
**INTRODUCCIÓN EXPLÍCITA DE LA COMODIDAD EN MODELOS
DE ELECCIÓN DISCRETA TIPO LOGIT
PARA ELECCIÓN MODAL DE TRANSPORTE PÚBLICO**

Ricardo Briones Huerta
SECTRA Área Sur - U. del Bío-Bío
A. Pinto 442, 4º piso, Concepción - Chile
Fax: (56)(41)227358, E-mail: rbriones@sectra.cl

Paola Del Río Weisser
Universidad de Concepción
Barrio Universitario Concepción - Chile
Fax: (56)(41)252524, E-mail: prio@ing.udec.cl

RESUMEN

Actualmente es ampliamente aceptada la utilización de modelos de Partición Modal tipo Logit para la estimación de la demanda por algún modo, las ventajas de este modelo radican principalmente en su fácil implementación y calibración.

Tan importante como la estructura del modelo Logit (simple o jerárquico) es la forma de especificar la función de utilidad, para lo cual se ha recurrido a la teoría microeconómica del consumidor, la que ha permitido desarrollar distintas especificaciones tendientes a lograr un mejor poder explicativo del fenómeno. Dentro de éstos enfoques microeconómicos se puede destacar el trabajo de Train y McFadden (1978) que deriva en modelos del tipo tasa salarial y el enfoque más reciente de Jara-Díaz y Farah (1987), que deriva en modelos del tipo tasa de gasto.

En este trabajo se propone la modificación de la función de utilidad, a través de la introducción de una variable asociada a la comodidad. Esta nueva variable corresponde a la proporción del tiempo de viaje que puede ser transformada en tiempo útil por el usuario. La proporción de este tiempo que puede ser transformado depende directamente de la comodidad que sienta la persona y ésta es cuantificada a través de alguna relación que la liga a la tasa de ocupación. Por último a partir del marco teórico desarrollado, se prueba la nueva especificación con datos reales y se verifica el aporte de la nueva variable en la calibración de modelos de partición modal.

1. MOTIVACIÓN DEL TRABAJO

En forma persistente se enuncia al transporte público como el modo más eficiente y el único capaz de sustentar la creciente demanda por viajes. En esta línea, se han generado políticas orientadas a fomentar y fortalecer su uso; por ejemplo, la construcción de vías exclusivas para buses como las implementadas en Avda. Grecia (Santiago, Chile) o la construcción de nuevas líneas de metro. En forma conjunta con el aumento de infraestructura, se ha afrontado la difícil tarea de ordenar el transporte público de superficie a través de la licitación vial, originando una serie de cambios en las características del parque vehicular así como una mayor racionalidad en su oferta. Sin embargo, a la sombra de los beneficios producidos al ajustar adecuadamente las frecuencias de los buses a la demanda por viajes, se oculta la pérdida del “espacio vital” o simplemente de “comodidad” de los usuarios, lo que podría traducirse al largo o mediano plazo en la causa por la cual éstos emigren al transporte privado.

En el presente documento se intentará dar una respuesta analítica acerca de cuál es la mejor forma de representar la comodidad de los usuarios al escoger un modo, especialmente en el caso del transporte público en el cual el individuo junto con perder el dominio de la situación, al no poder influir en la ruta de viaje o en la forma de conducir (MINTRATEL, 1995), sufre intromisiones en su espacio personal (Proschansky et al, 1994), lo que se traduce en incomodidad física, frustración y tensión, es decir, en estrés.

2. COMODIDAD EN EL TRANSPORTE

2.1. El concepto de Comodidad en el Transporte

La comodidad abarca cada una de las actividades que realiza el hombre, desde dormir hasta trabajar o entretenerse. En la medida que una actividad sea más cómoda, más agradable será realizar esa tarea y mejor se sentirá la persona.

Según Del Río (1999) este concepto no es de fácil explicación a pesar de ser un término de uso común, pudiendo ser definido como el conjunto de cualidades físicas, psicológicas, sociales y ambientales que hacen que los individuos sientan placer, bienestar, tranquilidad, libertad y seguridad. Cualidades que dependen de la carga física y gasto energético sufrido por la persona, de las condiciones ambientales que se presenten, de la percepción social que se tenga y del espacio personal que lo rodee.

Dentro de un vehículo un viaje será más cómodo, en la medida que éste se pueda realizar sentado, que los asientos estén diseñados para las condiciones físicas locales, haya un bajo nivel de ruido y exista respeto por el espacio individual mínimo que garantiza a cada persona que los demás no habrán de ingresar en su espacio, permitiéndole respirar, moverse y desenvolverse en situaciones transitorias y reiteradas (Proschansky et al, 1994).

2.2. Modelación de la Comodidad en el Transporte

Dentro del conjunto de condiciones que determinan lo cómodo que puede ser un viaje, las físicas son fijas (definidas por diseño) y las ambientales dependen de las condiciones atmosféricas reinantes y del libre albedrío del conductor¹. Luego, en ninguna de las condiciones anteriores se tiene influencia directa y por lo tanto poder de decisión. De esta manera, el usuario sólo puede modificar las características de espacio, ya que cada persona sabe lo cómoda que estará al subir a un bus. La comodidad, o condición sobre la cual tiene poder de decisión, entonces está directamente relacionada con la distancia que separa a una persona de otra.

De lo que anterior, se puede deducir que una buena representación es a través de las distancias personales². Como éstas no son cuantificables con las mediciones de tránsito usuales, se pueden aproximar a través del número de usuarios que compiten por el espacio físico del medio de transporte, es decir, con la tasa de ocupación. La hipótesis básica usada es que a mayor número de personas menor distancia entre ellas, y por lo tanto menor comodidad, y por otro lado, que a menor número de usuarios mayor distancia, luego mayor comodidad. Por estas razones es que se propone relacionar la tasa de ocupación con la comodidad que siente cada persona dentro del modo de locomoción utilizado.

Al buscar alguna relación entre ambas variables se vislumbra que: son inversamente proporcionales (si una crece la otra decrece), mientras hayan asientos disponibles la comodidad permanecerá relativamente estable y cuando las personas viajan de pie la incomodidad comienza a ser patente por lo que la comodidad decrece rápidamente.

3. PLANTEAMIENTO TEÓRICO

La forma en la cual se analiza el problema de elección modal se basa en el supuesto que los usuarios son capaces de sopesar el tiempo y costo invertidos al realizar un viaje entre un par origen-destino, en cada uno de los modos disponibles. Ambas variables, tiempo de viaje y costo, son fácilmente obtenibles de modelos de redes o simplemente de la medición directa.

La hipótesis básica introducida para modelar la comodidad es “suponer que el individuo es capaz de transformar tiempo de viaje en tiempo libre”, donde dicha transformación es acotada con un límite inferior, en el cual el usuario no puede transformar ningún instante del tiempo de viaje en tiempo libre y un límite superior, en el cual el usuario puede transformar la totalidad del tiempo de viaje en tiempo libre.

En este contexto se está suponiendo que los usuarios, dadas ciertas características del viaje, son capaces de utilizar el tiempo de viaje en otras actividades tales como leer, dormir, recrearse, etc. Por lo tanto, una proporción de este tiempo (llamémosla α_i) se transforma en tiempo libre, claramente esta proporción (α_i) debe ser función de alguna variable que permita relacionar las condiciones del viaje con la posibilidad de transformar tiempo de viaje.

¹ Aunque en otros países éstas son reguladas por las autoridades.

² Para mayor información acerca de este tema ver Proschansky et al (1994).

La expresión usual para denotar la utilidad que un individuo percibe, se especifica generalmente como una función Cobb-Douglas para un determinado nivel de bienes consumido G y una determinada disponibilidad de tiempo libre L , de tal forma que esta combinación de variables genere la mayor utilidad posible.

Con lo anterior el problema es planteado como (Train y MacFadden, 1978):

$$\text{Max } U(G; L) = K \cdot G^\gamma \cdot L^\beta \quad 0 \leq \gamma, \beta \leq 1 \quad (1)$$

s.a.

$$G + B \cdot p_i = I \quad (2)$$

$$L + W + B \cdot t_i = T \quad (3)$$

$$\forall A_i \in \Lambda$$

donde W representa la cantidad de horas trabajadas, I el ingreso percibido, B el número de viajes, p_i y t_i la cantidad de dinero y tiempo de viaje gastados respectivamente y A_i es el conjunto de modos disponibles para los usuarios del modo "i" en el período T , y K es una constante a determinar.

La expresión (1) es la base a partir de la cual desarrollan el concepto de utilidad Train y MacFadden (1978) y Jara-Díaz y Farah (1987).

3.1. Modificación de la Función de Utilidad del Transporte

Cuando un vehículo entrega un cierto nivel de comodidad, además de desplazarse de un sector a otro, el individuo puede ocupar parte de ese tiempo en realizar otras tareas. Esto se puede entender como una "ganancia" de tiempo libre respecto del total de tiempo disponible en el período. Es decir, si el usuario ocupa todo el tiempo de viaje en realizar alguna otra actividad, entonces él gana un tiempo igual a la duración del viaje. Si no puede, porque las condiciones en que se produce el viaje se lo impiden, entonces su ganancia es nula. Pero, también podría darse el caso que sólo pudiera ocupar parte de este tiempo, entonces su ganancia sería una proporción del tiempo de viaje total.

Si en la expresión (3) se introduce la hipótesis de que los usuarios son capaces de transformar parte del tiempo de viaje (t_v) dentro del modo en tiempo útil (t_v^u) o tiempo libre para un determinado nivel de comodidad y se denomina $\alpha \cdot t_v$ a esta proporción, el término t_i de la ecuación (3), se transforma en:

$$t_i = t_{\text{acc}_i} + t_{\text{esp}_i} + \alpha \cdot t_{v_i} + (1 - \alpha_i) \cdot t_{v_i} \quad (4)$$

con t_{acc} tiempo de acceso al modo y t_{esp} tiempo de espera. Entonces, para un cierto período T el tiempo libre L será modificado por la proporción de tiempo transformado resultando:

$$\bar{L} = L + B \cdot \alpha \cdot t_{v_i} = T - W - \left(B \cdot \left(t_{\text{acc}_i} + t_{\text{esp}_i} + (1 - \alpha_i) \cdot t_{v_i} \right) \right) \quad (5)$$

Luego, es posible realizar una expansión de primer orden de $U(G, \bar{L})$ en torno a $(I, T-W)$ (Jara-Díaz y Farah, 1987).

$$U(G, \bar{L}) = U(I, T-W) + \frac{\partial U}{\partial G}(G-I) + \frac{\partial U}{\partial \bar{L}}(\bar{L}-T+W) \quad (6)$$

Con lo que la Función de Utilidad Indirecta (V_i) resulta:

$$V_i = K \cdot I^\gamma \cdot (T-W)^{\beta-1} \cdot \left[(T-W) - \frac{\gamma \cdot (B \cdot p_i)}{g} - \beta \cdot B \cdot (t_{acc_i} + t_{esp_i}) - B \cdot t_{v_i} \cdot (1 - \alpha_i) \right] \quad (7)$$

Al comparar dos alternativas, es posible determinar que los únicos términos de la Función de Utilidad Indirecta condicional que inciden en la elección de las alternativas están dados por:

$$\bar{U}_i = - \left[\frac{\gamma \cdot p_i}{g} + \beta \cdot (t_{acc_i} + t_{esp_i}) + \beta \cdot t_{v_i} - \alpha_i \cdot \beta \cdot t_{v_i} - k_i \right] \quad (8)$$

La ecuación (8), se diferencia de lo planteado por Jara-Díaz y Farah (1987) en el término $\beta t_{v_i} \alpha_i$ el cual representa la utilidad que le asigna el usuario a la fracción del tiempo de viaje que es capaz de transformar en tiempo libre o de ocio.

Dada la hipótesis anterior, el análisis que continua es determinar de qué variable depende α_i y cuáles deben ser las restricciones de esta función de transformación. Si denominamos C_1 a las condiciones ideales en términos de comodidad de un viaje y C_2 a las condiciones más adversas de comodidad, entonces se tiene que:

$$\alpha_i(C_1) \approx 1 \quad \text{y} \quad \alpha_i(C_2) \approx 0 \quad (9)$$

Si el usuario de un viaje se encuentra en condiciones de comodidad, podrá apartar su atención de la necesidad de mantener sus distancias personales y de preocuparse por lograr una posición que disminuya su esfuerzo físico, y con ello utilizar el tiempo de viaje como tiempo de ocio. Por lo tanto las condiciones de borde de α , se pueden replantear como:

$$\alpha_i(t.o. \approx 0) \approx 1 \quad \text{y} \quad \alpha_i(t.o. \approx \text{maximo}_i) \approx 0 \quad (10)$$

donde t.o. representa la tasa de ocupación.

En los puntos intermedios, la relación entre α y la tasa de ocupación debe ser decreciente con el aumento de la tasa de ocupación dado que a mayor tasa de ocupación menor comodidad y que a menor comodidad menor α tal como lo muestra la Figura 1, en la cual se ha supuesto una relación hipotética entre tasa de ocupación y α .

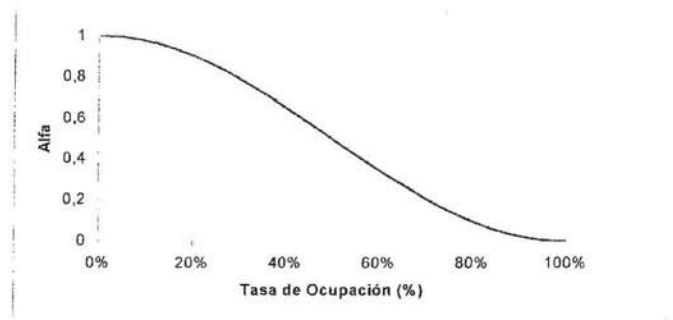


Figura 1: Posible relación entre α y tasa de ocupación

4. CALIBRACIÓN DE LA NUEVA ESPECIFICACIÓN

De la ecuación (8), se desprende que la utilidad asociada al nuevo término, que incorpora la comodidad como la capacidad de transformar tiempo de viaje en tiempo útil, está dada por:

$$U_{\text{comodidad}} = \beta_{\text{comodidad}} \cdot t_{vi}^u \quad (11)$$

Donde $\beta_{\text{comodidad}}$ representa el parámetro de calibración de la nueva especificación.

Si bien el análisis efectuado no asocia la comodidad a ningún modo específico, ésta toma real importancia cuando se discute de transporte público y específicamente de los modos bus-taxibus y metro. El modo bus-taxibus capta entre un 20-40% de la partición modal a largo de las distintas ciudades chilenas, mientras que el metro en la ciudad de Santiago participa con un 9% de la partición modal.

La calibración de α , hace necesario poseer una base de datos en la cual para cada usuario se conozcan las variables de servicio del modo que él escoge y de los modos que tiene disponible para realizar el viaje entre un par origen-destino. Además, en el caso del transporte público se deberá poseer información de la tasa de ocupación de las líneas que unen el par origen-destino en cuestión.

En los estudios de base realizados en los diferentes estudios de “Diagnóstico del Sistema de Transporte de Ciudades Intermedias” (MIDEPLAN, 1997) se realizaron encuestas de origen-destino por línea de transporte público y encuesta de subida y bajada de pasajeros, además de una serie de otras mediciones. Uno de los objetivos de estas encuestas, era apoyar la calibración del modelo de asignación a redes de transporte público (De Cea J. and Fernández J.E., 1989), el cual entrega, una vez calibrado, información de carga por línea.

Por lo tanto, para obtener la información de tasa de ocupación por línea nodo a nodo se cuenta con dos alternativas, la primera utilizar directamente las encuestas de subida y bajada de pasajeros, interpolando en los nodos en los cuales se requiere información, o bien utilizar las salidas del modelo ya calibrado.

En ambos casos, es posible obtener para cada par origen-destino que tiene transporte público disponible, la tasa de ocupación que el usuario enfrentaría en caso de escoger el modo. Con estos antecedentes, se acota el problema en lo que se refiere al transporte público mayor. Sin embargo, subyace oculta la variable explicativa de la comodidad en los restantes modos, esto es auto-chofer, auto-acompañante y colectivos entre otros.

4.1. Base de Datos

La base de datos utilizada corresponde a información recopilada en la Encuesta Origen-Destino de la Ciudad de Temuco (MIDEPLAN, 1997), en el Marco del Estudio Diagnóstico del Sistema de Transporte Urbano de la Ciudad de Temuco y complementada con visitas a terreno. Dado que entre las tareas que se ejecutaron dentro del estudio estratégico estaba la calibración de modelos de partición modal, se decidió emplear la base ya procesada para la categoría de demanda Trabajo Punta Mañana. Lo anterior porque estos viajes satisfacen de manera más fidedigna los supuesto microeconómico de los usuarios (posibilidad de transferencia de tiempo de viaje por dinero) y de disponibilidad modal.

La base original ya procesada por el estudio estratégico para esta categoría de demanda, constaba de 371 observaciones, siendo finalmente utilizadas para la recalibración de modelos sólo 341, desechándose las observaciones correspondientes al modo bicicleta. Los modos modelados se presentan en el Tabla 1 y representan algo más del 91% de la demanda de viajes.

A las observaciones de la base ya generada, que tenían disponible el modo bus-taxibus, se les debió estimar la nueva variable de tasa de ocupación; proceso que consistió en generar para cada viaje una tasa de ocupación promedio de las líneas que unen el par origen-destino del viaje.

La información de tasa de ocupación fue obtenida de las salidas del modelo de asignación a redes de transporte público, el cual reporta la carga de pasajeros por línea.

Tabla 1: Partición Modal de la EOD y de la Muestra Modelada
en el Periodo Punta Mañana

Modo	<i>Encuesta Origen-Destino</i>		<i>Muestra Modelada</i>	
	Total	%	Total	%
Caminata	19155	25.7	50	14.7
Auto chofer	9513	12.8	77	22.6
Auto acompañante	4960	6.6	17	5.0
Taxibus	36371	48.8	164	48.1
Taxi colectivo	4560	6.1	33	9.7
Total	74559	100.0	341	100.0

MIDEPLAN (1997)

4.2. Estructuras Propuestas entre α y Tasa de Ocupación

Con la base de datos descrita anteriormente se procedió a la calibración de modelos que incluyeran la tasa de ocupación. La estrategia empleada fue contrastar los resultados de incorporar la variable comodidad contra un modelo básico que no la incluía. El modelo escogido como base fue el mejor modelo considerando sólo variables de servicio y costo (tiempo de viaje, acceso, espera y costo del viaje). No fueron incluidos otro tipo de variables (sexo, tasa de motorización, etc.) dado que su aporte era marginal y dificultaba la correcta interpretación de resultados. Es oportuno mencionar que el modelo base no se diferencia en lo sustancial al modelo calibrado en el estudio estratégico de la Ciudad de Temuco.

Si bien la Figura ° 1 muestra una relación hipotética entre α y tasa de ocupación, la búsqueda de esta relación no resultó trivial, dada las limitaciones con que se trabajó, las que se refieren a la carencia de un número importante de observaciones con valores elevados de tasa de ocupación (tasa de ocupación mayor al 50%), pocas observaciones con tasa de ocupación cero y el bajo número de observaciones total de la base de datos (341 datos). Las estructuras básicas que se probaron para relacionar α con la tasa de ocupación, se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 2: Modelos propuestos para modo bus-taxibus

<i>Nombre del Modelo</i>	<i>Expresión de α</i>
Trigonométrico	$(1 + \cos(t.o. * \pi/100))/2$
Escalonado	1 si $0\% < t.o. \leq 45\%$ 0,5 si $45\% < t.o. \leq 70\%$ 0 si $70\% < t.o. \leq 100\%$
Lineal	$(1 - t.o./100)$
Constante	Se supusieron valores únicos de α para cualquier nivel de ocupación

Fuente: Del Río (1999)

Además de las estructuras anteriores, también se probaron combinaciones de ellas. Todas estas funciones cumplen con tres condiciones básicas:

- i) ser decrecientes
- ii) tener un máximo (1) cuando la tasa de ocupación es del 0%.
- iii) tener un mínimo (0) cuando la tasa de ocupación es del 100%.

Para los modos caminata, auto-chofer y auto-acompañante se decidió considerar que la comodidad no intervenía en la elección modal y se asumió que este concepto quedaba reflejado en su constante modal. Para el caso del taxi-colectivo se asumió un valor de 0.5 para α , el cual se basa en dos hipótesis: la disponibilidad absoluta de asientos y la baja disponibilidad de un espacio propio.

Con el fin de validar los valores de α supuestos para cada modo, se realizó un análisis de sensibilidad introduciendo la comodidad en todos los modos y haciendo variar α entre 0 y 1. Dicho análisis, no mostró variaciones desproporcionadas que hicieran suponer problemas en la especificación. En las tablas 2 y 3, se muestran los valores de α asumidos.

Tabla 3: Resumen de valores de α utilizados para otros modos

<i>Modo</i>	α
Caminata	0
Auto-chofer	0
Auto-acompañante	0
Taxicolectivo	0.5

Fuente: Del Río (1999)

5. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DEL MODELO

Como se mencionó anteriormente, uno de los objetivos principales de este estudio consiste en mejorar la modelación del transporte público, incorporando la comodidad en la elección modal. El análisis sociológico realizado apuntó a que un aspecto fundamental en la comodidad se relaciona con los espacios personales, aspecto que puede ser abordado a través de la tasa de ocupación.

Los resultados obtenidos mostraron una alta preponderancia de la tasa de ocupación en la elección modal. De hecho, esta variable pasaba a ser de mayor importancia que el tiempo de viaje, lo que llevó a que la variable de decisión fuese fundamentalmente que la utilidad siempre debía ser decreciente a mayores tiempos de viaje o, al menos, permanecer constante, para cualquier condición de ocupación.

En la tabla 4, se presentan los principales resultados obtenidos, para lo cual se utilizó el programa ALOGIT 3.2. (Daly, 1992).

Tabla 4: Resultados de las estimaciones

<i>Parámetro</i>	<i>Modelo Base</i>		<i>Modelo con Comodidad</i>	
	Estimador	Test t (95%)	Estimador	Test t (95%)
T. Viaje (min)	-0,0601	(-4,6)	-0,0570	(-4,2)
T. Acceso (min)	-0,0731	(-1,8)	-0,0588	(-1,4)
T. Espera (min)	-0,1340	(-0,1)	-0,2064	(-0,8)
Comodidad (min)			0,0818	(-2,8)
Costo (\$/viaje)	-0,0303	(-2,3)	-0,0212	(-1,5)
K. Caminata	-0,4376	(-1,0)	-0,0046	(-0,0)
K. Auto-chofer	1,224	(3,2)	1,732	(4,0)
K. Auto-acomp.	-1,040	(-2,3)	-0,6210	(-1,2)
K. Taxi-colectivo	-1,395	(-5,7)	-1,144	(-4,5)
L(0)	-360,83		-351,77	
L(C)	-285,66		-287,14	
L(F)	-225,03		-222,49	
$\rho(0)$	0,3764		0,3675	
$\rho(C)$	0,2122		0,2251	
N° Observaciones	315		315	

Fuente: Del Río (1999)

La especificación de la función de utilidad para el modo bus-taxibus es:

$$U_b = \theta_{tv} \cdot tv_b + \theta_{tacc} \cdot tacc_b + \theta_{tesp} \cdot tesp_b + \theta_{com} \cdot \left(\left(1 - \frac{t.o._b}{100} \right) \cdot tv_b \right) + \theta_{c/I} \cdot \frac{c_b}{I} \quad (12)$$

Donde θ_{tv} es el coeficiente del tiempo de viaje, θ_{tacc} el del tiempo de acceso, θ_{tesp} el del tiempo de espera, θ_{com} el de la variable asociada a la comodidad y $\theta_{c/I}$ el del costo dividido por el ingreso.

Los resultados muestran que el modelo que incorpora la comodidad aumenta la verosimilitud del mejor modelo estimado con las variables tradicionales de modelación. Si bien no todos los coeficientes son significativos al 95% de confianza, éstos muestran una significancia semejante a la del modelo base. Es de destacar que la variable comodidad presenta una alta significancia, la que resultó así en todas las especificaciones probadas.

Los modelos con una especificación trigonométrica para α , no resultaron de la calidad esperada, debido a las características de la base de datos, la que no presentaba una dispersión importante de las observaciones en los valores extremos de la tasa de ocupación percibida por los usuarios.

Con respecto al valor subjetivo del tiempo de viaje (VSTV), su cálculo no resulta trivial dado, que el tiempo de viaje aparece asociado a otras variable; en forma análoga se calculó el valor subjetivo de la comodidad en función de la tasa de ocupación (VSTO) y la tasa de sustitución de tiempo de viaje – tasa de ocupación. Las expresiones resultantes corresponden a:

$$VSTV = \frac{-\left(\theta_{tv} + \theta_{com} \cdot \left(1 - \frac{t.o._b}{100} \right) \right)}{\theta_{c/I}} \cdot I \quad (13)$$

$$VSTO = \frac{-\theta_{com}}{\theta_{c/I}} \cdot \frac{I}{100} \cdot tv_b \quad (14)$$

$$\frac{dtv}{dt.o.} = \frac{\theta_{tv} + \theta_{com} \cdot \left(1 - \frac{t.o._b}{100} \right)}{\theta_{com}} \cdot \frac{100}{tv_b} \quad (15)$$

Con lo anterior un usuario promedio, que viaja 10,27 minutos con una tasa de ocupación de 41%, está dispuesto a pagar \$9,34 por cada minuto de viaje que ahorre, \$22 por cada persona menos que vaya en el bus y a canjear 1% de comodidad por un minuto menos de tiempo de viaje.

6. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha introducido la comodidad como un nuevo atributo de la función de utilidad del modo bus, utilizando información proveniente de un estudio de preferencias reveladas. Esta modificación queda claramente demostrada ya que el coeficiente asociado a la variable comodidad resulta significativa al 95% de confianza, por lo que estadísticamente se justifica su introducción, y a que el modelo propuesto mejora la especificación original (sin comodidad) también al 95% de confianza.

La aproximación usada para desarrollar esta tarea, manteniendo la coherencia microeconómica, fue utilizar la transformación de una fracción del tiempo de viaje en tiempo útil, asociado al tiempo de ocio del modelo de Tasa de Gasto. La condición que determina cuánto tiempo de viaje puede ser usado como tiempo útil es el grado de comodidad percibido por el usuario (medido a través de la tasa de ocupación). El ponderador empleado en estimar la proporción de tiempo de viaje útil, llamado α está directamente relacionado con la comodidad. Dependiendo de la relación supuesta entre comodidad y tasa de ocupación fueron generados distintos modelos, siendo aquel que las relaciona linealmente el que mejor representó la base de datos analizada.

La estructura propuesta permite mejorar la evaluación de medidas que tiendan a regular las frecuencias del transporte público, apoyar estudios de licitación vial, cálculos tarifarios o medidas que fomenten el uso de un modo sobre otro. Dado que se puede conocer la variación de la valoración hecha por los usuarios frente a cambios en los niveles de servicio, costo o tiempo de viaje del transporte público. Por ejemplo, se podría conocer en cuánto tiempo debe disminuir el tiempo de viaje para compensar aumentos en la tasa de ocupación.

El tiempo de viaje útil transformado a partir del tiempo de viaje puede ser interpretado como un elemento generador de utilidad mientras la proporción no transformada puede entenderse como un elemento generador de des-utilidad.

En condiciones cercanas a la saturación de la capacidad del transporte público α debe tender a cero lo que implica que la función de utilidad tradicional y la que incorpora la comodidad son iguales.

Una de las potencialidades del modelo planteado radica en que la utilidad modal está relacionada con la tasa de ocupación, que esta directamente relacionada con la demanda del modo, por lo que el problema de estimar la demanda se convierte en un problema de punto fijo:

$$t.o. = f(\chi, \varphi) \quad (16)$$

$$\chi = U(t.o., v) \quad (17)$$

$$\chi = U(t.o.(\chi), v) \quad (18)$$

Donde t.o. es la tasa de ocupación, χ representa la demanda por el modo, φ son las características de la flota y v son las variables de servicio del modo

Si bien la relación entre tasa de ocupación y demanda puede ser ciertamente compleja, en el caso de estaciones de origen (por ejemplo estación Lo Ovalle del Metro de Santiago, Chile), la relación entre

demanda y tasa de ocupación es directa, por lo cual es posible aplicar este modelo por ejemplo para el cálculo tarifario, considerando la comodidad de los usuarios del modo.

REFERENCIAS

- Daly, A.J. (1992) **Alogit User's Guide**. Hague Consulting Group. The Hague.
- De Cea, J. y Fernández, J.E. (1989) Transit Assignment to Minimal Routes: an Efficient New Algorithm. **Traffic Engineering and Control**. 30.
- Del Río W., P. (1999) **Introducción de la Comodidad en la Función de Utilidad del Modo Transporte Público para Modelos de Partición Modal**. Memoria de Título. Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Concepción. Chile.
- Jara Díaz, S. y Farah M. (1987) Transport Demand and Users' Benefits with Fixed Income: the Goods/Leisure Trade off Revisited. **Transportation Research**. 21 B. 165-170.
- MIDEPLAN (1997) **Diagnóstico del Sistema de Transporte Urbano de la Ciudad de Temuco**. Secretaría Ejecutiva de la Comisión de Planificación de Inversiones en Inversiones de Transporte. Santiago.
- MIDEPLAN (1997) **Metodología Revisada de Análisis del Sistema de Transporte de Ciudades Intermedias**. Secretaría Ejecutiva de la Comisión de Planificación de Inversiones en Infraestructura de Transporte. Santiago.
- MINTRATEL (1995) **Evaluación de la Factibilidad de Implementación de un Servicio de Buses de Alto Estándar para la Ciudad de Santiago**. Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones. Santiago.
- Proschansky H., Ittelson W. y Rivlin L. (1994) **Psicología Ambiental**. Trillas. México.
- Train, K. y McFadden, D. (1978) The good/leisure trade-off and disaggregate work trip mode choice models. **Transportation Research**. 12. 349-353.