



GOBIERNO DE CHILE
Sectra

ANÁLISIS Y ACTUALIZACIÓN DEL MODELO ESTRAUS

Para: Ministerio de Planificación y Cooperación
MIDEPLAN

INFORME FINAL VOLUMEN 2

FERNANDEZ
& DE CEA
Ingenieros
Limitada

Santiago, Octubre de 2005

Lota 3650 of.902
Santiago Chile
Teléfono 435 0099
Fax 435 0258

FDC@FDCconsult.com www.FDCconsult.com

ÍNDICE VOLUMEN 2

Pág.

9	CALIBRACIÓN DE MODELOS DE GENERACIÓN Y ATRACCIÓN (TAREA 7)	9-2
9.1	INTRODUCCIÓN	9-2
9.2	ANTECEDENTES GENERALES DE LOS MODELOS DE GENERACIÓN Y ATRACCIÓN	9-3
9.3	DETERMINACIÓN DE NIVELES DE INGRESO MEDIANTE TASAS ACM	9-8
9.4	CALIBRACIÓN DE MODELOS DE GENERACIÓN DE VIAJES BASADOS EN EL HOGAR (ACM)	9-13
9.4.1	Consideraciones Iniciales: Tipo de Tasas ACM a Calibrar	9-13
9.4.2	Metodología Utilizada en la Calibración de Modelos y Análisis de la Información de Entrada	9-15
9.5	RESULTADOS CALIBRACIÓN TASAS ACM 2 VARIABLES	9-25
9.5.1	Resultados Tasas ACM Punta Mañana	9-26
9.5.2	Resultados Tasas ACM Fuera de Punta	9-31
9.5.3	Análisis Estadístico de los Modelos	9-34
9.6	CALIBRACIÓN DE MODELOS DE TASAS DE ATRACTIVIDAD ACM	9-36
9.7	MODALIDAD DE CORRECCIÓN ACM DE LA INFORMACIÓN INCLUIDA EN LA EOD A HOGARES	9-37
9.8	CALIBRACIÓN DE MODELOS MEDIANTE RLM	9-41
9.9	DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE PARA CALIBRACIÓN DE MODELOS RLM	9-47
9.9.1	Problema de Imputación de Información de Matrículas	9-48
9.9.2	Distorsión Producida en Variable Superficie de Industrias	9-51
9.10	RESULTADOS DE MODELOS DE RLM PARA GENERACIÓN DE VIAJES	9-55
9.10.1	Variables Explicativas de Modelos de RLM	9-57
9.10.2	Modelos de Generación de Viajes BHR y NBH Período Punta	9-63
9.10.3	Modelos de Generación de Viajes BHR y NBH Período Fuera de Punta	9-90
9.11	RESULTADOS DE MODELOS DE ATRACCIÓN DE VIAJES	9-110
9.11.1	Modelos de Atracción de Viajes BHI y NBH, Período Punta	9-111

9.11.2 Modelos de Atracción de Viajes BHI y NBH Período Fuera de Punta 9-128

9.12 COMPATIBILIZACIÓN DE LOS MODELOS DE GENERACIÓN Y ATRACCIÓN 9-145

9.13 CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES SOBRE LOS MODELOS RLM..... 9-145

10 CALIBRACIÓN DE MODELOS DE PARTICIÓN MODAL (TAREA 7) ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

10.1 INTRODUCCIÓN..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

10.2 ANTECEDENTES GENERALES..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

10.3 NÚMERO DE PROPÓSITOS DE VIAJE Y CATEGORÍAS DE USUARIOS ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

10.4 INCORPORACIÓN DE RESTRICCIONES EXÓGENAS EN LA CALIBRACIÓN DE MODELOS DE DEMANDA..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

10.5 RESULTADOS DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN PERÍODO PUNTA MAÑANA ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

10.5.1 Resultados Propósito Trabajo ¡Error! Marcador no definido.

10.5.2 Resultados Propósito Otros ¡Error! Marcador no definido.

10.5.3 Resultados Propósito Estudio-2 (Media y Superior) ¡Error! Marcador no definido.

10.5.4 Resultados Propósito Estudio-1 (Básica) ¡Error! Marcador no definido.

10.6 RESULTADOS DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN PERÍODO FUERA DE PUNTA ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

10.6.1 Resultados Propósito Trabajo ¡Error! Marcador no definido.

10.6.2 Resultados Propósito Otros ¡Error! Marcador no definido.

10.6.3 Resultados Propósito Estudio ¡Error! Marcador no definido.

10.7 COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON MODELOS DE PARTICIÓN MODAL DEL ESTUDIO

“ANÁLISIS MODERNIZACIÓN TRANSPORTE PÚBLICO, I ETAPA”, ORDEN DE TRABAJO

Nº8 ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

10.8 INCORPORACIÓN DE COSTOS DE ESTACIONAMIENTO (ATRATIVIDAD DE LA ZONA DE DESTINO) ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

10.8.1 Obtención de la Nueva Variable Explicativa... ¡Error! Marcador no definido.

10.8.2 Calibración del Modelo de Partición Modal ¡Error! Marcador no definido.

10.8.3 Análisis Comparativo con Modelo sin Costo por Estacionamiento ¡Error! Marcador no definido.

10.8.4 Implementación en ESTRAUS ¡Error! Marcador no definido.

11	CALIBRACIÓN DE MODELO DE PARTICIÓN MODAL PARA RED MULTIMODAL DE TRANSPORTE PÚBLICO (TAREA 7)	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
11.1	ANTECEDENTES GENERALES	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
11.2	RESULTADOS DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN PERÍODO PUNTA MAÑANA¡	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
11.2.1	Propósito Trabajo	¡Error! Marcador no definido.
11.2.2	Propósito Otros	¡Error! Marcador no definido.
11.2.3	Propósito Estudio 2 (Media y Superior)	¡Error! Marcador no definido.
11.2.4	Propósito Estudio 1 (Básica)	¡Error! Marcador no definido.
11.3	RESULTADOS DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN PERÍODO FUERA DE PUNTA¡	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
11.3.1	Propósito Trabajo	¡Error! Marcador no definido.
11.3.2	Propósito Otros	¡Error! Marcador no definido.
11.3.3	Propósito Estudio (Básica, Media y Superior)	¡Error! Marcador no definido.
11.4	COMPARACIÓN CON MODELOS DEL CAPÍTULO 10 (11 MODOS VS 6 MODOS)¡	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
11.4.1	Período Punta Mañana	¡Error! Marcador no definido.
11.4.2	Período Fuera de Punta.....	¡Error! Marcador no definido.
12	MATRICES DE VIAJES EXTERNOS EN TRANSPORTE PÚBLICO Y PRIVADO (TAREA 7)	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
12.1	INTRODUCCIÓN.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
12.2	IMPLEMENTACIÓN EN ESTRAUS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
12.3	FORMA DE USO.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
12.4	MODIFICACIONES AL CÓDIGO FUENTE	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
13	CALIBRACIÓN DE MODELOS DE DISTRIBUCIÓN (TAREA 7) ¡	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
13.1	INTRODUCCIÓN.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
13.2	ANTECEDENTES GENERALES	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
13.2.1	Condiciones de Optimalidad Considerando Partición Modal Logit Multinomial (MNL)	¡Error! Marcador no definido.
13.2.2	Identificabilidad de Parámetros	¡Error! Marcador no definido.
13.2.3	Condiciones de Optimalidad Considerando Partición Modal Logit Jerárquico (HL)	¡Error! Marcador no definido.
13.3	NÚMERO DE PROPÓSITOS DE VIAJE Y CATEGORÍAS DE USUARIOS¡	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
13.4	OBTENCIÓN DE VARIABLES EXPLICATIVAS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

13.5 ALGORITMO DE RESOLUCIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
13.6 RESULTADOS DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN PERÍODO PUNTA MAÑANA¡	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
13.6.1 Resultados Propósito Trabajo	¡Error! Marcador no definido.
13.6.2Resultados Propósito Estudio - 1	¡Error! Marcador no definido.
13.6.3Resultados Propósito Estudio - 2	¡Error! Marcador no definido.
13.6.4Resultados Propósito Otros.....	¡Error! Marcador no definido.
13.7 RESULTADOS DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN PERÍODO FUERA DE PUNTA¡	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
13.7.1 Resultados Propósito Trabajo	¡Error! Marcador no definido.
13.7.2Resultados Propósito Otros.....	¡Error! Marcador no definido.
13.7.3Resultados Propósito Estudio.....	¡Error! Marcador no definido.
13.8 ANÁLISIS COMPARATIVO DEL VALOR SUBJETIVO DEL TIEMPO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
14 MODELOS DE DEMANDA DEFINITIVOS.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
14.1 INTRODUCCIÓN.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
14.2 MODELOS DEFINITIVOS PARA 11 MODOS.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
14.3 MODELOS DEFINITIVOS PARA 6 MODOS (RED MULTIMODAL) ...	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

9 CALIBRACIÓN DE MODELOS DE GENERACIÓN Y ATRACCIÓN (TAREA 7)

9.1 Introducción

En este Capítulo se describen los procesos y resultados de la estimación de tasas ACM y de Regresión Lineal Múltiple (RLM) asociadas a modelos de Generación y Atracción de Viajes. La primera parte de este Capítulo expone la metodología y resultados ACM, y posteriormente los de RLM.

Mediante el análisis de clasificación múltiple (ACM) se realizó cuatro procesos distintos:

- i. Modelos de generación de viajes basados en el hogar, para determinar rangos para categorización de ingreso.
- ii. Modelos de generación de viajes basados en el hogar de ida, estratificando los hogares por dos variables.
- iii. Modelos de generación de viajes basados en el hogar de ida, estratificando los hogares por tres variables.
- iv. Modelos de atractividad de viajes basados en el hogar de retorno.

Por otra parte, mediante regresión lineal múltiple (RLM) se calibraron los siguientes modelos a nivel comunal:

- i. Modelos de generación de viajes basados en el hogar de regreso y no basados en el hogar.
- ii. Modelos de atracción de viajes basados en el hogar de ida y no basados en el hogar.

En relación a los modelos ACM, en una primera instancia se muestra los modelos que permiten determinar la mejor definición de rangos de ingreso. Para esto se probó distintos rangos de ingreso.

Un buen rango de ingreso debe entregar tasas crecientes con el nivel de ingreso y un estadígrafo F que permita asegurar la diferencia estadística entre los hogares de las distintas categorías¹.

El segundo y tercer modelo de tasas ACM permiten modelar y predecir el número de viajes por hogar, para cada propósito. En el primer grupo de modelos se categoriza los hogares según el nivel de ingreso y posesión de automóvil. Esta es la categorización usada normalmente en todos los estudios, para predecir la generación de viajes basado en el hogar de ida. Estos viajes normalmente corresponden a la mayor parte de los viajes en el período punta, y a una cantidad significativa de los viajes en el período fuera de punta. El resto de los viajes se predicen mediante modelos de RLM.

Se probó calibrar tasas ACM categorizando por tres variables, posesión de automóvil, nivel de ingreso y tamaño de hogar. A pesar de que este enfoque no ha sido utilizado normalmente, permite explicar de mejor manera algunos propósitos de viaje, y amplía la disponibilidad de herramientas para generar escenarios futuros.

Finalmente se calibró modelos atracción de viajes con tasas globales de atractividad. Estos modelos no son producto de el análisis ACM ya que sólo consisten en el cálculo de una tasa global de viajes por propósito, sin ningún tipo de desagregación por categoría. Estos modelos se deben comparar con los modelos de RLM para atracción de viajes para elegir el que mejor representa el fenómeno modelado.

9.2 Antecedentes Generales de los Modelos de Generación y Atracción

La operación del modelo de transporte ESTRAUS requiere como datos de entrada los vectores origen-destino de viajes para cada período de análisis, clasificados por propósitos de viaje y por categorías

¹ Nótese que en el caso de las tasas ACM, el test estadístico F tiene cómo hipótesis nula que las tasas son iguales entre las distintas categorías.

de demanda. La estimación de tales vectores, constituye el objetivo del modelo de generación y atracción de viajes.

En el último tiempo se han realizado en el país, un conjunto de exitosas experiencias con la calibración y aplicación de modelos de análisis de clasificación múltiple (ACM) para explicar la generación de viajes originados en el hogar, en un día laboral típico². Este será también aquí, el modelo calibrado para este tipo de viajes, que representan la gran mayoría de las producciones en los períodos que interesan (punta mañana y fuera de punta).

Como todo modelo de análisis por categorías, el ACM confía en la determinación de ciertas tasas de generación de viajes por hogar y en el conocimiento del número de hogares en cada zona. De acuerdo a la estratificación de la demanda que se ha discutido antes, dichas tasas deben ser conocidas dentro de cada período de análisis, para cada propósito de viaje y categoría del hogar. El modelo tiene entonces la siguiente expresión:

$$O_i^{pn} = H_i^n \cdot t^{pn} \quad (1)$$

dónde:

O_i^{pn} : Número de viajes con propósito p generados por los hogares de la categoría n de la zona i .

H_i^n : Número de hogares de la categoría n en la zona i .

t^{pn} : Tasa de generación de viajes con propósito p de los hogares de la categoría n .

Luego, el problema se reduce a encontrar las tasas de generación de viajes para cada categoría de hogar y propósito, y éste es precisamente el objetivo del modelo ACM, para lo cual se ha demostrado teórica y prácticamente muy útil.

² Ver, por ejemplo, Gran Valparaíso, Calama, Concepción, Iquique, etc.

La generación de viajes no originados en el hogar, así como las atracciones de viajes, serán modeladas con los tradicionales modelos de regresión lineal múltiple (RLM). No obstante las limitaciones de este tipo de modelos, hasta ahora son la única herramienta de análisis disponible en la práctica para los fenómenos que aquí interesan y así se reconoce en la metodología propuesta para el estudio.

En general, los modelos RLM calibrados permiten estimar el número de viajes atraídos por una zona (o producidas por una zona en lugares distintos del hogar) como una función lineal de ciertas variables relacionadas con el equipamiento y usos de suelos de la zona. Las variables que interesan aquí son aquellas que generan actividades asociadas a cada propósito de viaje, y habitualmente deben ser recogidas desde fuentes independientes (SII, Ministerio de Educación, planos reguladores, etc.). Luego, la expresión típica de un modelo de atracción para un propósito determinado, es la siguiente:

$$D_j^p = \theta_0 + \sum_k \theta_k \cdot X_{jk} + E_j \quad (2)$$

dónde:

D_j^p Número de viajes con propósito p atraídos por la zona j .

θ_k Parámetros de calibración

X_{jk} Variables explicativas (totales zonales).

E_j Error de la estimación para la zona j .

Para el caso de los viajes atraídos, basados en el hogar de retorno (bhr), es fácil notar que la variable explicativa en estos casos es el número de hogares por zona. Luego, es factible calibrar un modelo de tasa ACM de atractividad zonal. Este modelo se contrastará con el modelo de RLS (Regresión Lineal Simple) correspondiente, para optar finalmente por el mejor de ellos.

Idealmente debiera estimarse un vector de orígenes y un vector de destinos por cada propósito y categoría de demanda, pero debido a que la definición de categorías de demanda está asociada a las características de los hogares (tasas de motorización y niveles de ingreso de los hogares), las atracciones de viajes son difíciles de clasificar por categoría, puesto que ellos no se materializan en los hogares, en los períodos considerados (punta mañana y fuera de punta). Reconociendo este hecho, la metodología supone que sólo los orígenes son clasificables por propósito-categoría y los destinos en cambio, son clasificables sólo por propósitos de viaje. Así, se estimará un vector origen por cada propósito de viaje y por cada categoría de demanda y un vector destino para cada propósito de viaje, con todas las categorías de demanda agregadas.

Por último, dado que orígenes y destinos de viajes son estimados independientemente, es necesario compatibilizar sus resultados en cada período, asegurando que la suma de los orígenes sea igual a la suma de destinos de viajes:

$$\sum_i \sum_p \sum_n O_i^{pn} = \sum_j \sum_p D_j^p \quad (3)$$

dónde:

O_i^{pn} Número de viajes generados en la zona i , de la categoría n , con propósito p .

D_j^p Número de viajes atraídos por zona j , con propósito p .

La compatibilización, denominada tradicionalmente "normalización", se lleva a efecto con respecto al modelo que exhiba el mejor nivel de confianza. En este sentido, lo más común es normalizar respecto a los orígenes, dado que los modelos que se utilizan para modelarlos son más sofisticados y con mejores indicadores estadísticos. Sin perjuicio de lo anterior, se analizará cada caso en particular, para verificar en base a que modelo realizar la normalización.

Finalmente, respecto de la validación de modelos, además de los análisis estadísticos pertinentes, se utiliza un índice de correlación lineal, entre viajes observados y modelados, tal como está indicado en la metodología revisada. Con el objeto de lograr los objetivos planteados, las actividades desarrolladas son las siguientes:

- a) Procesamiento y adaptación de información socioeconómica externa.
- b) Cálculo de factor de sub-reporte e introducción de dicho factor **(sólo período fuera de punta)**.
- c) Calibración de modelos ACM de generación de viajes basados en el hogar.
- d) Corrección ACM de la EOD a hogares.
- f) Calibración de modelos RLM para generaciones.
- g) Calibración de modelos RLM de atracción de viajes.
- h) Análisis y evaluación de resultados.
- i) Compatibilización de resultados de generación y atracción.

9.3 Determinación de Niveles de Ingreso Mediante Tasas ACM

Para la determinación de la mejor estratificación de niveles de ingreso se calibró un conjunto de modelos de tasas ACM en dos variables. La calibración se realizó para el período amplio de punta mañana, que luego coincidió con el mejor período para la calibración del modelo de tasas ACM de generación basado en el hogar de ida (con dos variables). En todas las pruebas se utilizó 5 niveles de ingreso, valor que se estimó adecuado para la obtención de buenos modelos de generación. Para generar los distintos grupos de niveles de ingreso se partió de la actualización de la clasificación utilizada anteriormente por ESTRAUS, ponderando el límite de las categorías por la variación en el valor de la U.F. y el crecimiento en el Producto Interno Bruto per cápita. Los niveles de ingreso usados en las pruebas y el porcentaje de hogares por categoría se presentan en las Tablas 9.1 a 9.6. La Figura 9.1 muestra gráficamente el porcentaje de hogares en las distintas categorizaciones³.

Tabla 9.1
Resultados Categorización de Ingreso 1.

Rango	Grupo 1	Total de Hogares	Porcentaje
Bajo	0 – 180.000	338.010	23%
Medio-Bajo	180.000 – 320.000	378.420	25%
Medio	320.000 – 540.000	347.830	23%
Medio-Alto	540.000 – 1.400.000	324.530	22%
Alto	1.400.000 ó más	104.490	7%
Total		1.493.280	100%

³ El total de hogares por categoría se obtiene a partir de la EOD-2001 a hogares, utilizando los criterios de validación discutidos en el punto 3.2.1.4.

Tabla 9.2
Resultados Categorización de Ingreso 2.

Rango	Grupo 2	Total de Hogares	Porcentaje
Bajo	0 – 148.226	211.320	14%
Medio-Bajo	148.226 – 296.452	412.910	28%
Medio	296.452 – 592. 904	476.960	32%
Medio-Alto	592. 904 – 1.037.582	225.290	15%
Alto	1.037.582 ó más	166.820	11%
Total		1.493.300	100%

Tabla 9.3
Resultados Categorización de Ingreso 3.

Rango	Grupo 3	Total de Hogares	Porcentaje
Bajo	0 – 148.226	211.320	14%
Medio-Bajo	148.226 – 296.452	412.910	28%
Medio	296.452 – 592. 904	476.960	32%
Medio-Alto	592. 904 – 1.264.186	267.290	18%
Alto	1. 264.186 ó más	124.820	8%
Total		1.493.300	100%

Tabla 9.4
Resultados Categorización de Ingreso 4.

Rango	Grupo 4	Total de Hogares	Porcentaje
Bajo	0 – 180.000	338.010	23%
Medio-Bajo	180.000 – 330.000	400.710	27%
Medio	330.000 – 600.000	387.730	26%
Medio-Alto	600.000 – 1.700.000	291.810	20%
Alto	1.700.000 ó más	75.040	5%
Total		1.493.300	100%

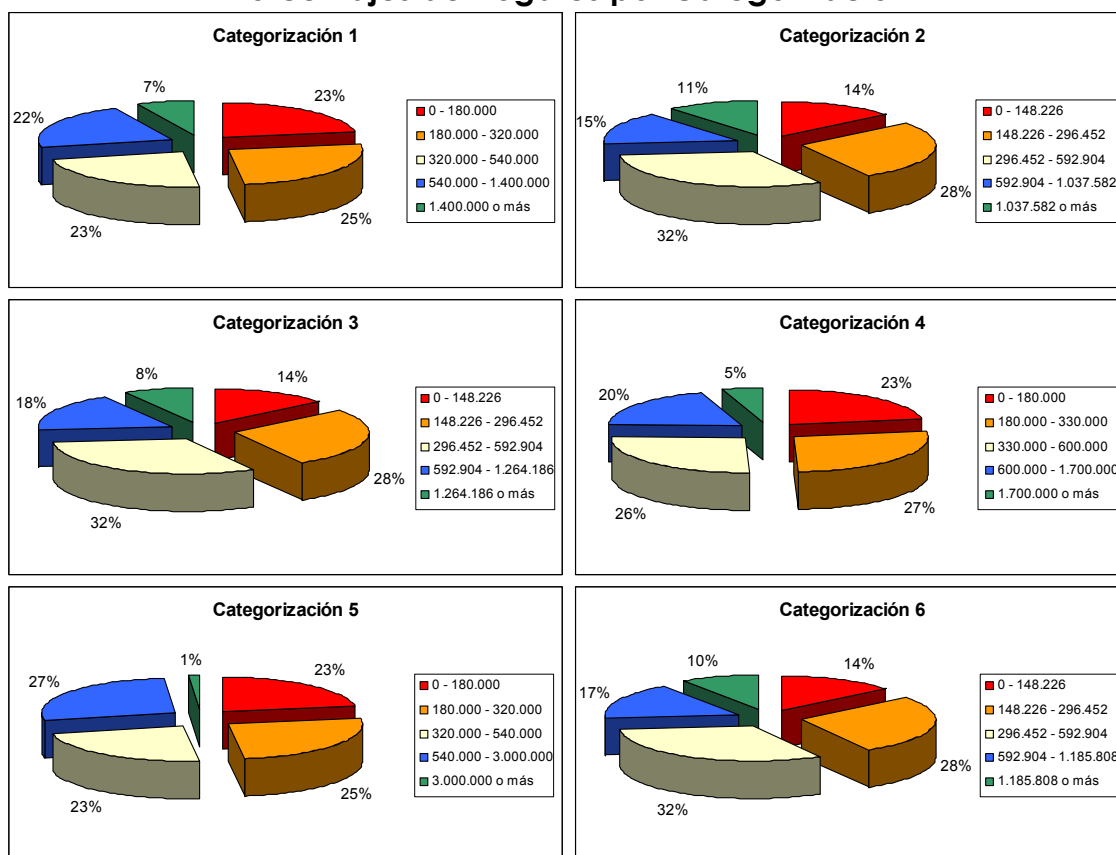
Tabla 9.5
Resultados Categorización de Ingreso 5.

Rango	Grupo 5	Total de Hogares	Porcentaje
Bajo	0 – 180.000	338.010	23%
Medio-Bajo	180.000 – 320.000	378.420	25%
Medio	320.000 – 540.000	347.830	23%
Medio-Alto	540.000 – 3.000.000	409.070	27%
Alto	3.000.000 ó más	19.950	1%
Total		1.493.280	100%

Tabla 9.6
Resultados Categorización de Ingreso 6.

Rango	Grupo 6	Total de Hogares	Porcentaje
Bajo	0 – 148.226	211.320	14%
Medio-Bajo	148.226 – 296.452	412.910	28%
Medio	296.452 – 592.904	476.960	32%
Medio-Alto	592.904 – 1.185.808	250.240	17%
Alto	1.185.808 ó más	141.870	10%
Total		1.493.300	100%

Figura 9.1
Porcentajes de Hogares por Categorización



En las Tablas siguientes se presentan las tasas ACM obtenidas para el propósito trabajo en el período punta mañana (7:15-9:15). Los modelos calibrados para todos los propósitos se adjuntan en Anexo B. Nótese que el propósito trabajo es el más importante en el período punta mañana (mas del 40% de los viajes generados en el período).

Tabla 9.7

Modelo de Tasa ACM, Punta Mañana: 7:15-9:15, Propósito Trabajo, Categorización de Ingreso 1, Moneda (\$) de Noviembre de 2001.

Ingreso del hogar		Número de autos			Total
Rango	Ingreso (\$)	sin auto	1 auto	2 o más	
Bajo	0 – 180.000	0,1463	0,2834	0,5214	0,2220
Medio-Bajo	180.000 – 320.000	0,3815	0,5187	0,7566	0,4572
Medio	320.000 – 540.000	0,6113	0,7484	0,9864	0,6869
Medio-Alto	540.000 – 1.400.000	0,7844	0,9216	1,1595	0,8601
Alto	1.400.000 ó más	0,7502	0,8874	1,1253	0,8259
Total		0,4951	0,6323	0,8703	0,5708

Tabla 9.8

Modelo de Tasa ACM, Punta Mañana: 7:15-9:15, Propósito Trabajo, Categorización de Ingreso 2, Moneda (\$) de Noviembre de 2001.

Ingreso del hogar		Número de autos			Total
Rango	Ingreso (\$)	sin auto	1 auto	2 o más	
Bajo	0 – 148.226	0,0892	0,2264	0,4643	0,1649
Medio-Bajo	148.226 – 296.452	0,3235	0,4607	0,6986	0,3992
Medio	296.452 – 592. 904	0,5940	0,7312	0,9691	0,6697
Medio-Alto	592. 904 – 1.037.582	0,7601	0,8972	1,1352	0,8357
Alto	1.037.582 ó más	0,7939	0,9311	1,1690	0,8696
Total		0,4951	0,6323	0,8703	0,5708

Tabla 9.9

Modelo de Tasa ACM, Punta Mañana: 7:15-9:15, Propósito Trabajo, Categorización de Ingreso 3, Moneda (\$) de Noviembre de 2001.

Ingreso del hogar		Número de autos			Total
Rango	Ingreso (\$)	sin auto	1 auto	2 o más	
Bajo	0 – 148.226	0,0892	0,2264	0,4643	0,1649
Medio-Bajo	148.226 – 296.452	0,3235	0,4607	0,6986	0,3992
Medio	296.452 – 592. 904	0,5940	0,7312	0,9691	0,6697
Medio-Alto	592. 904 – 1.264.186	0,7790	0,9161	1,1541	0,8546
Alto	1. 264.186 ó más	0,7648	0,9020	1,1399	0,8405
Total		0,4951	0,6323	0,8703	0,5708

Tabla 9.10

Modelo de Tasa ACM, Punta Mañana: 7:15-9:15, Propósito Trabajo, Categorización de Ingreso 4, Moneda (\$) de Noviembre de 2001.

Ingreso del hogar		Número de autos			Total
Rango	Ingreso (\$)	sin auto	1 auto	2 o más	
Bajo	0 – 180.000	0,1463	0,2834	0,5214	0,2220
Medio-Bajo	180.000 – 330.000	0,3898	0,5270	0,7649	0,4655
Medio	330.000 – 600.000	0,6303	0,7675	1,0054	0,7060
Medio-Alto	600.000 – 1.700.000	0,7978	0,9350	1,1730	0,8735
Alto	1.700.000 ó más	0,7536	0,8908	1,1288	0,8293
Total		0,4951	0,6323	0,8703	0,5708

Tabla 9.11

Modelo de Tasa ACM, Punta Mañana: 7:15-9:15, Propósito Trabajo, Categorización de Ingreso 5, Moneda (\$) de Noviembre de 2001.

Ingreso del hogar		Número de autos			Total
Rango	Ingreso (\$)	sin auto	1 auto	2 o más	
Bajo	0 – 180.000	0,1463	0,2834	0,5214	0,2220
Medio-Bajo	180.000 – 320.000	0,3815	0,5187	0,7566	0,4572
Medio	320.000 – 540.000	0,6113	0,7484	0,9864	0,6869
Medio-Alto	540.000 – 3.000.000	0,7808	0,9180	1,1559	0,8565
Alto	3.000.000 ó más	0,6794	0,8165	1,0545	0,7550
Total		0,4951	0,6323	0,8703	0,5708

Tabla 9.12

Modelo de Tasa ACM, Punta Mañana: 7:15-9:15, Propósito Trabajo, Categorización de Ingreso 6, Moneda (\$) de Noviembre de 2001.

Ingreso del hogar		Número de autos			Total
Rango	Ingreso (\$)	sin auto	1 auto	2 o más	
Bajo	0 – 148.226	0,0892	0,2264	0,4643	0,1649
Medio-Bajo	148.226 – 296.452	0,3235	0,4607	0,6986	0,3992
Medio	296.452 – 592.904	0,5940	0,7312	0,9691	0,6697
Medio-Alto	592.904 – 1.185.808	0,7666	0,9038	1,1417	0,8423
Alto	1.185.808 ó más	0,7883	0,9255	1,1635	0,8640
Total		0,4951	0,6323	0,8703	0,5708

Como se puede observar en los modelos anteriores, los grupos de ingreso 1,3,4 y 5, no entregan buenos resultados en el análisis ACM (la tasa no es creciente con el nivel de ingreso). Además, en los grupos 1,3,4 y 5 el porcentaje de usuarios en cada estrato no es adecuado. Se elige el grupo de ingreso 6, ya que se prefiere la distribución de porcentaje de usuarios por estrato. Se valora positivamente que el rango superior del cuarto estrato de ingreso sea más alto, ya que es evidente que una persona de una familia que tiene un ingreso mensual de 1.1 millones se comporta de manera más similar a una persona de 0.9 millones que a una de 3 millones).

El grupo de ingreso 6, que da el mejor resultado (respecto a las tasas ACM obtenidas y a la distribución de hogares por estrato) se obtuvo haciendo el límite superior de cada estrato igual al doble del límite superior del estrato anterior. El límite superior del estrato inferior se obtuvo actualizando la clasificación utilizada anteriormente por ESTRAUS, cómo se describió anteriormente. Esta categorización induce una distribución normal del número de hogares por categoría, dado que el ingreso por hogar en la población sigue una distribución log-normal. La clasificación propuesta es coherente y consistente con otras clasificaciones que ya han sido utilizadas con anterioridad en otros estudios.

9.4 Calibración de Modelos de Generación de Viajes Basados en el Hogar (ACM)

9.4.1 Consideraciones Iniciales: Tipo de Tasas ACM a Calibrar

La aplicación para el Gran Santiago del método de calibración de generación de viajes basados en el hogar de ida (bhi) mediante el método ACM, consideró 2 clasificaciones alternativas:

- i. ingreso - número de autos.
- ii. ingreso - número de autos - tamaño de hogar .

Luego de realizar las calibraciones pertinentes para el caso del Gran Santiago, se recomienda el uso de las 2 variables citadas en la metodología revisada, cuales son: ingreso y número de autos. La recomendación se sustenta en los siguientes puntos:

1. Al considerar 3 variables no se dispone de indicadores estadísticos. Es factible calcularlos para grupos de 2 variables, no obstante, es directo que ellos no corresponden a los modelos calibrados y por lo tanto, carecen de toda representatividad.
2. No se conocen experiencias en las que se hayan utilizado tres variables.

En síntesis, por los motivos anteriores, no sería recomendable adoptar modelos que incluyan el tamaño de hogar. No obstante, se calibraron modelos para 3 variables (incorporando tamaño del hogar), los que resultaron conceptualmente adecuados (tasas crecientes con el tamaño de hogar, ingreso y número de automóviles). Dichos modelos se presentan en el Anexo B.4 de este Informe y pueden ser utilizados en la predicción de escenarios futuros, cuando se estime conveniente. Notar que para algunos propósitos de viaje (por ejemplo, estudio), parece más adecuado utilizar la variable tamaño de hogar que la variable número de vehículos o nivel de ingreso.

Finalmente, es importante considerar que el hecho de considerar tasas ACM en dos niveles **introduce implícitamente en las tasas ACM el tamaño de hogar promedio observado en el año de calibración**. De esta forma, en las predicciones a futuro, se encuentra implícito que el tamaño de hogar en las tasas predichas, lo que puede producir una sobreestimación leve en el total de viajes proyectados.

9.4.2 Metodología Utilizada en la Calibración de Modelos y Análisis de la Información de Entrada

Consistentemente con la metodología que será implementada en el presente estudio, el cálculo de modelos de generación de viajes basados en el hogar de ida (bhi) se realiza a base del método de **Análisis de Clasificación Múltiple (ACM)**. Dicho método aparece como una consecuencia del análisis de varianza (ANOVA) en dos factores, aplicado a la variable dependiente: tasa de generación de viajes por hogar, por categoría (la definición de categorías se presenta en la sección 9.3.5).

Sin embargo, mientras el ANOVA, por razones de complejidad analítica, sólo puede ser aplicado como máximo al caso de dos factores, el ACM puede ser utilizado, sin dificultad alguna, con un número cualquiera de variables explicativas.

El ANOVA en 1 y 2 factores se utiliza normalmente para determinar un conjunto adecuado de variables explicativas; en particular, el ANOVA en 2 factores sirve para detectar posibles efectos interactivos, generalmente indeseables, entre ambas variables explicativas.

La tasa de generación de viajes por hogar, para un hogar de nivel de ingreso i , y tasa de motorización j , se puede estimar con ACM de la siguiente manera:

$$x_{ij}^* = \langle x \rangle + (\bar{x}_i - \langle x \rangle) + (\bar{x}_j - \langle x \rangle) = \bar{x}_i + \bar{x}_j - \langle x \rangle \quad (4)$$

donde:

$\langle x \rangle$: Promedio global de viajes por hogar de la muestra o gran media de las observaciones.

$\bar{x}_i$: Promedio de viajes por hogar, para hogares de i -ésimo nivel de ingreso.

$\bar{x}_j$: Promedio de viajes por hogar, para hogares de j -ésimo nivel de tasa de motorización.

x_{ij}^* : Valor predicho mediante ACM, para la variable explicada (tasa de viajes para el hogar perteneciente al nivel de ingreso i y tasa de motorización j).

Las tasas de generación de viajes así determinadas no presentarán los problemas inherentes al análisis de categorías clásico (bajo número de observaciones obtenidas en los extremos de las categorías). De hecho, será posible estimar un valor de la tasa de generación de viajes aún en una casilla donde no se verifiquen observaciones.

Sin embargo, es necesario tener cautela puesto que, tal como se muestra en las relaciones que permiten calcular los estadígrafos respectivos, se verifican problemas de cálculo en el valor del factor de corrección c (ver ecuación (10)), puesto que éste se calcula a partir del inverso del número de observaciones por celda. El nuevo método es capaz de resolver la mayoría de los problemas que se han presentado en el pasado (análisis por categorías o modelos de regresión lineal múltiple) y permite usar un enfoque más sistemático, en la estructuración y definición del esquema de categorías para los modelos de generación. Ello debiera redundar en la obtención de modelos de estructura más simple y robusta, con parámetros más confiables y, por lo tanto, más fáciles de usar y con mayor capacidad predictiva.

En el ANOVA de 2 factores existen 4 fuentes de variación: el factor A con sub-índice i , categorizado en I estratos; el factor B con sub-índice j , categorizado en J estratos; la interacción entre A y B , y las combinaciones dentro de las casillas de los niveles A y B . Es posible establecer un modelo para los datos aplicable al ANOVA en dos factores, tal modelo tendrá los siguientes términos: un término μ , igual para todo dato, que describe la magnitud general de las observaciones; I términos α_i , uno por cada nivel del factor A ; J términos β_j , uno por cada nivel del factor B ; IJ términos $\alpha\beta_{ij}$, conocidos como términos de interacción que no corresponden al producto de α por β , y finalmente un término e_{ijk} por cada observación, que contribuirá a la identificación de diferencias entre las observaciones y la suma de los demás términos del modelo. En este modelo, una observación dada x_{ijk} se representará por:

$$x_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + e_{ijk} \quad (5)$$

En el ANOVA en 2 factores son contrastadas las 3 siguientes hipótesis nulas:

La variable explicada x no varía entre las categorías i , equivale a afirmar que para todo $i = \{1, \dots, I\}$: $\alpha_i = 0$.

La variable explicada x no varía entre las categorías j , equivale a afirmar que para todo $j = \{1, \dots, J\}$: $\beta_j = 0$.

No existe interacción entre los factores A y B , equivale a postular que la gráfica de las medias de población da origen a rectas paralelas o que para todo i y para todo j : $\alpha_i\beta_j = 0$.

Las variaciones o sumas de cuadrados de desviaciones (SS), se determinan ahora mediante las siguientes expresiones:

$$SS_A = \sum_{i=1}^I \frac{\left(\sum_{j=1}^J x_{ij} \right)^2}{J} - \frac{\left(\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J x_{ij} \right)^2}{IJ} \quad (6)$$

$$SS_B = \sum_{j=1}^J \frac{\left(\sum_{i=1}^I x_{ij} \right)^2}{I} - \frac{\left(\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J x_{ij} \right)^2}{IJ} \quad (7)$$

$$SS_{AB} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J x_{ij}^2 - SS_A - SS_B - \frac{\left(\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J x_{ij} \right)^2}{IJ} \quad (8)$$

$$SS_w = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^{n_{ij}} x_{ijk}^2 - \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \frac{\left(\sum_{k=1}^{n_{ij}} x_{ijk} \right)^2}{n_{ij}} \quad (9)$$

En las expresiones anteriores un hogar perteneciente en forma simultánea a los estratos i y j se denota por x_{ijk} con $k=1, \dots, n_{ij}$; el número de hogares en la casilla (i,j) , se denota por n_{ij} ; y el valor promedio de la variable explicada se denota ahora por: $\bar{x}_{ij}$. Los grados de libertad son: de SS_A , $I-1$; de SS_B , $J-1$; de SS_{AB} , $(I-1)(J-1)$, y de SS_w , $(N-IJ)$.

Además, es necesario definir un factor de corrección c de la siguiente forma:

$$c = \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \frac{1}{n_{ij}}}{IJ} \quad (10)$$

Las varianzas son:

$$MS_A = \frac{SS_A}{I-1} ; \quad MS_B = \frac{SS_B}{J-1} ; \quad MS_{AB} = \frac{SS_{AB}}{(I-1)(J-1)} ; \quad MS_w = c \frac{SS_w}{N-IJ} \quad (11)$$

y los estadígrafos F son:

$$F_A = \frac{MS_A}{MS_w} ; \quad F_B = \frac{MS_B}{MS_w} ; \quad F_{AB} = \frac{MS_{AB}}{MS_w} \quad (12)$$

Con las expresiones anteriores, es posible poner a prueba las 3 hipótesis nulas. Las hipótesis nulas significan:

- $H_o (A)$: Las tasas de generación de viajes son iguales entre las categorías definidas con la primera variable (ingreso).
- $H_o (B)$: Las tasas de generación de viajes son iguales entre las categorías definidas con la segunda variable (número de autos).
- $H_o (AB)$: No existen efectos interactivos entre las categorías definidas con ambas variables (ingreso y número de autos).

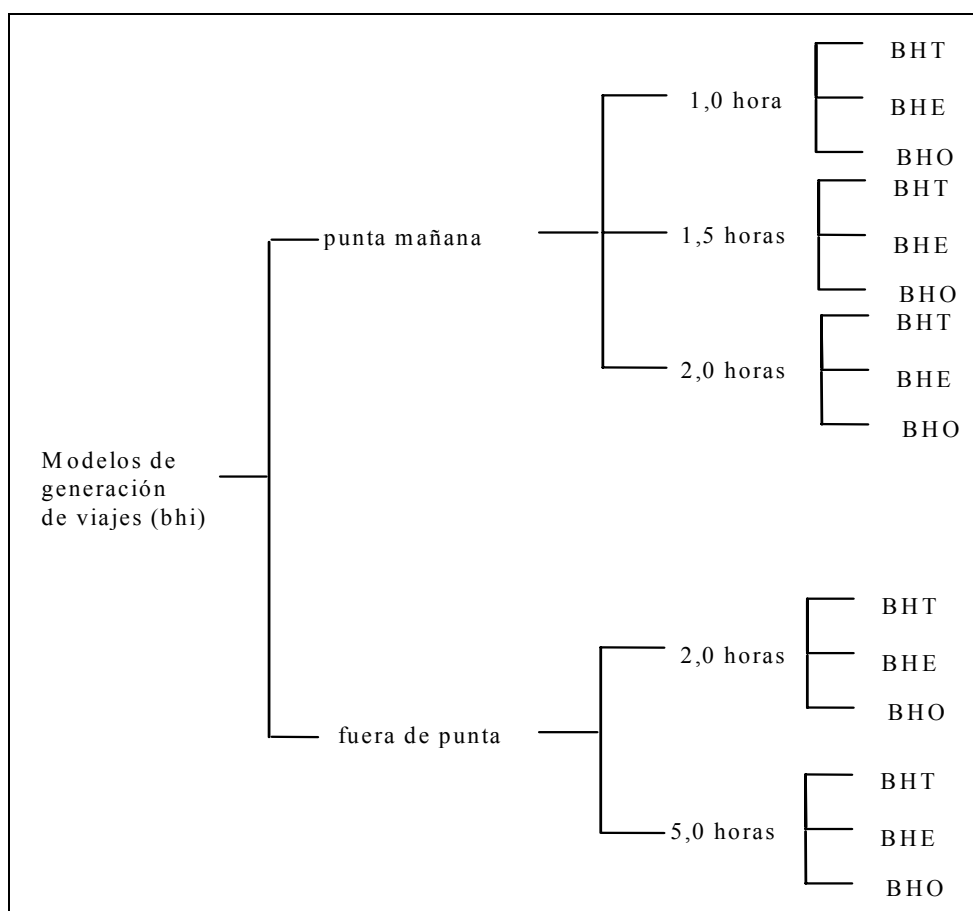
De acuerdo a lo indicado en las definiciones generales (ver sección 6.2.1), las variables independientes utilizadas son las siguientes:

- Distribución de ingreso del hogar, estratificado en cinco niveles: Bajo, Medio-Bajo, Medio, Medio-Alto y Alto.
- Distribución de número de vehículos en el hogar, clasificado en tres niveles: sin auto, con un auto y dos o más vehículos en el hogar.

Como parte del proceso de búsqueda, se estimaron en total un centenar de modelos de tasas ACM (más de 30 modelos distintos), para ambos períodos del día y propósitos de viaje. El proceso de selección del mejor modelo contempló el cálculo de tasas ACM para diversos períodos, variando en forma continua la longitud del período de cálculo de tasas (considerando eso sí, que el período modelado incluya a los períodos punta y fuera de punta definidos a partir de la distribución de viajes obtenida de la EOD a hogares y de las mediciones de flujo). Se tuvo especial cuidado de que algunos de los modelos de tasas ACM incluyeran el cuarto de hora de 7:45-8:00 (cuarto de hora de mayor carga en transporte privado, público y a nivel global).

Como resultado de lo anterior, se obtuvo un conjunto de modelos, de acuerdo al esquema presentado en la Figura siguiente:

Figura 9.2
Esquema General de los Modelos de Generación de Viajes



BHT: Modelo para generación de viajes basados en el hogar de ida, para el propósito trabajo.

BHE: Modelo para generación de viajes basados en el hogar de ida, para el propósito estudio.

BHO: Modelo para generación de viajes basados en el hogar de ida, para el propósito otros.

Los viajes involucrados en la calibración, para cada período-propósito, se muestran en las Tablas siguientes. Los viajes se encuentran clasificados, además, por categoría de ingreso y posesión de automóvil, y según el tipo de viaje (basado en el hogar de ida (BHI), basado en el hogar de retorno (BHR) y no basados en el hogar (NBH)). Nótese que los viajes de la tabla siguiente consideran sólo los viajes interzonales en los modos modelados por ESTRAUS; las categorías 1 a 15 fueron reportadas en el Capítulo 3 del presente Informe Final, correspondiente al Volumen I (específicamente, sección 3.3.5).

Tabla 9.13
Viajes Interzonales por Propósito, Período y Categoría, Período Punta Mañana (7:15-9:15)

	Población				Muestra			
	Viajes BHI, Punta Mañana							
Categoría	Trabajo	Estudio 1	Estudio 2	Otros	Trabajo	Estudio 1	Estudio 2	Otros
1	37,830	26,245	23,783	41,270	295	144	171	380
2	3,820	1,758	3,153	2,898	34	10	22	22
3	340	0	0	0	3	0	0	0
4	130,970	43,831	58,046	63,093	1,193	295	400	628
5	33,700	18,938	21,455	20,834	273	98	122	196
6	1,530	0	367	109	12	0	5	4
7	180,350	44,236	54,796	48,892	1,631	258	401	464
8	98,460	31,405	42,508	49,700	919	180	293	426
9	9,890	3,260	6,946	4,071	99	22	38	40
10	66,740	7,434	11,794	11,898	563	42	89	120
11	100,060	20,144	28,023	28,245	776	117	183	300
12	32,060	5,315	9,862	10,938	265	28	70	91
13	6,960	1,852	1,504	2,174	77	15	16	15
14	39,040	16,806	12,618	25,523	316	103	73	176
15	47,540	18,225	24,190	28,284	467	120	182	249
Total	789,290	239,449	299,045	337,929	6,923	1,432	2,065	3,111
	Viajes BHR, Punta Mañana							
Categoría	Trabajo	Estudio 1	Estudio 2	Otros	Trabajo	Estudio 1	Estudio 2	Otros
1	415	0	0	9,991	1	0	0	85
2	0	0	0	1,168	0	0	0	9
3	0	0	0	94	0	0	0	1
4	97	0	64	23,226	1	0	1	193
5	0	0	0	5,764	0	0	0	46
6	0	0	0	0	0	0	0	0
7	725	0	234	12,092	5	0	1	126
8	264	0	0	14,571	2	0	0	110
9	0	0	0	1,387	0	0	0	10
10	124	0	0	3,535	2	0	0	23
11	60	0	0	6,766	2	0	0	59
12	180	0	0	3,456	1	0	0	26
13	0	0	0	721	0	0	0	5
14	585	0	0	6,882	2	0	0	52
15	483	346	0	9,208	2	1	0	57
Total	2,934	346	298	98,861	18	1	2	802
	Viajes NBH, Punta Mañana							
Categoría	Trabajo	Estudio 1	Estudio 2	Otros	Trabajo	Estudio 1	Estudio 2	Otros
1	370	0	116	2,286	6	0	1	16
2	532	0	0	372	5	0	0	1
3	0	0	0	0	0	0	0	0
4	7,018	552	348	2,909	58	3	2	28
5	4,257	196	463	3,014	27	1	4	19
6	235	191	0	0	3	1	0	0
7	8,163	0	220	1,927	60	0	3	19
8	15,757	1,030	428	5,227	93	4	4	35
9	2,027	58	0	1,030	16	1	0	5
10	5,100	162	108	628	31	2	1	12
11	12,753	178	570	4,233	120	5	3	39
12	2,429	206	238	1,794	28	1	2	18
13	551	0	0	645	5	0	0	5
14	8,739	922	122	5,074	52	2	2	29
15	9,469	818	875	4,914	77	6	7	32
Total	77,399	4,312	3,488	34,055	581	26	29	258

Figura 9.3
Viajes por Propósito, Período y Categoría, Período Punta Mañana (7:15-9:15)

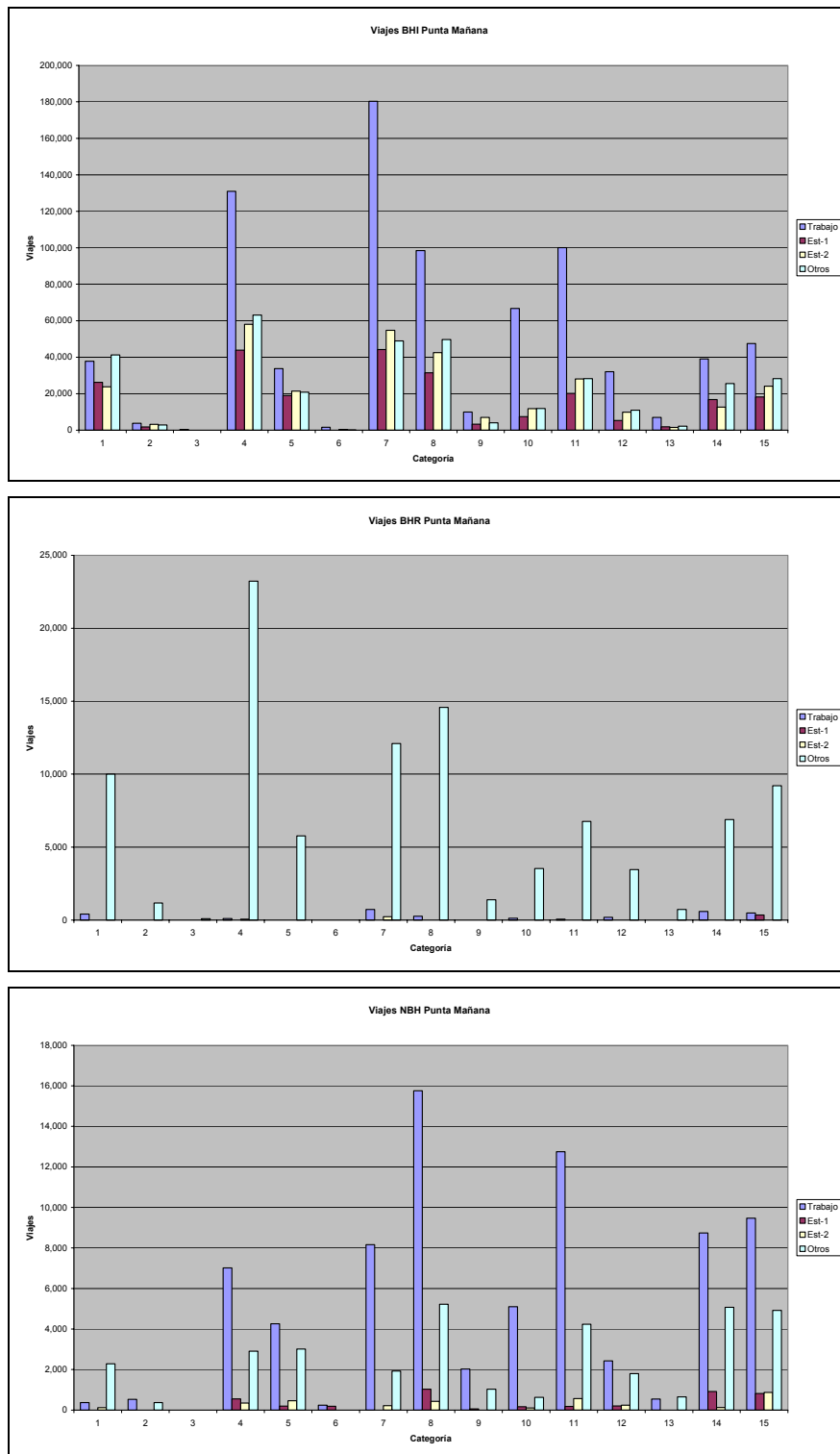
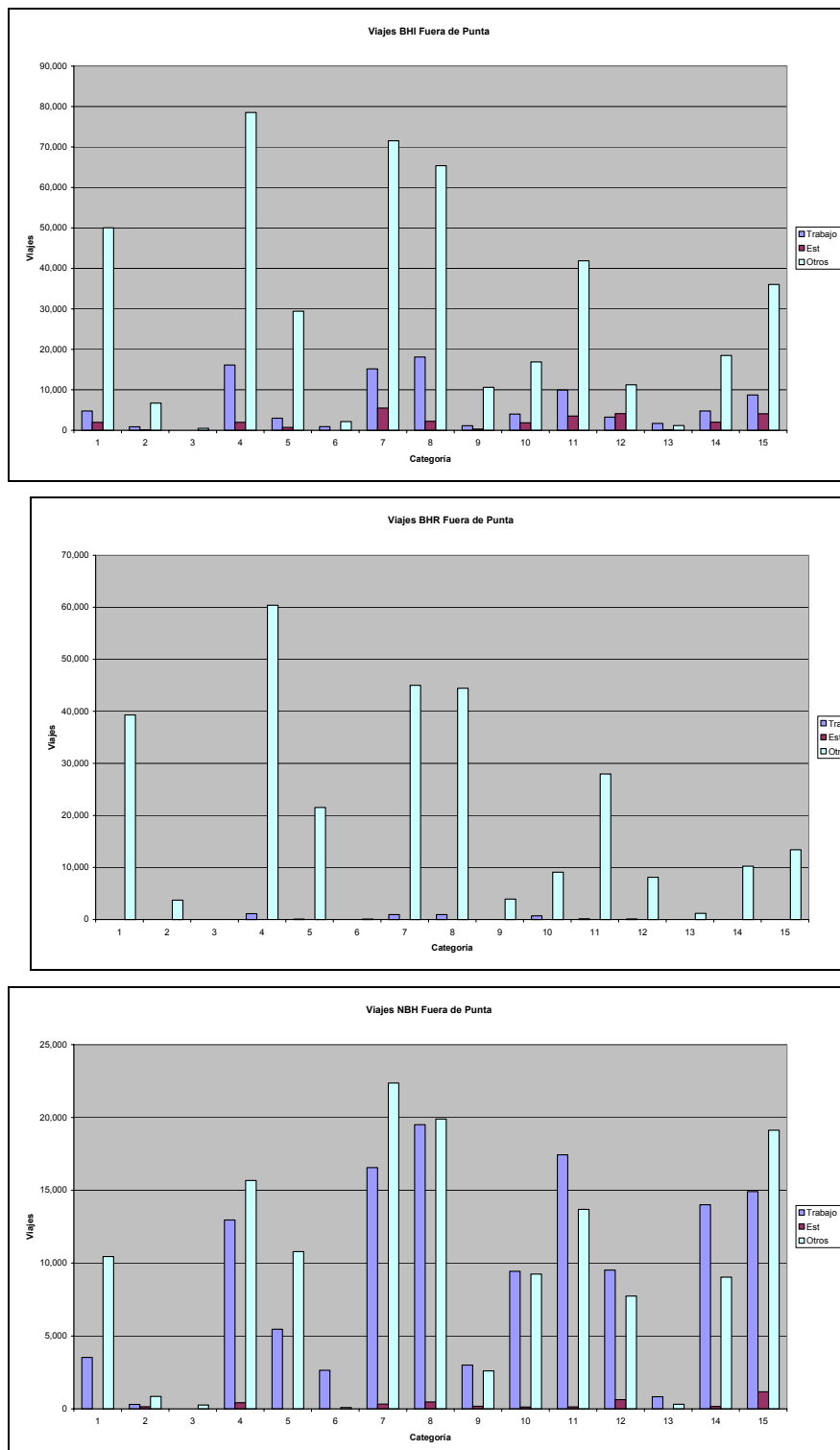


Tabla 9.14

Viajes Interzonales por Propósito, Período y Categoría, Período Fuera de Punta (10:00-12:00)

	Población			Muestra		
	Viajes BHI, Fuera de Punta					
Categoría	Trabajo	Estudio	Otros	Trabajo	Estudio	Otros
1	4,751	1,939	50,071	63	15	631
2	875	75	6,711	7	2	95
3	0	0	494	0	0	4
4	16,110	1,977	78,510	145	26	1,183
5	2,984	715	29,415	34	10	317
6	886	0	2,142	1	0	13
7	15,170	5,499	71,518	200	29	1,063
8	18,103	2,262	65,392	112	32	744
9	1,109	285	10,614	14	3	107
10	4,007	1,838	16,896	69	15	274
11	9,942	3,523	41,859	89	31	492
12	3,277	4,142	11,220	34	20	129
13	1,731	149	1,147	9	2	32
14	4,749	2,020	18,481	30	14	218
15	8,716	4,106	36,029	56	23	236
Total	92,408	28,528	440,500	863	222	5,538
	Viajes BHR, Fuera de Punta					
Categoría	Trabajo	Estudio	Otros	Trabajo	Estudio	Otros
1	0	0	39,309	0	0	390
2	0	0	3,711	0	0	43
3	0	0	0	0	0	0
4	1,101	0	60,394	4	0	698
5	65	0	21,525	2	0	194
6	0	0	80	0	0	3
7	929	0	44,998	8	0	573
8	960	0	44,443	4	0	349
9	0	0	3,942	1	0	41
10	691	0	9,100	5	0	136
11	141	0	27,951	1	0	231
12	105	0	8,111	1	0	72
13	0	0	1,191	0	0	16
14	0	0	10,221	1	0	77
15	0	0	13,407	1	0	122
Total	3,992	0	288,384	28	0	2,945
	Viajes NBH, Fuera de Punta					
Categoría	Trabajo	Estudio	Otros	Trabajo	Estudio	Otros
1	3,533	0	10,456	25	0	103
2	307	147	854	5	1	4
3	0	0	258	0	0	1
4	12,962	420	15,678	82	4	132
5	5,462	0	10,784	37	0	57
6	2,639	0	94	5	0	1
7	16,558	323	22,357	136	4	205
8	19,500	476	19,886	112	4	174
9	3,003	178	2,609	17	1	22
10	9,436	130	9,252	67	4	73
11	17,436	139	13,681	89	1	116
12	9,520	630	7,734	54	3	49
13	836	0	308	9	0	7
14	14,004	162	9,043	50	1	71
15	14,909	1,170	19,125	83	6	114
Total	130,107	3,775	142,117	771	29	1,129

Figura 9.4
Viajes por Propósito, Período y Categoría, Período Fuera de Punta (10:00-12:00)



9.5 Resultados Calibración Tasas ACM 2 Variables

Se procedió a la aplicación de la metodología descrita en el punto anterior, para los dos períodos de modelación. Luego de calcular los modelos y sus respectivos indicadores estadísticos, se procedió a analizarlos en detalle y a seleccionar los mejores de ellos. En el Anexo B.1 se incluye todos los modelos de tasas ACM testeados, para ambos períodos del día.

Cada uno de los modelos finales seleccionados, posee indicadores estadísticos adecuados que garantizan la independencia del efecto de cada una de las variables explicativas (tanto a nivel individual como conjunta). De más está decir, que los modelos presentan un comportamiento acorde al fenómeno tratado, es decir, para los propósitos de viaje, en que las variables de ingreso y posesión de automóvil son relevantes para efectos de la generación de viajes, las tasas de generación son estrictamente crecientes según el ingreso del hogar y estrictamente crecientes según el rango de posesión de automóvil.

Los "mejores" modelos serán aquellos que conservando su capacidad predictiva, presenten las variables explicativas estadísticamente más confiables. Como se explicara anteriormente, el grado de significancia estadística de una determinada variable explicativa y su categorización se mide en base al test F . Los valores de F sirven para contrastar las hipótesis nulas, dichos valores deben compararse con los obtenidos a partir de las Tablas de distribución F para infinitos grados de libertad del denominador y el correspondiente número de grados de libertad del numerador. En el caso del ANOVA en 2 factores, la medición de efectos interactivos requirió considerar $(I-1)(J-1)$ grados de libertad, (4 grados de libertad).

Los modelos que a continuación se presentan, incluyen los viajes que se realizan en los 11 modos seleccionados o "modelables", que incluyen: caminata, auto chofer, auto acompañante, taxi colectivo, bus, metro, taxi, taxi-colectivo, auto-chofer-metro, autoacompañante-metro, bus-metro y taxi-colectivo-metro.

Es interesante señalar, que los antecedentes que a continuación se presentan, reflejan los valores y tendencias objetivas que se desprenden de la Encuesta a hogares realizada en el año 2001. Para el caso del cálculo de tasas ACM, no existe posibilidad alguna de manipulación de datos, puesto que ello introduce sesgos en la información de base.

En síntesis, el método deja que los datos “hablen”, e indiquen al modelador, las tendencias probables, así como su nivel propio de significancia estadística. La única alternativa de decisión corresponde a la del período horario, para las que las tasas son calculadas. Esto es estrictamente consistente con la metodología revisada.

9.5.1 Resultados Tasas ACM Punta Mañana

Las Tablas y Figuras siguientes presentan los modelos ACM seleccionados correspondientes a los propósitos Trabajo, Estudio-1 (Básica), Estudio-2 (Media y Superior) y Otros.

Es necesario señalar, que el modelo presentado es el que exhibe los mejores indicadores estadísticos de ajuste y además, presenta valores y tendencias acorde a la percepción del analista (tasas ACM crecientes según ingreso y motorización).

Por otro lado, el período de 2 horas es consistente con lo indicado en la metodología revisada (en que se tuvo especial cuidado de incluir los cuartos de hora representativos de hora punta). Los viajes considerados en los siguientes modelos son viajes interzonales, en modos modelados por ESTRAUS, y basados en el hogar de ida.

Tabla 9.15
Modelo de Tasa ACM, Punta Mañana: 7:15-9:15, Propósito Trabajo,
Moneda (\$) de Noviembre de 2001

Ingreso del hogar		Número de autos			Total
Rango	Ingreso (\$)	sin auto	1 auto	2 o más	
Bajo	0 – 148.226	0.0920	0.2566	0.4340	0.1673
Medio-Bajo	148.226 – 296.452	0.3013	0.4659	0.6433	0.3766
Medio	296.452 – 592. 904	0.5526	0.7172	0.8946	0.6279
Medio-Alto	592. 904 – 1.185.808	0.8104	0.9750	1.1524	0.8858
Alto	1.185.808 ó más	0.6977	0.8623	1.0397	0.7731
Total		0.4517	0.6163	0.7937	0.5271

Tabla 9.16
Modelo de Tasa ACM, Punta Mañana: 7:15-9:15, Propósito Estudio-1 (Básica),
Moneda (\$) de Noviembre de 2001

Ingreso del hogar		Número de autos			Total
Rango	Ingreso (\$)	sin auto	1 auto	2 o más	
Bajo	0 – 148.226	0.0837	0.1512	0.1845	0.1116
Medio-Bajo	148.226 – 296.452	0.1144	0.1819	0.2152	0.1422
Medio	296.452 – 592. 904	0.1437	0.2112	0.2446	0.1716
Medio-Alto	592. 904 – 1.185.808	0.1187	0.1861	0.2195	0.1465
Alto	1.185.808 ó más	0.2769	0.3444	0.3778	0.3048
Total		0.1320	0.1995	0.2328	0.1599

Tabla 9.17
Modelo de Tasa ACM, Punta Mañana: 7:15-9:15, Propósito Estudio-2 (Media y Superior),
Moneda (\$) de Noviembre de 2001

Ingreso del hogar		Número de autos			Total
Rango	Ingreso (\$)	sin auto	1 auto	2 o más	
Bajo	0 – 148.226	0.0678	0.1491	0.2670	0.1073
Medio-Bajo	148.226 – 296.452	0.1414	0.2227	0.3407	0.1810
Medio	296.452 – 592. 904	0.1872	0.2685	0.3864	0.2267
Medio-Alto	592. 904 – 1.185.808	0.1817	0.2630	0.3810	0.2213
Alto	1.185.808 ó más	0.2771	0.3584	0.4763	0.3166
Total		0.1602	0.2414	0.3594	0.1997

Tabla 9.18
Modelo de Tasa ACM, Punta Mañana: 7:15-9:15, Propósito Otros,
Moneda (\$) de Noviembre de 2001

Ingreso del hogar		Número de autos			Total
Rango	Ingreso (\$)	sin auto	1 auto	2 o más	
Bajo	0 – 148.226	0.1291	0.2354	0.3274	0.1760
Medio-Bajo	148.226 – 296.452	0.1435	0.2498	0.3418	0.1904
Medio	296.452 – 592.904	0.1764	0.2826	0.3747	0.2233
Medio-Alto	592.904 – 1.185.808	0.1806	0.2869	0.3790	0.2275
Alto	1.185.808 ó más	0.4157	0.5220	0.6141	0.4627
Total		0.1788	0.2850	0.3771	0.2257

Figura 9.5
Modelo de Tasa ACM, Punta Mañana: 7:15-9:15, Propósito Trabajo,

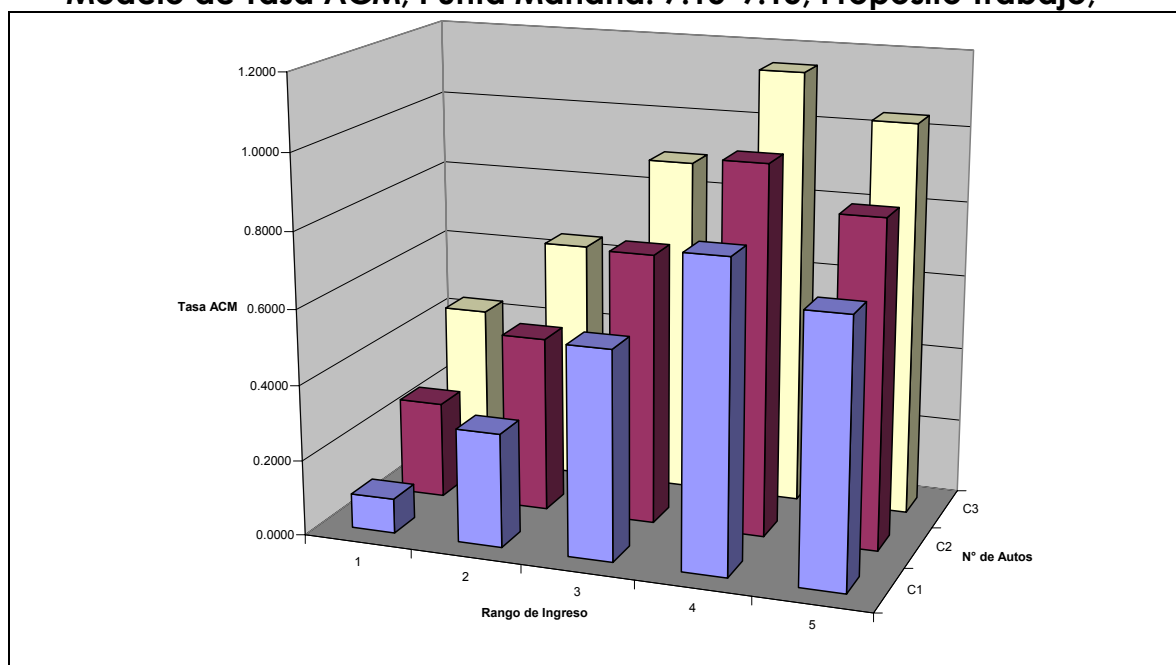


Figura 9.6
Modelo de Tasa ACM, Punta Mañana: 7:15-9:15, Propósito Estudio-1 (Básica),

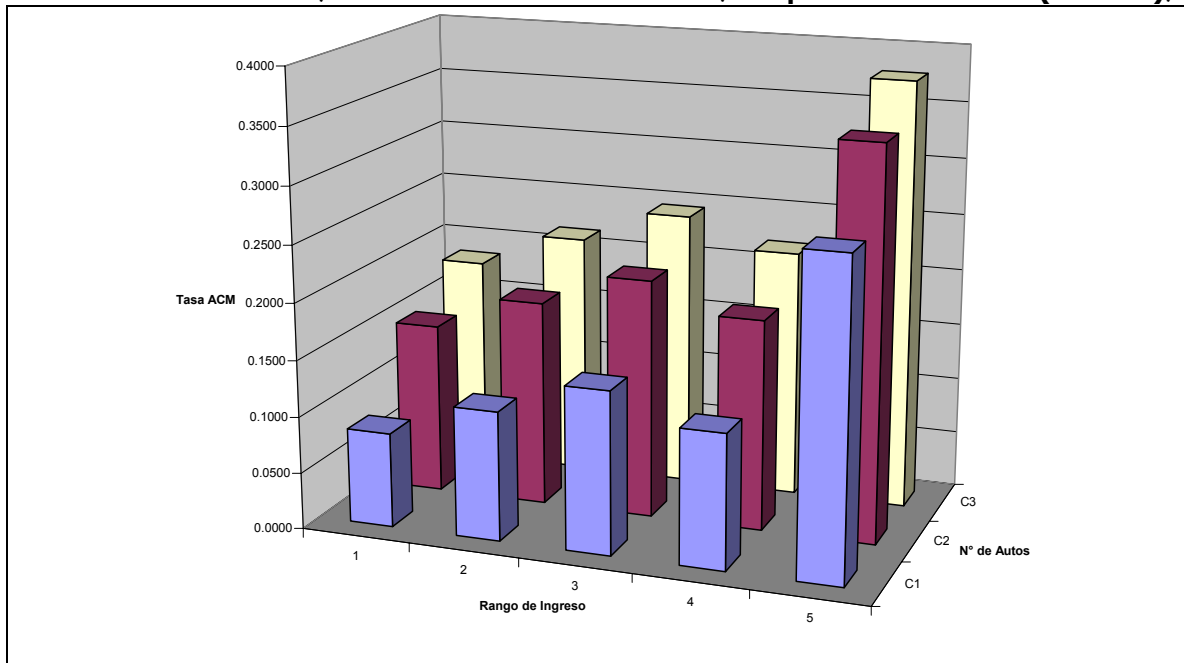


Figura 9.7
Modelo de Tasa ACM, Punta Mañana: 7:15-9:15, Propósito Estudio-2 (Media y Superior),

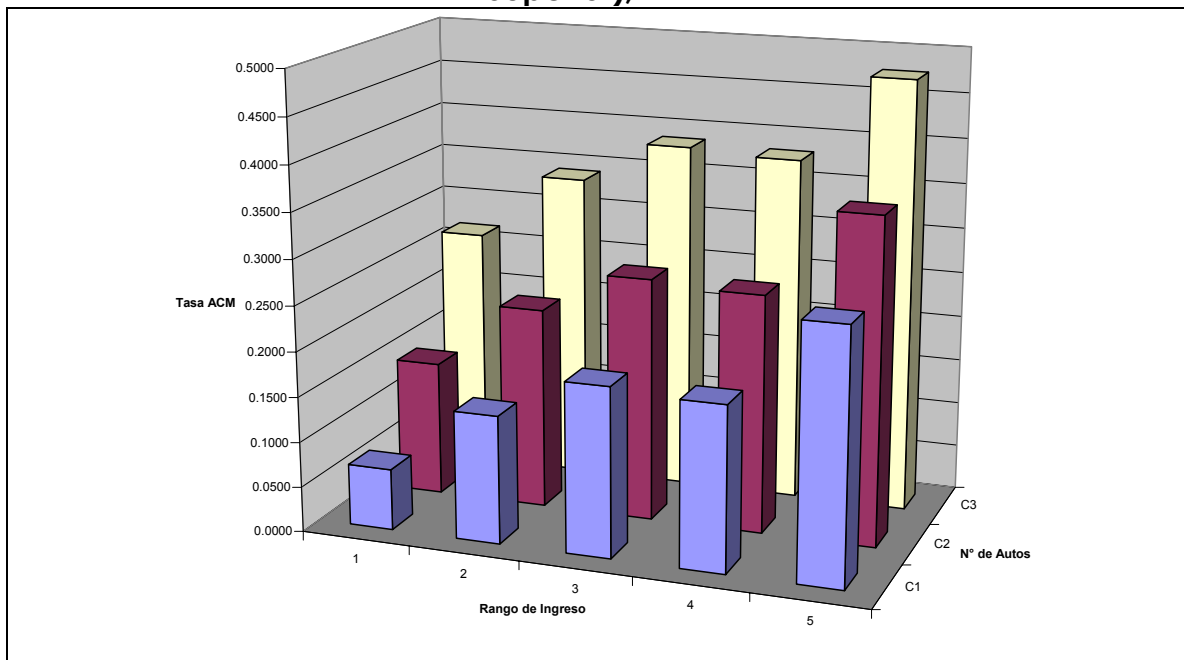
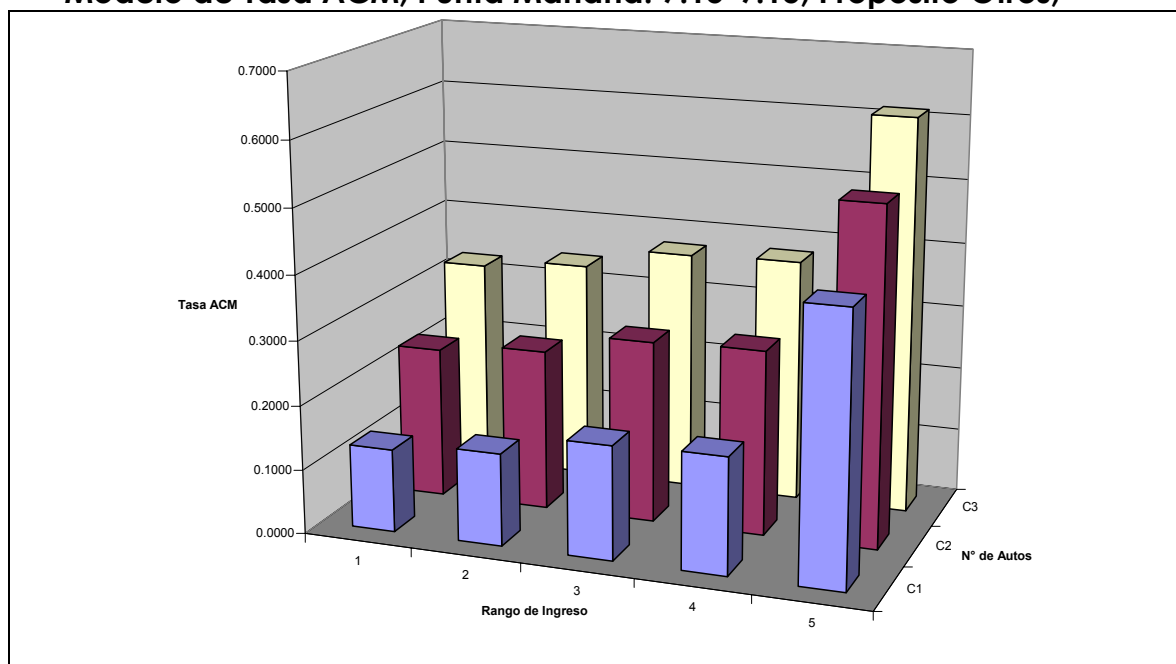


Figura 9.8
Modelo de Tasa ACM, Punta Mañana: 7:15-9:15, Propósito Otros,



El Anexo B.1 presenta todos los modelos calibrados, que respaldan la elección de este modelo.

Es interesante hacer notar que para algunos propósitos, la tendencia creciente según ingreso y motorización es estricta. Esto es especialmente cierto en el propósito trabajo, lo cual es razonable teóricamente.

Por otro lado, en términos de magnitud es importante mencionar que estas tasas no son directamente comparables con las de otras ciudades (e.j. Gran Concepción, Iquique o Valparaíso), básicamente por el diferente lapso horario (estas corresponden a un período de 1,5 horas). No obstante, se nota que los viajes en el propósito otros son muy superiores a los obtenidos para otra ciudad en el mismo período.

9.5.2 Resultados Tasas ACM Fuera de Punta

Para el período fuera de punta, los mejores modelos calibrados se obtuvieron para un período de 2 horas, el período es consistente con lo indicado en la metodología revisada (en que se tuvo especial cuidado de no incluir cuartos de hora cercanos a las horas punta mañana, punta de medio día y punta de la tarde, que poseen características diferentes a lo que es el período fuera de punta).

Las Tablas y Figuras siguientes presentan los modelos ACM seleccionados, correspondientes a los propósitos trabajo, estudio y otros, para fuera de punta. Sin perjuicio de lo anterior, el Anexo B.1 incluye todos los modelos calibrados.

Tabla 9.19
Modelo de Tasa ACM Fuera de Punta: 10:00 a 12:00 hrs, Propósito Trabajo,
Moneda (\$) de Noviembre de 2001

Ingreso del hogar		Número de autos			Total
Rango	Ingreso (\$)	sin auto	1 auto	2 o más	
Bajo	0 – 148.226	0.0053	0.0428	0.0822	0.0224
Medio-Bajo	148.226 – 296.452	0.0282	0.0657	0.1051	0.0453
Medio	296.452 – 592.904	0.0577	0.0952	0.1346	0.0748
Medio-Alto	592.904 – 1.185.808	0.0596	0.0971	0.1365	0.0767
Alto	1.185.808 ó más	0.1085	0.1460	0.1854	0.1256
Total		0.0446	0.0821	0.1215	0.0617

Tabla 9.20

Modelo de Tasa ACM Fuera de Punta: 10:00 a 12:00 hrs., Propósito Estudio (Básica, Media y Superior), Moneda (\$) de Noviembre de 2001

Ingreso del hogar		Número de autos			Total
Rango	Ingreso (\$)	sin auto	1 auto	2 o más	
Bajo	0 – 148.226	0.0012	0.0082	0.0631	0.0080
Medio-Bajo	148.226 – 296.452	0.0000	0.0063	0.0612	0.0061
Medio	296.452 – 592.904	0.0106	0.0177	0.0726	0.0175
Medio-Alto	592.904 – 1.185.808	0.0355	0.0425	0.0974	0.0423
Alto	1.185.808 ó más	0.0450	0.0521	0.1069	0.0518
Total		0.0122	0.0193	0.0741	0.0191

Tabla 9.21

Modelo de Tasa ACM Fuera de Punta: 10:00 a 12:00 hrs., Propósito Otros, Moneda (\$) de Noviembre de 2001

Ingreso del hogar		Número de autos			Total
Rango	Ingreso (\$)	sin auto	1 auto	2 o más	
Bajo	0 – 148.226	0.1671	0.2968	0.4597	0.2362
Medio-Bajo	148.226 – 296.452	0.1883	0.3179	0.4809	0.2513
Medio	296.452 – 592.904	0.2597	0.3894	0.5523	0.3257
Medio-Alto	592.904 – 1.185.808	0.2506	0.3802	0.5432	0.3123
Alto	1.185.808 ó más	0.3988	0.5285	0.6914	0.4584
Total		0.2384	0.3626	0.5256	0.2975

Figura 9.9

Modelo de Tasa ACM, Fuera de Punta: 10:00 a 12: hrs., Propósito Trabajo

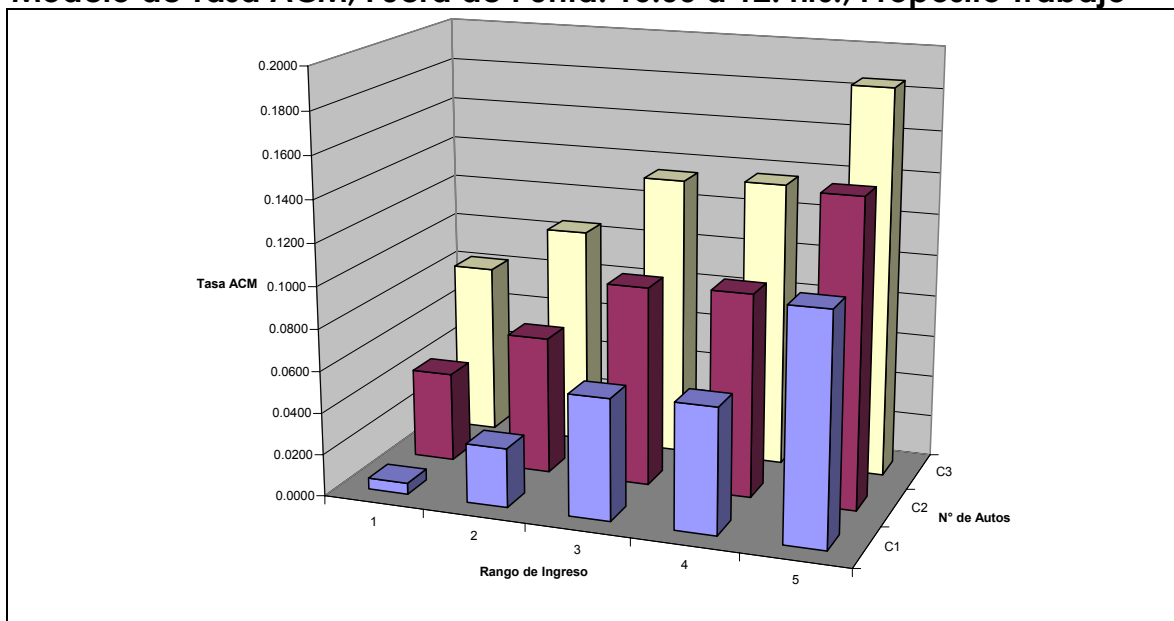
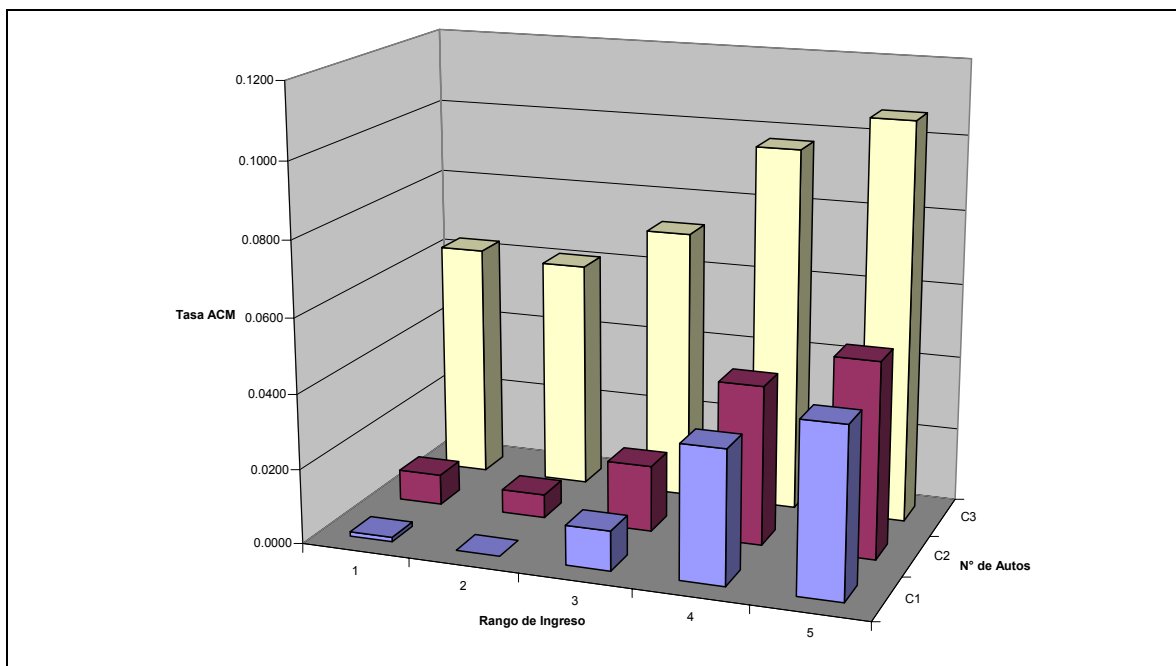
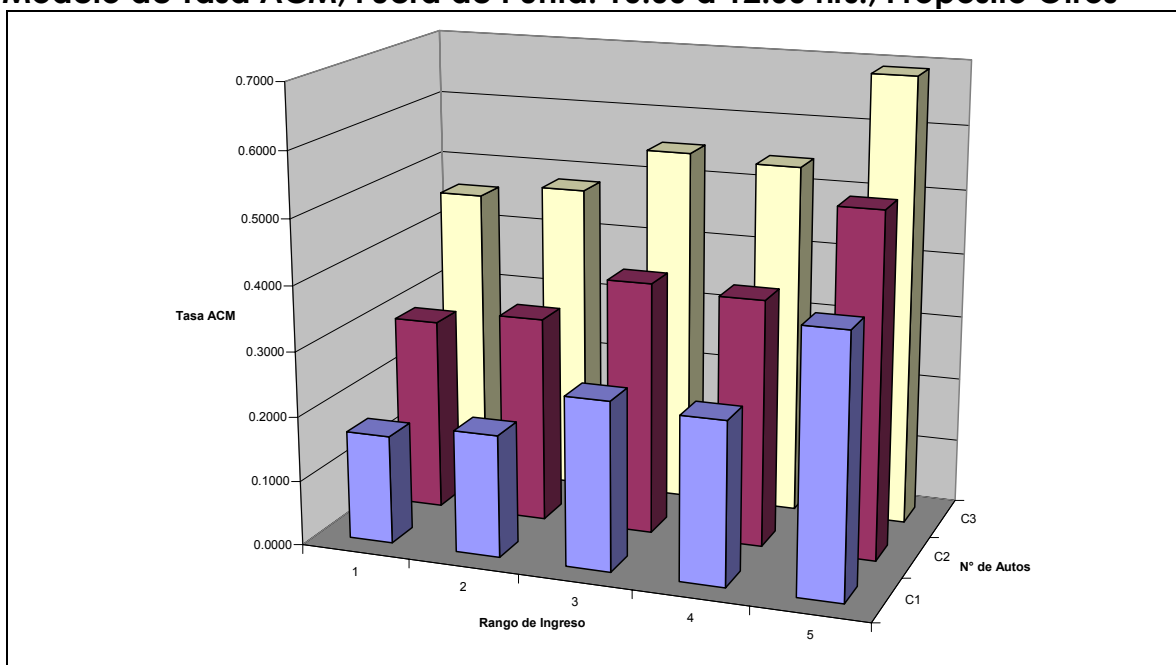


Figura 9.10

Modelo de Tasa ACM, Fuera de Punta: 10:00 a 12:00 hrs., Propósito Estudio (Básica, Media y Superior)

**Figura 9.11**

Modelo de Tasa ACM, Fuera de Punta: 10:00 a 12:00 hrs., Propósito Otros



Es interesante hacer notar que para dos propósitos (trabajo y otros), la tendencia creciente según ingreso y motorización es estricta. Por otro lado, es importante destacar que el modelo de tasas ACM para el período 10:00-12:00 presenta altos test estadísticos para todas las categorizaciones en todos los períodos. Además, es consistente con el período de medición de los niveles de servicio (10:00-11:00) y con el período de cálculo del factor de sub-reporte (10:00-11:00 y 10:00-12:00).

El período 10:15-12:15 presenta un indicador estadístico más alto en la categorización de automóviles en el propósito otros y test estadísticos similares en las otras categorizaciones-períodos. No obstante, se estima mejor el resultado en el período escogido por el conjunto de valores estadísticos obtenidos, y la estructura de las tasas. Además, el período es consistente con los períodos de medición de niveles de servicio y de cálculo del factor de sub-reporte, cosa que no ocurre con el tramo 10:15-12:15. En síntesis, el modelo obtenido es consistente, con buenos indicadores estadísticos y adecuado para la predicción de viajes basados en el hogar de ida en el período⁴.

Por otro lado, en términos de magnitud y estructura, estas tasas no son tan semejantes a las obtenidas en otros estudios. La tasa de viajes en propósito trabajo y estudio es menor a la observada en otros estudios y en el propósito otros, la tasa es casi el doble que la encontrada en el caso de Valparaíso. Esto se explica porque la encuesta realizada en el caso de Santiago permite tratar mejor viajes en cadena que en el caso de otros estudios. No obstante, la magnitud de las tasas ACM es razonable.

9.5.3 Análisis Estadístico de los Modelos

Es fácil constatar que los modelos logrados poseen en términos globales una regularidad acorde al planteamiento teórico (tasas crecientes según el nivel de ingreso y según el rango de automóviles en el hogar, para los propósito-períodos en que ello resulta razonable).

⁴ Recuérdese que sólo se consideran los viajes interzonales en modos modelados por ESTRAUS.

Por otro lado, la magnitud de las tasas ACM logradas parece bastante adecuada, habida cuenta del conocimiento del fenómeno que se está modelando. También es interesante señalar que las tasas logradas son en magnitud y tendencia, comparables a las obtenidas en el caso del Gran Santiago (ESTRAUS) y también en otras ciudades de tamaño medio .

Como las variables explicativas consideradas en este estudio tienen un número de estratos igual a 3, los valores relevantes para los grados de libertad del numerador serán los que se muestran en la Tabla 9.22. En ella aparecen además, los correspondientes valores de la distribución F para diversos valores de la probabilidad de aceptación de H_0 .

Tabla 9.22
Valores de la Distribución F (*)

Grados de libertad del numerador	Probabilidad de Aceptación de la Hipótesis Nula						
	0,250	0,100	0,050	0,025	0,010	0,005	0,001
2	1.39	2.30	3.00	3.69	4.61	5.30	6.91
3	1.37	2.08	2.60	3.12	3.78	4.28	5.42
4	1.35	1.94	2.37	2.79	3.32	3.72	4.62
5	1.33	1.85	2.21	2.57	3.02	3.35	4.10
6	1.31	1.77	2.10	2.41	2.80	3.09	3.74
8	1.28	1.67	1.94	2.19	2.51	2.74	3.27
9	1.27	1.63	1.88	2.11	2.41	2.62	3.10
10	1.25	1.60	1.83	2.05	2.32	2.52	2.96
12	1.24	1.55	1.75	1.94	2.18	2.36	2.74
15	1.22	1.49	1.67	1.83	2.04	2.19	2.51
16	1.21	1.47	1.64	1.80	2.00	2.14	2.45

(*) Considera infinitos grados de libertad del denominador.

Los análisis de contrastes de hipótesis anteriores serán aplicados en la calibración de cada uno de los modelos. La Tabla 9.23 resume los indicadores estadísticos de los modelos presentados.

Tabla 9.23
Indicadores Estadísticos de los Modelos de Tasa ACM

Período	Propósito	Indicador Estadístico			Probabilidad de Rechazo de		
	Propósito	F_A	F_B	F_{AB}	H_{oA}	H_{oB}	H_{oAB}
AM	Trabajo	31,49	7,02	3,04	100%	100%	100%
	Estudio1	11,24	8,68	0,00	100%	100%	0%
	Estudio2	9,34	26,99	0,00	100%	100%	0%
	Otros	10,71	3,67	2,61	100%	100%	100%
FP	Trabajo	7,14	5,72	7,75	100%	100%	100%
	Estudio	7,07	31,48	0,00	100%	100%	0%
	Otros	2,34	29,00	2,43	98%	100%	99%

Nótese que en general, se obtienen indicadores de bondad estadística, muy buenos. En general los estadígrafo de la variable "ingreso del hogar" (F_A), y posesión de automóvil (F_B), exhibe muy altos valores para casi todos los propósitos. Por otro lado, el estadígrafo del efecto combinado del ingreso y la posesión de automóvil es altamente significativo para el propósito trabajo y otros, pero vale cero para el caso del estudio, tanto en punta cómo en fuera de punta. Esto no representa ningún problema y sólo permite concluir que no existe una correlación entre la categorización de nivel de ingreso y número de autos, a nivel de los viajes con propósito estudio.

Los resultados obtenidos implican altas probabilidades de rechazo de la hipótesis nula (tal como se indica en la Tabla 9.23), garantizando estadísticamente que las tasas de generación de viajes son diferentes a nivel de cada categoría (ingreso y tasa de motorización). Por otro lado, de los datos de la Encuesta, se desprende que existe algún grado de interacción entre ingreso y número de autos.

9.6 Calibración de Modelos de Tasas de Atractividad ACM

El análisis de clasificación múltiple puede ser utilizado no sólo para la generación de viajes basados en el hogar de ida, sino también para la atracción de los viajes basados en el hogar de retorno. Dado que las atracciones no discriminan según categoría del hogar, en las aplicaciones realizadas se han utilizado sólo tasas globales de atracción. Normalmente este tipo de viajes es modelado mediante modelos de regresión lineal múltiple, que permiten un mejor ajuste y

además permiten obtener indicadores estadísticos de la bondad del modelo (los modelos de tasas globales de atractividad no tienen estadígrafos de bondad asociados). Se calibró tasas tanto para el período punta como fuera de punta. Normalmente los viajes en el período punta se modelan de manera más agregada, ya que el total de viajes basados en el hogar de retorno es muy bajo respecto al total. No obstante en este caso esto no es necesariamente así y la definición final debe ser tomada considerando los modelos ACM y los modelos RLM. En las Tablas siguientes se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 9.24
Resultados Tasas Atractividad, Viajes BHR, Período Punta (7:15-9:15)

Propósito	Tasa
Trabajo	0,0015
Estudio 1	0,0001
Estudio 2	0,000273
Otros	0,0739

Tabla 9.25
Resultados Tasas Atractividad, Viajes BHR, Período Fuera de Punta (10:00-12:00)

Propósito	Tasa
Trabajo	0,0031
Estudio	0,0000
Otros	0,2130

9.7 Modalidad de Corrección ACM de la Información Incluida en la EOD a Hogares

Los viajes obtenidos de la EOD a hogares (muestra), deben corregirse por el factor ACM. Ello se explica porque mediante el uso de tasas ACM, se obtiene una estructura de viajes por período cuya distribución de ingreso o modo de transporte es diferente a la que se obtiene al utilizar la información de la Encuesta a hogares en la forma tradicional.

La encuesta corregida incluye el factor de expansión correspondiente y todos los factores de corrección (sexo y edad, tamaño de hogar y subreporte de viajes). Los factores de corrección ACM, para la construcción de las nuevas matrices fueron obtenidos

como el cuociente entre las tasas calculadas por el método ACM y aquellas calculadas con el método tradicional de clasificación múltiple.

La ecuación (13) presenta la relación que permite obtener los viajes, para cada período analizado (metodología revisada).

$$V^{p,n,m*} = v_{EOD}^{p,n,m} \cdot F_{sex_edad} \cdot F_{tamhog} \cdot F_{exp} \cdot F_{sub} \cdot \left(\frac{t_{ACM}^{p,n}}{t_{EOD}^{p,n} = \left(\frac{v_{EOD}^{p,n}}{h^{p,n}} \right)} \right) \quad (13)$$

dónde:

$V^{p,n,m*}$:	Son los viajes según propósito p , categoría de usuarios n y modo m , ajustados por el método ACM.
$v_{EOD}^{p,n,m}$:	Son los viajes según propósito p , categoría de usuarios n y modo m , obtenidos directamente de la EOD a hogares.
F_{sex_edad} :	Factor de corrección por sexo y edad.
F_{tamhog} :	Factor de corrección por tamaño de hogar.
F_{exp} :	Factor de expansión.
F_{sub} :	Factor de subreporte de viajes aplicado a cada viaje según corresponda.
$t_{ACM}^{p,n}$:	Tasa ACM según propósito p , categoría de usuarios n .
$t_{EOD}^{p,n}$:	Tasa simple según propósito p , categoría de usuarios n .
$v_{EOD}^{p,n}$:	Viajes según propósito p , categoría de usuarios n , obtenidos directamente de la EOD a hogares.
$h^{p,n}$:	Hogares clasificados según propósito p , categoría de usuarios n , en la muestra.

Debe notarse que el factor de subreporte global de viajes (F_{sub}) se aplica únicamente para el período fuera de punta. Por último, es necesario recalcar que cualquier otra forma de obtener información de viajes de la EOD a hogares es errónea si no se realiza como se indica

en la fórmula (13). Los valores de corrección introducidos en la encuesta se presentan a continuación en las Tabla 9.26 a Tabla 9.32

Tabla 9.26
Factores de Corrección ACM Propósito Trabajo, Punta Mañana (7:15-9:15)

Ingreso del Hogar		Número de Autos		
Rango	Ingreso (\$)	sin auto	1 auto	2 o más
Bajo	0 – 148.226	0.5677	1.1379	0.7276
Medio-Bajo	148.226 – 296.452	0.8039	1.2390	0.9502
Medio	296.452 – 592. 904	0.8352	1.2313	1.6399
Medio-Alto	592. 904 – 1.185.808	0.8681	1.1472	1.2681
Alto	1.185.808 ó más	0.9132	1.1713	1.2873

Tabla 9.27
Factores de Corrección ACM Propósito Estudio 1 (Básica), Punta Mañana (7:15-9:15)

Ingreso del Hogar		Número de Autos		
Rango	Ingreso (\$)	sin auto	1 auto	2 o más
Bajo	0 – 148.226	0.7444	1.4570	-
Medio-Bajo	148.226 – 296.452	0.9120	0.8608	-
Medio	296.452 – 592. 904	0.8855	1.1368	1.3603
Medio-Alto	592. 904 – 1.185.808	1.1415	1.0876	1.4570
Alto	1.185.808 ó más	1.3621	1.0867	1.2202

Tabla 9.28
Factores de Corrección ACM Propósito Estudio 2 (Media y Superior), Punta Mañana (7:15-9:15)

Ingreso del Hogar		Número de Autos		
Rango	Ingreso (\$)	sin auto	1 auto	2 o más
Bajo	0 – 148.226	0.6654	0.8011	-
Medio-Bajo	148.226 – 296.452	0.8512	0.9302	2.0980
Medio	296.452 – 592. 904	0.9313	1.0677	1.0086
Medio-Alto	592. 904 – 1.185.808	1.1014	1.1049	1.3630
Alto	1.185.808 ó más	1.6784	1.5063	1.1590

Tabla 9.29
Factores de corrección ACM Propósito Otros, Punta Mañana (7:15-9:15)

Ingreso del Hogar		Número de Autos		
Rango	Ingreso (\$)	sin auto	1 auto	2 o más
Bajo	0 – 148.226	0.7302	1.3760	-
Medio-Bajo	148.226 – 296.452	0.7948	1.0745	7.0869
Medio	296.452 – 592. 904	0.9835	0.9612	1.6687
Medio-Alto	592. 904 – 1.185.808	1.0851	1.1958	1.2224
Alto	1.185.808 ó más	1.7420	1.0846	1.2780

Tabla 9.30
Factores de corrección ACM Propósito Trabajo, Fuera de Punta (10:00-12:00)

Ingreso del Hogar		Número de Autos		
Rango	Ingreso (\$)	sin auto	1 auto	2 o más
Bajo	0 – 148.226	0.2604	0.8288	-
Medio-Bajo	148.226 – 296.452	0.6117	1.9733	0.2680
Medio	296.452 – 592. 904	1.0368	0.8889	2.2008
Medio-Alto	592. 904 – 1.185.808	1.0635	1.1499	1.4697
Alto	1.185.808 ó más	0.5711	1.6302	1.2520

Tabla 9.31
Factores de Corrección ACM Propósito Estudio, Fuera de Punta (10:00-12:00)

Ingreso del Hogar		Número de Autos		
Rango	Ingreso (\$)	sin auto	1 auto	2 o más
Bajo	0 – 148.226	0.1445	1.8467	-
Medio-Bajo	148.226 – 296.452	0.0000	0.7899	-
Medio	296.452 – 592. 904	0.5255	1.3225	4.6184
Medio-Alto	592. 904 – 1.185.808	1.3810	1.4204	0.8297
Alto	1.185.808 ó más	2.7575	1.3680	1.5326

Tabla 9.32
Factores de Corrección ACM Propósito Otros, Fuera de Punta (10:00-12:00)

Ingreso del Hogar		Número de Autos		
Rango	Ingreso (\$)	sin auto	1 auto	2 o más
Bajo	0 – 148.226	0.7491	0.7492	0.5305
Medio-Bajo	148.226 – 296.452	0.8292	0.9685	0.5073
Medio	296.452 – 592. 904	0.9600	1.0066	0.9434
Medio-Alto	592. 904 – 1.185.808	1.0523	1.0693	1.7081
Alto	1.185.808 ó más	3.8000	1.5165	1.1295

9.8 Calibración de Modelos Mediante RLM

Esta sección tiene por objeto presentar los resultados de la calibración de modelos de generación de viajes y atracción de viajes, que no pueden ser explicados adecuadamente por el método de tasas ACM. Consistente con lo recomendado en la metodología revisada, para tratar estos casos, se usa la técnica de Regresión Lineal Múltiple (RLM).

La Tabla 9.33 presenta un resumen esquemático de los modelos de Generación y Atracción calibrados. Dicha clasificación es sólo genérica, puesto que el tipo y número de modelos a calibrar son distintos para punta y fuera de punta.

Tabla 9.33
Resumen de Modelos Calibrados de Generación y Atracción

Tipo de Viaje	Generación	Atracción
Bhi(basado en el hogar de ida)	tasas ACM	RLM (2)
Bhr(basado en el hogar de retorno)	RLM (1)	tasas ACM
Nbh(no basado en el hogar)	RLM (1)	RLM (2)

Tasas ACM : Modelos basados en el método de Análisis de Clasificación Múltiple, para explicar la generación de viajes basados en el hogar de ida. Dado que el origen es el hogar, siempre la variable explicativa son los hogares según categoría.

RLM(1) : Modelo de regresión lineal múltiple para explicar la generación de viajes bhr y nbh.

RLM(2) : Modelo de regresión lineal múltiple para explicar la atracción de viajes bhi y nbh.

Los períodos definidos para el análisis son el período punta mañana (07:15-09:15 horas) y el período fuera de punta (10:00-12:00 horas). La única diferencia en la calibración entre ambos períodos serán los valores de la variable endógena o explicada, es decir, el número de viajes atraídos (o generados) por zona. Lo anterior se debe a que los valores de las variables explicativas no varían en general entre períodos (a excepción de las matrículas, en que es posible distinguir jornadas).

En general, los modelos de RLM estiman el número de viajes atraídos (o generados) por una zona como una función lineal de ciertas **variables relacionadas con el equipamiento y usos de suelos de la zona**.

Las variables que interesan aquí son aquellas que generan actividades asociadas a cada propósito de viaje, y habitualmente deben ser recogidas desde fuentes independientes (por ejemplo SII, Ministerio de Educación, planos reguladores, etc.).

La expresión típica de un modelo de atracción (generación), para un propósito determinado, es la siguiente:

$$D_j^p = \theta_0 + \sum_k \theta_k \cdot X_{jk} + \varepsilon_j \quad (14)$$

dónde:

D_j^p : Número de viajes con propósito p atraídos (generados) por la zona j .

θ_k : Parámetros de calibración

X_{jk} : Variables explicativas (promedios zonales).

ε_j : Error de la estimación para la zona j .

Nótese que las hipótesis básicas para que un modelo de regresión lineal múltiple (RLM) esté bien especificado son las siguientes:

- i. El valor esperado del error es cero ($E(\varepsilon_i) = 0$) ($V(\varepsilon_i) = V(\varepsilon_j) = \sigma^2$, con $i \neq j$).
- ii. La varianza del término del error es constante ($V(\varepsilon_i) = V(\varepsilon_j) = \sigma^2$, con $i \neq j$). Esta propiedad se conoce como "homocedasticidad".
- iii. No existe correlación, es decir, el término del error de una observación no se encuentra correlacionado con el término del error de otra observación. Las dos últimas propiedades implican que la matriz de varianzas y covarianzas del error se puede escribir como el producto entre la varianza del error por la matriz identidad:

$$\Sigma(\varepsilon) = \sigma^2 \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & & 0 \\ \dots & & & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{pmatrix} = \sigma^2 \cdot I \quad (15)$$

- iv. Las variables explicativas toman un valor fijo o determinístico. Es decir, ellas no corresponden a un valor aleatorio (esto no impide que ellas pudieran ser valores fijos producto de un proceso aleatorio).
- v. Las variables explicativas no están correlacionadas con el término de error.
- vi. Las variables explicativas no presentan una relación lineal exacta entre sí. La existencia de este problema se denomina

normalmente como “colinealidad” y produce problemas de estimación al no poder cuantificar de manera exacta la influencia de cada variable incluida en el modelo.

- vii. Las variables explicativas son medidas sin error. Es decir, la medición de ellas no incorpora un error adicional al modelo, producto de fallas en toma de los datos, etc.
- viii. En el modelo no se excluyen las variables relevantes y tampoco se incluyen las variables irrelevantes, a la hora de explicar el comportamiento de la variable endógena.
- ix. Los parámetros poblacionales se mantienen constantes a lo largo de toda la muestra. Esta condición se conoce como hipótesis de permanencia estructural, lo que significa que no hay variación en la “influencia” de una variable explicativa sobre la variable explicada.

Idealmente debiera estimarse un vector de orígenes y un vector de destinos por cada propósito y categoría de demanda, pero debido a que la definición de categorías de demanda está asociada a las características de los hogares (tasas de motorización y niveles de ingreso de los hogares), las atracciones de viajes son difíciles de clasificar por categoría⁵, puesto que ellos no se materializan en los hogares, en los períodos considerados (punta mañana y fuera de punta).

Reconociendo este hecho, la metodología supone que sólo los orígenes son clasificables por propósito-categoría y los destinos en cambio, son clasificables sólo por propósitos de viaje. No obstante, la cantidad de información disponible hace infactible la calibración de modelos de RLM por categoría.

⁵ Resulta complicado establecer un sustento teórico para el uso de un modelo diferente entre las distintas categorías. Además, dado el uso de 13 categorías, la desagregación reduce el número de observaciones por modelo, lo que implica que la calibración obtenida será de peor calidad.

Por lo tanto, se estimará un vector Origen por cada propósito de viaje y por cada categoría de demanda, pero las calibraciones se realizarán sobre la base de la suma de los vectores por categoría de demanda. De la misma forma, se estimará un vector Destino para cada propósito de viaje, con todas las categorías de demanda agregadas. En el Capítulo 19 (simulación para el año 2005, TAREA-9) se detalla la metodología considerada para construir vectores de generación y atracción a nivel zonal según categoría de viajeros ESTRAUS.

Es necesario señalar que los modelos deben cumplir las siguientes condiciones, para ser útiles a los fines del estudio:

- a) **Los modelos deben ser de tipo “predictivos”, más que explicativos.** Este punto es crucial y se refiere a que las variables explicativas deben ser factibles de predecir en el tiempo.
- b) **Los modelos deben estar correctamente “especificados”.** Ello implica que las variables explicativas deben necesariamente tener estrecha relación con la variable explicada.
- c) Los modelos deben tener **indicadores estadísticos aceptables y signos correctos.**
- d) Los modelos son **calibrados con información a nivel comunal.** Este aspecto fue consensuado con la Contraparte Técnica del Estudio, a fin de mejorar el ajuste estadístico de los modelos.

Dado lo anterior, se considera que la generación de viajes no basados en el hogar y los viajes atraídos por una zona, son función del equipamiento existente en la zona, en términos de las actividades relevantes según propósito de viaje. Se definen las actividades atractoras de viajes de la siguiente forma:

- i. Viajes con propósito **trabajo**: Estos se explican por las actividades que ofrecen empleos. Las más relevantes son el comercio, la industria, oficinas y los servicios. No obstante, variables como salud, y estacionamientos resultaron significativas en un número importante de modelos.

- ii. Viajes con propósito **estudio**: Se explican con la presencia de establecimientos educativos. En este caso las variables explicativas más importantes dicen relación con el número de matrículas por nivel de educación (básica, media y superior) y deseablemente según jornada. También se pueden utilizar superficies (aunque tal como se indica más adelante es una variable dominada).
- iii. Viajes con **otros** propósitos: Corresponden a las subcategorías "compras", "diligencias", "salud", "trámites", "social", etc. Las actividades relevantes serán comercio, servicios, salud, educación, estacionamientos, etc. Además, para incluir el efecto de los viajes con motivos sociales (en caso de justificarse) se puede incluir como variable explicativa, al total de hogares existente en la zona.

A continuación se analiza cuáles debiesen ser las **variables explicativas más adecuadas** para cada uno de los modelos. Para el caso de los viajes atraídos, basados en el hogar de retorno (bhr), es fácil notar que la variable explicativa en estos casos es el número de hogares por zona. Esta variable puede ser **categorizada por nivel de ingreso o posesión de automóvil**. Además, puede utilizarse la variable linealmente además de una o más funciones no lineales de ella.

Los viajes considerados (variable explicada) se obtienen de la encuesta a hogares expandida y corregida (se incluye corrección por tamaño de hogar, sexo-edad, corrección ACM y el factor de subreporte correspondiente).

Finalmente, respecto de la validación de modelos, además de los análisis estadísticos pertinentes, se plantea utilizar el índice de correlación lineal, entre viajes observados y modelados, tal como está indicado en la metodología revisada. Con el objeto de lograr los objetivos planteados, las actividades desarrolladas son las siguientes:

- i. Introducción de factor y generación de factor de corrección ACM.
- ii. Procesamiento y adaptación de información socioeconómica externa.

- iii. Calibración de modelos RLM para generaciones.
- iv. Calibración de modelos RLM de atracción de viajes.
- v. Compatibilización de resultados de generación y atracción.
- vi. Análisis y evaluación de resultados.

Es importante notar que, **dado problemas de disponibilidad de alguna información (principalmente el número de matrículas por zona), los modelos planteados son calibrados con información a nivel comunal.**

9.9 Descripción de la Información Disponible Para Calibración de Modelos RLM

La información disponible proviene de diversas fuentes; entre estas se incluyen:

- a) **Encuesta Origen Destino 2001 de Viajes.** De aquí se obtienen las variables dependientes: viajes atraídos (basados en el hogar de ida, de retorno y no basados en el hogar), y viajes generados (basados en el hogar de retorno y no basados en el hogar), ambos casos por propósito y período. Dicha encuesta se encuentra expandida para representar la situación del año 2001.
- b) **Estudio “Análisis y Seguimiento Planes Estratégicos ESTRAUS, V Etapa” (SECTRA).** La información generada por este estudio se obtuvo de las bases de datos del Servicio de Impuestos Internos (SII) y corresponde a la mejor información disponible respecto a superficies totales según destino de utilización. Los usos considerados en la información recopiladas son : residencial, industria, comercio, servicios, salud, educación, almacenamiento y bodegaje, y estacionamientos. Para cada tipo de uso, se obtuvo la información de superficie total dedicada al uso, superficie construida y número de bienes.

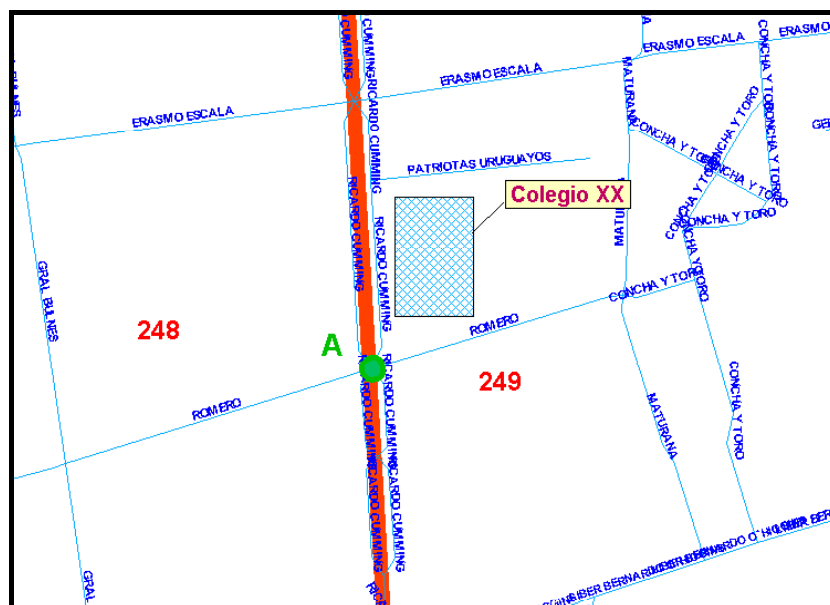
- c) Además de lo anterior, para efectos de este estudio se obtuvo la información relativa a educación, a través de SECTRA, la que recibió dicha información del ministerio de educación. Se dispone de información para el número de matrículas por zona, según tipo de enseñanza (básica, media y superior). Evidentemente esta información es de mejor calidad para efectos de calibración de modelos que la incluida en la base de datos del SII (que sólo contiene la superficie total por establecimiento). En este caso, la información también es deficiente ya que, por una parte, existen problemas de localización, y por otra, la separación según tipo de educación no está determinada.

9.9.1 Problema de Imputación de Información de Matrículas

La variable “número de matrículas de educación” por cada zona es sumamente importante en términos de capacidad explicativa dentro de los modelos de regresión, principalmente dentro del propósito estudio. Sin embargo, al utilizar esta variable en diferentes alternativas de modelos de generación y atracción de viajes, se detectaron serias deficiencias que invalidan su actual utilización como variable explicativa.

En particular, el problema detectado en la información es observado comúnmente en la codificación de este tipo de información. Dado que la información de la educación (entre otras) normalmente se encuentran asignadas a intersecciones, y las intersecciones pueden encontrarse en el límite entre varias zonas, al asignar una intersección a una zona se comete el error de imputarla a una zona errónea adyacente a la correcta. Por ejemplo, en la Figura 9.12, el **colegio XX** podría ser imputado a la intersección A, y luego las matrículas ser incluidas erróneamente en la zona 248, en vez de la 249, que sería lo correcto.

Figura 9.12
Ejemplo de Problema de Imputación de Matrículas a una Zona.



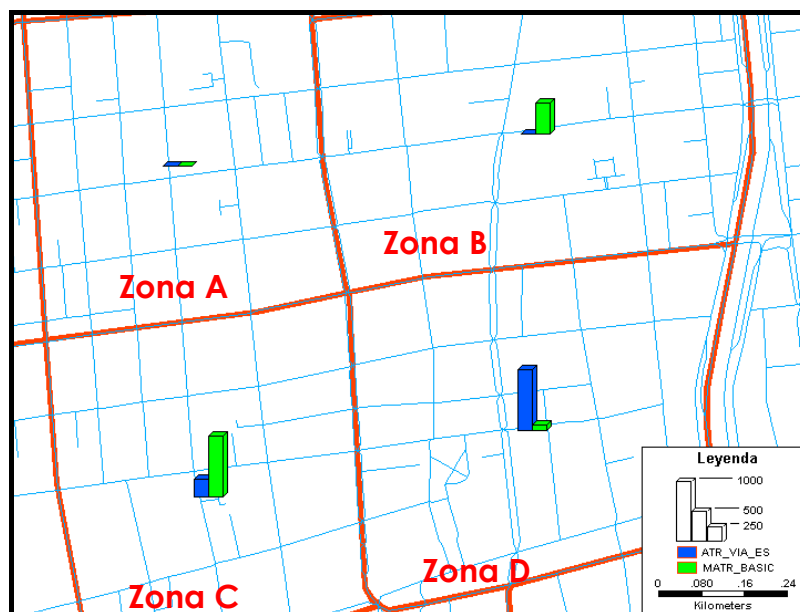
Si ocurre este problema, al graficar las matrículas versus los viajes atraídos se observa un desfase entre ambas variables.

En la Figura 9.13, se muestra en azul los viajes atraídos de estudio básico en algunas zonas, versus las matrículas de estudio básico de dichas zonas, en color verde. En este caso se observa que la zona D tiene muchos viajes, pero muy pocas matrículas.

Por otro lado, se observa que la zona B no presenta viajes de estudio, no obstante, si presenta matrículas. La zona C, por otra parte, presenta muy pocos viajes, pero muchas matrículas. Al observar una situación como la mostrada en esta figura, existen dos problemas posibles: uno es que la información de viajes esté errónea, y la otra, que la información de matrículas esté errónea.

Sin embargo, los resultados de la gran parte de los modelos no presentaron problemas, mientras que al comenzar a tratar el propósito estudio se detectó la distorsión presentada. Por lo tanto, se intuye que la información errónea es la referida a número de matrículas por zona.

Figura 9.13
Resultado de Problema de Imputación de Matrículas a una Zona.



Para confirmar la presencia del problema de imputación se calculó la correlación entre los viajes atraídos con propósito estudio y la cantidad de matrículas, agregando las variables a **nivel zonal y nivel comunal**. Si el diagnóstico es correcto, al agregar tales variables el problema se debiera mitigar (y prácticamente desaparecer); sin embargo, si es un problema estructural de ambas variables, se mantendrá. Los resultados se presentan en las Tablas siguientes:

Tabla 9.34
Correlaciones Entre Matrículas y Atracción de Viajes de Estudio
(bhi+nbh), Nivel Zonal y Comunal, Período Punta Mañana (7:15-9:15).

Correlaciones	Zonal		Comunal	
	Estudio1	Estudio 2	Estudio1	Estudio 2
Matrículas de enseñanza básica	0,398		0,818	
Matrículas de enseñanza media		0,483		0,920
Matrículas de enseñanza superior		0,717		0,936

Tabla 9.35
Correlaciones Entre Matrículas y Atracción de Viajes de Estudio
(bhi+nbh), Nivel Zona y Comunal, Período Fuera de Punta (10:00-12:00).

Correlaciones	Zonal	Comunal
Matrículas de enseñanza básica	0.080	0,395
Matrículas de enseñanza media	0.295	0,839
Matrículas de enseñanza superior	0.822	0,985

Se observa que la correlación aumenta significativamente al agregar la información a nivel comunal respecto del nivel zonal, lo que sugiere la presencia de un **error en la imputación de la información**.

9.9.2 Distorsión Producida en Variable Superficie de Industrias

Se observó un resultado contraintuitivo con la variable "superficie de industrias", que impidió su uso en los modelos calibrados, para el propósito trabajo y otros. La problemática esta dada por la distribución de las industrias en la ciudad de Santiago.

Dado que la gran parte de los viajes se encuentran concentrados en las zonas céntricas, y dichas zonas justamente presentan superficie de industrias muy bajas, los modelos tienden a **correlacionar negativamente dicha superficie con los viajes atraídos**, lo que es contraintuitivo desde cualquier punto de vista conceptual. Es decir, es insostenible la afirmación de que una zona que aumenta su superficie e industrias, atraiga menos viajes de trabajo.

Nótese que en la periferia de la ciudad existen grandes zonas industriales que atraen muy pocos trabajadores. Además, muchos de estos empleados pueden vivir cerca de las empresas, fuera del área de estudio. En las Figuras siguientes se observa la correlación explicada. Se grafica en azul los viajes atraídos (bhi+nbh) en el período fuera de punta, y en verde la superficie de industrias. En todas las Figuras se aprecia el efecto explicado.

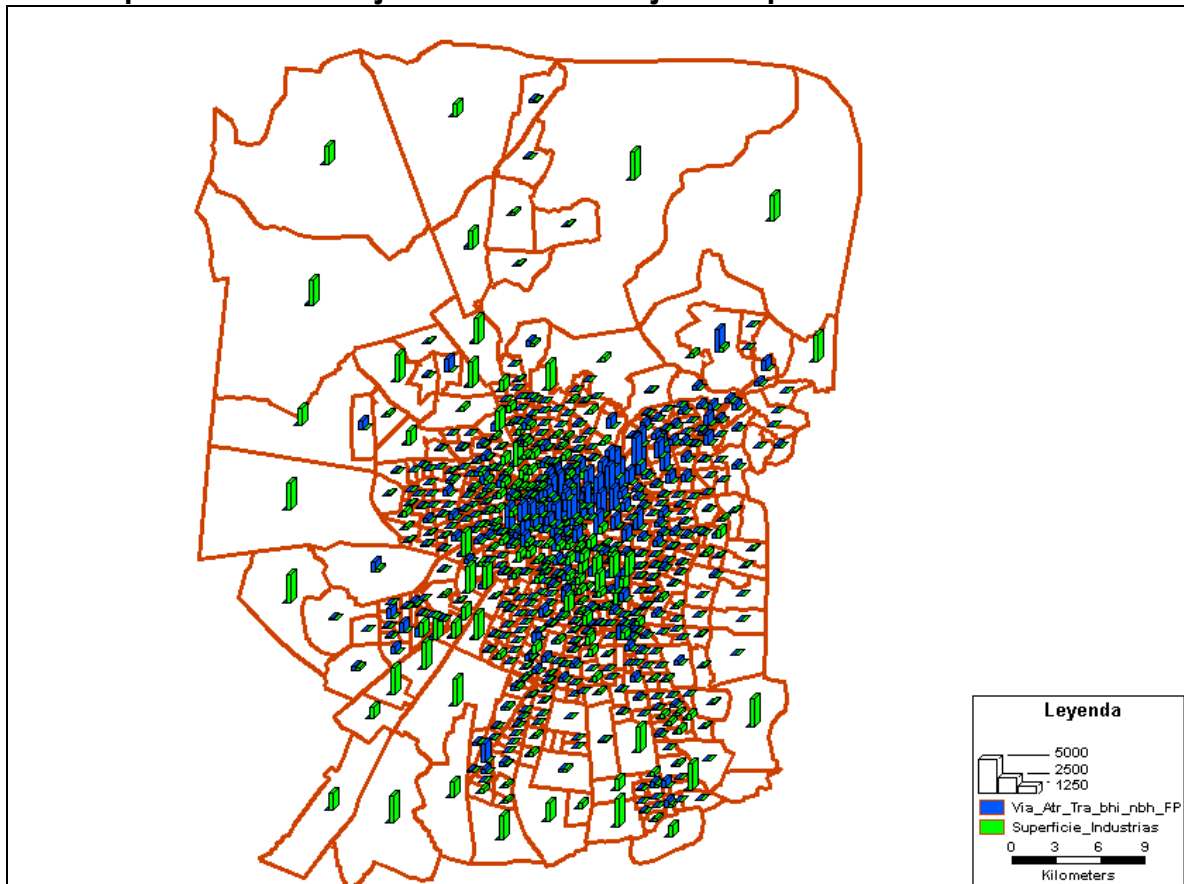
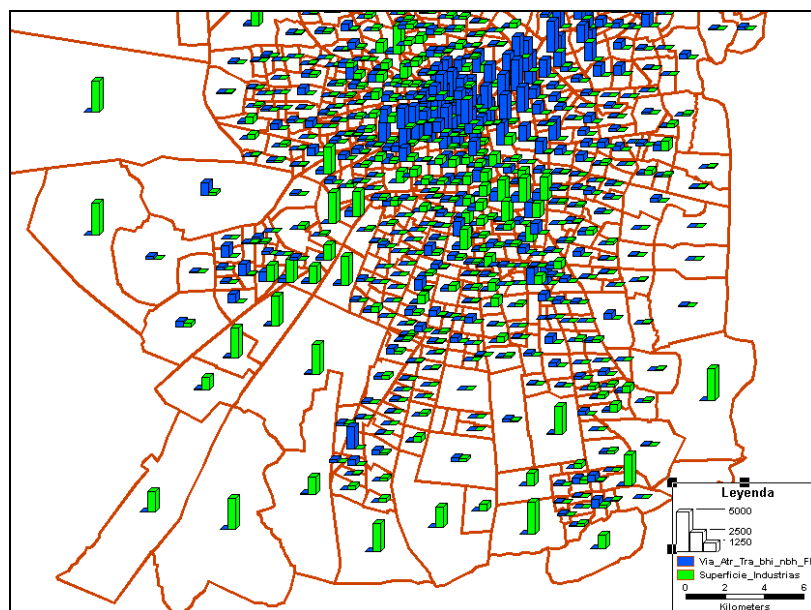
Figura 9.14**Comparación de Viajes Atraídos Trabajo vs Superficie de Industrias.****Figura 9.15****Comparación de Viajes Atraídos Trabajo vs Superficie de Industrias (zoom 1).**

Figura 9.16
Comparación de Viajes Atraídos Trabajo vs Superficie Industrias
(zoom2).

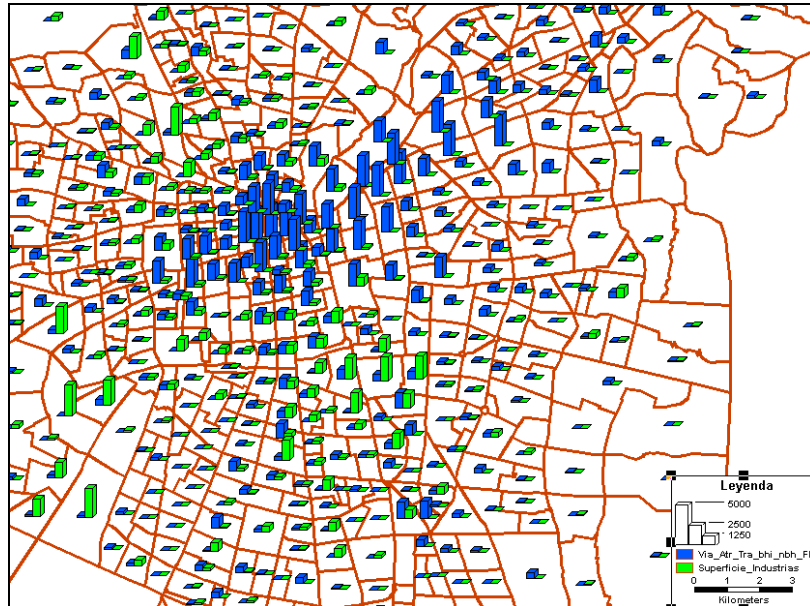


Figura 9.17
Comparación de Viajes Atraídos Trabajo vs Superficie Industrias (zoom
3)

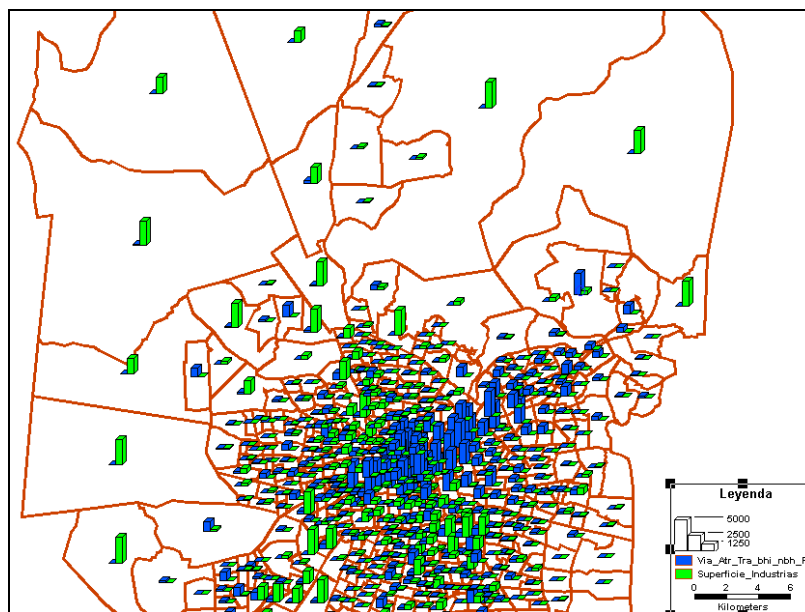


Figura 9.18
Comparación de Viajes Atraídos Trabajo vs Superficie Industrias (zoom 4)



Dada la información disponible para el estudio, dicho problema no puede ser resuelto. La información disponible para la calibración hace referencia a la superficie dedicada a industrias, la superficie construida de industrias y el número de empresas por zona. Todas estas variables mantienen el problema presentado, ya que no internalizan la diferencia entre los distintos tipos de empresa, en que grandes espacios de la industria se utilizan como bodegas o para la instalación de sistemas mecánico/eléctricos de producción.

Esto podría solucionarse, si se categoriza la información por tipo de empresa, de forma de diferenciar las empresas de la periferia. Por otro lado, una solución más definitiva y correcta podría lograrse introduciendo una variable como número de operarios industriales por zona. Sin embargo, dicha variable no se encuentra disponible en la información del estudio, y podría presentar dificultades al proyectarse a futuro.

Por lo tanto, **la variable superficie industrial por zona no pudo ser introducida en ninguno de los modelos calibrados**. Siempre su introducción entregó un valor negativo para su coeficiente, lo que obligó a retirar la variable. En síntesis, este problema resultó insuperable, e impidió el uso de la variable superficie de industrias en los modelos de regresión lineal múltiple.

9.10 Resultados de Modelos de RLM Para Generación de Viajes

La modelación de la generación de viajes se realiza con dos tipos de modelos, de manera que se utiliza uno para modelar los viajes basados en el hogar de ida (bhi), y otro para los viajes basados en el hogar de retorno y los viajes no basados en el hogar (bhr y nbh). Este procedimiento es también el recomendado por la metodología revisada.

El primer modelo normalmente es de tasas ACM, que ha demostrado entregar buenos resultados para los viajes bhi. El segundo modelo, corresponde a un modelo de regresión lineal múltiple. Nótese que la agregación de los viajes bhr y nbh obedece a que a nivel de la generación no existe un argumento teórico que permita establecer diferencias plausibles entre las variables explicativas de los viajes y su influencia en la modelación. Además, esta agregación permite aumentar el número de observaciones disponibles para la calibración lo que mejora la calidad de los modelos obtenidos.

En la Tabla 9.36 se presenta el total de viajes en el período punta mañana para los distintos propósitos y tipos, a su vez, la Tabla 9.37 muestra los viajes generados para el período fuera de punta.

Tabla 9.36
Resumen de Viajes Generados. 07:15-09:15

Tipo de viaje	Trabajo		Estudio 1		Estudio 2		Otro	
	Viajes	%	Viajes	%	Viajes	%	Viajes	%
bhi	789,290	90.8%	239,449	98.1%	299,045	98.7%	337,929	71.8%
bhr	2,934	0.3%	346	0.1%	298	0.1%	98,861	21.0%
nbh	77,399	8.9%	4,312	1.8%	3,488	1.2%	34,055	7.2%
Total	869,623	100.0%	244,108	100.0%	302,831	100.0%	470,844	100.0%

Tabla 9.37
Resumen de Viajes Generados. 10:00-12:00

Tipo de viaje	Trabajo		Estudio		Otro	
	viajes	%	viajes	%	viajes	%
bhi	92,408	40.8%	28,528	88.3%	440,500	50.6%
bhr	3,992	1.8%	0	0.0%	288,384	33.1%
nbh	130,107	57.4%	3,775	11.7%	142,117	16.3%
Total	226,507	100.0%	32,303	100.0%	871,001	100.0%

En forma similar a lo que sucede en los modelos de atracción, para aquellos propósitos en que se verifica un mayor número de viajes, los modelos obtenidos son superiores en términos de sus indicadores estadísticos. Por el contrario, para aquellos propósitos en que se verifican muy pocos viajes (p.ej. estudio), los modelos calibrados son más débiles. La notación utilizada para las variables dependientes y explicativas se resume a continuación:

Tabla 9.38
Notación Utilizada, Variable Dependiente

Sigla	Descripción
G_TRA_AM	Viajes Generados, Propósito Trabajo, 07:15-09:15
G_ES1_AM	Viajes Generados, Propósito Estudio 1, 07:15-09:15
G_ES2_AM	Viajes Generados, Propósito Estudio 2, 07:15-09:15
G_OTR_AM	Viajes Generados, Propósito Otros, 07:15-09:15
G_TRA_FP	Viajes Generados, Propósito Trabajo, 10:00-12:00
G_EST_FP	Viajes Generados, Propósito Estudio, 10:00-12:00
G_OTR_FP	Viajes Generados, Propósito Otros, 10:00-12:00
A_TRA_AM	Viajes Atraídos, Propósito Trabajo, 07:15-09:15
A_ES1_AM	Viajes Atraídos, Propósito Estudio 1, 07:15-09:15
A_ES2_AM	Viajes Atraídos, Propósito Estudio 2, 07:15-09:15
A_OTR_AM	Viajes Atraídos, Propósito Otros, 07:15-09:15
A_TRA_FP	Viajes Atraídos, Propósito Trabajo, 10:00-12:00
A_EST_FP	Viajes Atraídos, Propósito Estudio, 10:00-12:00
A_OTR_FP	Viajes Atraídos, Propósito Otros, 10:00-12:00

Tabla 9.39
Notación Utilizada, Variable Explicativa

Sigla	Descripción
SCON_RES	Superficie Construida Destinada a Residencias (m2)
SCON_IND	Superficie Construida Destinada a industrias (m2)
SCON_COM	Superficie Construida Destinada a Comercio (m2)
SCON_SER	Superficie Construida Destinada a Servicios (m2)
SCON_SAL	Superficie Construida Destinada a Salud (m2)
SCON_EDU	Superficie Construida Destinada a Educación (m2)
SCON_ALM	Superficie Construida Destinada a Almacenamiento y Bodegas (m2)
SCON_EST	Superficie Construida Destinada a Estacionamientos (m2)
SCON_OTR	Superficie Construida Destinada a Otros (m2)
SCON_TOT	Superficie Total Construida (m2)
HOG_TOT	Total de Hogares
MAT_BAS	Matriculas de Enseñanza Básica
MAT_MED	Matriculas de Enseñanza Media
MAT_SUP	Matriculas de Enseñanza Superior
MAT_TOT	Total de Matriculas

9.10.1 Variables Explicativas de Modelos de RLM

9.10.1.1 Agregación de Variables Explicativas

Las variables explicativas, exógenas o independientes de los modelos RLM contruidos corresponden a distintos usos de suelo, y fueron proporcionadas por la Contraparte Técnica (SECTRA). Dicha información se encuentra desagregada a nivel de la clasificación del SII, la que se presenta a continuación:

USOS S.I.I.

C: Comercio P: Administración pública y defensa <>:
 No clasificado

Q: Culto T: Transporte y telecomunicaciones I: Industria

S: Salud W: Sitio Eriazo M: Minería

Z: Estacionamiento V: Otros no considerados O:
 Oficina

H: Habitacional E: Educación y cultura A: Agrícola

G: Hotel, Motel D: Deporte y recreación L:

Almacenaje y bodega

Para efectos de calibración y proyección de usos de suelo, se realizó la siguiente agregación definida por la Contraparte Técnica:

Uso agregado	Usos S.I.I.
I: Industria	I+M
C: Comercio	C
R: Servicios	P+O+T+S
E: Educación	E
V: Otros	G+D+Q+V
H: Habitacional	H
A: Agrícola	A
B: Bodegas y estacionamientos	L+Z
W: Sitio eriazo	W

De los usos agregados anteriormente sólo se proyectan los 6 primeros, por lo que las variables explicativas de los modelos de generación y atracción de viajes deben contener una o más de éstas variables, sin perjuicio de que se puedan incluir otro tipo de variables como el número de matrículas, hogares y los viajes generados en otros períodos y propósitos tal como se ha realizado hasta el momento.

9.10.1.2 Cuantificación de Variables Explicadas y Explicativas

Tabla 9.40
Variables Explicadas o Dependientes (viajes cada 2 horas)

COMUNA	G_TRA_AM	G_ES1_AM	G_ES2_AM	G_OTR_AM		G_EST_FP	G_OTR_FP
CALERA DE TANGO	0	0	0	0	0	0	0
CERRILLOS	518	0	0	1,585	1,058	0	3,526
CERRO NAVIA	1,110	130	84	1,269	0	0	4,645
COLINA	91	0	0	917	463	0	1,402
CONCHALI	2,898	477	0	2,944	908	0	8,883
EL BOSQUE	800	0	0	3,429	1,157	0	6,835
ESTACION CENTRAL	2,159	671	253	6,678	3,674	133	18,113
HUECHURABA	255	0	0	944	640	0	3,556
INDEPENDENCIA	4,209	0	0	3,807	1,427	114	11,768
LA CISTERNA	1,324	0	334	3,177	2,702	0	9,367
LA FLORIDA	3,563	88	105	7,130	3,932	72	20,464
LA GRANJA	957	0	0	3,537	1,135	0	6,424
LA PINTANA	227	0	0	1,535	0	0	2,922
LA REINA	2,407	493	0	2,176	1,949	0	9,469
LAMPA	0	0	0	514	0	0	543
LAS CONDES	6,371	253	487	10,008	12,346	148	26,181
LO BARNECHEA	982	128	53	1,341	1,822	750	7,121
LO ESPEJO	382	0	0	1,514	286	0	5,819
LO PRADO	899	557	0	1,471	649	0	6,644
MACUL	1,288	159	0	3,290	3,475	0	8,664
MAIPU	1,106	0	66	5,658	8,396	0	22,287
NUNOA	5,108	226	84	7,098	4,370	1,123	12,924
PEDRO AGUIRRE CERDA	600	0	0	2,611	693	55	8,982
PENALOEN	882	0	0	3,840	592	0	3,077
PROVIDENCIA	9,992	131	1,045	10,612	17,616	590	26,950
PUDAHUEL	1,363	138	0	4,192	747	0	9,310
PUENTE ALTO	1,605	349	0	7,544	709	259	27,174
QUILICURA	269	0	0	1,266	5,369	0	3,199
QUINTA NORMAL	592	0	0	3,059	948	0	10,057
RECOLETA	3,993	0	0	2,122	3,483	0	10,359
RENCA	1,273	0	110	2,076	2,622	0	5,543
SAN BERNARDO	1,807	181	177	3,635	1,669	0	18,819
SAN JOAQUIN	570	0	0	2,828	1,840	0	5,143
SAN MIGUEL	1,994	0	172	2,549	3,114	0	12,816
SAN RAMON	771	0	0	1,071	1,083	0	3,384
SANTIAGO	15,128	1,043	743	15,268	39,981	980	86,480
VITACURA	3,008	64	671	4,331	3,788	47	12,032
TOTAL (*)	80,501	5,087	4,386	137,026	134,644	4,271	440,879

(*): el valor total (calculado a base de hogares) difiere levemente del reportado en la Tabla 9.36 y la Tabla 9.37 (calculado a base de personas); por ello, las predicciones RLM deben normalizarse con el resultado a base de personas.

Tabla 9.41
Variables Explicadas o Dependientes (viajes cada 2 horas)

COMUNA	A_TRA_AM	A_ES1_AM	A_ES2_AM	A_OTR_AM	A_TRA_FP	A_EST_FP	A_OTR_FP
CALERA DE TANGO	968	249	241	224	0	0	13
CERRILLOS	12.267	1.360	1.828	3.034	2.649	7	4.638
CERRO NAVIA	4.389	2.308	1.943	4.870	1.537	0	5.674
COLINA	5.595	1.423	947	1.154	576	0	1.229
CONCHALI	12.152	6.895	1.665	7.883	1.947	187	8.322
EL BOSQUE	6.369	5.644	4.848	8.650	993	8	7.605
ESTACION CENTRAL	18.643	6.734	13.297	15.520	8.178	1.908	20.543
HUECHURABA	10.176	746	693	2.916	1.419	0	2.949
INDEPENDENCIA	19.259	4.684	8.419	13.679	2.980	287	11.595
LA CISTERNA	12.189	4.332	10.618	6.778	4.415	14	9.518
LA FLORIDA	26.746	16.260	17.177	18.126	10.594	355	32.356
LA GRANJA	7.292	4.818	2.811	5.897	731	98	7.889
LA PINTANA	5.917	3.440	5.454	2.633	560	242	3.063
LA REINA	12.251	8.153	4.870	6.802	2.917	286	15.523
LAMPA	1.846	961	262	1.042	0	0	596
LAS CONDES	89.368	12.471	19.620	29.283	24.327	5.449	52.178
LO BARNECHEA	10.388	4.859	4.420	3.649	3.045	220	7.056
LO ESPEJO	3.794	3.024	505	3.547	834	0	6.426
LO PRADO	5.419	3.114	1.421	4.121	2.423	0	7.952
MACUL	19.077	5.124	11.022	6.995	6.178	2.919	9.785
MAIPU	28.510	11.812	13.576	13.400	9.404	1.096	35.429
NUNOA	39.092	10.028	17.833	17.504	7.317	2.260	26.933
PEDRO AGUIRRE CERDA	6.066	5.024	1.513	4.242	1.105	0	9.064
PENALOEN	9.167	6.912	1.966	6.447	1.543	7	8.058
PROVIDENCIA	100.983	10.450	26.190	35.992	28.644	3.894	36.452
PUDAHUEL	10.493	4.719	3.753	9.894	2.028	77	9.672
PUENTE ALTO	19.224	13.528	14.027	17.452	3.179	166	33.809
QUILICURA	18.896	2.385	3.170	2.628	1.002	158	4.891
QUINTA NORMAL	13.608	4.708	4.762	5.810	5.224	100	10.680
RECOLETA	23.519	5.049	7.996	10.843	9.868	0	20.229
RENCA	11.658	2.437	4.175	4.475	2.580	561	9.141
SAN BERNARDO	22.106	7.825	8.700	11.687	5.322	191	23.143
SAN JOAQUIN	16.162	1.522	4.174	3.862	2.953	5	6.092
SAN MIGUEL	22.777	5.360	11.980	13.642	6.953	261	13.088
SAN RAMON	7.788	2.969	4.065	3.284	1.199	0	3.816
SANTIAGO	234.199	17.274	68.310	61.824	66.634	13.023	111.553
VITACURA	21.978	6.626	3.948	13.332	8.496	84	21.615
TOTAL	890,331	215,227	312,199	383,121	239,754	33,863	598,575

Tabla 9.42
Variables Explicativas o Independientes (metros cuadrados)

COMUNA	SCON_HAB	SCON_IND	SCON_COM	SCON_SERV	SCON_EDUC	SCON_OTR	SCON_TOT
CALERA DE TANGO	202.193	32.504	3.609	5.353	5.241	7.940	256.840
CERRILLOS	941.413	520.381	146.799	105.831	39.417	56.056	1.809.897
CERRO NAVIA	1.521.513	54.436	83.449	18.825	64.542	30.928	1.773.693
COLINA	724.743	55.438	29293	43.974	17.714	16.491	887.653
CONCHALI	1.895.894	184.789	130.053	69.085	57.725	45.238	2.382.784
EL BOSQUE	2.177.316	101.441	95.455	28.731	97.164	35.335	2.535.442
ESTACION CENTRAL	2.157.571	414.429	213.523	175.206	181.144	96.707	3.238.580
HUECHURABA	867.759	167463	81313	145.222	23.817	29.278	1.314.852
INDEPENDENCIA	1.645.673	354.546	258.897	285.986	180.114	85.106	2.810.322
LA CISTERNA	1.908.385	194.544	199.534	73.831	111.455	83.226	2.570.975
LA FLORIDA	5.239.354	105.921	399.403	98.206	170.155	99.381	6.112.420
LA GRANJA	1.610.888	123.966	66.499	28.889	55671	33.275	1.919.188
LA PINTANA	1.610.817	22.701	38.055	15.259	82034	29.566	1.798.432
LA REINA	2.627.975	111.279	140.883	45.661	110.978	59.563	3.096.339
LAMPA	240.202	272.763	8.688	51.496	10.254	102.430	685.833
LAS CONDES	9.466.565	24.447	687.045	1.081.816	260.640	334.134	11.854.647
LO BARNECHEA	2.231.768	19.016	70.337	21.983	99.899	49.778	2.492.781
LO ESPEJO	1.282.866	43.131	87737	14.545	43.005	40.048	1.511.332
LO PRADO	1.351.107	10.048	58.601	53.525	31.184	16.643	1.521.108
MACUL	1.897.783	611.009	109.748	144.822	75.109	50.437	2.888.908
MAIPU	6.228.290	652.743	299.584	144.521	108.445	172.251	7.605.834
NUNOA	5.065.407	289.300	381.378	292.364	254.658	117.070	6.400.177
PEDRO AGUIRRE CERDA	1.874.248	68.751	132.895	30.523	58.502	63.057	2.227.976
PENALOLEN	2.276.693	53.218	99.849	27.377	73.438	33.390	2.563.965
PROVIDENCIA	5.171.841	104.389	836.742	1.745.081	350.579	289.020	8.497.652
PUDAHUEL	2.089.941	103.663	90.833	72.029	53.362	44.845	2.454.673
PUENTE ALTO	6.287.754	164.871	293.164	144.574	134.159	89.119	7.113.641
QUILICURA	1.492.755	861.635	33.835	222.476	21.971	69.758	2.702.430
QUINTA NORMAL	1.876.066	542.346	231.087	142.823	103.001	91.315	2.986.638
RECOLETA	2.551.581	474.787	407.411	191.122	145.202	110.328	3.880.431
RENCA	1.407.508	382.018	57.566	111.345	57.191	68.154	2.083.782
SAN BERNARDO	2.981.057	690.083	188.178	179.208	122.069	113.133	4.273.728
SAN JOAQUIN	1.713.212	722.167	106.182	139.707	70.220	67.632	2.819.120
SAN MIGUEL	2.049.433	511.778	212.813	233.552	145.475	125.049	3.278.100
SAN RAMON	1.113.808	41.213	74.271	14.536	41.617	20.953	1.306.398
SANTIAGO	6.017.907	1.472.256	3.554.822	4.234.773	1.048.425	903.613	17.231.796
VITACURA	3.411.505	17.336	250.882	252.423	111.187	61.265	4.104.598
TOTAL	95,210,791	10,576,806	10,160,413	10,686,680	4,616,763	3,741,512	134,992,965

Tabla 9.43
Variables Explicativas o Independientes

COMUNA	MAT_BAS	MAT_MED	MAT_SUP	MAT_TOT	HOG_TOT
CALERA DE TANGO	0	0	0	0	4.615
CERRILLOS	10.099	3.003	0	13.102	14.706
CERRO NAVIA	17.992	1.909	0	19.901	33.453
COLINA	0	0	0	0	19.388
CONCHALI	20.270	2.050	0	22.320	32.157
EL BOSQUE	30063	5.233	0	35.296	43.048
ESTACION CENTRAL	25.105	7.271	15.500	47.876	32.068
HUECHURABA	7.110	542	1.200	8.852	16.292
INDEPENDENCIA	15204	16.555	4211	35.971	18.277
LA CISTERNA	21.801	19.673	0	41.475	22.898
LA FLORIDA	65.259	14.300	0	79.559	95.805
LA GRANJA	18.818	1.918	0	20.736	32.504
LA PINTANA	27.094	1.438	1.892	30.425	44.108
LA REINA	13.708	7.331	720	21.759	25.366
LAMPA	0	0	0	0	10.865
LAS CONDES	26.815	12.699	12.727	52.242	80.810
LO BARNECHEA	9.090	3.118	1.825	14.033	17.549
LO ESPEJO	14.575	1.899	0	16.474	24.769
LO PRADO	12.525	2.095	0	14.620	26.101
MACUL	14.720	4.875	9.300	28.895	29.744
MAIPU	45743	11.318	1947	59.008	129.546
NUNOA	24.555	18.677	16.643	59.875	55.124
PEDRO AGUIRRE CERDA	16.570	3.161	0	19.731	27.508
PENALOEN	20.999	4.862	644	26.505	51.920
PROVIDENCIA	20.181	16.813	27.919	64.913	52.264
PUDAHUEL	21.182	2.932	0	24.114	52.109
PUENTE ALTO	41589	11.425	0	53.014	137.658
QUILICURA	8.919	932	0	9.851	35.761
QUINTA NORMAL	18.428	9.551	0	27.979	25.076
RECOLETA	25.798	12.573	405	38.776	35.655
RENCA	16.993	3.655	1.867	22.515	28.448
SAN BERNARDO	30.390	10.540	1.330	42.260	60.746
SAN JOAQUIN	12.593	8.853	0	21.447	24.473
SAN MIGUEL	16.948	19.470	360	36.778	22.685
SAN RAMON	16.377	3.919	17	20.312	22.729
SANTIAGO	45.936	55.235	78.237	179.408	78.345
VITACURA	11.670	5.090	1.000	17.760	23.791
TOTAL	745,119	304,915	177,744	1,227,782	1,488,361

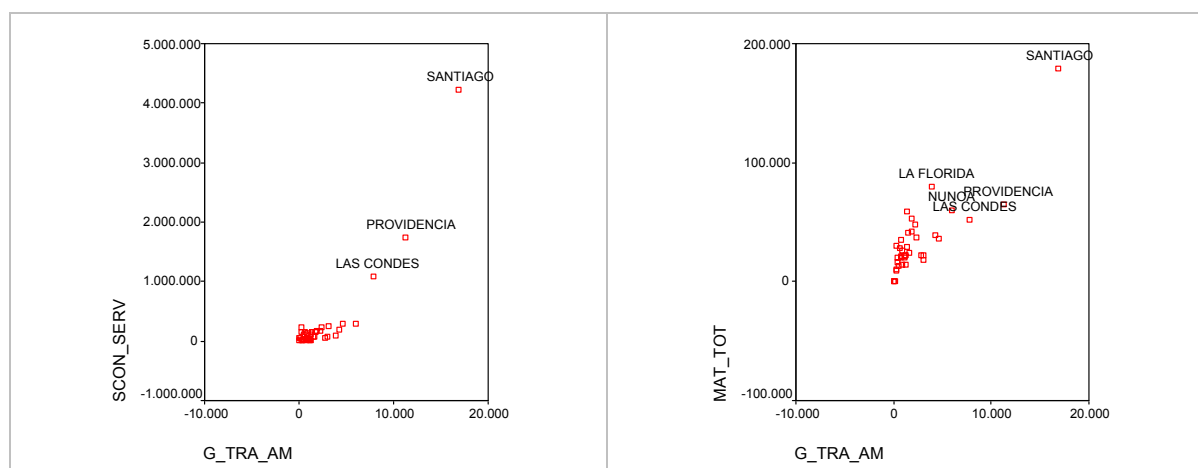
9.10.2 Modelos de Generación de Viajes BHR y NBH Período Punta

a) Generación, Propósito Trabajo (bhr+nbh). Período 07:15-09:15

La calibración se realizó a base de las 37 comunas del sector urbano de Santiago (se excluyó la comuna de Pirque por no presentar viajes). El mejor modelo calibrado se especificó con las variables explicativas superficies construidas destinadas a servicios, salud, y el total de matriculas de la comuna. En los gráficos de la Figura 9.19 se presenta la dispersión entre las variables explicativas y los viajes observados para este propósito.

Figura 9.19

Variables Explicativas versus Viajes Generados, propósito Trabajo, 07:15-09:15



El coeficiente de regresión múltiple ajustado considerando estas variables explicativas resultó ser de 0,855. Esto significa que la regresión múltiple explica un 85,5% de la variación total en los viajes. Este resultado es muy positivo, ya que este modelo predice una parte muy importante de los viajes en el período punta mañana. En la Tabla 9.44 se presentan los valores de los coeficientes, así como su significancia estadística. Se observa que todos los coeficientes son significativamente distintos de 0, a excepción del intercepto.

Tabla 9.44**Resultados Generación, Propósito Trabajo. Período 07:15-09:15**

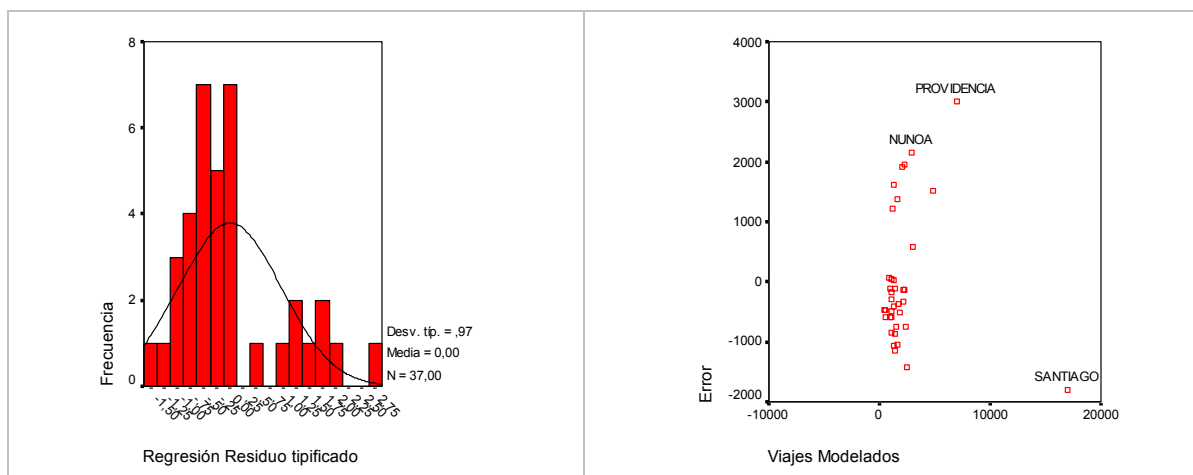
V. Independiente	Coeficiente	Error típ.	t	Probabilidad
Intercepto	452,7697	329,0003	1,3762	17,78%
SCON_SER	0,0027	0,0005	5,6473	0,00%
MAT_TOT	0,0286	0,0113	2,5211	1,66%

El resumen del modelo obtenido se muestra en la Tabla 9.45.

Tabla 9.45**Resumen del Modelo Obtenido**

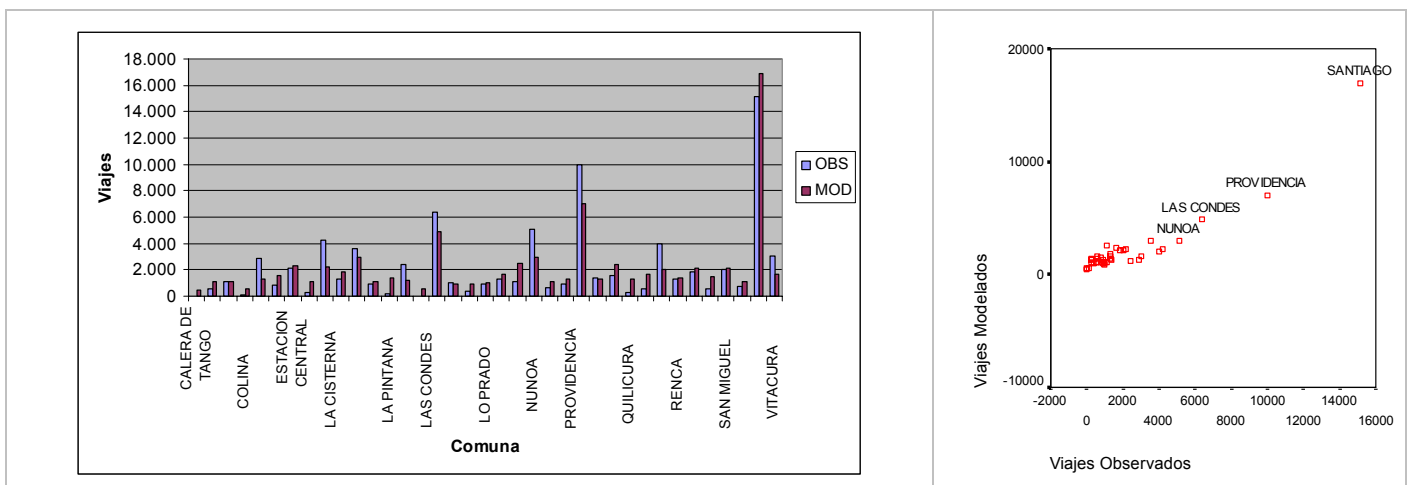
R2	0,8631				
R2 Ajustado	0,8550				
Error típ. de la estimación	1135,208				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	276.184,281	2	138.092.140,322	107,156	0%
Residual	43.815,701	34	1.288.697,078		
Total	319.999,981	36			

En la Figura 9.20 se muestra el histograma de los errores normalizados, así como la curva normal de estos y la dispersión entre los errores y los viajes modelados. En los gráficos se distingue un grupo de casos que se escapan de la nube de errores, que son las comunas de Las Condes, Providencia y Ñuñoa, las cuales pueden ser agrupadas en una variable dummy.

Figura 9.20**Distribución de los Errores**

Por otra parte en la Figura 9.21 se presenta los viajes observados versus modelados, el primer gráfico muestra, por comuna, la diferencia entre ambos viajes para cada comuna, en tanto el segundo gráfico se incluye para distinguir con mas claridad el nivel de ajuste del modelo y corresponde a la dispersión entre los viajes observados y modelados.

Figura 9.21
Viajes Observados versus Viajes Modelados



En los gráficos anteriores se observa como las comunas antes mencionadas no presentan un muy buen ajuste.

- **Modelo Con Variable Dummy**

Al utilizar una variable dummy para las 3 comunas anteriores el coeficiente de regresión múltiple mejora de un 85% a un 91%. Este resultado es muy positivo, ya que indica que este modelo predice una parte muy importante de los viajes (bhr y nbh) en el período punta mañana. Además todos los coeficientes son significativos a un 95% de confianza (a excepción del intercepto). **Debe notarse, tal como se especifica en el pie de página de la Tabla 9.46, que la variable dummy en este caso está asociada al intercepto y no a la pendiente del plano de regresión. Es decir, la calidad del ajuste mejora flexibilizando el término constante de la regresión y no la pendiente de alguna de las variables explicativas. Este enfoque es el mismo para todos los modelos que sí consideran intercepto y además variables dummy.** En la Tabla 9.48 y Tabla 9.47 se presenta los nuevos coeficientes obtenidos y los indicadores generales del modelo.

Tabla 9.46
Resultados Generación, Propósito Trabajo. Período 07:15-09:15

V. Independiente	Coefficiente	Error típ.	t	Probabilidad
Intercepto	311,9430	258,5111	1,2067	23,61%
SCON_SERV	0,0024	0,0004	6,2524	0,00%
MAT_TOT	0,0291	0,0089	3,2897	0,24%
D1_TRA	2676,7097	560,6228	4,7745	0,00%

Donde:

D1_TRA: 1 para las comunas Las Condes, Providencia, Ñuñoa, 0 en otro caso.

Tabla 9.47
Resumen del Modelo Obtenido

R2	0,9190				
R2 Ajustado	0,9117				
Error típ. de la estimación	886,161				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	294.085.672	3	98.028.557,283	124,832	0%
Residual	25.914.309	33	785.282,104		
Total	319.999.981	36			

En este caso junto con mejorar la distribución de los errores también mejora el ajuste entre los viajes observados y modelados (ver Figura 9.22 y Figura 9.23) mejorando considerablemente las 3 comunas.

Figura 9.22
Distribución de los Errores

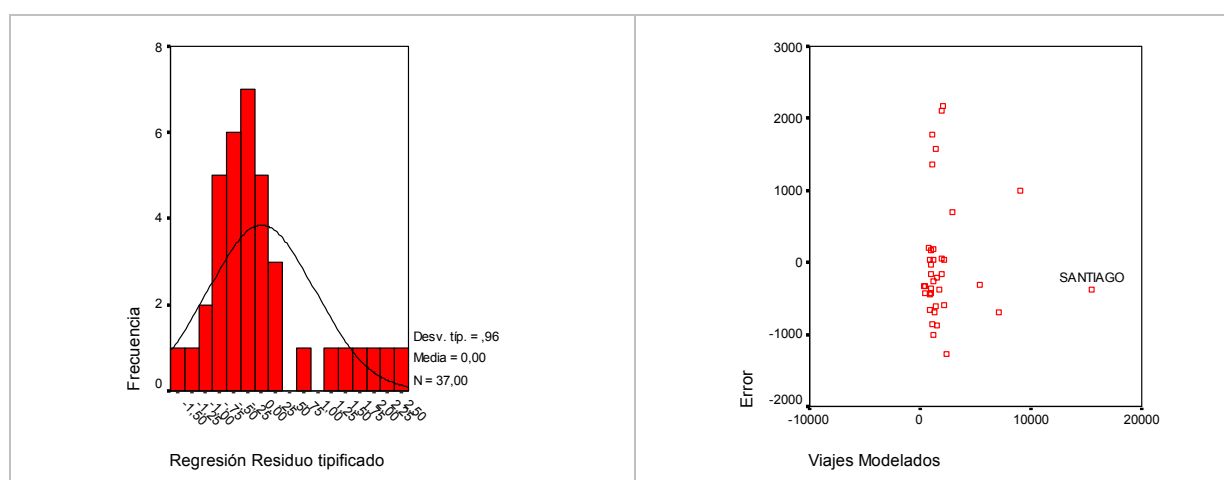
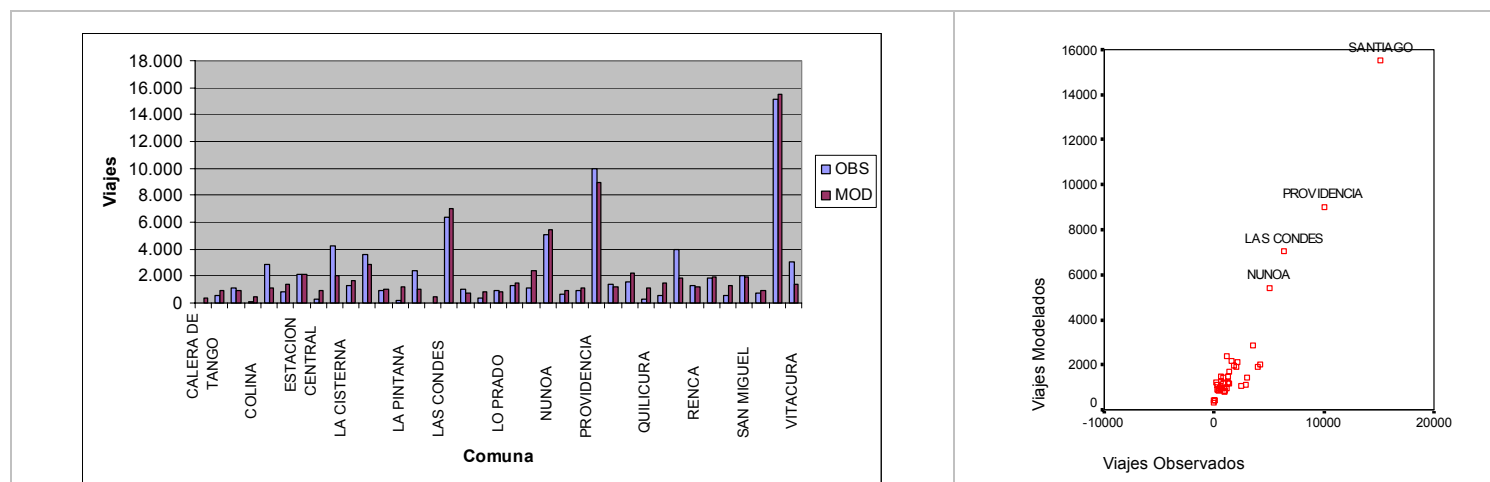


Figura 9.23
Viajes Observados versus Viajes Modelados



Dado que se está estimando los modelos de regresión a nivel comunal, para poder predecir los viajes a nivel zonal, será necesario estimar el modelo anterior pero considerando que la recta pasa por el origen. Los resultados se presentan a continuación.

• Modelo Sin Intercepto

Usando las mismas variables explicativas, el coeficiente de regresión ajustado mejora a un 90%, en tanto los coeficientes siguen siendo significativos al 95% de confianza. Los coeficientes y los indicadores generales del modelo se presentan en la Tabla 9.48 y la Tabla 9.49 respectivamente.

Tabla 9.48
Resultados Generación, Propósito Trabajo. Período 07:15-09:15

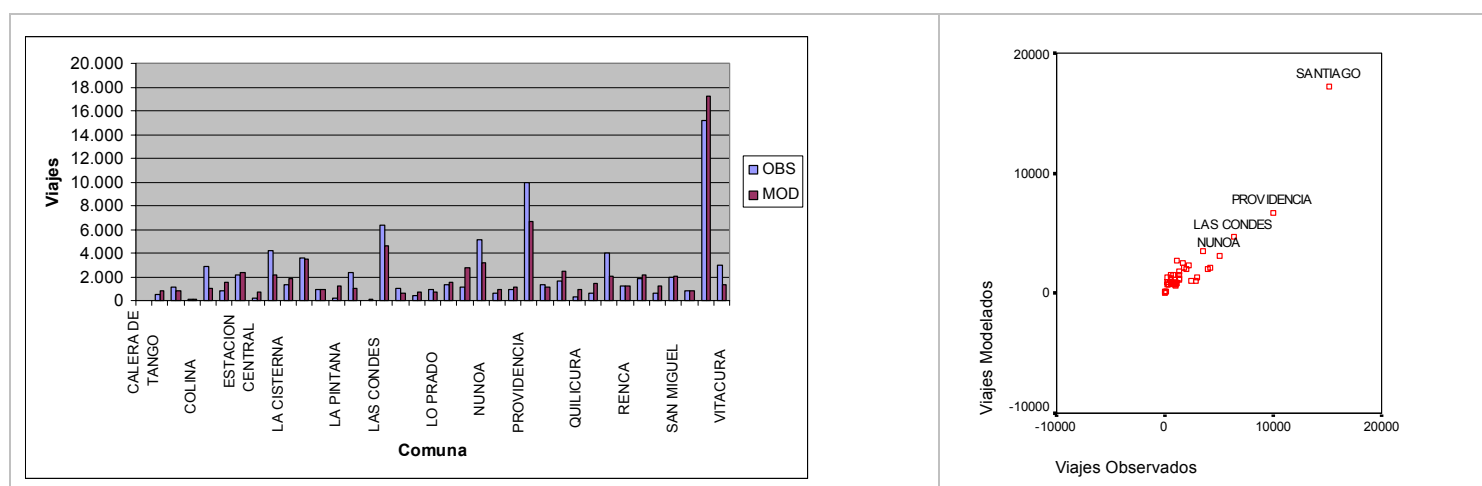
V. Independiente	Coeficiente	Error típ.	t	Probabilidad
SCON_SERV	0,0023	0,0004	5,7717	0,00%
MAT_TOT	0,0409	0,0070	5,8452	0,00%

Tabla 9.49
Resumen del Modelo Obtenido

R2	0,9066				
R2 Ajustado	0,9012				
Error típ. de la estimación	1149,614				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	448.888.369	2	224.444.184,627	169,826	0%
Residual	46.256.392	35	1.321.611,205		
Total	495.144.761	37			

En la Figura 9.24 se muestra los gráficos entre los viajes observados y modelados.

Figura 9.24
Viajes Observados versus Viajes Modelados



• Modelo Sin Intercepto con Variable Dummy

Al considerar una variable dummy para las 3 comunas antes mencionadas, asociada a la variable explicativa superficie construida destinada a servicios se obtiene un modelo con un 94% de ajuste, mayor al 91% obtenido considerando el intercepto. **Debe notarse que en este caso (ver Tabla 9.50), a diferencia de lo expuesto en la Tabla 9.46, la variable dummy modifica la pendiente del plano de regresión; este enfoque es el mismo para todos los modelos sin intercepto que consideran variables dummy.**

Los resultados se presentan en las Tablas siguientes.

Tabla 9.50
Resultados Generación, Propósito Trabajo. Período 07:15-09:15

V. Independiente	Coefficiente	Error típ.	t	Probabilidad
SCON_SERV	0,0018	0,0003	5,5971	0,00%
MAT_TOT	0,0419	0,0055	7,6858	0,00%
D2_TRA	0,0023	0,0005	4,8876	0,00%

Donde:

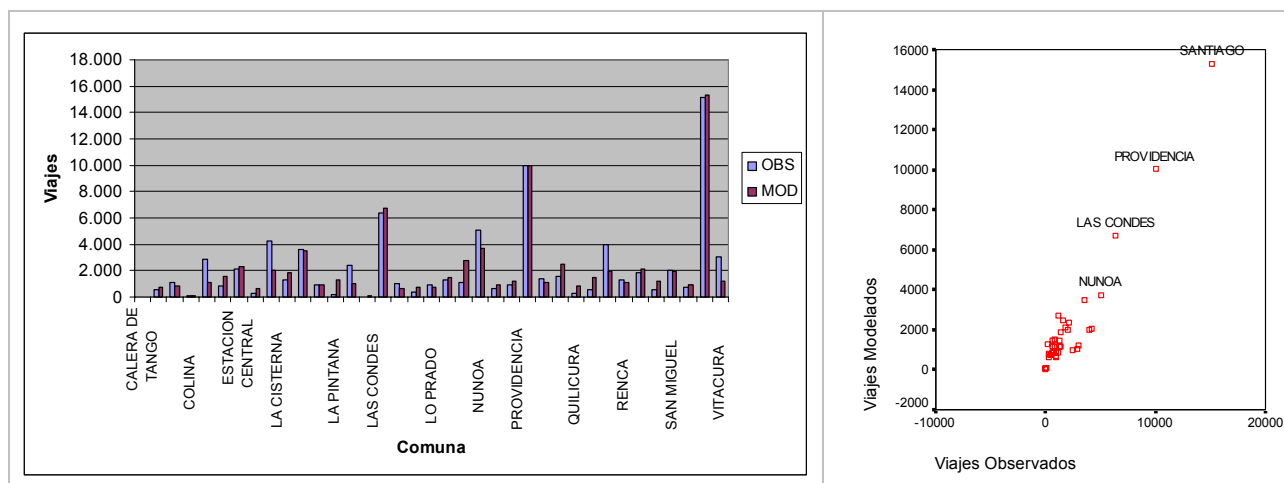
D2_TRA: 1*SCON_SERV para las comunas Providencia, Las Condes y Ñuñoa, 0 en otro caso.

Tabla 9.51
Resumen del Modelo Obtenido

R2	0,9451				
R2 Ajustado	0,9403				
Error típ. de la estimación	893,903				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	467.976.634	3	155.992.211,463	195,219	0%
Residual	27.168.127	34	799.062,560		
Total	495.144.761	37			

Graficando los viajes observados versus los modelados (Figura 9.25) se nota que para las tres comunas anteriores la diferencia entre ellos disminuye, pero siguen siendo notorias, en especial en el caso de Ñuñoa.

Figura 9.25
Viajes Observados versus Viajes Modelados

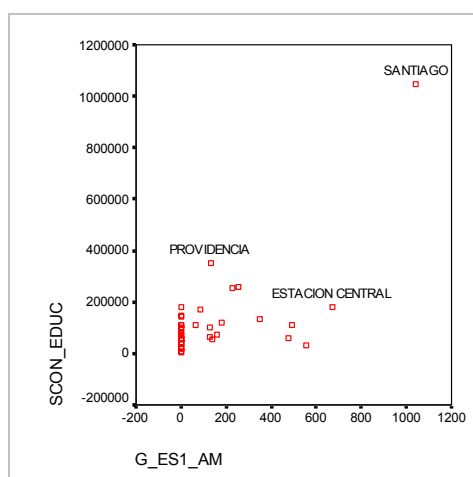


b) Generación, Propósito Estudio 1 (bhr+nbh). Período 07:15-09:15

En la estimación de un modelo para los viajes generados (bhr + nbh) con propósito estudio para el período punta mañana se utilizó la información de las 37 comunas del sector urbano de Santiago (sin considerar Pirque). El mejor modelo calibrado se especificó con la variable explicativa superficies construida destinada a educación, la dispersión entre esta variable y los viajes observados se presenta en la Figura 9.26.

Figura 9.26

Variables Explicativas versus Viajes Generados, propósito Estudio - 1, 07:15-09:15



El coeficiente de la variable independiente es significativamente distinto de 0 al 95% de confianza, no así el intercepto como se aprecia en la Tabla 9.52. En tanto en la Tabla 9.53 se observa que el modelo presenta un coeficiente de regresión ajustado deficiente (45,7%).

Tabla 9.52

Resultados Generación, Propósito Estudio 1. Período 07:15-09:15

V. Independiente	Coeficiente	Error típ.	t	Probabilidad
Intercepto	23,8835	36,1449	0,6608	51,31%
SCON_EDUC	0,0009	0,0002	5,3253	0,00%

Tabla 9.53
Resumen del Modelo Obtenido

R2	0,4476				
R2 Ajustado	0,4318				
Error típ. de la estimación	177,478				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	893.270	1	893.270,485	28,359	0%
Residual	1.102.449	35	31.498,550		
Total	1.995.720	36			

En la Figura 9.27 se presenta la distribución de los errores, en los gráficos se aprecia un grupo de casos que se escapan de la nube de errores, estos corresponden a las comunas de Conchalí, Lo Prado, Estación Central y La Reina, y por lo tanto son candidatos a ser agrupados en una variable dummy.

Pero antes se presenta la dispersión entre los viajes modelados versus los viajes observados en la Figura 9.28, donde se distingue una diferencia importante entre ambos viajes para las 4 comunas anteriores.

Figura 9.27
Distribución de los Errores

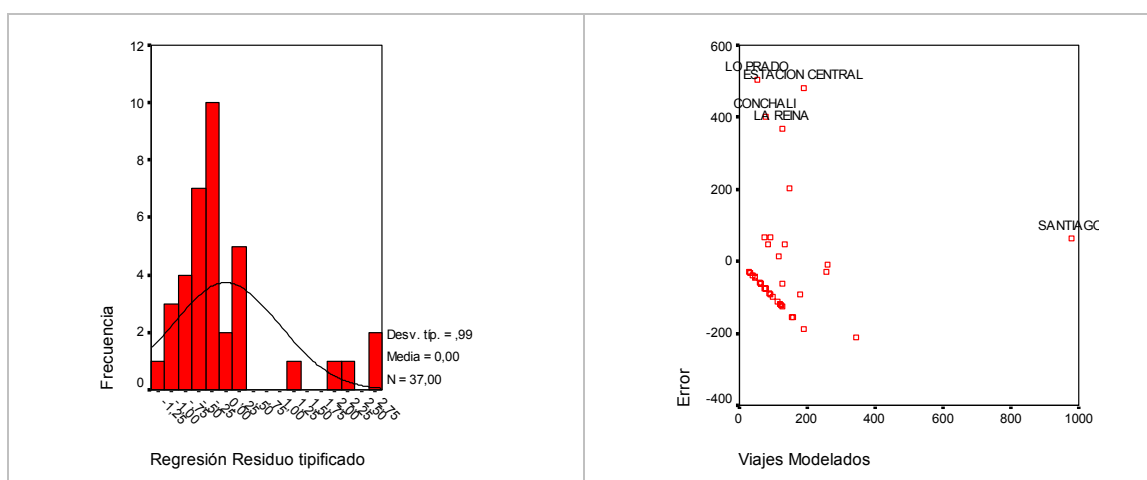
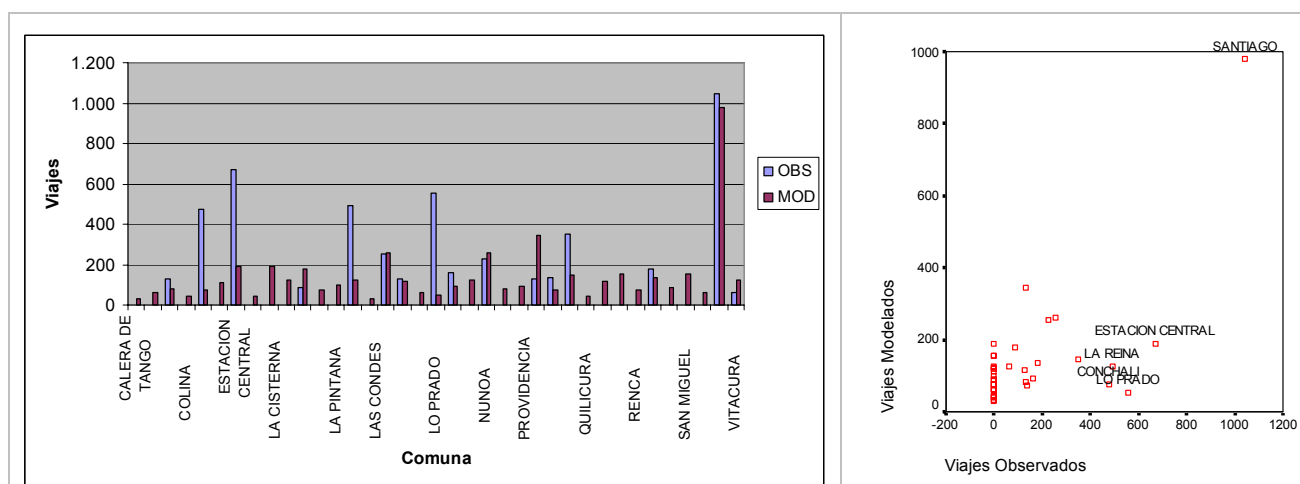


Figura 9.28
Viajes Observados versus Viajes Modelados



Dado los antecedentes anteriores, se presentan a continuación los resultados estimando el modelo anterior, pero utilizando una variable dummy que toma el valor de 1 cuando la comuna corresponde a Conchalí, Lo Prado, Estación Central o La Reina.

• Modelo con Variable Dummy

Al utilizar una variable dummy para las 4 comunas anteriores el coeficiente de regresión múltiple mejora de un 43% a un 87%, obteniendo un modelo bastante bueno considerando el bajo nivel de viajes. En la Tabla 9.54 y Tabla 9.55 se presenta los nuevos coeficientes obtenidos y los indicadores generales del modelo.

Tabla 9.54
Resultados Generación, Propósito Estudio 1. Período 07:15-09:15

V. Independiente	Coefficiente	Error típ.	t	Probabilidad
Intercepto	-36,2375	17,8051	-2,0352	4,97%
SCON_EDUC	0,0010	0,0001	11,9933	0,00%
D1_ES1	493,6780	44,2010	11,1689	0,00%

Donde:

D1_ES1: 1 para las comunas Conchalí, Lo Prado, Estación Central o La Reina, 0 en otro caso.

Tabla 9.55
Resumen del Modelo Obtenido

R ²	0,8817				
R ² Ajustado	0,8747				
Error típ. de la estimación	83,335				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	1.759.597	2	879.798,561	126,685	0%
Residual	236.123	34	6.944,783		
Total	1.995.720	36			

En este caso junto con mejorar la distribución de los errores también mejora el ajuste entre los viajes observados y modelados (ver Figura 9.29 y Figura 9.30) mejorando considerablemente las 4 comunas anteriores.

Figura 9.29
Distribución de los Errores

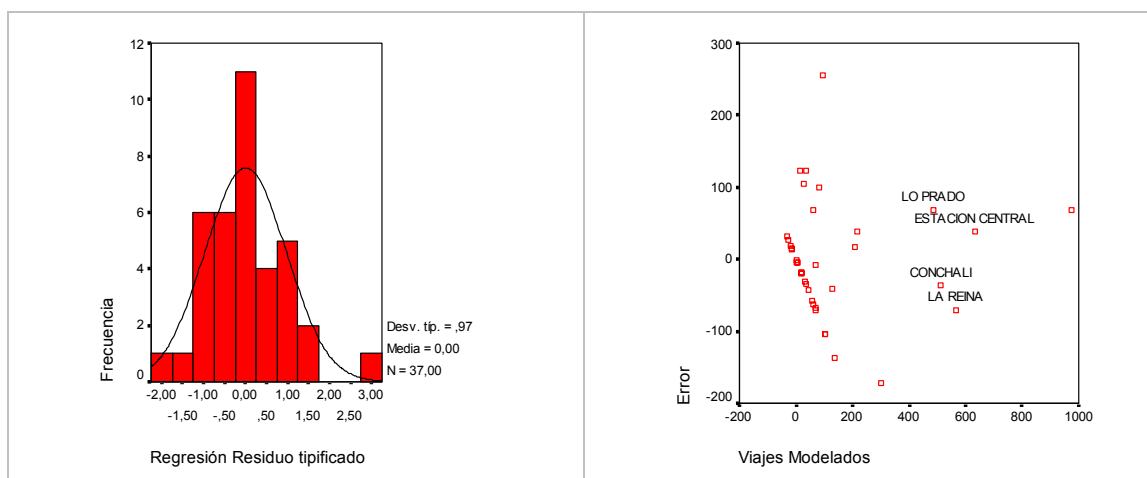
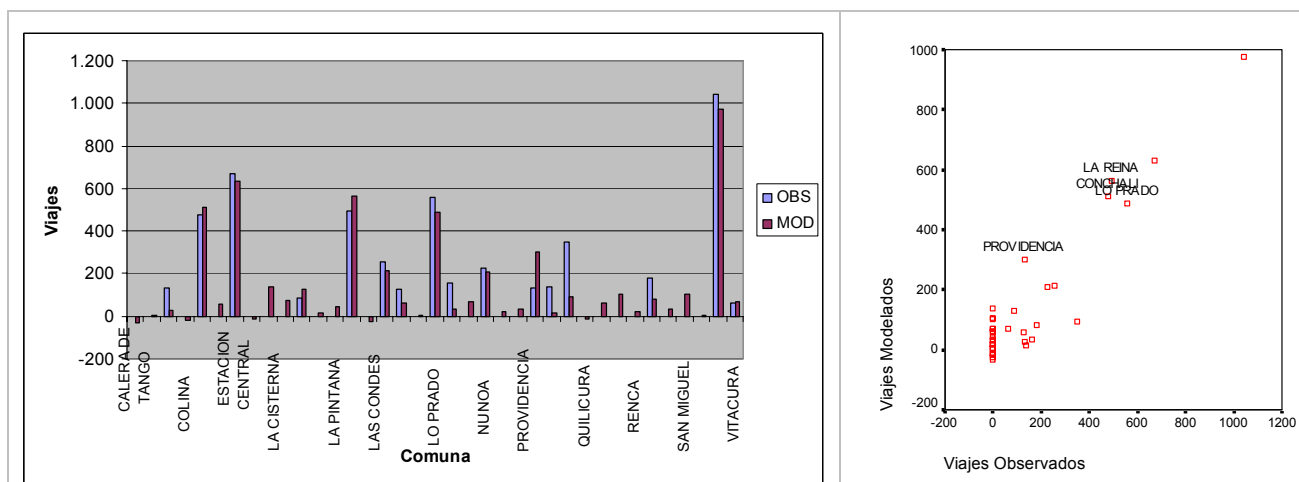


Figura 9.30
Viajes Observados versus Viajes Modelados



• Modelo Sin Intercepto

Al considerar el modelo sin intercepto, con el fin de poder utilizarlo a nivel zonal, el coeficiente de regresión ajustado mejora a un 57,4% y el coeficiente de la variable explicativa sigue siendo significativo. Los resultados se presentan en la Tabla 9.56 y Tabla 9.57.

Tabla 9.56

Resultados Generación, Propósito Estudio-1, Período 07:15-09:15

V. Independiente	Coeficiente	Error típ.	t	Probabilidad
SCON_EDUC	0,00097719	0,000136933	7,136241135	0%

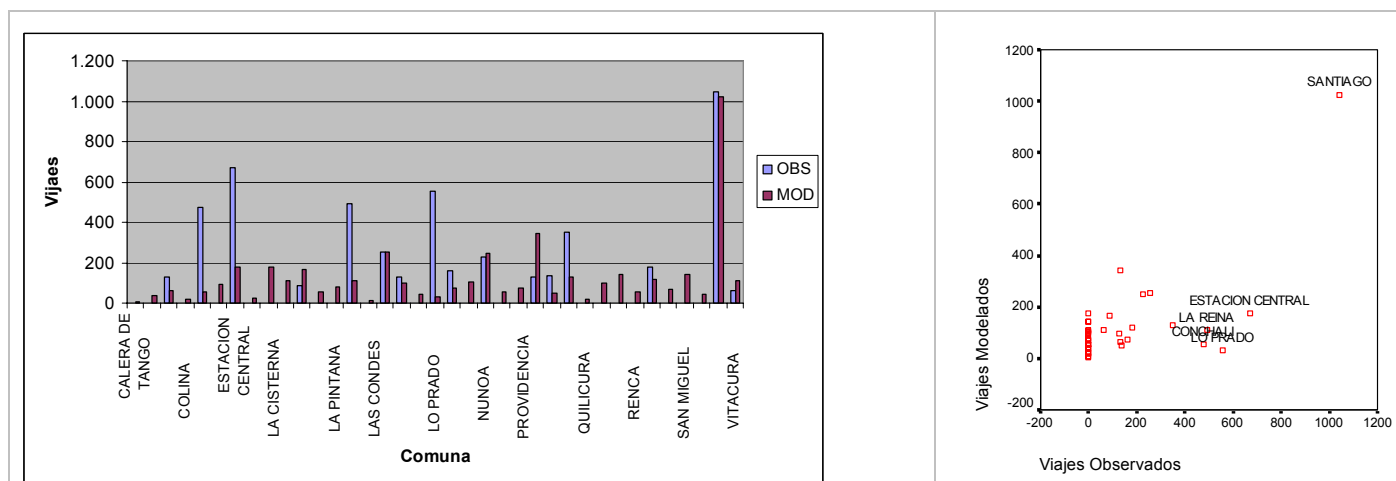
Tabla 9.57

Resumen del Modelo Obtenido

R2	0,5859				
R2 Ajustado	0,5744				
Error típ. de la estimación	176,084				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	1.578.990	1	1.578.990,020	50,926	0%
Residual	1.116.202	36	31.005,615		
Total	2.695.192	37			

Al graficar los viajes observados versus los viajes modelados (Figura 9.31) se observa que nuevamente las comunas Conchalí, La Reina, Lo Prado y Estación Central presentan diferencias importantes, por lo que se incluirá una variable dummy relacionada con la superficie construida de educación.

Figura 9.31
Viajes Observados versus Viajes Modelados



• Modelo Sin Intercepto con Variable Dummy

Al considerar una variable dummy para las 4 comunas anteriores, asociada a la variable explicativa superficie construida destinada a educación se obtiene un modelo con un 80,6% de ajuste, menor al 87% obtenido considerando el intercepto, pero se explica fundamentalmente porque este último modelo está obligado a pasar por el origen, y por lo tanto está más restringido. Los resultados se presentan en las Tablas siguientes.

Tabla 9.58
Resultados Generación, Propósito Estudio 1. Período 07:15-09:15

V. Independiente	Coeficiente	Error típ.	t	Probabilidad
SCON_EDUC	0,0009	0,0001	9,2752	0,00%
D2_ES1	0,0036	0,0005	6,6474	0,00%

Donde:

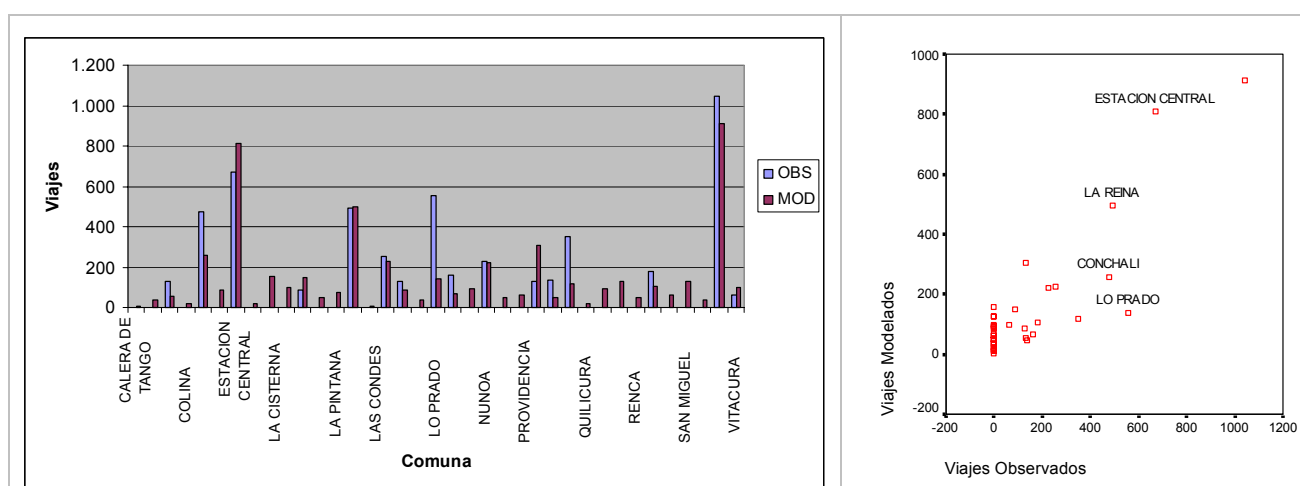
D2_ES1: 1*SCON_EDUC para las comunas Conchalí, Lo Prado, Estación Central o La Reina, 0 en otro caso.

Tabla 9.59
Resumen del Modelo Obtenido

R2	0,8170				
R2 Ajustado	0,8065				
Error típ. de la estimación	118,724				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	2.201.850	2	1.100.924,9	78,105	0%
Residual	493.342	35	14.095,496		
Total	2.695.192	37			

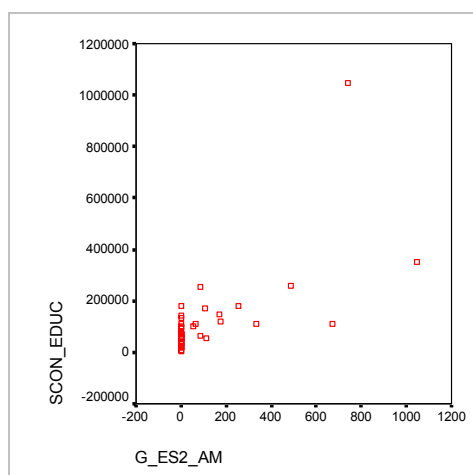
Graficando los viajes observados versus los modelados (Figura 9.32) se nota que para las cuatro comunas anteriores la diferencia entre ellos disminuye bastante, pero siguen siendo notorias.

Figura 9.32
Viajes Observados versus Viajes Modelados



c) Generación, Propósito Estudio-2 (bhr+nbh). Período 07:15-09:15

La estimación de un modelo de regresión para el propósito Estudio-2 se realizó considerando 37 comunas del sector urbano de Santiago. El mejor modelo calibrado se especificó con las variables explicativas superficies construidas destinada a educación, en la Figura 9.33 se presenta la dispersión entre los viajes generados (bhr + nbh) y esta variable.

Figura 9.33**Variables Explicativas versus Viajes Generados, Propósito Estudio-2, 07:15-09:15**

El modelo presenta coeficientes estimados significativos, con signos y valores coherentes, con intercepto. El coeficiente de regresión múltiple ajustado resultó ser de sólo 0,42 En la Tabla 9.60 se muestran los parámetros obtenidos y en la Tabla 9.61 el resumen del modelo.

Tabla 9.60**Resultados Generación, Propósito Estudio-2. Período 07:15-09:15**

V. Independiente	Coeficiente	Error típ.	t	Probabilidad
Intercepto	3,5804	37,3757	0,0958	92,42%
SCON_EDUC	0,0009	0,0002	5,2110	0,00%

Tabla 9.61**Resumen del Modelo Obtenido**

R2	0,4369				
R2 Ajustado	0,4208				
Error típ. de la estimación	183,522				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	914.572	1	914.571,627	27,155	0%
Residual	1.178.807	35	33.680,190		
Total	2.093.378	36			

En la Figura 9.34 se presenta la distribución de los errores. En ambos gráficos se aprecia que hay 2 grupos de comunas alejadas de la nube de errores, y estas son: Providencia y Vitacura, Las Condes y La Cisterna. Es más, dichas comunas son las que presentan mayores diferencias entre los viajes observados y modelados como se observa en la Figura 9.35.

Figura 9.34
Distribución de los Errores

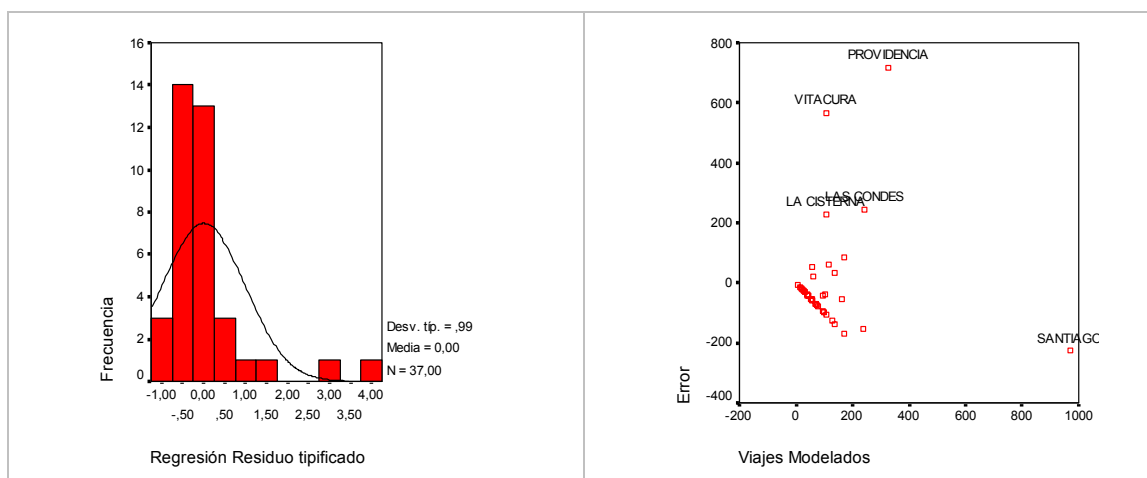
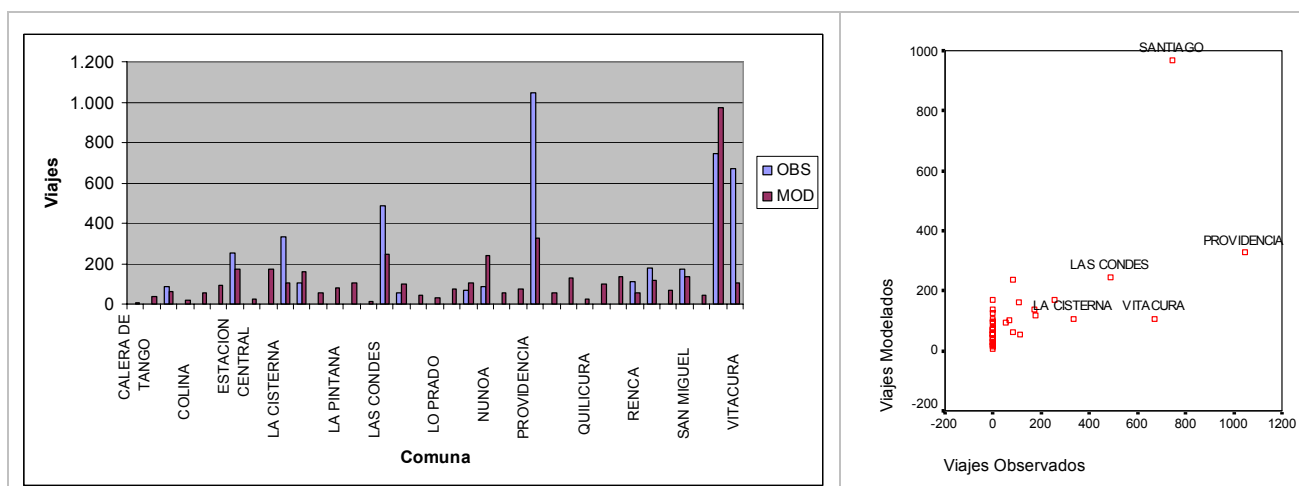


Figura 9.35
Viajes Observados versus Viajes Modelados



Dado lo anterior, se estimó nuevamente el modelo, pero utilizando 2 variables dummies, la primera asociada a Providencia y Vitacura; la segunda a Las Condes y La Cisterna.

• Modelo con Variable Dummy

Al utilizar el modelo con 2 variables dummies para las 4 comunas anteriores el coeficiente de regresión múltiple mejora de un 42% a un 93,8%, lo que indica que el modelo anterior estaba bastante influenciado por esas comunas.

En la Tabla 9.62 y Tabla 9.63 se presenta los coeficientes obtenidos y los indicadores del modelo respectivamente.

Tabla 9.62
Resultados Generación, Propósito Estudio 2. Período 07:15-09:15

V. Independiente	Coeficiente	Error típ.	t	Probabilidad
Intercepto	-29,5233	12,4019	-2,3805	2,32%
SCON_EDUC	0,0007	0,0001	12,7310	0,00%
D1_ES2	715,4201	44,1380	16,2087	0,00%
D2_ES2	301,3671	43,8094	6,8791	0,00%

Donde:

D1_ES2: 1 para las comunas Providencia y Vitacura, 0 en otro caso.

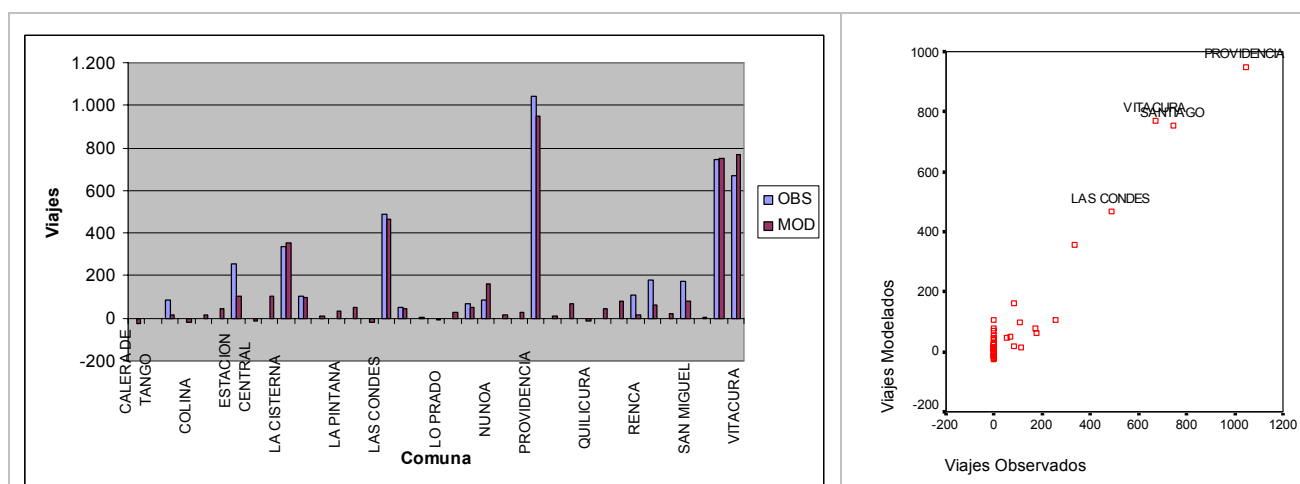
D2_ES2: 1 para las comunas Las Condes y La Cisterna, 0 en otro caso.

Tabla 9.63
Resumen del Modelo Obtenido

R2	0,9435				
R2 Ajustado	0,9383				
Error típ. de la estimación	59,884				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	1.975.035	3	658.345,118	183,580	0%
Residual	118.343	33	3.586,150		
Total	2.093.378	36			

Ambas variables dummies son significativamente distintas de 0 al 95 % de Confianza y el ajuste entre los viajes observados y modelados mejora considerablemente como se muestra en la Figura 9.36.

Figura 9.36
Viajes Observados versus Viajes Modelados



A continuación se presentan los resultados de la estimación del modelo considerando que pasa por el origen, sin y con variables dummies respectivamente.

• Modelo Sin Intercepto

Usando como variable explicativa la superficie construida destinada a educación se obtiene un modelo con coeficiente significativamente distinto de 0, pero con un bajo coeficiente de regresión (53,6%). En la Tabla 9.64 se presenta el valor del coeficiente obtenido y su significancia, por otro lado en la Tabla 9.65 se detalla los indicadores generales de la regresión.

Tabla 9.64
Resultados Generación, Propósito Estudio 2. Período 07:15-09:15

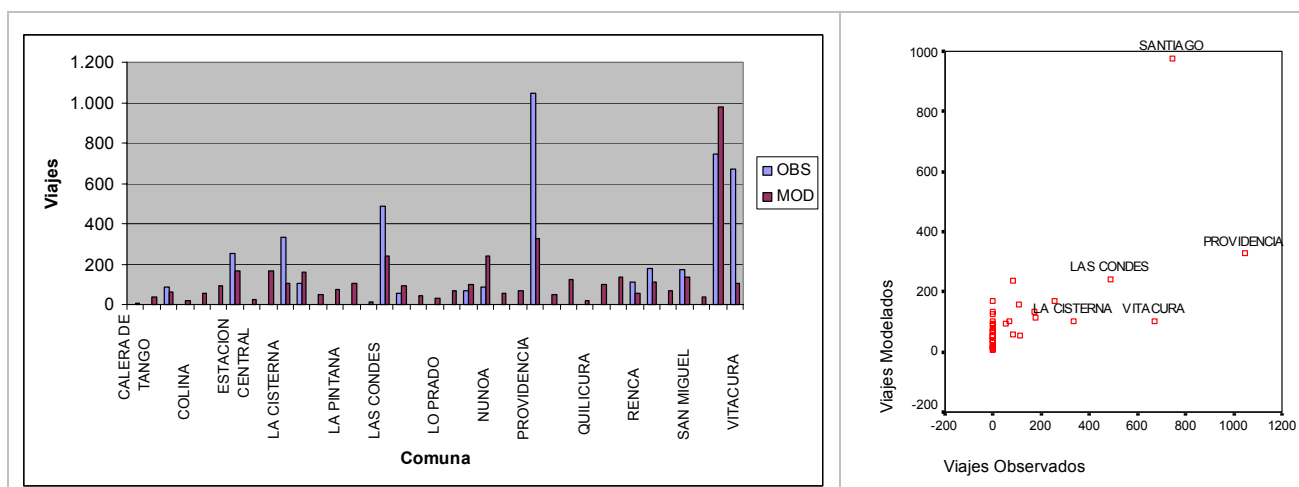
V. Independiente	Coeficiente	Error típ.	t	Probabilidad
SCON_EDUC	0,0010	0,0002	5,7827	0,0%

Tabla 9.65
Resumen del Modelo Obtenido

R2	0,5488				
R2 Ajustado	0,5363				
Error típ. de la estimación	180,978				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	1.434.157	1	1.434.156,639	43,787	0%
Residual	1.179.116	36	32.753,215		
Total	2.613.272	37			

En la Figura 9.37 se presenta la dispersión entre los viajes observados versus los viajes modelados. Nuevamente las comunas de Providencia, Vitacura, Las Condes y La Cisterna presentan diferencias importantes, por lo que se agrupan en 2 variables dummies.

Figura 9.37
Viajes Observados versus Viajes Modelados



• Modelo sin Intercepto, con Variable Dummy

Al utilizar variables dummies considerando que la recta pasa por el origen, el coeficiente de regresión múltiple aumenta a un 90%, obteniéndose todos los coeficientes significativamente distintos de 0. En las Tablas siguientes se presentan los resultados del modelo.

Tabla 9.66**Resultados Generación, Propósito Estudio 2. Período 07:15-09:15**

V. Independiente	Coefficiente	Error típ.	t	Probabilidad
SCON_EDUC	0,0007	0,0001	9,4300	0,00%
D3_ES2	0,0026	0,0002	11,1026	0,00%
D4_ES2	0,0014	0,0003	4,6499	0,00%

Donde:

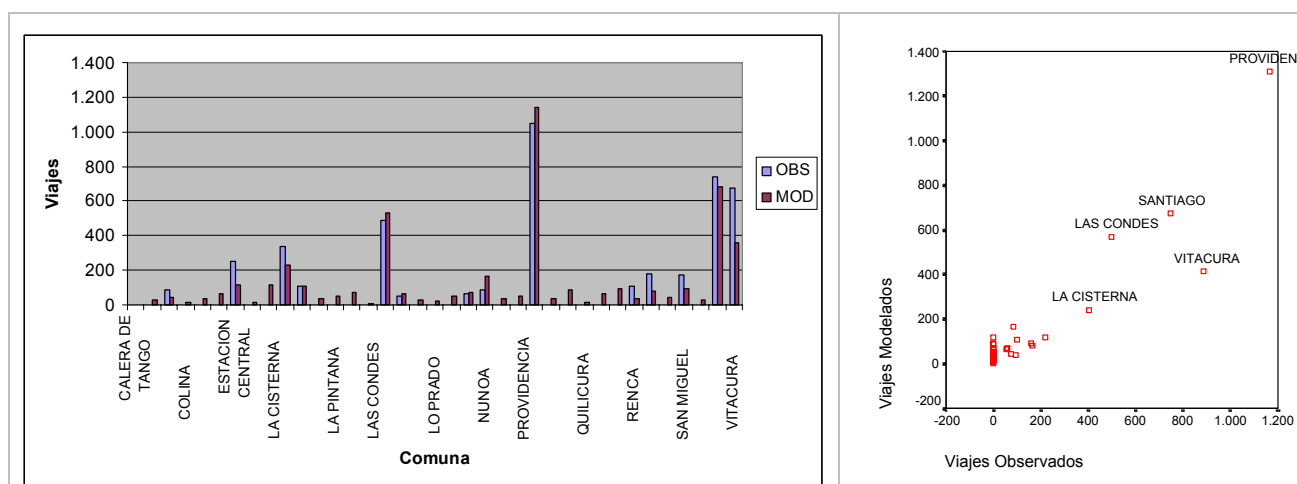
D3_ES2: 1*SCON_EDUC para las comunas Providencia y Vitacura, 0 en otro caso.

D4_ES2: 1*SCON_EDUC para las comunas Las Condes y La Cisterna, 0 en otro caso.

Tabla 9.67**Resumen del Modelo Obtenido**

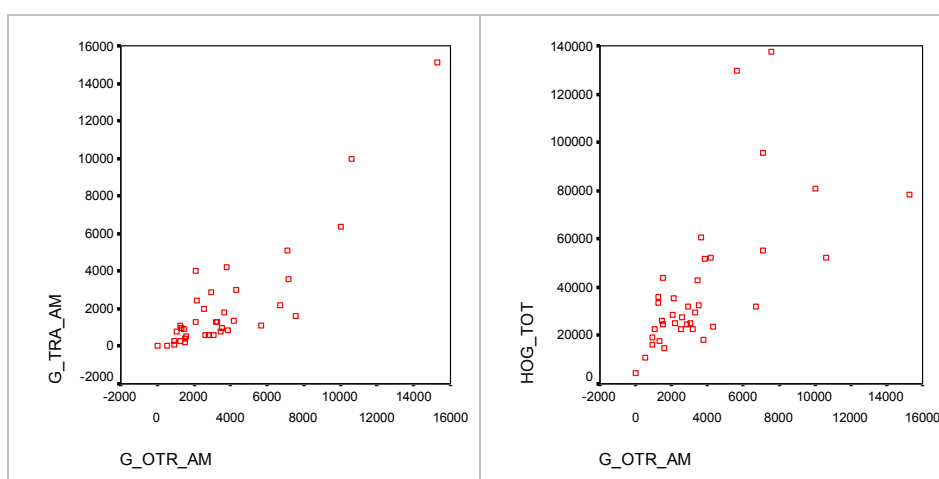
R2	0,9111				
R2 Ajustado	0,9033				
Error típ. de la estimación	82,664				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	2.380.940	3	793.646,616	116,144	0%
Residual	232.333	34	6.833,310		
Total	2.613.272	37			

Si bien hay una mejora importante en el ajuste del modelo, aun existen diferencias importantes para las comunas mencionadas anteriormente, aunque en menor medida que la regresión anterior. En la Figura 9.38 se presentan las diferencias entre los viajes observados y modelados.

Figura 9.38**Viajes Observados versus Viajes Modelados**

d) Generación, Propósito Otros (bhr+nbh). Período 07:15-09:15

La calibración se realizó considerando las 37 comunas urbanas de Santiago. El mejor modelo se especificó con las variables explicativas superficies construidas destinada a almacenamiento y bodegas, número total de hogares y viajes generados (bhr+nbh) con propósito trabajo en el período punta. En la Figura 9.39 se muestra la distribución entre estas variables y los viajes observados en el período punta mañana con propósito otros.

Figura 9.39**Variables Explicativas versus Viajes Generados, propósito Otros, 07:15-09:15**

El modelo presenta coeficientes estimados significativos, con signos y valores coherentes, con intercepto. El coeficiente de regresión múltiple ajustado, resultó ser de 0,896. Este resultado es bastante bueno, ya que indica que el modelo predice una parte muy importante de los viajes en el período punta mañana. En las Tabla 9.68 y Tabla 9.69 se presentan los valores de los coeficientes y el resumen del modelo obtenido respectivamente.

Tabla 9.68**Resultados Generación, Propósito Otros. Período 07:15-09:15**

V. Independiente	Coeficiente	Error típ.	t	Probabilidad
Intercepto	287,4159	294,1992	0,9769	33,55%
HOG_TOT	0,0424	0,0062	6,8639	0,00%
G_TRA_AM	0,7859	0,0623	12,6133	0,00%

Tabla 9.69
Resumen del Modelo Obtenido

R2	0,8987				
R2 Ajustado	0,8927				
Error típ. de la estimación	1046,504				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	330.267.539	2	165.133.769,333	150,784	0%
Residual	37.235.805	34	1.095.170,735		
Total	367.503.344	36			

En la Figura 9.40 se muestra el histograma de los errores normalizados, así como la dispersión de los errores versus los viajes modelados. En esta se aprecia que si bien el modelo ajusta bien, hay datos outlayers presentes como son Estación Central y Recoleta, pero no son posibles agruparlos en un variable dummy ya que se encuentran separados y sin otra comuna que permita agruparlos.

En la Figura 9.41 se presenta la distribución entre los viajes observados versus los viajes modelados, claramente Estación Central y Recoleta presentan diferencias importantes.

Figura 9.40
Distribución de los Errores

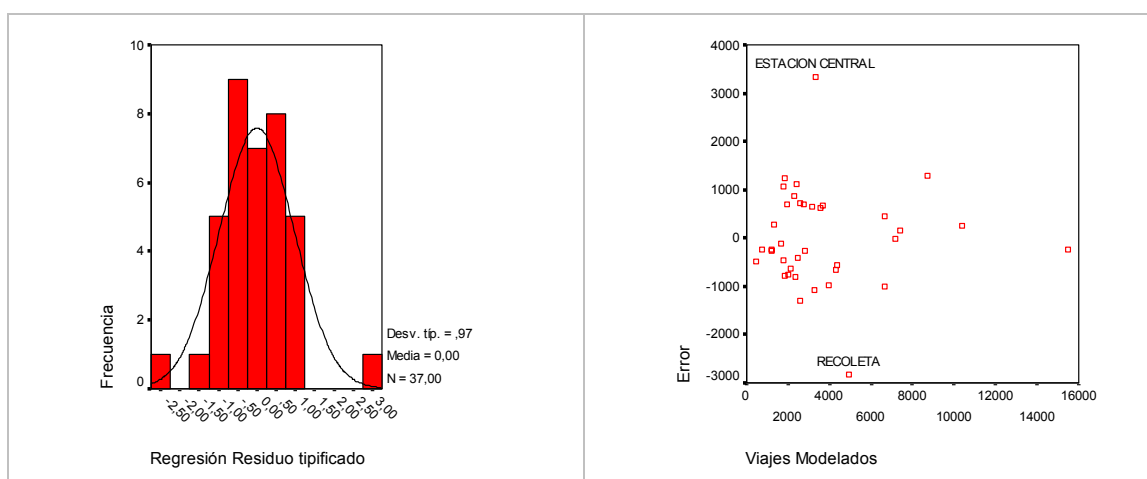
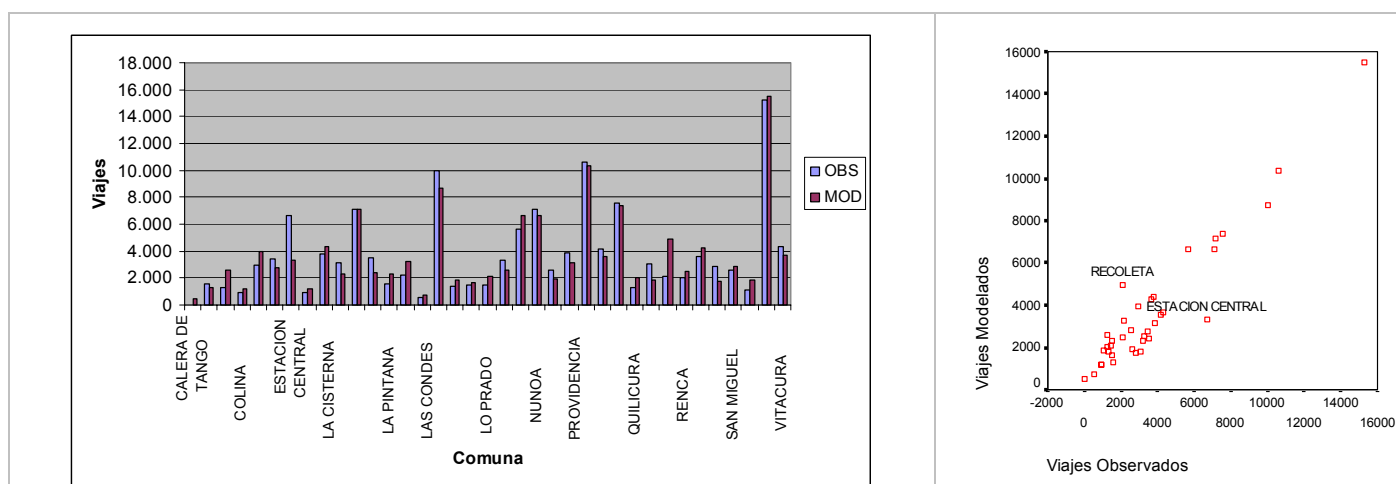


Figura 9.41
Viajes Observados versus Viajes Modelados



Se probó mejorar el modelo usando una variable dummy asociada a las comunas de Santiago, Providencia y Las Condes, pero no se obtuvo buenos resultados ya que el coeficiente de dicha variable no dio significativamente distinto de 0 al 95% de confianza.

• **Modelo Sin Intercepto**

Usando las mismas variables explicativas, pero considerando que la regresión pasa por el origen, el coeficiente de regresión ajustado mejora de un 89% a un 95,3%, pero las comunas de Estación Central y Recoleta siguen presentando diferencias importantes entre los viajes observados y modelados.

En la Tabla 9.70 y Tabla 9.71 se presenta los coeficientes obtenidos y los indicadores generales del modelo respectivamente. En tanto en la Figura 9.42 se muestra la dispersión entre los viajes observados versus los viajes modelados.

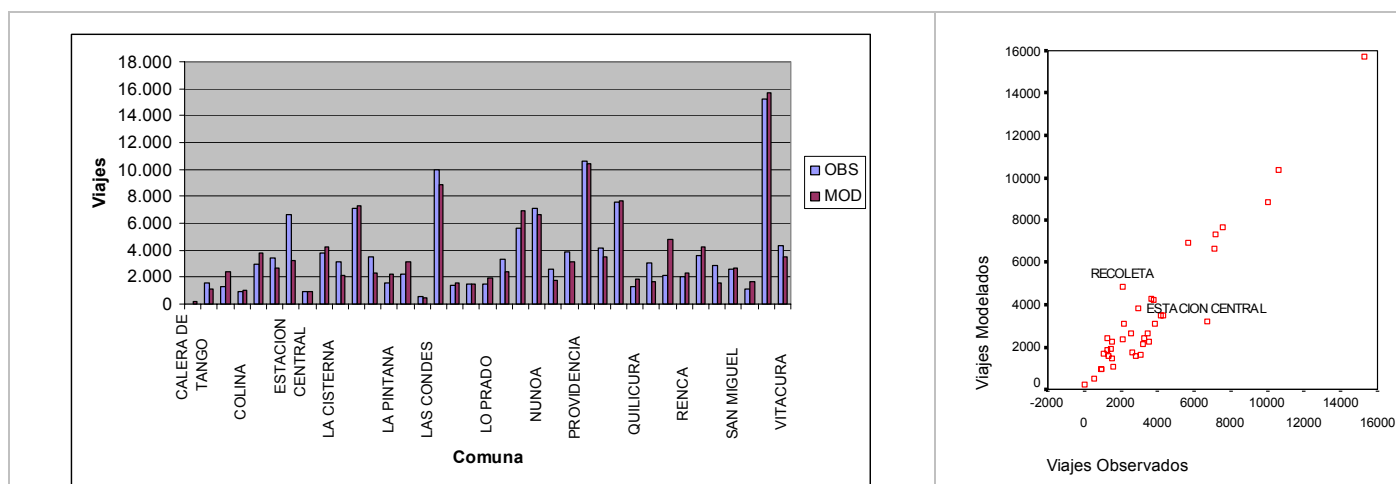
Tabla 9.70
Resultados Generación, Propósito Otros. Período 07:15-09:15

V. Independiente	Coeficiente	Error típ.	t	Probabilidad
HOG_TOT	0,0466	0,0045	10,3641	0,00%
G_TRA_AM	0,7963	0,0614	12,9764	0,00%

Tabla 9.71
Resumen del Modelo Obtenido

R2	0,9562				
R2 Ajustado	0,9537				
Error típ. de la estimación	1045,822				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	836.683.574	2	418.341.786,931	382,486	0%
Residual	38.281.055	35	1.093.744,438		
Total	874.964.629	37			

Figura 9.42
Viajes Observados versus Viajes Modelados



e) Conclusiones

Los resultados de esta calibración son buenos. En términos generales, se puede indicar que los modelos de Regresión Lineal Múltiple calibrados para representar la generación de viajes no basados en el hogar (nbh) y basados en el hogar de retorno (bhr), son robustos, obteniéndose coeficientes de correlación múltiple adecuados. En las Tabla 9.72 y Tabla 9.73 se presenta los valores de los parámetros e indicadores específicos para los modelos obtenidos con intercepto, y en la Tabla 9.74 y Tabla 9.75 los modelos sin intercepto.

Tabla 9.72
Modelos de Generación de Viajes (bhr + nbh), Período Punta

Variable Explicativa	Trabajo		Estudio 1	
	Coeficiente	Test t	Coeficiente	Test t
Superficie Construida de Servicios (m2)	0,002	6,252		
Superficie Construida de Educación (m2)			0,001	11,993
Matriculas Totales (matric.)	0,029	3,290		
D1_TRA	2676,710	4,775		
D1_ES1			493,678	11,169
Constante de Regresión (Intercepto)	311,943	1,207	-36,238	-2,035
Coef. de Regresión Múltiple Ajustado (%)	91,17%		87,47%	
Número de Observaciones	37		37	

Donde:

D1_TRA: 1 para las comunas Las Condes, Providencia, Ñuñoa, 0 en otro caso.

D1_ES1: 1 para las comunas Conchalí, Lo Prado, Estación Central o La Reina, 0 en otro caso.

Tabla 9.73
Modelos de Generación de Viajes (bhr + nbh), Período Punta
(Continuación)

Variable Explicativa	Estudio 2		Otros	
	Coeficiente	Test t	Coeficiente	Test t
Superficie Construida de Educación (m2)	0,001	12,731		
Número de Hogares (hogares)			0,042	6,864
Viajes al Trabajo, bhr+nbh, P. Mañana (viajes)			0,786	12,613
D1_ES2	715,420	16,209		
D2_ES2	301,367	6,879		
Constante de Regresión (Intercepto)	-29,523	-2,381	287,416	0,977
Coef. de Regresión Múltiple Ajustado (%)	94,35%		89,27%	
Número de Observaciones	37		37	

Donde:

D1_ES2: 1 para las comunas Providencia o Vitacura, 0 en otro caso.

D2_ES2: 1 para las comunas Las Condes o La Cisterna, 0 en otro caso.

Tabla 9.74
Modelos de Generación de Viajes (bhr + nbh), Período Punta, sin
Intercepto

Variable Explicativa	Trabajo		Estudio 1	
	Coeficiente	Test t	Coeficiente	Test t
Superficie Construida de Servicios (m2)	0,002	5,597		
Superficie Construida de Educación (m2)			0,001	9,275
Matriculas Totales (matric.)	0,042	7,686		
D2_TRA	0,002	4,888		
D2_ES1			0,004	6,647
Coef. de Regresión Múltiple Ajustado (%)	94,03%		81,70%	
Número de Observaciones	37		37	

Donde:

D2_TRA: 1*SCON_SERV para las comunas Providencia, Las Condes y Ñuñoa, 0 en otro caso.

D2_ES1: 1*SCON_EDUC para las comunas Conchalí, Lo Prado, Estación Central o La Reina, 0 en otro caso.

Tabla 9.75
Modelos de Generación de Viajes (bhr + nbh), Período Punta, sin
Intercepto (Continuación)

Variable Explicativa	Estudio 2		Otros	
	Coeficiente	Test t	Coeficiente	Test t
Superficie Construida de Educación (m2)	0,001	9,430		
Número de Hogares (hogares)			0,047	10,364
Viajes al Trabajo, bhr+nbh, P. Mañana (viajes)			0,796	12,976
D3_ES2	0,003	11,103		
D4_ES2	0,001	4,650		
Coef. de Regresión Múltiple Ajustado (%)	90,33%		95,37%	
Número de Observaciones	37		37	

Donde:

D3_ES2: 1*SCON_EDUC para las comunas Providencia y Vitacura, 0 en otro caso.

D4_ES2: 1*SCON_EDUC para las comunas Las Condes y La Cisterna, 0 en otro caso.

9.10.3 Modelos de Generación de Viajes BHR y NBH Período Fuera de Punta

a) Generación, Propósito Trabajo (bhr+nbh), Período 10:00-12:00

Para la estimación de un modelo de regresión múltiple para los viajes al trabajo en el período fuera de punta se utilizó la información de las 37 comunas del sector urbano de Santiago. El mejor modelo calibrado se especificó con las variables explicativas superficies construida destinadas a servicios y superficie construida total, presentando coeficientes estimados altamente significativos, con signos y valores coherentes, con intercepto. El coeficiente de regresión múltiple ajustado fue de 96,8%. En la Figura 9.43 se presenta la dispersión entre la variable explicativa y la variable dependiente, en tanto, en la Tabla 9.76 se presentan los coeficientes obtenidos, y en la Tabla 9.77 el resumen de los indicadores del modelo.

Figura 9.43

Variables Explicativas versus Viajes Generados, Propósito Trabajo, 10:00-12:00

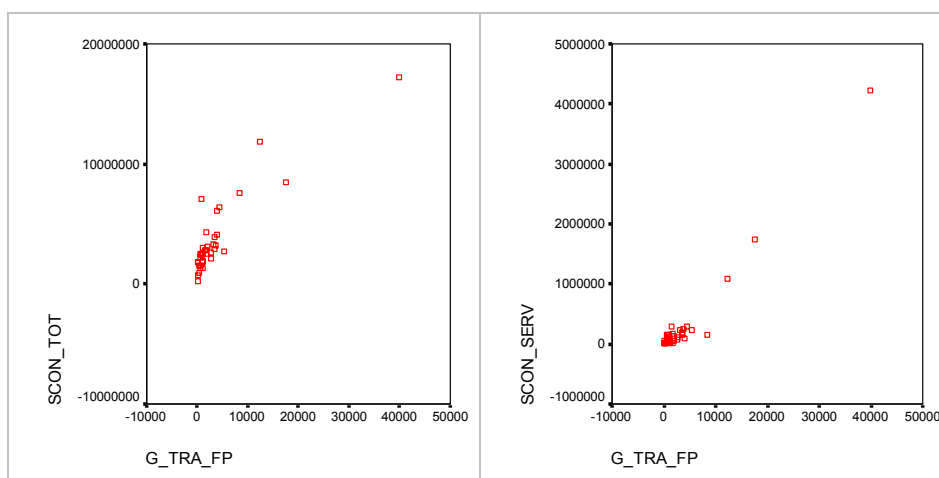


Tabla 9.76

Resultados Generación, Propósito Trabajo. Período 10:00-12:00

V. Independiente	Coeficiente	Error típ.	t	Probabilidad
Intercepto	-243,1674	379,1631	-0,6413	52,56%
SCON_SERV	0,0076	0,0005	14,2080	0,00%
SCON_TOT	0,0005	0,0001	3,8458	0,05%

Tabla 9.77
Resumen del Modelo Obtenido

R2	0,9698				
R2 Ajustado	0,9680				
Error típ. de la estimación	1267,417				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	1.751.428.171	2	875.714.085,365	545,159	0%
Residual	54.615.790	34	1.606.346,753		
Total	1.806.043.960	36			

En la Figura 9.44 la distribución de los errores, observándose dos grupos de casos que se escapan de la nube de errores; Quilicura y Maipú, y Puente Alto e Independencia, las cuales podrían ser agrupadas en dos variables dummy, en tanto en la Figura 9.45 se muestra las diferencias entre los viajes observados versus los viajes modelados, donde se nota que las comunas anteriores y también aquellas comunas con más viajes (Providencia, Santiago, Las Condes) presentan pequeñas diferencias.

Figura 9.44
Distribución de los Errores

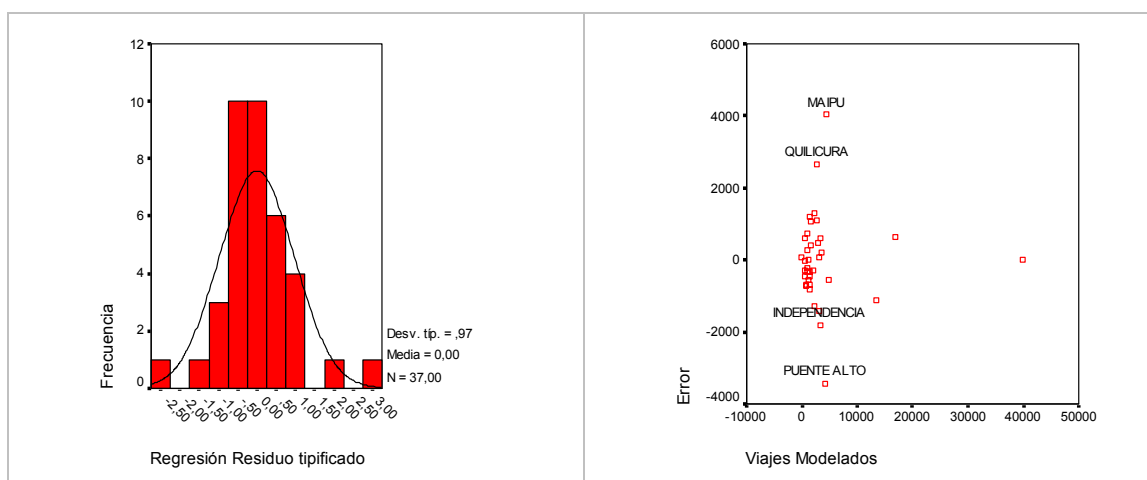
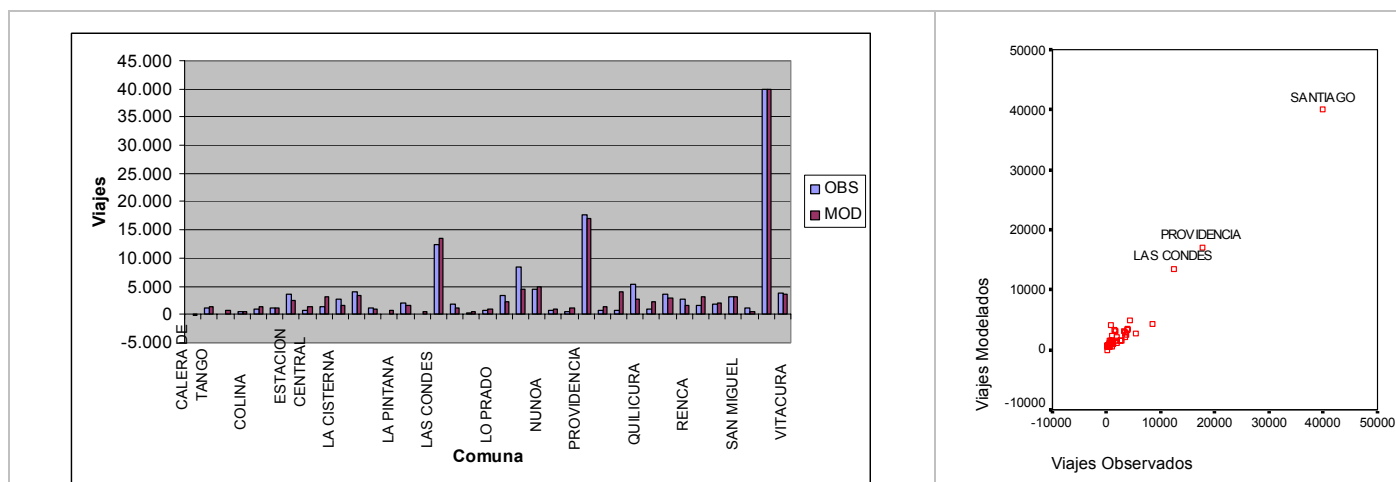


Figura 9.45
Viajes Observados versus Viajes Modelados



• **Modelo con Variable Dummy**

Al utilizar el modelo con 2 variables dummies para las 4 comunas anteriores el coeficiente de regresión múltiple mejora de un 96% a un 98,9%. En la Tabla 9.78 y Tabla 9.79 se presenta los coeficientes obtenidos y los indicadores del modelo respectivamente.

Tabla 9.78
Resultados Generación, Propósito Estudio 2. Período 07:15-09:15

V. Independiente	Coeficiente	Error típ.	t	Probabilidad
Intercepto	-179,7222	226,1873	-0,7946	43,27%
SCON_SERV	0,0078	0,0003	23,2278	0,00%
SCON_TOT	0,0004	0,0001	5,4205	0,00%
D1_TRA	3502,7738	571,9058	6,1247	0,00%
D2_TRA	-2481,6181	565,4814	-4,3885	0,01%

Donde:

D1_TRA: 1 para las comunas Quilicura y Maipu, 0 en otro caso.

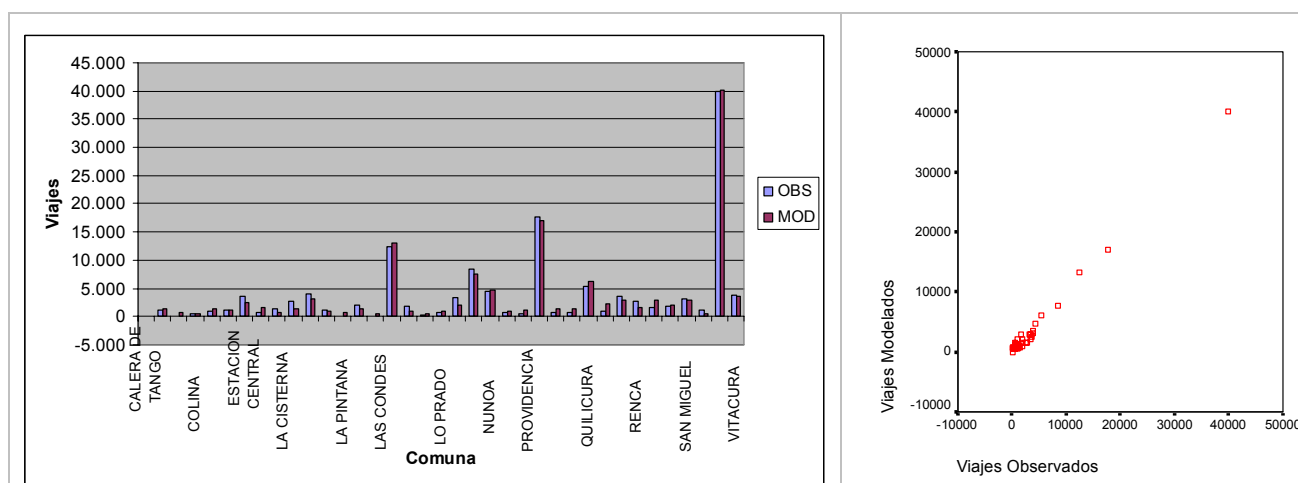
D2_TRA: 1 para las comunas Independencia y Puente Alto, 0 en otro caso.

Tabla 9.79
Resumen del Modelo Obtenido

R2	0,9900				
R2 Ajustado	0,9887				
Error típ. de la estimación	753,002				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	1.787.899.553	4	446.974.888,187	788,298	0%
Residual	18.144.408	32	567.012,737		
Total	1.806.043.960	36			

Ambas variables dummies son significativamente distintas de 0 al 95% de confianza y el ajuste entre los viajes observados y modelados mejora considerablemente como se muestra en la Figura 9.46.

Figura 9.46
Viajes Observados versus Viajes Modelados



A continuación se presentan los resultados de la estimación del modelo considerando que pasa por el origen, sin y con variables dummies respectivamente.

• **Modelo Sin Intercepto**

Al estimar el modelo usando las mismas variables, pero sin considerar el intercepto, se obtienen coeficientes coherentes y significativamente distintos de 0 al 95% de confianza. El coeficiente de regresión mejora de un 97 a un 97,4%. Los resultados se presentan Tabla

9.80 y Tabla 9.81. En la Figura 9.47 se grafican los viajes observados versus los viajes modelados.

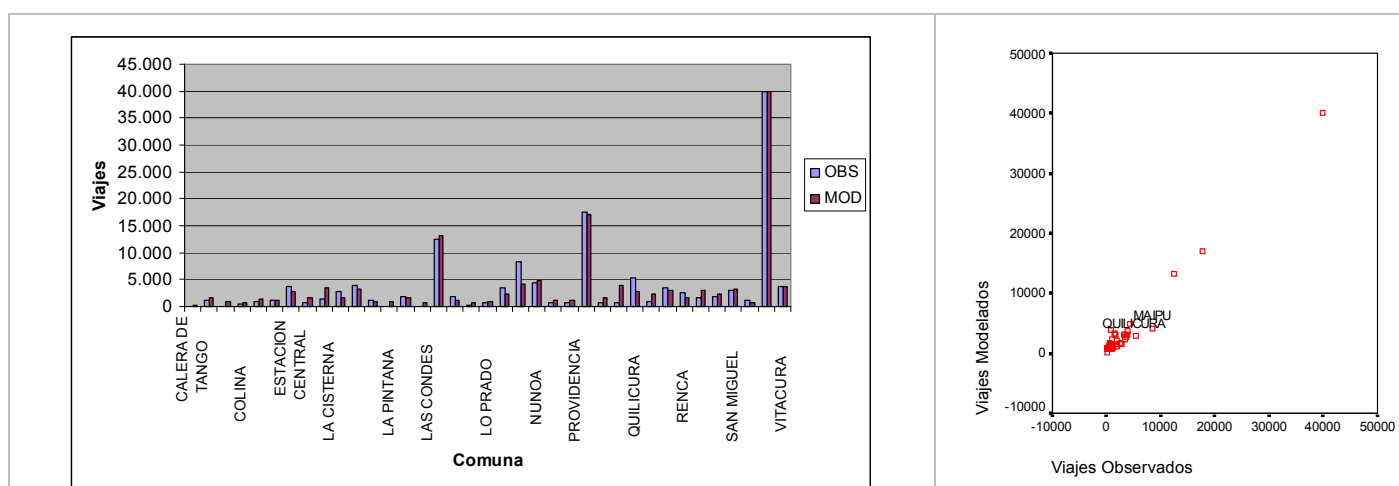
Tabla 9.80
Resultados Generación, Propósito Trabajo. Período 10:00-12:00

V. Independiente	Coefficiente	Error típ.	t	Probabilidad
SCON_SERV	0,0078	0,0004	17,8390	0,00%
SCON_TOT	0,0004	0,0001	5,6795	0,00%

Tabla 9.81
Resumen del Modelo Obtenido

R2	0,9759				
R2 Ajustado	0,9745				
Error típ. de la estimación	1256,713				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	2.240.738.353	2	1.120.369.176,601	709,396	0%
Residual	55.276.480	35	1.579.327,990		
Total	2.296.014.833	37			

Figura 9.47
Viajes Observados versus Viajes Modelados



• Modelo sin Intercepto, con Variable Dummy

Al utilizar variables dummies considerando que la recta pasa por el origen, el coeficiente de regresión múltiple aumenta a un 98,7%, obteniéndose todos los coeficientes significativamente distintos de 0. En las Tablas siguientes se presentan los resultados del modelo.

Tabla 9.82**Resultados Generación, Propósito Estudio 2. Período 10:00-12:00**

V. Independiente	Coefficiente	Error típ.	t	Probabilidad
SCON_TOT	0,0080	0,0003	25,4440	0,00%
SCON_SERV	0,0004	0,0001	6,9754	0,00%
D3_TRA	0,0174	0,0034	5,0726	0,00%

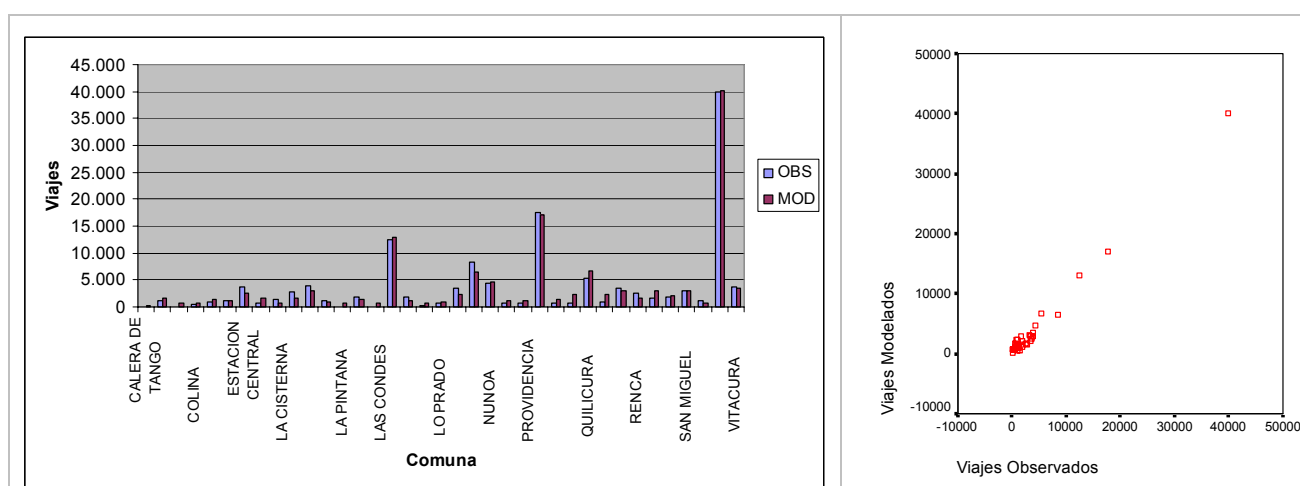
Donde:

D3_TRA: 1*SCON_SERV para las comunas Quilicura y Maipu, 0 en otro caso

Tabla 9.83**Resumen del Modelo Obtenido**

R2	0,9891				
R2 Ajustado	0,9878				
Error típ. de la estimación	870,170				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	2.271.027.393	4	567.756.848,224	749,816	0%
Residual	24.987.440	33	757.195,150		
Total	2.296.014.833	37			

Como se observa en la Figura 9.38 hay una mejora importante en el ajuste del modelo para las comunas mencionadas anteriormente.

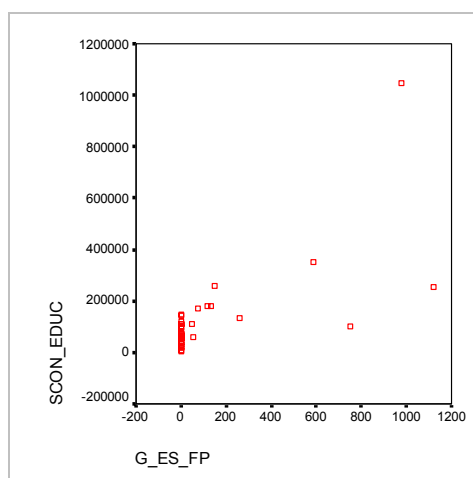
Figura 9.48**Viajes Observados versus Viajes Modelados**

b) Generación, Propósito Estudio (bhr+nbh). Período 10:00-12:00

La calibración se realizó utilizando información de las 37 comunas del sector urbano de Santiago. El mejor modelo calibrado resultó de utilizar la variable superficies construidas destinada a educación, en la Figura 9.49 se muestra la dispersión entre ésta y la variable dependiente.

Figura 9.49

Variables Explicativas versus Viajes Generados, propósito Estudio, 10:00-12:00



El coeficiente de regresión múltiple ajustado, resultó ser de 10.3%. En la Tabla 9.101 se presenta los coeficientes obtenidos, en tanto en la Tabla 9.85 se resume el modelo obtenido.

Tabla 9.84

Resultados Generación, Propósito Estudio. Período 10:00-12:00

V. Independiente	Coeficiente	Error típ.	t	Probabilidad
Intercepto	-23,6654	41,1626	-0,5749	56,90%
SCON_EDUC	0,0011	0,0002	5,7255	0,00%

Tabla 9.85
Resumen del Modelo Obtenido

R2	0,4836				
R2 Ajustado	0,4689				
Error típ. de la estimación	202,116				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	1.339.159	1	1.339.159,187	32,782	0%
Residual	1.429.787	35	40.851,043		
Total	2.768.946	36			

Si bien es un ajuste muy bajo, la cantidad de viaje de este tipo es de aproximadamente 5.000 viajes, por lo que es difícil obtener un buen modelo. De todas formas, analizando los errores (Figura 9.50) es posible agrupar la comuna de Lo Barnechea y Ñuñoa en una variable dummy, que son además las que presentan mayores diferencias entre los viajes modelados y observados (Figura 9.51).

Figura 9.50
Distribución de los Errores

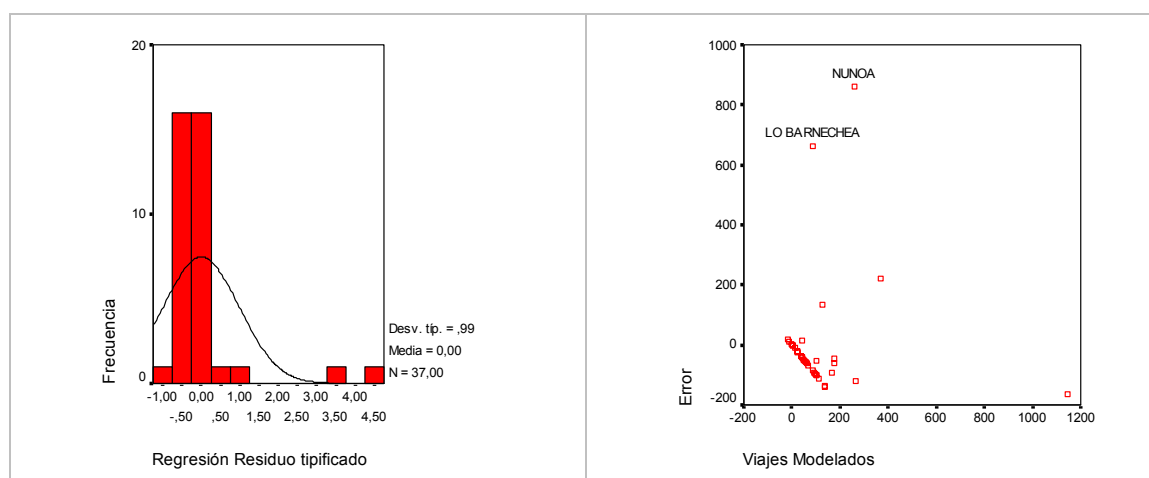
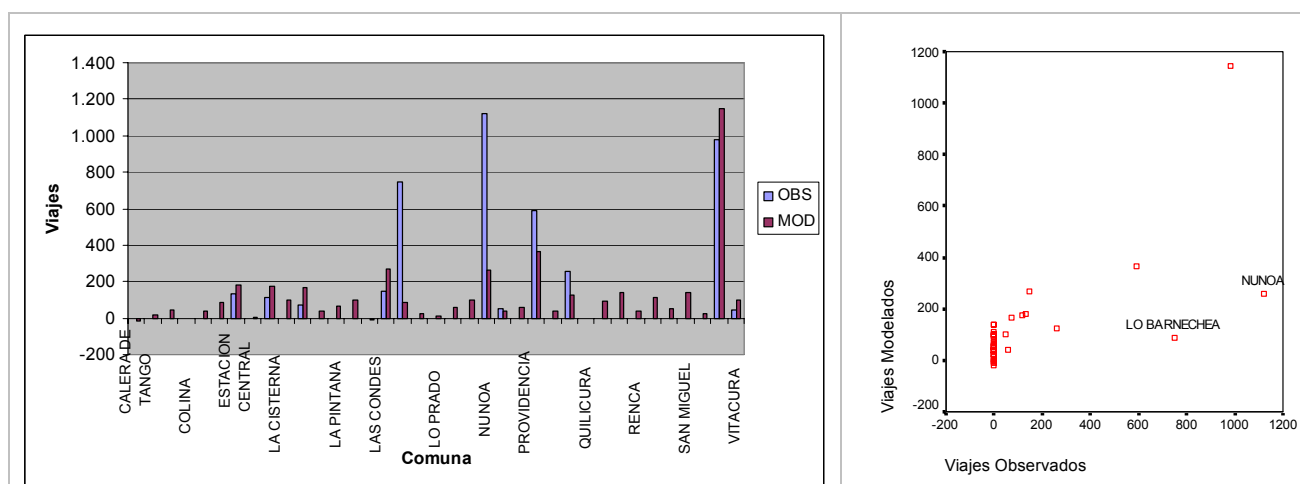


Figura 9.51
Viajes Observados versus Viajes Modelados



• **Modelo con Variable Dummy**

Al utilizar una variable dummy para las comunas Lo Barnechea y Ñuñoa, el coeficiente de regresión múltiple mejora de un 46% a un 92%, con todos los coeficientes coherentes y significativamente distintos de 0 al 95% de confianza a excepción del intercepto.

En la Tabla 9.86 y se presenta el valor de la variable dummy y del resto de las variables, en la Tabla 9.87 los indicadores totales del modelo resultante.

Tabla 9.86
Resultados Generación, Propósito Estudio. Período 10:00-12:00

V. Independiente	Coeficiente	Error típ.	t	Probabilidad
Intercepto	-57,6089	15,5791	-3,6978	0,08%
SCON_EDUC	0,0010	0,0001	14,1751	0,00%
D1_EST	810,2127	55,1494	14,6912	0,00%

Donde:

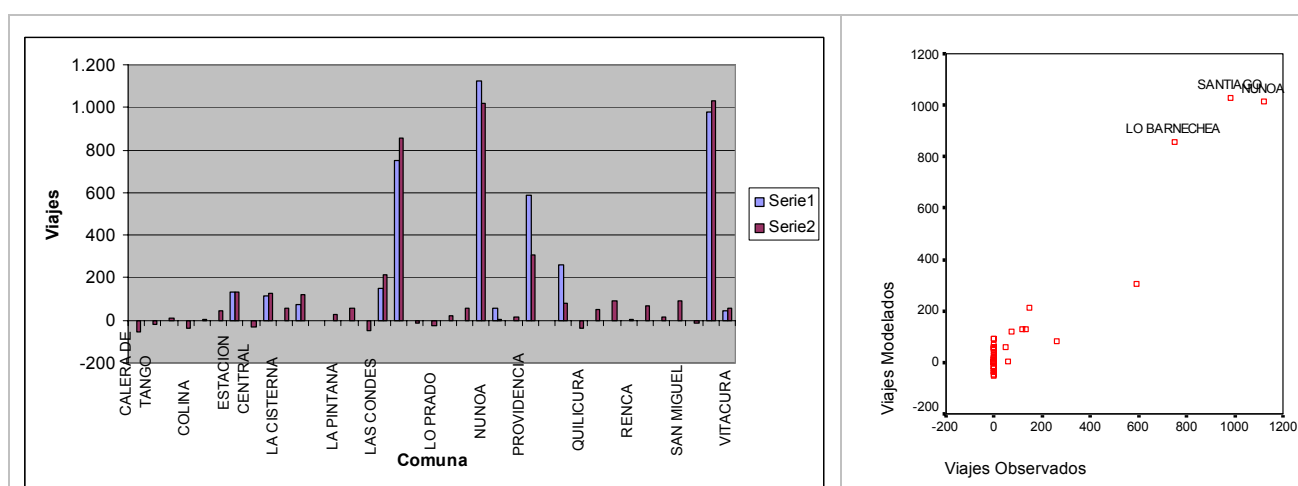
D1_EST: 1 para las comunas Lo Barnechea y Ñuñoa, 0 en otro caso.

Tabla 9.87
Resumen del Modelo Obtenido

R2	0,9297				
R2 Ajustado	0,9256				
Error típ. de la estimación	75,650				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	2.574.364	2	1.287.182,235	224,915	0%
Residual	194.581	34	5.722,977		
Total	2.768.946	36			

El buen ajuste se refleja al graficar los viajes observados versus los viajes modelados (Figura 9.52).

Figura 9.52
Viajes Observados versus Viajes Modelados



• Modelo Sin Intercepto

Usando la variable matriculas de enseñanza superior en la comunas, pero sin intercepto, el coeficiente de regresión ajustado mejora de un 46% a un 54,5%, pero Ñuñoa y Lo Barnechea presentan diferencias importantes (ver Figura 9.53 y Figura 9.54), por esta razón se estimara un modelo considerando una variable dummy para ambas comunas. En la Tablas siguientes se presenta los resultados del modelo obtenido.

Tabla 9.88**Resultados Generación, Propósito Estudio. Período 10:00-12:00**

V. Independiente	Coefficiente	Error típ.	t	Probabilidad
SCON_EDUC	0,0010	0,0002	6,7353	0,00%

Tabla 9.89**Resumen del Modelo Obtenido**

R2	0,5575				
R2 Ajustado	0,5453				
Error típ. de la estimación	200,228				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	1.818.732	1	1.818.731,999	45,365	0%
Residual	1.443.289	36	40.091,371		
Total	3.262.021	37			

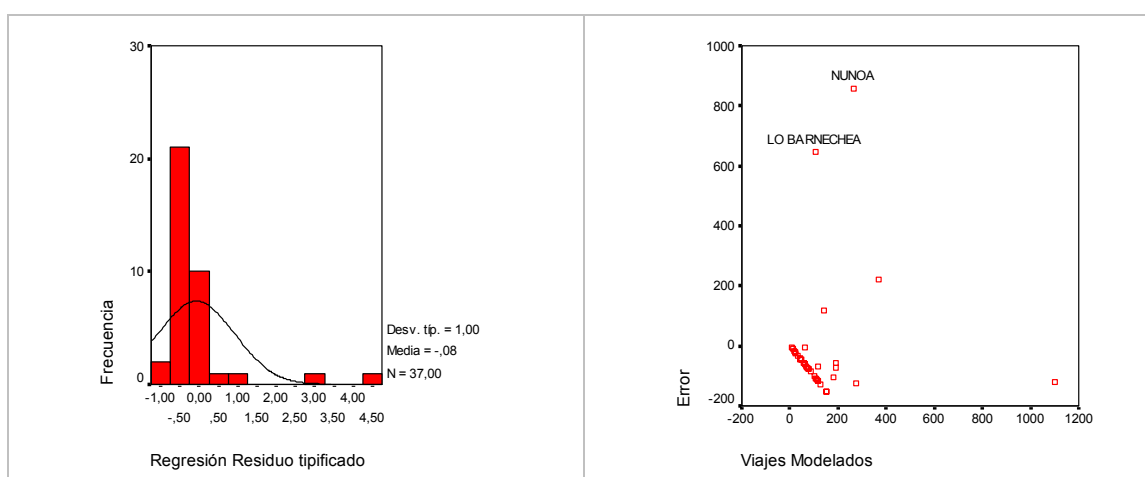
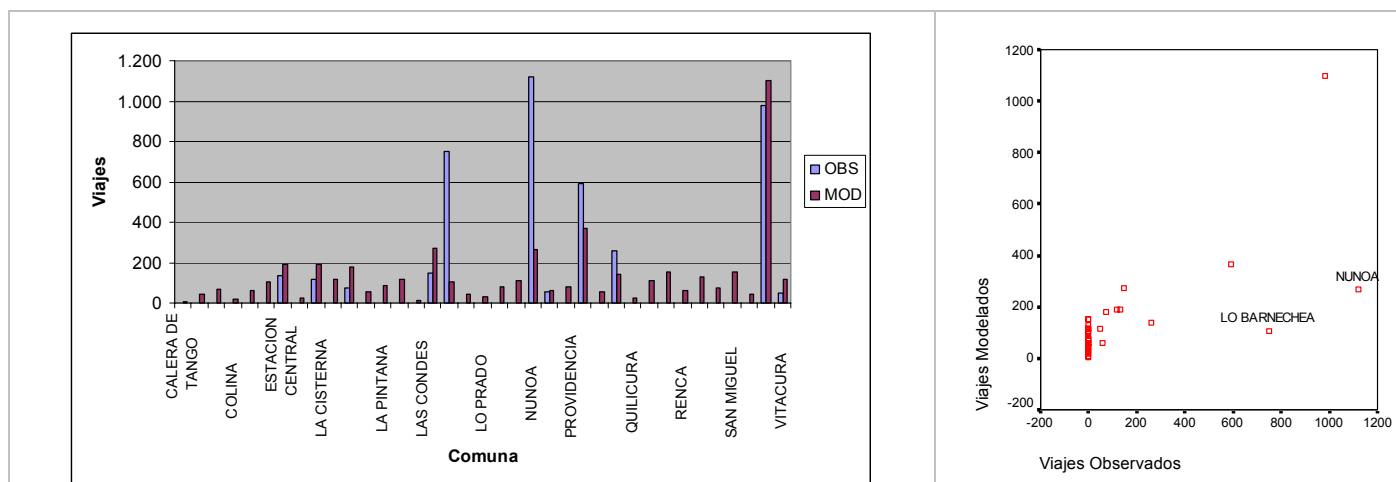
Figura 9.53**Distribución de los Errores**

Figura 9.54
Viajes Observados versus Viajes Modelados



• Modelo sin Intercepto con Variable Dummy

Al estimar el modelo anterior con una variable dummy asociada a las matriculas de enseñanza superior para las comunas de Ñuñoa y Lo Barnechea, el modelo mejora, obteniendo un coeficiente de regresión múltiple ajustado del 97%, con todos los coeficientes significativamente distintos de 0 al 95% de confianza. En la Tabla 9.90 presentan los coeficientes obtenidos y su test t, en tanto en la Tabla 9.91 los indicadores generales del modelo.

Tabla 9.90
Resultados Generación, Propósito Estudio. Período 10:00-12:00

V. Independiente	Coeficiente	Error típ.	t	Probabilidad
SCON_EDUC	0,0009	0,0001	11,3032	0,00%
D2_EST	0,0040	0,0004	10,9249	0,00%

Donde:

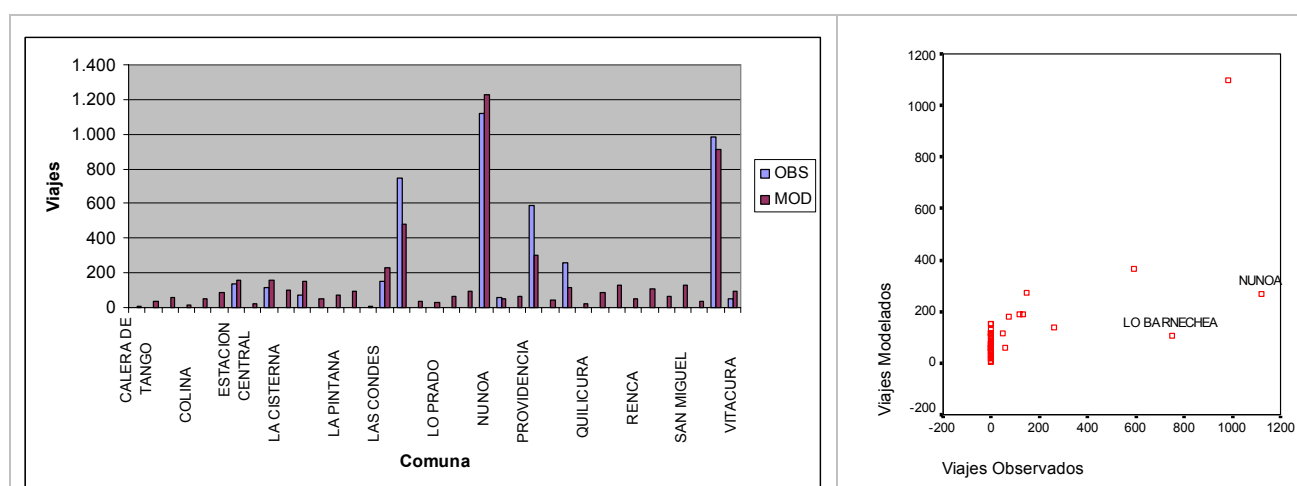
D2_EST: 1*SCON_EDUC para las comunas Lo Barnechea y Ñuñoa, 0 en otro caso.

Tabla 9.91
Resumen del Modelo Obtenido

R2	0,4836				
R2 Ajustado	0,4689				
Error típ. de la estimación	202,116				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	2.934.752	2	1.467.376,143	156,929	0%
Residual	327.269	35	9.350,545		
Total	3.262.021	37			

Como se aprecia en la Figura 9.55, el ajuste obtenido es bastante bueno.

Figura 9.55
Viajes Observados versus Viajes Modelados

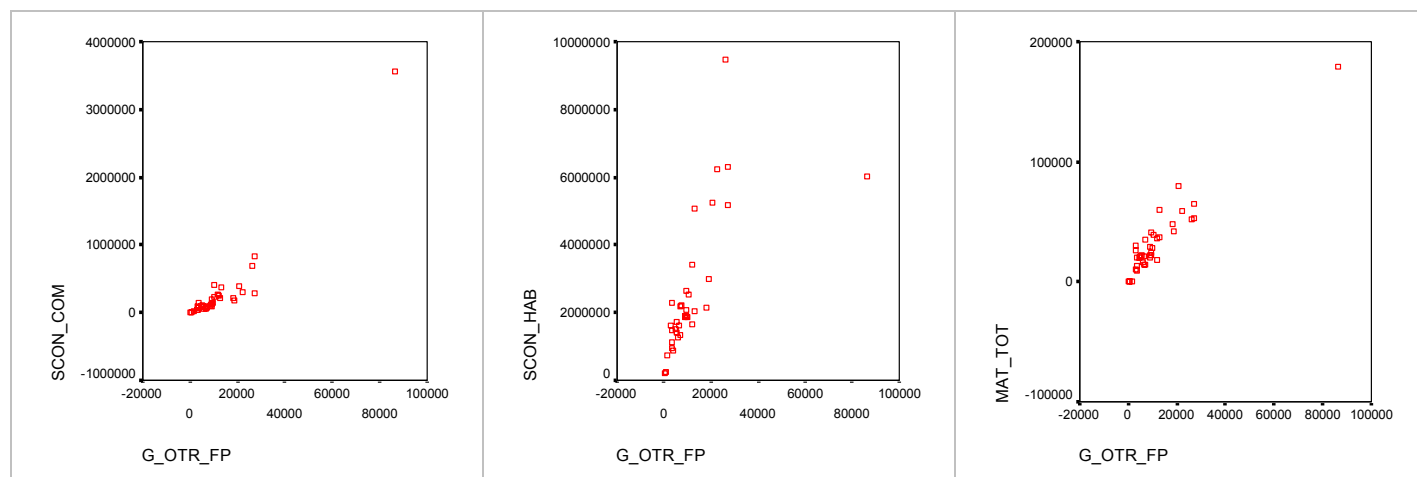


c) Generación, Propósito Otros (bhr+nbh). Período 10:00-12:00

La calibración se realiza a base de 37 comunas de Santiago. El mejor modelo calibrado se especificó con las variables explicativas superficies construida destinada a comercio, habitacional y total de matrículas de la comuna. Con esta especificación el coeficiente de regresión múltiple ajustado resultó ser de 95,5%.

En la Figura 9.56 se muestra la dispersión entre las variables explicativas y los viajes observados con propósito otros para el período.

Figura 9.56
Variables Explicativas versus Viajes Generados, propósito Otros, 10:00-12:00



En la Tabla 9.92 y Tabla 9.93 se presenta los coeficientes obtenidos con el modelo así como los resultados totales de éste respectivamente.

Tabla 9.92
Resultados Generación, Propósito Otros. Período 10:00-12:00

V. Independiente	Coeficiente	Error típ.	t	Probabilidad
Intercepto	91,6760	970,2663	0,0945	92,53%
SCON_COM	0,0150	0,0021	7,0220	0,00%
SCON_HAB	0,0012	0,0004	3,2443	0,27%
MAT_TOT	0,1385	0,0473	2,9300	0,61%

Tabla 9.93
Resumen del Modelo Obtenido

R2	0,9593				
R2 Ajustado	0,9556				
Error típ. de la estimación	3072,296				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	7.346.044.109	3	2.448.681.369,6	259,422	0%
Residual	311.487.121	33	9.439.003,672		
Total	7.657.531.230	36			

En la Figura 9.57 se grafica la distribución de los errores, en estos se aprecian dos grupos de comunas que se escapan de la nube de errores; San Bernardo, Puente Alto y Estación Central, y Recoleta, Peñalolen y Ñuñoa, por lo tanto serán agrupadas en dos variables dummy, pero antes se presenta el ajuste entre los viajes observados con respecto a los viajes modelados en la Figura 9.58.

Figura 9.57
Distribución de los Errores

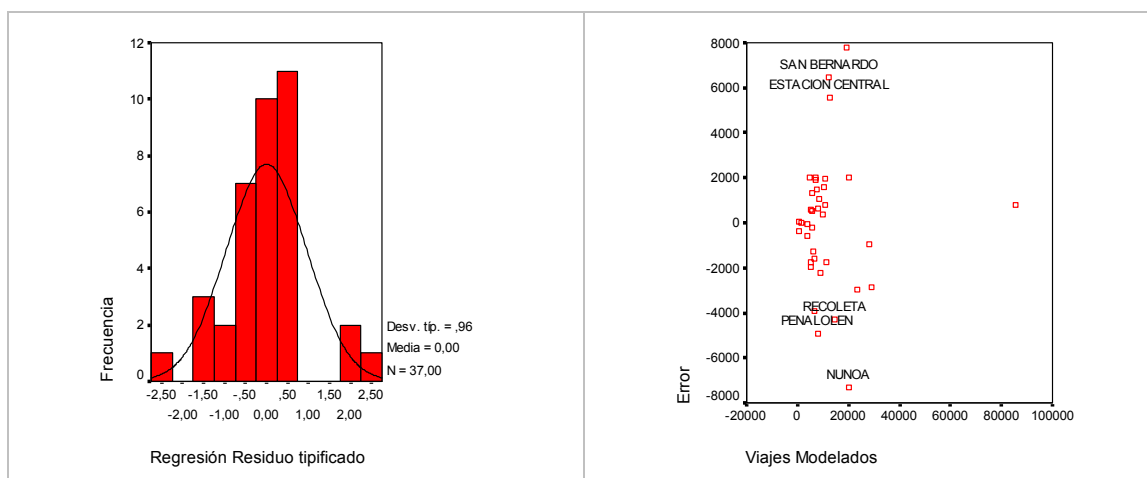
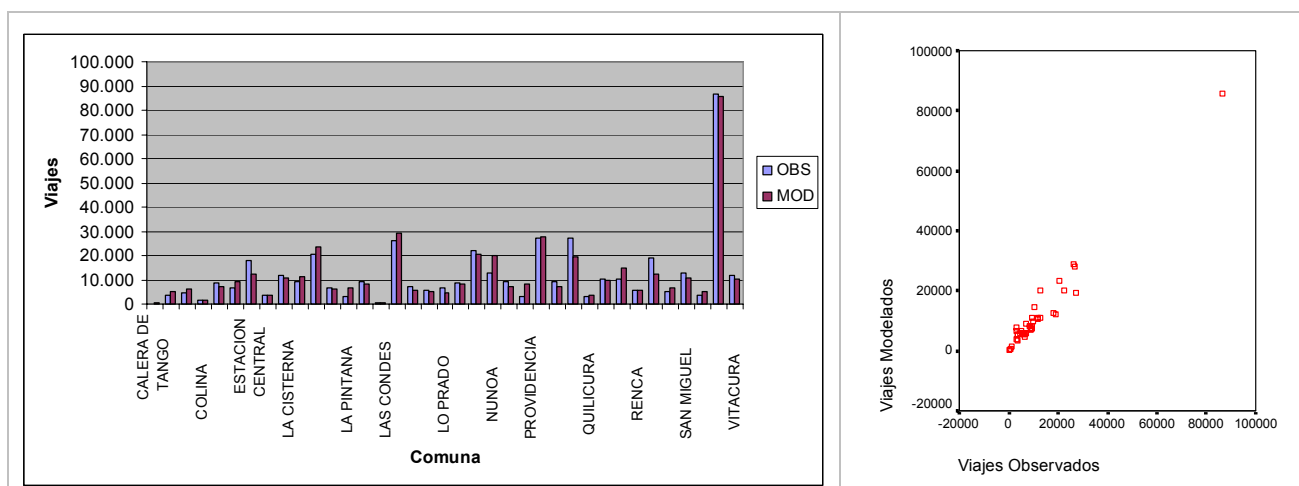


Figura 9.58
Viajes Observados versus Viajes Modelados



• Modelo con Variable Dummy

Al usar dos variables dummy asociadas a las comunas antes mencionadas, se obtienen todos los coeficientes significativamente distinto de 0 al 95% de confianza excepto el intercepto, y el coeficiente

de regresión múltiple ajustado mejora a un 98,7%. Los resultados se presentan en la Tabla 9.94 y Tabla 9.95.

Tabla 9.94
Resultados Generación, Propósito Otros. Período 10:00-12:00

V. Independiente	Coeficiente	Error típ.	t	Probabilidad
Intercepto	656,4572	515,3061	1,2739	21,22%
SCON_COM	0,0171	0,0012	14,0937	0,00%
SCON_HAB	0,0012	0,0002	6,2089	0,00%
MAT_TOT	0,0982	0,0264	3,7155	0,08%
D1_OTR	7464,1422	1062,5546	7,0247	0,00%
D2_OTR	-5014,3725	1000,6123	-5,0113	0,00%

Donde:

D1_OTR: 1 para las comunas San Bernardo, Puente Alto y Estación Central, 0 en otro caso.

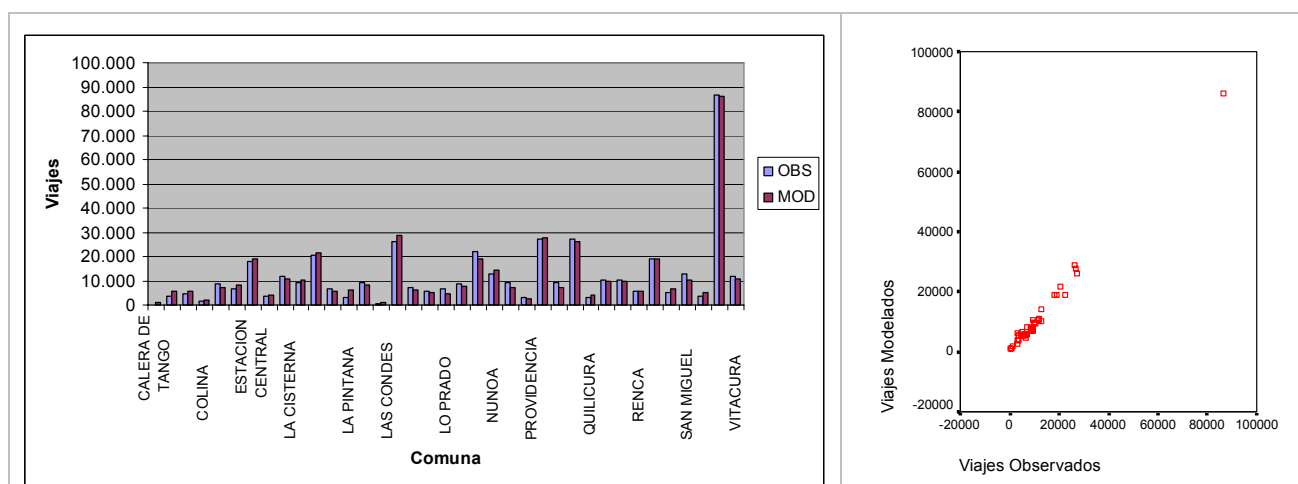
D2_OTR: 1 para las comunas Recoleta, Peñalolen y Ñuñoa, 0 en otro caso.

Tabla 9.95
Resumen del Modelo Obtenido

R2	0,9894				
R2 Ajustado	0,9877				
Error típ. de la estimación	1614,623				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	7.576.713.955	5	1.515.342.790,926	581,257	0%
Residual	80.817.276	31	2.607.008,887		
Total	7.657.531.230	36			

Con esta formulación el ajuste mejora bastante, sobre todo para las comunas mencionadas, lo que se aprecia gráficamente en la Figura 9.59.

Figura 9.59
Viajes Observados versus Viajes Modelados



• Modelo sin Intercepto

Al estimar el modelo sin intercepto, se obtienen todos los coeficientes significativamente distintos de 0, y un coeficiente de regresión múltiple ajustado de 97,3%. En la Tabla 9.96 se detalla el valor de los coeficientes y su test t , en tanto en la Tabla 9.104 se detallan los indicadores generales del modelo.

Tabla 9.96
Resultados Generación, Propósito Otros. Período 10:00-12:00

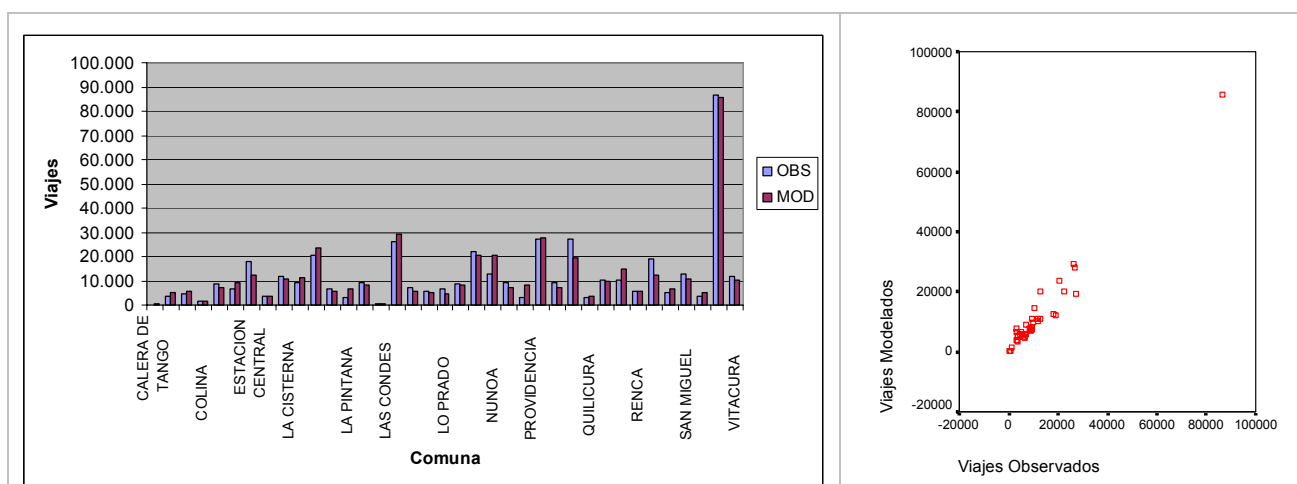
V. Independiente	Coefficiente	Error típ.	t	
SCON_COM	0,0149	0,0018	8,1547	0,00%
SCON_HAB	0,0012	0,0004	3,3983	0,17%
MAT_TOT	0,1408	0,0403	3,4947	0,13%

Tabla 9.97
Resumen del Modelo Obtenido

R2	0,9759				
R2 Ajustado	0,9737				
Error típ. de la estimación	3027,188				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	12.599.318.620	3	4.199.772.873,466	458,297	0%
Residual	311.571.388	34	9.163.864,345		
Total	12.910.890.008	37			

La dispersión entre los viajes observados versus los viajes modelados se muestra en la Figura 9.60.

Figura 9.60
Viajes Observados versus Viajes Modelados



Nuevamente Estación Central, San Bernardo, Puente Alto, Recoleta, Peñalolen y Ñuñoa presentan diferencias significativas por lo que serán agrupadas en dos variables dummy asociadas a la superficie construida destinada a comercio, por ser ésta la más significativa. Los resultados se presentan a continuación.

• Modelo sin Intercepto con Variable Dummy

Al agrupar las comunas anteriores en dos variable dummy, el coeficiente de regresión múltiple aumenta a 99% y todos los coeficientes son significativamente distintos de 0 al 95% de confianza. Los resultados del modelo se presentan en las Tablas siguientes.

Tabla 9.98
Resultados Generación, Propósito Otros. Período 10:00-12:00

V. Independiente	Coeficiente	Error típ.	t	Probabilidad
SCON_COM	0,0163	0,0011	14,7909	0,00%
SCON_HAB	0,0012	0,0002	5,8415	0,00%
MAT_TOT	0,1198	0,0238	5,0275	0,00%
D3_OTR	0,0313	0,0047	6,5925	0,00%
D4_OTR	-0,0140	0,0032	-4,3279	0,01%

Donde:

D3_OTR: 1*SCON_COM para las comunas San Bernardo, Puente Alto y Estación Central, 0 en otro caso.

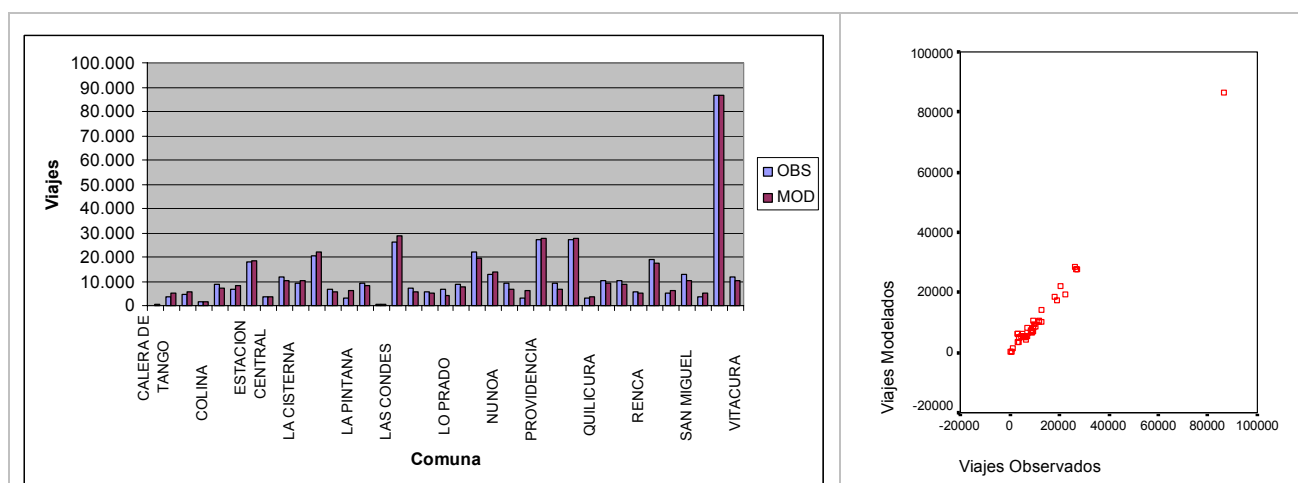
D4_OTR: 1*SCON_COM para las comunas Recoleta, Peñalolen y Ñuñoa, 0 en otro caso.

Tabla 9.99
Resumen del Modelo Obtenido

R2	0,9926				
R2 Ajustado	0,9915				
Error típ. de la estimación	1723,220				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	12.815.866.437	5	2.563.173.287,312	863,171	0%
Residual	95.023.572	32	2.969.486,612		
Total	12.910.890.008	37			

Incorporando la nueva variable, el ajuste mejora para las comunas en cuestión. En la Figura 9.61 se aprecia lo anterior gráficamente.

Figura 9.61
Viajes Observados versus Viajes Modelados



d) Conclusiones

Se obtuvo muy buenos modelos con indicadores estadísticos excelentes para el caso de los propósitos trabajo y otros. El caso del propósito estudio el modelo obtenido tiene el menor coeficiente de regresión ajustado, pero se explica principalmente por que los viajes en ese propósito son pocos. En síntesis, se obtuvo muy buenos modelos para representar la generación de los viajes basados en el hogar de retorno y no basados en el hogar, para el período fuera de punta. En la Tabla 9.100 Tabla 9.101 se presenta los valores de los parámetros e indicadores específicos para los modelos obtenidos.

Tabla 9.100
Modelos de Generación de Viajes (bhr +nbh), Fuera de Punta, con Intercepto

Variable Explicativa	Trabajo		Estudio		Otros	
		Test t	Coeficiente	Test t	Coeficiente	
Superficie Construida de Servicios (m2)	0,008	23,228				
Superficie Construida de Comercio (m2)					0,017	14,094
Superficie Construida Habitacional (m2)					0,001	6,209
Superficie Construida Educacion (m2)			0,001	14,175		
Superficie Total Construida (m2)	0,000	5,421				
Matriculas Totales (matric.)					0,098	3,715
D1_TRA	3502,774	6,125				
D2_TRA	-2481,618	-4,389				
D1_EST			810,213	14,691		
D1_OTR					7464,142	7,025
D2_OTR					-5014,373	-5,011
Constante de Regresión (Intercepto)	-179,722	-0,795	-57,609	-3,698	656,457	1,274
Coef. de Regresión Múltiple Ajustado (%)	98,87%		92,56%		98,77%	
Número de Observaciones	37		37		37	

D1_TRA: 1 para las comunas Quilicura y Maipu, 0 en otro caso.

D2_TRA: 1 para las comunas Independencia y Puente Alto, 0 en otro caso.

D1_EST: 1 para las comunas Ñuñoa o Lo Barnechea, 0 en otro caso.

D1_OTR: 1 para las comunas San Bernardo, Puente Alto y Estación Central, 0 en otro caso.

D2_OTR: 1 para las comunas Recoleta, Peñalolen y Ñuñoa, 0 en otro caso.

Tabla 9.101
Modelos de Generación de Viajes (bhr +nbh), Fuera de Punta, sin Intercepto

Variable Explicativa	Trabajo		Estudio		Otros	
	Coeficiente	Test t	Coeficiente	Test t	Coeficiente	Test t
Superficie Construida de Servicios (m2)	0,008	25,444				
Superficie Construida de Comercio (m2)					0,016	14,791
Superficie Construida de Educación (m2)			0,001	11,303		
Superficie Construida Habitacional (m2)					0,001	5,841
Superficie Total Construida (m2)	0,000	6,975				
Matriculas Totales (matric.)					0,120	5,027
D3_TRA	0,017	5,073				
D4_TRA	-0,010	-3,390				
D2_EST			0,004	10,925		
D1_OTR					0,031	6,592
D2_OTR					-0,014	-4,328
Coef. de Regresión Múltiple Ajustado (%)	98,78%		46,89%		99,15%	
Número de Observaciones	37		37		37	

D3_TRA: 1*SCON_SERV para las comunas Quilicura y Maipu, 0 en otro caso.

D4_TRA: 1*SCON_SERV para las comunas Independencia y Puente Alto, 0 en otro caso.

D2_EST: 1 para las comunas Ñuñoa o Lo Barnechea, 0 en otro caso.

D3_OTR: 1*SCON_COM para las comunas San Bernardo, Puente Alto y Estación Central, 0 en otro caso.

D4_OTR: 1*SCON_COM para las comunas Recoleta, Peñalolen y Ñuñoa, 0 en otro caso.

9.11 Resultados de Modelos de Atracción de Viajes

La modelación de la atracción de viajes, se realiza con dos tipos de modelos. De esta forma, se utiliza un modelo para representar los viajes basados en el hogar de retorno (bhr), y otro para los viajes basados en el hogar de ida y los viajes no basados en el hogar (bhi y nbh). Este procedimiento es también el recomendado por la metodología revisada. Nótese que la agregación de los viajes bhi y nbh obedece a que a nivel de la atracción no existe un argumento teórico que permita establecer diferencias plausibles entre las variables explicativas de los viajes y su influencia en la modelación. Además, esta agregación permite aumentar el número de observaciones disponibles para la calibración lo que mejora la calidad de los modelos obtenidos. El resumen de los viajes atraídos (normalizados) por propósito se presenta en la Tabla 9.102 y Tabla 9.103 para los período punta y fuera de punta respectivamente.

Tabla 9.102
Resumen de Viajes Atraídos. Período 07:15-09:15

Tipo de viaje	Trabajo		Estudio 1				Otro	
	Viajes	%		%	Viajes	%	Viajes	%
bhi	806,733	90.9%	210,562	97.6%	308,460	98.6%	343,396	71.5%
bhr	2,742	0.3%	315	0.1%	343	0.1%	100,312	20.9%
nbh	77,759	8.8%	4,773	2.2%	4,043	1.3%	36,714	7.6%
Total	887,234	100.0%	215,649	100.0%	312,846	100.0%	480,421	100.0%

Tabla 9.103
Resumen de Viajes Atraídos. Período 10:00-12:00

Tipo de viaje	Trabajo		Estudio		Otro	
	viajes	%	viajes	%	viajes	%
bhi	97,274	41.9%	28,662	87.0%	445,189	50.2%
bhr	4,114	1.8%	0	0.0%	294,568	33.2%
nbh	130,530	56.3%	4,271	13.0%	146,311	16.5%
Total	231,918	100.0%	32,934	100.0%	886,068	100.0%

A continuación se describe los mejores modelos obtenidos en cada caso.

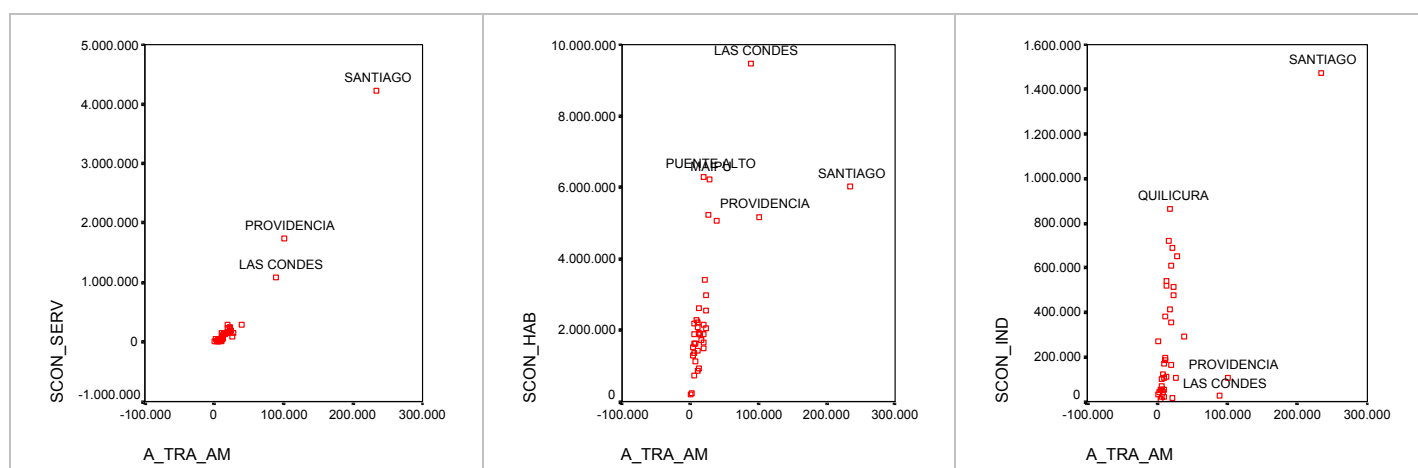
9.11.1 Modelos de Atracción de Viajes BHI y NBH, Período Punta

a) Atracción, Propósito Trabajo (bhi+nbh). Período 07:15-09:15

Para la estimación del modelo de regresión para los viajes atraídos con propósito trabajo se consideró la información de las 37 comunas de Santiago. El mejor modelo estimado se especificó con las variables explicativas superficies construidas destinadas a residencias, servicios e industrias, en la Figura 9.62 se grafica la dispersión entre la variable explicativa y los viajes atraídos con este propósito.

Figura 9.62

Variables Explicativas versus Viajes Atraídos, propósito trabajo, 7:15-9:15



El modelo estimado presenta coeficientes estimados significativos, con signos y valores coherentes excepto el intercepto que no es significativamente distinto de 0. El valor de los coeficientes se presenta en la Tabla 9.104.

Tabla 9.104

Resultados Atracción, Propósito Trabajo. Período 07:15-09:15

V. Independiente	Coeficiente	Error típ.	t	Probabilidad
Intercepto	-406,1139	939,2037	-0,4324	66,8%
SCON_SERV	0,0487	0,0009	53,5951	0,0%
SCON_HAB	0,0035	0,0003	12,3386	0,0%
SCON_IND	0,0052	0,0019	2,7681	0,9%

En la Tabla 9.105 se presentan los indicadores generales del modelo obtenido. El coeficiente de regresión múltiple ajustado resultó ser de 99,52%. El valor de este indicador es excelente, difícil de obtener en este tipo de modelos. Este resultado es muy positivo, ya que este modelo predice una parte muy importante de los viajes en el período punta mañana.

Tabla 9.105
Resumen del Modelo Obtenido

R2	0,9956				
R2 Ajustado	0,9952				
Error típ. de la estimación	2851,3				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	60.159.802.785	3	20.053.267.595	2.467	0%
Residual	268.287.334	33	8.129.919		
Total	60.428.090.118	36			

En la Figura 9.63 se presenta la distribución de los errores, en tanto en la Figura 9.64 se grafica la dispersión entre los viajes observados versus los modelados.

Figura 9.63
Distribución de los Errores

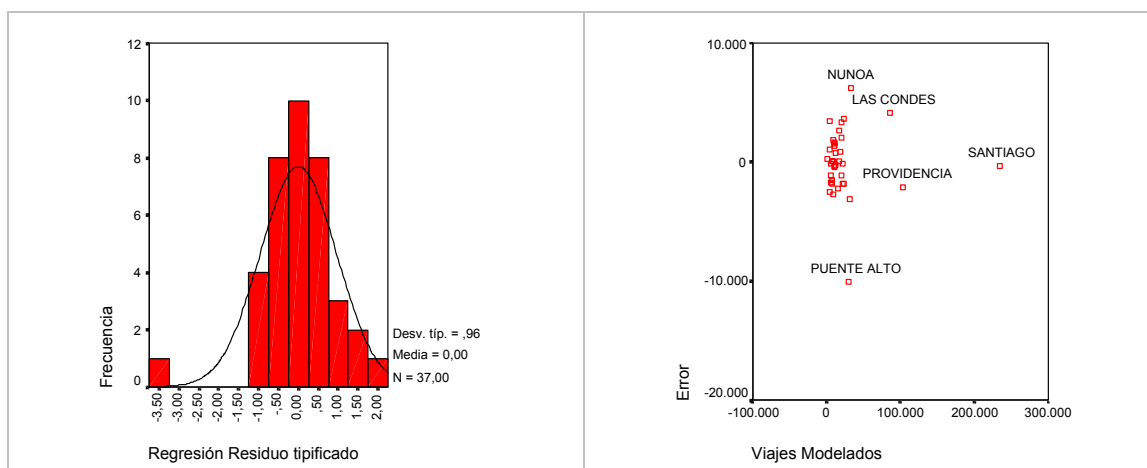
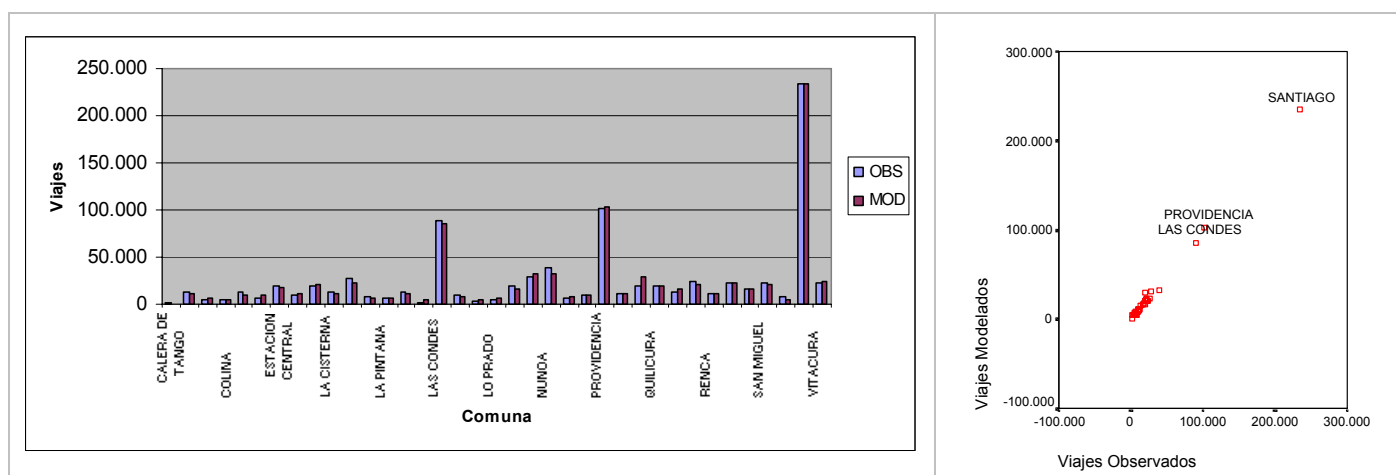


Figura 9.64
Viajes Observados versus Viajes Modelados



- **Modelo con Variable Dummy**

Se probó un modelo considerando una variable dummy para las comunas Santiago, Providencia y Las Condes, pero esta no dio significativamente distinta de 0 al 95% de confianza como se muestra en la Tabla 9.106.

Tabla 9.106
Resultados Atracción, Propósito Trabajo. Período 07:15-09:15

V. Independiente	Coefficiente	Error típ.	t	Probabilidad
Intercepto	-302,3420	948,6365	-0,3187	75,2%
SCON_SERV	0,0474	0,0017	27,9817	0,0%
SCON_HAB	0,0033	0,0003	10,4539	0,0%
SCON_IND	0,0062	0,0022	2,8234	0,8%
D1_TRA	3891,4327	4287,4711	0,9076	37,1%

Donde:

D1_TRA: 1 para las comunas Santiago, Providencia y Las Condes, 0 en otro caso.

- **Modelo Sin Intercepto**

Al considerar el modelo sin intercepto, con el fin de poder utilizarlo a nivel zonal, el coeficiente de regresión ajustado mejora a un 99,6% y el coeficiente de las variables explicativas sigue siendo significativo. Los resultados se presentan en la Tabla 9.107 y Tabla 9.108.

Tabla 9.107
Resultados Atracción, Propósito Trabajo. Período 07:15-09:15

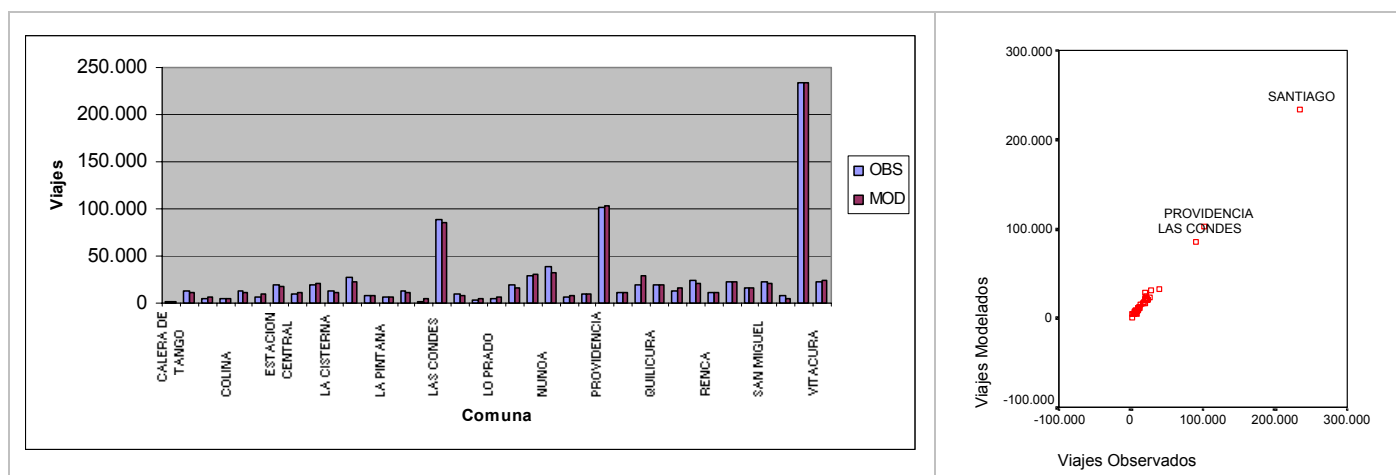
V. Independiente	Coeficiente	Error típ.	t	Probabilidad
SCON_SERV	0,0489	0,0008	60,6376	0,0%
SCON_HAB	0,0034	0,0002	17,8066	0,0%
SCON_IND	0,0047	0,0015	3,0653	0,4%

Tabla 9.108
Resumen del Modelo Obtenido

R2	0,9967				
R2 Ajustado	0,9964				
Error típ. de la estimación	2817,0				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	81.582.229.280	3	27.194.076.427	3.427	0%
Residual	269.807.399	34	7.935.512		
Total	81.852.036.679	37			

El ajuste entre los viajes observados y los viajes predichos se presenta en la Figura 9.65.

Figura 9.65
Viajes Observados versus Viajes Modelados

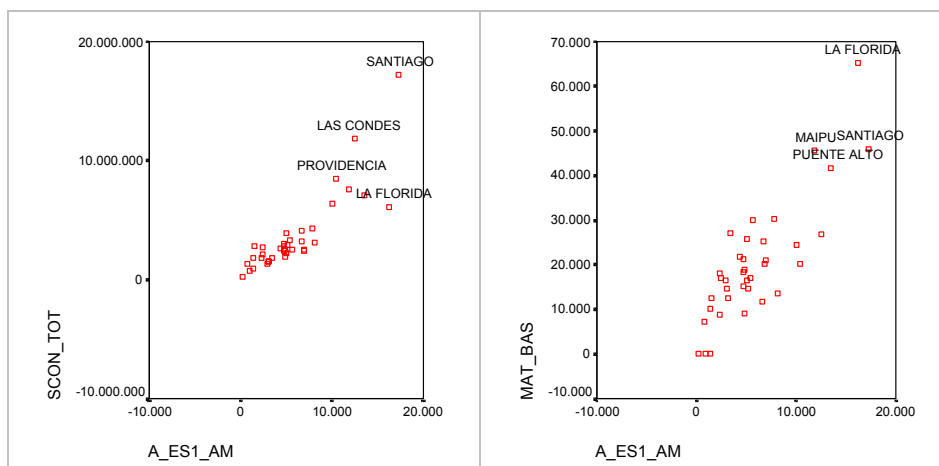


b) Atracción, Propósito Estudio 1 (bhi+nbh). Período 07:15-09:15

La calibración se realiza a base de las 37 comunas internas. El mejor modelo resultante se especificó con las variables independientes superficie total construida y matriculas de enseñanza básica, en la Figura 9.66 se presenta la dispersión entre la variable dependiente y las variables explicativas anteriores. El modelo presenta coeficientes estimados significativos, con signos y valores coherentes, con intercepto. El coeficiente de regresión múltiple ajustado resultó ser de 87,9%. El valor de este indicador es muy bueno, apto para realizar predicciones a futuro.

Figura 9.66

Variables Explicativas versus Viajes Atraídos, propósito Estudio 1, 7:15-9:15



En la Tabla 9.109 y Tabla 9.110 se presentan los coeficientes obtenidos y los indicadores del modelo respectivamente.

Tabla 9.109

Resultados Atracción, Propósito Estudio 1. Período 07:15-09:15

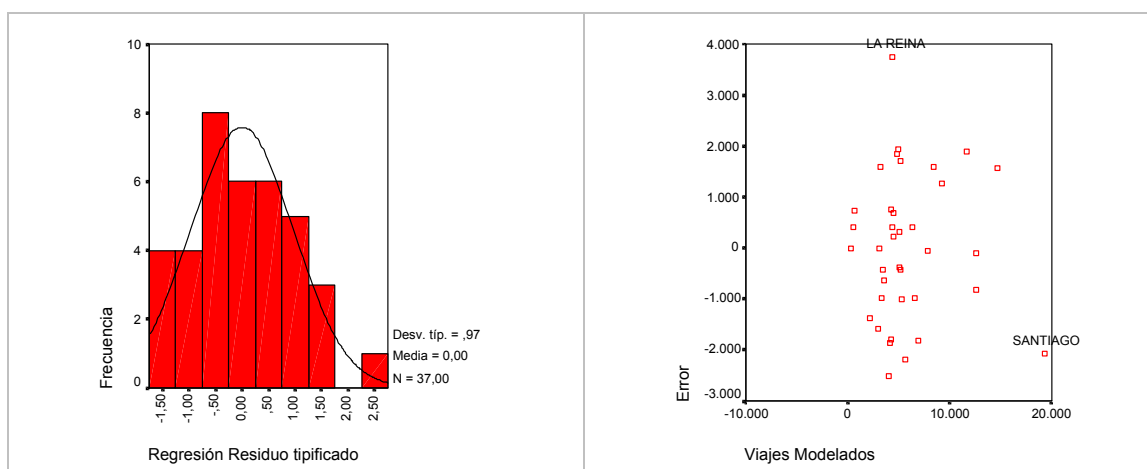
V. Independiente	Coeficiente	Error típ.	t	Probabilidad
Intercepto	86,5046	446,4329	0,1938	84,8%
MAT_BAS	0,1589	0,0241	6,5969	0,0%
SCON_TOT	0,0007	0,0001	7,2136	0,0%

Tabla 9.110
Resumen del Modelo Obtenido

R2	0,8860				
R2 Ajustado	0,8793				
Error típ. de la estimación	1470,3				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	571.121.505	2	285.560.753	132	0%
Residual	73.498.281	34	2.161.714		
Total	644.619.786	36			

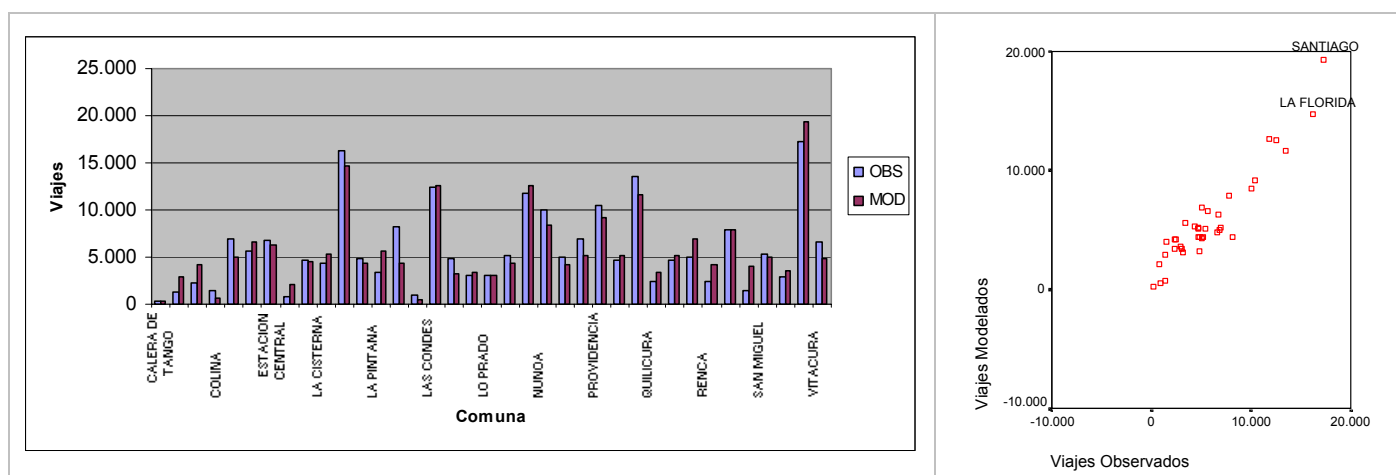
En la Figura 9.67 se muestra el histograma de los errores normalizados y los errores versus los viajes predichos. En ésta se aprecia que si bien el modelo ajusta bien hay datos outlayers presentes, pero no se distingue un grupo en particular al que se le pueda asociar una variable dummy.

Figura 9.67
Distribución de los Errores



En la Figura 9.68 se presenta la dispersión entre los viajes observados y modelados, en ella se aprecia que el ajuste es bastante bueno, sobre todo para las comunas Santiago y La Florida, que tienen gran cantidad de viajes atraídos con propósito estudio 1.

Figura 9.68
Viajes Observados versus Viajes Modelados



• Modelo Sin Intercepto

Usando las mismas variables explicativas anteriores, pero considerando que la regresión pasa por el origen se obtienen todos los coeficientes significativamente distintos de 0 al 95% de confianza y el coeficiente de regresión múltiple aumenta a un 95,9%.

En la Tabla 9.111 y Tabla 9.112 se presentan los coeficientes obtenidos y los índices generales del modelo.

Tabla 9.111
Resultados Atracción, Propósito Estudio 1. Período 07:15-09:15

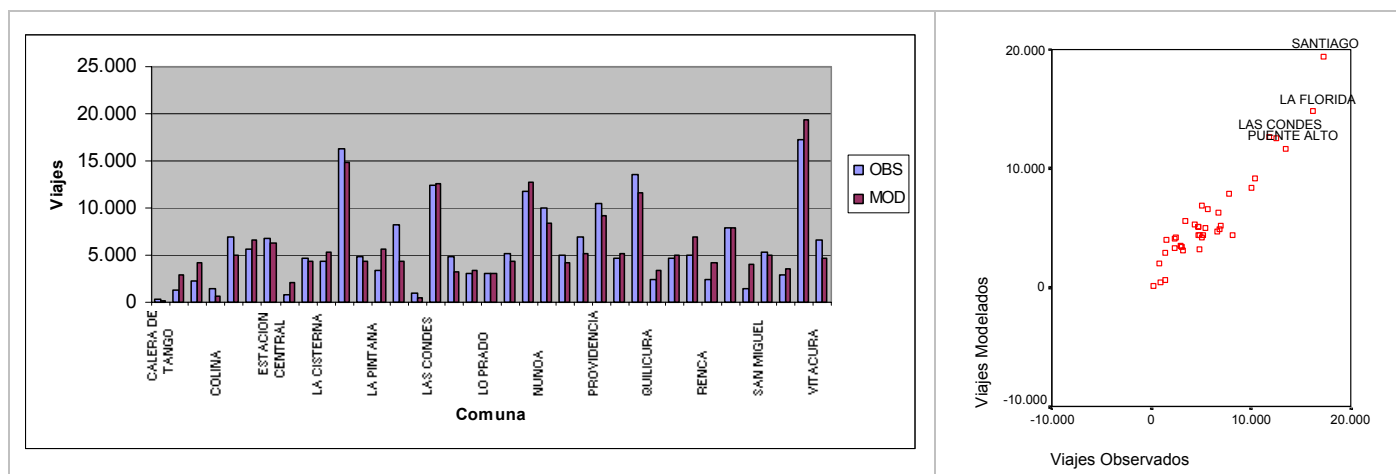
V. Independiente	Coficiente	Error típ.	t	Probabilidad
MAT_BAS	0,1616	0,0193	8,3832	0,0%
SCON_TOT	0,0007	0,0001	7,3642	0,0%

Tabla 9.112
Resumen del Modelo Obtenido

R2	0,9612				
R2 Ajustado	0,9590				
Error típ. de la estimación	1449,9				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	1.823.017.311	2	911.508.655	434	0%
Residual	73.579.445	35	2.102.270		
Total	1.896.596.756	37			

De la Figura 9.69 y de los resultados anteriores se puede concluir que el ajuste entre los viajes observados y los predichos es bastante bueno.

Figura 9.69
Viajes Observados versus Viajes Modelados



c) Atracción, Propósito Estudio 2 (bhi+nbh). Período 07:15-09:15

Para el propósito estudio 2 la calibración se realizó considerando las 37 comunas del sector urbano de Santiago. El mejor modelo resultante proviene de usar como variable explicativa el número de hogares, las matriculas de enseñanza media y superior. El modelo presenta coeficientes estimados significativos, con signos y valores coherentes, con intercepto. El coeficiente de regresión múltiple ajustado es de 98,32%. En la Figura 9.70 se grafica las variables explicativas usadas versus los viajes en este período con propósito estudio 2, en tanto en la

Tabla 9.113 se presenta los coeficientes de las variables explicativas y en la Tabla 9.114 se muestran los indicadores del modelo.

Figura 9.70
Variables Explicativas versus Viajes Atraídos, propósito Estudio 2, 7:15-9:15

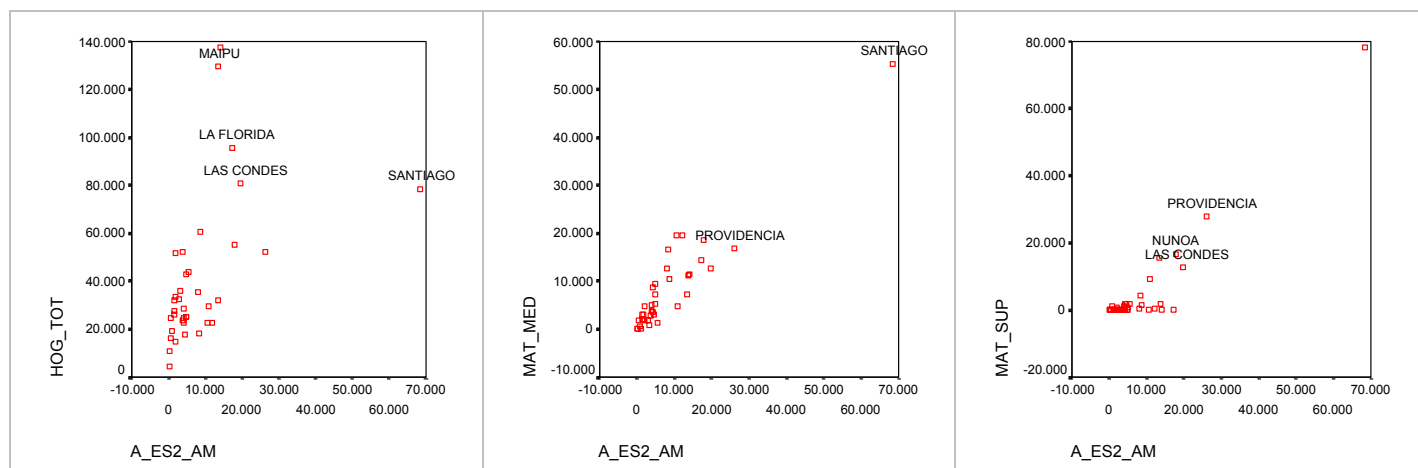


Tabla 9.113
Resultados Atracción, Propósito Estudio 2. Período 07:15-09:15

V. Independiente	Coeficiente	Error típ.	t	Probabilidad
Intercepto	-679,9087	451,3126	-1,5065	14,1%
HOG_TOT	0,0741	0,0094	7,8979	0,0%
MAT_MED	0,4565	0,0490	9,3093	0,0%
MAT_SUP	0,4947	0,0337	14,6851	0,0%

Tabla 9.114
Resumen del Modelo Obtenido

R2	0,9846				
R2 Ajustado	0,9832				
Error típ. de la estimación	1541,3				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	5.021.673.114	3	1.673.891.038	705	0%
Residual	78.397.165	33	2.375.672		
Total	5.100.070.279	36			

Al graficar los errores con respecto a los viajes modelados (Figura 9.71) se aprecia que el ajuste es bastante bueno, existiendo algunos datos outliers como son la comuna de la Florida y Peñalolén, pero en extremos opuestos de la nube de errores, por lo que no se les puede asociar una variable dummy. De forma complementaria, en la

Figura 9.72 se grafica la dispersión entre los viajes modelados y viajes observados.

Figura 9.71
Distribución de los Errores

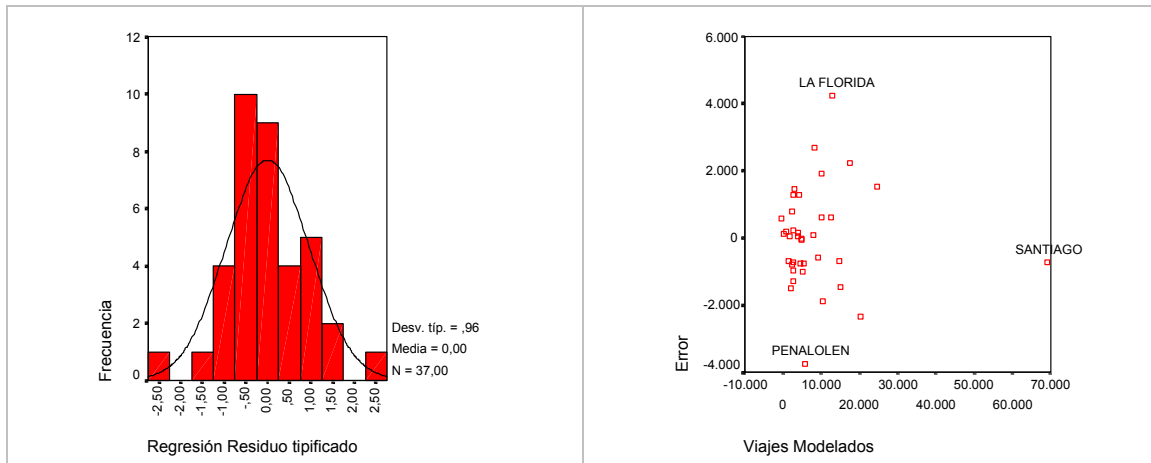
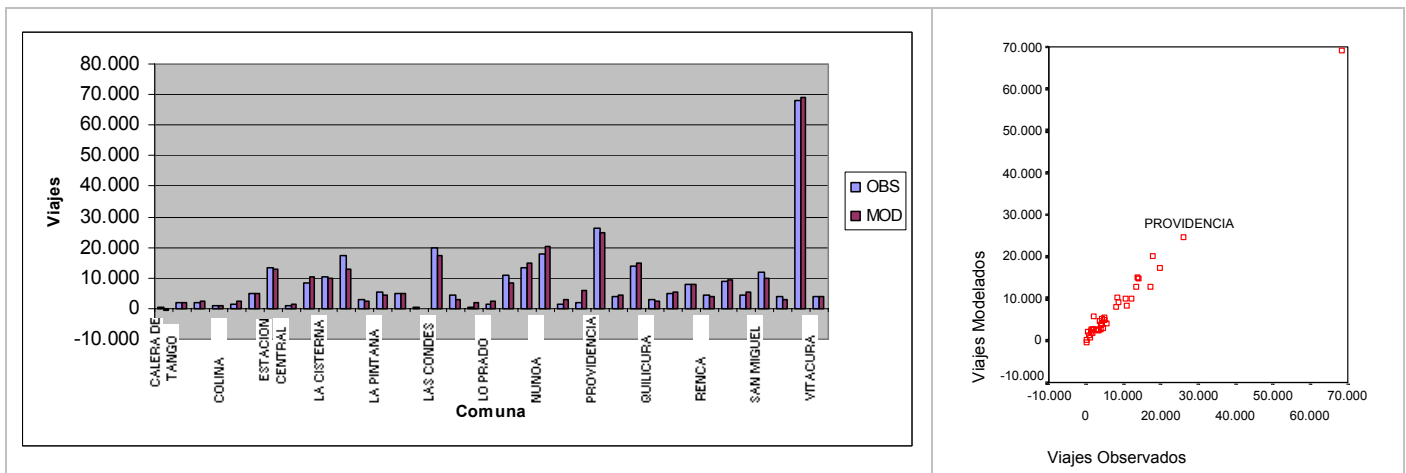


Figura 9.72
Viajes Observados versus Viajes Modelados



• Modelo Sin Intercepto

Al considerar las variables explicativas anteriores, pero sin intercepto, se obtiene un coeficiente de regresión múltiple de 98,82% y todos los coeficientes significativamente distintos de 0 y coherentes. En las Tablas siguientes se presentan los coeficientes obtenidos y los indicadores generales del modelo.

Tabla 9.115
Resultados Atracción, Propósito Estudio 2. Período 07:15-09:15

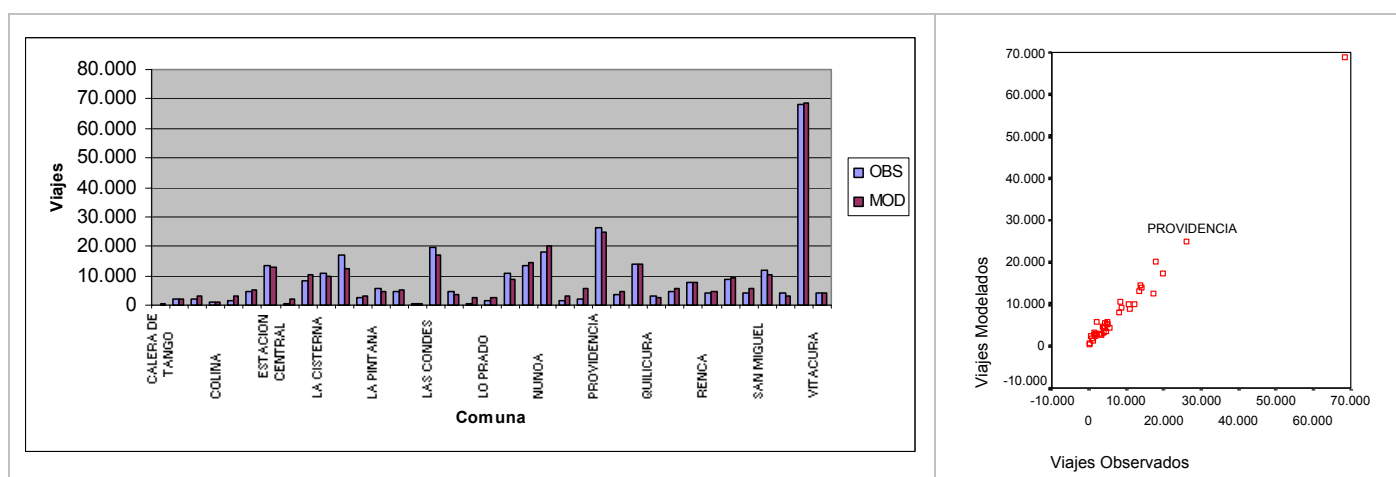
V. Independiente	Coficiente	Error típ.	t	Probabilidad
HOG_TOT	0,0658	0,0077	8,4998	0,0%
MAT_MED	0,4326	0,0473	9,1545	0,0%
MAT_SUP	0,5082	0,0331	15,3569	0,0%

Tabla 9.116
Resumen del Modelo Obtenido

R2	0,9892				
R2 Ajustado	0,9882				
Error típ. de la estimación	1569,8				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	7.650.586.561	3	2.550.195.520	1.035	0%
Residual	83.788.950	34	2.464.381		
Total	7.734.375.512	37			

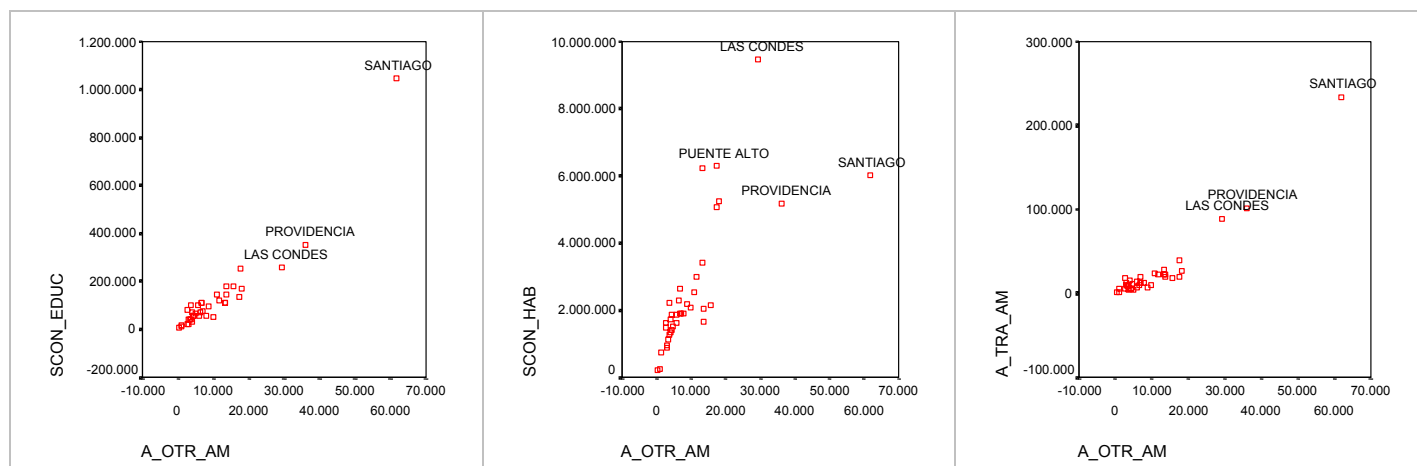
En la Figura 9.73 se muestra las diferencias entre los viajes predichos y los viajes observados, se distingue que Santiago presenta un excelente ajuste, lo que es importante, ya que es la comuna con más viajes atraídos en este período.

Figura 9.73
Viajes Observados versus Viajes Modelados



d) Atracción, Propósito Otros (bhi+nbh). Período 07:15-09:15

La calibración se realizó a base de las 37 comunas urbanas de Santiago. El mejor modelo obtenido se especificó con las variables explicativas superficie construida destinada a educación, superficie habitacional y viajes atraídos (bhi+nbh) con propósito trabajo en el período punta mañana (en la Figura 9.74 se grafica la variable dependiente versus las variables explicativas) . El coeficiente de regresión múltiple ajustado fue de 0,95. En la Tabla 9.117 se resumen los coeficientes obtenidos así como su significancia, en tanto en la Tabla 9.118 se presenta los indicadores generales del modelo obtenido.

Figura 9.74**Variables Explicativas versus Viajes Atraídos, propósito Otros, 7:15-9:15****Tabla 9.117****Resultados Atracción, Propósito Otros. Período 07:15-09:15**

V. Independiente	Coeficiente	Error típ.	t	Probabilidad
Intercepto	39,8941	761,1649	0,0524	95,9%
A_TRA_AM	0,0809	0,0417	1,9398	6,1%
SCON_EDUC	0,0341	0,0094	3,6206	0,1%
SCON_HAB	0,0016	0,0003	5,9185	0,0%

Tabla 9.118
Resumen del Modelo Obtenido

R2	0,9569				
R2 Ajustado	0,9529				
Error típ. de la estimación	2510,9				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	4.615.505.454	3	1.538.501.818	244	0%
Residual	208.050.130	33	6.304.549		
Total	4.823.555.584	36			

En la Figura 9.75 se presenta la distribución de los errores y en la Figura 9.76 las diferencias entre los viajes observados y modelados. A excepción de Providencia, todas las comunas presentan un ajuste adecuado, por lo que no se incluirán variables dummy en este modelo.

Figura 9.75
Distribución de los Errores

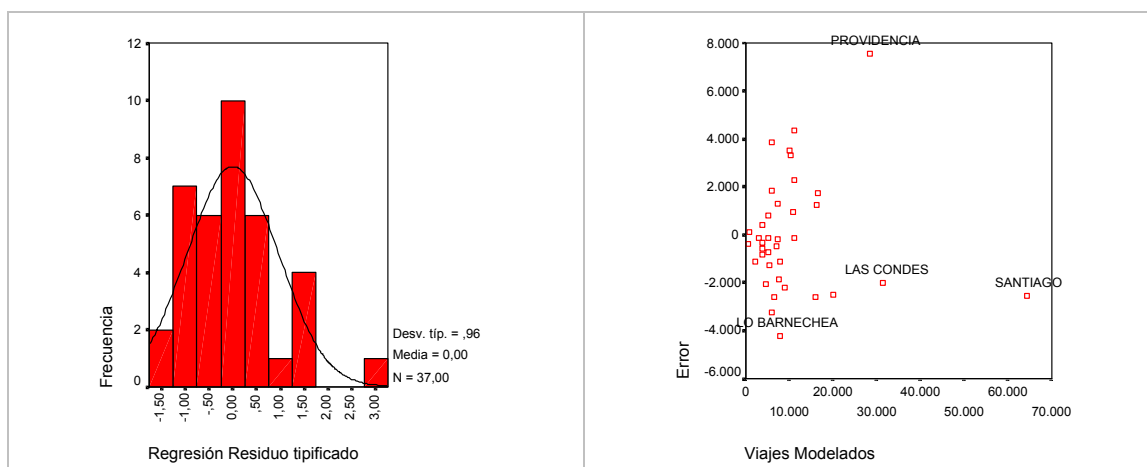
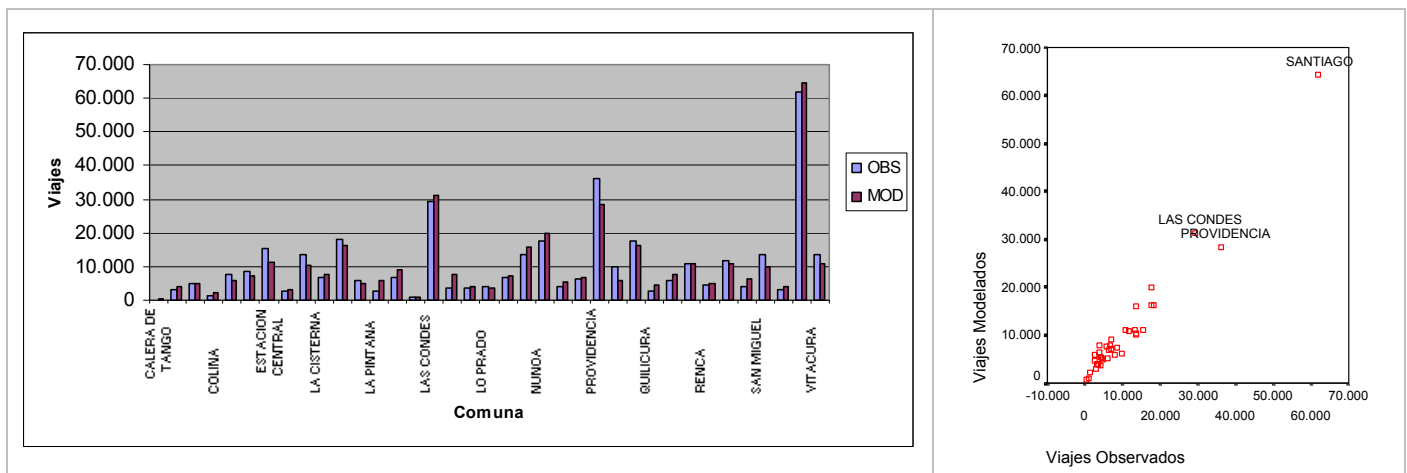


Figura 9.76
Viajes Observados versus Viajes Modelados



- Modelo Sin Intercepto**

Usando las mismas variables explicativas, pero considerando que la regresión pasa por el origen se obtienen coeficientes significativamente distintos de 0 al 95% de confianza y el coeficiente de regresión múltiple ajustado es de 97,4%. En las siguientes Tablas se presenta los parámetros obtenidos y los indicadores generales del modelo.

Tabla 9.119
Resultados Atracción, Propósito Otros. Período 07:15-09:15

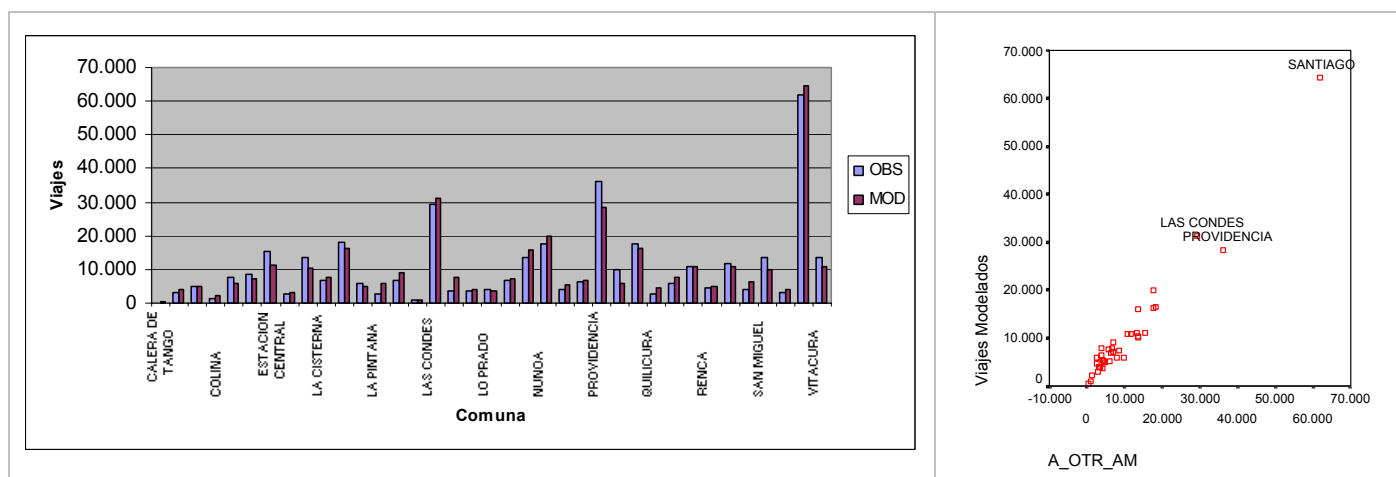
V. Independiente	Coeficiente	Error típ.	t	Probabilidad
A_TRA_AM	0,0799	0,0367	2,1785	3,6%
SCON_HAB	0,0016	0,0002	8,5069	0,0%
SCON_EDUC	0,0343	0,0084	4,0865	0,0%

Tabla 9.120
Resumen del Modelo Obtenido

R2	0,9763				
R2 Ajustado	0,9742				
Error típ. de la estimación	2473,8				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	8.582.574.491	3	2.860.858.164	467	0%
Residual	208.067.449	34	6.119.631		
Total	8.790.641.940	37			

En la Figura 9.77 se distingue que las diferencias entre los viajes es bastante buena para todas las comunas.

Figura 9.77
Viajes Observados versus Viajes Modelados



e) Conclusiones

Los resultados de esta calibración son muy buenos. En términos generales, se puede indicar que los modelos de Regresión Lineal Múltiple calibrados para representar la atracción de viajes no basados en el hogar (nbh) y basados en el hogar de ida (bhi), son robustos,

obteniéndose coeficientes de correlación múltiple ajustado adecuados. En la Tabla 9.121 y Tabla 9.122 se presenta los valores de los parámetros e indicadores específicos para los modelos obtenidos considerando el intercepto, y en la Tabla 9.123 y Tabla 9.124 los modelos sin intercepto.

Tabla 9.121
Modelos de Atracción de viajes (bhi+ nbh), Punta de la Mañana, con Intercepto

Variable Explicativa	Trabajo		Estudio 1	
	Coeficiente	Test t	Coeficiente	Test t
Superficie Construida de Servicios (m2)	0,0487	53,5951		
Superficie Construida de Industria (m2)	0,0052	2,7681		
Superficie Construida Habitacional (m2)	0,0035	12,3386		
Superficie Total Construida (m2)			0,0007	7,2136
Matriculas de Enseñanza Básica (matric.)			0,1589	6,5969
Constante de Regresión (Intercepto)	-406,1139	-0,4324	86,5046	0,1938
Coef. de Regresión Múltiple Ajustado (%)	99,52%		87,93%	
Número de Observaciones	37		37	

Tabla 9.122**Modelos de Atracción de viajes (bhi+ nbh), Punta de la Mañana, con Intercepto (Continuación)**

Variable Explicativa	Estudio 2		Otros	
	Coeficiente	Test t	Coeficiente	Test t
Superficie Construida de Educación (m2)			0,0341	3,6206
Superficie Construida Habitacional (m2)			0,0016	5,9185
Número de Hogares (hogares)	0,0741	7,8979		
Matriculas de Enseñanza Media (matric.)	0,4565	9,3093		
Matriculas de Enseñanza Superior (matric.)	0,4947	14,6851		
Viajes al Trabajo, bhi+nbh, P. Mañana (viajes)			0,0809	1,9398
Constante de Regresión (Intercepto)	-679,9087	-1,5065	39,8941	0,0524
Coef. de Regresión Múltiple Ajustado (%)	98,32%		95,29%	
Número de Observaciones	37		37	

Tabla 9.123**Modelos de Atracción de viajes (bhi+ nbh), Punta de la Mañana, sin Intercepto**

Variable Explicativa	Trabajo		Estudio 1	
	Coeficiente	Test t	Coeficiente	Test t
Superficie Construida de Servicios (m2)	0,0489	60,6376		
Superficie Construida de Industrias (m2)	0,0047	3,0653		
Superficie Construida Habitacional (m2)	0,0034	17,8066		
Superficie Total Construida (m2)			0,0007	7,3642
Matriculas de Enseñanza Básica (matric.)			0,1616	8,3832
Coef. de Regresión Múltiple Ajustado (%)	99,64%		95,90%	
Número de Observaciones	37		37	

Tabla 9.124**Modelos de Atracción de viajes (bhi+ nbh), Punta de la Mañana, sin Intercepto (Continuación)**

Variable Explicativa	Estudio 2		Otros	
	Coeficiente	Test t	Coeficiente	Test t
Superficie Construida Habitacional (m2)			0,0016	8,5069
Superficie Construida de Educación (m2)			0,0343	4,0865
Número de Hogares (hogares)	0,0658	8,4998		

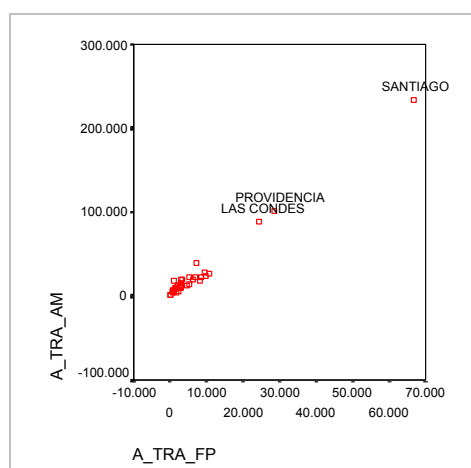
Matriculas de Enseñanza Media (matric.)	0,4326	9,1545		
Matriculas de Enseñanza Superior (matric.)	0,5082	15,3569		
Viajes al Trabajo, bhr+nbh, P. Mañana (viajes)			0,0799	2,1785
Coef. de Regresión Múltiple Ajustado (%)	98,82%		97,42%	
Número de Observaciones	37		37	

9.11.2 Modelos de Atracción de Viajes BHI y NBH Período Fuera de Punta

a) Atracción, Propósito Trabajo (bhi+nbh). Período 10:00-12:00

El mejor modelo calibrado se especificó con la variable explicativa viajes atraídos, con propósito trabajo en el período punta mañana, considerando las 37 comunas del sector urbano de Santiago, en la Figura 9.78 se presenta la dispersión de esta variable con respecto a la variable dependiente

Figura 9.78
Variables Explicativas versus Viajes Atraídos, propósito Trabajo, 10:00-12:00



El coeficiente de regresión múltiple ajustado, resultó ser de 0,98, por lo tanto la regresión múltiple explica un 98% de la variación total en los viajes. El valor de este indicador es excelente, difícil de obtener en este tipo de modelos. En la Tabla 9.125 se presenta el valor del coeficiente e intercepto así como su significancia. Los indicadores del modelo se presentan en la Tabla 9.126.

Tabla 9.125**Resultados Atracción, Propósito Trabajo. Período 10:00-12:00**

V. Independiente	Coficiente	Error típ.	t	Probabilidad
Intercepto	-399,7939	320,0097	-1,2493	22,0%
A_TRA_AM	0,2859	0,0068	42,0211	0,0%

Tabla 9.126**Resumen del Modelo Obtenido**

R2	0,9806				
R2 Ajustado	0,9800				
Error típ. de la estimación	1672,5				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	4.939.387.213	1	4.939.387.213	1.766	0%
Residual	97.905.102	35	2.797.289		
Total	5.037.292.315	36			

En la Figura 9.79 se muestra que el ajuste es bastante bueno, existiendo algunos datos outliers que pueden ser agrupados en 2 variables dummy, estos grupos se constituyen por las comunas Estación Central, La Florida, Vitacura y Recoleta; Ñuñoa y Quilicura. Además estas comunas son las que presentan mayor diferencia entre los viajes observados y modelados (Figura 9.80).

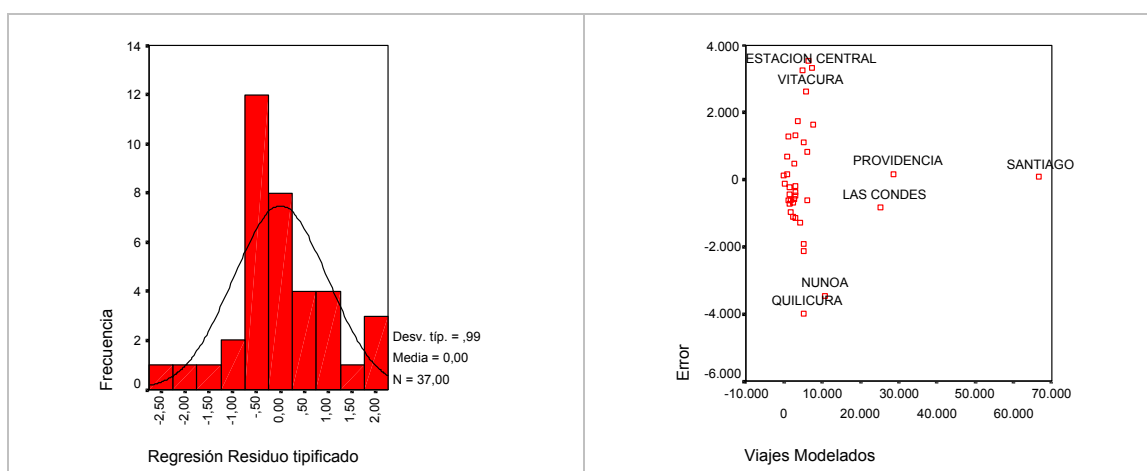
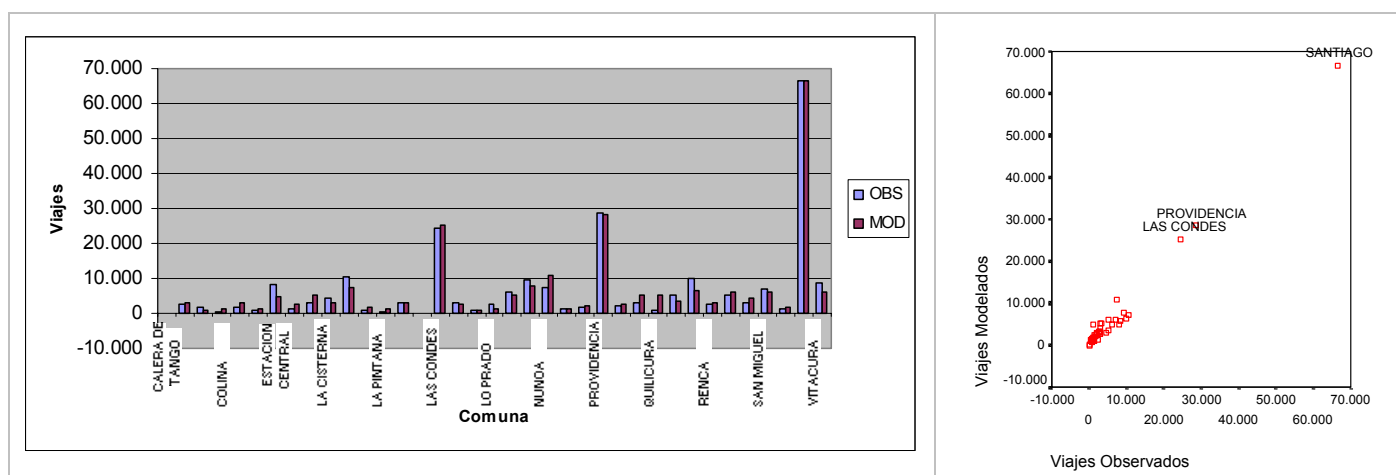
Figura 9.79**Distribución de los Errores**

Figura 9.80
Viajes Observados versus Viajes Modelados



- **Modelo con Variable Dummy**

Al usar una variable dummy que toma el valor 1 para las comunas Recoleta, estación Central, La Florida y Vitacura, y otra variable dummy para Ñuñoa y Quilicura, el coeficiente de regresión múltiple ajustado mejora a un 99,3%, obteniendo todos los coeficientes coherentes y significativamente distintos de 0 al 95% de confianza. En la Tabla 9.127 y Tabla 9.128 se presenta los coeficientes obtenidos y los indicadores generales del modelo respectivamente, en tanto en la Figura 9.81 se grafica la diferencia entre los viajes observados y modelados.

Tabla 9.127
Resultados Atracción, Propósito Trabajo. Período 10:00-12:00

V. Independiente	Coeficiente	Error típ.	t	Probabilidad
Intercepto	-591,4831	189,7846	-3,1166	0,4%
A_TRA_AM	0,2868	0,0038	75,8492	0,0%
D1_TRA	3359,3400	493,5810	6,8061	0,0%
D2_TRA	-3564,1612	678,0352	-5,2566	0,0%

Donde:

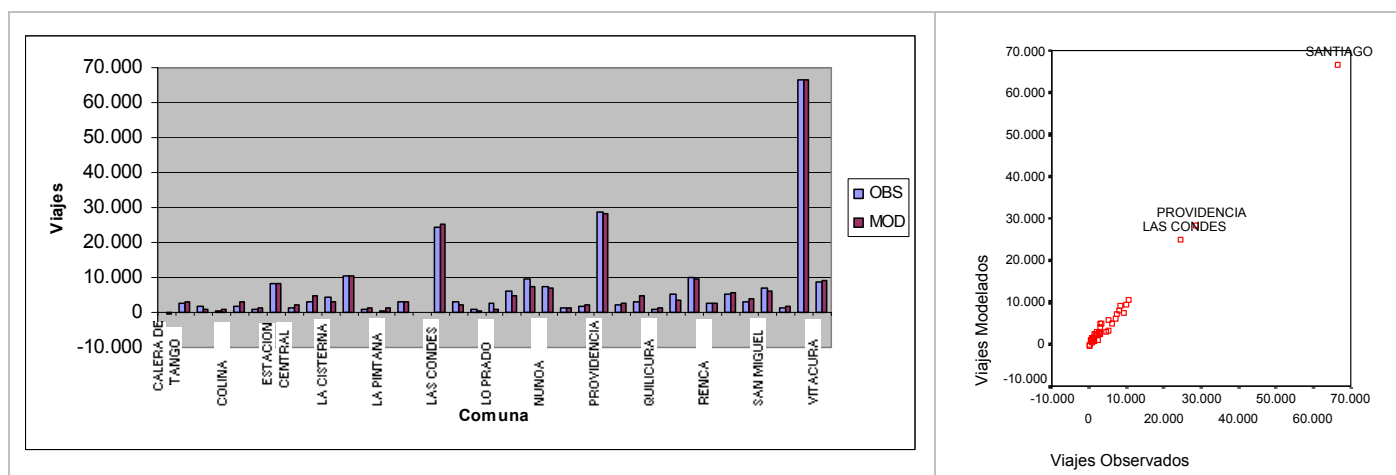
D1_TRA: 1 para las comunas Estación Central, La Florida, Vitacura y Recoleta, 0 en otro caso

D2_TRA: 1 para las comunas Ñuñoa y Quilicura, 0 en otro caso

Tabla 9.128
Resumen del Modelo Obtenido

R2	0,9943				
R2 Ajustado	0,9938				
Error típ. de la estimación	929,0				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	5.008.811.790	3	1.669.603.930	1.935	0%
Residual	28.480.525	33	863.046		
Total	5.037.292.315	36			

Figura 9.81
Viajes Observados versus Viajes Modelados



• Modelo Sin Intercepto

Al considerar la misma variable explicativa, pero considerando que la regresión pasa por el origen, el coeficiente de regresión múltiple ajustado es de 98,4% y el coeficiente de los viajes atraídos al trabajo en punta mañana es significativamente distinto de 0. En las siguientes Tablas se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 9.129
Resultados Atracción, Propósito Trabajo. Período 10:00-12:00

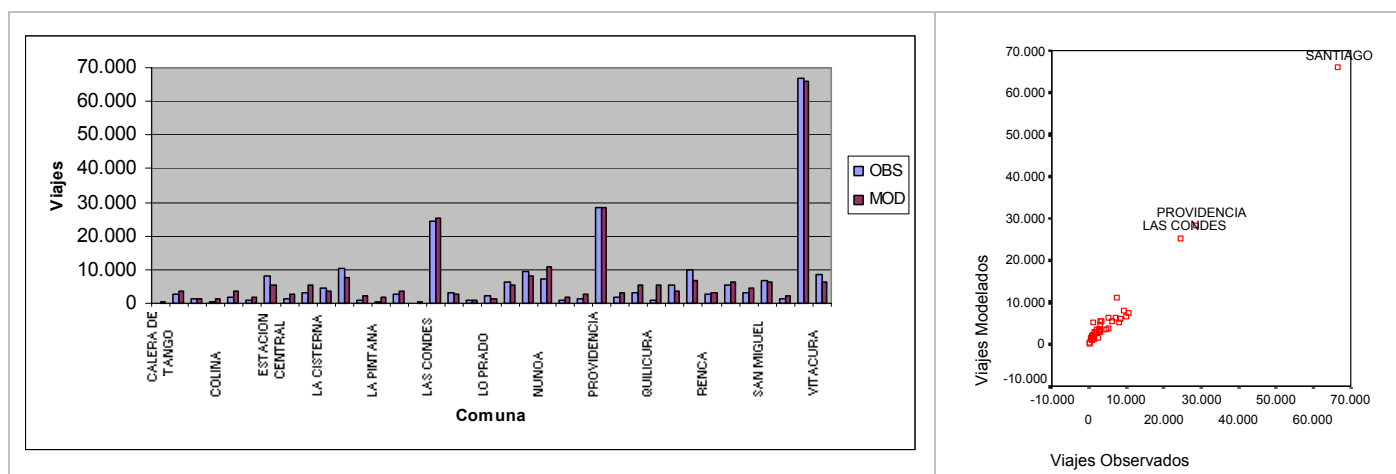
V. Independiente	Coeficiente	Error típ.	t	Probabilidad
A_TRA_AM	0,2816	0,0059	47,7914	0,0%

Tabla 9.130
Resumen del Modelo Obtenido

R2	0,9845				
R2 Ajustado	0,9841				
Error típ. de la estimación	1685,5				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	6.488.594.257	1	6.488.594.257	2.284	0%
Residual	102.271.098	36	2.840.864		
Total	6.590.865.355	37			

En la Figura 9.82 se grafica las diferencias entre los viajes observados versus los viajes modelados.

Figura 9.82
Viajes Observados versus Viajes Modelados



• Modelo sin Intercepto con Variable Dummy

Al usar la formulación anterior, pero agregando 2 variables dummy que multiplican la variable explicativa, la primera para las comunas Estación Central, La Florida, Recoleta y Vitacura; la segunda para Quilicura y Ñuñoa, se obtienen coeficientes coherentes y significativamente distintos de 0. El coeficiente de regresión múltiple ajustado mejora a 99,3%. En la Tabla 9.131 y Tabla 9.132 se muestra los resultados de la regresión, en tanto en la Figura 9.83 la dispersión entre los viajes observados y modelados.

Tabla 9.131
Resultados Atracción, Propósito Trabajo. Período 10:00-12:00

V. Independiente	Coefficiente	Error típ.	t	Probabilidad
A_TRA_AM	0,2811	0,0040	70,4893	0,0%
D3_TRA	0,1261	0,0246	5,1226	0,0%
D4_TRA	-0,1193	0,0259	-4,6003	0,0%

Donde:

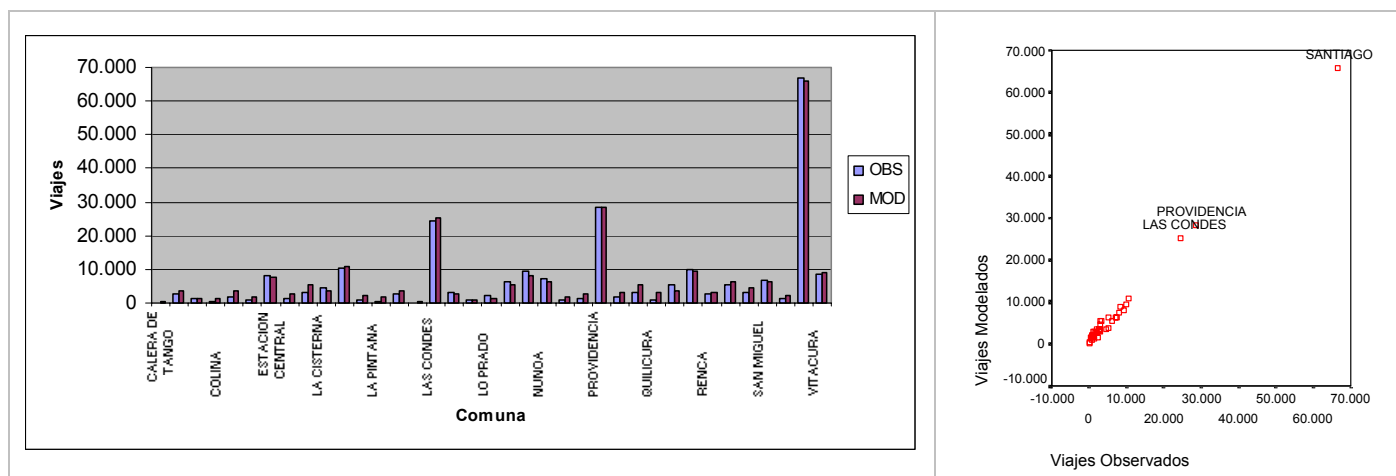
D3_TRA: 1*A_TRA_AM para las comunas Estación Central, La Florida, Vitacura y Recoleta, 0 en otro caso

D4_TRA: 1*A_TRA_AM para las comunas Ñuñoa y Quilicura, 0 en otro caso

Tabla 9.132
Resumen del Modelo Obtenido

R2	0,9936				
R2 Ajustado	0,9930				
Error típ. de la estimación	1112,7				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	6.548.772.142	3	2.182.924.047	1.763	0%
Residual	42.093.213	34	1.238.036		
Total	6.590.865.355	37			

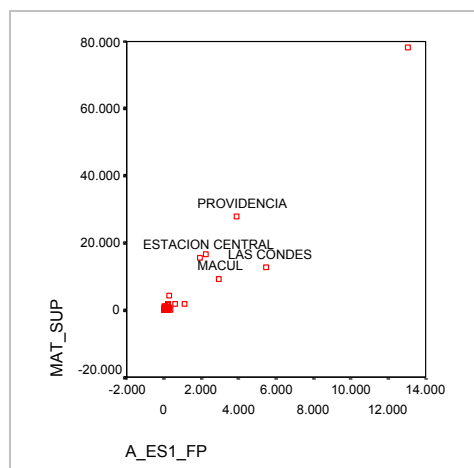
Figura 9.83
Viajes Observados versus Viajes Modelados



b) Atracción, Propósito Estudio (bhi+nbh). Período 10:00-12:00

La calibración se realiza a base de las 37 comunas internas. El mejor modelo calibrado se especificó con las variables explicativas matrículas de enseñanza superior en la comuna, la dispersión entre esta variable y los viajes atraídos en fuera de punta con propósito estudio se presenta en la Figura 9.84.

Figura 9.84
Variables Explicativas versus Viajes Atraídos, propósito Estudio, 10:00-12:00



Con tal especificación el coeficiente de regresión múltiple ajustado resultó ser de 92,41%. El valor de este indicador puede ser mejorado con la inclusión de variables dummies. El valor de los coeficientes y los indicadores generales del modelo se presentan en la Tabla 9.133 y Tabla 9.134 respectivamente.

Tabla 9.133
Resultados Atracción, Propósito Estudio. Período 10:00-12:00

V. Independiente	Coeficiente	Error típ.	t	Probabilidad
Intercepto	119,5463	113,9983	1,0487	30,2%
MAT_SUP	0,1656	0,0079	20,9647	0,0%

Tabla 9.134
Resumen del Modelo Obtenido

R2	0,9262				
R2 Ajustado	0,9241				
Error típ. de la estimación	653,9				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	187.911.788	1	187.911.788	440	0%
Residual	14.963.952	35	427.541		
Total	202.875.739	36			

Analizando la distribución de los errores (Figura 9.85) se distingue que la comuna de Las Condes es la que más error presenta, por lo que será agrupada junto con Macul en una variable dummy.

Como forma alternativa se agrupara Las Condes con Providencia y Santiago por ser las principales comunas atractoras de viajes con este propósito.

Figura 9.85
Distribución de los Errores

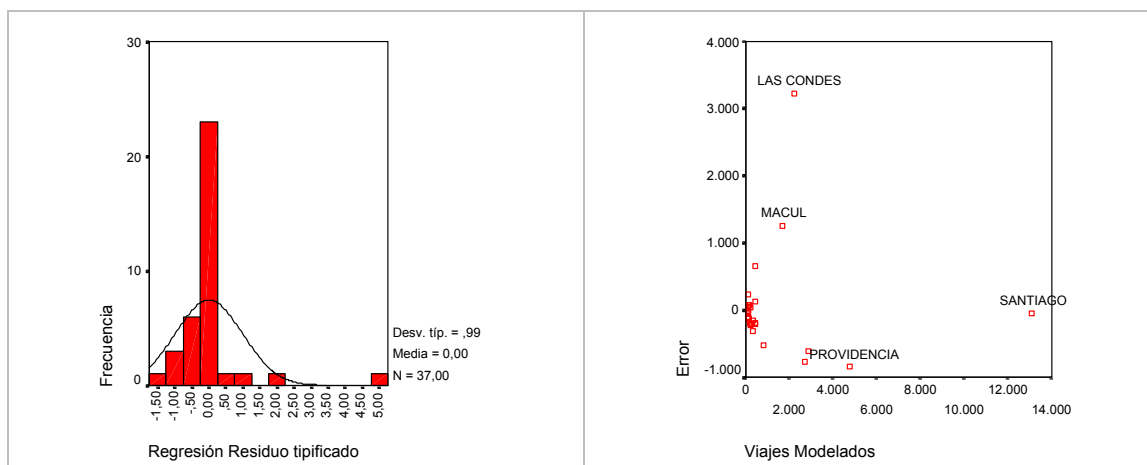
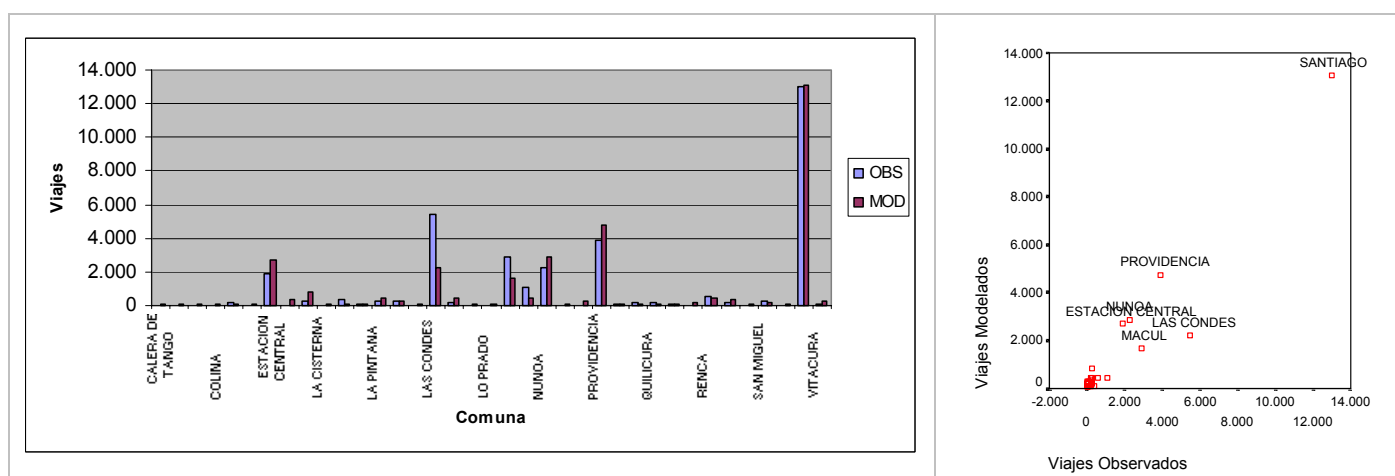


Figura 9.86
Viajes Observados versus Viajes Modelados



• Modelo con Variable Dummy

Al usar una variable dummy asociada a las comunas de Las Condes y Macul el coeficiente de regresión múltiple ajustado mejora a 97,8%, y todos los coeficientes son significativamente distintos de 0 excepto el intercepto. En las siguientes tablas se presentan los resultados del modelo obtenido, y en la Figura 9.87 la dispersión entre los viajes observados y modelados.

Tabla 9.135
Resultados Atracción, Propósito Estudio. Período 10:00-12:00

V. Independiente	Coeficiente	Error típ.	t	Probabilidad
Intercepto	10,8664	62,5620	0,1737	86,3%
MAT_SUP	0,1613	0,0043	37,6398	0,0%
D1_EST	2396,7868	257,8306	9,2960	0,0%

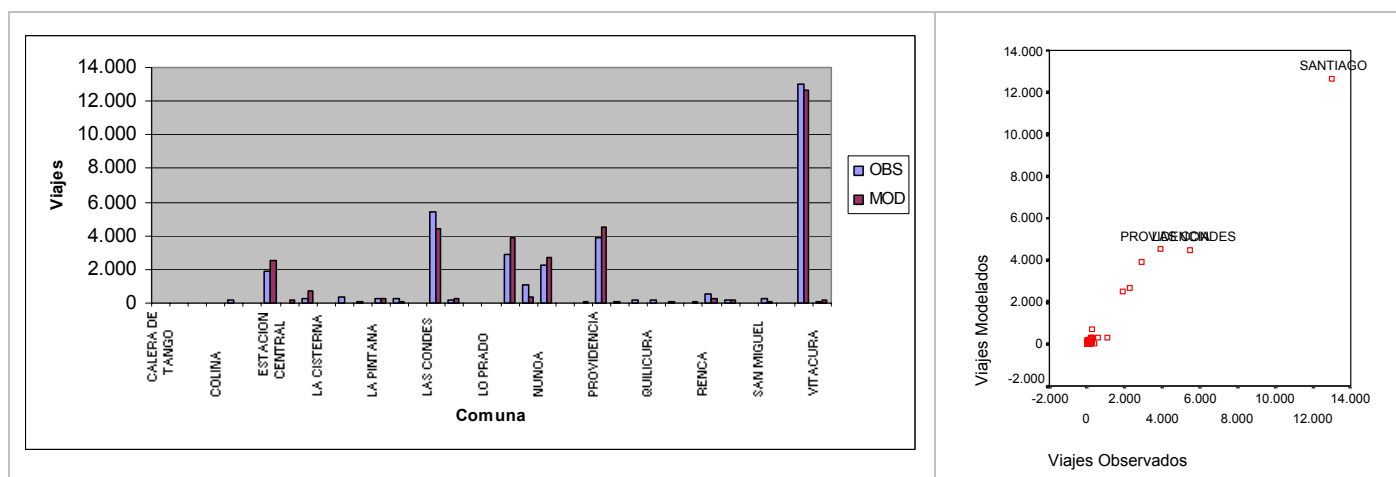
Donde:

D1_EST:1 para las comunas Las Condes y Macul, 0 en otro caso.

Tabla 9.136
Resumen del Modelo Obtenido

R2	0,9792				
R2 Ajustado	0,9779				
Error típ. de la estimación	352,5				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	198.650.570	2	99.325.285	799	0%
Residual	4.225.169	34	124.270		
Total	202.875.739	36			

Figura 9.87
Viajes Observados versus Viajes Modelados



Como se mencionó anteriormente se probó una segunda formulación considerando una variable dummy para Las Condes, Santiago y Providencia. En este caso el coeficiente de regresión múltiple es de 94,6%, es decir, inferior al anterior modelo. Los coeficientes obtenidos y los indicadores del modelo se presentan en la Tabla 9.137 y Tabla 9.138.

Tabla 9.137
Resultados Atracción, Propósito Estudio. Período 10:00-12:00

V. Independiente	Coeficiente	Error típ.	t	Probabilidad
Intercepto	103.9881	96.2744	1.0801	28.8%
MAT_SUP	0.1353	0.0103	13.1803	0.0%
D2_EST	1991.5298	511.5272	3.8933	0.0%

Donde:

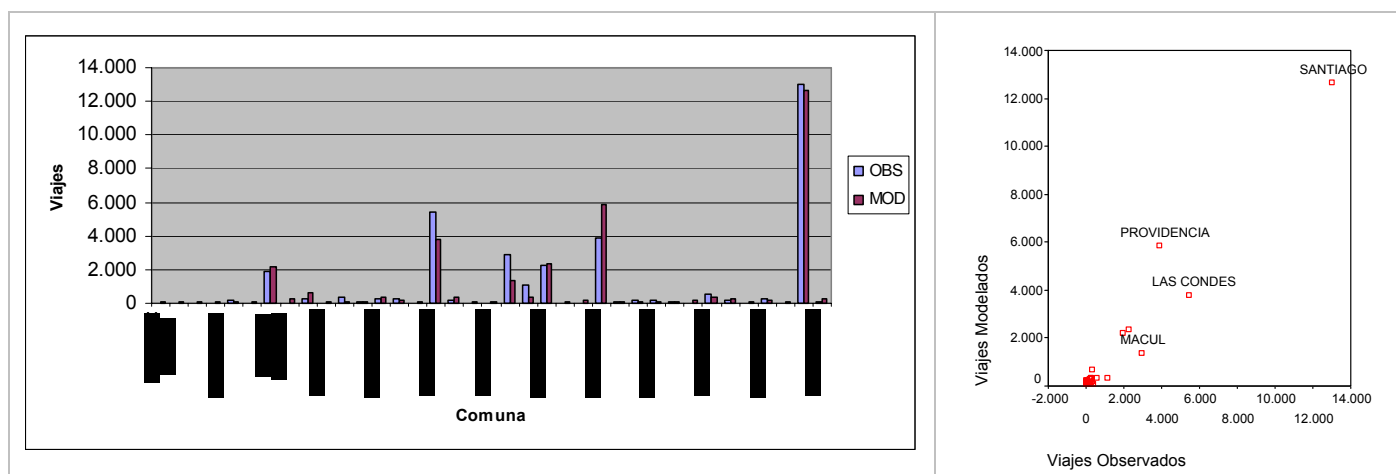
D2_EST:1 para las comunas Las Condes, Providencia y Santiago, 0 en otro caso.

Tabla 9.138
Resumen del Modelo Obtenido

R2	0.9490				
R2 Ajustado	0.9460				
Error típ. de la estimación	551.7				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	192,525,920	2	96,262,960	316	0%
Residual	10,349,819	34	304,406		
Total	202,875,739	36			

En la Figura 9.88 se presenta la dispersión entre los viajes observados y modelados, usando esta formulación.

Figura 9.88
Viajes Observados versus Viajes Modelados



• Modelo Sin Intercepto

Usando como variable explicativa el número de matriculas de enseñanza superior, pero considerando el intercepto igual a 0, el coeficiente de regresión múltiple ajustado es de 93,2%. En la Tabla 9.139 y Tabla 9.140 se muestran los resultados de la regresión, en tanto en la Figura 9.89 las diferencias entre los viajes observados y modelados.

Tabla 9.139

Resultados Atracción, Propósito Estudio. Período 10:00-12:00

V. Independiente	Coeficiente	Error típ.	t	Probabilidad
MAT_SUP	0.1684	0.0075	22.5720	0.0%

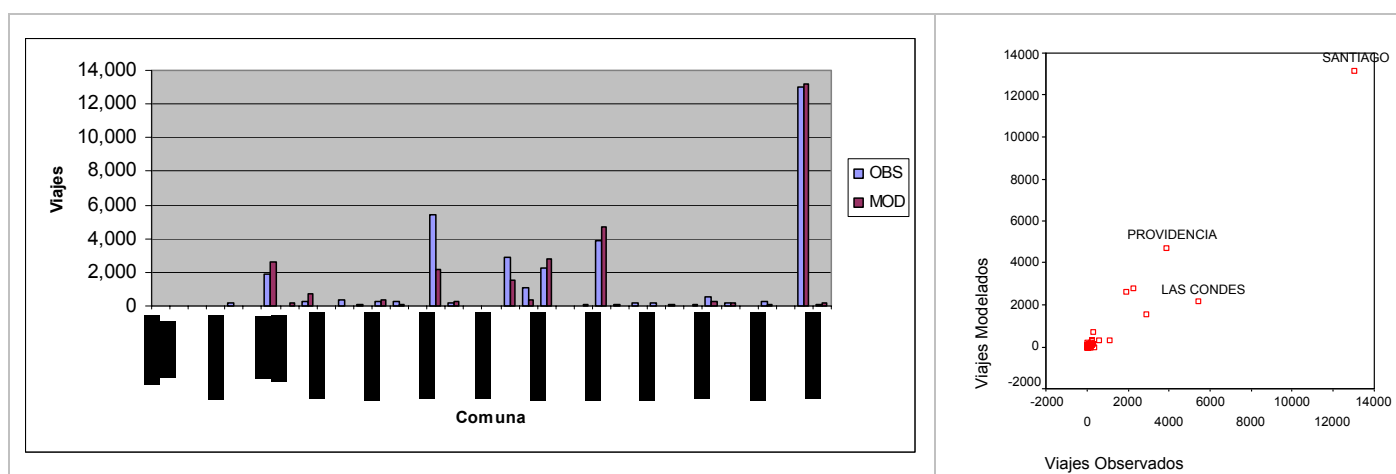
Tabla 9.140

Resumen del Modelo Obtenido

R2	0.9340				
R2 Ajustado	0.9322				
Error típ. de la estimación	654.8				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	218,433,898	1	218,433,898	509	0%
Residual	15,434,121	36	428,726		
Total	233,868,019	37			

Figura 9.89

Viajes Observados versus Viajes Modelados



• Modelo sin Intercepto con Variable Dummy

Usando la variable dummy asociada a Las Condes y Macul, y considerando que la regresión pasa por el origen, el coeficiente de regresión múltiple aumenta a 98,64%. En la Tabla 9.141 se detallan los coeficientes obtenidos, en la Tabla 9.142 los indicadores generales del modelo.

Tabla 9.141
Resultados Atracción, Propósito Estudio. Período 10:00-12:00

V. Independiente	Coeficiente	Error típ.	t	Probabilidad
MAT_SUP	0,1611	0,0034	47,4200	0,0%
D1_EST	0,2273	0,0189	12,0195	0,0%

Donde:

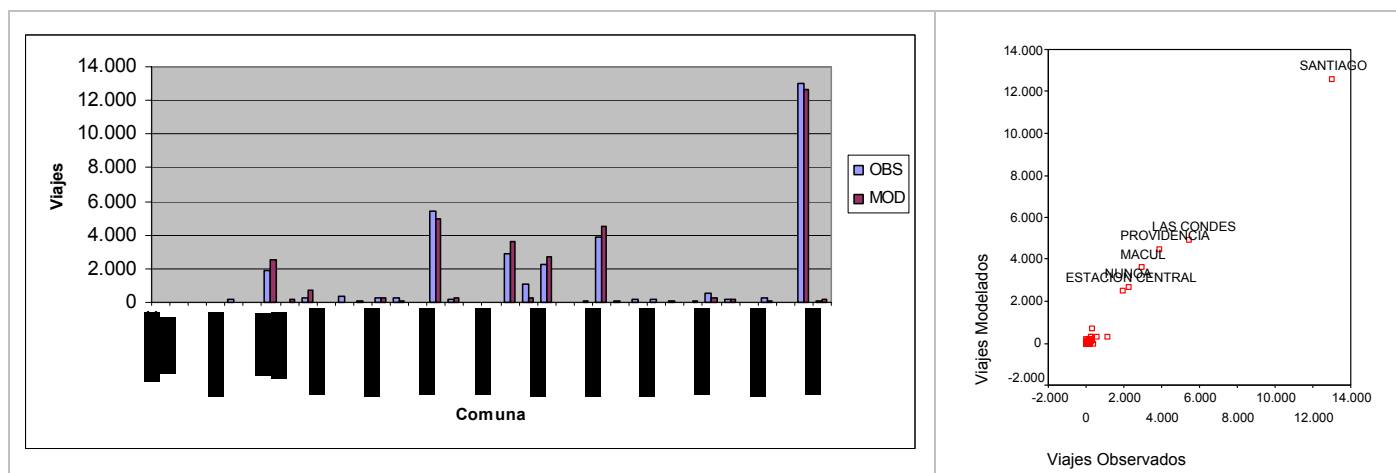
D1_EST:1*MAT_SUP para las comunas Las Condes y Macul, 0 en otro caso.

Tabla 9.142
Resumen del Modelo Obtenido

R2	0,9871				
R2 Ajustado	0,9864				
Error típ. de la estimación	293,3				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	230.858.055	2	115.429.028	1.342	0%
Residual	3.009.964	35	85.999		
Total	233.868.019	37			

Al graficar los viajes observados versus los viajes modelados (Figura 9.90) se aprecia que tanto Las Condes como Macul mejoraron su ajuste.

Figura 9.90
Viajes Observados versus Viajes Modelados



Se intentó aplicar una variable dummy asociada a Las Condes, Santiago y Providencia, pero esta no dio significativamente distinto de 0. En la Tabla 9.143 se presentan los coeficientes obtenidos.

Tabla 9.143
Resultados Atracción, Propósito Estudio. Período 10:00-12:00

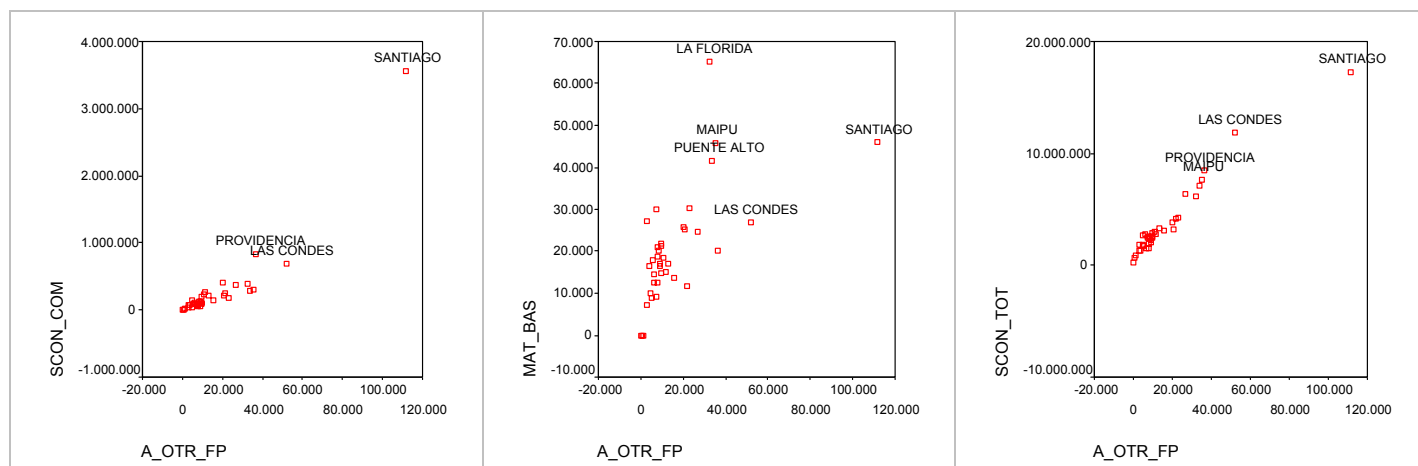
V. Independiente	Coefficiente	Error típ.	t	Probabilidad
MAT_SUP	0,1563	0,0261	5,9809	0,0%
D2_EST	0,0131	0,0273	0,4813	63,3%

Donde:

D2_EST:1*MAT_SUP para las comunas Las Condes, Providencia y Santiago, 0 en otro caso.

c) Atracción, Propósito Otros (bhi+nbh). Período 10:00-12:00

La calibración se realiza a base de las 37 comunas internas de Santiago. El mejor modelo calibrado se especificó con las variables explicativas superficies construidas destinada a comercio, superficie total construida y matriculas de enseñanza básica, la dispersión entre estas variables y la variable dependiente se muestra en la Figura 9.91.

Figura 9.91**Variables Explicativas versus Viajes Atraídos, propósito Otros, 10:00-12:00**

El modelo resultante presenta coeficientes estimados significativos, con signos y valores coherentes, con intercepto. El coeficiente de regresión múltiple ajustado, resultó ser de 0,982. Este resultado es muy positivo, ya que este modelo predice una parte muy importante de los viajes en el período fuera de punta. El valor de los coeficientes y los indicadores del modelo se presentan en la Tabla 9.144 y Tabla 9.145 respectivamente.

Tabla 9.144**Resultados Atracción, Propósito Otros. Período 10:00-12:00**

V. Independiente	Coeficiente	Error típ.	t	Probabilidad
Intercepto	-3274,3454	852,8102	-3,8395	0,1%
SCON_COM	0,0127	0,0015	8,4739	0,0%
MAT_BAS	0,1294	0,0447	2,8972	0,7%
SCON_TOT	0,0037	0,0003	11,9136	0,0%

Tabla 9.145**Resumen del Modelo Obtenido**

R2	0,9841				
R2 Ajustado	0,9826				
Error típ. de la estimación	2641,8				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	14.250.335.649	3	4.750.111.883	681	0%
Residual	230.311.379	33	6.979.133		
Total	14.480.647.028	36			

La Figura 9.92 refleja que el ajuste es bueno, existiendo algunos datos outliers, que se aprecian mejor en grafico de dispersión entre residuos y viajes predichos. En la Figura 9.93 se grafica la dispersión entre viajes observados versus modelados.

Figura 9.92
Distribución de los Errores

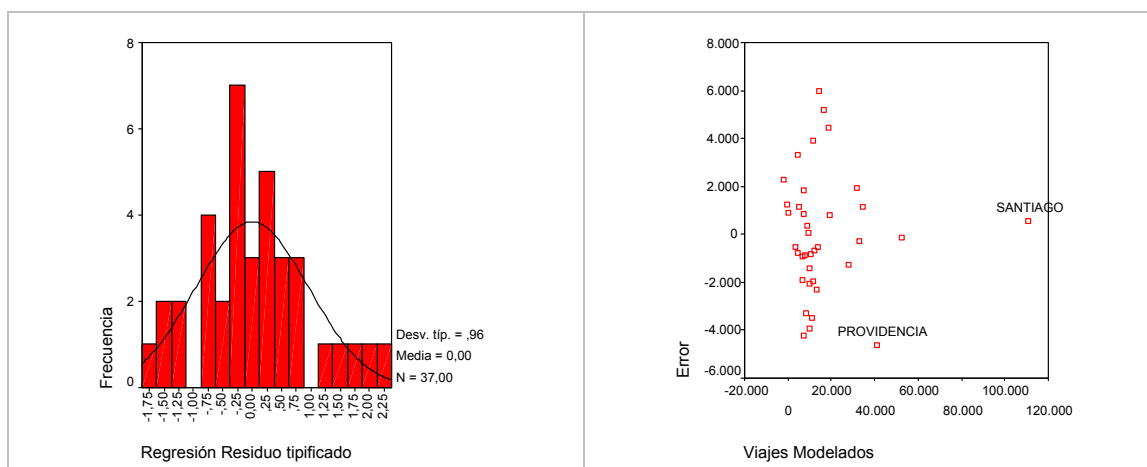
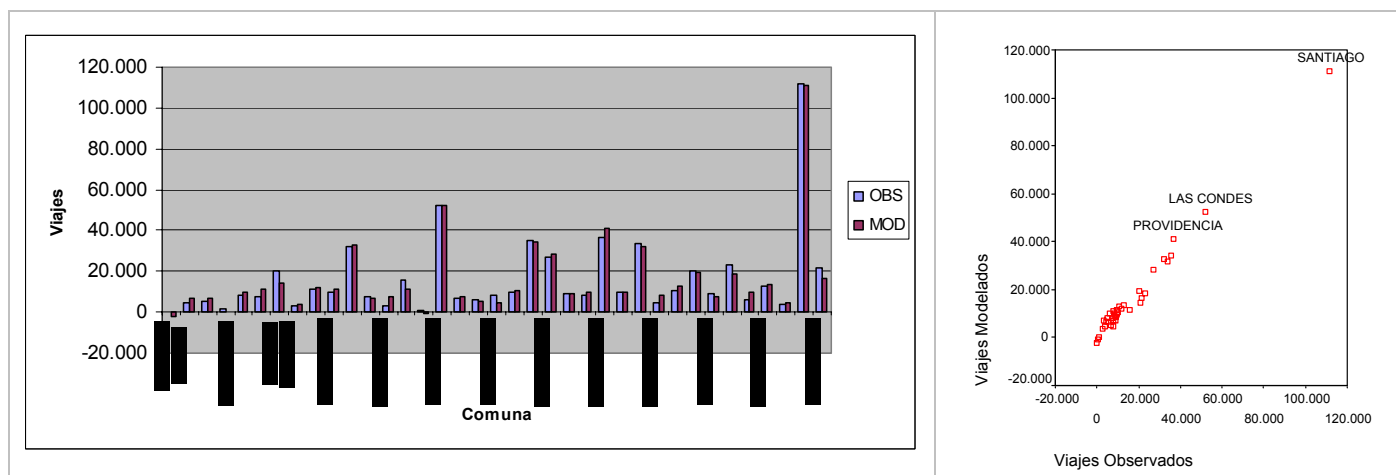


Figura 9.93
Viajes Observados versus Viajes Modelados



• Modelo sin Intercepto

Al usar las mismas variables explicativas anteriores, pero considerando el intercepto igual a 0, se obtienen coeficientes significativamente distintos de 0 y con signos correctos, y el coeficiente de regresión múltiple ajustado de 98,5%. Los coeficientes obtenidos e indicadores generales se presentan en la Tabla 9.146 y Tabla 9.147

respectivamente, en tanto en la Figura 9.94 se muestra la dispersión entre los viajes observados y modelados.

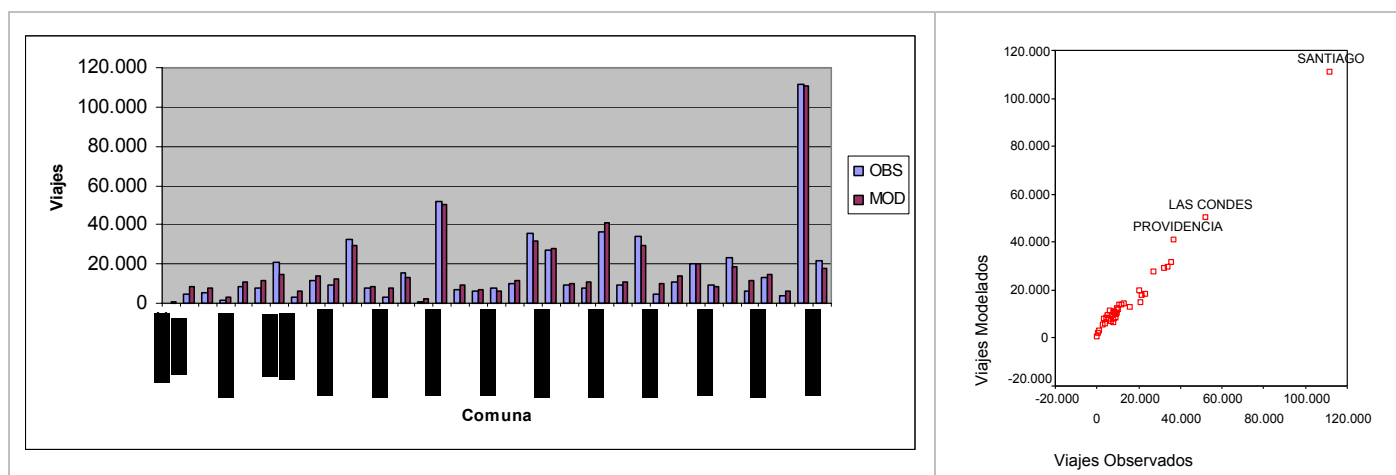
Tabla 9.146
Resultados Atracción, Propósito Otros. Período 10:00-12:00

V. Independiente	Coefficiente	Error típ.	t	
SCON_COM	0,0147	0,0017	8,7722	0,0%
MAT_BAS	0,0527	0,0473	1,1124	27,4%
SCON_TOT	0,0033	0,0003	9,5178	0,0%

Tabla 9.147
Resumen del Modelo Obtenido

R2	0,9862				
R2 Ajustado	0,9850				
Error típ. de la estimación	3130,5				
	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad
Regresión	23.831.057.941	3	7.943.685.980	811	0%
Residual	333.194.866	34	9.799.849		
Total	24.164.252.807	37			

Figura 9.94
Viajes Observados versus Viajes Modelados



d) Conclusiones

Los resultados de esta calibración son muy buenos. Los modelos resultantes presentan indicadores estadísticos más que aceptables. En la Tabla 9.148 se presenta los valores de los parámetros e

indicadores específicos para los modelos obtenidos con intercepto, y en la Tabla 9.149 para los modelos sin intercepto.

Tabla 9.148
Modelos de Atracción de viajes (bhi + nbh), Fuera de Punta con Intercepto

Variable Explicativa	Trabajo		Estudio		Otros	
	Coeficiente	Test t	Coeficiente	Test t	Coeficiente	Test t
Superficie Construida de Comercio (m2)					0,0127	8,4739
Superficie Total Construida (m2)					0,0037	11,9136
Matriculas de Enseñanza Básica (matric.)					0,1294	2,8972
Matriculas de Enseñanza Superior (matric.)			0,1613	37,6398		
Viajes al Trabajo, bhl+nbh, P. Mañana (viajes)	0,2868	75,8492				
D1_TRA	3359,3400	6,8061				
D2_TRA	-3564,1612	-5,2566				
D1_EST			2396,7868	9,2960		
Constante de Regresión (Intercepto)	-591,4831	-3,1166	10,8664	0,1737	-3274,3454	-3,8395
Coef. de Regresión Múltiple Ajustado (%)	99,38%		97,79%		98,26 %	
Número de Observaciones	37		37		37	

Donde:

D1_TRA: 1 para las comunas Est. Central, La Florida, Recoleta o Vitacura, 0 en otro caso.

D2_TRA: 1 para las comunas Quilicura o Ñuñoa, 0 en otro caso.

D1_EST: 1 para las comunas Las Condes o Macul, 0 en otro caso.

Tabla 9.149
Modelos de Atracción de viajes (bhi + nbh), Fuera de Punta sin
Intercepto

Variable Explicativa	Trabajo		Estudio		Otros	
	Coeficiente	Test t	Coeficiente	Test t	Coeficiente	Test t
Superficie Construida de Comercio (m2)					0,0147	8,7722
Superficie Total Construida (m2)					0,0033	9,5178
Matriculas de Enseñanza Básica (matric.)					0,0527	1,1124
Matriculas de Enseñanza Superior (matric.)			0,1611	47,4200		
Viajes al Trabajo, bhi+nbh, P. Mañana (viajes)	0,2811	70,4893				
D3_TRA	0,1261	5,1226				
D4_TRA	-0,1193	-4,6003				
D3_EST			0,2273	12,0195		
Coef. de Regresión Múltiple Ajustado (%)	99,30%		98,64%		98,50%	
Número de Observaciones	37		37		37	

Donde:
D3_TRA: 1*A_TRA_AM para las comunas Est. Central, La Florida, Recoleta o Vitacura, 0 en otro caso.
D4_TRA: 1*A_TRA_AM para las comunas Quilicura o Ñuñoa, 0 en otro caso.
D3_EST: 1*MAT_SUP para las comunas Las Condes o Macul, 0 en otro caso.

9.12 Compatibilización de los Modelos de Generación y Atracción

Dado que los modelos de Generación y Atracción se calibran de manera independiente, ambos modelos tenderán a estimar totales de viajes diferentes para el sistema analizado, problema que, de acuerdo a la metodología revisada de SECTRA, se resuelve ajustando o normalizando las atracciones de viajes, por propósito y período, a los valores obtenidos de las generaciones (ver ecuación (3) en sección 9.2). En el análisis del corte temporal futuro (año 2005), que se expone en el Capítulo 8 del Volumen 3, se considera la normalización definida.

9.13 Conclusiones Generales y Recomendaciones Sobre los Modelos RLM

En las secciones 9.10 a 9.12 se expuso la metodología y principales resultados para la construcción de los modelos de Generación y Atracción de Viajes bhr y nbh. Se calibraron modelos para los períodos Punta Mañana y Fuera de Punta, y para los distintos propósitos de viaje. Tanto las variables exógenas como la endógena estaban definidas a nivel zonal (618 zonas ESTR AUS); sin embargo, distintos análisis de correlaciones justificaron la **utilización de las**

variables del modelo a un nivel más agregado (comunal). La definición de modelos más agregados mejoró de manera significativa el ajuste estadístico de la totalidad de los modelos de Generación y Atracción de viajes.

Una característica relevante de los modelos calibrados fue la definición de especificaciones alternativas, particularmente en lo referente a la presencia u omisión del intercepto o término constante del hiperplano de regresión, además de la incorporación de variables dummy. La omisión del término constante, si bien reduce en parte el ajuste estadístico de los modelos, tiene la ventaja de impedir la predicción de viajes negativos. Debe recordarse que la presencia de un intercepto negativo y comparativamente grande, podría inducir valores negativos al evaluar el modelo en nuevas variables explicativas.

Por otra parte, dado que los modelos fueron calibrados a nivel comunal, la predicción a futuro debe considerar variables explicativas a nivel comunal, y el resultado del modelo también serán viajes a nivel comunal. Dado que interesa alimentar un modelo como ESTRAUS, cuyo nivel de desagregación es mayor, debe considerarse una forma inteligente de extrapolar las predicciones a nivel comunal hacia un nivel zonal.

Para ello, es interesante hacer notar que la estimación por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) realizada proporciona estimadores insesgados de los parámetros. Luego, dichos parámetros debieran permitir evaluar el modelo con información (variables explicativas) tanto comunal como zonal. Sin embargo, al estar contruidos los modelos con variables explicativas comunales, al utilizar variables zonales **aumenta la varianza de la predicción** (aunque sigue siendo insesgada), ya que nos alejamos de la media de los datos utilizados.

Dados estos antecedentes, la manera considerada para obtener predicciones de viajes a nivel zonal es la siguiente :

Paso 1: Utilizar los modelos SIN INTERCEPTO para predecir viajes a nivel comunal.

Paso 2: Utilizar los modelos SIN INTERCEPTO para predecir viajes a nivel zonal.

Paso 3: Normalizar las predicciones de viajes a nivel zonal del Paso 2 a partir de las predicciones a nivel comunal del Paso 1.

De esta forma, se mantienen las características de los modelos de Regresión Lineal Múltiple en cuanto a la consistencia y eficiencia de los resultados, obteniéndose resultados adecuados para los objetivos del presente Estudio. En la sección 20.3.2 del Capítulo 20 (Volumen 3), específicamente en las Figuras 20.6 y 20.7, se expone el diagrama de flujos consistente para la estimación de generación y atracción de viajes.