | 14.7789  | 9.2993      | 9.6477  |
| C(03)                              | CTE R.M.                 | 9.7655       | 12.5390  | 10.5412           | 9.9639  | 15.8913     | 17.4279  | 11.3928     | 11.8004 |
| C(04)                              | CTE VI REG               | 7.2546       | 9.2876   | 5.7978            | 5.4559  | 12.9147     | 14.2584  | 7.5740      | 7.7800  |
| C(05)                              | CTE CAP PRO              | 0.4268       | 4.9276   | 0.6471            | 5.9818  | 0.3029      | 3.1779   | 0.3844      | 3.8530  |
| C(06)                              | CTE CAP REG              | 0.1329       | 1.6410   | 0.0995            | 0.9012  | 0.1788      | 1.8772   | 0.2576      | 2.9353  |
| C(07)                              | IBE - OPCIONAL           |              |          |                   |         |             |          | 0.1448      | 4.6994  |
| C(08)                              | NET                      | 0.2254       | 10.0272  | 0.0986            | 3.4051  | 0.0973      | 3.9286   | 0.2495      | 9.6429  |
| C(09)                              | PIB (NHOG*IHOG)          | 0.2946       | 8.1642   | 0.2654            | 5.4119  | 0.5264      | 12.4624  | 0.3082      | 6.7794  |
| C(11)                              | EMU S/AUTO               | 0.1492       | 40.9887  | 0.1835            | 17.3339 | 0.2098      | 19.3863  | 0.5819      | 25.1529 |
| C(12)                              | EMU C/AUTO - NO OPCIONAL |              |          | 0.2133            | 20.0748 | 0.1625      | 15.5512  | 0.3496      | 18.2936 |
| C(13)                              | EMU C/AUTO - OPCIONAL    | 0.0354       | 14.8287  | 0.2069            | 18.3227 | 0.1347      | 12.7655  | 0.3008      | 16.6055 |
| INDICADORES DE AJUSTE ESTADISTICOS | R-Squared                | 0.2495       |          | 0.2503            |         | 0.3603      |          | 0.5345      |         |
|                                    | Adjusted R-Squared       | 0.2487       |          | 0.2481            |         | 0.3584      |          | 0.5330      |         |
|                                    | S.E. of Regression       | 2.9032       |          | 2.4488            |         | 2.1416      |          | 2.0876      |         |
|                                    | Sum Squared Resid        | 72,433.2700  |          | 20,742.5800       |         | 16,130.6400 |          | 15,166.5900 |         |
|                                    | Log Likelihood           | -21,373.6900 |          | -8,025.9550       |         | -7,687.2770 |          | -7,519.1440 |         |
|                                    | Mean Dependent Var       | -3.3331      |          | -1.1916           |         | -0.7559     |          | -1.3171     |         |
|                                    | S.D. Dependent Var       | 3.3494       |          | 2.8241            |         | 2.6737      |          | 3.0549      |         |
|                                    | Akaike Info Criterion    | 4.9706       |          | 4.6323            |         | 4.3641      |          | 4.3134      |         |
|                                    | Schwarz Criterion        | 4.9788       |          | 4.6518            |         | 4.3833      |          | 4.3345      |         |
|                                    | Durbin-Watson Stat       | 1.4716       |          | 1.7284            |         | 1.5974      |          | 1.7024      |         |
|                                    | N° Obs                   | 8,604        |          | 3,470             |         | 3,528       |          | 3,492       |         |

(,): Separador de Miles (.) : Separador de Decimales

**Cuadro N° 2.3-2: Temporada Normal: Modelos Restringidos con Ingreso Comunal, Generación/Atracción y Distribución Conjunta**

| CATEGORIA                          | FINANCIAMIENTO          | OTRO         |         | PROPIO / FAMILIAR |         |             |         |             |         |
|------------------------------------|-------------------------|--------------|---------|-------------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|
|                                    | INGRESO                 | TODOS        |         | BAJO              |         | ALTO        |         |             |         |
| COEFICIENTE                        | DESCRIPCION             | PARAM        | T-EST   | PARAM             | T-EST   | PARAM       | T-EST   | PARAM       | T-EST   |
| C(01)                              | CTE GLOBAL              | -9.2026      | -7.2896 | -5.4896           | -2.5345 | -7.5513     | -4.0078 | -2.6161     | -1.3314 |
| C(02)                              | CTE V REG               | 3.6595       | 5.7190  | 4.2992            | 3.9878  | 7.0036      | 7.7380  | 9.1584      | 10.4681 |
| C(03)                              | CTE R.M.                | 5.6022       | 8.7283  | 6.2641            | 5.8120  | 9.3410      | 10.3102 | 11.2652     | 12.9219 |
| C(04)                              | CTE VI REG              | 3.0474       | 4.7727  | 4.2379            | 3.9577  | 6.2968      | 6.9003  | 8.1196      | 9.2738  |
| C(05)                              | CTE CAP PRO             | 0.7177       | 10.2223 | 0.6921            | 6.0266  | 0.8274      | 8.3015  | 0.5236      | 5.4199  |
| C(06)                              | CTE CAP REG             | 0.3983       | 5.8597  | 0.5564            | 5.0009  | 0.2658      | 2.8596  | -0.1051     | -1.0217 |
| C(07)                              | IBE - NO LABORAL        |              |         |                   |         | 0.0536      | 1.6902  | 0.5114      | 13.9943 |
| C(08)                              | NET                     | 0.1417       | 8.4926  | 0.1528            | 5.2499  | 0.1095      | 4.2516  | 0.1127      | 4.5461  |
| C(09)                              | PIB (NHOG*IHOG)         | 0.1272       | 4.2946  | 0.1171            | 2.3279  | 0.2265      | 5.3297  | 0.3070      | 7.4611  |
| C(11)                              | EMU S/AUTO              | 0.1453       | 44.6719 | 0.0611            | 14.2575 | 0.2622      | 19.2042 | 0.8895      | 25.8855 |
| C(12)                              | EMU C/AUTO - LABORAL    |              |         | 0.1423            | 16.5316 | 0.2511      | 15.4200 | 0.5793      | 20.6619 |
| C(13)                              | EMU C/AUTO - NO LABORAL | 0.0768       | 24.8244 | 0.0945            | 11.8304 | 0.2212      | 14.2399 | 0.6718      | 21.5099 |
| INDICADORES DE AJUSTE ESTADISTICOS | R-Squared               | 0.2644       |         | 0.1976            |         | 0.3335      |         | 0.4894      |         |
|                                    | Adjusted R-Squared      | 0.2638       |         | 0.1953            |         | 0.3315      |         | 0.4878      |         |
|                                    | S.E. of Regression      | 2.4968       |         | 2.4307            |         | 2.0856      |         | 2.1153      |         |
|                                    | Sum Squared Resid       | 61,492.8300  |         | 20,697.0800       |         | 15,407.2100 |         | 15,651.4300 |         |
|                                    | Log Likelihood          | -23,040.4500 |         | -8,101.7290       |         | -7,649.3440 |         | -7,604.1050 |         |
|                                    | Mean Dependent Var      | -3.6233      |         | -1.4763           |         | -1.5733     |         | -2.0518     |         |
|                                    | S.D. Dependent Var      | 2.9099       |         | 2.7097            |         | 2.5508      |         | 2.9557      |         |
|                                    | Akaike Info Criterion   | 4.6689       |         | 4.6174            |         | 4.3114      |         | 4.3397      |         |
|                                    | Schwarz Criterion       | 4.6762       |         | 4.6367            |         | 4.3322      |         | 4.3607      |         |
|                                    | Durbin-Watson Stat      | 1.3816       |         | 1.4954            |         | 1.7868      |         | 1.8127      |         |
|                                    | N° Obs                  | 9,874        |         | 3,514             |         | 3,554       |         | 3,510       |         |

(,): Separador de Miles (.) : Separador de Decimales

### 2.3.2 Modelos de Partición Modal

Para calibrar este modelo se utilizó antecedentes recogidos sobre oferta de transporte, principalmente tarifas y tiempos de viaje en cada una de las redes correspondientes a los modos de transporte. Se realizó además encuestas de Preferencias Reveladas y de Preferencias Declaradas a los pasajeros de los diversos modos de transporte.

El estudio de recalibración de los modelos de partición modal de Estrasur, permitió actualizar la base de datos y estimar nuevos modelos, los que fueron estimados exclusivamente en base a datos de preferencias reveladas.

La especificación de los modelos que presentaron los mejores ajustes corresponde a la siguiente:

$$U_i = CTE_i + [\theta_{np} \cdot np + (\theta_{eb} \cdot eb + \theta_{em} \cdot em + \theta_{ea} \cdot ea) \cdot (1 - np)] \cdot Nv \cdot CTO_i + \phi \cdot [KMa_i + KMe_i] + \lambda_i \cdot TV_i \quad \forall i \neq (\text{Auto}; \text{Tren\_Dormitorio}; \text{Avión})$$

$$U_i = CTE_i + [\theta_{np} \cdot np + (\theta_{eb} \cdot eb + \theta_{em} \cdot em + \theta_{ea} \cdot ea) \cdot (1 - np)] \cdot CTO_i + \phi \cdot [KMa_i + KMe_i] + \lambda_i \cdot TV_i \quad i = (\text{Auto}; \text{Tren\_Dormitorio})$$

$$U_i = CTE_i + [\rho_{np} \cdot np + (\rho_{eb} \cdot eb + \rho_{em} \cdot em + \rho_{ea} \cdot ea) \cdot (1 - np)] \cdot Nv \cdot CTO_i + \phi \cdot [KMa_i + KMe_i] + \lambda_i \cdot TV_i \quad i = \text{Avión}$$

Donde:

- $U_i$  : Utilidad del modo i
- $Nv$  : Tamaño del grupo de viaje
- $CTO$ : Costo de viaje en el modo i (en \$)
- $KMa_i$ : Distancia de acceso al modo i (km)
- $KMe_i$ : Distancia de egreso del modo i (km)
- $Tvi$  : Tiempo de viaje en el modo i (min.)
- $np$  : 1 si no paga el viajero o el grupo familiar directo; 0 en otro caso
- $eb$  : 1 si el usuario pertenece al estrato de ingreso bajo; 0 en otro caso
- $em$  : 1 si el usuario pertenece al estrato de ingreso medio; 0 en otro caso
- $ea$  : 1 si el usuario pertenece al estrato de ingreso alto; 0 en otro caso

En los cuadros siguientes se presentan los modelos recomendados para cada temporada.

**Cuadro N° 2.3-3: Modelo Puro de PR - Temporada Verano - Sin Distinción de Propósito**

| PARAMETRO         | DETALLE         | TEMPORADA VERANO |         |
|-------------------|-----------------|------------------|---------|
|                   |                 | PARAM            | T-EST   |
| CONSTANTE         | BUS PULLMAN     | -0.462500        | -24.34  |
|                   | BUS EJECUTIVO   | -6.229000        | -51.48  |
|                   | BUS SALON       | -5.424000        | -52.15  |
|                   | TREN ECO+TUR    | -7.392000        | -34.22  |
|                   | TREN SALÓN      | -5.585000        | -41.37  |
|                   | TREN DORMITORIO | -5.568000        | -4.25   |
|                   | AVION           | 0.899700         | 1.84    |
| ACCESO+EGRESO     | TODOS LOS MODOS | -0.023520        | -16.80  |
| COSTO OTROS MODOS | NO PAGA         | -0.000180        | -18.18  |
|                   | ESTRATO BAJO    | -0.000564        | -30.14  |
|                   | ESTRATO MEDIO   | -0.000488        | -42.46  |
|                   | ESTRATO ALTO    | -0.000217        | -30.10  |
| COSTO AVION       | NO PAGA         | -0.000097        | -8.76   |
|                   | ESTRATO BAJO    | -0.000359        | -14.59  |
|                   | ESTRATO MEDIO   | -0.000309        | -16.98  |
|                   | ESTRATO ALTO    | -0.000123        | -11.52  |
| TIEMPO DE VIAJE   | BUS PULLMAN     | -0.022440        | -17.53  |
|                   | BUS EJECUTIVO   | -0.009514        | -7.21   |
|                   | BUS SALON       | -0.008470        | -6.42   |
|                   | TREN ECO+TUR    | -0.008093        | -11.78  |
|                   | TREN SALÓN      | -0.007895        | -10.36  |
|                   | TREN DORMITORIO | -0.005474        | -3.78   |
|                   | AVION           | -0.102800        | -10.88  |
| AUTO              | -0.018930       | -14.45           |         |
| ESTADIGRAFOS      | LL(0)           |                  | -84,633 |
|                   | LL(C)           |                  | -29,375 |
|                   | LL(0f)          |                  | -22,929 |
|                   | RHO(0)          |                  | 0.72910 |
|                   | RHO(C)          |                  | 0.21940 |
|                   | NºOBS           |                  | 7,337   |
|                   | PESO OBS        |                  | 47,549  |

(.): Separador de Miles (.): Separador de Decimales

**Cuadro N° 2.3-4: Valores Subjetivos del Tiempo Modelo Puro de PR Temporada Verano - Sin Distinción de Propósito**

| TEMPORADA/PROPOSITO                    |                 | TEMPORADA VERANO |      |       |      |
|--|-----------------|------------------|------|-------|------|
| ESTRATO                                |                 | NO PAGA          | BAJO | MEDIO | ALTO |
| VALORES SUBJETIVOS DEL TIEMPO (\$/MIN) | BUS PULLMAN     | 96               | 26   | 29    | 73   |
|  | BUS EJECUTIVO   | 27               | 10   | 13    | 35   |
|  | BUS SALON       | 38               | 10   | 10    | 29   |
|  | TREN ECO+TUR    | 23               | 9    | 9     | 18   |
|  | TREN SALÓN      | 31               | 8    | 9     | 21   |
|  | TREN DORMITORIO | 30               | 10   | 11    | 25   |
|  | AVION           | 869              | 269  | 296   | 651  |
|  | AUTO            | 105              | 34   | 39    | 87   |

(.): Separador de Miles (.): Separador de Decimales

**Cuadro N° 2.3-5: Modelo Puro de PR - Temporada Normal - Sin Distinción de Propósito**

| PARAMETRO         | DETALLE         | TEMPORADA NORMAL |         |
|-------------------|-----------------|------------------|---------|
|                   |                 | PARAM            | T-EST   |
| CONSTANTE         | BUS PULLMAN     | -0.077690        | -3.63   |
|                   | BUS EJECUTIVO   | -4.398000        | -68.61  |
|                   | BUS SALON       | -6.913000        | -44.03  |
|                   | TREN ECO+TUR    | -8.592000        | -35.95  |
|                   | TREN SALÓN      | -4.463000        | -65.25  |
|                   | TREN DORMITORIO | -7.080000        | -25.75  |
|                   | AVION           | 1.013000         | 4.50    |
| ACCESO+EGRESO     | TODOS LOS MODOS | -0.016730        | -23.11  |
| COSTO OTROS MODOS | NO PAGA         | -0.000050        | -8.70   |
|                   | ESTRATO BAJO    | -0.000567        | -37.56  |
|                   | ESTRATO MEDIO   | -0.000322        | -33.71  |
|                   | ESTRATO ALTO    | -0.000119        | -19.53  |
| COSTO AVION       | NO PAGA         | -0.000010        | -4.19   |
|                   | ESTRATO BAJO    | -0.000320        | -36.11  |
|                   | ESTRATO MEDIO   | -0.000180        | -35.77  |
|                   | ESTRATO ALTO    | -0.000073        | -22.46  |
| TIEMPO DE VIAJE   | BUS PULLMAN     | -0.022870        | -34.60  |
|                   | BUS EJECUTIVO   | -0.016560        | -24.00  |
|                   | BUS SALON       | -0.010450        | -14.05  |
|                   | TREN ECO+TUR    | -0.009126        | -19.71  |
|                   | TREN SALÓN      | -0.010800        | -28.95  |
|                   | TREN DORMITORIO | -0.005865        | -14.63  |
|                   | AVION           | -0.098940        | -21.28  |
|                   | AUTO            | -0.024190        | -34.91  |
| ESTADIGRAFOS      | LL(0)           |                  | -91,591 |
|                   | LL(C)           |                  | -36,657 |
|                   | LL(0f)          |                  | -29,389 |
|                   | RHO(0)          |                  | 0.67910 |
|                   | RHO(C)          |                  | 0.19830 |
|                   | NºOBS           |                  | 8,651   |
|                   | PESO OBS        |                  | 51,070  |

(,): Separador de Miles (.): Separador de Decimales

**Cuadro N° 2.3-6: Valores Subjetivos del Tiempo Modelo Puro de PR Temporada Normal - Sin Distinción de Propósito**

| TEMPORADA/PROPOSITO                    |                 | TEMPORADA NORMAL |      |       |      |
|--|-----------------|------------------|------|-------|------|
| ESTRATO                                |                 | NO PAGA          | BAJO | MEDIO | ALTO |
| VALORES SUBJETIVOS DEL TIEMPO (\$/MIN) | BUS PULLMAN     | 340              | 28   | 50    | 142  |
|  | BUS EJECUTIVO   | 285              | 23   | 35    | 97   |
|  | BUS SALON       | 188              | 12   | 25    | 69   |
|  | TREN ECO+TUR    | 182              | 7    | 10    |      |
|  | TREN SALÓN      | 107              | 14   | 24    | 55   |
|  | TREN DORMITORIO | 117              | 10   | 18    | 49   |
|  | AVION           | 7,344            | 202  | 420   | 901  |
|  | AUTO            | 482              | 43   | 75    | 203  |

(,): Separador de Miles (.): Separador de Decimales

## 2.4 Estudio Análisis y Desarrollo Evaluación Sistema de Transporte Interurbano, Etapas V, VI y VII (Modelos de Demanda de Carga)

Estos estudios, al igual que el anterior se insertan dentro del marco de los estudios complementarios de Estrasur y fueron orientados a la especificación y calibración de modelos de demanda de carga en la Macrozona Sur del país. Específicamente los estudios consideraban la modelación de las siguientes agrupaciones de productos:

- Etapa V: Productos agropecuarios, fertilizantes y combustibles (CIS)
- Etapa VI: Productos minerales, manufacturados y otros (ASTRA Ltda.)
- Etapa VII: Productos forestales (INECON)

La información base empleada en la estimación de modelos proviene principalmente del análisis del sistema productivo asociado a cada uno de los productos involucrados, a través entrevistas a agentes productivos y análisis de las estadísticas de producción de cada uno de los productos.

Como resultado del estudio, se obtiene una serie de modelos de Generación, Atracción y Distribución Conjunta de Viajes (Modelos de Demanda Directa) y de Partición Modal, para cada uno de los productos considerados.

De esta manera, estos estudios aportan información valiosa para predecir el desarrollo productivo de la zona bajo estudio, en particular en relación a la capacidad de la zona de desarrollarse en el sector forestal.

### 2.4.1 Modelos de Carga Agrícola y Combustibles

Este estudio considera la estimación de modelos de Generación, Atracción, Distribución y Partición Modal, para los siguientes productos agrícolas, fertilizantes y combustibles.

**Cuadro N° 2.4-1: Tipología de Productos, Estudio V Etapa**

| Nº | PRODUCTO                        |
|----|---------------------------------|
| 1  | Remolacha                       |
| 2  | Trigo                           |
| 3  | Papas                           |
| 4  | Otros cultivos Industriales     |
| 5  | Pomáceas                        |
| 6  | Tomate industrial               |
| 7  | Vid                             |
| 8  | Otras Frutas y hortalizas       |
| 9  | Frutas y Hortalizas             |
| 10 | Ganado                          |
| 11 | Azúcar                          |
| 12 | Leche                           |
| 13 | Agroindustriales no exportables |
| 14 | Agroindustriales de exportación |
| 15 | Combustible                     |
| 16 | Fertilizantes                   |

Los modelos estimados presentan un alto grado de complejidad y no pueden ser empleados directamente en el presente estudio. Sino que, en caso que se desee emplear estas estimaciones, es preciso remitirse a las matrices predichas por el modelo. Se debe notar que estos modelos, al igual que los modelos forestales y de carga manufacturada, han sido implementados computacionalmente y las matrices resultantes se encuentran en formato STAN por lo que pueden ser leídas directamente por Emme2.

No obstante para mostrar el nivel de complejidad a continuación se presenta la metodología empleada.

#### 2.4.1.1 Modelos de Generación / Atracción

La modelación de la generación de productos agropecuarios se aborda mediante un modelo de uso de suelo, que asigna superficies por comuna a los distintos usos definidos (remolacha, trigo, papas, otros cultivos industriales, pomáceas, tomate industrial, vid vinífera, otras frutas y hortalizas, y actividad pecuaria) en función de características técnicas y económicas en la zona. Al ponderar la superficie asignada a un uso por el rendimiento zonal correspondiente, es posible determinar la producción del cultivo agrícola o de la actividad ganadera en la zona.

Las características del modelo se presentan en el cuadro siguiente:

**Cuadro N° 2.4-2: Modelos de Generación/Atracción**

| Variable dependiente                 | Variabes explicativas (por comuna)       |
|--------------------------------------|--|
| Superficie comunal destinada por uso | Tipo de suelo                            |
|                                      | Ingreso del productor                    |
|                                      | Accesibilidad a los principales destinos |
|                                      | Área geográfica                          |

La superficie comunal destinada por uso se obtuvo, para la estimación del modelo, de los resultados del VI Censo Agropecuario (INE, 1997). Las variables explicativas utilizadas fueron:

- Tipo de suelo: Se utilizó la clasificación de suelos de CIREN, que distingue según si el suelo es de riego o seco, la capacidad de producción agrícola. Esta variable puede verse modificada con la introducción de proyectos de riego, aspecto que se recoge en la fase predictiva del modelo.
- Ingreso del productor: Corresponde al resultado de la venta de la producción obtenida, que depende del rendimiento, al precio esperado en la comuna respectiva. El rendimiento fue obtenido en la mayoría de los casos del Censo Agropecuario, en tanto el precio del producto se obtuvo de antecedentes de ODEPA y criterios aportados por especialistas. En fase predictiva, resulta necesario realizar estimaciones de precios y rendimientos.
- Accesibilidad: Con el fin de recoger el efecto del sistema de transporte sobre la decisión de cultivo del productor, se define una medida asociada a la importancia de los principales destinos y los costos de transporte asociados. Evidentemente, esta variable permite establecer el efecto esperado de un cambio en el sistema de transporte.

- **Área geográfica:** Se modela empleando variables dummy en conjunto con otras variables explicativas, y recoge efectos específicos (e.g. clima) que no pudieron incorporarse explícitamente al modelo. Algunas variables empleadas se refirieron a zonas cuyas características corresponden al seco costero, o bien a aquellas comunas que se encuentran en la precordillera, donde las condiciones climáticas y topográficas dificultan la producción agropecuaria.

Cabe destacar que se estiman además modelos de corte temporal, utilizando información de producción o consumo nacional de determinados productos, con el fin de acotar las predicciones del modelo de uso de suelo.

En el caso de productos agroindustriales, se emplean factores insumo/producto que se aplican sobre la atracción correspondiente. Finalmente, en el caso de fertilizantes y combustibles la generación se obtiene directamente de los resultados de los modelos de atracción y de la definición de áreas de influencia.

#### 2.4.1.2 Modelos de Atracción

Se estimaron modelos que relacionan el flujo total destinado a una comuna con características demográficas, económicas o de atraktividad de la comuna. De este modo, el modelo recoge potenciales cambios en el número de habitantes, el nivel de ingreso o las características del sistema de transporte.

En el caso de los fertilizantes, se determinan los requerimientos técnicos por tipo de cultivo. Dichos factores, que se mantienen constantes, se ponderan por la superficie total predicha por el modelo de uso de suelo, obteniéndose la atracción comunal por este tipo de productos.

#### 2.4.1.3 Modelos de Distribución

La estimación de los modelos de distribución se realiza, para cada producto y temporada en que se moviliza, usando el enfoque de máxima entropía de la forma:

$$T_{ij}^k = A_i^k O_i^k B_j^k D_j^k \exp(-\beta^k \cdot c_{ij}^k)$$

Donde los vectores O y D, corresponden a los vectores de generación y atracción, y los parámetros A y B son los factores de balance. En este caso, se asume que la decisión depende del costo generalizado de transporte por unidad de flujo del producto k entre las zonas i y j. La definición del costo generalizado depende de la disponibilidad modal.

En todos los casos se analiza la información disponible del sistema de actividades, así como los antecedentes obtenidos en las entrevistas a agentes relevantes. En algunos productos se dispone de matrices origen – destino, en tanto en otros casos sólo se dispone de criterios generales respecto de la forma en que se movilizan estos productos. En aquellos casos en los cuales no se dispone de ninguno de estos antecedentes, se recurre a los antecedentes recopilados en las encuestas carreteras de carga, estimando un modelo de entropía, lo que permite determinar la matriz de carga aplicando el parámetro de distribución estimado sobre los vectores origen – destino, correspondientes.

### 2.4.1.4 Modelos de Partición Modal

La disponibilidad de modos de transporte se analiza utilizando los antecedentes reportados por los distintos agentes del sistema de actividades, estableciéndose que sólo tres productos pueden utilizar el modo ferroviario como alternativa al camión. Lo anterior debido a que el ferrocarril presenta ventajas comparativas en el traslado de grandes volúmenes de carga o en grandes distancias, pero en el sector agropecuario se observa un alto grado de atomización en productores, así como en intermediarios y/o mercados de destino, lo que no permite lograr las economías de escala propias del transporte ferroviario. A lo anterior se debe agregar dificultades en la accesibilidad al servicio ferroviario, problemas de confiabilidad y mermas, que condicionan la potencialidad del servicio. Es por ello que se estima que el resto de los productos resultan en la práctica cautivos del transporte carretero.

El modelo de elección modal se estima en base a encuestas de preferencias declaradas, dado el escaso número de elecciones modales observadas existente. Para su aplicación se requiere agregar el modelo, lo que se realiza considerando flujos observados en modo ferroviario, y variables de servicio por modo.

### 2.4.2 Modelos de Carga Manufacturada

Al igual que en el estudio anterior, el objetivo de este estudio fue el de estimar modelos de demanda de transporte para los sectores mineros y manufactureros en la Macrozona Sur y, mediante su utilización, estimar la demanda de transporte para los años 1997, 2000, 2005, 2010 y 2020. Los modelos son:

- Modelos de generación y modelos de atracción, que permiten estimar la producción y el consumo en cada una de las comunas de la macro región.
- Modelos de distribución, que predicen hacia qué destino se dirige la carga que sale de cada comuna.
- Modelos de partición modal, que permiten estimar el modo de transporte en que será despachada una carga, dados ciertos requerimientos de tiempo y de manipulación y las ventajas que presenta cada uno de los modos disponibles.

Los productos considerados son los siguientes:

**Cuadro N° 2.4-3: Tipología de Productos, Estudio VI Etapa**

| N  | PRODUCTO                        |
|----|---------------------------------|
| 1  | Bienes Consumo Humano           |
| 2  | Bebidas Productor Distribuidor  |
| 3  | Bebidas Distribuidor Consumidor |
| 4  | Mineral de Hierro               |
| 5  | Acero                           |
| 6  | Cemento                         |
| 7  | Carbón Nacional                 |
| 8  | Carbón Importado                |
| 9  | Otros Minerales No Metálicos    |
| 10 | Caliza                          |
| 11 | Cloro                           |
| 12 | Sal                             |
| 13 | Bienes Consumo Industrial       |

Al igual que en el caso anterior, los modelos estimados presentan un alto grado de complejidad y formas y estructuras muy disímiles, lo que impide que sean empleados directamente en el presente estudio. Por lo que si se desean emplear directamente las estimaciones de Estrasur, es preciso remitirse a las matrices predichas por el modelo.

#### 2.4.2.1 Modelos de Generación y Atracción

La estimación de modelos de generación y atracción consideró la particularidad de la información recogida para cada uno de los productos considerados. Es así como se determinaron los siguientes tipos de modelos:

- Series de tiempo: para determinar el crecimiento del consumo y producción de cemento, acero y carbón.
- Relaciones funcionales: para la estimación de bienes de consumo humano, otros minerales y bienes de consumo industrial.
- Relaciones insumo producto: para los productos Caliza, Carbón, Mineral de Hierro, Cloro y Sal.

#### 2.4.2.2 Modelos de Distribución

La estimación de los modelos de distribución se realizó, para cada producto y temporada en que se moviliza, usando el enfoque de máxima entropía de la forma:

$$T_{ij}^k = A_i^k O_i^k B_j^k D_j^k \exp(-\beta^k \cdot c_{ij}^k)$$

Donde los vectores O y D, corresponden a los vectores de generación y atracción, y los parámetros A y B son los factores de balance. En este caso, se asume que la decisión depende del costo generalizado de transporte por unidad de flujo del producto k entre las zonas i y j.

#### 2.4.2.3 Modelos de Partición Modal

Considerando la naturaleza de los productos analizados muy pocos de estos poseen factibilidad de realizar transporte multimodal. Sólo en aquellos casos en que se determinó una participación efectiva en ferrocarril, se estimaron modelos agregados de partición modal, tal es el caso de los productos de acero y cemento.

#### 2.4.3 Modelos de Carga Forestal

Los objetivos específicos de este estudio consistían en calibrar los siguientes tres modelos para simular y predecir la operación del sistema interurbano de carga forestal:

- Modelo de generación y atracción de transporte de carga forestal, por período y producto;
- Modelo de distribución del transporte de carga forestal, por período y producto;
- Modelo de partición modal, por período y producto.

Para satisfacer los objetivos indicados, se realizó un análisis profundo del sector forestal en la Macrozona Sur, el que representa alrededor del 90% del total del sector en el país. Se analizaron los inventarios de plantaciones y bosque nativo disponibles, y, agregando supuestos

fundados de tasas de crecimiento y modalidades de manejo forestal – edad de rotación y tipos de corta – se modeló la disponibilidad de materia prima según tipo y por comuna de origen entre el año 2.000 y el 2.020. Este estudio considera la estimación de matrices para los siguientes productos forestales:

**Cuadro N° 2.4-4: Tipología de productos, Estudio VII Etapa**

| N  | PRODUCTO                       |
|----|--------------------------------|
| 1  | Trozas aserrables de pino      |
| 2  | Trozas pulpables de pino       |
| 3  | Trozas pulpables de eucaliptus |
| 4  | Celulosa                       |
| 5  | Papel periódico                |
| 6  | Otros papeles y cartones       |
| 7  | Madera aserrada                |
| 8  | Madera procesada               |
| 9  | Tableros y chapas              |
| 10 | Astillas                       |
| 11 | Leña                           |

A diferencia de los estudios anteriores, por la naturaleza del sector forestal, éste estudio no considera la estimación de modelos de demanda formales, sino que genera un algoritmo mediante el cual es posible conocer las tendencias de crecimiento del mercado forestal. Esto permite por una parte tener buenas estimaciones de las demandas futuras, las que pueden ser aprovechadas directamente en el presente estudio, sin embargo, no puede ser sistematizado, sino que debe ser complementado con las estimaciones de ESTRASUR.

El Planteamiento de Modelación desarrollado considera cinco modelos básicos de simulación que incluyen todos los productos forestales relevantes:

- a. **Modelo de Generación de Trozas:** comprende la etapa de generación del recurso básico de la cadena industrial del sector forestal, correspondiente a las trozas de plantaciones, cuyo destino son la industria local y la exportación. Está vinculado a un proceso cuasideterminístico debido a la naturaleza del ciclo de rotación forestal. Con el desarrollo de este modelo se simula el ciclo productivo de las plantaciones para todas las comunas relevantes y se determinan los volúmenes de cosecha para cada uno de los períodos considerados en el estudio. Se identifican y proyectan separadamente tres tipos de productos: trozas pulpables de pino, trozas pulpables de eucaliptus y trozas aserrables de pino.
- b. **Modelo de Generación y Atracción de Productos Industriales:** corresponde a la etapa de atracción de trozas por parte de las distintas industrias forestales, la generación de los productos industriales que se elaboran a partir de esta materia prima y a la atracción de los mismos por parte de las unidades consumidoras. Conceptualmente las etapas de atracción de trozas y generación de productos industriales corresponde a dos fases de modelación, sin embargo, la ligazón espacial y de escala existente entre ambas, donde el destino de la materia prima corresponde al origen del producto industrial y los volúmenes se relacionan por factores técnicos de conversión, ha permitido el planteamiento del proceso conjunto como una sola etapa en los modelos de demanda.

- c. Modelo de Distribución de Carga Forestal: está asociado al proceso de distribución espacial de los productos, originado por la necesidad de transporte entre puntos espacialmente distantes sujeto a restricciones de costo. Dentro del sector forestal, estos modelos se aplican al transporte existente en las dos etapas de la cadena productiva: a las trozas, generadas en los bosques y demandadas en las plantas y como exportación, y a los productos industriales, generados en las plantas y demandados como exportación y localmente.
- d. Modelo de Partición Modal de Producción Forestal: comprende la etapa de elección del modo de transporte entre un determinado par origen - destino, producto y período. En el caso de productos forestales el análisis se restringe a los modos camión y ferrocarril. Consistente con el criterio general de racionalidad económica existente en el sector, en la elección del modo se elige aquel que minimiza los costos y se encuentra disponible. Las excepciones fueron debidamente identificadas. De notar es que el análisis de la situación actual aparece distorsionado por la deteriorada situación del servicio ferroviario.
- e. Modelos de Demanda de Transporte de Leña: debido a la naturaleza del proceso industrial asociado a la leña, a su mecanismo de comercialización y de transporte y a que su origen se asocia básicamente con el bosque nativo, no es posible asociar este producto al resto de la industria forestal en estudio, por lo que se ha planteado por separado todas sus etapas de modelación. Es un producto que se transa normalmente en el mercado informal, originado en cientos de pequeños productores y destinado a miles de pequeños consumidores. El transporte se da sobre distancias muy reducidas, normalmente intracomunal, no existiendo estadísticas confiables de su producción y transporte. Sí existen importantes antecedentes de que se trata de volúmenes de cargas menores y en declinación. El modelo de simulación diseñado para este rubro supone que la generación de leña sólo se da en las comunas que poseen bosque nativo y que ésta se destina a los centros de consumo residencial, industrial y comercial suponiendo las tasas que sugieren las escasas estadísticas disponibles.

## **2.5 Estudio Análisis de Demanda y Catastro Vial Ruta Interlagos, IX y X Regiones (TRASA, 2005)**

Los objetivos específicos que se cumplieron en este estudio son los siguientes:

- a) Recopilación de información actualizada en lo que respecta al sistema de actividades económicas de las zonas ubicadas en el entorno inmediato del Eje Interlagos. En este aspecto se debe poner especial énfasis en lo que se refiere al potencial turístico del área de estudio, de manera de poder plantear estrategias para potenciar territorial y turísticamente el proyecto, así como también la forma de favorecer la inversión e instalación de actividades del área del turismo, nacional e internacional, en los sectores aledaños a la ruta.
- b) Construcción de una red de modelación de transporte apoyada en Sistemas de Información Geográficos (SIG) para representar el área de influencia directa de la Ruta Interlagos y sus interacciones con las diferentes rutas de su entorno inmediato, tales como la Ruta 5 y los caminos transversales que acceden a los principales lagos y pasos fronterizos de las regiones de La Araucanía y Los Lagos.

- c) Realizar un completo diagnóstico de los flujos vehiculares que actualmente circulan por el área bajo estudio, en términos de magnitud y principales mercados de viajes.
- d) Realizar un catastro y análisis de la oferta vial de la Ruta Interlagos, considerando características físicas, geométricas, estructurales, funcionales, tipo de carpeta de rodado, etc. Con esta información, además del sistema de actividades económicas de las zonas ubicadas en el entorno inmediato, se deberá tramificar la Ruta, como también, un balizado del eje troncal.
- e) Analizar el comportamiento de los turistas respecto del tipo de viaje que realizan una vez que han llegado al lago, camping o lugar de estadía.
- f) Proponer metodología de estimación futura de la demanda en la Ruta Interlagos, tomando en consideración las potencialidades turísticas de la zona.
- g) De acuerdo a los resultados del estudio de demanda, se deberá definir diferentes circuitos dentro de la Red Interlagos para formular Programas de Inversión priorizados, de acuerdo con los lineamientos que se establezcan para la Red Interlagos y cuya rentabilidad deberá analizarse por medio de una evaluación económica.
- h) Establecer una propuesta de Reglamentación mínima para el uso de la faja de los caminos públicos que forman parte de la Red Interlagos.
- i) Recolectar información referente a zonas de rescate del Patrimonio Cultural, si existiesen y de zonas de miradores y paradores.
- j) Elaborar un Programa para la Ruta Interlagos que contenga los objetivos específicos planteados, generación de indicadores para ordenar los proyectos y para evaluar el avance del programa, proponer un plan de inversión asociado a los objetivos planteados, a partir de un marco de recursos acotado a las posibilidades reales de financiamiento.

Los trabajos que se realizaron y que fueron parte del estudio son los siguientes:

- a) Balizado del eje principal de la ruta Interlagos.
- b) Estudio de base de Tránsito.
- c) Catastro de la ruta Interlagos.
- d) Mediciones de parámetros.

### **2.5.1 Área de Análisis**

El área de influencia directa del proyecto está conformada por dos unidades complementarias entre sí y que corresponden a las siguientes:

Área de Influencia directa o interna, que corresponde a aquella afectada directamente por el proyecto, la cual requiere un tratamiento con un nivel de detalle mayor.

Área de Influencia indirecta o externa, que corresponde al área afectada en menor grado por los cambios de infraestructura y operación vial de los ejes involucrados. A continuación se detalla:

- Por el poniente: Ruta 5.
- Por el oriente: Límite con Argentina.
- Por el norte: Límite Regional VIII – IX Región.
- Por el sur: Límite Regional X – XI Región.

### **2.5.2 Zonificación**

Para efectuar la caracterización de la estructura de los viajes en el área de análisis, se efectúa una división espacial de ella, definiendo un conjunto de zonas capaz de representar en forma adecuada los viajes de carácter local, así como los de media y larga distancia. Cada una de estas áreas o zonas representan homogeneidad respecto de elementos que permiten definirlos como centros atractores y/o generadores de viajes. Los criterios de definición están ligados principalmente al análisis de las actividades económicas preponderantes (variables socioeconómicas), a la accesibilidad a la red y otros, relacionados con la necesidad de efectuar tratamientos específicos que permitan considerar eventuales cambios de tipo estructural en ella.

La zonificación adoptada para este estudio considera como unidad básica de zonificación, la comuna, al interior del área de análisis del proyecto y para las zonas externas a ella, la zonificación corresponde a una agregación de ellas. Cabe señalar que, debido a la importancia que revisten algunos centros turísticos desarrollados en el área de proyecto se consideraron como zonas específicas los sectores asociados a balnearios, lo que a continuación se detalla.

|                 |                      |               |
|-----------------|----------------------|---------------|
| Puerto Saavedra | Mariquina            | Río Negro     |
| Teodoro Schmidt | Lanco                | Purranque     |
| Padre Las Casas | Panguipulli          | Puerto Octay  |
| Vilcún          | Coñaripe             | Frutillar     |
| Melipeuco       | Máfil                | Fresia        |
| Freire          | Valdivia             | Llanquihue    |
| Cunco           | Los Lagos            | Nueva Braunau |
| Pitrufquén      | Futrono              | Puerto Varas  |
| Toltén          | Paillaco             | Ensenada      |
| Gorbea          | Corral               | Los Muermos   |
| Loncoche        | La Unión             | Puerto Montt  |
| Villarrica      | Lago Ranco           | Chamiza       |
| Licanray        | Río Bueno            | Mauñín        |
| Ñacul           | San Pablo            | Calbuco       |
| Pucón           | San Juan de la Costa | Cochamó       |
| Caburga         | Osorno               | Hualaihue     |
| Curarrehue      | Puyehue              |               |

### 2.5.3 Red de Modelación

La red de modelación fue definida con el nivel de detalle y formato correspondiente a una red EMME-2. Las principales rutas consideradas en el área de influencia del proyecto fueron la siguiente:

- Ruta 5
- Victoria – Curacautín
- Curacautín – Lonquimay
- Lautaro – Curacautín
- Temuco – Vilcún
- Temuco – Cunco
- Freire – Villarrica
- Loncoche – Villarrica
- Villarrica – Pucón
- Pucón – Caburga
- Pucón – Curarrehue
- Cunco – Villarrica
- Villarrica – Licanray
- Licanray – Panguipulli
- Licanray – Coñaripe
- Coñaripe – Panguipulli
- Panguipulli – Lanco
- Panguipulli – Los Lagos
- Paillaco – Futrono
- Río Bueno – Lago Ranco
- Río Bueno – Crucero
- Crucero – Entre Lagos
- Osorno – Puyehue
- Osorno – Puerto Octay
- Entre Lagos – Puerto Octay
- Puerto Octay – Ensenada
- Puerto Octay – Frutillar

#### 2.5.4 Periodización y Estacionalidad

Los períodos considerados en este estudio fueron tres (1 período en temporada Normal y 2 en temporada Verano), los cuales son presentados en el cuadro siguiente:

**Cuadro N° 2.5-1: Periodización Ruta Interlagos**

| Período | Descripción   | Temporada |
|---------|---------------|-----------|
| 1       | Laboral       | Normal    |
| 2       | Laboral       | Verano    |
| 3       | Fin de Semana | Verano    |

Fuente: TRASA, 2006

Para cada uno de estos períodos se asignaron los flujos vehiculares correspondientes a TMDA horario.

#### 2.5.5 Estimación de la Demanda año de calibración

El modelo de asignación requiere de matrices origen-destino, a priori, por tipo de vehículos, las cuales serán ajustadas como parte del proceso de calibración a partir de los conteos de flujos vehiculares observados en terreno. Para tal efecto, se utilizó como información base, las Encuestas origen destino realizadas en los doce puntos de control dentro del área de proyecto relevadas como parte del presente estudio, las cuales permitieron la generación de matrices estimadas, por tipo de usuario por período, para el año 2004.

#### 2.5.6 Calibración del Modelo de Asignación

El proceso de calibración tiene por finalidad asegurar que el modelo refleje adecuadamente la red en situación actual (del estudio), a través de una reproducción razonable de los volúmenes horarios de vehículos actualmente existentes en la red y por consecuencia, que el modelo tenga capacidad de predecir el comportamiento de la red vial bajo las condiciones que presente el proyecto.

La calibración consta de dos etapas: la calibración de la red vial y la calibración de la matriz de viajes, proceso que a continuación se detalla.

En cuanto al año de validación de la situación actual, se consideró el año 2004 que es el año en que se realizaron los estudios de base del este estudio.

La primera etapa en la calibración de modelos de asignación consiste en verificar que las características geométricas de los arcos (longitud, capacidad, velocidad, etc.) y la topología de la red vial (definición de arcos, conectores, etc.), representen adecuadamente la situación actual (del estudio), de forma de no introducir distorsiones en la matriz, asociada a una definición errada de la red de modelación. Esta validación debe ser orientada a verificar que los arcos que actualmente son utilizados, presenten flujo en la modelación, de asegurar una adecuada conectividad de las centroides de las zonas a la red vial, etc.

La segunda etapa corresponde a la estimación de las matrices origen-destino por tipo de vehículo con el modelo de máxima entropía. Para tal efecto, se requieren las matrices a priori por tipo de usuario y los conteos de flujos vehiculares en el área de proyecto.

En base a las matrices proyectadas por tipo de vehículo para los dos cortes temporales definidos (2006 y 2015) se procedió a modelar la situación con proyecto de la Ruta Interlagos.

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| <b>2</b>  | <b>DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE ESTUDIOS ANTERIORES.....</b>  | <b>2-1</b> |
| 2.1       | ESTUDIOS DIRPLAN VI-VII, VIII Y IX-X REGIONES.....   | 2-1        |
| 2.1.1     | <i>Redes y Zonificación.....</i>   | 2-1        |
| 2.1.2     | <i>Función de Tiempo de Viaje y Costo de Operación .....</i>   | 2-3        |
| 2.1.3     | <i>Categorías de Usuarios .....</i>  | 2-3        |
| 2.1.4     | <i>Encuestas Origen Destino .....</i>  | 2-5        |
| 2.1.4.1   | Estudio VI y VII Regiones (Ghisolfo, 2006).....  | 2-6        |
| 2.1.4.1.1 | Encuesta a Vehículos Livianos .....  | 2-7        |
| 2.1.4.1.2 | Encuesta a Vehículos de Transporte de Carga.....   | 2-10       |
| 2.1.4.2   | Estudio VIII Región (Ciprés, 2002) .....   | 2-10       |
| 2.1.4.2.1 | Encuesta a Vehículos Livianos .....  | 2-12       |
| 2.1.4.2.2 | Encuesta a Vehículos de Transporte de Carga.....   | 2-12       |
| 2.1.4.2.3 | Encuestas Preferencias Declaradas.....   | 2-13       |
| 2.1.4.2.4 | Encuesta Pasajeros Transporte Público .....  | 2-13       |
| 2.1.4.3   | Estudio IX y X Regiones (CIS, 2004).....   | 2-14       |
| 2.1.4.3.1 | Encuesta a Vehículos Livianos .....  | 2-16       |
| 2.1.4.3.2 | Encuesta a Vehículos de Transporte de Carga.....   | 2-16       |
| 2.1.4.3.3 | Preferencias declaradas y reveladas.....   | 2-17       |
| 2.1.5     | <i>Modelos de Redes de Transporte.....</i>   | 2-17       |
| 2.2       | ESTUDIO DE DEMANDA Y EVALUACIÓN SOCIAL RUTA 66, CAMINO DE LA FRUTA (CITRA-2005).....   | 2-18       |
| 2.2.1     | <i>Área de Influencia .....</i>  | 2-18       |
| 2.2.2     | <i>Zonificación.....</i>   | 2-18       |
| 2.2.3     | <i>Red de Modelación .....</i>   | 2-18       |
| 2.2.4     | <i>Periodización y Estacionalidad .....</i>  | 2-19       |
| 2.2.5     | <i>Estimación de la Demanda, Año Base.....</i>   | 2-19       |
| 2.2.6     | <i>Proyección de la Demanda: Cortes Temporales 2004, 2009 y 2019 .....</i>   | 2-19       |
| 2.2.7     | <i>Calibración de la Red de Modelación .....</i>   | 2-19       |
| 2.2.8     | <i>Evaluación de Alternativas de Proyecto.....</i>   | 2-19       |
| 2.3       | ESTUDIO ANÁLISIS Y DESARROLLO EVALUACIÓN SISTEMA DE TRANSPORTE INTERURBANO, IV ETAPA (ASTRA, 2001).....                            | 2-20       |
| 2.3.1     | <i>Modelos de Generación-Distribución Conjunta.....</i>  | 2-20       |
| 2.3.2     | <i>Modelos de Partición Modal .....</i>  | 2-23       |
| 2.4       | ESTUDIO ANÁLISIS Y DESARROLLO EVALUACIÓN SISTEMA DE TRANSPORTE INTERURBANO, ETAPAS V, VI Y VII (MODELOS DE DEMANDA DE CARGA) ..... | 2-26       |
| 2.4.1     | <i>Modelos de Carga Agrícola y Combustibles .....</i>  | 2-26       |
| 2.4.1.1   | Modelos de Generación / Atracción .....  | 2-27       |
| 2.4.1.2   | Modelos de Atracción .....   | 2-28       |
| 2.4.1.3   | Modelos de Distribución .....  | 2-28       |
| 2.4.1.4   | Modelos de Partición Modal .....   | 2-29       |
| 2.4.2     | <i>Modelos de Carga Manufacturada.....</i>   | 2-29       |
| 2.4.2.1   | Modelos de Generación y Atracción .....  | 2-30       |
| 2.4.2.2   | Modelos de Distribución .....  | 2-30       |
| 2.4.2.3   | Modelos de Partición Modal .....   | 2-30       |
| 2.4.3     | <i>Modelos de Carga Forestal.....</i>  | 2-30       |
| 2.5       | ESTUDIO ANÁLISIS DE DEMANDA Y CATASTRO VIAL RUTA INTERLAGOS, IX Y X REGIONES (TRASA, 2005) .....                                   | 2-32       |
| 2.5.1     | <i>Área de Análisis.....</i>   | 2-34       |
| 2.5.2     | <i>Zonificación.....</i>   | 2-34       |
| 2.5.3     | <i>Red de Modelación.....</i>  | 2-35       |
| 2.5.4     | <i>Periodización y Estacionalidad.....</i>   | 2-36       |
| 2.5.5     | <i>Estimación de la Demanda año de calibración.....</i>  | 2-36       |
| 2.5.6     | <i>Calibración del Modelo de Asignación .....</i>  | 2-36       |

