

CAPÍTULO 6. MODELOS DE ELECCION DE RUTA

6.1 INTRODUCCIÓN

Tal como se planteó en el enfoque metodológico del presente estudio, para modelar de manera apropiada los criterios empleado por los viajeros en la asignación de viajes, resulta relevante determinar modelos de elección discreta que dan cuenta de las preferencias de los usuarios frente a los distintos atributos involucrados en la elección de ruta.

Estos modelos, que permiten estimar el costo generalizado de transporte, serán estimados tanto para vehículos livianos como para transporte de carga. En el caso de vehículos livianos, los modelos estos son construidos en base al diseño y aplicación de encuestas de preferencias reveladas.

6.2 LEVANTAMIENTO DE ENCUESTAS DE PREFERENCIAS REVELADAS

Tal como se señaló en el capítulo precedente, se procedió a levantar una encuesta de preferencias reveladas en diversos puntos de la red vial, para lo cual se diseñó un formulario en el cual se identificó la totalidad del viaje realizado por el usuario.

Se procedió a realizar el levantamiento de estas encuestas en forma simultánea a las encuestas origen-destino. Se debe notar que a diferencia de las encuestas de preferencias declaradas, estas encuestas fueron realizadas en toda la red vial comprendida entre la VII y IX Región, por lo que posee una mayor cobertura.

Una vez digitadas y validadas la encuestas se confeccionó una base de datos de preferencias reveladas con 4.296 observaciones, divididas en 1.793 encuestas de día laboral y 2.503 de día festivo.

6.3 GENERACIÓN DE DATOS DE PREFERENCIAS REVELADAS

Para la estimación de modelos de elección discreta mediante los antecedentes levantados, es preciso construir bases de datos que permitan conocer, para cada una de los encuestados cuáles son las características de la ruta elegida y cuáles son sus alternativas. Esto permite estimar modelos de elección discreta basados en la teoría de la utilidad aleatoria, empleando la técnica de máxima verosimilitud.

La construcción de la base de datos de preferencias reveladas involucra desarrollar una extensa labor que considera la construcción de conjuntos de alternativas disponibles (choice set) para uno de los pares origen-destino relevantes en la encuesta de preferencias. Para esto es necesario definir la secuencia de arcos de las rutas escogidas y alternativas. En este caso es importante construir el conjunto de alternativas competitivas de forma tal de evitar generar rutas que difieran sólo en un par de arcos o alternativas que no sean razonables.

En este proceso se deben descartar aquellos pares origen-destino que poseen ruta única, de forma tal de no afectar la estimación de los parámetros. Este es el caso de los viajes entre Chillán y San Carlos, donde la única conexión directa es a través de la Ruta 5, mientras que las alternativas son de una longitud bastante mayor.

Por otra parte, para cada encuesta se posee un registro del recorrido realizado por el viajero junto a sus características socio-económicas. De esta manera, se conoce la alternativa escogida por el usuario, la cual debe ser codificada por separado y debe estar considerada dentro del archivo de rutas alternativas disponibles para este viaje.

Una vez identificada la secuencia de arcos de la ruta escogida y sus alternativas, es preciso caracterizar la ruta. Para esto es preciso tener la red caracterizada a un nivel de detalle adecuado. En este caso se empleó la red vial construida para la calibración la cual se encontraba caracterizada en términos geométricos y de velocidades. Esto permitió construir para cada arco los siguientes antecedentes:

- Valor del Peaje
- Tiempo de viaje en calzada simple
- Tiempo de viaje en calzada doble
- Tiempo de viaje en camino de tierra
- Tiempo de viaje en calzada urbana

6.4 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MUESTRA

Tal como se señaló, en el procesamiento de la base de datos fue necesario descartar ciertos pares origen-destino que no poseen rutas alternativas razonables o que no poseen una descripción adecuada del viaje, lo que reduce notoriamente el tamaño de la base, como se puede apreciar en el Cuadro N° 6.4-1.

**Cuadro N° 6.4-1
Encuestas Procesadas**

	Laboral	Festivo	Total
Encuestas Levantadas	1.793	2.503	4.296
Encuestas Procesadas	862	1.091	1.953
Porcentaje de descarte	51,9	56,4	54,5

En el Cuadro N° 6.4-2 se presenta la distribución de encuestas procesadas según punto de control. Se debe mencionar que para cada una de estas encuestas se determinó la secuencia de nodos y las características de la ruta escogida y sus alternativas.

Cuadro N° 6.4-2
Distribución de la muestra de calibración según punto de control

Punto	Lugar	Laboral	Festivo	Total
1	Ruta 5, entre San Carlos y Chillán.	17	108	125
2	Ruta 126, entre Cauquenes y Quirihue.	26	51	77
3	Ruta 126, entre Quirihue y Coelemu.	31	40	71
4	Ruta N-59, al sur de Chillán Viejo.	21	98	119
5	Ruta 148, Acceso a Bulnes por Ruta 5.	57	101	158
6	Ruta 152, Autopista del Itata, Plaza de Peaje Agua	76	120	196
7	Ruta 148, Plaza de peaje Chaimavida.	121	0	121
8	Ruta N-33-Q, al norte de Huepil.	34	28	62
9	Ruta O-50, acceso a Cabrero.	30	30	60
10	Ruta O-90-Q, Acceso a Laja por Ruta 5.	7	19	26
11	Ruta 160, By pass Coronel.	0	12	12
12	Ruta 160, entre Coronel y Lota	26	38	64
13	Ruta 160, entre Lota y Arauco	4	0	4
14	Ruta 15, Plaza de peaje Nicodahue (Camino La Mader	27	8	35
15	Ruta 160; entre Carampangue y Curalinahue.	34	31	65
16	Ruta 15, Plaza de peaje Curalí (Camino La Madera).	46	27	73
17	Ruta 180, entre Los Angeles y Santa Fé.	74	55	129
18	Ruta Q-45, entre Los Angeles y Villa Mercedes.	0	15	15
19	Ruta 180, entre Coihue y Renaico.	81	0	81
20	Ruta R-22, entre Tijeral y Mininco.	2	9	11
21	Ruta 182, entre Angol y Collipulli.	14	20	34
22	Ruta 160, entre Contulmo y Purén	19	18	37
23	Ruta 5, entre Ercilla y Victoria.	13	12	25
24	Ruta R-89, entre Coronel y salida Norte By Pass	0	174	174
25	Ruta 15; al norte de Camino Patagual (Camino La M	102	77	179
Total		862	1091	1953

La muestra procesada presenta un ingreso familiar medio de 619.000 \$/mes, el que es superior al ingreso medio de la muestra total levantada, el que alcanzaba a 500.000 \$/mes. En el Cuadro N° 6.4-3 se presenta la distribución observada en función del ingreso.

Cuadro N° 6.4-3
Encuestas según estrato de ingreso

Rango de Ingreso		Período		Total (%)
Desde (\$)	Hasta (\$)	Laboral (%)	Festivo (%)	
0	90.000	3,8	4,4	4.1
90.000	157.000	9,6	10,0	9.8
157.000	243.000	12,4	12,4	12.4
243.000	380.000	14,4	15,5	15.0
380.000	578.000	15,4	15,5	15.5
578.000	894.000	14,5	11,4	12.7
894.000	1.400.000	10,7	8,8	9.6
1.400.000	2.200.000	6,0	5,6	5.8
2.200.000		2,7	2,6	2.6
No responde		10,4	13,9	12,4
Total		100,0	100,0	100,0
Tamaño Muestral		862	1.091	1.953
Ingreso Familiar Medio		637.788	604.337	619.430

6.5 CALIBRACIÓN DE MODELOS DE ELECCIÓN DE RUTA

Una vez procesada la base de datos, se procedió a estimar modelos de elección de ruta, empleando el método de máximo verosimilitud, implementado en el Software Eviews 4.0. Este paquete computacional presenta la ventaja de entregar una gran flexibilidad para plantear la estructura del modelo de elección y la forma funcional de la utilidad.

En la estimación de los modelos de elección de ruta para la modelación de la asignación de viajes, es preciso en tener en consideración ciertas restricciones que deben ser respetadas por los modelos y que, en parte, limitan las posibilidades de estimación.

En primer lugar, considerando la forma en la que trabajan la mayoría de los modelos de asignación, es necesario construir un modelo de elección cuya utilidad sea aditiva arco a arco. Esto impide calibrar especificaciones no lineales como son las cuadráticas o box-cox, limitando la utilidad a una especificación lineal.

Considerando la complejidad de las elecciones de ruta, es sumamente complicado especificar estructuras jerárquicas de modelos, lo que implica que los modelos deben ser del tipo multinomial. Tal como se mencionó, esto debe ser considerado en la generación de la base de datos, evitando incorporar rutas que difieran en pocos arcos.

De esta manera, se procedió a calibrar modelos globales de preferencias reveladas los que se presentan en el Cuadro N° 6.5-1.

Cuadro N° 6.5-1
Modelos Globales de Preferencias reveladas

	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3	
	Estimador	t-est	Estimador	t-est	Estimador	t-est
Tiempo de viaje						
Calzada Simple	-0.08412	-18.0	-0.08398	-17.9	-0.08370	-17.9
Calzada Doble	-0.08181	-13.9	-0.08215	-13.9	-0.08150	-13.8
Camino no pavimentado	-0.18520	-11.5	-0.18480	-11.5	-0.18480	-11.5
Calzada Urbana	-0.10640	-18.3	-0.10510	-18.0	-0.10550	-18.1
Peaje						
Global	-0.00123	-12.5				
Ingreso < 240.000			-0.00114	-5.4	-0.00129	-8.3
200.000 < Ingreso < 800.000			-0.00142	-12.2	-0.00129	-10.5
Ingreso > 800.000			-0.00090	-6.7	-0.00097	-5.4
Empresas			-0.00115	-3.5	-0.00116	-3.6
No responde					-0.00118	-7.1
LL(0)	-1893		-1893		-1893	
LL(c)	-1829		-1829		-1829	
LL(T)	-1066		-1059		-1065	
Rho2(0)	0.437		0.441		0.438	
Rho2(c)	0.417		0.421		0.418	

Como se puede apreciar, en todos los casos los parámetros de los modelos presentan los signos correctos y son fuertemente significativos. Adicionalmente los modelos indican un muy buen nivel de ajuste.

Tomando en cuenta que en el presente estudio se considera un total de siete categorías de usuarios (tres estratos de ingreso combinados con dos propósitos y viajes pagados por el empleador), el modelo debiera ser capaz de obtener valores del tiempo para cada uno de ellos.

Sin embargo, se debe imponer como condición necesaria que las valoraciones relativas de los distintos tipos de calzada se mantengan entre cada categoría de usuario.

De esta manera, se procedió a estimar los modelos presentados en el Cuadro N° 6.5-2.

Cuadro N° 6.5-2
Modelos Segmentados de Preferencias Reveladas

	Modelo 4		Modelo 5		Modelo 6	
	Estimador	t-est	Estimador	t-est	Estimador	t-est
Tiempo de viaje						
Calzada Simple	-0.083820	-17.9	-0.083760	-17.9	-0.083760	-17.9
Calzada Doble	-0.081590	-13.8	-0.081580	-13.8	-0.081570	-13.8
Camino no pavimentado	-0.185000	-11.5	-0.184900	-11.5	-0.184900	-11.5
Calzada Urbana	-0.105900	-18.1	-0.105700	-18.2	-0.105700	-18.2
Valor del Peaje						
Propósito Rango de ingreso						
Obligado	Ingreso < 240.000	-0.001322	-7.9	-0.001320	-7.9	
Obligado	200.000 < Ingreso < 800.000	-0.001326	-11.0	-0.001323	-11.0	-0.001322
Obligado	Ingreso > 800.000	-0.000907	-4.5	-0.000904	-4.5	-0.000904
Placer	Ingreso < 240.000	-0.001145	-3.1	-0.001143	-3.1	-0.001143
Placer	200.000 < Ingreso < 800.000	-0.001047	-5.5	-0.001074	-6.3	-0.001074
Placer	Ingreso > 800.000	-0.001154	-3.8			
Pagado por el empleador		-0.001166	-3.6	-0.001164	-3.6	-0.001164
LL(0)		-1893		-1893		-1893
LL(c)		-1829		-1829		-1829
LL(T)		-1063		-1063		-1063
Rho2(0)		0.438		0.438		0.438
Rho2(c)		0.419		0.418		0.418

Como se puede apreciar, nuevamente los modelos son satisfactorios. Sin embargo se aprecia una pequeña irregularidad en las tendencias de los valores del tiempo al especificar parámetros del costo diferenciados para cada tipo de usuario (modelo 4). Esto motivó a estimar los modelos 5 y 6, en los cuales se agrupan los estratos de ingreso bajos para propósito obligado y se agrupan los estratos altos para viajes de placer, que mantienen las tendencias esperadas.

De estos modelos presentados se puede destacar el modelo 6, el cual será empleado en la modelación de la asignación de viajes. Se debe notar que al considerar distinción por propósito de viaje, el modelo puede ser empleado para modelar el período laboral como el período festivo, sin necesidad de estimar un modelo diferenciado para cada período.

Finalmente, en el Cuadro N° 6.5-3 se presentan los valores del tiempo obtenidos y en el Cuadro N° 6.5-4 se presentan las valoraciones relativas para cada una de los tipos de caminos.

En términos del valor del tiempo destaca el hecho que el valor es superior a otros antecedentes obtenidos previamente en el sector de Coronel, donde se obtuvieron valores que bordeaban los 35 \$/min. Sin embargo, se debe notar que la muestra recogida en el presente estudio posee una cobertura bastante mayor de la Región, abarcando sectores de ingresos más altos, lo que se traduce en un ingreso medio mayor, lo que claramente se refleja en el valor del tiempo.

Por otra parte, se debe notar que gran parte de las vías de la VIII Región se han concesionado, por lo que los usuarios poseen pocas alternativas no tarifcadas, lo cual puede incidir en una mayor valoración del tiempo.

Cuadro N° 6.5-3
Valores del Tiempo en Calzada Simple
(\$/min en pesos de Dic 2001)

Ingreso	Propósito	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6
Bajo	Obligado	63.40	63.45	63.36
Medio	Obligado	63.21	63.31	63.36
Alto	Obligado	92.43	92.61	92.62
Bajo	Placer	73.21	73.28	73.28
Medio	Placer	80.06	77.99	77.99
Alto	Placer	72.63	77.99	77.99
Pagado por el empleador		71.89	71.96	71.96

En términos de la valoración relativa de los tipos de calzada, destaca el hecho que la calzada doble no posee una valoración muy elevada en relación a la calzada simple, lo cual puede deberse a la configuración de la red. Sin embargo, el camino no pavimentado aparece con un fuerte rechazo, lo que indicaría un aumento importante en la demanda en caso de que los proyectos de inversión indiquen un cambio de estándar.

Cuadro N° 6.5-4
Valoración relativa de tipos de calzada

Tipo de calzada	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6
Calzada Simple	1.027	1.027	1.027
Calzada Doble	1.000	1.000	1.000
Camino no pavimentado	2.267	2.266	2.267
Calzada Urbana	1.298	1.296	1.296