

Estimación de Parámetros de Tránsito Generado en Proyectos de Vialidad Interurbana

Informe Final

29 de Julio de 2013

Preparado para:

Ministerio de Desarrollo Social
Gobierno de Chile
Ahumada 48
Santiago - Chile

Preparado por:

Steer Davies Gleave
Holanda 100, Oficina 504, Providencia
Santiago - Chile

+56 (0)2 757 2600

www.steerdaviesgleave.com

CONTENIDO

GLOSARIO	I
1 INTRODUCCIÓN	1
Objetivos	1
Contenidos	1
2 EXPERIENCIA INTERNACIONAL Y SU APLICABILIDAD A CHILE	3
Revisión de la Literatura.....	3
Consideración de tránsito generado en las metodologías de evaluación de gobiernos nacionales	4
Consideración de tránsito generado en las metodologías de evaluación de agencias de desarrollo internacional	7
Modelación de Cambios de Costo Generalizado de Viajes	8
Consideración de tránsito generado en investigación sobre la evaluación social de proyectos	8
Metodologías Aplicables a Chile	9
Referencias.....	9
3 ANÁLISIS DE PROYECTOS A UTILIZAR EN LA MODELACIÓN	15
Selección de proyectos.	15
Revisión de proyectos a estudiar.....	15
Análisis del primer grupo proyectos	16
Análisis del segundo grupo de proyectos	18
Análisis del tercer grupo de proyectos	19
Análisis de proyectos eliminados del análisis de elasticidades	20
Presentación general de los proyectos.....	21
Categorías de Costos para Tránsito Generado	22
Análisis de Flujos Vehiculares	25
Análisis de casos extremos	27
Base de datos de proyectos.	28
4 ANÁLISIS DEL FENÓMENO DE TRÁNSITO GENERADO	30
Introducción.....	30
Análisis del Fenómeno de Tránsito Generado.....	30
Metodología para el cálculo de elasticidades	31

	Metodologías alternativas y posibles mejoras a la formulación propuesta	34
5	CÁLCULO DE ELASTICIDADES PRECIO DEMANDA	36
	Definición de los parámetros que se van a estimar	36
	Formulación matemática del modelo de elasticidades.	36
	Elasticidades precio de la demanda para distintas tipologías de proyectos de vialidad interurbana	37
	Elasticidades Excluyendo Casos Extremos	41
6	FACTORES DE GENERACIÓN	42
	Definición de metodologías alternativas a la de elasticidades	42
	Factores de Generación Excluyendo casos Extremos	45
7	PRUEBAS DE HIPÓTESIS	47
	Modelos mixtos multinivel.....	47
	Definición de variables.....	47
	Pruebas de hipótesis.....	54
	Modelos finales	55
	Elasticidades y factores de Generación de los modelos multinivel descontando los casos extremos.....	58
	Comparación de los resultados de los modelos individuales y los modelos mixtos multinivel.....	59
8	IMPLEMENTACIÓN	62
	Recomendaciones	62
	Diseño de un sistema de cálculo del tránsito generado	65
	Resultados de Tránsito Generado	66
	Posibles adaptaciones de la metodología de elasticidades a otro tipo de proyectos de transporte	68
9	SISTEMA DE SEGUIMIENTO - ACTUALIZACIÓN	69
	Variación temporal de las variables estudiadas	69
	Metodología de actualización	70
10	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	81

FIGURAS

Figura 3.1	Mapa de proyectos seleccionados	22
Figura 5.1	Distribución Acumulativa de elasticidad	38
Figura 5.2	Distribución Acumulativa de elasticidad Buses	39
Figura 5.3	Distribución Acumulativa de elasticidad Vehículos Livianos	40
Figura 5.4	Distribución Acumulativa de elasticidad Vehículos Pesados	40
Figura 6.1	Factores de generación y las elasticidades equivalentes, vehículos livianos	43
Figura 6.2	Factores de generación y las elasticidades equivalentes, vehículos Pesados.....	44
Figura 6.3	Factores de generación y las elasticidades equivalentes, buses...	44
Figura 7.1	Evolución del PIB Regional Per cápita en UF Zona Norte Grande, 1985-2010.....	48
Figura 7.2	Evolución del PIB Regional Per cápita en UF Zona Norte Chico, 1985-2010.....	48
Figura 7.3	Evolución del PIB Regional Per cápita en UF Zona Central, 1985-2010	49
Figura 7.4	Evolución del PIB Regional Per cápita en UF Zona Sur, 1985-2010	49
Figura 7.5	Evolución del PIB Regional Per cápita en UF Zona Austral, 1985-2010	50
Figura 7.6	Comparación de Elasticidades, Vehículos livianos.....	60
Figura 7.7	Comparación de Elasticidades, buses.....	60
Figura 7.8	Comparación de Elasticidades, vehículos pesados	61
Figura 8.1	Resultados para Vehículos Livianos	66
Figura 8.2	Resultados para Vehículos Pesados	67
Figura 8.3	Resultados para Buses	67
Figura 8.4	Contenidos de la planilla de cálculo	68
Figura 9.1	Contenidos de la planilla de cálculo	76
Figura 9.2	Ubicación De Macro visualización de puntos	76
Figura 9.3	Contenidos de la planilla de cálculo	77
Figura 9.4	Ubicación De Macro copia de base de datos.....	77
Figura 9.5	Ingreso de Costos.....	78
Figura 9.6	Ingreso de Información de FLujo	79

Figura 9.7	Actualización de Base de Datos	79
------------	--------------------------------------	----

TABLAS

Tabla 1.1	Contenidos del disco de datos	2
Tabla 2.1	Idiomas considerados	3
Tabla 2.2	Bibliografía	10
Tabla 3.1	Recepción de información de proyectos	15
Tabla 3.2	Resumen de proyectos entregados por el MDS	16
Tabla 3.3	Resumen por región de proyectos segunda entrega por el MDS....	18
Tabla 3.4	Información de proyectos segunda entrega	18
Tabla 3.5	Resumen por región de proyectos tercera entrega por el MDS.....	19
Tabla 3.6	Resumen de exclusiones analíticas del modelo	20
Tabla 3.7	Resumen de proyectos iniciales y considerados luego de filtros...	21
Tabla 3.8	Puntos Censales Excluidos por tipo de vehiculo	21
Tabla 3.9	Diferencia de costos relativos Promedios por región.	24
Tabla 3.10	Puntos de control del plan nacional de censos por región	25
Tabla 3.11	Flujos promedio por año y tipo de vehículo	26
Tabla 3.12	Desviación estandar de flujos por año y tipo de vehículo.....	27
Tabla 3.13	Revisión de Proyectos con Casos Extremos	28
Tabla 5.1	Elasticidad Promedio por tipo de vehiculo	39
Tabla 5.2	Elasticidades promedios por tipo de vehículo.....	41
Tabla 5.3	Elasticidades promedios por tipo de vehículo sin casos extremos.	41
Tabla 6.1	Crecimientos promedios por tipo de vehiculo, con intervalos de confianza	45
Tabla 6.2	Crecimientos promedios por tipo de vehiculo, con intervalos de confianza	46
Tabla 7.1	Definiciones de Zonas	47
Tabla 7.2	PIB per Cápita, Quintiles	50
Tabla 7.3	Densidad poblacional, Quintiles	51
Tabla 7.4	Definición de la variable Muda del largo plazo y mediano plazo ..	52
Tabla 7.5	Indices utilizados para el Efecto crisis 2008	53

Tabla 7.6	Proyectos considerados en zonas t�urísticas.....	54
Tabla 7.7	Pruebas de hipótesis	54
Tabla 7.8	Modelos mixtos multinivel por tipo de vehículos	56
Tabla 7.9	Elasticidades y Factores de Generación obtenidos de los Modelos Mixtos Multinivel.....	58
Tabla 7.10	Elasticidades y Factores de Generación obtenidos de los Modelos mixtos multinivel sin casos extremos	59
Tabla 8.1	Modelos mixtos multinivel Sin Extremos por tipo de vehículos	63
Tabla 8.2	Elasticidades Y factores de generación recomendados por tipo de vehículo	64
Tabla 8.3	Resumen de los datos del Proyecto	65
Tabla 8.4	Resumen TMDA Base del proyecto.....	65
Tabla 8.5	Resumen de Costos del Proyecto	66
Tabla 9.1	Tasas de crecimiento coMpuesta por región.....	69
Tabla 9.2	Planificación de Actualizaciones	71
Tabla 10.1	Elasticidades y factores de generación finales.....	82

Glosario

Tránsito Generado: El tránsito generado se define como un flujo vehicular futuro adicional que utilizaría el camino si se produce la mejora de sus variables de servicio, el cual es causado por dicha mejora y no existiría si el camino no es mejorado.

Longitud construida: La longitud construida se define como la longitud del tramo la cual ha sido pavimentada en el proyecto analizado, se mide en kilómetros.

Crisis Económica: El periodo de crisis económica se refiere a la crisis mundial provocada por la crisis financiera *subprime* en los Estados Unidos durante los años 2008 - 2009.

STATA: Software estadístico programable, utilizado para desarrollar los modelos estadísticos.

PNC: Plan Nacional de Censos, plan de mediciones de flujos vehiculares a nivel nacional en diferentes puntos del país, disponibles en el sitio web: <http://www.vialidad.cl/>

1 Introducción

- 1.1 El Ministerio de Desarrollo Social encargó a Steer Davies Gleave el estudio “Estimación de parámetros de tránsito generado en proyectos de vialidad interurbana”, buscando el mejoramiento y actualización de la metodología de formulación y evaluación de proyectos del transporte interurbano. Este estudio se enmarca en el subsistema de Análisis Técnico Económico del Sistema Nacional de Inversiones.
- 1.2 El objetivo general del estudio corresponde a la determinación de los parámetros que permitan calcular el tránsito generado en proyectos de vialidad interurbana. En particular, este proyecto se ha enfocado en los proyectos de pavimentación de caminos.
- 1.3 Las herramientas disponibles para la evaluación de proyectos de pavimentación de caminos, tales como el software HDM-III que está en uso en el Ministerio, piden parámetros de generación de tránsito en la forma de elasticidades o factores de generación (porcentajes del tránsito base), pero no definen los valores que se debe ocupar. Este proyecto busca establecer valores razonables para estos parámetros que sean bien fundamentados sobre los mejores datos disponibles y desarrollados utilizando técnicas de análisis adecuados.

Objetivos

Objetivo General

- 1.4 De acuerdo a los Términos de Referencia (TdR) de esta licitación, el objetivo general del estudio corresponde a *“Determinar los parámetros que permitan calcular el tránsito generado en proyectos de vialidad interurbana”*

Objetivos específicos

- 1.5 Para alcanzar este objetivo principal, se distinguen en los TdR los siguientes objetivos específicos:
 - Identificar los factores que generan cambio en los flujos; identificar las variables y determinar los parámetros que permitan calcular el tránsito generado.
 - Proponer y probar una metodología de estimación de elasticidades de tránsito generado.
 - Proponer y probar metodologías alternativas a la estimación de elasticidades para calcular el tránsito generado.
 - Diseñar un sistema de actualización de las elasticidades según la información disponible, estableciendo fuentes de información y frecuencia óptima de actualización.

Contenidos

- 1.6 Este informe final contiene los reportes desarrollados en etapas previas del proyecto junto con las observaciones y correcciones registradas en ellas incluyendo:

- Análisis Bibliográfico de la experiencia internacional y su aplicabilidad en Chile.
- Cálculo de elasticidades precio - demanda.
- Metodología para el cálculo del tránsito generado en base a la información de elasticidad ingreso, cuando sea posible sobre la base de la información disponible.
- Metodologías alternativas aplicables a proyectos de vialidad urbana, que no utilicen elasticidades.
- Procedimiento de cálculo de tránsito generado.
- Un ejemplo de los cálculos de tránsito generado aplicado a un caso en particular.
- Comentarios sobre posibles metodologías adaptadas del cálculo de elasticidades para otros tipos de proyecto de infraestructura.

1.7 El disco de datos que se entrega junto a este informe incluye 4 carpetas, que contienen la información de la tabla siguiente:

TABLA 1.1 CONTENIDOS DEL DISCO DE DATOS

Carpeta	Contenidos
Informes	Informe Final en formatos Word y PDF Informes anteriores 1, 2 y 3.
STATA	Archivos de datos (.dta), de comandos (.do), bitácoras (.smcl y .html), gráficos (.gph y .png) . El archivo LEEME.txt comenta los contenidos y su uso en mayor detalle.
STATA\ado	Complementos requeridos para correr el proceso de análisis y los archivos de ayuda relacionados.
Excel	La planilla de cálculo comentado en el sexto capítulo, “Aplicación Modelo v1 17.xlsx”. Una planilla que detalla los modelos mixtos multinivel y las pruebas de hipótesis: “trangen xtmixed v1 15.xlsx”. Aquí se encontrarán los detalles de todas las pruebas realizadas junto a las estadísticas z, etc. Una planilla en que permita armar una base de datos actualizada al modelo STATA. Actualización_Modelo_STATA.xlsx
Revisión Bibliográfica	50 documentos de revisión de bibliografía.

2 Experiencia Internacional y su aplicabilidad a Chile

Revisión de la Literatura

- 2.1 La primera tarea de esta etapa consideró una revisión acuciosa de la bibliografía asociada al tema de estimación de tráfico generado por nuevos proyectos de infraestructura.
- 2.2 La revisión consideró documentos en los idiomas detallados en la siguiente tabla. Se citarán a las referencias por una letra que identifica el idioma seguido por un número de dos dígitos, así (e01) por ejemplo.

TABLA 2.1 IDIOMAS CONSIDERADOS

Idioma	Código de referencia
Alemán	aNN, por ejemplo a01
Español	eNN, por ejemplo e01
Inglés	iNN, por ejemplo i01
Portugués	pNN, por ejemplo p01

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

- 2.3 Donde se cita una referencia de página siempre se refiere a la página literal del documento que aparece en el software lector y no al número que la página lleve impreso.
- 2.4 Más adelante, la Tabla 2.2 detalla los documentos que se han considerado en la revisión. Esta lista representa la totalidad de los documentos descargados, sin embargo, no todos estos documentos han sido considerados en detalle, pues hemos intentado enfocar el esfuerzo de revisión en los documentos más relevantes e interesantes.
- 2.5 La revisión de la literatura se enfocó en los siguientes temas
- caminos rurales y de bajo flujo
 - metodologías de evaluación
 - tránsito generado
- 2.6 Tratamos los temas en este orden porque es necesario considerar el contexto relevante primero, para evitar que materias irrelevantes distraigan de lo esencial. El contexto de caminos rurales y de bajo flujo condiciona todo el espectro de materia relevante.
- 2.7 A continuación se destacan los principales hallazgos de la revisión de la literatura.

Consideración de tránsito generado en las metodologías de evaluación de gobiernos nacionales

- 2.8 Se revisaron documentos oficiales de evaluación de proyectos de transporte de Reino Unido (i03, i04, i05, i19), Nueva Zelandia (i20, i21), EE.UU. (i16), México (e04) y Brasil (p01).

México

- 2.9 En México el SHCP instruye que para caminos rurales se debe suponer que el tráfico futuro con proyecto sea igual al tráfico futuro sin proyecto (e04), es decir, se supone cero generación de tráfico como resultado del proyecto. En ambos casos, se ocupa la proyectada tasa de crecimiento del PIB como proxy para la tasa futura de crecimiento del tráfico, lo que es equivalente a un supuesto de la elasticidad al PIB igual a uno.
- 2.10 Respecto a los beneficios de los proyectos, se consideran (e04):

- El ahorro en el costo generalizado de los viajes
- El posible incremento en el excedente del productor “por la incorporación de nueva superficie productiva como resultado de la ejecución del proyecto”
- Que el valor residual del proyecto se mantiene en 100% del costo total de inversión al final del periodo de evaluación, en precios constantes.

Reino Unido

- 2.11 En Reino Unido la preocupación principal que subyace en muchos de los consejos del WebTAG del *Department for Transport* (i03, i04, i05) es la congestión vehicular en la red troncal y la posibilidad de que el tráfico generado reduzca los beneficios atribuidos a los proyectos. Por ejemplo, se comenta que “Debe recordarse que los beneficios de proyectos pueden verse significativamente reducidos por cambios en la demanda producidos por el proyecto” (i04, página 2).
- 2.12 Se nota que en muchos casos es aceptable suponer una matriz de demanda fija para escenarios base y futuro de proyectos pequeños con costos de capital menores o iguales que 5 millones de libras esterlinas. Sus efectos en los costos de los viajes son relativamente modestos (i04, página 1). El contexto del presente estudio es muy distinto y la preocupación es por el contrario, la falta de tránsito y no su exceso.

Nueva Zelandia

- 2.13 En Nueva Zelandia el NZ Transport Agency (NZTA) tiene procedimientos de evaluación de proyectos de infraestructura muy detallados (i20, i21). El procedimiento simplificado SP4 (i20, página 111-126) aplica a proyectos de pavimentación de caminos y contiene todos los parámetros y supuestos requeridos para llevar a cabo la evaluación de un proyecto de pavimentación. Este procedimiento considera los siguientes tipos de beneficios:
- ahorros de costos operacionales
 - ahorros de tiempo de viaje
 - reducción de accidentes

- beneficios del aumento de la comodidad de los viajeros¹ (en centavos por vehículo-km de tráfico)
 - beneficios de productividad.
- 2.14 Se ocupan distintos parámetros de beneficio de productividad en dólares por km por año de camino pavimentado, que varían según el uso de suelo:
- ganadería para la producción de carne,
 - ganadería para la producción de lácteos, y
 - horticultura.
- 2.15 El procedimiento NZTA requiere tasas de crecimiento de tráfico basadas en conteos de tráfico históricos. En la ausencia de datos adecuados el manual propone tasas estándares de crecimiento diferenciadas por contexto (urbana / rural), tipo de ruta (Troncal / Estratégico / Otro) y zona del país (i20, página 307).
- 2.16 NZTA requiere la consideración de tránsito generado en casos donde sea relevante. Se considera que siempre que no exista ninguna restricción que impida el crecimiento normal del tránsito, debe utilizarse tasas de crecimiento estimadas sobre la base de la proyección de conteos históricos de tránsito (i20, página 308). En el caso donde altos niveles de congestión restringen el tránsito en el escenario base y/o no se puede lograr el equilibrio de demanda y oferta, se ofrecen consejos detallados sobre la modelación del demanda con matrices variables (i20, Anexo 11, páginas 567 - 588).

Brasil

- 2.17 Las directrices de evaluación de proyectos del DNIT brasileño (p01) consideran que es necesario considerar tránsito generado en la evaluación de proyectos de autopistas (p01, página 38) pero no en proyectos de caminos rurales (p01, página 52), en cuyos casos se debe considerar solamente la proyección de la tendencia histórica de crecimiento de tráfico por clase de vehículo.
- 2.18 Respecto a la evaluación de los proyectos se consideran dos tipos de beneficio (p01, página 44):
- beneficios directos:
 - ahorro de costos operacionales
 - ahorro de costos de mantención
 - ahorro de costos de accidentes
 - ahorro de costos de tiempo de viaje
 - beneficios indirectos (a) - beneficios resultantes del crecimiento de la producción agrícola.
 - se deben considerar las condiciones climáticas y del suelo de la región

¹ Los parámetros de valores de tiempo y valores de comodidad fueron estimados a partir de los datos de encuestas de Preferencias Declaradas a nivel nacional, en un proyecto desarrollado por SDG.

- efectos relacionados con la producción, la productividad y los precios
- la demanda futura para la producción local
- los planes existentes de desarrollo de la zona (“reconociendo que el camino en cuestión no será el único responsable del desarrollo de la región”)
- el rendimiento de otras regiones similares que tengan mejor infraestructura de transporte, para poder estimar de manera realista el incremento esperado en la productividad local.

■ Beneficios indirectos (b) - beneficios resultantes de la plusvalía de las propiedades inmobiliarias

- se debe llevar a cabo un análisis comparativo con otras zonas en regiones similares que ya tengan una infraestructura de transporte adecuada, considerando las distancias a los centros urbanos más cercanos y otras diferencias relevantes.

2.19 Sin embargo, Danielle Pinto Costa Vieira (p02, página 13) comenta que en la práctica, y a pesar de la exigencia en las licitaciones en el sentido que se deben considerar los beneficios indirectos, generalmente son solamente los beneficios directos los que se han considerado en las evaluaciones de proyectos de infraestructura en Brasil. En esta disertación se lleva a cabo la evaluación económica de los beneficios secundarios de dos proyectos de pavimentación de carreteras rurales, en los estados brasileños de Minas Gerais y Piauí. Se ocuparon salidas de un análisis de los beneficios directos producidos con el modelo HDM, como datos de ingreso al modelo IMAGEM-B (por sus siglas en Inglés: Integrated Multi-Regional Applied General Equilibrium Model - Brasil).

Estados Unidos

2.20 En Estados Unidos se utiliza un sistema de modelación económica de transporte que se llama HERS (por sus siglas en inglés, Highway Economic Requirements Model) del cual hay versiones a nivel nacional (HERS) y a nivel de estado (HERS-ST). El modelo HERS fue desarrollado por el FHWA (Federal Highway Administration), una división del DOT (Department of Transport). El modelo HERS estima el nivel de inversión requerido para asegurar determinados niveles de rendimiento, y también puede utilizarse para estimar el nivel de rendimiento que resultaría de determinado nivel de inversión².

2.21 HERS-ST aplica los principios del análisis costo-beneficio incremental. Considera registros para secciones individuales del sistema de carreteras del estado, y para cada sección el modelo predice posibles futuras deficiencias en condición o capacidad, identifica posibles proyectos para resolver cada deficiencia, e implementa los proyectos que tengan las más altas relaciones de beneficio-costos dentro de las restricciones de presupuesto especificados.

2.22 Los supuestos respecto a la demanda inducida en el modelo HERS-ST se explican en detalle en un documento escrito por Douglass B. Lee Jr. (i16). Se consideran:

² <http://www.fhwa.dot.gov/infrastructure/asstmgmt/hersfact.cfm>, hipervínculo comprobado el 26-02-2013.

- elasticidades de corto plazo (en el rango de -0.5 a -1.0) y elasticidades de largo plazo (en el rango de -1.0 a -2.0). Se presenta un tratamiento detallado de cómo se espera que las elasticidades cambien con la duración del periodo considerado (i16, página 20).
- el efecto de la longitud de las secciones en relación a las distancias promedias de los viajes. Es decir, mientras más corta la sección mejorada en relación a las distancias de los viajes que la transitan, menor será la elasticidad esperada (i16, página 23).
- el potencial para reasignación a otras rutas, debido al contexto y tipo de ruta. Se presenta una tabla que presenta elasticidades de reasignación para múltiples casos (i16, página 24).

Consideración de tránsito generado en las metodologías de evaluación de agencias de desarrollo internacional

- 2.23 Parte importante de la literatura sobre la evaluación económica de proyectos de infraestructura vial, sobre todo lo que dice relación con caminos rurales, proviene de agencias de desarrollo internacional tales como el Banco Mundial y departamentos gubernamentales como el DFID (por sus siglas en inglés, el *Department for International Development*) del Reino Unido.

Recomendaciones de elasticidades

- 2.24 El *Overseas Road Note 5* de TRL y DFID (i32) ofrece consejos sobre el tema de tránsito generado e indica rangos de elasticidades que se han encontrado en estudios empíricos anteriores: -0.6 a -2.0 para la elasticidad de la demanda de transporte al costo generalizado del viaje, con un promedio de aproximadamente -1.0. Comenta que la elasticidad de demanda de pasajeros es normalmente un poco mayor que -1.0, en cambio la elasticidad de tráfico de carga es generalmente mucho menor, dependiendo de la proporción de los costos de transporte en el precio del producto transportado (i32, página 39).
- 2.25 Se comenta que el tránsito generado es producido ya sea por una reducción del costo o tiempo de los viajes, o por el aumento en el desarrollo de la zona producido por la inversión en infraestructura, y que en general es muy difícil proyectar el tránsito generado, pero por otro lado es fácil sobre-estimarlos. El tránsito generado sólo será importante cuando un proyecto produce reducciones grandes en los costos de transporte (i32, página 39).
- 2.26 Respecto a la escala esperada de la generación de tráfico, se comenta que por un lado se espera poca generación de tráfico como consecuencia de mejoras a trechos cortos de caminos rurales, por otro lado el tránsito generado podría ser muy importante en el caso de un camino nuevo que permite acceder a una zona previamente no desarrollada (i32, página 39).

El modelo RED del Banco Mundial

- 2.27 El Banco Mundial tiene un modelo RED³ (por sus siglas en inglés, el Road Economic Decision Model) que se propone como un complemento al HDM que tenga necesidades más razonables en cuanto a los datos de entrada en el contexto de las evaluaciones de caminos de poco flujo tales como caminos rurales (i25, i31).
- 2.28 RED tiene documentación en español y es gratuito. A la fecha de la presente revisión se podía descargar e instalar desde el sitio indicado en la nota al pie de la página. Al igual que el HDM, el modelo RED pide al usuario qué supuestos quiere aplicar respecto al tránsito generado. Sin embargo RED ofrece recomendaciones (refiere a los rangos de elasticidades mencionados en la sección anterior, del *Overseas Road Note 5*).

Modelación de Cambios de Costo Generalizado de Viajes

- 2.29 Las pocas fuentes que indican rangos de elasticidades (i16, i32) coinciden en la importancia de interpretar dichas elasticidades de la demanda de transporte al costo generalizado siempre con referencia al costo generalizado total (desde su origen a su destino) de los viajes. Por lo tanto, si el tramo pavimentado de una ruta es de 2km y la distancia promedio de los viajes que lo transitan es de 10km, es muy importante que la elasticidad de referencia se multiplique por el factor del largo del tramo / distancia promedio de los viajes ($2/10=0.2$). En este ejemplo, si la elasticidad de referencia fuera -1.0, la elasticidad que se debe aplicar a los cambios del costo generalizado del tramo en cuestión sería -0.2.
- 2.30 Se observa en Hansen et al (i36) que se utilizan variables proxis del costo generalizado como por ejemplo el número de calzadas.
- 2.31 En el procedimiento simplificado de evaluación de proyectos de pavimentación de Nueva Zelandia (i20) se presenta una tabla simplificada para la estimación de los beneficios de ahorros de tiempo, que permite establecer el cambio esperado en la velocidad promedio del tránsito dada la velocidad antes del proyecto y el cambio en el ancho de la calzada, de ser aplicable.

Consideración de tránsito generado en investigación sobre la evaluación social de proyectos

- 2.32 Dos trabajos sobre la evaluación de mejoras en infraestructura de transporte en el contexto rural (i37, i38) destacan la importancia de considerar bien todos los elementos relevante del costo generalizado. En particular, se señala que en el caso de servicios de transporte rural de baja frecuencia (tales como transbordadores, por ejemplo), un elemento importante del costo generalizado que no siempre se considera es el costo de programación (i37) o costo de la inconveniencia (i38). Estos costos se pueden evaluar con

³ http://www4.worldbank.org/afr/ssatp/Resources/HTML/Models/RED_3.2/red32_en.htm vínculo comprobado el 26-2-2013. El modelo y toda la documentación relacionado se podían descargar desde este sitio.

estudios de disposición a pagar (evaluación ex-ante) o con análisis econométrico (evaluación ex-post).

- 2.33 El Dr. James Laird de la Universidad de Leeds comentó que “las personas son personas donde estén”⁴, citando las elasticidades estimadas con análisis econométrico de datos de demanda para 5 proyectos de infraestructura para cruzar estrechos en Noruega, que se ven “normales” para vehículos livianos, oscilando entre -0.75 y -0.88. Comentó que en el contexto rural es importante considerar e incluir todos los elementos importantes del costo generalizado, algunos de los cuales pueden ser distintos de los que normalmente se consideran para proyectos urbanos o interurbanos grandes.
- 2.34 Un elemento que posiblemente se debería considerar en el caso de pavimentación de caminos rurales es la diferencia en la comodidad experimentada por las personas. Esto es algo que probablemente habría que evaluar con datos de disposición a pagar (como se hizo en el caso de Nueva Zelandia antes mencionado, i20).

Metodologías Aplicables a Chile

- 2.35 De las referencias consideradas, no hay metodologías directamente aplicables al contexto chileno para este proyecto. Sin embargo, sí hay una serie de temas relevantes y referencias que servirán para guiar la formulación de los modelos, el análisis y la interpretación de los resultados.
- 2.36 Los temas principales que se destacan son los siguientes:
- la evidencia sobre las elasticidades de la demanda al costo generalizado de transporte en el contexto rural es escasa.
 - la evidencia encontrada (i16, i32, i38) sugiere elasticidades en el rango -0.75 a -1.25 para vehículos livianos, y elasticidades menores para transporte de carga.
 - las elasticidades derivadas de otros estudios y contextos dicen relación al costo generalizado total de los viajes, lo que implica datos de origen-destino para cada estudio. Esto significa que no será posible comparar directamente las elasticidades que se espera estimar este estudio, con la evidencia disponible de otros países, ya que no están disponibles datos de flujos origen-destino para cada proyecto.
 - se espera que las elasticidades estén relacionadas con la extensión de la ruta mejorada, en relación a la longitud de los viajes (i16).
 - se esperan elasticidades de largo plazo de aproximadamente dos veces las elasticidades de corto plazo. Este antecedente podría ser útil en caso de que sea difícil distinguir entre efectos de largo y corto plazo con los datos disponibles para el estudio presente.
 - en el caso específico de los proyectos de pavimentación, es probable que exista un beneficio específico para pasajeros, relacionado con la mejora en la comodidad de los viajes como consecuencia de la pavimentación. Este es un tipo de beneficio que se ha cuantificado en Nueva Zelandia a partir de datos de disposición a pagar (i20).

Referencias

- 2.37 La siguiente tabla detalla la bibliografía considerada.

⁴ Dr. J. J. Laird (Correspondencia personal, 25 febrero 2013).

TABLA 2.2 BIBLIOGRAFÍA

Id	Título	Autor	Idioma	País	Hipervínculo
a01	Berechnung und Bewertung des induzierten Verkehrs im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung	F.C. Englmann, G. Haag and Th. Pischner	Alemán	Alemania	http://www.trafficforum.ethz.ch/vwt_2001/beitraege/VWT18proceedings_pages658-674.pdf
a02	Ein integriertes Verkehrsnachfrage und Bewertungsmodell Ansatz einer Synthese von Mikroökonomie und Verkehrsplanung	Cristian Winkler	Alemán	Alemania	http://www.qucosa.de/fileadmin/data/qucosa/documents/8075/Dissertation_Winkler.pdf
a03	FGSV Hinweise zum induzierten Verkehr	Gert Marte	Alemán	Alemania	http://www.verkehrswissenschaftler.de/pdfs/Marte%20-%20FGSV-Hinweise%20zum%20induzierten%20Verkehr,%202005.PDF
e01	Tráfico Inducido en México	Luis Miguel Galindo y David Ricardo Heres	Español	México	http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=31200104
e02	Modelacion carreteras cuota, Manual de modelación	SCT	Español	México	http://uac.sct.gob.mx/index.php?id=526
e03	Registro Cartera de PPIs	SHCP	Español	México	http://www.shcp.gob.mx/EGRESOS/ppi/Sistemas_inversion/RegistroCarteradePPIs_2012040712.pdf
e04	Guia Caminos Rurales	SHCP	Español	México	http://www.shcp.gob.mx/EGRESOS/ppi/metodologias/metod_caminos_rurales/Guia_Caminos_Rurales.pdf
i01	Trunk Roads and the Generation of Traffic	SACTRA	Inglés	Reino Unido	http://assets.dft.gov.uk/publications/trunk-roads-and-the-generation-of-traffic/trunk-roads-traffic-report.pdf
i02	An Introduction to Variable Demand Modelling	Department for Transport	Inglés	Reino Unido	http://www.dft.gov.uk/webtag/documents/project-manager/unit2.9.2.php
i03	Variable Demand Modelling, Key Processes	Department for Transport	Inglés	Reino Unido	http://www.dft.gov.uk/webtag/documents/project-manager/unit2.9.2.php

Estimación de Parámetros de Tránsito Generado en Proyectos de Vialidad Interurbana

Id	Título	Autor	Idioma	País	Hipervínculo
i04	Variable Demand Modelling, Preliminary Assessment Procedures	Department for Transport	Inglés	Reino Unido	http://www.dft.gov.uk/webtag/documents/project-manager/unit2.9.2.php
i05	Variable Demand Modelling, Scope of the Model	Department for Transport	Inglés	Reino Unido	http://www.dft.gov.uk/webtag/documents/project-manager/unit2.9.2.php
i06	Generated Traffic and Induced Travel, Implications for Transport Planning	Todd Litman	Inglés	Internacional	http://www.vtpi.org/gentraf.pdf
i07	Demystifying Induced Traffic Demand	Roger Gorham	Inglés	EE.UU.	http://www.sutp.org/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=1461
i08	Land Use Effects of paving Roads in Western Montana	Headwaters Economics	Inglés	EE.UU.	http://headwaterseconomics.org/wphw/wp-content/uploads/HeadwatersEconomics_RoadPavingEffects.pdf
i09	Economics of Upgrading an Unpaved Road	Charles T. Jahren, Duane Smith, Jacob Thorius, Mary RukashazaMukome, David White, Greg Johnson	Inglés	EE.UU.	http://www.lrrb.org/media/reports/200509.pdf
i10	Upgrading Gravel Roads to Paved	Cole County Missouri	Inglés	EE.UU.	http://www.colecounty.org/pw/pdf/UpgradeGravelRoadtoPaved.pdf
i11	Socioeconomic and Environmental Impacts of Paving Gravel Roads	Northern Economics	Inglés	EE.UU.	http://dot.alaska.gov/stwddes/research/assets/pdf/fhwa_ak_rd_02_02.pdf
i12	Accident Relationships of Roadway Width on Low Volume Roads	Zegeer et al	Inglés	EE.UU.	http://www.sonomatlc.org/PDF/Zegeer_etal.pdf
i13	North Carolina Seeks to Pave its last Dirt Roads	J. Andrew Curliss and Bruce Siceloff	Inglés	EE.UU.	http://www.charlotteobserver.com/2012/05/26/v-print/3270739/north-carolina-seeks-to-pave-its.html
i14	To Pave Or Not to Pave	DOT Minnesota	Inglés	EE.UU.	http://www.dot.state.mn.us/research/documents/2006PavingGuide.pdf
i15	Roads Economic Decision Model RED	Rodrigo Achondo Callao, The World Bank	Inglés	EE.UU.	http://www4.worldbank.org/afr/ssatp/Resources/HTML/Models/RED_3.2/red32_en.htm

Estimación de Parámetros de Tránsito Generado en Proyectos de Vialidad Interurbana

Id	Título	Autor	Idioma	País	Hipervínculo
i16	Induced Demand and Elasticity HERS ST	Douglass B. Lee Jr, USDOT, FHWA	Inglés	EE.UU.	http://isddc.dot.gov/OLPFiles/FHWA/010619.pdf
i17	When to Pave a Gravel Road	Kentucky Transportation Center	Inglés	EE.UU.	http://water.epa.gov/polwaste/nps/upload/2003_07_24_NPS_gravelroads_appd.pdf
i18	Speed Elasticity of Mileage Demand	Rudolf Pfleiderer, Dr. Martin Dieterich	Inglés	Alemania	http://www.verkehrswissenschaftler.de/pdfs/Pfleiderer,Dietrich%20-%20Speed%20Elasticity.PDF
i19	NTM FORGE The Road Capacity and Costs Model	Department for Transport	Inglés	Reino Unido	http://www.rudi.net/files/FORGE.pdf
i20	Economic Evaluation Manual vol 1	NZTA	Inglés	Nueva Zelandia	http://www.nzta.govt.nz/resources/economic-evaluation-manual/volume-1/index.html
i21	Economic Evaluation Manual vol 2	NZTA	Inglés	Nueva Zelandia	http://www.nzta.govt.nz/resources/economic-evaluation-manual/volume-2/manual2.html
i22	Local Road Surfacing Criteria	K.A. Zimmerman and A.S. Wolters	Inglés	EE.UU.	http://sddot.com/business/research/projects/docs/sd200210_Final_Report.pdf
i23	Design and Appraisal Rural Transport Infrastructure	Lebo and Schelling	Inglés	Internacional	http://www4.worldbank.org/afr/ssatp/Resources/HTML/Gender-RG/Source%20documents/Tool%20Kits%20&%20Guides/Designing%20Projects/TLPRO8%20Design%20and%20Appraisal%20RT%20Lebo%2001.pdf
i24	Estimating the Long-Term Impacts of Rural Roads, A Dynamic Panel Approach	Khandker and Koolwal	Inglés	Bangladesh	http://elibrary.worldbank.org/content/workingpaper/10.1596/1813-9450-5867
i25	Roads Economic Decision Model, Software User Guide & Case Studies	Rodrigo Archond Callao	Inglés	Internacional	http://www4.worldbank.org/afr/ssatp/Resources/SSATP-WorkingPapers/ssatpwp78.pdf
i26	New Economists Guide Appraisal of Investments in Improved Rural Access, Part 1 Core Guide	DFID	Inglés	Internacional	http://www.transport-links.org/Economist%20Guide/English/21.pdf
i27	New Economists Guide Appraisal of Investments in Improved Rural Access, Part 1 Mini Guides	DFID	Inglés	Internacional	http://www.transport-links.org/Economist%20Guide/English/22.pdf

Estimación de Parámetros de Tránsito Generado en Proyectos de Vialidad Interurbana

Id	Título	Autor	Idioma	País	Hipervínculo
i28	New Economists Guide Economic Appraisal of Roads, Sundry Issues	Paul Ladd, DFID	Inglés	Internacional	http://www.transport-links.org/economist%20guide/english/9.pdf
i29	Low Volume Rural Roads	Peter Mackie, John Nellthorp and James Laird	Inglés	Internacional	http://www4.worldbank.org/afr/ssatp/Resources/HTML/Models/RED_3.2/red32_en.htm
i30	On Measuring the Benefits of Lower Transport Costs	Hanan G Jacoby and Bart Minten	Inglés	Madagascar	http://elibrary.worldbank.org/content/worki ngpaper/10.1596/1813-9450-4484
i31	RED Africa Transport Technical Note	Rodrigo S. Archondo Callao	Inglés	Internacional	http://www4.worldbank.org/afr/ssatp/Resources/HTML/Models/RED_3.2/red32_en.htm
i32	Overseas Road Note 5	TRL and DFID	Inglés	Internacional	http://www4.worldbank.org/afr/ssatp/Resources/HTML/Models/RED_3.2/red32_en.htm
i33	Treatment of Induced Traffic	Peter Mackie, John Nellthorp and James Laird	Inglés	Internacional	http://siteresources.worldbank.org/INTTRANSPORT/Resources/336291-1227561426235/5611053-1231943010251/trn-11EENote2.pdf
i34	When to Use Cost Effectiveness Techniques Rather than Cost Benefit Analysis	Peter Mackie, John Nellthorp and James Laird	Inglés	Internacional	http://siteresources.worldbank.org/INTTRANSPORT/Resources/336291-1227561426235/5611053-1231943010251/trn-9EENote2.pdf
i35	Chile Building a Computable General Equilibrium Model with an Application to the Bio Bio Region	Cristián Mardones P	Inglés	Chile	http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/6/47726/RV1106Mardones.pdf
i36	The Air Quality Impacts of Urban Highway Capacity Expansion, Traffic Generation and Land Use Change	Mark Hansen, David Gillen, Allison Dobbms, Yuanlin Huang, Mohnish Puvathmgal	Inglés	EE.UU.	http://www.uctc.net/research/papers/398.pdf
i37	Review of economic appraisal in rural economic assessment	Laird and Mackie	Inglés	Reino Unido	http://scotland.gov.uk/Resource/Doc/289775/0088769.pdf
i38	Strait crossings and economic development, Developing economic assessments by means of ex post analyses	Braathen and Hervik	Inglés	Noruega	http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967070X97000176

Estimación de Parámetros de Tránsito Generado en Proyectos de Vialidad Interurbana

Id	Título	Autor	Idioma	País	Hipervínculo
i39	Transport Elasticities, Impacts on Travel Behaviour	Todd Litman	Inglés	Internacional	http://www.sutp.org/index.php/news-archive-mainmenu-156/sutp-news-mainmenu-155/3506-transport-elasticities-impacts-on-travel-behaviour
p01	Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários	Ministério dos Transportes do Brasil	Portugués	Brasil	http://www1.dnit.gov.br/download/DiretrizesBasicas.pdf
p02	Análise Econômica Regional de Projetos de Infraestrutura Rodoviária no Brasil	Danielle Pinto Costa Vieira	Portugués	Brasil	http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/AMSA-8PBJBJ/danielle_pinto_costa_vieira_28_08_2011.pdf?sequence=1
p03	Impactos econômicos e ambientais decorrentes do estado de conservação das rodovias brasileiras	Bacchi e Caixeta	Portugués	Brasil	http://log.esalq.usp.br/home/uploadfiles/arquivo2386.pdf
p04	Economia regional e plano-diretor rodoviário uma contribuição para a análise do problema dos rodovias alimentadoras e rurais	Josef Barat	Portugués	Brasil	http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rbe/article/viewFile/77/2899

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

3 Análisis de proyectos a utilizar en la modelación

Selección de proyectos.

- 3.1 Para la mejor estimación de parámetros de tránsito generado el MDS proporcionó una base de datos con un listado de proyectos de pavimentación de caminos distribuidos a lo largo del país. La información entregada para cada uno de los proyectos fue:

- Año de pavimentación
- Identificación del punto censal cercano
- Trayecto pavimentado (puntos de inicio y fin).

- 3.2 Idealmente se requieren proyectos que hayan sido pavimentados en la década del 90, con el fin de tener una serie de datos suficientemente larga de la situación post pavimentación. (considerando que los puntos censales tienen información cada dos años).

Revisión de proyectos a estudiar

- 3.3 Esta tarea consistió en analizar los proyectos preseleccionados y definir cuáles de ellos cumplirían con los requisitos necesarios para que fuera posible el cálculo de elasticidades.
- 3.4 Se recibió información de proyectos en tres ocasiones, en el mes de febrero y marzo del año en curso. El resumen de recepción de información se presenta en la tabla siguiente.

TABLA 3.1 RECEPCIÓN DE INFORMACIÓN DE PROYECTOS

Entrega	Fecha	Cantidad de proyectos
Primera	6 de febrero	17 con 3 con información faltante
Segunda	22 de febrero	84 proyectos con código BIP
Tercera	22 de marzo	102 proyectos con código BIP

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

- 3.5 Los 17 proyectos recibidos al inicio del estudio en carpetas físicas fueron utilizados con dos objetivos
- Estimar el modelo de tránsito generado.
 - Base para definir los parámetros de costos operacionales y de tiempo de viaje utilizados por el programa HDM III, con el fin de utilizar estos valores en la estimación de las diferencias de costos.
- 3.6 Con los proyectos preseleccionados se definió si cumplían con los requisitos necesarios para el cálculo de elasticidades.

- 3.7 Estos requisitos se pueden resumir en:
- Series temporales antes y después de la construcción
 - Asociación a punto de control del PNC que contenga información de mediciones en la rama coincidente con el proyecto.
- 3.8 Posteriormente cada uno de estos proyectos junto con su correspondiente punto del PNC fue localizado en el mapa para una mejor interpretación de los movimientos de flujo vehiculares y análisis de Steer Davies Gleave.
- 3.9 A continuación se realizará una breve descripción de la información recibida en estas entregas.

Análisis del primer grupo proyectos

- 3.10 El MDS entregó información de 17 proyectos nacionales, para los cuales se contaba con las carpetas físicas con la información de cada proyecto. Los documentos incluidos para cada uno son:
- Estado año a año del proyecto
 - Plano de ubicación del proyecto
 - Carta Gantt original del proyecto
 - Presupuesto original y modificaciones del proyecto
 - Simulación de Evaluación social mediante HDM - III
- 3.11 La tabla a continuación presenta un resumen de los 17 proyectos entregados por el MDS.

TABLA 3.2 RESUMEN DE PROYECTOS ENTREGADOS POR EL MDS

ID	Código BIP	Región	Provincia	Distancia (Km.)	Obras Civiles	Años con datos censales después del proyecto
1	201549490	VI Región	Colchagua	7,80	2008 2010	0
2	300433820	VI Región	Colchagua	13,00	2007 2010	0
3	201873740	VI Región	Colchagua	7,20	2009 2010	0
4	201391400	VI Región	Colchagua	18,20	2007 2010	0
5	300724650	VI Región	Cardenal Caro	18,70	2007 2009	1
6	201064610	VII Región	Curicó	17,44	2008 2011	0
7	201547	IX Región	Cautín	8,40	2008	0

Estimación de Parámetros de Tránsito Generado en Proyectos de Vialidad Interurbana

ID	Código BIP	Región	Provincia	Distancia (Km.)	Obras Civiles	Años con datos censales después del proyecto
	661				2010	
8	200399884	VII Región	Talca	36,90	2003 2008	1
9	300627080	VIII Región	Ñuble	23,90	2007 2009	1
10	201027820	VII Región	Talca	55,00	2000 2004	3
11	201391721	VIII Región	Bio Bio	10,30	2005 2008	1
12	20112024	VII Región	Linares	11,20	2006 2008	1
13	201021090	VII Región	Talca	61,40	2002 2006	2
14	201240910	III Región	Huáscó	30,00	2004 2008	1
15	30343960	VII Región	Talca	13,10	2006 2008	1
16	300040050	X Región	Chiloé	19,20	2008 2010	0
17	300690630	X Región	Llanquihue	22,12	2008 2010	0

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

3.12 En general estos proyectos presentan una serie de limitantes que los hacen insuficiente para poder estimar un modelo robusto de elasticidades. Estas son:

- Los proyectos tienen una antigüedad inferior a los 10 años, lo que hace que existan muy pocos datos para estimar la elasticidad después de ejecutado el proyecto.
- Los proyectos se concentran en la zona Sur del país, entre las regiones VI - X, por lo tanto son pocos representativos de la realidad nacional, esto tiene como consecuencia que las elasticidades estimadas tenderán a representar las condiciones de tránsito observadas en estas regiones, y no en todo el país.
- Para poder tener una estimación con indicadores estadísticos más robustos, se requiere que la muestra total tenga al menos 30 proyectos con sus respectivas observaciones, por lo tanto 17 proyectos es insuficiente para tener un modelo con buenos estimadores.

- 3.13 De los 17 proyectos 3 no fueron considerados para el análisis por no tener información completa mientras que otros 4 fueron excluidos debido a que su año de término de la construcción es posterior a los datos disponibles del PNC.

Análisis del segundo grupo de proyectos

- 3.14 Este grupo de 85 proyectos fue recibidos el 22 de febrero.
- 3.15 De estos proyectos se seleccionó solamente aquellos que tenían asociado un punto censal con mediciones disponibles para los años del proyecto, además se eliminó los proyectos con puesta de servicio posterior al 2006, por tener muy pocos datos de flujo en la situación con proyecto.
- 3.16 Por último, se eliminaron de la lista los proyectos en los cuales no se pudiese determinar el año de inicio y fin de construcción.
- 3.17 Los proyectos finalmente seleccionados se muestran resumidos por región en la tabla a continuación:

TABLA 3.3 RESUMEN POR REGIÓN DE PROYECTOS SEGUNDA ENTREGA POR EL MDS

Región	Longitud del Proyecto (Kilómetros)	Cantidad de proyectos
I	48,34	3
II	77,17	2
IX	12,3	1
RM	23,09	3
V	21,91	2
VI	8,41	1
VII	7,6	1
VIII	37	1
XIV	17,7	1
Total general	253,52	15

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

- 3.18 En la tabla siguiente se muestra un detalle de los proyectos seleccionados en esta etapa.

TABLA 3.4 INFORMACIÓN DE PROYECTOS SEGUNDA ENTREGA

Código BIP	Descripción	Longitud (Km)	Región	Año Inicio Proyecto	Año Fin Proyecto
20007697	Mejoramiento Ruta G-16 Sector: Lampa - Polpaico	2,2	RM	2000	2000
20040017	Mejoramiento Ruta F-962-G Cruce Ruta 78(Malvilla)-Cruce F-90(Orr.Ab)	6,3	V	2003	2003
20040019	Mejoramiento G-546 Chocalan - Cholqui Sector: Pte. Viña Vieja-Cholqui	5,9	RM	1996	1996
20040020	Mejoramiento Ruta G-380 Bollenar-Cuesta Mallarauco-Cruce Ruta G-384	14,9	RM	1999	1999
20040139	Mejoramiento Pav. Asf. Camino Afta. Coloso Km 1.83 Km 5.83, Antof.	4,0	II	1995	1995

Estimación de Parámetros de Tránsito Generado en Proyectos de Vialidad Interurbana

Código BIP	Descripción	Longitud (Km)	Región	Año Inicio Proyecto	Año Fin Proyecto
20072033	Mejoramiento Ruta S - 61 Sector: Allipen - Radal	12,3	IX	1997	1997
20075778	Mejoramiento Ruta Q-34 S:El Ciruelo (Cruce Ruta Q -296)-Laja(Millant	37,0	VIII	1997	1997
20079672	Mejoramiento Ruta I-86 Chimbarongo - Chépica S:Auquenco - Bif. I-30-J	8,4	VI	1999	1999
20100524	Mejoramiento Ruta T-75 Sector: Cruce Ruta 5 - Chan Chan	17,7	XIV	1998	1998
20109057	Mejoramiento Ruta A/33,Camino El Buitre/Las Maitas Km. 5,6 Al Km. 10	4,6	I	1997	1997
20112108	Mejoramiento Ruta 23 Ch Sector Cass - Paso Sico	73,2	II	2000	2000
20114114	Mejoramiento Ruta J -55 Sector: Guaico 3 - La Unión	7,6	VII	2003	2003
20135214	Mejoramiento Ruta F-190 Colmo - Puchuncavi	15,6	V	2000	2000
20144274	Mejoramiento Camino Acceso A Villa Frontera	3,8	I	2001	2001
20144278	Mejoramiento Camino Acceso A Codpa	40,0	I	2000	2000

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

- 3.19 Para estos proyectos no se cuenta con información de costos operacionales ni de tiempo de viaje, por lo cual se utilizarán los datos de los 17 proyectos de la primera entrega, para estimar las reducciones de costos.

Análisis del tercer grupo de proyectos

- 3.20 En esta entrega se recibió información de 92 proyectos que representan 145 tramos. De los 92 proyectos se logró asociar información del PNC a 76 proyectos lo que representa un 82%.
- 3.21 En esta revisión el MDS participó en la asignación de puntos de PNC para el 58% de los tramos o proyectos. Una vez recibida esta tarea, fueron revisados y validados por SDG ya que contábamos con antecedentes de las entregas anteriores en los cuales las mediciones de movimientos en los puntos del PNC no estaban presentes en las vías a estudiar.
- 3.22 Este número de proyectos permitió ampliar la cobertura nacional abarcando la zona austral y densificando la cobertura en la zona sur. La región que tiene mayor cantidad de información en esta entrega corresponde a la Región del Los Lagos. El resto de la información de proyectos y kilómetros asociados a cada región se presenta en la siguiente tabla.

TABLA 3.5 RESUMEN POR REGIÓN DE PROYECTOS TERCERA ENTREGA POR EL MDS

Región	Longitud del Proyecto (Km)	Proyectos
I	66	2
II	49,65	2
III	43,36	3
IV	73,88	2
IX	229,28	9

Región	Longitud del Proyecto (Km)	Proyectos
RM	42,06	3
V	91,86	4
VI	65,47	3
VII	75,72	6
VIII	184,07	8
X	610,62	16
XI	79,99	3
XII	241,22	5
XIV	182,57	7
Total general	2.035,75	76

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

- 3.23 La lista completa de los proyectos seleccionados se encuentra en anexos.
- 3.24 Se utilizarán los datos de los 17 proyectos de la primera entrega, para estimar las reducciones de costos.
- 3.25 Hasta este punto se tiene un total de 99 proyectos seleccionados.

Análisis de proyectos eliminados del análisis de elasticidades

- 3.26 En esta sección se presenta el listado de proyectos que no fue posible incluir en el proceso de estimación de elasticidades y las razones por las cuales se realizó esta exclusión.
- 3.27 Las razones principales son las siguientes:
- No existe información de flujos antes de la construcción
 - No existe información de flujos después de la construcción
- 3.28 Del total de 99 proyectos, se excluyeron los proyectos que al tratar de ejecutar el modelo mostraban errores que no permitirán la estimación, o sus valores estaban fuera de rango estableciendo las razones de exclusión mencionadas en la siguiente tabla

TABLA 3.6 RESUMEN DE EXCLUSIONES ANÁLITICAS DEL MODELO

Razón eliminación	Proyectos excluidos
No hay observaciones suficientes para el modelo antes del proyecto	5
No hay observaciones suficientes para el modelo después del proyecto	1
Inconsistencias en años de construcción	2

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

- 3.29 Se excluyen un total de 8 proyectos, dejando una lista definitiva de 91 proyectos.

- 3.30 A modo de síntesis se presenta a continuación una tabla de los proyectos recibidos, luego la cantidad de proyectos considerados que pasaron el filtro y finalmente los proyectos que fueron eliminados por los criterios indicados anteriormente.

TABLA 3.7 RESUMEN DE PROYECTOS INICIALES Y CONSIDERADOS LUEGO DE FILTROS

	Proyectos Recibidos	Proyectos Elegidos	Proyectos Eliminados	Observaciones
Primera Entrega	17	6	11	La mayoría de los proyectos fueron eliminados por falta de datos una vez construido el proyecto
Segunda Entrega	84	15	69	La mayoría de los proyectos fueron eliminados por no tener punto censal asociado o ser posterior al 2006
Tercera Entrega	92	70	22	La mayoría de los proyectos fueron eliminados por falta de información de año y proyectos previos a 1994
Total	193	91	102	

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

- 3.31 Es importante destacar que además se excluyeron algunos puntos censales de ciertos proyectos que no cumplían con un requisito mínimo para algún tipo de vehículos, es decir que no tuviesen datos o no estuvieran correctamente contabilizados en el PNC. En la tabla a continuación se detalla un resumen de los puntos excluidos por tipo de vehículo.

TABLA 3.8 PUNTOS CENSALES EXCLUIDOS POR TIPO DE VEHICULO

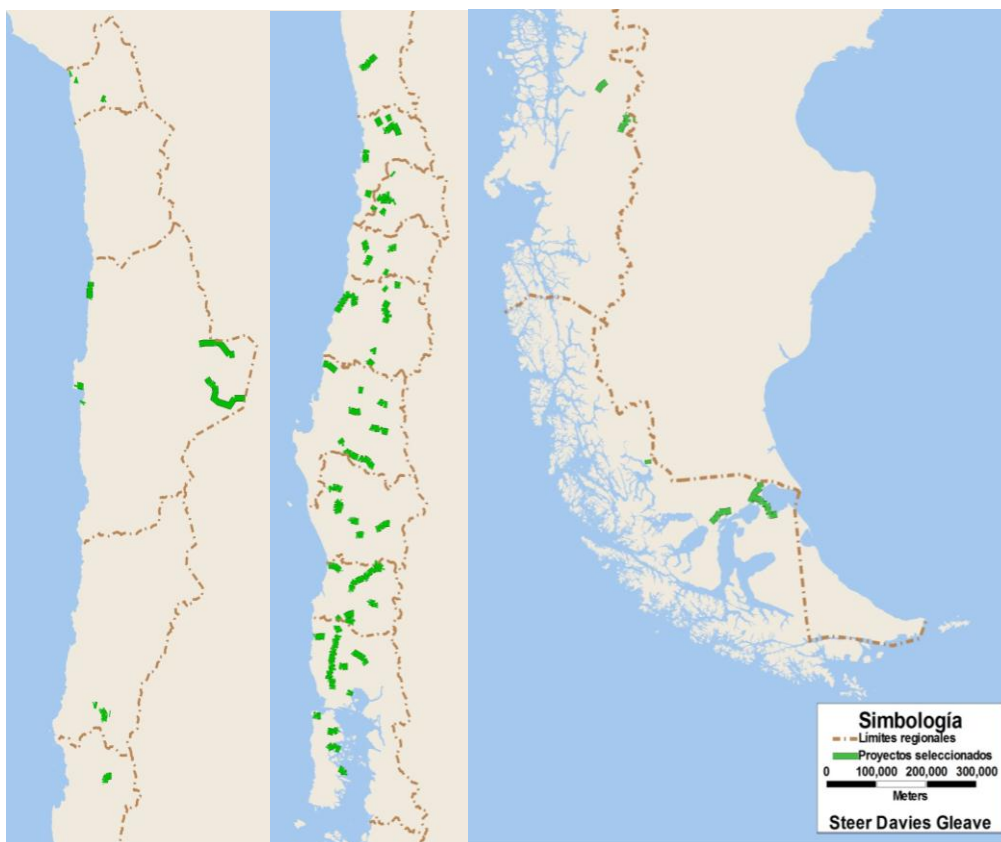
Tipo de Vehículos	Puntos excluidos
Vehículos livianos	3
Vehículos pesados	6
Buses	2

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

Presentación general de los proyectos

- 3.32 A continuación se presenta un mapa con todos los proyectos geo-referenciados de las tres entregas

FIGURA 3.1 MAPA DE PROYECTOS SELECCIONADOS



Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

Zonas

- 3.33 Las zonas se definen como una agrupación de regiones la cual se detalla a continuación:

- Norte grande: I, II, III
- Norte chico: IV, V
- Central: RM, VI, VII
- Sur: VIII, IX, X, XIV
- Austral: XI, XII

Categorías de Costos para Tránsito Generado

- 3.34 En esta etapa se detallan las distintas categorías de ahorros de costos calculadas para el análisis de datos del proyecto de tránsito generado.
- 3.35 Como fuente de información se utilizaron las simulaciones del HDM III para 17 proyectos entregadas por el MDS.

- 3.36 No fueron considerados los proyectos que no contaban con una simulación completa del HDM-III. Ni tampoco los modelos que tuviesen posibles errores en la entrada de datos.

Calculo de costos unitarios

- 3.37 Para el cálculo de los costos unitarios, se tomó en consideración la información proveniente de las simulaciones del modelo HDM-III. De las simulaciones se obtuvo información para la situación sin proyecto y con proyecto, tal como:

- Pendiente del camino
- Ancho de Curvatura
- Coeficiente de Rugosidad
- Ancho de la Calzada
- Costo operacional por tipo de vehículo y año de evaluación
- Costo en tiempo de viaje por tipo de vehículo y año de evaluación
- TMDA por tipo de vehículo
- Distancia del trayecto pavimentado

- 3.38 Con estos datos para cada tipo de vehículo se calculó el costo operacional unitario por tipo de vehículo:

$$CU_v = \frac{CT_v}{TMDA_v}$$

Donde:

- CU= costo operacional por vehículo
- CT= costo operacional total
- TMDA = flujo
- v = tipo de vehículo.

- 3.39 Una vez calculado el costo unitario por vehículo se debe calcular el costo unitario por vehículo - kilómetro, esto se hace simplemente dividiendo el costo unitario por vehículo por la distancia del trayecto mejorado:

$$C_v = \frac{CU_v}{d}$$

Donde:

- C_v = es el costo por vehículo kilometro para el tipo de vehículo v
- CU_v = es el costo operacional por vehículo, para tipo de vehículo v
- d = es la distancia total mejorada con el proyecto.

Estimación de Parámetros de Tránsito Generado en Proyectos de Vialidad Interurbana

- 3.40 Los costos de los proyectos se transforma de pesos a UF, según el año de la evaluación del proyecto, con el fin de evitar el efecto de la inflación en la comparación de costos.
- 3.41 Análogamente se realiza el mismo cálculo para los costos por tiempo de viajes para la situación sin proyecto y con proyecto.
- 3.42 De estos resultados se obtienen para cada proyecto los costos unitarios (\$/ veh km) por tipo de vehículo (Livianos, Pesados, Buses) para la situación con y sin proyecto.
- 3.43 Los costos considerados en las categorías corresponden al decrecimiento relativo de los costos una vez que se ha implementado el proyecto, con esto es posible estimar el ahorro en costo unitario por vehículo kilómetro de la pavimentación.

$$\Delta C_v = \frac{C_v^{SP} - C_v^{CP}}{C_v^{SP}}$$

- 3.44 Los valores obtenidos serán considerados como valores por defecto asignables a los proyectos para los cuales no se cuenta con modelación HDM.
- 3.45 En la tabla a continuación se observa el ahorro porcentual de costos de operación y las diferencias de costos de tiempos de viaje.

TABLA 3.9 DIFERENCIA DE COSTOS RELATIVOS PROMEDIOS POR REGIÓN.

Región	Diferencias de costos operacionales			Diferencias de costos por ahorros de tiempo		
	Vehículos Livianos	Vehículos Pesados	Buses	Vehículo Livianos	Vehículos Pesados	Buses
II	-35%	-38%	-29%	-27%	-27%	-28%
III	-36%	-38%	-30%	-18%	-17%	-15%
IX	-35%	-38%	-29%	-27%	-27%	-28%
RM	-35%	-38%	-29%	-27%	-27%	-28%
V	-35%	-38%	-29%	-27%	-27%	-28%
VI	-36%	-39%	-30%	-28%	-28%	-28%
VII	-35%	-37%	-29%	-26%	-26%	-26%
VIII	-35%	-38%	-29%	-28%	-28%	-28%
X	-35%	-38%	-29%	-27%	-27%	-28%
XV	-35%	-38%	-29%	-27%	-27%	-28%
Promedio	-35%	-38%	-29%	-27%	-26%	-26%
Desviación	0,3%	0,5%	0,5%	3,1%	3,2%	4,0%
C.V.	0,9%	1,4%	1,8%	11,7%	12,2%	15,4%

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

- 3.46 En la tabla anterior se observa que el coeficiente de variación es bastante menor que uno en todos los tipos de vehículos, tanto para el costo operativo, como el costo por tiempo de viaje. Por lo tanto es razonable asignar el valor

promedio de los costos a los proyectos que no cuenten con un cálculo de los costos con el modelo HDM III.

- 3.47 El valor de los costos de ahorro de tiempo de viaje que se observa en la tercera región corresponde a un sólo proyecto, el cual posee características especiales, ya que de la situación sin proyecto a la situación con proyecto sólo cambia el coeficiente de rugosidad, pero mantiene constante todo el resto de los parámetros. Existen otras regiones donde se ven este tipo de proyectos pero se ven atenuados por el efecto de otros proyectos en la región.

Análisis de Flujos Vehiculares

- 3.48 La información de flujos, proviene de los datos del PNC recopilados por la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas (MOP). En la página web existen datos desde 1994 hasta el 2010, los cuales fueron considerados para estimar la tasa de crecimiento de flujos para cada uno de los proyectos analizados.
- 3.49 Dado que existen proyectos con más de un punto censal, el total de puntos censales que entran en la revisión de flujos es de 153.

TABLA 3.10 PUNTOS DE CONTROL DEL PNC POR REGIÓN

Región	Puntos Censales
I	5
II	7
III	8
IV	6
V	12
VI	9
VII	20
VIII	10
IX	11
X	47
XI	5
XII	5
RM	12

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

- 3.50 Se analizaron los flujos de los proyectos durante el periodo completo, es decir con y sin pavimentación. En promedio son 10 puntos censales por región

3.51 Si lo comparamos con el promedio de puntos censales de los proyectos por región se observa que las regiones que están sobre el promedio son:

■ V, VII, VIII, IX, X, y RM.

3.52 Mientras que las regiones bajo el promedio son:

■ I, II, III, IV, VI, XI y la XII

3.53 Se observa además que la zona donde más se concentran los puntos censales de los proyectos es en la zona Sur, entre la región VII y la XIV. Mientras que en la zona Norte y en la zona Austral es donde existen menos puntos censales en los proyectos. Esto es importante ya que los resultados deberían ser más confiables para restimar flujos de tránsito generado en las regiones donde más puntos censales de proyectos se tenga.

3.54 A continuación se muestra una tabla con el promedio de flujos por año y tipo de vehículo.

TABLA 3.11 FLUJOS PROMEDIO POR AÑO Y TIPO DE VEHÍCULO

Año	Vehículos liviano	Vehículos Pesados	Buses
1994	311	89	29
1996	377	115	35
1998	421	125	41
2000	533	150	58
2002	593	159	61
2004	561	157	65
2006	594	170	70
2008	724	201	72
2010	913	203	84

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

3.55 A continuación se muestra una tabla con la desviación estándar de flujos por año y tipo de vehículo

TABLA 3.12 DESVIACIÓN ESTANDAR DE FLUJOS POR AÑO Y TIPO DE VEHÍCULO

Año	Vehículos liviano	Vehículos Pesados	Buses
1994	39,98	307,20	88,04
1996	36,05	362,47	103,33
1998	42,21	382,17	120,72
2000	73,45	449,72	155,94
2002	66,04	503,40	154,10
2004	60,53	469,53	151,16
2006	78,80	534,27	161,18
2008	87,22	739,45	248,97
2010	123,68	1011,71	317,76

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

Análisis de casos extremos

- 3.56 En esta etapa se procederá a analizar puntos donde los flujos presentan casos extremos, los cuales finalmente no fueron considerados en el modelo.
- 3.57 Para el análisis de los casos extremos se revisarán los flujos de todos los proyectos por tipo de vehículos buscando casos que presenten una de las siguientes características.
 - Caso 1, aumentos extremos: Este caso se da cuando el flujo del proyecto sea significativamente mayor (se duplique o más), en alguno de los años con respecto a los restantes y el hecho no esté relacionado con la pavimentación del camino.
 - Caso 2, Saltos de flujos: Este caso se da cuando hay aumentos y disminuciones de flujos con un patrón errático, sin presentar una tendencia clara durante el horizonte estudiado.

- 3.58 En la tabla a continuación se presenta una lista de los casos extremos encontrados según los dos criterios mencionados anteriormente.

TABLA 3.13 REVISIÓN DE PROYECTOS CON CASOS EXTREMOS

CODIGO BIP	PNC-Mov-Región	Tipo Vehículo	Razón chequeo
20039986	049-02-RM	Buses	Caso 2
20040002	023-01-II	Buses	Caso 1
20066334	033-01-VII	Buses	Caso 1
20095407	047-01-VI	Buses	Caso 1
20097065	043-01-XIV	Buses	Caso 2
20099605	004-01-XI	Buses	Caso 1
20135214	070-04-V	Buses	Caso 1
201873740	057-03-VI	Buses	Caso 2
20007697	007-02-RM	Buses	Caso 1
20040002	023-01-II	Vehículo Liviano	Caso 1
20099605	004-01-XI	Vehículo Liviano	Caso 1
20135214	070-04-V	Vehículo Liviano	Caso 1
201120240	063-03-VI	Vehículo Liviano	Caso 1
20026644	138-01-X	Vehículo Pesado	Caso 1
20026644	138-02-X	Vehículo Pesado	Caso 1
20079672	065-02-VI	Vehículo Pesado	Caso 1
20102792	123-03-X	Vehículo Pesado	Caso 1
20144278	004-03-XV	Vehículo Pesado	Caso 1
200793411	055-01-VII	Vehículo Pesado	Caso 1
201391400	047-02-VI	Vehículo Pesado	Caso 1

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

- 3.59 En el capítulo siguiente se muestra una prueba de los resultados del modelo excluyendo los datos extremos, para ver su efecto en los resultados.

Base de datos de proyectos.

- 3.60 La base de datos utilizada contiene información de todos los proyectos que cumplen con los requisitos previamente definidos. Por lo anterior se considera, tomar la población completa de 91 proyectos. Si se quisiera considerar una muestra de proyectos que represente el valor de la elasticidad de generación de tránsito al 95% de confianza con una precisión del 5% se debiesen considerar al menos 73 proyectos del total de 91, escogidos aleatoriamente.
- 3.61 La base de datos de proyectos fue estructurada para su posterior procesamiento en el paquete estadístico STATA. Esta base contiene información relativa a:
- Características de los proyectos, como la longitud, ubicación geográfica, región, años de inicio y fin de construcción.

- Flujos por tipo de vehículo agregado como livianos (Autos, Station wagon y Camionetas), buses (2 ejes y más de 2 ejes) y camiones (2 ejes, más de 2 ejes y semirremolques).
 - Variación de costos de operación y tiempo de viajes y totales.
- 3.62 Es importante tener presente que la base de datos considerada, no es una muestra sino que comprende el total de proyectos de pavimentación nacional para los cuales fue posible obtener información completa
- 3.63 La base de datos se entrega en medios magnéticos junto a este informe.

4 Análisis del fenómeno de tránsito generado

Introducción

- 4.1 En este capítulo se desarrolla una metodología que permite modelar el efecto que tiene la pavimentación de un camino sobre el tránsito en el mismo.
- 4.2 Es importante destacar que para el desarrollo metodológico se considera la disponibilidad de la siguiente información:
- i) Datos de flujo de al menos 73 proyectos de pavimentación a nivel nacional, cuya mejora tenga al menos 10 años de antigüedad (Con una precisión del 5% y un nivel de confianza del 95%, y una proporción esperada de 0.5).
 - ii) Datos de costos operacionales los cuales serán obtenidos según la metodología explicada entre los puntos 3.34 a 3.47 del capítulo anterior.
 - iii) Se requiere saber con exactitud los años de duración de las obras civiles para cada proyecto.
- 4.3 Para el desarrollo metodológico se utiliza la información de los 90 proyectos esto es, la población completa.
- 4.4 Se comenzó con un modelo sencillo que permite entender en forma general el efecto de generación de tránsito. Después se incorporan otras variables con el fin de analizar la relación existente entre tránsito generado y otros fenómenos como:
- i) Longitud pavimentada de los proyectos
 - ii) Crisis económica
 - iii) PIB regional
 - iv) Efectos de mediano y largo plazo
 - v) Zonas Geográficas
 - vi) Densidad Poblacional

Análisis del Fenómeno de Tránsito Generado

- 4.5 Para desarrollar un modelo que explique el comportamiento del tránsito generado es indispensable identificar el flujo que será considerado como tal.

- 4.6 El tránsito generado se define cómo el flujo vehicular futuro que utilizará el camino si se produce la mejora en sus variables de servicio, pero que no lo utilizaría si el camino no es mejorado.
- 4.7 Específicamente el tránsito generado considerado es aquel que provenga de:
- Aumento de frecuencia de viajes debido a la reducción del costo generalizado de transporte en la ruta.
 - Nuevos viajes que se generan a raíz de la mejora.
 - Viajes que estarían inhibidos sin la mejora, por ser su costo de transporte mayor que el beneficio que reporta su realización
- 4.8 Además, en el largo plazo, es posible que se genere tránsito adicional por nuevos desarrollos en el sector inmobiliario y en el sistema de actividades derivados de la mejora. Para este último factor es importante considerar variables que permitan separar los efectos de crecimiento de tránsito ajenos a la mejora del camino, como por ejemplo proyectos de desarrollo inmobiliario o agrícola que habrían sido implementados aunque el proyecto de pavimentación no hubiese sido ejecutado, o sencillamente el crecimiento vegetativo de tránsito impulsado por el crecimiento económico del país y de la región.
- 4.9 Además, en el caso de los proyectos considerados, se puede analizar los distintos factores que influyen en la generación de tráfico, considerando cada una de las categorías indicadas a continuación:
- El tipo de transporte (pasajero o carga)
 - El tipo de proyecto
 - La factibilidad de cambios de ruta (reasignación)
- 4.10 En el caso del tipo de proyecto se pretende identificar las características de las obras de infraestructura del proyecto que influyan en la generación de tránsito. En el análisis preliminar de costos se observó que las variables de pendiente, índice de rugosidad y ancho de curvatura inciden en la variación de los costos sociales de la ruta y por tanto es factible suponer que estas variables serán importantes en el modelo de generación de tránsito. Además de considerar las variables demográficas por macro región que pudiesen incidir en la generación de tránsito del proyecto.
- 4.11 Como resultado del análisis se identifican las variables y parámetros que se consideran en el cálculo de tráfico generado. En la siguiente sección se presenta la metodología construida con el fin de entender cabalmente el fenómeno del tránsito generado.

Metodología para el cálculo de elasticidades

- 4.12 El objetivo de esta sección es la formulación de relaciones funcionales o modelos que permitan el cálculo de elasticidades observadas para proyectos de pavimentación de caminos realizados en el pasado reciente.

- 4.13 Se asume que para cada proyecto existe un punto próximo del PNC que permite estimar la variación del flujo de tránsito en el camino para un período razonable antes de la pavimentación y para un segundo período razonable después de la pavimentación. Para precisar el término “razonable”, se estima que un período del orden de 10 años antes y 10 después sería suficiente.

Formulación del Modelo

- 4.14 El primer supuesto es que existe una tasa media de crecimiento del flujo en un punto del PNC dado que se expresa por la relación:

$$F_t = F_0(1 + d)^t \quad (1)$$

- 4.15 En esta relación F_t representa el flujo medido en el año t , F_0 es una constante de calibración y d es la tasa media de crecimiento. Es una expresión genérica que puede ser calculada para cualquier serie de tiempo.

- 4.16 Supongamos ahora que en cierto año t_1 se produce la pavimentación del camino en análisis. Se asume que el efecto de esta pavimentación puede representarse mediante un modelo multiplicativo dado por la expresión siguiente.

$$F_t = F_0(1 + d)^t(G \delta_G + 1) \quad (2)$$

- 4.17 Donde G representa un factor de generación de flujo y δ_G es una variable binaria que vale cero para los años anteriores a la pavimentación y vale uno para los años posteriores a la misma. Si G es positivo, el valor de d obtenido de esta ecuación (2) será menor que el que se obtendría de la ecuación (1) que no considera la variable G .

- 4.18 Al expandir la expresión (2) se obtiene

$$F_t = F_0(1 + d)^t G \delta_G + F_0(1 + d)^t \quad (2.1)$$

$$G \delta_G = \frac{F_t - F_0(1 + d)^t}{F_0(1 + d)^t} \quad (2.2)$$

- 4.19 Para $\delta_G = 1$ la expresión puede considerarse como en (2.3) definiendo G como el factor de crecimiento de tránsito generado.

$$G = \frac{\Delta F}{F} \quad (2.3)$$

- 4.20 Dado que la elasticidad se define como:

$$\varepsilon = \left(\frac{\Delta F}{F} \right) / \left(\frac{\Delta C}{C} \right) \quad (2.4)$$

- 4.21 La elasticidad ε queda dada, con esta notación, por la expresión:

$$\varepsilon = G / \left(\frac{\Delta C}{C} \right) \quad (3)$$

- 4.22 Donde C representa el costo total de operación en la situación sin proyecto y ΔC representa la variación de costos como consecuencia del proyecto, que normalmente será un número negativo. Reemplazando la ecuación (3) en la ecuación (2) se obtiene:

$$F_t = F_0(1 + d)^t \left(\varepsilon \left(\frac{\Delta C}{C} \right) \delta_G + 1 \right) \quad (4)$$

- 4.23 Esta ecuación permite calcular directamente la elasticidad a partir de la información de flujo del PNC, el porcentaje de reducción de costos y el año de puesta en servicio de la pavimentación.

Los costos ($\Delta C/C$)

- 4.24 El costo total que debe ser considerado es el costo de operación más el valor del tiempo por el tiempo de viaje. Idealmente, debieran ser considerados a precios privados, pues son estos precios los que están ligados con la modelación del comportamiento de los usuarios. Sin embargo, es frecuente encontrar que el cociente entre precio social y precio privado es aproximadamente constante. Dado que sólo se requiere conocer el porcentaje de reducción, resulta posible usar los costos sociales como proxi.
- 4.25 Puesto que el porcentaje de reducción de costos es adimensional, no es necesario realizar corrección monetaria sobre los datos de costos.
- 4.26 Es necesario estimar la reducción del costo generalizado total de los viajes por tipo de vehículos para cada proyecto, a pesar de no contar con los archivos de las corridas HDM III para algunos proyectos.
- 4.27 Para ello se propone aplicar las reducciones promedio en los costos de transporte obtenidas de los proyectos de la primera entrega, en la sección denominada Categorías de Costos para Tránsito Generado en el capítulo anterior.

Las unidades de los flujos de tránsito

- 4.28 Cabe destacar que los valores de parámetros que se obtengan de la calibración no dependen de las unidades en que se mida el flujo, el cual puede ser expresado en vehículos por día (lo usual), en vehículos por año, o en cualquier otra unidad. El análisis se realizó por separado para cada tipo de vehículo considerado.
- 4.29 El resultado final es una primera estimación de elasticidad para cada proyecto y cada tipo de vehículo. Del análisis de esta matriz de elasticidades se desprende la posibilidad de obtener elasticidades medias para diversos tipos de proyectos.

Categorización de Proyectos

- 4.30 La tipología de proyectos se obtiene por agrupación de los proyectos que presenten elasticidades de magnitud similar, y además tengan alguna otra característica común.
- 4.31 Para revisar si existe alguna relación entre la tipología de los proyectos y el tránsito generado se desarrollan modelos mixtos multinivel, los cuales serán explicados con mayor detalle en el capítulo 7.
- 4.32 En un principio se procuró agrupar proyectos por zonas según región a la que pertenecían, pero además se hicieron pruebas con zonas, definidas anteriormente en el punto 3.33, que consideran una agrupación de regiones. Esto tiene sentido en el caso chileno pues cada región está asociada a características propias, por ejemplo climáticas y de uso del suelo que pudiesen tener un efecto en el valor de la elasticidad de tránsito generado.

Elasticidades de corto plazo y de largo plazo

- 4.33 Cabe destacar que la metodología descrita en la sección anterior no distingue entre efectos de corto y largo plazo. Sin embargo, si se quisiera detectar estos efectos, bastaría agregar en la especificación una segunda variable binaria que pasara de cero a uno “n” años después de la puesta en servicio del proyecto. Esto fue testeado utilizando los modelos mixto multinivel explicados en el capítulo 7.

La longitud del proyecto y las distancias de los viajes

- 4.34 Finalmente la metodología presentada no considera el tamaño del proyecto, que puede ser representado por su longitud. En teoría, un proyecto de mayor longitud en relación a la distancia promedio de los viajes debiera generar más flujo adicional. Un análisis completo de este efecto requeriría contar con la matriz origen destino de los viajes que utilizan el proyecto, así como el costo de operación en la red en la cual el proyecto está inserto. Ello difícilmente estará disponible en las aplicaciones previstas para el modelo a desarrollar. De todas maneras se pudo testear el efecto del tamaño del proyecto, utilizando los modelos mixtos de multinivel explicados en el capítulo 7.

Metodologías alternativas y posibles mejoras a la formulación propuesta

- 4.35 Dado que la metodología presentada anteriormente depende de los datos recopilados para cada proyecto, en esta sección se presentan algunas metodologías alternativas y mejoras que pueden ser utilizadas en el caso de no obtener buenos estimadores de los parámetros utilizando la formulación propuesta.
- 4.36 La formulación propuesta descrita en la sección anterior puede refinarse incorporando el efecto de los ciclos económicos. En efecto, un proyecto que entre en servicio en un año de depresión podría eventualmente dar un valor

negativo para la generación de tránsito. Ello se mitiga por el procedimiento propuesto, según el cual es deseable contar con información de flujos para un período de 10 años después de la puesta en servicio del proyecto, de modo que la recuperación rápida que suele producirse luego de una depresión queda también tomada en cuenta.

- 4.37 Sin embargo, si se desea considerar este efecto, no es necesario corregir la especificación del modelo. Basta construir un índice adecuado de nivel de actividad, por ejemplo a partir de la suma del número de vehículos controlados en un conjunto de plazas de peaje. Los valores de F que serían tomados en cuenta en la calibración del modelo dado por la ecuación (4) serían los flujos observados en el punto del PNC correspondiente dividido por este índice, para cada año y tipo de vehículo.
- 4.38 En la metodología presentada es necesario calcular la elasticidad para cada uno de los proyectos por separado, en una primera etapa. En el caso que los datos de flujo fueran insuficientes para estimar los parámetros del modelo, una de las alternativas es adaptar la formulación y utilizar los datos de los proyectos en forma de panel de datos, agregando variables categóricas para diferenciar entre distintos tipos de proyecto, para así contar con una mayor cantidad de datos que permita obtener mejores estimadores de los parámetros.
- 4.39 En el caso del cálculo de la tasa de crecimiento histórica d , es imprescindible contar con datos suficientes de la situación previa al proyecto. En caso de existir proyectos que no cuenten con estos datos o que los datos presenten un comportamiento extraño, se pueden utilizar algunas alternativas detalladas a continuación, que permitan estimar la tasa media de crecimiento previo a la implementación del proyecto, por ejemplo:
- Se puede utilizar casos de control de puntos censales cercanos al proyecto, que no hubiesen sido afectados por el mismo. Esto no sólo permitiría tener un cierto control de la tasa de crecimiento del proyecto previo a la implementación del proyecto, sino que además se podrían ver los efectos de las tasas de crecimiento posteriores en estos puntos y compararla a la observada en el proyecto de mejora.
 - Otra alternativa es utilizar tasas de crecimiento a nivel regional, obtenidas de los datos de las plazas de peajes recopiladas por el INE. Si bien estas son tasas que contemplan los efectos agregados de la economía regional, pudiesen ser utilizadas en ciertos casos en que no se disponga de mejor información.
 - Una tercera alternativa sería modificar la formulación del modelo para incorporar la estimación de la elasticidad del tránsito a variables macroeconómicas tales como el PIB nacional o el PIB regional que corresponda a cada caso.

5 Cálculo de elasticidades precio demanda

Definición de los parámetros que se van a estimar

- 5.1 Se ha seleccionado un conjunto de 91 proyectos de los cuales 17 cuentan con información de costos antes y después de su construcción.
- 5.2 En el capítulo anterior se ha presentado la formulación de esta metodología. En las páginas siguientes se presentará su aplicación en el cálculo de elasticidades para los proyectos de pavimentación ya revisados.
- 5.3 La formulación propuesta considera variables tales como el flujo vehicular por tipo de vehículo del PNC, antes y después de la puesta en marcha del proyecto. Otra variable importante es la variable binaria asociada al año de puesta en marcha de la ruta pavimentada que toma el valor 0 para años anteriores y el valor 1 para años posteriores a la puesta en servicio de la ruta pavimentada. Finalmente se tiene la variable del costo generalizado total de transporte en el proyecto, por tipo de vehículo, para las situaciones sin y con proyecto.

Formulación matemática del modelo de elasticidades.

- 5.4 Se presenta la siguiente formulación del modelo

$$F_t = F_0(1 + d)^t \left(\varepsilon \left(\frac{\Delta C}{C} \right) + 1 \right)^{\delta_G} \quad (1)$$

- 5.5 Si se linealiza con logaritmo natural queda expresado como

$$\ln(F_t) = \ln(F_0) + t * \ln(1 + d) + \delta_G * \ln \left(\varepsilon \left(\frac{\Delta C}{C} \right) + 1 \right) \quad (2)$$

Dónde:

- F_t : representa el flujo medido en el año t
- F_0 : es una constante de calibración
- d: es la tasa media de crecimiento
- ε : elasticidad
- C: representa el costo total de operación en la situación sin proyecto
- ΔC : representa la variación de costos como consecuencia del proyecto
- δ_G : es una variable binaria que vale cero para los años anteriores a la pavimentación y vale uno para los años posteriores a la misma

- 5.6 Para simplificar esta formulación, al considerar que:

$$a = 1 + d \quad (3)$$

5.7 Y que

$$b = \varepsilon \left(\frac{\Delta C}{C} \right) + 1 \quad (4)$$

5.8 La fórmula (2) queda expresada tal como lo muestra la siguiente ecuación.

$$\ln(F_t) = \ln(F_0) + t * \ln(a) + \delta_g * \ln(b) \quad (5)$$

5.9 Cabe señalar que la elasticidad está dada por

$$\varepsilon = (b - 1) * \left(\frac{C}{\Delta C} \right) \quad (6)$$

5.10 A priori se espera que las elasticidades de la demanda al costo generalizado de viaje sean negativas, aunque debido al ruido en los datos es posible que esto no siempre sea el caso. Valores de elasticidad en el rango entre 0 y -1 se consideran “inelásticos” y valores mayores que -1 se consideran “elásticos”. En la medida que los valores de elasticidad sean más negativos que -1, esto implica que la respuesta de la demanda a la pavimentación de un camino será más que proporcional a la reducción relativa del costo generalizado de transitar el tramo mejorado.

Elasticidades precio de la demanda para distintas tipologías de proyectos de vialidad interurbana

5.11 Para el cálculo de elasticidades se consideró la formulación presentada anteriormente, calculando las elasticidades para cada uno de los puntos censales asignados a cada uno de los proyectos finalmente seleccionados.

5.12 Los modelos fueron diferenciados por tipo de vehículo (livianos, pesados y buses).

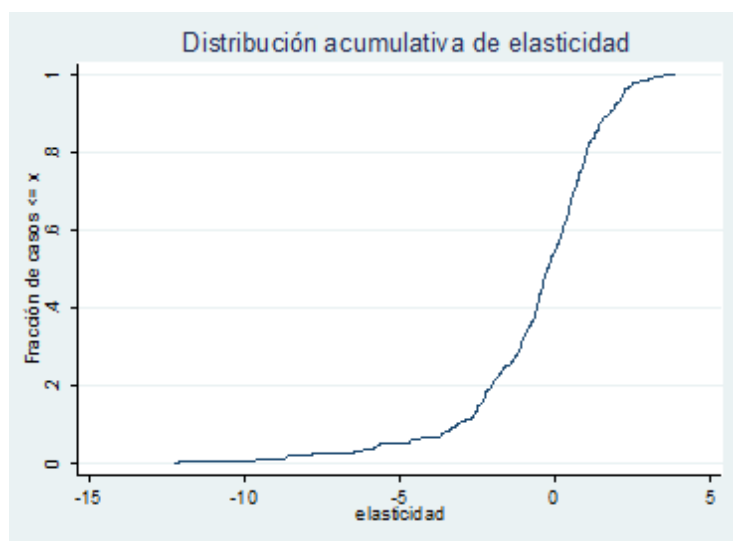
5.13 Para estimar el modelo basta con un punto censal por proyecto. Si hay puntos adicionales, es mejor pero no necesario. Ahora, dentro de cada punto censal se requiere tener varias observaciones antes de la ejecución del proyecto y varias después. El criterio adoptado fue tener al menos 2 observaciones antes y 2 observaciones después.

5.14 Dentro de la depuración realizada a los datos, para lograr estimar todos los parámetros del modelo, se eliminaron los puntos censales de los proyectos donde el número de observaciones fuera inferior al mínimo requerido. Además

se eliminaron dos puntos censales donde el salto de los flujos era excesivo lo que provocaba problemas en los valores de la estimaciones

- 5.15 Es importante destacar que para los proyectos seleccionados se tiene un total de 132 estimaciones de elasticidades por tipo de vehículo, debido a que varios proyectos tenían más de un punto censal de medición.
- 5.16 Esto indica que prácticamente la mitad de los proyectos analizados tienen elasticidades con signo negativo, mientras que la segunda mitad tiene elasticidades con signo positivo.
- 5.17 El gráfico a continuación muestra la función acumulativa de la elasticidad, El valor de la elasticidad se encuentra en torno a 0, hasta ± 4 existiendo pocos valores fuera de este rango. lo que permite observar que la mediana de la distribución es cercana a cero, y es donde se encuentran la mayoría de los valores.

FIGURA 5.1 DISTRIBUCIÓN ACUMULATIVA DE ELASTICIDAD



Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

- 5.18 La racionalidad indica que si el costo disminuye, el flujo de vehículos debiera aumentar, esto es, la elasticidad debiera ser negativa. La distribución obtenida tiene valores positivos y negativos y una cola al lado negativo. Se observa mucho ruido, probablemente debido a la variabilidad de los datos del PNC y a efectos aleatorios de los proyectos que no son considerados en el modelo.
- 5.19 Sin embargo, considerando las elasticidades por tipo de vehículo, los valores promedios son negativos, tal como se observa en la tabla siguiente.

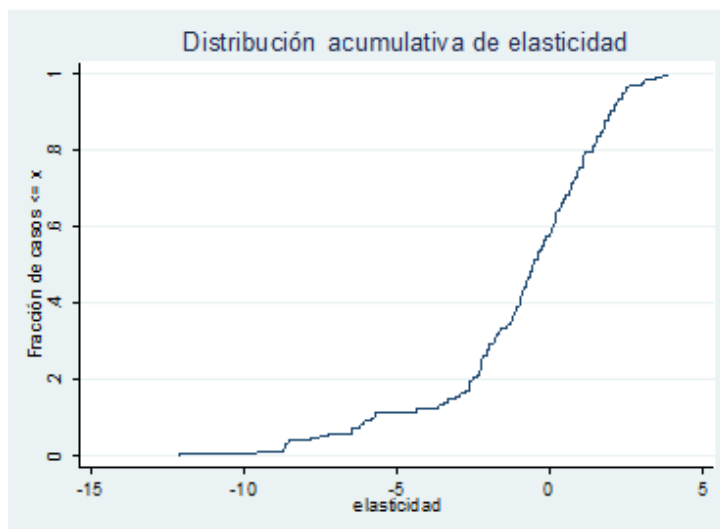
TABLA 5.1 ELASTICIDAD PROMEDIO POR TIPO DE VEHICULO

	Buses	Vehículos Livianos	Vehículos Pesados
Elasticidad promedio	-0,964	-0,473	-0,534

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

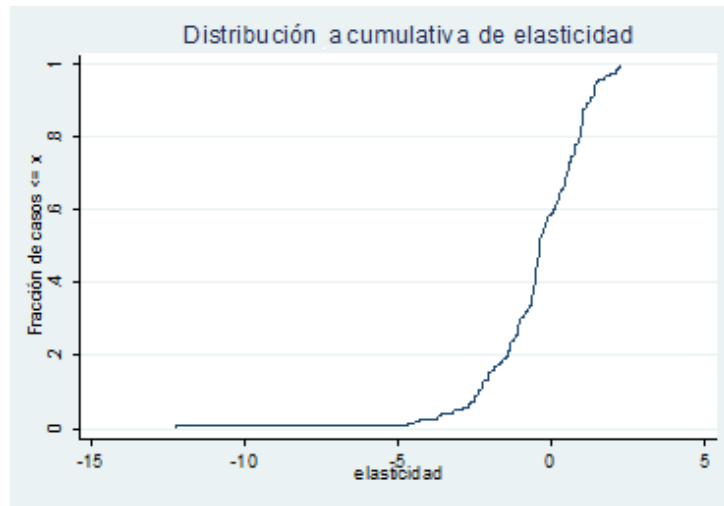
- 5.20 Al considerar el promedio por tipo de vehículo de la tabla anterior, se observa que la elasticidad promedio para los vehículos livianos y vehículos pesados es similar entre el -0,4 y -0.5 mientras que en el caso de los buses la elasticidad se alza cerca del -1,0.
- 5.21 A continuación revisaremos la función acumulativa de elasticidad por tipo de vehículo.

FIGURA 5.2 DISTRIBUCIÓN ACUMULATIVA DE ELASTICIDAD BUSES



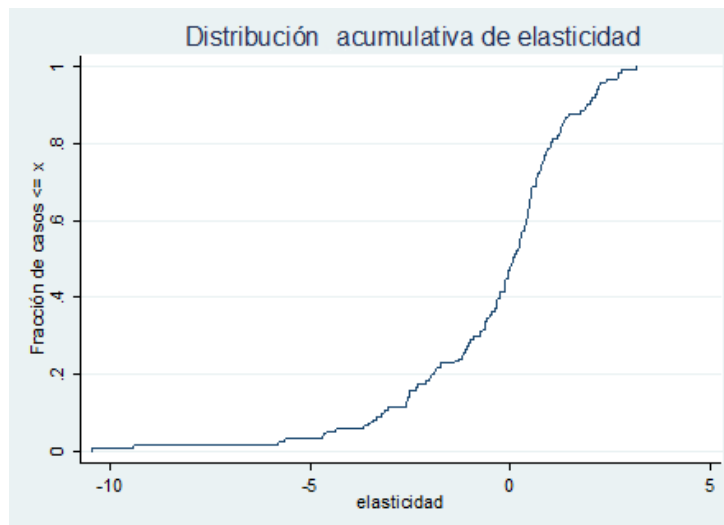
Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

FIGURA 5.3 DISTRIBUCIÓN ACUMULATIVA DE ELASTICIDAD VEHICULOS LIVIANOS



Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

FIGURA 5.4 DISTRIBUCIÓN ACUMULATIVA DE ELASTICIDAD VEHICULOS PESADOS



Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

5.22 Es importante considerar si las elasticidades promedios son significativos o no.

TABLA 5.2 ELASTICIDADES PROMEDIOS POR TIPO DE VEHÍCULO

Tipo de vehículo	Variable	Coeficiente	Err. Estd.	t	P>t	[Intervalo de	Conf. 95%]
Vehículos livianos	elasticidad	-0,473	0,177	-2,67	0,009	-0,825	-0,121
Vehículos pesados	elasticidad	-0,534	0,284	-1,88	0,064	-1,099	0,031
Buses	elasticidad	-0,964	0,313	-3,08	0,009	-1,584	-0,343

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

- 5.23 Se observa en la tabla anterior que las elasticidades promedio de vehículos livianos y buses son significativamente distintas de cero al nivel de 95% de confianza. Por otro lado, la elasticidad promedio de los vehículos pesados, si bien tiene el signo adecuado, no alcanza a ser significativamente distinta de cero al nivel de confianza 95%, aunque sí lo sería a un nivel de significación menor.
- 5.24 Los resultados anteriores consideran el promedio de las elasticidades calculadas individualmente para cada uno de los puntos censales. Al analizar los promedios por región estos no son estadísticamente significativos, lo cual se explica por la variabilidad de los datos del PNC y que a nivel regional la cantidad de puntos censales es bastante menor que a nivel nacional (ver Tabla 3.10).

Elasticidades Excluyendo Casos Extremos

- 5.25 A continuación se observa las elasticidades obtenidas si excluimos los casos extremos de la base de datos.

TABLA 5.3 ELASTICIDADES PROMEDIOS POR TIPO DE VEHÍCULO SIN CASOS EXTREMOS

Tipo de vehículo	Variable	Coeficiente	Err. Estd.	t	P>t	[Intervalo de	Conf. 95%]
Vehículos livianos	elasticidad	-0,466	0,174	-2,68	0,009	-0,813	-0,120
Vehículos pesados	elasticidad	-0,452	0,249	-1,82	0,073	-0,946	0,042
Buses	elasticidad	-0,846	0,299	-2,44	-0,252	-0,830	-0,118

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

- 5.26 Al revisar los resultados anteriores se observa que el efecto de excluir los casos extremos es distinto por tipo de vehículos:
- En el caso de los vehículos livianos no se ve un cambio importante al excluir los datos extremos, lo que muestra una robustez del estimador calculado.
 - En el caso de los vehículos pesados el valor de la elasticidad disminuye, pero no mejoran los test estadísticos del modelo, por lo que no se considera una mejora significativa al excluir los datos.
 - Finalmente, en el caso de los buses se observa una disminución del valor de la elasticidad, manteniendo la significancia del modelo.

6 Factores de generación

Definición de metodologías alternativas a la de elasticidades

- 6.1 Se propone una metodología que estima tránsito generado por tipo de vehículo como una proporción del tránsito por dicho tipo de vehículo antes de la realización del proyecto de pavimentación.

Formulación matemática del modelo de factores de generación

- 6.2 Se presenta la siguiente formulación del modelo

$$F_t = F_0(1 + d)^t(F_g + 1)^{\delta_G} \quad (7)$$

- 6.3 Si se linealiza con logaritmo natural queda expresado como

$$\ln(F_t) = \ln(F_0) + t * \ln(1 + d) + \delta_G * \ln(F_g + 1) \quad (8)$$

Dónde:

- F_t : representa el flujo medido en el año t
- F_0 : es una constante de calibración
- d : es la tasa media de crecimiento
- F_g es el factor de generación que se estimará
- δ_G : es una variable binaria que vale cero para los años anteriores a la pavimentación y vale uno para los años posteriores a la misma

- 6.4 Para simplificar esta formulación, al considerar que:

$$a = 1 + d \quad (9)$$

- 6.5 La fórmula (8) queda expresada tal como lo muestra la siguiente ecuación.

$$\ln(F_t) = \ln(F_0) + \ln(a) * t + \ln(F_g + 1) * \delta_G \quad (10)$$

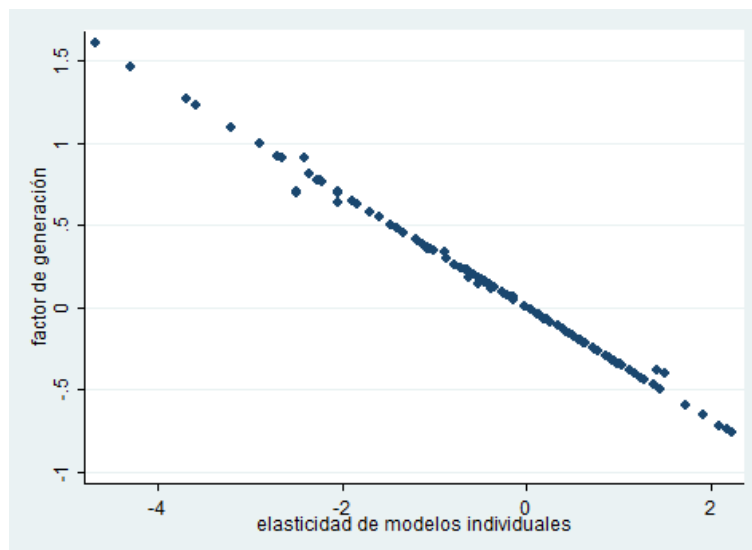
- 6.6 La metodología de factores de generación es una simplificación de la metodología de elasticidades, donde las diferencias promedio del costo generalizado como resultado de los proyectos de pavimentación son implícitos. Por esto mismo es muy importante que se distinga entre tipos de vehículo a la hora de aplicar esta metodología, ya que es sabido que las diferencias de costo varían significativamente por tipo de vehículo.

- 6.7 La metodología de factores de generación ofrece una primera aproximación de cuánta generación de tránsito se puede esperar, mediante un cálculo sencillo que es fácil y rápido de aplicar. Sin embargo, en casos donde se cuente con estimaciones de los cambios en el costo generalizado por tipo de vehículo que se pueden esperar como resultado de la pavimentación de un camino, la metodología de elasticidades es más adecuada ya que se aprovecharán mejor todos los datos disponibles.

Aplicación del modelo de factores de generación

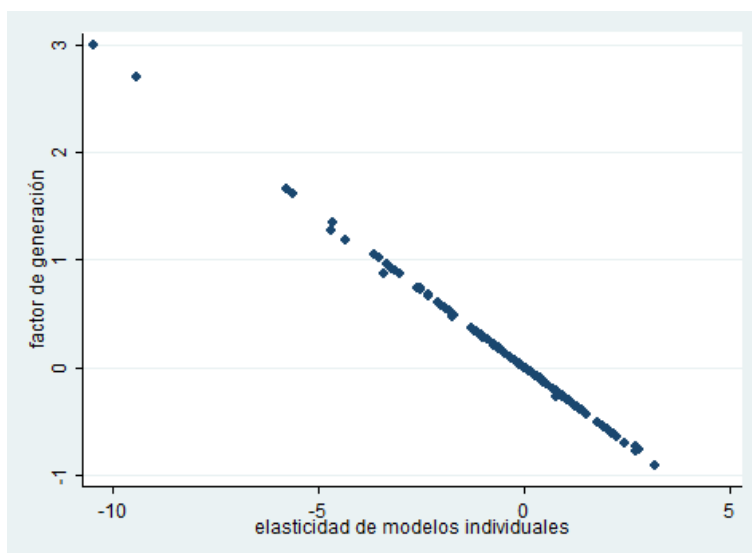
- 6.8 Al estimar el modelo, tal como se esperaba, los factores de generación obtenidos tienen una estrecha correspondencia con las elasticidades equivalentes que fueron presentadas en el capítulo anterior. Esto se puede apreciar en los siguientes gráficos de dispersión.

FIGURA 6.1 FACTORES DE GENERACIÓN Y LAS ELASTICIDADES EQUIVALENTES, VEHICULOS LIVIANOS



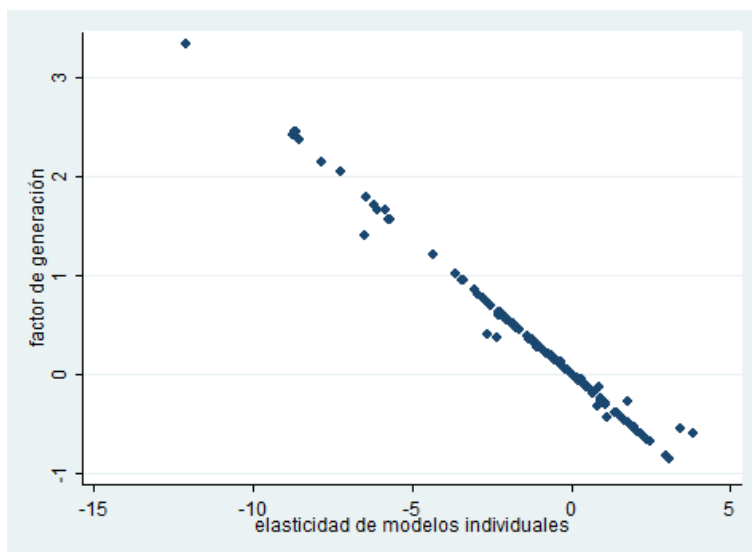
Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

FIGURA 6.2 FACTORES DE GENERACIÓN Y LAS ELASTICIDADES EQUIVALENTES, VEHICULOS PESADOS



Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

FIGURA 6.3 FACTORES DE GENERACIÓN Y LAS ELASTICIDADES EQUIVALENTES, BUSES



Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

6.9 Sin embargo, los factores de generación tienen algunas ventajas.

- Son más fáciles de entender y de aplicar que las elasticidades

■ No es necesario contar con datos de diferencias de costos generalizados para calcular los factores de generación

- 6.10 El último punto es importante ya que para la gran mayoría de los proyectos considerados, para estimar las elasticidades fue necesario ocupar supuestos para las diferencias de costos. Estos supuestos varían solamente por tipo de vehículo y toman como referencia los pocos proyectos con datos de costos disponibles.
- 6.11 Por lo tanto, a pesar de la fuerte correlación observable en los gráficos anteriores entre los factores de generación y las elasticidades, es importante considerar que los factores de generación son menos inciertos que las elasticidades si no se cuenta con información detallada de los costos de los proyectos y los ahorros en los mismos esperados como resultado de la pavimentación. Posibles errores en los supuestos de las diferencias de costos debidas a los proyectos de pavimentación impactarían a las elasticidades pero no a los factores de generación.
- 6.12 En primer lugar, es interesante considerar si los factores de generación promedios obtenidos por tipo de vehículo son significativamente distintos de cero o no.

TABLA 6.1 CRECIMIENTOS PROMEDIOS POR TIPO DE VEHICULO, CON INTERVALOS DE CONFIANZA

Tipo de vehículo	Variable	F1 promedio	Error estándar	t	P>t	[95% Intervalo de confianza]	
Vehículos livianos	factor de generación	0,163	0,060	2,74	0,008	0,045	0,282
Vehículos pesados	factor de generación	0,156	0,082	1,89	0,062	-0,008	0,319
Buses	factor de generación	0,263	0,083	3,18	0,002	0,099	0,427

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

- 6.13 Se observa que los factores de generación son significativamente distintos de cero para los vehículos livianos y los buses, pero no así para los vehículos pesados.

Factores de Generación Excluyendo casos Extremos

- 6.14 En la tabla a continuación se muestran los valores obtenidos para los factores de generación sin considerar los casos extremos.

TABLA 6.2 CRECIMIENTOS PROMEDIOS POR TIPO DE VEHICULO, CON INTERVALOS DE CONFIANZA

Tipo de vehículo	Variable	F1 promedio	Error estándar	t	P>t	[95% Intervalo de confianza]	
Vehículos livianos	factor de generación	0,161	0,058	2,74	0,007	0,044	0,280
Vehículos pesados	factor de generación	0,131	0,072	1,82	0,072	-0,012	0,274
Buses	factor de generación	0,232	0,079	2,95	0,004	0,075	0,389

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

- 6.15 Al eliminar los casos extremos se observa que el factor de generación para el caso de los vehículos livianos se mantiene en 16%, en el caso de los vehículos pesados se observa una disminución del factor de generación pero en ambos casos el estadístico t es insignificante. Finalmente en el caso de los buses el factor de generación disminuye en un 3% y en ambos casos el valor es significativo.

7 Pruebas de hipótesis

Modelos mixtos multinivel

- 7.1 Se desarrollaron modelos mixtos multinivel para vehículos livianos, buses, y vehículos pesados. Esto, con el objetivo de probar de manera sistemática distintas hipótesis y el uso de variables auxiliares.
- 7.2 El modelo mixto multinivel es un tipo de modelo lineal más general que el típico modelo de mínimos cuadrados ordinarios. Este tipo de modelo no está limitado por la restricción IID (errores distribuidos idénticamente e independientemente), por lo que se pueden modelar algunos parámetros distribuidos aleatoriamente, con distintas propiedades de distribución y correlación entre ellos.
- 7.3 Es más, el modelo multinivel permite tomar en cuenta que cada proyecto puede tener varios puntos de medición, cuyos datos pueden estar correlacionados en mayor o menor grado.

Definición de variables

Zonas

- 7.4 Las definiciones de las zonas se detallan en la siguiente tabla:

TABLA 7.1 DEFINICIONES DE ZONAS

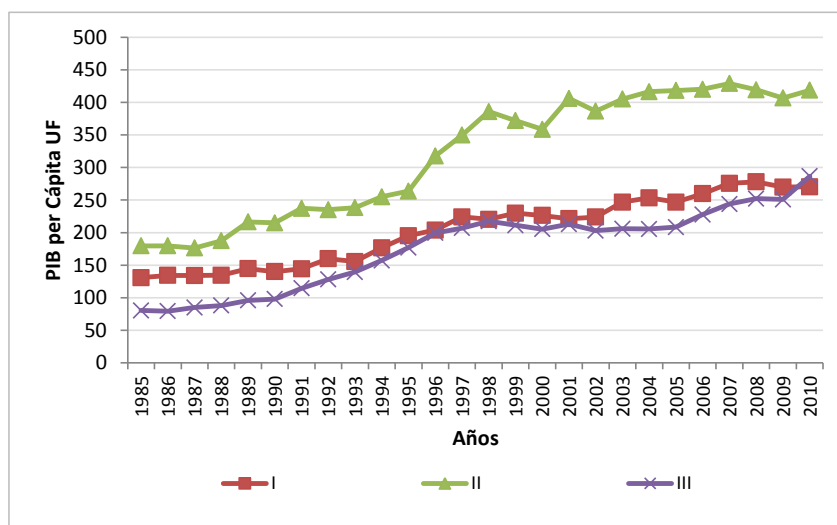
Zona	Regiones
Norte grande	I, II, III
Norte chico	IV, V
Central	RM, VI, VII
Sur	VIII, IX, X, XIV
Austral	XI, XII

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

PIB per cápita

- 7.5 Para cada región se buscó una serie histórica de su PIB y su PIB per cápita. Los valores en UF para este ítem por cada región se presentan en el siguiente gráfico

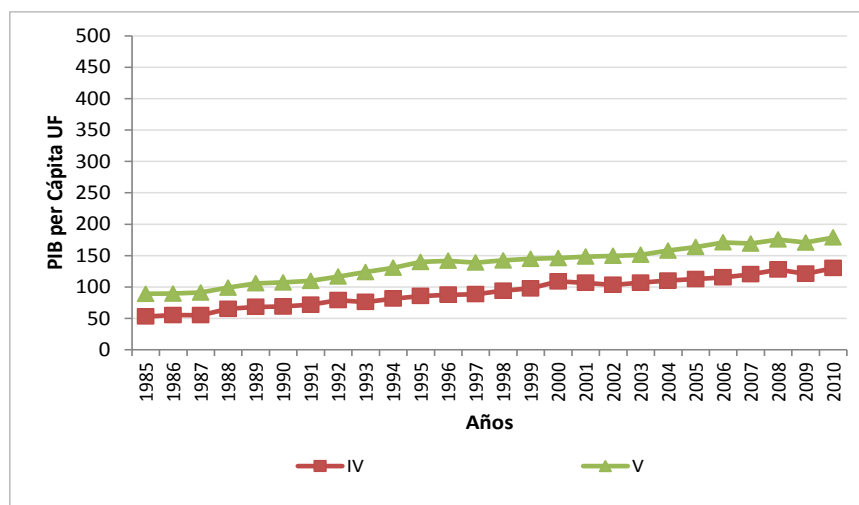
FIGURA 7.1 EVOLUCIÓN DEL PIB REGIONAL PER CÁPITA EN UF ZONA NORTE GRANDE, 1985-2010



Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave en base a bases de datos del Observatorio Regional de la Subsecretaría de Desarrollo Regional.

7.6 Al analizar la evolución del PIB per cápita de la zona norte, se observa una tendencia creciente a lo largo del todo el periodo, destacando la segunda región con un aumento importante durante el periodo 1995 - 1998 con un aumento del 40%. Además de una caída importante durante la crisis asiática 1998 - 2000 y la crisis mundial del 2008 - 2009. Por otro lado, la tercera región ha tenido un crecimiento importante superando durante el 2010 por primera vez a la I región.

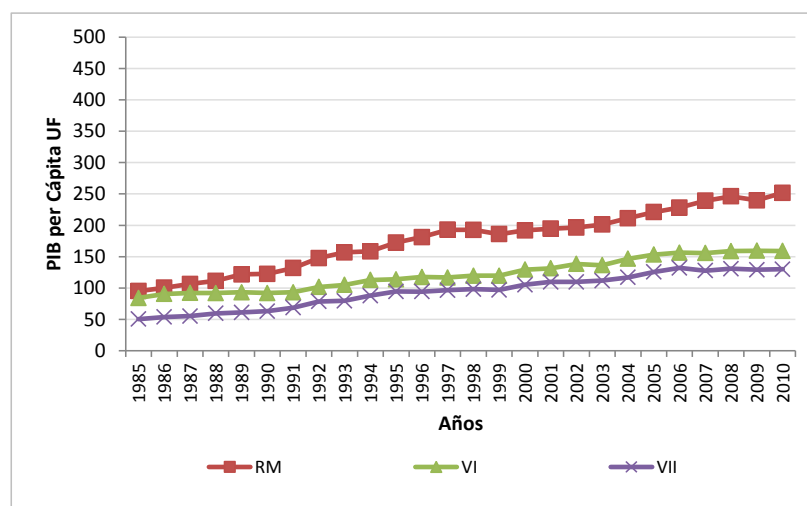
FIGURA 7.2 EVOLUCIÓN DEL PIB REGIONAL PER CÁPITA EN UF ZONA NORTE CHICO, 1985-2010



Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave en base a bases de datos del Observatorio Regional de la Subsecretaría de Desarrollo Regional.

- 7.7 Al analizar el comportamiento de PIB per cápita en las regiones del Norte Chico, se observa que tanto la IV como la V región tienen una tendencia de crecimiento similar, menor a la observada en la zona Norte Grande.

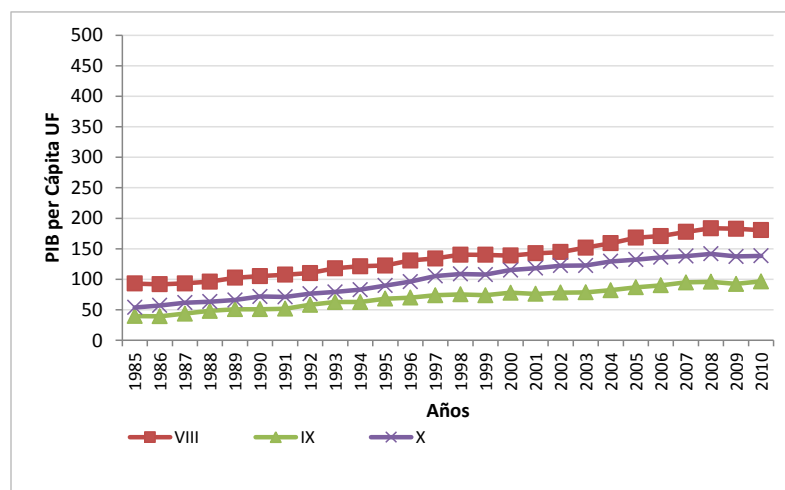
FIGURA 7.3 EVOLUCIÓN DEL PIB REGIONAL PER CÁPITA EN UF ZONA CENTRAL, 1985-2010



Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave en base a bases de datos del Observatorio Regional de la Subsecretaría de Desarrollo Regional.

- 7.8 En la zona central la región metropolitana tiene una tendencia de crecimiento mayor que las regiones VI y VII, pero inferior al crecimiento de la II región aunque su forma de la curva es similar entre ambas.

FIGURA 7.4 EVOLUCIÓN DEL PIB REGIONAL PER CÁPITA EN UF ZONA SUR, 1985-2010



Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave en base a bases de datos del Observatorio Regional de la Subsecretaría de Desarrollo Regional.

- 7.9 En la zona sur se observa un crecimiento similar en las regiones VIII y X, siendo ambas mayores al crecimiento de la IX región, que presenta uno de los menores crecimientos en conjunto a la IV región.

FIGURA 7.5 EVOLUCIÓN DEL PIB REGIONAL PER CÁPITA EN UF ZONA AUSTRAL, 1985-2010



Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave en base a bases de datos del Observatorio Regional de la Subsecretaría de Desarrollo Regional.

- 7.10 En la zona austral se observa que la XI región tiene un crecimiento importante a partir del año 1995 hasta el año 2006. Mientras que la XII región ha crecido de forma importante hasta el 2006, año donde el flujo ha caído durante 4 años seguidos.
- 7.11 Para facilitar la modelación del PIB per cápita, se definieron quintiles tal como se muestra en la siguiente tabla. Los casos corresponden a combinaciones de tipo de vehículo, proyecto, punto de medición y año.

TABLA 7.2 PIB PER CÁPITA, QUINTILES

Quintil	PIB per cápita (UF)	Casos	Porcentaje	Porcentaje acumulado
1	<109	879	21,28	21,28
2	109-129	879	21,28	42,56
3	130-141	789	19,10	61,66
4	142-196	759	18,37	80,03
5	197+	825	19,97	100,00
		4,131	100,00	

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

- 7.12 Si bien puede parecer extraño que no todos los quintiles tengan un 20% exacto, esto tiene una explicación, ya que al considerar el PIB per cápita por región, todos los proyectos dentro de esa región tienen el mismo PIB per cápita, por lo tanto, al definir los intervalos, un cambio en el intervalo escogido provoca que una gran cantidad de observaciones pasen al siguiente intervalo, lo que impide tener intervalos exactos en 20%.

Densidad poblacional

- 7.13 La densidad poblacional para cada proyecto se definió según la superficie de la comuna más relevante y los datos correspondientes de población del censo 2002. Nuevamente, se definieron quintiles para facilitar la modelación, los que se detallan en la siguiente tabla.

TABLA 7.3 DENSIDAD POBLACIONAL, QUINTILES

Quintil	Densidad poblacional (personas / km ²)	Casos	Porcentaje	Porcentaje acumulado
1	0 - 6,3	535	16,32	16,32
2	6,4 - 11,4	749	22,85	39,17
3	11,5 - 19,9	789	24,07	63,24
4	20,0 - 39,9	564	17,21	80,45
5	40,0+	641	19,55	100
		3.278	100,00	

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

El largo plazo y mediano plazo

- 7.14 Se definió una variable muda para probar la posible existencia de efectos de largo y mediano plazo, tal como se detalla en la siguiente tabla.

TABLA 7.4 DEFINICIÓN DE LA VARIABLE MUDA DEL LARGO PLAZO Y MEDIANO PLAZO

Años de operación de la ruta pavimentada	Frecuencia (tipo de vehículo-punto-año)	Porcentaje	Porcentaje acumulado	Variable muda del largo plazo	Variable muda del mediano plazo
1	371	19.16%	19.16%	0	0
3	351	18.13%	37.29%	0	1
5	324	16.74%	54.03%	0	1
7	291	15.03%	69.06%	1	0
9	255	13.17%	82.23%	1	0
11	202	10.43%	92.67%	1	0
13	115	5.94%	98.61%	1	0
15	27	1.39%	100.00%	1	0
	1936				

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

Pruebas relacionadas a la crisis económica del 2008

- 7.15 Se realizaron varias pruebas para evitar que esta crisis distorsionara los resultados del modelo.
- 7.16 Para este efecto, se definieron variables índices. Los índices que fueron probados en el modelo fueron:
- Índice 1: a partir del flujo de vehículos totales de los peajes de El Melón y Angostura.
 - Índice 2: a partir del flujo diferenciado por tipo de vehículos de los peajes de El Melón y Angostura.
 - Índice 3: a partir del PIB nacional (calculado a partir de los precios corrientes del año 1996).

TABLA 7.5 INDICES UTILIZADOS PARA EL EFECTO CRISIS 2008

	Índice 1	Índice 2		Índice 3	
AÑO	Total	VL	VP	B	PIB
1994	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1996	1,09	1,09	1,14	1,06	1,37
1998	1,20	1,23	1,27	1,11	1,44
2000	1,22	1,23	1,23	1,32	1,44
2002	1,21	1,20	1,26	1,31	1,52
2004	1,25	1,24	1,36	1,25	1,67
2006	1,39	1,41	1,44	1,30	1,85
2008	1,59	1,66	1,57	1,37	2,00
2010	1,82	1,92	1,74	1,46	2,08

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

- 7.17 Al agregar cada uno de estos índices, la formulación del modelo pasa a ser la siguiente:

$$\ln(F_t) = \ln(H_t) + \ln(F_0) + t * \ln(a) + \delta_G * \ln(b) \quad (11)$$

- 7.18 Donde H_t representa el índice probado.

Proyectos turísticos

- 7.19 Se define una variable muda, con el fin de identificar si existe un efecto de tránsito generado distinto en los proyectos que se encuentran en una zona turística.
- 7.20 La definición de los proyectos turísticos, se realiza revisando la base cartográfica de los proyectos y de sus puntos de medición, e identificando los lugares que son considerados como zonas turísticas. Estas zonas se definen identificando los puntos censales de los proyectos seleccionados donde existe un aumento de flujo de tránsito en época de vacaciones, en relación a las mediciones obtenidas en invierno y primavera.

TABLA 7.6 PROYECTOS CONSIDERADOS EN ZONAS TÚRISTICAS

Número de Proyecto	Lugar
20084412	La Portada de Antofagasta
20074977	Bahía Inglesa
20077189	Valle del Elqui
20175873	Pichilemu
20040013	Chiloé
20098102	Chiloé
20051214	Chiloé
20097918	Chiloé
20040013	Chiloé
20116507	Chiloé
20071331	Puerto Natales
1200133	Puerto Natales

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

- 7.21 En el caso de la variable de turismo se realizaron pruebas tanto del efecto de la variable en la constante como del efecto en relación al parámetro de tránsito generado.

Pruebas de hipótesis

- 7.22 Las hipótesis se probaron utilizando las variables definidas anteriormente y ocupando varios criterios para evaluar la significancia de cada resultado:

- las estadísticas z de los parámetros estimados (que se interpretan igual que las estadísticas t), considerando el nivel de confianza 95%: valores de z mayores o iguales a 1.96 se consideran significativos.
- la prueba de razones de verosimilitud (“lrtest” en STATA) para averiguar si al agregar uno o más parámetros al modelo, el modelo efectivamente ajuste mejor a los datos.
- que los resultados sean sensatos: que los signos de los parámetros sean creíbles, que no hayan problemas con la estimación del modelo.

- 7.23 Las hipótesis probadas se detallan en la siguiente tabla

TABLA 7.7 PRUEBAS DE HIPÓTESIS

ID	Hipótesis	Livianos	Buses	Pesados
1	El flujo inicial varía por región	Verdadero	Verdadero	Verdadero
2	El flujo inicial varía con la extensión del proyecto	Verdadero	Verdadero	Verdadero
3	El flujo inicial varía con el PIB per cápita	Verdadero	Verdadero	Verdadero

Estimación de Parámetros de Tránsito Generado en Proyectos de Vialidad Interurbana

ID	Hipótesis	Livianos	Buses	Pesados
4	El flujo inicial aumenta en el largo plazo	Falso	Falso	Falso
5	El flujo inicial aumenta en el mediano plazo	Falso	Falso	Falso
6	El flujo inicial varía con el índice de crecimiento económico de vehículos total	Verdadero	Verdadero	Falso
7	El flujo inicial varía con el índice de crecimiento económico por tipo de vehículo	Verdadero	Verdadero	Falso
8	El flujo inicial varía con el índice de crecimiento económico del PIB Nacional	Falso	Falso	Falso
9	El flujo inicial varía si el camino se considera turístico.	Verdadero	Verdadero	Falso
10	La tasa de crecimiento varía con la extensión del proyecto	Falso	Falso	Falso
11	La tasa de crecimiento varía con la zona	Falso	Falso	Verdadero
12	El tránsito generado varía con la extensión del proyecto	Falso	Falso	Falso
13	El tránsito generado varía con la zona	Falso	Falso	Falso
14	El tránsito generado varía con la densidad poblacional	Falso	Falso	Falso
15	El tránsito generado varía con el PIB per cápita	Falso	Falso	Falso
16	El tránsito generado varía si el camino se considera turístico.	Falso	Falso	Falso

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

- 7.24 Los resultados detallados de los modelos probados se pueden revisar en la planilla “trangen xtmixed v1 15.xlsx” que se entrega junto con este informe.
- 7.25 No se logró distinguir ningún efecto de otra variable en relación al tránsito generado, salvo las variables de largo plazo. No se incluyó el efecto negativo de la variable del largo plazo en los modelos finales, ya que no es lógico que el mejoramiento de un camino tenga consecuencias de largo plazo negativos para el tránsito de dicho camino. El efecto negativo podría ser explicado debido a que la mayoría de los puntos de largo plazo se concentran entre los años 2008 y 2010, donde efectos externos (terremoto y crisis) afectan los flujos lo que está correlacionado con la variable de largo plazo.

Modelos finales

- 7.26 Los modelos finales obtenidos se detallan en la siguiente tabla. “b/t” quiere decir que los parámetros (“beta”) se indican con la estadística t correspondiente en la celda inmediatamente inferior. Por ejemplo, la constante del modelo de vehículos livianos tiene un valor de 5,58 y un estadístico t de -28,8 (el signo del estadístico t se muestra como negativo por convención). Los modelos escogidos se obtienen como resultado de correr el programa trangen030308.do de STATA y las salidas del programa se encuentran en el archivo trangen30308_1.txt.

TABLA 7.8 MODELOS MIXTOS MULTINIVEL POR TIPO DE VEHÍCULOS

Descripción	Parámetros fijos	Vehículos livianos		Vehículos pesados		Término en Formula 5	Num Fila
		m03030801	m03030802	m03030803			
		b/t	b/t	b/t			
Constante	_cons	5,58047	1,58026	4,00456	ln(F ₀)		1
		-28,8	-4,9	-18,45			
Zona Austral	Austral	-1,01962			Modifica ln(F ₀)		2
		-3,77					
Zonas Central, Sur	zonacs		0,83958		Modifica ln(F ₀)		3
			-4,26				
Zonas Norte Chico, Central, Sur	zonanccs			0,68775	Modifica ln(F ₀)		4
				-3,76			
Extensión proyecto 10km+	long10mas	-0,54223	-0,534	-0,4782	Modifica ln(F ₀)		5
		-3,05	-2,47	-2,62			
PIB per cápita, quintil 2 ó 3	piGPCq23	0,12655	0,23273		Modifica ln(F ₀)		6
		-2,57	-3,95				
PIB per cápita, quintil 4 ó 5	piGPCq45	0,30507	0,4665		Modifica ln(F ₀)		7
		-3,68	-4,6				
PIB per cápita, quintiles 2, 3, 4 ó 5	piGPCq2345			0,06432	Modifica ln(F ₀)		8
				-0,99			
Años desde 1994	desde1994	0,03551	0,02002	0,05254	ln(a)		9
		-4,71	-2,22	-6,76			
Zona Sur x Años desde 1994	zonasurxd1994			-0,01383	Modifica ln(a)		10
				-1,37			
Efecto de tránsito generado	aux_	0,09575	0,15133	-0,01689	ln(b)		11
		-1,76	-2,1	-0,24			
Índice Ciclo Económico	Index_	0,22749	0,95456		Modifica ln(F ₀)		12
		-2,45	-4,27				
Índice Turismo	tur	0,30059	0,50536		Modifica ln(F ₀)		13
		-1,26	-1,78				
	Parámetros aleatorios	Vehículos livianos	Buses	Vehículos pesados			
El código BIP identifica el proyecto	codigo_bip:						
Desviación estándar de parámetro	des.est.(desde1994)	0,034372	0,0516765	0,0322046	Modifica ln(a) a nivel de proyecto		16
Desviación estándar de parámetro	des.est.(aux_)	0,3381582	0,4801672	0,3137978	Modifica ln(b) a nivel de proyecto		17
Desviación estándar de parámetro	des.est.(_cons)	0,4327642	0,6703702	0,4800664	Modifica ln(F ₀) a nivel de proyecto		18
Correlación de parámetros	corel.(desde1994,aux_)	-0,5358767	-0,8416566	-0,0851195			19
Correlación de parámetros	corel.(desde1994,_cons)	0,0700061	0,074711	-0,4947204			20
Correlación de parámetros	corel.(aux_,_cons)	-0,2245509	-0,3035548	-0,0352154			21
medición, pueden haber varios por proyecto	idpunto:						
Desviación estándar de parámetro	des.est.(aux_)	0,1616193	0,1336841	0,2029208	Modifica ln(b) a nivel de punto de medición		22
Desviación estándar de parámetro	des.est.(_cons)	0,5909197	0,5253964	0,5625461	Modifica ln(F ₀) a nivel de punto de medición		23
Correlación de parámetros	corel.(aux_,_cons)	0,1803182	0,5210865	0,4925239			24
Error aleatorio, normal	des.est.(Residual)	0,3289038	0,385511	0,4455738			25
	estadísticas de resumen						
Estadística chi-cuadrado del modelo	chi2	273,95	308,1	99,41			26
Número de observaciones	N	1204	1192	1204			27
Log-verosimilitud del modelo	ll	-733,52	-928,41	-1047,9			28

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

7.27 Muchas de las variables en el modelo (las que modifican ln(F₀) o ln(a) en la Formula 5), sirven principalmente para modelar los volúmenes de tránsito y para que el ajuste del modelo sea satisfactorio. Estas variables son necesarias para estimar los modelos, pero no es necesario considerarlas en la aplicación de los parámetros de tránsito generado, ya que estas variables no modifican el tránsito generado.

- 7.28 Tal como se comentó en relación a las pruebas de hipótesis, no se logró distinguir ningún efecto de otra variable en relación al tránsito generado. Es posible que tales efectos existan, pero con los datos disponibles para este estudio no ha sido posible medirlos. Sería interesante que se vuelva a intentar este tipo de análisis en el futuro, cuando la base de datos disponibles sea más extensa y quizás de mejor calidad. Esto se refiere a que las mediciones de flujo representen con mayor fidelidad el flujo real del camino. Ello puede lograrse aumentando la cantidad de días de medición, o reduciendo la probabilidad de errores o faltas en el proceso de medición. Una manera de obtener mayor certeza es incluir dos agentes en el proceso de medición, uno de los cuales realiza el trabajo de campo, mientras el otro fiscaliza la correcta ejecución. La Dirección de Vialidad ha llamado a una propuesta para contratar la ejecución del PNC a un consultor externo. Esta modalidad permitiría realizar dicha fiscalización.
- 7.29 Los parámetros de mayor relevancia e interés son los que dicen relación con el tránsito generado: “Efecto tránsito generado”, asociado al término $\ln(b)$ en la Formula 5, y sus desviaciones estándares a los niveles de proyecto y de punto de medición.
- 7.30 Mirando a los efectos fijos de tránsito generado (en la fila 1 de la tabla), éstos no son estadísticamente significativos al nivel 95% de confianza en los tres modelos, sin embargo tienen por lo menos el signo adecuado en los modelos de vehículos livianos y buses. Al igual que en los modelos presentados en capítulos anteriores, el segmento para el que más cuesta detectar un efecto de tránsito generado es el de los vehículos pesados.
- 7.31 Sin embargo, estos modelos también permiten estimar el efecto de tránsito generado como una variable aleatoria con componentes de variación tanto al nivel de proyecto como al nivel de punto de medición. Así, es posible estimar las ecuaciones de demanda al nivel de cada punto de medición, tal como se hizo con los modelos individuales reportados en el capítulo 5. En este caso se hace mediante la aplicación de los modelos y el ajuste de los valores más probables para los componentes aleatorios al nivel de proyecto y al nivel de punto de medición. Se obtiene el efecto total del tránsito generado, para cada punto de medición, sumando el componente fijo más los dos componentes aleatorios:
- $$\beta_{\ln(b)_{total}} = \beta_{\ln(b)_{fijo}} + \varepsilon_{\ln(b)_{proyecto}} + \varepsilon_{\ln(b)_{punto}} \quad (12)$$
- 7.32 Aplicando la fórmula 6 a los resultados de todos los puntos de medición obtenidos con la fórmula 11, se obtuvieron elasticidades para todos los puntos de medición. La siguiente tabla resume estas elasticidades para cada tipo de vehículo, y también muestra los factores de generación correspondientes.

TABLA 7.9 ELASTICIDADES Y FACTORES DE GENERACIÓN OBTENIDOS DE LOS MODELOS MIXTOS MULTINIVEL

Tipo de vehículos	Variable	Coef.	Err. Est.	z	P>z	[Intervalo	Conf. 95%]
Livianos	elasticidad	-0,346	0,092	-3,76	0	-0,529	-0,163
Buses	elasticidad	-0,611	0,181	-3,37	0,001	-0,970	-0,251
Pesados	elasticidad	-0,100	0,134	-0,75	0,454	-0,366	0,165
Livianos	factor de generación	0,117	0,031	3,76	0	0,056	0,180
Buses	factor de generación	0,164	0,049	3,37	0,001	0,067	0,261
Pesados	factor de generación	0,029	0,039	0,75	0,454	-0,048	0,106

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

- 7.33 En el caso de los vehículos livianos la elasticidad es -0,346 y posee un estadístico t, que en valor absoluto es de 3,76 superando al valor 1,96. Esto implica que la elasticidad es distinta a 0 con un 95% de confianza. En el caso de los buses, el parámetro de la elasticidad también es estadísticamente significativo al 95% de confianza e igual a -0,611. En el caso de los vehículos pesados en cambio, si bien la elasticidad tiene el signo correcto -0,10, el valor del parámetro del test t igual a 0,75, es inferior en valor absoluto al valor de 1.96, por lo tanto no es estadísticamente significativo al 95% de confianza, y en términos estadísticos es débil, sin embargo, representa la mejor aproximación que se pudo obtener y su tamaño es razonable en relación a los resultados obtenidos para los otros tipos de vehículo.

Elasticidades y factores de Generación de los modelos multinivel descontando los casos extremos

- 7.34 En la tabla a continuación se muestran las elasticidades y los factores de generación sin considerar los casos extremos explicados en el punto 3.27. En este caso la elasticidad de los vehículos livianos y buses es parecida -0,328 y -0,354 respectivamente y ambos valores son confiables al 95%. Mientras que en el caso de los vehículos pesados el valor de la elasticidad aumenta a -0,106 en relación al modelo con los casos extremos, con confiabilidad que sigue siendo bastante menor al 95%, estando cercano al 66%. Aun así es la mejor aproximación obtenida para los vehículos pesados y su tamaño es razonable en relación a las elasticidades entregadas para los otros tipos de vehículos.

TABLA 7.10 ELASTICIDADES Y FACTORES DE GENERACIÓN OBTENIDOS DE LOS MODELOS MIXTOS MULTINIVEL SIN CASOS EXTREMOS

Tipo de vehículos	Variable	Coef.	Err. Est.	z	P>z	[Intervalo	Conf. 95%]
Livianos	elasticidad	-0,328	0,096	-3,40	0,001	-0,519	-0,136
Buses	elasticidad	-0,354	0,139	-2,54	0,013	-0,631	-0,077
Pesados	elasticidad	-0,106	0,108	-0,98	0,329	-0,321	0,109
Livianos	factor de generación	0,111	0,033	3,40	0,001	0,046	0,176
Buses	factor de generación	0,095	0,037	2,54	0,013	0,020	0,169
Pesados	factor de generación	0,030	0,031	0,98	0,329	-0,031	0,0932

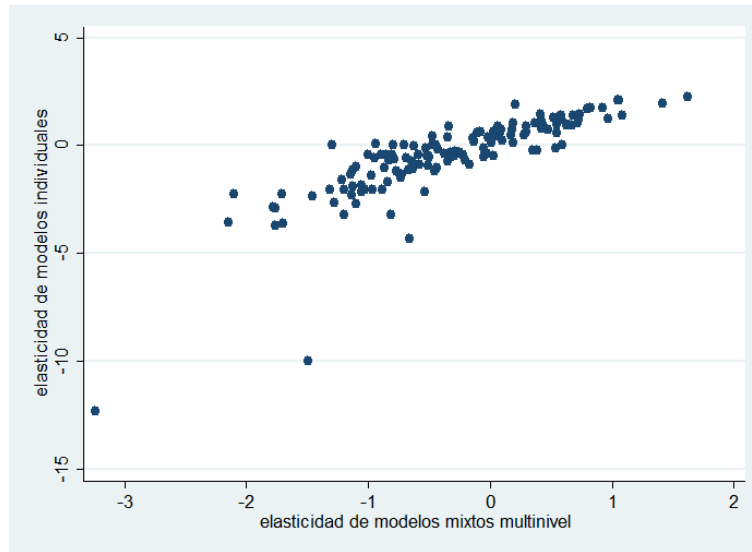
Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

- 7.35 Al igual que en las elasticidades y los factores de generación para los modelos individuales, no se observa un cambio sustancial en los resultados en el caso de los vehículos livianos. En el caso de los vehículos pesados el valor absoluto de las elasticidades disminuye, al igual que los factores de generación, pero el modelo no presenta estadísticos t significativos, aunque el valor es confiable al 65%, subiendo 10 puntos porcentuales en relación al caso considerando los extremos. Finalmente para el caso de los buses, eliminar los datos presenta elasticidades menores y parámetros significativos por lo que se recomienda utilizar estos valores.

Comparación de los resultados de los modelos individuales y los modelos mixtos multinivel

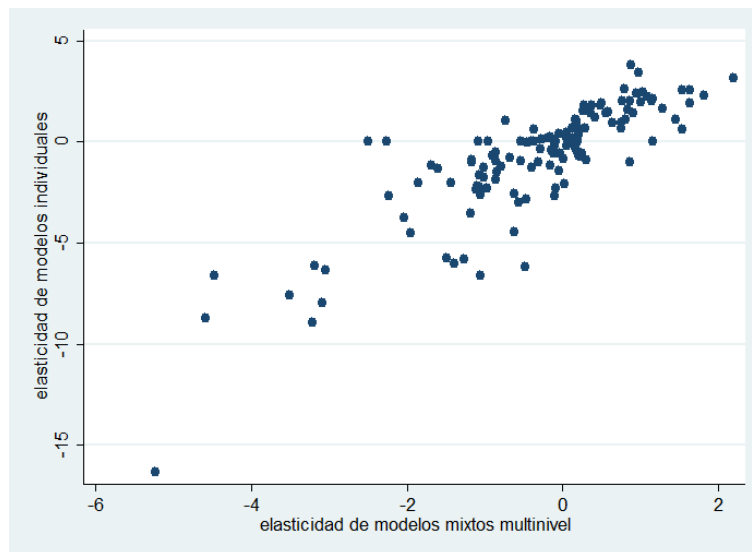
- 7.36 Es interesante comparar estas elasticidades con las obtenidas de los modelos individuales del Capítulo 3. Los siguientes tres gráficos permiten comparar las elasticidades resultantes de las dos metodologías para vehículos livianos, buses, y vehículos pesados, respectivamente.

FIGURA 7.6 COMPARACIÓN DE ELASTICIDADES, VEHICULOS LIVIANOS



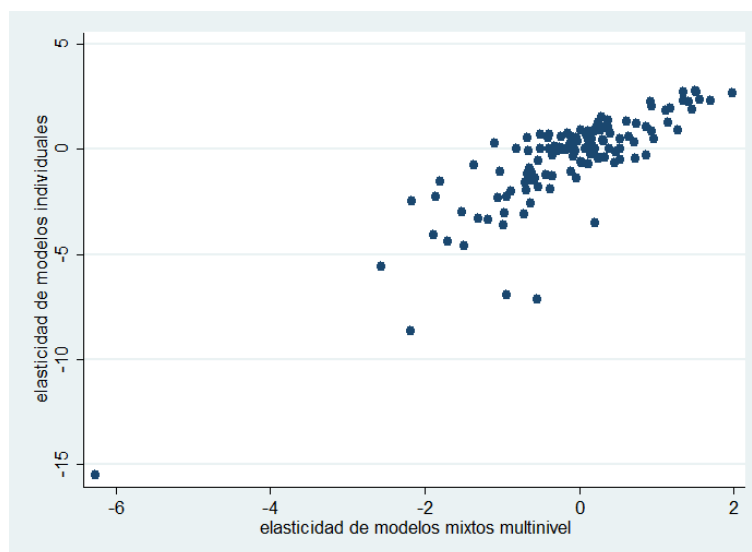
Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

FIGURA 7.7 COMPARACIÓN DE ELASTICIDADES, BUSES



Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

FIGURA 7.8 COMPARACIÓN DE ELASTICIDADES, VEHÍCULOS PESADOS



Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

- 7.37 Se observa que mientras mayores son los flujos (como es el caso de los vehículos livianos), menos es la dispersión y menos extremos son los resultados.
- 7.38 Se observa también que las elasticidades producidas por los modelos mixtos multinivel, si bien están altamente correlacionadas con las elasticidades producidas por los modelos individuales, presentan una variación mucho más moderada y un rango más estrecho de valores. Para los vehículos livianos el rango se mueve entre -4 y 4 en el modelo individual mientras que en el mixto multinivel se mueve entre -2 y 2.
- 7.39 Es probable que este efecto se deba a las pequeñas cantidades de observaciones ocupadas en cada modelo individual, que varían entre 7 y 15, y el hecho que cada modelo individual se estima de manera completamente independiente de los otros modelos. En cambio, en los modelos mixtos multinivel, las distribuciones estimadas a partir de todos los datos condicionan los resultados estimados para casos particulares, que resulta en más consistencia entre ellos.

8 Implementación

Recomendaciones

- 8.1 En general, se recomienda el uso de las elasticidades y no los factores de generación para la evaluación de proyectos nuevos. En estos casos, la mayor parte de las veces se contará con datos de costos generalizados por tipo de vehículo antes y después del proyecto. Si esto fuese diferente, el uso de los factores de generación representa una buena solución para avanzar con una evaluación de proyectos.
- 8.2 Se recomiendan las elasticidades producidas por los modelos mixtos multinivel, ya que estas demuestran rangos de valores más acotados que los modelos individuales, y los resultados son directamente compatibles con las pruebas de hipótesis reportadas. Además se recomienda utilizar los resultados del modelo sin los casos de flujo extremo, ya que se obtiene un valor de elasticidad de los buses más cercano y menor a los vehículos livianos.
- 8.3 A continuación se muestran los resultados de los modelos utilizados finalmente en el cálculo de elasticidades. Los modelos escogidos se obtienen como resultado de correr el programa trangen030308.do, las salidas del programa se encuentran en el archivo trangen30308.txt.
- 8.4 Las regresiones modeladas finalmente escogidas corresponde a los modelos mixtos multinivel que tienen la siguiente forma funcional:

$$\ln(F_t) = \ln(F_0) + t * \ln(a) + \delta_G * \ln(b) \quad (13)$$
- 8.5 Donde las variables de los test de hipótesis pueden modificar la ecuación en tres niveles distintos
 - Modificando la ecuación a nivel de la constante $\ln(F_0)$
 - Modificando la ecuación a nivel del crecimiento vegetativo dado por $t * \ln(a)$
 - Modificando la ecuación a nivel del tránsito generado $\delta_G * \ln(b)$
- 8.6 A continuación se muestran los resultados del modelo señalando el nivel donde son ingresadas las variables utilizadas en las pruebas de hipótesis y el modelo preferido para cada tipo de vehículo

TABLA 8.1 MODELOS MIXTOS MULTINIVEL SIN EXTREMOS POR TIPO DE VEHÍCULOS PARAMETROS FIJOS

Descripción	Parámetros fijos	Vehículos livianos	Buses	Vehículos pesados	Término en Formula 5
		m03030801	m03030802	m03030803	
		b/t	b/t	b/t	
Constante	_cons	5.50251	1.71218	3.92703	$\ln(F_0)$
		-28.61	-5.52	-18.64	
Zona Austral	Austral	-1.00987			Modifica $\ln(F_0)$
		-3.65			
Zonas Central, Sur	zonacs		0.83221		Modifica $\ln(F_0)$
			-4.27		
Zonas Norte Chico, Central, Sur	zonanccs			0.72662	Modifica $\ln(F_0)$
				-3.95	
Extensión proyecto 10km+	long10mas	-0.45588	-0.54163	-0.39078	Modifica $\ln(F_0)$
		-2.59	-2.7	-2.18	
PIB per cápita, quintil 2 ó 3	piGPCq23	0.12939	0.23474		Modifica $\ln(F_0)$
		-2.63	-3.99		
PIB per cápita, quintil 4 ó 5	piGPCq45	0.31764	0.47142		Modifica $\ln(F_0)$
		-3.83	-4.66		
PIB per cápita, quintiles 2, 3, 4 ó 5	piGPCq2345			0.08222	Modifica $\ln(F_0)$
				-1.27	
Años desde 1994	desde1994	0.03532	0.02032	0.05398	$\ln(a)$
		-4.62	-2.25	-6.9	
Zona Sur x Años desde 1994	zonasurxd1994			-0.019	Modifica $\ln(a)$
				-1.86	
Efecto de tránsito generado	aux_	0.09336	0.14987	-0.0164	$\ln(b)$
		-1.7	-2.08	-0.23	
Índice Ciclo Económico	Index_	0.22406	0.93542		Modifica $\ln(F_0)$
		-2.43	-4.19		
Índice Turismo	tur	0.23067	0.50188		Modifica $\ln(F_0)$
		-0.95	-1.77		

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

- 8.7 Para el cálculo de las elasticidades finales se deben estimar los parámetros aleatorios como se explica en el párrafo 7.31, los que se muestran en la tabla a continuación.

TABLA 8.2 MODELOS MIXTOS MULTINIVEL SIN EXTREMOS POR TIPO DE VEHÍCULOS PARAMETROS ALEATORIOS

	Parámetros aleatorios	Vehículos livianos	Buses	Vehículos pesados	Nivel de Modificación en ecuación (5)
El código BIP identifica el proyecto	codigo_bip:				
Desviación estándar de parámetro	des.est.(desde1994)	0,0347044	0,0507319	0,0456725	Modifica ln(a) a nivel de proyecto
Desviación estándar de parámetro	des.est.(aux_)	0,294988	0,4002768	0,3447871	Modifica ln(b) a nivel de proyecto
Desviación estándar de parámetro	des.est.(cons)	0,5921958	0,7658948	0,5793438	Modifica ln(F ₀) a nivel de proyecto
Corelación de parámetros	corel.(desde1994,aux_)	-0,4243541	-0,8183828	-0,3945264	
Corelación de parámetros	corel.(desde1994,cons)	0,00873	-0,0557124	-0,3231901	
Corelación de parámetros	corel.(aux_,cons)	-0,0494265	-0,2378967	-0,206862	
medición, pueden haber varios por proyecto	idpunto:				
Desviación estándar de parámetro	des.est.(aux_)	0,1278422	0,1484735	0,2320658	Modifica ln(b) a nivel de punto de medición
Desviación estándar de parámetro	des.est.(cons)	0,4561638	0,4291125	0,4321966	Modifica ln(F ₀) a nivel de punto de medición
Corelación de parámetros	corel.(aux_,cons)	0,0771828	0,5837283	0,5785152	
Error aleatorio, normal	des.est.(Residual)	0,3095328	0,3598699	0,409511	

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

- 8.8 Con los resultados anteriores se obtiene el valor de las elasticidades a nivel general por tipo de vehículo. En la tabla a continuación se muestra el valor más probable, el máximo y el mínimo de los intervalos de confianza al 95%.
- 8.9 Se recomiendan valores centrales de las elasticidades, y se restringe en cero como valor máximo, ya que no tiene sentido proyectar que la pavimentación de un camino resulte en menos tránsito. Los rangos permiten que las evaluaciones reconozcan que algunos proyectos futuros tendrán más (o menos) potencial de generación de tránsito que el promedio.

TABLA 8.3 ELASTICIDADES Y FACTORES DE GENERACIÓN RECOMENDADOS POR TIPO DE VEHICULO

Tipo de vehículo	Valor más probable	Mínimo	Máximo
Elasticidad Vehículos livianos	-0,328	-0,519	-0,136
Elasticidad Buses	-0,354	-0,631	-0,076
Elasticidad Vehículos pesados	-0,106	-0,321	0,000
Factor Vehículos livianos	0,111	0,046	0,176
Factor Buses	0,095	0,020	0,169
Factor Vehículos pesados	0,030	0,000	0,093

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

- 8.10 En el caso de los vehículos pesados el resultado no es significativo al 95%, sólo es distinto a cero al 65% de confianza Si bien la elasticidad promedio encontrada es baja y en términos estadísticos es débil, representa la mejor aproximación que se pudo obtener y su magnitud es razonable en relación a los resultados obtenidos para los otros tipos de vehículo.
- 8.11 Comparado con los valores de elasticidades encontrados en la revisión de la literatura⁵, estos valores parecen bajos. Sin embargo, no son directamente comparables, ya que estas elasticidades se aplican directamente al cambio porcentual del costo generalizado por transitar el tramo pavimentado. En cambio, las elasticidades citadas en la revisión de literatura se aplican al cambio porcentual en los costos generalizados de los viajes completos de origen a destino. Entonces, tiene sentido que las elasticidades estimadas aquí sean más bajas. Por otro lado, hay consistencia con los hallazgos de la revisión de la literatura respecto a la poca elasticidad del tránsito de vehículos pesados a reducciones en el costo generalizado de los viajes.

Diseño de un sistema de cálculo del tránsito generado

- 8.12 Para el diseño del sistema de cálculo se utiliza la información del proyecto 20154766-10 de la región de la Araucanía, proyectado para el inicio del año 2010.
- 8.13 Los datos del proyecto se resumen en la tabla a continuación.

TABLA 8.4 RESUMEN DE LOS DATOS DEL PROYECTO

Código BIP	221576610
Ruta	199-Ch
Región	IX Región
Punto Censal Asociado	PNC-083-Movimiento 02-1

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

- 8.14 Además utilizando la ficha del proyecto se tiene información en relación al TMDA del año de inicio del proyecto y la tasa de crecimiento por tipo de vehículo.

TABLA 8.5 RESUMEN TMDA BASE DEL PROYECTO

Tipo Vehículo	TMDA 2009	Tasa de Crecimiento
Vehículos Livianos	877	3,01%
Vehículos Pesados	73	2,96%

⁵ “la elasticidad de demanda de pasajeros es normalmente un poco mayor que -1.0, en cambio la elasticidad de tráfico de carga es generalmente mucho menor, dependiendo de la proporción de los costos de transporte en el precio del producto transportado”

Buses

132

4,10%

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

- 8.15 La información de costos requerida por el modelo de elasticidades es incorporada con los datos de las diferencias de costos sociales obtenidas a partir de las simulaciones del HDM-III. En este caso se obtienen a partir de los resultados de las simulaciones de los programas entregados en la carpeta física.

TABLA 8.6 RESUMEN DE COSTOS DEL PROYECTO

Código BIP	Tramo	% Cambio Costo Total Vehículos Livianos	% Cambio Costo Total Vehículos Pesados	% Cambio Costo Total Buses
2015476-10	2	-19%	-28%	-14%

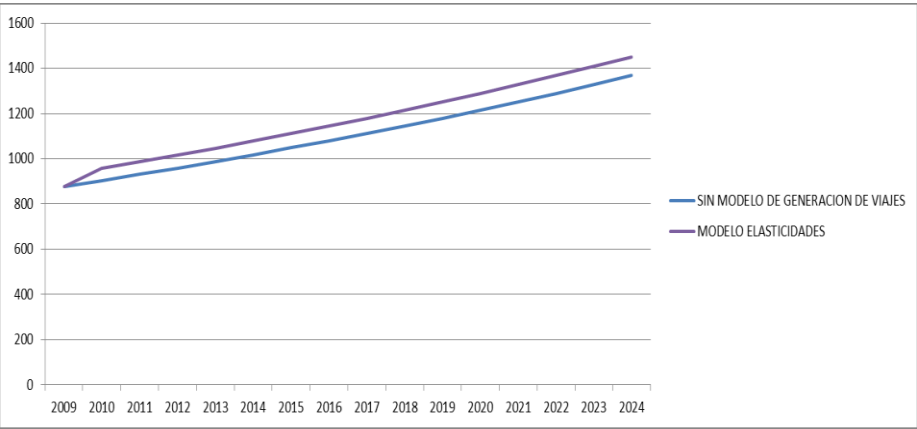
Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

- 8.16 Finalmente los valores de elasticidades se obtienen a partir del modelo econométrico explicado anteriormente en la Tabla 6.1.

Resultados de Tránsito Generado

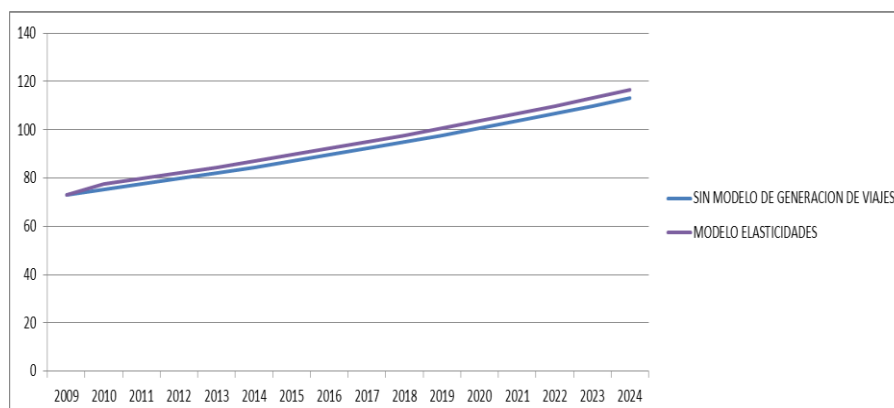
- 8.17 En los siguientes gráficos se señalan los resultados obtenidos al calcular el tránsito generado.

FIGURA 8.1 RESULTADOS PARA VEHÍCULOS LIVIANOS



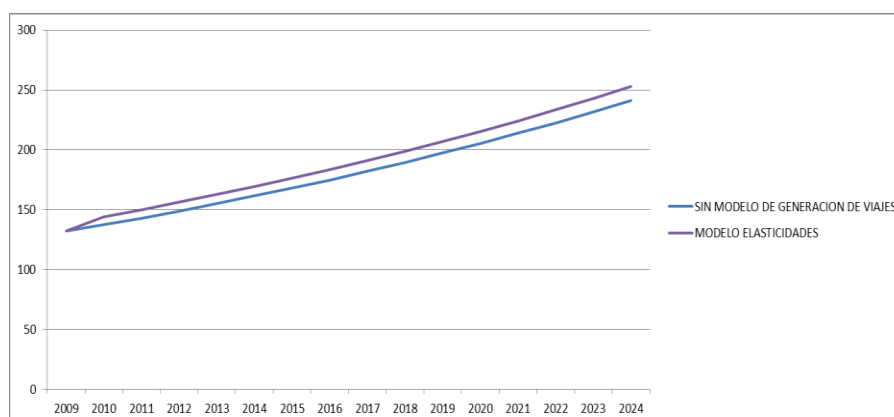
Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

FIGURA 8.2 RESULTADOS PARA VEHÍCULOS PESADOS



Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

FIGURA 8.3 RESULTADOS PARA BUSES



Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

- 8.18 Al analizar los gráficos anteriores se observa que el efecto de considerar el tránsito generado provoca un aumento de aproximadamente un 6,7% en los flujos en el caso de los vehículos livianos, en los vehículos pesados se observa un efecto del 3,1% por el tránsito generado, debido a que los valores obtenidos no son significativos, mientras que en el caso de los buses el aumento del flujo es en torno al 4,9%.

Planilla de Cálculo

- 8.19 La planilla de cálculo se llama “Aplicación Modelo v1 17.xlsx” y se entrega junto con este informe, en el disco de datos. La tabla de contenidos en la misma planilla describe los contenidos de cada hoja. No se requiere ningún complemento para ocupar la planilla.

FIGURA 8.4 CONTENIDOS DE LA PLANILLA DE CÁLCULO

Contenidos		
Sheet number	Sheet	Description
1	Portada	
2	Contenidos	
3	Info	Registro de versiones del documento.
4	Código de colores	
5	Datos	
6	Info Proyecto	Información del proyecto y supuestos base del proyecto.
7	Puntos Censales	Datos de flujo vehicular de puntos censales relevantes, Resumen anual de los flujos vehiculares, y tasas de crecimiento anual.
8	Información de costos	Costos sociales obtenidos a partir del HDM 3, y diferencias relativas de los costos sociales.
9	Modelo	
10	Parámetros de tránsito generado	Aquí se especifican los valores de elasticidad a usar.
11	Resultados	
12	Estimaciones de Flujo	Resultados del modelo: proyecciones de tránsito por tipo de vehículo.
13	Gráficos	Gráficos de los resultados.

Posibles adaptaciones de la metodología de elasticidades a otro tipo de proyectos de transporte

- 8.20 Los resultados obtenidos al aplicar el método de las elasticidades a proyectos viales tienden a indicar que probablemente este método sería poco aplicable al caso de proyectos portuarios y aeroportuarios, por múltiples razones.
- 8.21 Ello se debe a que en el caso de puertos y aeropuertos, el costo para el usuario de utilizar estas infraestructuras es generalmente una fracción pequeña del costo total de viaje entre origen y destino. Esto significa que una reducción dada en el costo aeroportuario o portuario puede ser poco significativa y tener un impacto muy bajo sobre el costo total de viaje. Ello, sumado a las limitaciones derivadas de la calidad y cantidad de la información, y a la alta varianza de variables claves como las tarifas de transporte aéreo, hacen que la posibilidad de aplicar en estos casos un método simplificado son más bien remotas.
- 8.22 Más aún, los proyectos portuarios y aeroportuarios tienen una localización muy específica, que los hace proyectos cuasi únicos, por lo cual los resultados obtenidos de la modelación de uno de estos proyectos difícilmente podrían ser transferidos a otro.
- 8.23 En consecuencia, para el caso de proyectos grandes portuarios y aeroportuarios, la recomendación del consultor es desarrollar modelos de demanda de transporte ad-hoc, por ejemplo modelos de 4 o 5 etapas, en los cuales la generación de viajes adicionales puede ser - o no ser - un resultado. Esta opción es además sustentada por el hecho de que el monto de inversión asociado a cada proyecto es relativamente alto, por lo cual son capaces de soportar el costo de un estudio de demanda más completo.

9 Sistema de Seguimiento - Actualización

- 9.1 En este capítulo se presenta una metodología de actualización de las elasticidades y de los factores de generación.
- 9.2 En la primera parte del capítulo se revisa la variación temporal de las variables estudiadas, con el fin de entender el crecimiento observado durante el horizonte de estudio
- 9.3 Después se presenta un sistema de actualización de la metodología utilizada en este estudio, la cual considera la variación de las variables durante el horizonte y los periodos de actualización de los datos de entrada.
- 9.4 Finalmente en la última parte de este capítulo muestra una guía rápida de uso de la planilla de actualización desarrollada en Excel “Actualización_Modelo_STATA.xlsx”, con el fin de que se pueda actualizar la base de datos utilizada en el estudio

Variación temporal de las variables estudiadas

- 9.5 Las variable principales en el modelo son:
- Flujos vehiculares
 - Costos de operación y tiempo de viaje
- 9.6 Los flujos vehiculares en general tienden a aumentar durante el horizonte considerado. Al analizar la tabla a continuación se observa que la tasa compuesta de crecimiento durante el periodo 1994 y 2012 es positiva para todas las regiones y va entre 1,0% y el 12,4%.

TABLA 9.1 TASAS DE CRECIMIENTO COMPUESTA POR REGIÓN

Región	Promedio Vehículos Liviano	Promedio Vehículo Pesados	Promedio Buses
I	5,4%	6,6%	8,1%
II	6,6%	9,7%	8,8%
III	5,8%	4,6%	4,1%
IV	4,8%	1,0%	2,4%
V	7,2%	9,6%	7,2%
VI	9,4%	10,7%	6,8%
VII	7,9%	3,5%	6,8%
VIII	4,1%	3,8%	5,4%
IX	6,3%	4,7%	4,3%
X	8,1%	5,5%	9,6%

Región	Promedio Vehículos Livianos	Promedio Vehículo Pesados	Promedio Buses
XI	9,1%	3,7%	9,0%
XII	6,5%	8,8%	4,9%
RM	8,6%	5,1%	6,9%

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

- 9.7 El análisis por tipo de vehículo muestra que el promedio de las tasas compuestas para vehículos livianos y buses es muy similar en torno al 7,4%, mientras que en los vehículos pesados es menor, cerca del 5,8%. La desviación estándar mayor se observa en los vehículos pesados con 5%, mientras que en el caso de los buses alcanza el 4,5% y en los vehículos livianos la desviación estándar llega a 3,7%.
- 9.8 De lo anterior se puede concluir que en general la tasa de crecimiento es positiva durante el periodo, lo que concuerda con la tendencia histórica del flujo vehicular.
- 9.9 En relación a los costos operacionales y de tiempo de viaje, es esperable que éstos no presenten variaciones importantes en el tiempo, más aún cuando se trabaja con diferencias relativas de costos unitarios expresados en UF como se hace en este estudio.

Metodología de actualización

- 9.10 Se definieron tres posibles tipos de actualización.
- Actualización Tipo 1: Agregar años a los proyectos existentes
 - Actualización Tipo2: Agregar Nuevos proyectos
 - Actualización Tipo 3: Revisión comprensiva del análisis.

Actualización Tipo 1

- 9.11 Es importante agregar las nuevas observaciones de los proyectos existentes, esto aumentará el número de observaciones por proyecto y entrega estimaciones más confiables. El PNC, se actualiza cada dos años lo que determina la frecuencia de este tipo de actualización.
- 9.12 Si en el futuro se decide cambiar los datos del PNC por otro tipo de mediciones, se debería realizar una actualización tipo 3.

Actualización Tipo 2

- 9.13 En la actualización tipo 2 se considera la inclusión de nuevos proyectos de pavimentación, que aparezcan en el futuro.
- 9.14 El periodo recomendado para la ejecución de actualizaciones tipo 2 es de 6 años. Esta periodicidad contempla que deben haber varias observaciones de cada proyecto después de la pavimentación, y el PNC agrega datos nuevos solamente cada dos años.

Actualización Tipo 3

- 9.15 Las actualizaciones tipo 3 consideran una revisión comprensiva del análisis y contemplan posibles cambios a la metodología, de ser convenientes.
- 9.16 Es importante revisar si la metodología continúa siendo aplicable al caso de Chile, dada la información disponible en ese momento.
- 9.17 Las tareas principales de revisión comprensiva serían:
- Revisión de la literatura para considerar nueva evidencia internacional que haya materializado
 - Revisión de las formas funcionales del cálculo de los modelos.
 - Revisión del cálculo de los costos operacionales y tiempos de viaje.
 - Pruebas de hipótesis incluyendo nuevas variables de las cuales se disponga información.
- 9.18 Se recomienda que este tipo de actualización se realice cada 12 años. En este periodo es probable que hayan materializado nuevos avances relevantes y cambios en los caminos y el tráfico que ameriten una revisión comprensiva de este tipo.
- 9.19 Como la metodología de este estudio no ha sido probada antes en los proceso de evaluación de proyectos, se recomienda que la primera revisión total del procedimiento sea efectuada en 6 años más junto con la inclusión de nuevos proyectos.

Plan de actualizaciones

- 9.20 A continuación se presenta la planificación de actualizaciones recomendada por el consultor hasta el año 2031.

TABLA 9.2 PLANIFICACIÓN DE ACTUALIZACIONES

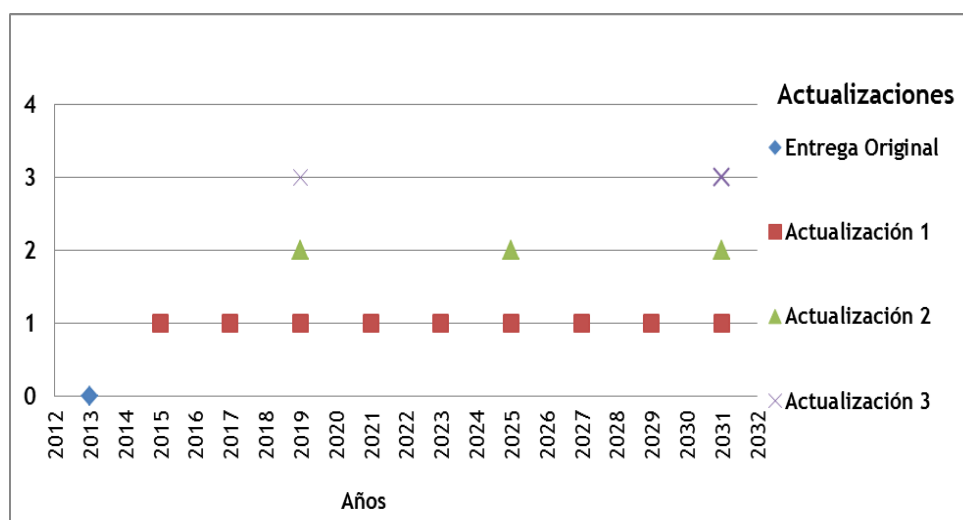
Año	Entrega Original	Actualización 1	Actualización 2	Actualización 3
2013	x			
2014				
2015		x		
2016				
2017		x		
2018				
2019		x	x	x
2020				
2021		x		
2022				
2023		x		

Estimación de Parámetros de Tránsito Generado en Proyectos de Vialidad Interurbana

Año	Entrega Original	Actualización 1	Actualización 2	Actualización 3
2024				
2025		x	x	
2026				
2027		x		
2028				
2029		x		
2030				
2031		x	x	x

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave.

TABLA 9.3 PLANIFICACIÓN DE ACTUALIZACIONES



Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

- 9.21 Se recomienda que la actualización tipo 3 considere un nuevo estudio en el cual se tome este estudio como base, y que considere una revisión completa de los resultados entregados.

Planilla de actualización tipo 1 y 2

- 9.22 A continuación se presenta un breve manual de la planilla “Actualización_Modelo_STATA.xlsx”, la cual está adjunta en los anexos digitales del presente informe.
- 9.23 La planilla permite realizar actualizaciones de tipo 1 y tipo 2, y si bien posee algunas características automáticas programadas en Excel VBA, requiere que la persona que opere el programa tenga conocimientos relevantes en el manejo de Excel y realice tareas manuales como bajar archivos de datos.
- 9.24 La planilla se divide en tres fases

- Ingresos de Datos
- Base de datos
- Tablas Auxiliares

9.25 En la fase de ingresos de datos hay cuatro hojas las cuales tienen información relacionada con la actualización que se desea implementar, estas se describen a continuación:

- Bitácora de Actualización: Esta hoja permite hacer un seguimiento de las actualizaciones hechas.
- Limpia Bases: Esta hoja se utiliza para actualizar la base de datos actual del modelo, y esta se obtiene a partir de los datos de STATA.
- Actualización Tipo 2: esta hoja se utiliza para ingresar los datos de la actualización tipo 2, y actualizar la base de datos con los nuevos registros.
- Actualización Tipo 1: esta hoja se utiliza para ingresar los datos de la actualización tipo 1, y actualizar la base de datos con los nuevos registros.

9.26 En la fase de base de datos hay dos hojas con la base de datos actual obtenida desde el modelo en STATA y la base de datos nueva, que es la base actual más

9.27 Finalmente en la fase de tablas auxiliares, están las hojas que se utilizan para traspasar los datos desde el formato de entrada, al formato requerido por STATA.

Guía para realizar Actualizaciones

9.28 El primer paso para realizar una actualización es trabajar con la última base de datos STATA disponible, que en la simulación de ejemplo corresponde a “trangen01_b.dta”.

9.29 Se debe copiar desde el STATA la base de datos y pegarla en la hoja de la Base Actual. Esto debe hacerse siempre que se desee realizar una actualización, sin importar si es tipo 1 o tipo 2.

TABLA 9.4 DESCRIPCIÓN DE VARIABLES PLANILLA STATA

ITEM	Descripción	Fuente de información	Tipo
indicador	Índice único que contiene información del Punto del PNC, movimiento, Región, año	Construcción SDG	texto
t	indicador de temporalidad siendo 1 el año 1994	Construcción SDG	texto
te	indicador de temporalidad siendo 0 el año de inicio del proyecto	Construcción SDG	texto
mov	Punto del PNC y movimiento	Construcción SDG en base a la información del PNC	texto
id_pto	Índice único que contiene información del Punto del PNC, movimiento, Región	Construcción SDG en base a la información del PNC	texto
ao	año	PNC	texto

Estimación de Parámetros de Tránsito Generado en Proyectos de Vialidad Interurbana

ITEM	Descripción	Fuente de información	Tipo
region	región	PNC	texto
vl_e	Vehículos Livianos (suma de autos y camionetas) por cada temporada (invierno, primavera o verano)	Construcción SDG en base a la información del PNC	entero
vp_e	Vehículos pesados (suma de Camiones de 2 ejes, Camiones + de 2 ejes, Semi Remolque , Remolque) por cada temporada (invierno, primavera o verano)	Construcción SDG en base a la información del PNC	entero
b_e	Buses Estación	Construcción SDG en base a la información del PNC	entero
codigo_bip	Código BIP asociado al proyecto	BIP	entero
distancia_m	Longitud del tramo a pavimentar	BIP	real
dr_costos_op_vl	Diferencia en los costos de operación en vehículos livianos	Construcción SDG en base a la información de costos y procesamiento HDMIII	real
dr_costos_op_vp	Diferencia en los costos de operación en vehículos pesados	Construcción SDG en base a la información de costos y procesamiento HDMIII	real
dr_costos_op_b	Diferencia en los costos de operación en buses	Construcción SDG en base a la información de costos y procesamiento HDMIII	real
dr_tvajaje_vl	Diferencia en los costos de tiempo de viaje en vehículos livianos	Construcción SDG en base a la información de costos y procesamiento HDMIII	real
dr_tvajaje_vp	Diferencia en los costos de tiempo de viaje en vehículos pesados	Construcción SDG en base a la información de costos y procesamiento HDMIII	real
dr_tvajaje_b	Diferencia en los costos de tiempo de viaje en buses	Construcción SDG en base a la información de costos y procesamiento HDMIII	real
dr_costo	Diferencia en los costos de operación	Construcción SDG en base a la información de costos y procesamiento HDMII	real
dr_tiempo	Diferencia en los costos de tiempo de viaje	Construcción SDG en base a la información de costos y procesamiento HDMII	real
dr_ctotal_vl	Diferencia en los costos total en vehículos livianos	Construcción SDG en base a la información de costos y procesamiento HDMIII	real
dr_ctotal_vp	Diferencia en los costos total en vehículos pesados	Construcción SDG en base a la información de costos y procesamiento HDMIII	real
dr_ctotal_b	Diferencia en los costos total en buses	Construcción SDG en base a la información de costos y procesamiento HDMIII	real
dr_ctotal	Diferencia en los costos total	Construcción SDG en base a la información de costos y procesamiento HDMIII	real
dummyobraliv	Toma el valor de 0 antes de la construcción, 1 durante la construcción y 2 para después de	Construcción SDG	entero

Estimación de Parámetros de Tránsito Generado en Proyectos de Vialidad Interurbana

ITEM	Descripción	Fuente de información	Tipo
	la construcción para la información de flujos vehículos livianos.		
dummyobracam	Toma el valor de 0 antes de la construcción, 1 durante la construcción y 2 para después de la construcción para la información de flujos vehículos livianos.	Construcción SDG	entero
dummyobrabus	Toma el valor de 0 antes de la construcción, 1 durante la construcción y 2 para después de la construcción para la información de flujos vehículos livianos.	Construcción SDG	entero
aux_vl	Toma el valor 0 antes y durante la construcción y 1 después de la construcción para la información de vehículos livianos	Construcción SDG	entero
aux_vp	Toma el valor 0 antes y durante la construcción y 1 después de la construcción para la información de vehículos livianos	Construcción SDG	entero
aux_vb	Toma el valor 0 antes y durante la construcción y 1 después de la construcción para la información de vehículos livianos	Construcción SDG	entero
aux_tot	Toma el valor 0 antes y durante la construcción y 1 después de la construcción para la información de todos los tipos de vehículos.	Construcción SDG	entero
ln_vl	logaritmo natural de los flujos de vehículos livianos	Construcción SDG	entero
ln_vp	logaritmo natural de los flujos de vehículos pesados	Construcción SDG	entero
ln_b	logaritmo natural de los flujos de buses	Construcción SDG	entero
codigo_puntos	Es la unión entre Código BIP e ID_punto	BIP y PNC	texto

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

Actualización Tipo 1

- 9.30 El primer paso es ir a la hoja  y actualizar la tabla dinámica con el fin de que tenga los datos de la base de STATA actualizada. (Para actualizar la tabla dinámica, se debe seleccionar una celda de la tabla, luego hacer clic derecho y presionar actualizar).
- 9.31 Es importante que la tabla dinámica contenga los datos del último año del cual se disponga información dentro de la base de datos. Para seleccionar el año se debe cambiar el filtro del informe (Ir a celda C10) de la hoja  y seleccionar el último año con información disponible (ver figura 9.1).

FIGURA 9.1 CONTENIDOS DE LA PLANILLA DE CÁLCULO

Owner	FJP
Project	225295 - Tránsito Generado
Version	1
Sheet	AUXILIAR

DATOS			
ao	2010	INGRESAR DATOS ÚLTIMO AÑO DE LA BASE ACTUAL	

Indicador	regin	mov	id_pto	codigo_puntos	Valores
002-01-XII-2010	XII	002-01	002-01	20071331_002-01-XII	20071331
002-04-XV-2010	I	002-04	002-04	20144274_002-04-I	20144274
004-01-XI-2010	XI	004-01	004-01	20099605_004-01-XI	20099605
004-03-XV-2010	I	004-03	004-03	20144278_004-03-I	20144278
007-01-RM-2010	RM	007-01	007-01	20007697_007-01-RM	20007697
007-02-RM-2010	RM	007-02	007-02	20007697_007-02-RM	20007697
008-01-V-2010	V	008-01	008-01	20039985_008-01-V	20039985
008-02-V-2010	V	008-02	008-02	20039985_008-02-V	20039985
008-03-V-2010	V	008-03	008-03	20135752_008-03-V	20135752
010-01-XI-2010	XI	010-01	010-01	20101143_010-01-XI	20101143
010-03-XI-2010	XI	010-03	010-03	20101143_010-03-XI	20101143
011-01-VIII-2010	VIII	011-01	011-01	20051526_011-01-VIII	20051526
011-01-XI-2010	XI	011-01	011-01	20101143_011-01-XI	20101143
012-01-V-2010	V	012-01	012-01	20160823_012-01-V	20160823
012-02-V-2010	V	012-02	012-02	20160823_012-02-V	20160823
013-01-II-2010	II	013-01	013-01	20112108_013-01-II	20112108
013-02-II-2010	II	013-02	013-02	20112108_013-02-II	20112108
014-01-IV-2010	IV	014-01	014-01	20077189_014-01-IV	20077189
014-02-IV-2010	IV	014-02	014-02	20077189_014-02-IV	20077189
014-03-XII-2010	XII	014-03	014-03	20090336_014-03-XII	20090336
015-01-XII-2010	XII	015-01	015-01	20012131_015-01-XII	20012131

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

- 9.32 Después hay que abrir la hoja **ACTUALIZACIÓN TIPO 1** y completar la información del año del cual se va a ingresar flujo vehicular.
- 9.33 En esta misma hoja se debe ejecutar la macro de “Actualización de Puntos” (ver figura 9.2), la cual extrae de la base de datos todos los puntos que se les debe ingresar el flujo del año a actualizar.

FIGURA 9.2 UBICACIÓN DE MACRO VISUALIZACIÓN DE PUNTOS

DATOS ACTUALIZACIÓN					
INGRESAR DATOS DE FLUJO POR VEHICULOS					
ACTUALIZACION DE PUNTOS					
CODIGO DE PUNTO	REGION	PUNTO	Flujo Vehiculos Livianos	Flujo Vehiculo	Flujo Buses
002-04-I-2012	I	002-04	1000	100	50
004-03-I-2012	I	004-03	1000	100	50
016-01-I-2012	I	016-01	1000	100	50
017-01-I-2012	I	017-01	1000	100	50
017-02-I-2012	I	017-02	1000	100	50
013-01-II-2012	II	013-01	1000	100	50
013-02-II-2012	II	013-02	1000	100	50

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

- 9.34 La información de los puntos debe ser ingresada a partir de los datos obtenidos del PNC para cada uno de los códigos de punto censal considerados en la base de datos.

FIGURA 9.3 CONTENIDOS DE LA PLANILLA DE CÁLCULO

CODIGO DE PUNTO	REGION	PUNTO	Flujo Vehiculos Livianos	Flujo Vehiculo	Flujo Buses	Año
002-04-I-2012	I	002-04	1000	100	50	2012
004-03-I-2012	I	004-03	1000	100	50	2012
016-01-I-2012	I	016-01	1000	100	50	2012
017-01-I-2012	I	017-01	1000	100	50	2012
017-02-I-2012	I	017-02	1000	100	50	2012
013-01-II-2012	II	013-01	1000	100	50	2012
013-02-II-2012	II	013-02	1000	100	50	2012

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

- 9.35 Para cada punto censal los campos a ingresar son los siguientes:
- Flujo de Vehículos Livianos: Es el flujo promedio anual de vehículos livianos observado para el año de ingreso de la información
 - Flujo de Vehículos Pesados: Es el flujo promedio anual de vehículos pesados observado para el año de ingreso de la información
 - Flujo de Buses: Es el flujo promedio anual de buses observado para el año de ingreso de la información
- 9.36 La información del punto censal y región permite identificar los datos dentro la base del PNC.
- 9.37 Una vez ingresado los datos se debe ejecutar la macro “Copia Datos Base Nueva” (ver Figura 9.3), con el fin de traspasar los datos a la base de datos nueva.

FIGURA 9.4 UBICACIÓN DE MACRO COPIA DE BASE DE DATOS

Owner	FJP
Project	225295 - Tránsito Generado
Version	1
Sheet	ACTUALIZACION TIPO 1

AÑO ACTUALIZACIÓN	
2012	Ingresar año que se va actualizar
Puntos Consic	153

DATOS ACTUALIZACIÓN																																																																														
ACTUALIZACION DE PUNTOS	INGRESAR DATOS DE FLUJO POR VEHICULOS																																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>CODIGO DE PUNTO</th> <th>REGION</th> <th>PUNTO</th> <th>Flujo Vehiculos Livianos</th> <th>Flujo Vehiculo</th> <th>Flujo Buses</th> <th>Año</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>002-04-I-2012</td><td>I</td><td>002-04</td><td>1000</td><td>100</td><td>50</td><td>2012</td></tr> <tr><td>004-03-I-2012</td><td>I</td><td>004-03</td><td>1000</td><td>100</td><td>50</td><td>2012</td></tr> <tr><td>016-01-I-2012</td><td>I</td><td>016-01</td><td>1000</td><td>100</td><td>50</td><td>2012</td></tr> <tr><td>017-01-I-2012</td><td>I</td><td>017-01</td><td>1000</td><td>100</td><td>50</td><td>2012</td></tr> <tr><td>017-02-I-2012</td><td>I</td><td>017-02</td><td>1000</td><td>100</td><td>50</td><td>2012</td></tr> <tr><td>013-01-II-2012</td><td>II</td><td>013-01</td><td>1000</td><td>100</td><td>50</td><td>2012</td></tr> <tr><td>013-02-II-2012</td><td>II</td><td>013-02</td><td>1000</td><td>100</td><td>50</td><td>2012</td></tr> <tr><td>023-01-II-2012</td><td>II</td><td>023-01</td><td>1000</td><td>100</td><td>50</td><td>2012</td></tr> <tr><td>025-01-II-2012</td><td>II</td><td>025-01</td><td>1000</td><td>100</td><td>50</td><td>2012</td></tr> <tr><td>026-01-II-2012</td><td>II</td><td>026-01</td><td>1000</td><td>100</td><td>50</td><td>2012</td></tr> </tbody> </table>	CODIGO DE PUNTO	REGION	PUNTO	Flujo Vehiculos Livianos	Flujo Vehiculo	Flujo Buses	Año	002-04-I-2012	I	002-04	1000	100	50	2012	004-03-I-2012	I	004-03	1000	100	50	2012	016-01-I-2012	I	016-01	1000	100	50	2012	017-01-I-2012	I	017-01	1000	100	50	2012	017-02-I-2012	I	017-02	1000	100	50	2012	013-01-II-2012	II	013-01	1000	100	50	2012	013-02-II-2012	II	013-02	1000	100	50	2012	023-01-II-2012	II	023-01	1000	100	50	2012	025-01-II-2012	II	025-01	1000	100	50	2012	026-01-II-2012	II	026-01	1000	100	50	2012	Copia Datos Base Nueva
CODIGO DE PUNTO	REGION	PUNTO	Flujo Vehiculos Livianos	Flujo Vehiculo	Flujo Buses	Año																																																																								
002-04-I-2012	I	002-04	1000	100	50	2012																																																																								
004-03-I-2012	I	004-03	1000	100	50	2012																																																																								
016-01-I-2012	I	016-01	1000	100	50	2012																																																																								
017-01-I-2012	I	017-01	1000	100	50	2012																																																																								
017-02-I-2012	I	017-02	1000	100	50	2012																																																																								
013-01-II-2012	II	013-01	1000	100	50	2012																																																																								
013-02-II-2012	II	013-02	1000	100	50	2012																																																																								
023-01-II-2012	II	023-01	1000	100	50	2012																																																																								
025-01-II-2012	II	025-01	1000	100	50	2012																																																																								
026-01-II-2012	II	026-01	1000	100	50	2012																																																																								

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

- 9.38 Una vez actualizada la base nueva se debe traspasar a formato STATA, esto se puede hacer copiando directamente la base de datos nueva de Excel en la hoja **Base Nueva**, pegarla dentro del editor en STATA, y guardarla como la base de datos “trasgen01_b.dta”. Antes de esto se recomienda generar un respaldo de la base anterior “trasgen01_old_x.dta” donde “x” representa al número de la actualización dentro de la hoja **Bitácora de Actualización**. Otra forma de traspasar la base es utilizando un software especializado como STAT/TRANSFER, pero siempre se debe tener en consideración al traspasar los datos el mantener

Estimación de Parámetros de Tránsito Generado en Proyectos de Vialidad Interurbana

ordenada la bitácora de actualización. Otro punto importante es que al traspasar los datos desde Excel a STATA, se debe tener configurados ambos software para que tengan la misma definición de caracteres de decimal y millares.

Actualización Tipo 2

9.39 Para la actualización tipo 2, el primer paso es ingresar los datos del nuevo proyecto que se desea ingresar en la hoja **ACTUALIZACION TIPO 2**.

9.40 Los datos que se deben ingresar son:

- Código BIP: Código del proyecto a ingresar de la base integrada de proyectos.
- Punto del PNC: Punto del PNC asociado al proyecto, si existen más de dos puntos deben ingresarse ambos por separado.
- Región: Región del punto PNC asociado al proyecto.
- Año Inicio: Debiese considerarse el primer año de datos disponible.
- Año Fin: Debiese considerarse el último año de datos disponible en la base de datos del PNC.
- Año fin de construcción de obras civiles.
- Longitud Pavimentada del proyecto.

9.41 El siguiente paso es ingresar la información de costos. Si se dispone de información de costos debe ser ingresada, si se dispone de simulaciones del HDM III para el proyecto se recomienda utilizar los valores de costos ingresados en el modelo, en caso contrario, se utilizará la información de costos estimada a partir de la metodología utilizada en este estudio cuyos resultados están en la Tabla 3.9.

FIGURA 9.5 INGRESO DE COSTOS

INFORMACION DE COSTOS									
¿SE DISPONE DE INFORMACIÓN DE COSTO? SI									
Se utilizarán los datos promedios									
*Los costos ingresados deben ser unitarios (por vehículo y km) y en UF									
	Costo_op_VL	Costo_op_VP	Costo_op_B	Tvlaje_VL	Tvlaje_VP	Tvlaje_B			
Antes Proyecto	1,65	4,34	4,32	2,17	1,55	10,63			
Después Proyecto	2,34	6,41	5,73	2,35	1,78	11,63			
INFORMACION DE COSTOS PROMEDIO									
	dr_costos_op_vl	dr_costos_op_vp	dr_costos_op_b	dr_tvlaaje_vl	dr_tvlaaje_vp	dr_tvlaaje_b	dr_costo	dr_tiempo	dr_ctotal_vl
Diferencia Relativa de Costo	-0,35	-0,38	-0,29	-0,27	-0,27	-0,27	-0,34	-0,31	-0,34
									dr_ctotal_vp
									-0,29
									dr_ctotal_b
									-0,27
									dr_ctotal
									-0,30
INFORMACION DE COSTOS A INGRESAR EN EL MODELO									
	dr_costos_op_vl	dr_costos_op_vp	dr_costos_op_b	dr_tvlaaje_vl	dr_tvlaaje_vp	dr_tvlaaje_b	dr_costo	dr_tiempo	dr_ctotal_vl
Diferencia Relativa de Costo	-0,35	-0,38	-0,29	-0,27	-0,27	-0,27	-0,34	-0,31	-0,34
									dr_ctotal_vp
									-0,29
									dr_ctotal_b
									-0,27
									dr_ctotal
									-0,30

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

9.42 La información de costos que deberá ser ingresada en el modelo es (Ver Figura 9.4) :

- Costo operacional por tipo de vehículo para la situación con y sin proyecto

Estimación de Parámetros de Tránsito Generado en Proyectos de Vialidad Interurbana

Costo en tiempo de viaje por tipo de vehículo para la situación con y sin proyecto

9.43 Si no se dispone de información de costos el programa tomará los valores obtenidos en la tabla 3.9.

9.44 Luego se debe ingresar los datos provenientes del PNC de los años de los cuales se tenga información del punto (Ver Figura 9.5)

FIGURA 9.6 INGRESO DE INFORMACIÓN DE FLUJO

DATOS DE FLUJO																			
INGRESOS DE FLUJOS		I	S	AÑO	CHECK	ESTACION DE CONTROL	NOMBRE DEL CAMINO	ROL	PUNTO PARALELO #	MUESTRA	AUTOS STATION	CARRERA DE 2 EJES	CARRERA DE 2 EJES	CARRERA DE 2 EJES	SEMI CARRERA DE 2 EJES	RECURSOS	BUSES / PASAJEROS	TOTAL 24 HORAS	
REGION PERIODOS																			
COPIA DATOS BASE NUEVA																			
1994						1	01-006-01-1	CAMINO LONGITUDIN		01-006-01-1	V	774	107	50	52	100	62	143	1,368
1994						1	2 DEJA	ARICA	RUTA 5	01-006-01-2	I	191	55	47	40	105	58	114	610
1994						1	3 LUGAR	BIF CAMINA		01-006-01-3	P	259	129	69	70	233	68	143	977
1996						2	01-006-01-1	CAMINO LONGITUDIN		01-006-01-1	V	774	107	50	52	100	62	143	1,368
1996						2	2 DEJA	ARICA	RUTA 5	01-006-01-2	I	191	55	47	40	105	58	114	610
1996						2	3 LUGAR	BIF CAMINA		01-006-01-3	P	259	129	69	70	233	68	143	977
1998						3	01-006-01-1	CAMINO LONGITUDIN		01-006-01-1	V	774	107	50	52	100	62	143	1,368
1998						3	2 DEJA	ARICA	RUTA 5	01-006-01-2	I	191	47	40	105	58	114	610	
1998						3	3 LUGAR	BIF CAMINA		01-006-01-3	P	259	129	69	70	233	68	143	977
2000						4	01-006-01-1	CAMINO LONGITUDIN		01-006-01-1	V	774	107	50	52	100	62	143	1,368
2000						4	2 DEJA	ARICA	RUTA 5	01-006-01-2	I	191	55	47	40	105	58	114	610
2000						4	3 LUGAR	BIF CAMINA		01-006-01-3	P	259	129	69	70	233	68	143	977
2002						5	01-006-01-1	CAMINO LONGITUDIN		01-006-01-1	V	774	107	50	52	100	62	143	1,368
2002						5	2 DEJA	ARICA	RUTA 5	01-006-01-2	I	191	55	47	40	105	58	114	610
2002						5	3 LUGAR	BIF CAMINA		01-006-01-3	P	259	129	69	70	233	68	143	977
2004						6	01-006-01-1	CAMINO LONGITUDIN		01-006-01-1	V	774	107	50	52	100	62	143	1,368
2004						6	2 DEJA	ARICA	RUTA 5	01-006-01-2	I	191	47	40	105	58	114	610	
2004						6	3 LUGAR	BIF CAMINA		01-006-01-3	P	259	129	69	70	233	68	143	977
2006						7	01-006-01-1	CAMINO LONGITUDIN		01-006-01-1	V	774	107	50	52	100	62	143	1,368
2006						7	2 DEJA	ARICA	RUTA 5	01-006-01-2	I	191	55	47	40	105	58	114	610
2006						7	3 LUGAR	BIF CAMINA		01-006-01-3	P	259	129	69	70	233	68	143	977
2008						8	01-006-01-1	CAMINO LONGITUDIN		01-006-01-1	V	774	107	50	52	100	62	143	1,368
2008						8	2 DEJA	ARICA	RUTA 5	01-006-01-2	I	191	55	47	40	105	58	114	610
2008						8	3 LUGAR	BIF CAMINA		01-006-01-3	P	259	129	69	70	233	68	143	977
2010						9	01-006-01-1	CAMINO LONGITUDIN		01-006-01-1	V	774	107	50	52	100	62	143	1,368
2010						9	2 DEJA	ARICA	RUTA 5	01-006-01-2	I	191	55	47	40	105	58	114	610
2010						9	3 LUGAR	BIF CAMINA		01-006-01-3	P	259	129	69	70	233	68	143	977

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

9.45 La información de flujos puede extraerse directamente del PNC, ya que el formato es el mismo al utilizado en esta base. Debe agregarse datos para todos los años disponibles, cuidando que se mantenga el formato de ingreso ya que el programa lo utiliza para el cálculo de flujo promedio anual.

FIGURA 9.7 ACTUALIZACIÓN DE BASE DE DATOS

DATOS DE FLUJO

INGRESOS DE FLUJOS
REGION
PERIODOS

I
9

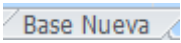
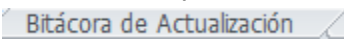
AÑO CHECK

COPIA DATOS BASE NUEVA

ESTACION DE CONTROL	NOMBRE DEL CAMINO	ROL	PUNTO PARALELO #	MUESTRA	AUTOS AUTOS	CARRIETA X	CARRIETA X	CARRIETA X	CARRIETA X	SEMI TRACTOR P	HENDIDO P	BUSES PASAJEROS	TOTAL 24 HORAS
						SIMPLES DE 2 EJES	SIMPLES DE 2 EJES	SIMPLES DE 2 EJES	SIMPLES DE 2 EJES				
1994	1 01-006-01-1 CAMINO LONGITUDIN		01-006-01-1	V	774	107	50	52	100	62	143	1,368	
1994	1 2 DEJA ARICA RUTA 5		01-006-01-2	I	191	55	47	40	105	58	114	610	
1994	1 3 LUGAR BIF CAMINA		01-006-01-3	P	259	129	69	70	233	68	149	977	
1996	2 01-006-01-1 CAMINO LONGITUDIN		01-006-01-1	V	774	107	50	52	100	62	143	1,368	
1996	2 2 DEJA ARICA RUTA 5		01-006-01-2	I	191	55	47	40	105	58	114	610	
1996	2 3 LUGAR BIF CAMINA		01-006-01-3	P	259	129	69	70	233	68	149	977	
1998	3 01-006-01-1 CAMINO LONGITUDIN		01-006-01-1	V	774	107	50	52	100	62	143	1,368	
1998	3 2 DEJA ARICA RUTA 5		01-006-01-2	I	191	55	47	40	105	58	114	610	
1998	3 3 LUGAR BIF CAMINA		01-006-01-3	P	259	129	69	70	233	68	149	977	
2000	4 01-006-01-1 CAMINO LONGITUDIN		01-006-01-1	V	774	107	50	52	100	62	143	1,368	
2000	4 2 DEJA ARICA RUTA 5		01-006-01-2	I	191	55	47	40	105	58	114	610	
2000	4 3 LUGAR BIF CAMINA		01-006-01-3	P	259	129	69	70	233	68	149	977	
2002	5 01-006-01-1 CAMINO LONGITUDIN		01-006-01-1	V	774	107	50	52	100	62	143	1,368	
2002	5 2 DEJA ARICA RUTA 5		01-006-01-2	I	191	55	47	40	105	58	114	610	
2002	5 3 LUGAR BIF CAMINA		01-006-01-3	P	259	129	69	70	233	68	149	977	
2004	6 01-006-01-1 CAMINO LONGITUDIN		01-006-01-1	V	774	107	50	52	100	62	143	1,368	
2004	6 2 DEJA ARICA RUTA 5		01-006-01-2	I	191	55	47	40	105	58	114	610	
2004	6 3 LUGAR BIF CAMINA		01-006-01-3	P	259	129	69	70	233	68	149	977	
2006	7 01-006-01-1 CAMINO LONGITUDIN		01-006-01-1	V	774	107	50	52	100	62	143	1,368	
2006	7 2 DEJA ARICA RUTA 5		01-006-01-2	I	191	55	47	40	105	58	114	610	
2006	7 3 LUGAR BIF CAMINA		01-006-01-3	P	259	129	69	70	233	68	149	977	
2008	8 01-006-01-1 CAMINO LONGITUDIN		01-006-01-1	V	774	107	50	52	100	62	143	1,368	
2008	8 2 DEJA ARICA RUTA 5		01-006-01-2	I	191	55	47	40	105	58	114	610	
2008	8 3 LUGAR BIF CAMINA		01-006-01-3	P	259	129	69	70	233	68	149	977	
2010	9 01-006-01-1 CAMINO LONGITUDIN		01-006-01-1	V	774	107	50	52	100	62	143	1,368	
2010	9 2 DEJA ARICA RUTA 5		01-006-01-2	I	191	55	47	40	105	58	114	610	
2010	9 3 LUGAR BIF CAMINA		01-006-01-3	P	259	129	69	70	233	68	149	977	

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

9.46 Una vez ingresado los datos de flujo se debe ejecutar la macro “Copia Datos Base Nueva” (Figura 9.5), para obtener la base final que debe exportarse a STATA.

- 9.47 Para traspasar a formato STATA se puede hacer copiando directamente la base de datos nueva de Excel en la hoja , pegarla dentro del editor en STATA, y guardarla como la base de datos “trasgen01_b.dta”, antes de esto se recomienda generar un respaldo de la base anterior “trasgen01_old_x.dta” dónde “x” representa al número de la actualización dentro de la hoja . Otra forma de traspasar la base es utilizando un software especializado como STAT/TRANSFER, pero siempre se debe tener en consideración al traspasar los datos es mantener el ordenada la bitácora de actualización. Otro punto importante es que al traspasar los datos desde Excel a STATA, se debe tener configurado ambos software para que tengan la misma definición de caracteres de decimal y millares.
- 9.48 Es importante considerar la planilla como una guía para realizar las actualizaciones de tipo 1 y 2, pero esta puede ser mejorada dependiendo del formato de entrada de los datos de flujo.

10 Conclusiones y Recomendaciones

- 10.1 Este estudio representa un avance importante en el conocimiento y evaluación de los efectos de proyectos de pavimentación en la generación de tránsito. No se han encontrado otros estudios de este tipo y es un aporte a la evidencia internacional sobre el tema. Se consideraron todos los proyectos de pavimentación relevantes que tuvieran suficientes mediciones de flujo en el PNC del periodo 1994 - 2010. La base de datos utilizada en el análisis final incluye 90 proyectos de pavimentación de caminos.

Para llegar a los resultados se aplicaron dos tipos de estimación de modelo; Mínimos Cuadrados Ordinarios para cada uno de los proyectos seleccionados y Modelos Mixtos Multinivel para el conjunto de los proyectos seleccionados. Al comparar los resultados se recomienda las elasticidades producidas por los modelos mixtos multinivel, ya que estas demuestran rangos de valores más acotados que los modelos individuales, y los resultados son directamente compatibles con las pruebas de hipótesis reportadas. Además se recomienda utilizar los resultados del modelo sin los casos de flujo extremo, ya que se obtiene un valor de elasticidad de los buses más cercano y menor a los vehículos livianos. Se han producido resultados en términos de dos tipos de parámetros: elasticidades y factores de generación. Los factores de generación se interpretan como porcentajes del tráfico base.

- 10.2 Se han encontrado elasticidades de generación de tránsito para vehículos livianos y para buses (transporte de pasajeros). Los factores de generación implican aproximadamente 10%-12% de generación de tránsito de vehículos livianos y buses.
- 10.3 En el caso de vehículos pesados los valores no son significativo al 95% de confianza, sólo son significativos al 65%. La elasticidad promedio encontrada es baja y en términos estadísticos es débil, sin embargo representa la mejor aproximación que se pudo obtener y su tamaño es razonable en relación a los resultados obtenidos para los otros tipos de vehículos.

- 10.4 La siguiente tabla presenta los valores recomendados para los parámetros de generación de tránsito.

TABLA 10.1 ELASTICIDADES Y FACTORES DE GENERACIÓN FINALES

Parámetro	Tipo de vehículo	Valor más probable	Mínimo	Máximo
Elasticidad	Vehículos livianos	-0,328	-0,519	-0,136
Elasticidad	Buses	-0,354	-0,631	-0,076
Elasticidad	Vehículos pesados	-0,106	-0,321	0
Factor de generación	Vehículos livianos	0,111	0,046	0,176
Factor de generación	Buses	0,095	0,02	0,169
Factor de generación	Vehículos pesados	0,03	0	0,093

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

- 10.5 Se examinó si las elasticidades de generación de tránsito estaban relacionadas con variables tales como:

- La longitud construida del proyecto
- La zona del proyecto
- Densidad poblacional
- PIB per cápita
- Camino turístico.

- 10.6 Sin embargo, todas estas segmentaciones resultaron no significativas desde el punto de vista estadístico, por lo cual se propuso finalmente un modelo único, segmentado sólo por tipo de vehículo, por esto, los resultados representan los efectos promedios para cada tipo de vehículo, considerando toda la evidencia disponible.

- 10.7 Además se realizaron pruebas de hipótesis para ver el efecto de las variables a nivel del flujo inicial y a nivel de tasa de crecimiento vegetativo y se encontraron los siguientes resultados:

TABLA 10.2 PRUEBA DE HIPÓTESIS DE VARIABLES SIGNIFICATIVAS POR TIPO DE VEHÍCULO

Hipótesis	Livianos	Buses	Pesados
El flujo inicial varía con la zona	Verdadero	Verdadero	Verdadero
El flujo inicial varía con la extensión del proyecto	Verdadero	Verdadero	Verdadero
El flujo inicial varía con el PIB per cápita	Verdadero	Verdadero	Verdadero
El flujo inicial varía con el índice crisis económica	Verdadero	Verdadero	Falso

Hipótesis	Livianos	Buses	Pesados
El flujo inicial varía con el índice crisis económica por tipo de vehículo	Verdadero	Verdadero	Falso
El flujo inicial varía si el camino se considera turístico.	Verdadero	Verdadero	Falso
La tasa de crecimiento varía con la zona	Falso	Falso	Verdadero

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

- 10.8 Al analizar la aplicación de los resultados obtenidos a unos de los proyectos en los cuales se tenía información de la reducción de costos se observa que el efecto de considerar el tránsito generado provoca un aumento de aproximadamente un 6,7% en los flujos, en el caso de los vehículos livianos, en los vehículos pesados se observa un efecto del 3,1% debido al tránsito generado, mientras que en el caso de los buses el aumento del flujo es en torno al 4,9%.
- 10.9 Se han definido tres tipos de actualizaciones con distintas frecuencias para mantener los parámetros de tránsito vigentes, y también un calendario tentativo de implementación de estas actualizaciones a futuro. Se ha elaborado un sistema para apoyar la actualización de los parámetros de tránsito generado, que se ha traspasado al cliente junto al informe final del estudio. También se ha entregado al cliente una planilla que demuestra cómo se deben aplicar los parámetros de generación de tránsito a la evaluación de un proyecto de pavimentación.
- 10.10 Se espera que los resultados y los productos generados por este estudio sean un aporte valioso al Sistema Nacional de Inversiones y que dejen mejor fundamentados los criterios de evaluación de proyectos de pavimentación de caminos en Chile.

ANEXO

A

LISTADO COMPLETO DE PROYECTOS SELECCIONADOS

A1 LISTADO DE PROYECTOS SELECCIONADOS

Región	BIP	Mega Región	Tamaño Proyecto	Año fin construcción	PNC
I	20040012	Norte grande	20-29km	1998	032-01-X
I	20051193	Norte grande	10-19km	1998	132-01-X / 037-03-X
I	20051195	Norte grande	30-49km	2002	036-01-X
I	20051197	Norte grande	10-19km	2004	133-01-X / 056-03-X
I	20087181	Norte grande	20-29km	2002	062-02-X / 062-01-X / 061-03-X
I	20088957	Norte grande	10-19km	1998	017-02-I / 017-01-I
I	20097065	Norte grande	50-230km	2000	130-02-X / 130-01-X / 043-01-X / 042-01-X
I	20100524	Norte grande	10-19km	2000	158-02-X / 055-02-X / 055-01-X
XIV	20113824	Norte grande	10-19km	2008	158-01-X / 060-01-X
II	20040002	Norte grande	30-49km	1996	023-01-II
II	20040139	Norte grande	<10km	1996	025-01-II
II	20084412	Norte grande	10-19km	1998	028-02-II / 028-01-II
II	20098004	Norte grande	50-230km	2000	031-03-II
II	20112108	Norte grande	50-230km	2002	013-02-II / 013-01-II
III	20060181	Norte grande	<10km	1998	026-01-III / 024-02-III / 024-01-III
III	20060458	Norte grande	10-19km	1998	030-01-III
III	20074977	Norte grande	<10km	1998	034-04-III / 034-01-III
III	20124125	Norte grande	20-29km	2002	026-03-III
III	201240911	Norte grande	20-29km	2010	026-02-III
IV	20077189	Norte chico	20-29km	2000	014-02-IV / 014-01-IV
IV	20120728	Norte chico	50-230km	2004	045-02-IV / 045-01-IV / 025-02-IV / 025-01-IV
V	20039985	Norte chico	<10km	1996	008-02-V / 008-01-V
V	20040017	Norte chico	<10km	2004	057-02-V / 057-01-V
V	20081023	Norte chico	10-19km	1996	097-01-V / 072-03-V
V	20135214	Norte chico	10-19km	2002	070-04-V
V	20135752	Norte chico	10-19km	2004	008-03-V
V	20160823	Norte chico	50-230km	2006	068-02-V / 068-01-V / 012-02-V / 012-01-V
RM	20039986	Zona central	20-29km	1998	049-02-RM / 049-01-RM
RM	20040019	Zona central	<10km	1998	037-01-RM
RM	20040020	Zona central	10-19km	2000	042-01-RM / 041-01-RM
RM	20051201	Zona central	<10km	1996	020-02-RM / 020-01-RM
RM	20096417	Zona central	10-19km	1996	020-03-RM / 017-03-RM

Estimación de Parámetros de Tránsito Generado en Proyectos de Vialidad Interurbana

Región	BIP	Mega Región	Tamaño Proyecto	Año fin construcción	PNC
VI	20041995	Zona central	30-49km	1998	030-01-VI
VI	20079672	Zona central	<10km	2000	065-02-VI
VI	20095407	Zona central	20-29km	2002	047-01-VI
VI	201120240	Zona central	10-19km	2010	063-03-VI
VI	300724650	Zona central	10-19km	2010	027-01-VI
VII	20076783	Zona central	10-19km	2000	121-01-VII / 093-01-VII
VII	20077159	Zona central	<10km	1998	140-01-VII / 089-02-VII / 089-01-VII
VII	20077355	Zona central	<10km	1998	029-01-VII
VII	20083101	Zona central	10-19km	2000	088-03-VII
VII	20114114	Zona central	<10km	2004	024-01-VII / 023-02-VII / 023-01-VII
VII	200399884	Zona central	30-49km	2010	036-02-VII / 025-02-VII
VII	200793411	Zona central	10-19km	2010	055-03-VII / 055-01-VII
VII	201021090	Zona central	50-230km	2008	035-02-VII / 035-01-VII
VII	201027820	Zona central	50-230km	2006	038-02-VII
VIII	20051526	Zona sur	30-49km	1996	011-01-VIII
VIII	20051577	Zona sur	10-19km	1998	040-01-VIII
VIII	20075778	Zona sur	30-49km	1998	085-03-VIII / 085-01-VIII
VIII	20086833	Zona sur	<10km	2000	037-01-VIII
VIII	20099684	Zona sur	20-29km	2010	062-01-VIII
VIII	20125449	Zona sur	10-19km	2006	094-01-VIII
VIII	20175216	Zona sur	20-29km	2008	076-01-VIII
IX	900083	Zona sur	30-49km	1998	108-01-IX
IX	20007697	Zona sur	<10km	2002	070-01-RM / 007-02-RM / 007-01-RM
IX	20040138	Zona sur	10-19km	1998	053-01-IX
IX	20054204	Zona sur	20-29km	1999	109-01-IX
IX	20067460	Zona sur	20-29km	1997	115-01-IX
IX	20072033	Zona sur	10-19km	1998	070-01-IX / 068-01-IX
IX	20084947	Zona sur	10-19km	2000	024-01-IX
IX	20100711	Zona sur	30-49km	2004	036-02-IX
IX	20111872	Zona sur	20-29km	2004	025-01-IX
IX	20126115	Zona sur	30-49km	2004	072-01-IX
X	20026644	Zona sur	20-29km	2000	138-02-X / 138-01-X / 070-02-X / 070-01-X / 069-01-X
X	20031175	Zona sur	50-230km	2000	086-01-X
X	20040013	Zona sur	20-29km	1998	129-02-X / 129-01-X / 022-01-X
X	20051214	Zona sur	10-19km	2000	113-01-X

Estimación de Parámetros de Tránsito Generado en Proyectos de Vialidad Interurbana

Región	BIP	Mega Región	Tamaño Proyecto	Año fin construcción	PNC
X	20068120	Zona sur	10-19km	2008	173-01-X
X	20078052	Zona sur	10-19km	2000	139-02-X / 139-01-X / 084-01-X
X	20079322	Zona sur	50-230km	2006	091-01-X
X	20079365	Zona sur	<10km	1998	107-01-X
X	20088863	Zona sur	10-19km	2008	065-01-X
X	20097430	Zona sur	<10km	1998	185-01-X
X	20097918	Zona sur	10-19km	2002	118-01-X
X	20098102	Zona sur	10-19km	2006	025-03-X
X	20099809	Zona sur	10-19km	2008	108-02-X
X	20102787	Zona sur	30-49km	2002	077-01-X
X	20102792	Zona sur	50-230km	2004	123-03-X / 123-01-X / 121-01-X
X	20105974	Zona sur	50-230km	2008	095-01-X
X	20116507	Zona sur	10-19km	2008	142-01-X
XV	20109057	Zona sur	<10km	1998	016-01-I
XV	20144274	Zona sur	<10km	2002	002-04-I
XV	20144278	Zona sur	30-49km	2002	004-03-I
XI	20089515	Zona austral	<10km	1996	022-01-XI
XI	20099605	Zona austral	20-29km	2000	004-01-XI
XI	20101143	Zona austral	30-49km	2002	011-01-XI / 010-03-XI / 010-01-XI
XII	1200133	Zona austral	<10km	2001	036-01-XII
XII	20012131	Zona austral	30-49km	1998	015-01-XII
XII	20071331	Zona austral	50-230km	2004	002-01-XII
XII	20090336	Zona austral	50-230km	2008	014-03-XII
XII	20117880	Zona austral	50-230km	2006	017-01-XII

Fuente: Elaborado por Steer Davies Gleave

HOJA DE CONTROL

Nombre Proyecto/Propuesta	Estimación de Parámetros de Tránsito Generado en Proyectos de Vialidad Interurbana
Título del Documento	Estimación de Parámetros de Tránsito Generado en Proyectos de Vialidad Interurbana
Referencia Cliente/ N° Proyecto	ID-686699-52-LPI 2
N° Proyecto/ Propuesta SDG	22529501

HISTORIA DE ENVÍOS

N° Envío	Fecha	Detalles
1	29-07-2013	Informe Final 3 copias impresas, 3 copias en medios digitales, revisión observaciones

REVISIÓN

Generado por	Alex Mitrani
Otros colaboradores	Tristán Gálvez, Francisco Pino, Brisa Oñate
Revisado por	Impreso ALEX MITRANI
Firma	



DISTRIBUCIÓN

Cliente:	Ministerio de Desarrollo Social
Steer Davies Gleave:	Alex Mitrani, Francisco Pino, Brisa Oñate, Diana Mery, Tristán Gálvez

U:\Santiago\Projects\225\2\95\01\Work\14 Presentación\Informe Tránsito Generado_vf_02.docx