

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
Facultad de Ciencias Económicas,
Jurídicas y Sociales
Instituto de Investigaciones Económicas

Reunión de Discusión N° 192

Fecha: 07/12/2011

Hs.: 16.00

Determinantes de la Demanda de Transporte en la Ciudad de Salta

Nicolás Liendo

INTRODUCCION

Los servicios de transporte surgen por la necesidad que tienen las personas de trasladarse dentro de las áreas metropolitanas para realizar las diferentes actividades de su vida cotidiana en sociedad, por ejemplo ir al trabajo, estudio, situaciones familiares, recrearse, entre otras.

El medio de transporte utilizado por cada individuo va a variar por diferentes circunstancias, es muy común por ejemplo, que una persona de ingreso bajo se traslade a su destino por transporte público masivo. Esta elección depende mucho de una decisión personal, como del ingreso que esta posee por lo que le sería imposible en este caso la adquisición de un medio privado como ser un automóvil para su movilidad diaria.

Pero existen ciertas características socioeconómicas presentes en la decisión de cada individuo que influirán más que otras como ser; el ingreso, nivel educativo, edad, sexo, etc. sin olvidar los atributos propios de cada medio de transporte.

El estudio del transporte desde la visión económica nos permitirá articular políticas más eficientes en el momento del traslado de los individuos y el planeamiento de los distintos modos de transporte, como así también pronosticar como enfrentar los cambios en alguno de los atributos bajo control del planificador.

En este trabajo el objetivo es analizar los factores que inciden en la elección de los individuos del medio de transporte a utilizar, el cual consiste principalmente en ayudar a mejorar la calidad del servicio. El trabajo pretende ser una herramienta con la cual se puedan analizar los efectos de aplicar determinadas acciones en el sistema de transporte.

Para ello la idea es describir, analizar y en lo posible predecir la elección del usuario ante diferentes posibilidades del modo de transporte. Además, el entender cuáles son los determinantes de la elección del usuario, nos brinda una ayuda a la hora de mejorar la calidad del servicio, ya que permite orientar las acciones en cierta dirección o apuntando a determinados aspectos del servicio.

La hipótesis de trabajo que se manejará será la siguiente: dadas las preferencias de las personas y sus características socioeconómicas, los hacedores de políticas de transporte (llámese Autoridad Metropolitana del Transporte de Salta o cualquier otro organismo) cuentan con los elementos y herramientas suficientes bajo su control y dominio de modo de modificar e influir en la elección de los usuarios acerca de las diferentes alternativas que dispone para transportarse.

CONCEPTOS PREVIOS Y REVISIÓN DE LA LITERATURA

La Economía del Transporte “Es la rama de la teoría económica que se ocupa del sector del transporte y que estudia el conjunto de elementos y principios que rigen el transporte de bienes y personas”.¹

El concepto de transporte tiene que ver principalmente con el movimiento y el traslado. Se podría pensar que transporte es llevar una cosa de un lugar a otro,

¹ Vease Gines De Rus, Campos y Nombela, Economía del Transporte, Antoni-Bosch 2003

pero esto es una idea vaga y muy simple. En Economía del Transporte se lo define como “el movimiento de personas y/o bienes dentro de un área, con un objetivo predeterminado”. Por objetivo predeterminado debe entenderse la realización de alguna actividad, de ahí que la demanda de transporte sea una demanda derivada.

Por lo tanto la demanda de transporte se define como “la disposición a pagar que tienen los consumidores por hacer uso de una determinada infraestructura o servicio de transporte. Esta disposición a pagar refleja la valoración que hacen los usuarios de dichos servicios y se obtiene a partir de sus preferencias sobre las distintas características de los mismos en comparación con otros que puedan adquirir”.²

Si bien Ginés de Rus, et al nombran 10 principios básicos de la Economía del Transporte en este estudio se consideraran como importantes solo cuatro; a) el tiempo de los usuarios; b) inversión óptima en infraestructura; c) obligaciones del servicio público y; d) carácter de no almacenable del servicio.

El tiempo de los usuarios, forma parte de la restricción, y tiene un costo de oportunidad. Los incisos b y c están relacionados, ya que por infraestructura no solo debe incluirse la parte física, sino también la organizativa, aspectos en los cuales los organismos públicos de control tienen mucha injerencia. Finalmente el inciso d, refleja los costos de oportunidad desde el lado de la oferta, de ofrecer un servicio, que no sea aprovechado por los usuarios.

En Domencich & McFadden (1975) se explica con mayor detalle el modelo que se denomina Convencional o Clásico en donde consideran el problema del transporte como un proceso secuencial en que interactúan diferentes sub-modelos o etapas:

Las cuatro etapas del modelo clásico son:

- Generación de viajes (trip generation): hace referencia a decisión de viajar o no viajar dependiendo de las características socioeconómicas únicamente. Sin embargo esta etapa no incursiona en los atributos del sistema de transporte impidiendo la realización de políticas, por lo cual es poco utilizado.
- Elección de destino (trip attraction): es la elección de adonde se quiere ir evaluando si la alternativa deseada se encuentra dentro de las posibilidades de elección. Incorpora además de las características socioeconómicas las características de la zona de destino. En cuanto las desventajas comparte las mismas de la etapa anterior ya que no se enfoca sobre los atributos del modo de transporte.
- Elección de modo (Modal Split): intenta explicar porque un usuario elige un modo de transporte para realizar un viaje. Suele constituir la parte más interesante de los estudios de predicción de demanda.
- Elección de la ruta (route assignment): en esta etapa lo que se busca es lograr la mejor ruta desde el punto de origen al destino tratando de optimizar el tiempo y las comodidades en el camino y haciendo hincapié en el horario (pico o no pico) del viaje.

Pero este modelo tiene sus limitaciones

² Véase Gines De Rus, Campos y Nombela, Economía del Transporte, Antoni-Bosch 2003

- Excepto por la elección del modo las demás etapas no están orientadas a la realización de políticas. Esto es porque el planificador de políticas no puede controlar las variables incluidas en los modelos de generación y elección de destino.
- No hay interacción entre la elección del modo y la frecuencia o destino del viaje.
- La decisión del momento del día en que se realiza el viaje es rara vez modelada.
- Este modelo impone un proceso de decisión del tipo secuencial que no necesariamente se produce. La mayor parte de los individuos no elige etapa a etapa el destino, el modo y la ruta, lo que realiza es una elección de manera simultánea del modo de viaje al su destino dependiendo de las ofertas de los distintos proveedores del servicio.

En Train (1982) y Train (1984) se puede ver un exhaustivo y profundo análisis de las diferencias y ventajas (mas aun de lo que lo hacen Domencich & McFadden (1975) del MNL frente al modelo Probit Multinomial. Si bien realiza un estudio sobre los determinantes de la demanda de autos, diferenciando entre nuevos y usados, y si se trata de viajar solo o acompañado, la claridad y extensión que le dedica al planteamiento del modelo de Utilidad Aleatoria se puede aplicar también al análisis modal del transporte. El aspecto más claro a resaltar es la vinculación y formalización de la teoría del consumidor y la utilidad aleatoria. También incursionó en un análisis multinomial, sobre la cantidad de autos demandados por familia, ampliando el análisis cualitativo a un análisis cuantitativo, siempre y cuando se tratase con un conjunto discreto y finito. En su trabajo concluyó que las variables socio-económicas de los individuos tienen mayor significatividad que las variables de atributo del bien en cuestión.

MODELO

El problema que enfrenta el consumidor es el siguiente:

$$\text{Max } U(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad \text{Sujeta a} \quad \sum_{i=1}^n p_i x_i = M \quad (1.1)$$

Luego de plantear la maximización restringida de (1.1) y de verificar que se cumplen las condiciones de segundo orden, se tiene que:

$$\frac{df}{dx_i} = 0 \Rightarrow U_i - \lambda p_i = 0 \quad ; i = 1, 2 \dots n \quad \text{Cond de 1° orden} \quad (1.2)$$

$$\frac{df}{d\lambda} = 0 \Rightarrow M - \sum_{i=1}^n p_i x_i = 0 \quad ; i = 1, 2 \dots n \quad \text{Cond de 1° orden} \quad (1.3)$$

La cual nos indica que la pendiente de la curva de utilidad y la de la restricción presupuestaria deben ser iguales. A partir de esta condición, y de (1.3) se tiene la forma funcional de la demanda:

$$X_i^* = X(p_i, p_j, M) \quad (1.4)$$

Que es lo que se conoce como la demanda Marshalliana o demanda directa, y depende de los p_i (tanto del precio del mismo bien como del precio de los otros bienes) y del ingreso M .

La ecuación (1.4) tiene el problema que para obtenerla hace falta conocer la función de utilidad directa. En la realidad, esto no es posible y lo que si se conoce en la realidad es X , o sea el resultado final. Por lo tanto a partir de contar con datos sobre X podemos obtener la utilidad que le reporta al individuo el consumo de esos bienes. Esto es la Utilidad Indirecta:

$$W = U(x_1^* x_2^* \dots x_n^*) = U(p_i p_j M) \quad (1.5)$$

La resolución de la función de demanda a través de la función indirecta de utilidad es más fácil gracias a la identidad de Roy. La identidad de Roy establece que la demanda de un bien, es igual al negativo de la derivada de la función de utilidad indirecta con respecto al precio del bien, dividido entre la derivada de la función de utilidad indirecta, respecto al ingreso. Esto es la Identidad de Roy:

$$x_i^* = - \frac{\partial V / \partial p_i}{\partial V / \partial M} \quad (1.6)$$

El modelo de utilidad aleatoria permite reconciliar el análisis teórico presentado, en relación a las observaciones que se obtienen de una muestra de $n = 1, 2 \dots N$ individuos, en la cual algunos individuos pueden elegir cualquiera de las alternativas del conjunto J .

La teoría del consumidor presentada, se basa sobre un solo individuo, cuyos gustos y características están ya implícitamente incluidos en su función utilidad (tanto directa como indirecta) a través de su forma y el valor de sus parámetros. Sin embargo en aplicaciones empíricas cuando se trata de muchos individuos y ante alternativas que comparten características, Ben-Akiva (1985) indica que es necesario incluir variables que especifiquen características del individuo (y en lo posible sus gustos). Esto permite mayor precisión para predecir que alternativa elegirá, aun cuando existan características similares entre las alternativas, ya que ante estas características, distintos individuos pueden elegir diferentes alternativas, por lo que será necesario caracterizarlo. Por esta razón se introducen variables socio-económicas en la función de utilidad.

Las características propias de cada alternativa están reunidas en un conjunto (vector) X_i en donde i indica que alternativa se trata. Luego X_i se descompone en un subconjunto z_i de características observables y en otro subconjunto ε_i^z de características inobservables.

El conjunto de variables socio-económicas será r_n donde el subíndice n representa al n -ésimo individuo. A su vez r_n se sub-divide en s_n y ε_n que son las características socio-económicas observables y las no observables, respectivamente. El cuadro 1.1 resume la clasificación de las variables.

Cuadro 1.1 - Resumen de variables		
X_i : Características de las Alternativas	Z_i : Observables (Características de la alternativa)	ε_{in} : Resumen de las variables No Observables
	ε_i^z : No Observables	
r_n : Características Socio-económicas	ε_n^r : No Observables	
	S_n : Observables (Características del individuo)	

Por lo tanto la función de utilidad indirecta queda del siguiente modo:

$$W_{in} = W (z_i \ s_n \ \varepsilon_{in}) \quad \forall i \in J \quad \text{y} \quad \forall n \in N \quad (1.7)$$

La forma de trabajar con W_{in} será descomponiéndola en una parte que capture los parámetros observables (z_i y s_n) y dejando a ε_{in} en un término aparte, que se incorpora en forma aditiva.

$$W_{in} = V_{in} (z_i \ s_n) + \varepsilon_{in} \quad (1.8)$$

Por lo tanto el individuo n elegirá la alternativa i si y solo si:

$$W_{in} \geq W_{jn} \quad \forall i \neq j \in J \quad (1.9)$$

Si reemplazamos en la ecuación anterior, tenemos que se debe cumplir también que: $V_{in} + \varepsilon_{in} \geq V_{jn} + \varepsilon_{jn}$ por lo que reacomodando los términos se debe cumplir que:

$$V_{in} - V_{jn} \geq \varepsilon_{jn} - \varepsilon_{in} \quad (1.10)$$

Sin embargo nada se ha dicho sobre la parte derecha de la desigualdad anterior. Es desconocida. Será necesario hacer supuestos sobre ella, para poder trabajar sobre el lado izquierdo de la desigualdad.

El modelo de utilidad aleatoria está basado en los supuestos de que los residuos ε son idéntica e independientemente distribuidos, llevándonos a la distribución Gumbel o de valor extremo tipo I.

La distribución tiene una importante propiedad conocida como “estabilidad respecto a la maximización”: El máximo de variables que se distribuye Gumbel, con igual parámetro θ es también una variable distribuida Gumbel con parámetro θ . En otras palabras, si V_j es una variable IID Gumbel, de igual parámetro θ pero con media \bar{V} (positiva) la variable $V^* = \text{Max}(V_i - V_j)$ que es el lado izquierdo de la desigualdad, será siempre una variable Gumbel con parámetro θ y media \bar{V} . Mientras que del lado derecho la media será 0.

De hecho, bajo el supuesto de IID Gumbel, la probabilidad de elección de la alternativa i entre las restantes alternativas del conjunto J puede ser expresada de la siguiente forma:

$$P_{(i)} = \frac{e^{V_i/\theta}}{\sum_{i=1}^J e^{V_i/\theta}} \quad (1.11)$$

DATOS

Como variables independientes se utilizaron aquellas que: 1°- Caracterizan al individuo; 2°- Aquellas que caracterizan al hogar y 3°- Aquellas que caracterizan a la alternativa de transporte elegida.

Las variables más usuales para caracterizar al individuo son las que reflejan la Edad y el Sexo, entre otras, como por ejemplo Educación, o Categoría de Actividad. Si bien estas variables no están bajo el control de quienes utilizan el modelo, resultan de utilidad para actuar en consecuencia y caracterizar a la población de interés. Ben-Akiva (1985) justifica la inclusión de estas variables en los modelos mencionando que estas variables encierran comportamientos y elecciones, que solo pueden ser entendidos a partir de las diferencias existentes entre ellas. Es decir que simplemente puede existir un motivo de elección basado en el sexo o la edad, que solo se justifica por ser de diferente sexo o tener diferente edad, manteniendo constante las restantes variables.

Entre las variables que caracterizan al hogar, se incluyen 3 variables: Ingreso del hogar, Sexo del Jefe de Hogar y Disponibilidad de Transporte Privado.

Dadas las características de la decisión sobre que transporte elegir, y la distribución (y privilegios que pueden existir en el hogar, por ciertos miembros o ciertas actividades), no se consideró conveniente incluir el Ingreso per cápita, ya que: a) Las decisiones no se toman en forma independiente entre cada uno de los miembros del hogar ; b) Existen actividades que tienen privilegio, como ser *ir a trabajar*, ante lo cual se elige un medio de transporte que privilegie lo relativo a dicha actividad. Por estos motivos, se optó por el Ingreso del Hogar que resulta más general.

El motivo de la variable de género del jefe de hogar se debe a la diferencia que existe entre las administraciones de un hogar que tiene como jefe a un hombre y aquellos que tienen a una mujer. Las mujeres jefas de hogar privilegian más el bien común del hogar, y administran mejor los recursos.

La variable Disponibilidad de Transporte Privado, representa si el hogar donde vive la persona dispone de transporte privado. Es importante diferenciar que *disponer* del transporte privado, no equivale a *usar* el transporte privado. Esta variable sirve para controlar la reticencia al uso del transporte público (y por complemento al privado también), porque quienes disponen de transporte privado, aún ante cambios que favorezcan al uso del transporte público, están menos dispuestos a cambiar de alternativa, ya que disponer de transporte privado encierra una preferencia o convicción (o a veces necesidad) mayor en cuanto a su uso frente al transporte público

Las variables que caracterizan a la alternativa de transporte son: el tiempo de viaje, los atributos que posee esa alternativa, y que son percibidos por el usuario y desde luego el precio.

La variable tiempo general representa el tiempo total del viaje, incluyendo el tiempo de espera y el tiempo de viaje, medidos en minutos. No todas las alternativas tienen el mismo tiempo de viaje y eso las hace más o menos atractivas entre sí. A su vez el tiempo representa otra restricción a la cual está sujeto el individuo, ya que el mismo tiempo que usa en transportarse, lo puede usar en alguna otra actividad que le brinde utilidad, mas aun si tenemos en cuenta que el tiempo de viaje representa una des-utilidad.

Atributos es una variable que representa a la cualidad por la cual el individuo eligió cierta alternativa de transporte, y sirve para controlar cuál es la cualidad que el individuo valora a la hora de elegir la alternativa. Además captura más

características de las que pueden explicitarse en el modelo, como por ejemplo la comodidad y la seguridad. Se la clasificó en Atributos Tangibles, aquellos que son susceptibles de una valoración económica basándose en una valoración objetiva; y Atributos Intangibles, aquellos que tienen una valoración subjetiva

Finalmente se incluye la variable Precio Relativo. Por cuestiones de modalidad de cobro en las alternativas, y de comparabilidad entre ellas se aplicó el siguiente procedimiento: Se tomó el precio individual de cada alternativa, teniendo en cuenta que algunas aplican el cobro por persona, mientras que otras por distancia o por tiempo (para el caso del transporte privado se tomó el precio del estacionamiento) y luego se dividió entre el ingreso del hogar para relativizar el costo respecto al ingreso del hogar. Esto posibilita la comparación entre individuos de ingresos altos y bajos. (Véase García 2002)³

PRIMEROS RESULTADOS

Los primeros resultados obtenidos corresponden a la dicotomía Público vs Privado. Si bien se trata de una clasificación muy general, y muy heterogénea debido a las diferencias entre las alternativas que encierra cada categoría, sirve como primera aproximación.

VARIABLES	(Modelo 1)	(Modelo 2)	(Modelo 3)
Edad	1.033*** (0.00669)	1.017 (0.0140)	1.027*** (0.00846)
Genero	0.411*** (0.0869)	0.442 (0.224)	0.358*** (0.0963)
Años de Educación		1.108* (0.0600)	1.040 (0.0340)
Ingreso del hogar (Ln)	2.130*** (0.354)	0.435* (0.192)	1.399 (0.303)
Genero (jefe de Hog)		2.652* (1.344)	
Disp de Trans Privado		7.514*** (4.011)	4.942*** (1.342)
Motivo del viaje	3.292*** (1.100)	10.84*** (6.685)	3.225*** (1.293)
Precio relativo	4.838** (2.905)	0.0238*** (0.0301)	1.361 (1.044)
Atributos		0.209*** (0.108)	0.0703*** (0.0191)
Tiempo Viaje	0.975*** (0.00846)		0.987 (0.00903)
Tiempo General		1.029 (0.0181)	
Constante	0.000164*** (0.000229)	54.81 (199.7)	0.0110** (0.0196)
Observaciones	937	846	866

³ García, Marcelo; *A Microeconomic Approach to the Determinants of Travel Mode Choice*; 2002

Interpretando el modelo 1, cuando aumenta la edad de un individuo, incrementa su probabilidad de elegir el transporte público en un 3% respecto al transporte privado. En el modelo 3 ocurre lo mismo, pero en un 2,7%

Para la variable de sexo, cuando se trata de ser mujer, la probabilidad de elegir el transporte privado disminuye un 58,9% o si se mira el modelo 3 es del 64,5%. Este resultado parecería no esperado, pero no olvidemos que atrás del transporte público, no solo está la alternativa de colectivos, sino también la alternativa remis-taxi.

Además la disponibilidad de transporte privado es una opción que no se da tanto para las mujeres.

El logaritmo del ingreso del hogar, indica que al aumentar un punto porcentual el ingreso hogareño, las probabilidades de optar por el transporte privado aumentarían en un 130%. Este resultado es uno de los más esperados. A pesar que en el modelo 3 se pierde significancia, la dirección del efecto de esta variable es el mismo.

El motivo del viaje, indica que las personas que realizan un viaje por trabajo o estudios, tienen un 229% más de probabilidad de elegir el transporte privado, que aquellas que no lo hacen por esos motivos. Nuevamente existe un comportamiento oculto detrás de la alternativa transporte de auto-camioneta, que podrá ser explicado cuando se tomen las alternativas en forma desagregadas. La elección de la alternativa de viaje gira en torno de la prioridad del viaje y por ello se prioriza a quienes trabajan, principalmente o cumplen alguna obligación. En el modelo 3 se mantiene la dirección del efecto, y la significancia.

Quizás la variable de mayor importancia y de efecto más sensible es la que indica el precio (relativo al ingreso): el incremento de un punto porcentual en el precio incrementa la probabilidad de elegir el transporte privado un 483%. El aumento en el precio por parte de la alternativa, manteniendo constantes las demás variables, lo que logra es reducir la brecha de ventajas del transporte público ante el transporte privado. Si existe un aumento en el precio, y el tiempo de viaje, y los atributos perceptibles se mantienen, se hace más evidente la preferencia al transporte privado. En el modelo 3 pierde sensiblemente la magnitud del efecto, y lo más importante, su significancia, pero a pesar de ello, la dirección es la misma.

La misma interpretación se puede hacer para el tiempo de viaje. Al aumentar el tiempo de viaje y mantener constante a las demás variables, el transporte privado pierde una de sus principales ventajas: el tiempo de viaje. Por lo que se hace menos atractivo, disminuyendo su probabilidad de ser elegido en un 3% respecto al público.

BIBLIOGRAFIA

BEN-AKIVA, M. y LERMAN, S. *“Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand”* MIT Press. Cambridge, Massachusetts. (1985):

DE RUS, Gines ; CAMPOS, Javier y NOMBELA, Gustavo. *“Economía del Transporte”* Antoni Bosch (2003)

DOMENCICH , Thomas; MCFADDEN, “Daniel *Urban Travel Demand: A Behavioral Analysis*” North-Holland Publishing Company. Amsterdam Oxford. (1975);

GARCIA, Pablo M. “*A microeconomic approach to the determinants of travel mode choice*”, (Tucumán, Anales de la AAEP, 2002).

ORTÚZAR, Juan. de D. and WILLUMSEN, L. G., “*Modelling Transport*”, 2° edition (England, Ed John Wiley & Sons, 1998).

Universidad Nacional de Salta
Facultad de Ciencias Económicas,
Jurídicas y Sociales
Instituto de Investigaciones Económicas
Av. Bolivia 5150
4400 Salta
Argentina

REUNIONES DE DISCUSIÓN

<u>Nº</u>	<u>Fecha</u>	<u>Autor</u>	<u>Título</u>
183	1º/ 7/08	Eusebio Cleto del Rey	“Seligman y la Contribución de Mejoras”
184	8/ 7/08	Carolina Piselli	“La Encuesta Permanente de Hogares: Fuente de Datos Socioeconómicos de Argentina”
185	6/ 8/08	Eusebio Cleto del Rey	“Razones para Subsidiar la Educación Universitaria”
186	10/ 9/08	Eusebio Cleto del Rey	“El Capital”
187	8/10/08	Eduardo Antonelli	“La Oferta de Trabajo”
188	4/ 3/09	Eusebio Cleto del Rey	“La Universidad como Empresa”
189	13/10/10	Juan Carlos Cid	“La Desigualdad Educativa en la Argentina y en la Provincia de Salta”
190	9/ 3/11	Eduardo Antonelli	“El Tratamiento de las Importaciones Intermedias en la Matriz de Insumo-Producto”
191	18/ 5/ 11	Juan Carlos Cid	“Aplicación de un modelo de econometría espacial a datos agregados de asistencia escolar en la Argentina”
192	7/12/11	Nicolás Liendro	“Determinantes de la Demanda de Transporte en la Ciudad de Salta”