

# Factores de calidad del servicio en el transporte público de pasajeros: estudio de caso de la ciudad de Toluca, México

## Factors of service quality of the public transport service: A case study in Toluca City, Mexico

ÓSCAR SÁNCHEZ-FLORES  
JAVIER ROMERO-TORRES\*

### *Abstract*

*This article identifies, ponders and evaluates the factors involved in the perception of service quality of public transport in an urban corridor characterised by a flat-rate with a delegated management and quality competition. With the help of a logit model with linear specification of the utility function, we estimate the coefficients for each service quality factor for different segments and strata of the population. The results of the econometric estimation determine the importance, weight and value of each factor in terms of utility. We conclude that the main factors that determine the service quality are: the physical state of the buses, the driving, the tariff (cost of travel), the time one is inside the bus (travel time) and the treatment towards the passenger.*

**Keywords:** *public transport, service quality, stated preferences, logit model.*

### **Resumen**

En este artículo se identifican, ponderan y valoran los factores que intervienen en la percepción de la calidad de servicio del transporte público en un corredor urbano que se caracteriza por una gestión delegada con tarifa fija y competencia en calidad. Mediante un *modelo logit* con especificación lineal de la función de utilidad, se estiman los coeficientes de cada factor de calidad de servicio para diferentes segmentos y estratos de la población. Los resultados de la estimación econométrica determinan la importancia, peso y valor de cada factor en términos de utilidad. De esta manera se obtiene que los factores principales que determinan la calidad del servicio son: el estado físico de los autobuses, la forma de manejo del conductor, la tarifa (costo del viaje), el tiempo que está dentro del autobús (tiempo de viaje) y el trato al usuario.

**Palabras clave:** transporte público, calidad del servicio, preferencias declaradas, modelo *logit*.

## Introducción<sup>1</sup>

En el contexto de los sistemas de transporte, la calidad del servicio refleja la percepción que el usuario tiene de su desempeño (TRB, 2003). Sin embargo, este último sólo es la consecuencia o parte visible de un conjunto de decisiones estructurales ligadas principalmente a la organización del sector en sus niveles estratégico, táctico y operativo (Sánchez, 2004). En efecto, la definición de los objetivos de la política de transporte (nivel estratégico) y la forma de intervención pública, regulación y concesión del servicio (nivel táctico) son determinantes en la operación y desempeño del sistema.

El interés por cuantificar la calidad del servicio implica a todos los actores del sistema (usuarios, concesionarios y autoridades reguladoras), ya que incide en al menos tres procesos: en primer lugar, se relaciona con la elección del modo o servicio de transporte. En un mercado donde las características de desempeño y costo de los modos existentes sean comparables, es más probable que la calidad de servicio sea el criterio considerado por el usuario para elegir en qué modo desplazarse (competencia en calidad, Tirole, 1988). Este caso es bastante recurrente en las ciudades latinoamericanas donde la prestación de servicios está concesionada a empresas privadas, por lo que varias rutas de transporte público tienen en común su recorrido ya que comparten largos tramos de infraestructura.

En segundo lugar está la competencia entre los diferentes modos de transporte. En la mayoría de las ciudades de México los servicios de transporte no están integrados; de ahí que los concesionarios de los servicios (taxis, autobuses y microbuses) establecen una competencia para atraer el mayor número de usuarios. Así, el concesionario estará interesado en tomar acciones que le permitan captar la mayor cantidad posible de pasajeros. La mejora de la calidad del servicio es una de las alternativas para lograrlo.

En tercer lugar se encuentra la preservación de un servicio de interés público. Tomando en cuenta que el transporte público de pasajeros puede ser tratado como un bien semipúblico, en el que si bien se pueden privatizar ciertas de sus etapas, como la producción y la distribución (Sánchez *et al.*, 2002; Rothengatter, 2001), la regulación del mismo debe quedar en manos de una autoridad pública cuya intervención es necesaria para garantizar un servicio de buena calidad, al costo más bajo y rentable para el concesionario (maximización del bienestar social). En este sentido, esta autoridad requiere definir estrategias o acciones sustentadas en el

<sup>1</sup> Los autores agradecen el financiamiento aportado por los proyectos Conacyt 41078 y UAEM 1816/2004.

diagnóstico y valoración de la calidad del servicio actual, con la finalidad de garantizar un nivel aceptable para los ciudadanos.

En este contexto, la evaluación de la calidad del servicio y el desempeño del sistema es una tarea necesaria y compleja. No obstante, en la práctica generalmente se emplean valoraciones basadas en la medición de los factores de desempeño del sistema de transporte (Lam y Bell, 2003), y en el mejor de los casos en valoraciones de dimensiones físicas de desempeño por tipo de actor (TRB, 2003, para más detalles), descuidando el componente subjetivo y los aspectos individuales que determinan su valoración. A partir de la extensión de los modelos de elección discreta al campo de la ciencias del transporte (McFadden, 1975; Ben-Akiva y Lerman, 1985), la integración de dicho componente es técnicamente factible, como lo muestran Ortúzar *et al.* (1997). Estos modelos parten del supuesto de que una persona debe elegir entre un conjunto finito de alternativas y se sustentan en la teoría microeconómica neoclásica, en la que se admite que poseen un poder discriminante perfecto que le permite determinar la acción que prefiere de forma certera y coherente. Lo anterior equivale a decir que el individuo posee una capacidad para establecer relaciones de preferencia-indiferencia (que se pueden representar en una función llamada de utilidad) sobre las acciones que resultan de los axiomas de reflexibilidad, transitividad y comparabilidad, lo que los lleva a elegir, entre un conjunto finito de alternativas, la acción óptima. En la práctica, se verifica que las personas no siempre están seguras de cuál alternativa tomar y tampoco eligen lo mismo ante situaciones idénticas (Tversky, 1972). Para solventar esta limitación en el supuesto inicial se procede a tratar el comportamiento durante la elección como un proceso probabilístico.

Existen dos enfoques para lograrlo: el primero asume que las reglas de decisión son aleatorias y que las funciones de utilidad son deterministas; en el caso del segundo es lo inverso. Este último se conoce en la literatura correspondiente como modelos probabilísticos de utilidad aleatoria (Ortúzar, 2000), y representan la base teórica de los modelos de elección discreta que son precisamente los que se emplean en este artículo. Si bien los fundamentos de estos modelos todavía son fuente de intensas discusiones, lo cierto es que los diferentes enfoques llevan a modelos muy similares, si no es que idénticos. Por ello, dado que se ha demostrado que los modelos de elección discreta describen el comportamiento durante la elección individual de forma adecuada (De Palma y Thise, 1989; Louviere *et al.*, 2000 para un conjunto de estudios empíricos), el presente artículo se orienta a su aplicación en el contexto de elección de servicios de transporte público, con la finalidad de demostrar si es factible integrar el componente individual en la jerarquización y valoración de factores físicos y subjetivos que inciden en la percepción de la calidad del servicio,

en un sistema de transporte en el que existe competencia espacial. Lo anterior se logra utilizando la alternativa metodológica que ofrecen los modelos de elección discreta con sus correspondientes técnicas de colecta y ajuste, para identificar y posteriormente estimar el peso de los factores que definen la calidad de servicio en un corredor urbano donde la gestión se delega, la tarifa es fija y las empresas concesionarias del servicio de transporte público de pasajeros debieran competir en términos de calidad. Los resultados obtenidos aportan información consistente que es útil en la toma de decisiones de los actores implicados en la mejora de la calidad de servicio.

El artículo se estructura como sigue: primero se describe el contexto y las particularidades del estudio de caso mediante el esquema de producción del servicio existente; en la segunda parte se estudian las características de la oferta y la demanda; en la tercera se establece la metodología utilizada para identificar, ponderar y valorar los factores que integran la noción de calidad de servicio en el corredor; en la cuarta se muestran y comentan los resultados obtenidos y, finalmente, se presentan las principales conclusiones.

## **1. El contexto de estudio**

El servicio de transporte público en la ciudad de Toluca y su zona metropolitana presenta deficiencias estructurales de organización en los niveles estratégico y táctico, y en consecuencia operativo. En efecto, la política de transporte público urbano y metropolitano es poco clara y pertinente para orientar tanto el crecimiento como la sustentabilidad de la zona urbana y su ámbito metropolitano. Por otro lado, existe una falta de intervención pública para regular la prestación del servicio y para elegir el esquema de regulación que garantice una calidad de servicio aceptable para el conjunto de los actores. La realidad diaria deja de manifiesto las siguientes deficiencias: 1) falta de integración de los servicios entre la zona metropolitana y la zona conurbada; 2) parque vehicular excesivo: alrededor de 2,400 unidades con tasas de ocupación media inferiores a 50% (SIPAT, 2005); 3) operaciones de ascenso y descenso en lugares no permitidos; 4) prácticas de monopolio en la operación de las unidades (guerra del centavo): bloqueo de calles, detención en doble fila, etc.; y 5) forma de conducir inadecuada: exceso de velocidad, no se respetan las señales de tránsito y de semáforos.

La solución definitiva para estas prácticas reside en la mejora de los niveles de organización estratégica y táctica. Es decir, en la definición clara de los objetivos y orientaciones de la política de transporte en el contexto del desarrollo urbano metropolitano, así como un conjunto de

instrumentos económicos (contratos de concesión, incentivos) para regular la prestación del servicio e incidir en el comportamiento de los actores implicados (concesionarios, usuarios), con la finalidad de reducir los costos de producción y mejorar sustantivamente la calidad del servicio. Estos aspectos de orden estratégico y táctico sólo se tratan de manera tangencial en este artículo, ya que se considera que el modelo organizacional actual de gestión delegada (Lecler, 2003), con tarifas controladas y concesión de derroteros prevalecerá en el corto y mediano plazos.

Considerando que la contribución de este artículo es la evaluación de la calidad del servicio en un contexto de competencia, a continuación se mencionan los criterios que se tomaron para elegir el corredor de estudio donde se aplicó la metodología desarrollada. Posteriormente se indica cómo se estimó la oferta y la demanda en este corredor.

### ***1.1. Elección del corredor de estudio***

Si bien el esquema de organización aplica para toda la zona urbana de la ciudad de Toluca, existen segmentos y corredores<sup>2</sup> de la red donde los fenómenos de transporte presentan variantes particulares. Con el fin de seleccionar un corredor de transporte con características que correspondieran a un tramo en competencia entre líneas de transporte público y obtener niveles de servicio diferentes, se establecieron las siguientes condicionantes.

- Que los usuarios del corredor estuvieran habituados a elegir entre diferentes líneas de transporte público, con la finalidad de recopilar información relacionada con diversos factores y criterios de elección de un servicio determinado. Este contexto de elección se da en la práctica, cuando existen varias líneas de autobuses que se traslapan en un tramo importante de su recorrido, y que a la vez cubren el origen y destino de un conjunto de usuarios.
- Que el corredor de estudio tuviera una longitud tal que los tiempos de recorrido medio de los usuarios a bordo del autobús fueran lo suficientemente amplios (10-25 minutos) para aplicar encuestas cortas (10-15 preguntas), relacionadas con el nivel de servicio percibido y sus preferencias de elección de la ruta de transporte público.
- Que la variabilidad de los tiempos de recorrido, en el curso del día, fuera relativamente amplia (coeficientes de variación mayores a 25%). Es decir, que la dispersión de los tiempos de recorrido

<sup>2</sup> Franja de espacio en la cual existe un gran número de usuarios y en la que se ofrece una elevada cantidad de servicios de transporte.

representara alrededor de una cuarta parte del tiempo de recorrido medio. Esta condición permite dar credibilidad a los eventuales escenarios sobre reducción e incremento de tiempos de recorrido que se presentan a los usuarios durante la encuesta de preferencias declaradas que se describe más adelante.

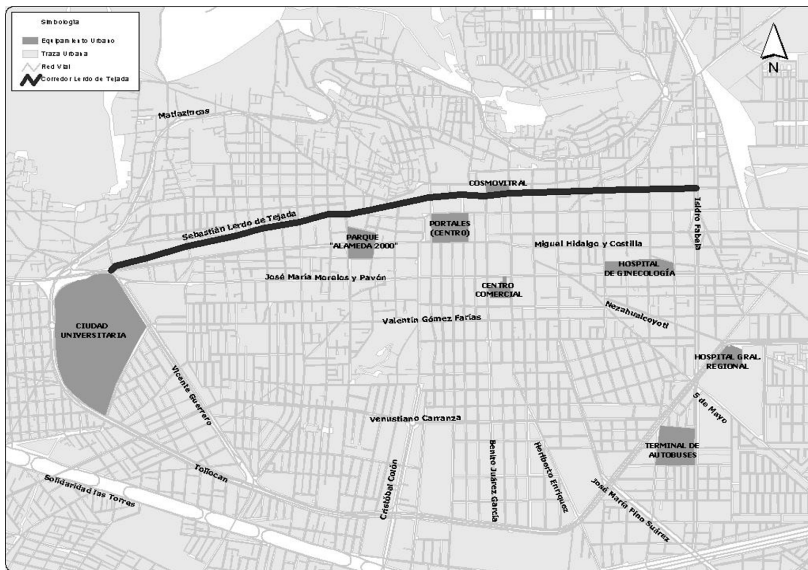
- Que la población encuestada fuera heterogénea respecto a sus características socioeconómicas y de movilidad, con la finalidad de conocer el comportamiento y preferencias de los usuarios en conjunto y por estratos o segmentos de mercado.

Luego de revisar las características de un par de alternativas, se determinó que el corredor de autobuses que cumple con los criterios establecidos es el eje formado por la calle Sebastián Lerdo de Tejada (CLT), delimitado al este por el bulevar Isidro Fabela y al oeste por el Paseo Universidad de la Ciudad Universitaria (CU). Este corredor permite comunicar el oriente con el poniente pasando por el centro de la ciudad, como se aprecia en la figura 1.

## ***1.2. Características de la oferta en la CLT***

La descripción de la oferta de transporte público incluye las características de los servicios que se están ofertando: cantidad y recorrido de las rutas, horarios de servicio, frecuencia de paso, velocidad comercial, estado físico de las unidades, entre otros (para más detalles véase Molinero y Sánchez, 2003). Sin embargo, en este artículo sólo se hace énfasis en el inventario de derroteros, su recorrido y la frecuencia de paso. No obstante, la información adicional no referida puede consultarse en Romero (2005). De esta forma, para elegir las rutas a estudiar, primero se realizaron inspecciones en campo que permitieron identificar 10 empresas concesionarias que brindan servicio en el corredor a través de 58 derroteros (figura 11). Es importante hacer notar que tres de estas empresas, tienen en concesión cerca de 50% de los derroteros que se inventariaron. El recorrido de las rutas, por su parte, no necesariamente cubre todo el corredor, lo que da como resultado traslapes que se extienden desde unas cuadras hasta la longitud total de la CLT. Con esta consideración, en este análisis sólo se incluyeron 30 derroteros (52% de los 58 inventariados), correspondientes a cinco empresas, ya que son los que transitan por una parte importante del corredor, como se muestra en la figura 11, y donde se indican los recorridos de los 58 derroteros identificados, los tramos en los que se detectó traslape, así como las principales arterias utilizadas para acceder o alejarse del corredor. Se puede verificar que al principio y al final existe un traslape de 32 derroteros, mientras en la parte media se tiene la mayor

Figura 1



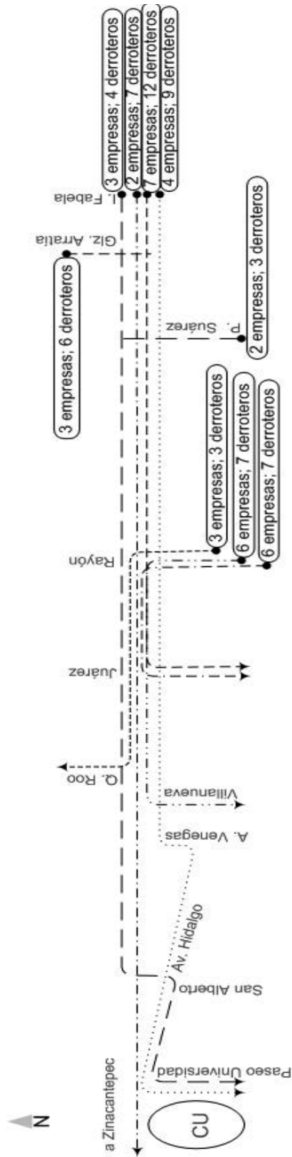
Fuente: Elaboración propia.

superposición con 52 recorridos en la intersección con la calle Rayón. Finalmente, en la tabla de la parte derecha de la figura se indican las vías de acceso y salida de los 30 derroteros que corresponden a las cinco empresas estudiadas. Los criterios utilizados para la selección ya se mencionaron y corresponden a la necesidad de evaluar el comportamiento del usuario ante una situación de elección.

### ***1.3. Estimación de la demanda en la CLT***

La estimación de la demanda se refiere a determinar el volumen, así como la distribución espacial y temporal de los viajes que se realizan en el corredor de estudio, excluyendo los que comienzan o terminan más allá de los límites establecidos de la clt, ya que en esos casos el usuario realmente no dispone de varios derroteros para elegir. Dicho volumen se determinó a partir de un par de estudios. El primero, de frecuencias, permitió conocer las unidades que cubrían las rutas seleccionadas durante el día; mientras que el segundo, de ascenso-descenso, permite, por un lado, determinar la distribución espacial de los viajes por parada, y por otro, cuantificar los pasajeros a bordo de las unidades durante un recorrido. Para estimar la demanda en el corredor, durante un día típico laboral (martes) se obtuvieron: las frecuencias de paso, por empresa, para una muestra de derroteros

Figura II



Empresas en el corredor	STUT		2 de Marzo		Xinantécatl		ALM		Zinacantan		otras empr.		Derroteros	
	entran	salen	entran	salen	entran	salen	entran	salen	entran	salen	entran	salen	totales	entran salen
AUTYZC	5		4		10	3	5	5	5	1	5	3	32	
Tollotzin			2										1	
Colón			1										1	
STUT		2	2										17	3
Tollocan			1										1	3
Flecha Blanca			1										11	19
2 de Marzo		1	4		4	1	1	1	1	1	1	1	2	3
Xinantécatl			1										8	18
ALM		1	1										1	2
Zinacantan					3	1	1	4	5	1	2	5	7	7
Total	5	7	10	3	5	5	28	28	58					

Fuente: Elaboración propia.



en el periodo pico y el periodo valle, así como el promedio de usuarios a bordo que se desplazaban por el corredor. Estos dos conjuntos de datos permitieron estimar el total de usuarios por hora para alguno de estos dos periodos (cuadro 1). Dado que no se estimó el número de usuarios para cada derrotero de tres empresas (STUT, ALM y Xinantécatl) en el periodo pico, fue necesario utilizar el valor promedio de la relación viajes en hora pico con respecto a la hora valle ( $V_{hp}/V_{hv}$ ) para reconstituir el número de viajes de estas empresas. De esta forma se estimó un promedio de viajes por empresas para cada periodo del día. Tomando en cuenta el perfil de distribución típico de demanda de usuarios de transporte público a lo largo del día, se determinó que la demanda diaria se puede aproximar a partir de considerar nueve horas valle (6-7, 9-13, 15-18, 19-20) y cinco horas pico (7-9, 13-15, 18-19). Así, la demanda diaria por empresa resulta de multiplicar el número de periodos valle y pico por el promedio de viajes de estos periodos. Finalmente, se obtuvo que en un día laboral representativo tienen lugar 2,864 viajes, como se muestra en el cuadro 1.

## 2. Identificación de factores de calidad de servicio

En la literatura se distinguen tres tipos de enfoques para identificar los factores que definen la calidad de servicio en el transporte público. El primero se basa en mediciones del desempeño del nivel de servicio (Sussman, 2000) que ofrece un factor o elemento determinado. Tal desempeño se determina desde la perspectiva de los conductores-vehículo, el regulador y el usuario. De esta forma, cada actor selecciona los factores que considera más importantes. En el caso estadounidense (TRB, 2003), por ejemplo, se identifican nueve grupos de factores que a su vez se componen de alrededor de 30 criterios. Dichos grupos son: tiempo de recorrido, capacidad, impacto al tránsito, económico, mantenimiento y construcción, seguridad, prestación del servicio y disponibilidad. El segundo enfoque se basa en la valoración por medio de encuestas de la satisfacción del usuario y la detección de áreas de oportunidad entre los servicios ofertado y deseado. En este enfoque se distinguen hasta 46 criterios o factores relacionados con la calidad del servicio (TRB, 1999). Finalmente, el tercer enfoque utiliza la teoría microeconómica del consumidor para estimar, a partir de la especificación de un modelo de elección discreta (Ben-Akiva y Lerman, 1985; Ortúzar, 2000), una función de utilidad integrada por los factores que definen la calidad del servicio (Rizzi y Ortúzar, 2003; Hojman *et al.*, 2003). Los coeficientes así obtenidos reflejan la importancia de cada uno de los factores considerados, haciendo factible su valoración económica (Sánchez *et al.*, 2004). La identificación de factores que se presenta en este artículo se inscribe en este último enfoque.

**Cuadro 1**  
**Estimación de viajes en la CLT**

Empresa	Frecuencia (autobús/hora)	Periodo del día	Viajes registrados	Viajes en una hora	Promedio viajes/hora		Viajes al día	
					valle	pico	valle	pico
2 de marzo	6	valle	4	24				
	6	valle	13	78				
	9	pico	12	99				
	6	valle	12	66	37	99	2.7	495
	6	valle	2	12				
	6	valle	1	6				
STUT	10	valle	1	10				
	10	valle	1	10	10	25*	90	123
	10	valle	8	80				
ALM	10	valle	6	60	70	172*	630	859
	12	valle	1	12				
	12	pico	3	36				
	12	valle	1	12	8	18	2.3	90
	12	valle	0	0				
	12	pico	0	0				
Xinantécatl	12	valle	0	0				
	12	valle	2	24	8	20*	72	98
	12	valle	0	0				
	Totales							2864

\*Valor estimado a partir del producto de los viajes en hora valle y el promedio de la tasa de viajes.  
Fuente: Elaboración propia.

## **2.1. Identificación de factores que definen la calidad de servicio**

La identificación de los factores que determinan la calidad del servicio de transporte público en el corredor de estudio se realizó en cuatro pasos: 1) a partir de la revisión de la literatura se obtuvo un inventario de factores (TRB, 1999, 2003; Ortúzar *et al.*, 1997); 2) se organizó un grupo focal (Krueger y Casey 2000) con ocho usuarios típicos del corredor, en el que luego de un proceso de discriminación se obtuvieron 13 factores, los más relevantes son tarifa, forma de manejo, tiempo que pasa el usuario en el autobús, forma de pago, distancia de caminata, estado físico del autobús, tiempo de espera, identificación visual del autobús, respeto de las paradas establecidas, trato al usuario y apariencia del conductor, servicio a una hora establecida, asientos disponibles e información de las rutas en las paradas; 3) se diseñó y aplicó una encuesta a 164 personas para valorar la importancia relativa de cada uno de los factores mencionados; y 4) se recopiló información relativa a sus características socioeconómicas y de movilidad (para más detalles, Romero, 2005).

La encuesta se aplicó en un día laboral típico en el que se distribuyó proporcionalmente el número de encuestas en función de la frecuencia de paso de las rutas para los periodos pico y valle. Se utilizaron dos etapas para que el encuestado jerarquizara los factores de la calidad de servicio. En la primera, con los 13 factores propuestos, el entrevistado conforma tres grupos que distingue en más importante, medianamente importante y menos importante. Enseguida, ordena las tarjetas de cada grupo en forma descendente en función de la valoración de la importancia de cada factor (el más importante primero, el menos importante al final). Asociando una escala fija al orden de las tarjetas, se obtiene una matriz de calificaciones por factor y por encuestado. Finalmente, el cuarto paso, consiste en generar una base de datos y obtener, a partir de la técnica de jerarquización simple (Malczewski, 1999), la relación final de los factores más importantes de la muestra. Siguiendo esta técnica se identificaron los cinco factores más importantes de la calidad del servicio: tarifa (costo del viaje), tiempo que está en el autobús (tiempo de viaje), forma de manejo del conductor, estado físico de los vehículos, y trato al usuario y apariencia del conductor.

Estos factores se emplearon posteriormente para diseñar los experimentos de preferencias declaradas (PD) a partir de un diseño factorial fraccional (Galilea, 2002), para lo cual fue necesario determinar sus niveles de variación.

## 2.2. Selección de los niveles de variación de los factores y diseño experimental

Los niveles de variación de cada factor se establecieron a partir de las opiniones recopiladas durante el grupo focal, y de los valores observados en el corredor durante las inspecciones en campo. De esta manera se emplearon tres niveles de variación para el *tiempo de viaje (TV)*, *costo (CV)* y *trato al usuario y apariencia del conductor (TUAC)*; mientras que para la *forma de manejo (FMC)* y *el estado físico de los autobuses (EFA)* sólo se utilizaron dos. Para el *tiempo de viaje* se emplearon los valores, mínimo, máximo y promedio obtenidos en el corredor para asegurar el realismo de los valores presentados en los experimentos. En cuanto al *costo del viaje*, se establecieron dos valores superiores (+20% y +40%) y uno inferior (-20%) a la tarifa vigente (5.0 mxn, 1 usd = 11 mxn). En tanto, para el factor *trato al usuario y apariencia del conductor* se consideró adecuado emplear los valores subjetivos *bueno, regular y malo*. En relación con los niveles de variación para los factores, *forma de conducir* y *estado físico de los autobuses*, se emplearon los valores subjetivos *bueno y malo* y *actual y nuevo*, respectivamente. En el primer caso, estos niveles fueron especificados por los participantes del grupo focal, al indicar que sólo pueden identificarse estas dos condiciones ya que no existe una situación intermedia. En tanto, en el segundo caso, se consideró que el valor *actual* permite identificar claramente el estado de las unidades con las que se presta el servicio hoy en día, y que el nivel *nuevo* no presenta mayor ambigüedad para identificar las condiciones de las unidades en una situación hipotética. En el cuadro 2 se resumen los niveles de variación de cada factor considerado.

Considerando los factores y los niveles de variación del cuadro 2 se obtiene un diseño factorial completo de 108 experimentos ( $3^3 \times 2^2$ ). Con el propósito de adecuar el diseño a una encuesta de duración y extensión menor a 15 minutos, fue necesario recurrir a un diseño fraccional compuesto de 16 combinaciones ortogonales (Kocur *et al.*, 1982), mismo que se puede dividir en dos bloques con ocho experimentos cada uno, a fin de facilitar su aplicación y garantizar la consistencia de los resultados. Es importante resaltar, por un lado, el inconveniente de estos diseños: sólo permiten estimar efectos principales sin ninguna interacción<sup>3</sup> entre variables, lo que limita el abanico de posibilidades al momento de especificar las funciones de utilidad que explican las probabilidades de elección observadas. Por otro lado, el diseño inicial requiere ser validado respecto a la coherencia y dominancia del conjunto de experimentos. Teniendo en

<sup>3</sup> No se consideraron interacciones entre variables ya que escapa al alcance de este trabajo. Además, los efectos principales explican 80% o más de la varianza de los datos (Ortúzar, 2000; Louviere *et al.*, 2000).

**Cuadro 2**  
**Niveles absolutos asociados a los factores**

<i>Tiempo de viaje (minutos)</i>	<i>Costo del viaje (MXN) del conductor</i>	<i>Trato al usuario y apariencia</i>	<i>Forma de manejar</i>	<i>Estado físico del autobús</i>
10	4	Malo	Malo	Actual
15	6	Regular	Bueno	Nuevo
25	7	Bueno		

cuenta ambas limitaciones, se realizaron dos diseños preliminares antes de obtener el definitivo. La diferencia entre ambos se origina, en primer lugar, en que en algunos casos la combinación de los atributos de una alternativa resultaba dominante con respecto a la situación actual. En segundo lugar, a que el nivel de variación de las tarifas era determinante en la elección, de acuerdo con los resultados de las encuestas piloto. En efecto, durante este último proceso se constató que los encuestados no eligieron alternativas que incluían tarifas de 6 y 7 MXN, como sugería el diseño original. Para solventar estos inconvenientes, el diseñador puede cambiar los valores asociados a un mismo atributo entre las opciones o se puede reetiquetar un atributo, manteniendo la diferencia pero cambiando el valor de referencia o valor absoluto. Lo anterior rompe con la ortogonalidad del diseño, pero permite obtener información más consistente, lo que se refleja en estimadores econométricos de mejor calidad (Hojman *et al.*, 2003). En cuanto al efecto disuasivo de la tarifa, fue necesario modificar los niveles de variación. Así, los valores finalmente considerados fueron 5.5 y 6 MXN. En el cuadro 3 se incluye el plan experimental que se utilizó en la encuesta final de PD.

### **2.3. Los datos de la encuesta de PD**

El instrumento de campo utilizado para interrogar al usuario respecto a sus preferencias de elección en escenarios hipotéticos es la encuesta de preferencias declaradas. Ésta puede ser de tipo dinámica o estática. En la primera, el diseño de escenarios se modifica en función de las características socioeconómicas o del viaje del encuestado. Mientras que en la segunda, el diseño permanece fijo para cualquier usuario. En este caso de estudio se empleó, por limitaciones de infraestructura y razones económicas, esta última. Así, el diseño experimental documentado fue el mismo para todos los encuestados. Cada experimento se plasmó en una hoja de papel para que el entrevistado confrontara la posibilidad de elegir entre una situación actual y una futura, que representa la hipotética introducción de un servicio nuevo denominado autobús mejorado que compite con el servicio pres-

**Cuadro 3**  
**Diseño experimental utilizado en las encuestas de PD**

<i>Autobús mejorado</i>				
<i>Tiempo de viaje (minutos)</i>	<i>Costo del viaje (MXN)</i>	<i>Trato al usuario y apariencia del conductor</i>	<i>Forma de manejar</i>	<i>Estado físico del autobús</i>
10	4	Malo	Malo	Actual
10	5.5	Regular	Bueno	Actual
10	6	Bueno	Bueno	Nuevo
10	5.5	Regular	Malo	Nuevo
15	5.5	Regular	Bueno	Nuevo
15	5.5	Malo	Malo	Nuevo
15	4	Regular	Malo	Actual
15	5.5	Bueno	Bueno	Actual
25	4	Bueno	Malo	Nuevo
25	5.5	Regular	Bueno	Nuevo
25	6	Malo	Bueno	Actual
25	4	Regular	Malo	Actual
15	5.5	Regular	Bueno	Actual
15	5.5	Bueno	Malo	Actual
15	6	Regular	Malo	Nuevo
15	5.5	Malo	Bueno	Nuevo

tado por el autobús actual. Este último se representa a partir de las cinco características físicas y de desempeño que el usuario percibe actualmente; en tanto el servicio del autobús mejorado se caracterizó por una calidad de servicio más elevada, con respecto a los valores actuales, a cambio de una tarifa más alta. Es decir, el entrevistado se enfrentaba a la situación hipotética de elegir entre dos tipos de servicios para realizar su viaje.

Es importante mencionar que la descripción de la opción autobús actual permaneció fija durante la elaboración de todos los experimentos. Se caracterizó por los valores medios obtenidos en campo de tiempo de recorrido (20 minutos) y tarifa (5.0 MXN), mientras a los factores forma de manejo, trato al usuario y apariencia del conductor se les asignó el nivel de *actual*. Esta designación impide conocer con precisión qué valoración otorga el usuario al servicio —lo más conveniente para subsanar este problema sería solicitar al usuario que indicara la calificación que otorga a cada factor actualmente—. Sin embargo, dadas las características actuales del servicio, se esperaba que en promedio los usuarios otorguen calificaciones bajas (malas), pues existe una percepción negativa del servicio de transporte público que está generalizada en la población. Esta última consideración tiene implicaciones en la especificación del modelo econométrico, como se comenta más adelante. Una vez definida la forma de caracterizar el autobús actual, se procedió a integrarla con los 16 escenarios

de elección resultantes del diseño experimental ortogonal ya descrito y a formar dos bloques para su aplicación. Finalmente, la estructura de la encuesta se integró con dos secciones, en la primera se interrogó sobre características socioeconómicas de los entrevistados como: ingreso, edad, número de viajes y el motivo del desplazamiento; en tanto, la segunda sección contenía un bloque de experimentos de preferencias declaradas con ocho escenarios de elección.

La encuesta de pd se aplicó durante junio de 2004, y se obtuvo una muestra de 167 entrevistas, es decir, 1,336 pseudoindividuos. Se desecharon 11 de ellas, ya sea porque el entrevistado no cambió su elección en ninguno de los ocho escenarios que le fueron presentados o porque estaba incompleta. Además, se eliminaron 196 (15%) observaciones que eligieron la opción de indiferente o se trataba de individuos lexicográficos en tiempo o costo (en este último caso sólo se detectó un encuestado). Así, en las estimaciones se trabajó con una base de datos depurada de 1,046 observaciones que representan 85% de los datos recabados. La proporción de los escenarios presentados en los bloques 1 y 2 fue de 48 y 52%, respectivamente. En el cuadro 4 se resumen las características socioeconómicas de la muestra, donde la mayoría son de ingresos bajos, ya que 35% se encuentra en el rango entre 2000-4000 mxn/mes; mientras 20% manifestó no tener ingresos. Los encuestados utilizan regularmente el servicio ya que la mitad de ellos realiza cinco viajes semanales (sólo en un sentido ya sea ida o regreso, por lo que se admite que realizan 10 viajes a la semana). Por otro lado, los motivos “ir a casa” y “escuela” son los mayoritarios ya que en conjunto representan 57%. La población es en su mayoría joven, ya que 81% de los encuestados se encuentra en el rango de edad de 18 a 40 años; destaca el intervalo de 18 a 25 (33%), correspondiente a los estudiantes universitarios. Es importante aclarar que la proporción de este rango de edad está influido por la proximidad de las instalaciones de Ciudad Universitaria de la Universidad Autónoma del Estado de México.

### 3. Modelación y análisis de los resultados

El propósito de ajustar modelos de elección discreta es identificar, ponderar y valorar los factores que determinan la elección de un servicio de autobús. Para ello, es necesario incluirlos en la especificación de la función de utilidad a estimar con la finalidad de determinar si son significativos, obtener su peso relativo, así como la disponibilidad al pago por una eventual modificación. En este sentido, y considerando que el diseño experimental incluía sólo dos alternativas, se ajustaron modelos de utilidad aleatoria logit binarios cuya especificación de la función tiene la forma  $U_n = V_n + \varepsilon_n$ . En términos econométricos,  $V_n$  representa la parte sistemática, cuantificable

**Cuadro 4**  
**Distribución de las características de la muestra**

Ingreso mensual (\$MN)	Viajes		Motivo del viaje			Edad (años)		Género	
	%	semanales	%		%	%		%	
Sin ingreso	20	1	11	Trabajo	6	Menor de 18	10	Mujer	44
Entre 50 y 500	7	2	21	Escuela	24	Entre 18 y 25	33	Hombre	56
Entre 501 y 1000	11	3	6	Compras	10	Entre 26 y 30	19		
Entre 1001 y 1500	9	4	7	Trámite administrativo	5	Entre 31 y 40	29		
Entre 1501 y 2000	12	5	50	Diversión	5	Entre 41 y 60	8		
Entre 2001 y 4000	35	6	2	Visita familiar	4	Más de 60	2		
Entre 4001 y 6000	4	7	1	Visita médico	7				
Entre 6001 y 8000	1	>8	2	Casa	33				
Más de 8000	1								

u observable de la utilidad; mientras en representa el error aleatorio que se interpreta como la parte de la utilidad que el modelador no puede medir (Ortúzar y Willumsen, 2001). El componente  $V_n$  se determina a partir de atributos cuantificables  $X_n$ , que tienen un peso  $\beta_n$ . En el caso analizado,  $V_n$  está integrado por:  $fmc$ ,  $tuac$ ,  $efa$ ,  $cv$  y  $tv$ , es decir:

$$(1) \quad V_i = \beta_0 + \beta_1 fmc + \beta_2 tuac + \beta_3 efa + \beta_4 cv + \beta_5 tv$$

La ecuación anterior representa la utilidad percibida por el usuario al elegir el modo de autobús actual o mejorado. Los factores ligados al nivel de servicio se trataron como variables categóricas; en tanto, el  $cv$  y el  $tv$  se consideraron como variables continuas. Finalmente, los parámetros  $\beta_i$  se obtienen a partir del ajuste econométrico basado en el máximo de verosimilitud. En la especificación se establece la existencia de una constante específica,  $\beta_0$ , puesto que las encuestas de PD ubican claramente al usuario en una situación hipotética en la que existirían dos servicios de transporte en autobús de forma simultánea. La constante, considerada desde el punto de vista de la elección en la alternativa mejorada, permite capturar, por un lado, el conjunto de atributos del nuevo servicio que se forman en el imaginario del encuestado y que no le son mostrados de forma explícita durante el ejercicio de elección y, por otro, los sesgos de política generados por la expectativa que la elección del nuevo servicio pueda llevar a las autoridades encargadas del servicio a tomar medidas para mejorarlo.

Las variables categóricas se trataron como latentes (*dummy*), en las que el valor 0 se asignó al nivel más desfavorable (malo); sólo en el caso del TUAC se utilizaron dos variables latentes (trato regular:  $tuacR$  y trato bueno:  $tuacB$ ). Para modelar la situación actual se consideró que todas las variables categóricas asumían el nivel más desfavorable. Este supuesto



se apoya en el hecho de que el servicio es bastante deficiente en la zona estudiada. Sin embargo, es una decisión de modelación de alguna forma arbitraria y que requiere sustentarse en un análisis más específico para determinar, precisamente, lo que el usuario entiende como situación actual (una alternativa simple es que el usuario calificara al final del ejercicio de PD el estado actual de los factores considerados).

### ***3.1 Análisis de los modelos obtenidos***

En el cuadro 5 se presentan 14 modelos estimados a partir de los datos de la encuesta PD (los valores  $t$  de student se muestran entre paréntesis). Los resultados corresponden a diferentes estratos de la muestra caracterizados por la hora del día en que se realiza el viaje, el género, los ingresos mensuales, la frecuencia de viajes semanales, el motivo del viaje y la edad de los entrevistados.

De forma general, para los 14 modelos se tienen coeficientes con signos correctos. Los factores cualitativos considerados como determinantes del nivel de servicio tienen signos positivos, lo que indica que su mejora repercute en un incremento del nivel de utilidad del usuario; mientras que los correspondientes al tiempo y costo del viaje (tarifa) son negativos, indicando que impactan de forma decreciente el nivel de utilidad al ser percibidos por el usuario como desutilidades. En la mayoría de los modelos ajustados, los factores considerados son significativos a un intervalo de confianza de 95%, a excepción del *tuac* “regular” y “bueno” que resultaron no significativos. Los términos constantes son significativos y negativos en todos los casos, lo anterior indica, como ya se argumentó, la existencia de atributos adicionales que definen la elección del tipo de servicio, pero que no fueron tomados en cuenta de manera explícita en la encuesta PD. Para verificar la importancia de incluir el término independiente se utilizaron especificaciones de utilidad que excluían la constante, obteniendo estimadores con calidad estadística no significativa y resultados contraintuitivos: los  $t$  estadísticos se vuelven no significativos para la *fmc* y el signo del factor *tuac* es negativo, lo cual indica que el usuario disminuye su nivel de utilidad conforme el trato y la apariencia del conductor mejora. En términos econométricos, la inclusión de la constante específica lleva a determinar la diferencia entre las alternativas, con lo que se garantiza una media cero en la utilidad de la porción no observada (Train, 2003). Desde el punto de vista teórico es más correcto no incluir constante cuando las alternativas son físicamente idénticas, situación que no se presenta en el estudio de caso. De hecho,  $\beta_0$  sólo permite que un modelo reproduzca de forma exacta la proporción de mercado de cada opción (Ortúzar y Willumsen, 2001).

**Cuadro 5**  
**Modelos estimados**

Factores	Modelo1 General	Modelo2 Valle	Modelo3 Pico	Modelo4 Mujer	Modelo5 Hombre	Modelo6 0-2000	Modelo7 2001-4000	Modelo8 1-4 Viajes	Modelo9 >4 viajes	Modelo10 Escuela	Modelo11 Escuela/trabajo	Modelo12 Otros motivos	Modelo13 18-40 años	Modelo14 >40 años
Forma de manejar del conductor (buena)	0.523 (3.33)	0.498 (2.22)	0.55 (2.47)	0.43a (0.83)	0.602 (2.86)	0.745 (3.59)	0.526 (1.96)	0.782 (3.32)	0.312a (1.46)	0.524b (1.66)	0.460a (1.61)	0.578 (3.03)	0.451 (2.58)	1.512 (2.62)
Trato al usuario y aparición del conductor (regular)	0.157a (1.00)	0.090a (0.4)	0.208a (0.94)	0.408b (1.71)	0.015a (0.07)	0.142a (0.69)	0.233a (0.84)	0.059a (0.25)	0.219a (1.02)	0.516b (1.65)	0.499b (1.74)	0.044a (0.23)	0.144a (0.82)	0.014a (0.02)
Trato al usuario y aparición del conductor (bueno)	0.040a (0.22)	0.184a (0.71)	0.096a (0.37)	0.173a (0.62)	0.011a (0.04)	0.066a (0.27)	0.221a (0.71)	0.139a (0.5)	0.199a (0.82)	0.074a (0.2)	0.110a (0.32)	0.049a (0.22)	0.005a (0.02)	1.125b (1.8)
Estado físico del autobús	0.761 (5.52)	0.871 (4.41)	0.66 (3.41)	0.878 (4.20)	0.716 (3.92)	0.516 (2.85)	1.246 (5.22)	0.965 (4.68)	0.601 (3.18)	0.099a (0.34)	0.215a (0.83)	1.012 (6.10)	0.907 (5.86)	0.617a (1.31)
Tiempo de viaje (minutos)-0.05	-0.036 (-4.05)	-0.063 (-2.08)	-0.04 (-3.56)	-0.062 (-2.16)	-0.059 (-3.73)	-0.059 (-3.59)	-0.030a (-2.83)	-0.067 (-1.62)	-0.055 (-3.96)	-0.058 (-2.08)	-0.049 (-2.42)	-0.051 (-3.38)	-0.071b (-3.63)	(-1.75)
Costo del viaje (MXN)	-0.458 (-3.89)	-0.485 (-2.89)	-0.439 (-2.63)	-0.488 (-2.71)	-0.432 (-2.77)	-0.556 (-3.56)	-0.498 (-2.49)	-0.704 (-3.92)	-0.248a (-1.56)	-0.509 (-2.05)	-0.518 (-2.30)	-0.424 (-3.03)	-0.468 (-3.53)	-1.005 (-2.44)
Constante	-0.93 (-5.33)	-0.983 (-5.98)	-0.87 (-5.52)	-1.172 (-4.34)	-0.806 (-3.51)	-0.851 (-3.73)	-1.341 (-4.36)	-0.82 (-3.16)	-1.03 (-4.31)	-0.699 (-1.96)	-0.846 (-2.57)	-0.965 (-4.66)	-0.957 (-4.83)	-1.639 (-2.77)
Rho2	0.026	0.021	0.019	0.027	0.019	0.019	0.046	0.027	0.024	-0.001	0.002	0.035	0.03	0.031
Log likelihood	-699.1	-343.8	-352.9	-312.8	-392.7	-403.8	-244.9	-318.8	-374	-170	-206.7	-485.9	-558.9	-62.1
Observaciones	1046	517	529	474	588	604	381	483	563	255	309	737	842	10

<sup>a</sup> Significativo a <90%; <sup>b</sup> significativa al 90 por ciento.

A continuación se presentan algunos resultados relevantes para cada modelo estimado.

*El usuario medio (modelo general-modelo 1).* Éste refleja la valoración que la población encuestada tiene de los factores que determinan la calidad de servicio. En términos relativos, se identifica que los factores cualitativos son los que tienen los coeficientes más elevados, siendo todos positivos. Es decir, incrementan la satisfacción del usuario. De éstos, el *efa* (0.761) es el más importante, seguido del factor *fmc* (0.523); en tanto el *tuac* no es estadísticamente significativo. Sin embargo, en términos absolutos, el costo seguido del tiempo de viaje resulta tener el peso más relevante en el valor de la utilidad por dos razones: en primer lugar, tienen un efecto negativo sobre la utilidad, es decir, reducen la satisfacción del usuario (desutilidades). En segundo lugar, cuando se consideran las condiciones de un trayecto medio (tiempo de viaje 20 minutos y tarifa de 5.0 mxn) su efecto sobre la utilidad total es la más importante. Los factores ligados con la calidad de servicio representan cerca de 50% del efecto del costo en la valoración de la utilidad y más de 150% del efecto del tiempo de viaje. Por ello puede considerarse que si la autoridad reguladora desea aumentar la satisfacción de los usuarios (utilidad), sin modificar la tarifa, es más conveniente aplicar medidas que mejoren el estado físico de las unidades y la forma de manejo que la reducción del tiempo de viaje. En términos económicos, este incremento de bienestar o satisfacción se puede cuantificar a partir del aumento del excedente del consumidor (Small y Rosen, 1981), el cual tendrá una variación más importante, con respecto a la reducción de la tarifa y el tiempo de recorrido, en el caso que los factores ligados al estado físico de la unidad y la forma de manejo pasen de su estado actual a una unidad nueva y una forma de manejo “buena”, respectivamente. Es obvio que estos cambios podrían tener implicaciones de mayor costo de inversión, así como modificaciones a nivel estratégico y táctico en la organización del sistema de transporte público.

*Los desplazamientos en hora valle y hora pico (valle-modelo 2; pico-modelo 3).* La comparación de los parámetros de estos modelos permite diferenciar la valoración que los usuarios hacen de los factores en los periodos de mayor (pico) y menor (valle) congestión. En este sentido, el factor *fmc* tiene un valor positivo que es 10% mayor para el estado pico con respecto a la hora valle. El resultado permite inferir que quienes se desplazan durante el periodo de mayor congestión, tendrían un aumento de bienestar cuando la forma de manejo pase del nivel actual a uno excelente, ya que están valorando explícitamente este atributo, o implícitamente los efectos asociados a él de manera más importante con respecto al periodo valle. Por ejemplo, el riesgo de accidentes, que generalmente se asocia a la forma de manejar del conductor. De la misma forma el estado físico de la unidad

(*efa*) tiene un coeficiente positivo 32% mayor en comparación con el del periodo punta; de esta forma, las personas que se desplazan durante la hora valle valoran más las condiciones del vehículo para realizar su traslado. En el caso del tiempo de viaje (*tv*), el coeficiente es más elevado en magnitud para la hora de máxima demanda con respecto a la hora valle; esta tendencia confirma que los usuarios otorgan un mayor peso a su tiempo de viaje como componente de su nivel de satisfacción (utilidad) durante las horas pico, probablemente por las restricciones de horario que tienen para iniciar o realizar sus actividades. El costo de viaje (*cv*), por su parte, tiene un coeficiente menor en horas pico en comparación con el estadio valle del día, indicando que existe una mayor disponibilidad al pago de las personas que se desplazan durante el periodo de mayor congestión, con tal de reducir su tiempo de recorrido, como se constata más adelante al estimar los valores del tiempo. Finalmente, se verifica que en ambos modelos los coeficientes del trato al usuario regular o bueno (*tuacR* y *tuacB*) no son estadísticamente significativos.

*El efecto del género (mujer-modelo 4; hombre-modelo 5).* A partir de un análisis comparativo entre el valor de los coeficientes estimados para el estrato de hombres y mujeres, se intuye que los primeros obtendrían un incremento de utilidad más importante si la forma de manejo (*fmc*) se mejora y si el tiempo de viaje (*tv*) se reduce en comparación con las mujeres. Éstas, por su parte, valoran más el estado físico de la unidad (*efa*) y el costo de viaje (*cv*); también es importante mencionar la existencia de un conjunto de factores no considerados explícitamente en la función de utilidad, que hacen suponer una percepción aún más negativa del servicio actual con respecto a los hombres. Esta última observación se verifica al comparar el valor de la constante específica.

*El nivel de ingreso (sin ingresos a 2000 mxn/mes-modelo 6; de 2,001 a 4,000 mxn/mes-modelo 7).* Los viajeros con menores ingresos asignan mayor importancia a la forma de manejo y al costo de viaje en relación con el estrato de mayor ingreso considerado. Este resultado es coherente sobre todo en cuanto al costo del viaje, ya que una variación de éste impacta fuertemente en el nivel de utilidad de la población de bajos recursos. Por ejemplo, el incremento de 1 MXN en la tarifa tendría que ser compensado por una reducción de 10 minutos en el tiempo de recorrido para que este usuario mantuviera su nivel de satisfacción. Para el estrato de mayor ingreso el factor más importante es el estado físico de la unidad, que es más del doble en comparación con el estrato de bajos ingresos. Este resultado es razonable si se considera que cuando el ingreso es más alto, existe una expectativa superior por un mejor estado del vehículo y probablemente una mayor disponibilidad a pagar por un servicio de mayor calidad. Finalmente, se observa que el efecto del incremento o reducción

del tiempo de viaje tendría el mismo efecto sobre el nivel de utilidad de ambos estratos de usuarios.

*Frecuencia de viaje (1 a 4 viajes por semana-modelo 8; más de 4 viajes por semana-modelo 9).* La distinción de estos dos modelos permite evaluar las preferencias de los usuarios que utilizan el servicio esporádicamente respecto de los que lo hacen de manera cotidiana (también denominado movilidad obligada). Los primeros otorgan mayor importancia a la forma de manejo y al estado físico de la unidad, por lo que su mejora permitiría incrementar su nivel de satisfacción actual en tanto que un incremento en el costo de viaje generaría el efecto inverso. No obstante, la adecuada modificación de algunos factores la podría aceptar cierto tipo de usuarios. Por ejemplo, se aceptaría un incremento del precio en 1.3 MXN siempre y cuando el parque vehicular se cambiara por unidades completamente nuevas, ya que esta combinación permitiría mantener el nivel de utilidad invariable. En cuanto a los usuarios con movilidad cotidiana u obligada se observa, por un lado, que son bastante sensibles al tiempo de recorrido y por otro, que dado el coeficiente elevado del término constante existe un conjunto de factores que afectan de manera negativa su nivel de satisfacción y que no se consideraron explícitamente en la función de utilidad. El primer resultado es plausible si se considera que una llegada tarde a su lugar de destino podría ocasionarles alguna penalización por sus restricciones a la hora de iniciar sus actividades (entrada al trabajo, escuela, etc.) (Castro, 2008). También es probable que este tipo de usuario tenga la expectativa de reducir el tiempo que dedica al desplazarse diariamente para asignarlo a realizar otras tareas. En cuanto al segundo resultado, es necesario profundizar los estudios en este tipo de usuarios con la finalidad de identificar estos factores de forma más precisa. Finalmente, los usuarios con movilidad obligada son sensibles al estado físico de la unidad y al costo de viaje, pero en un nivel menos importante que los que se desplazan en el transporte público esporádicamente.

*Motivo del viaje (escuela-modelo 10; escuela/trabajo-modelo 11; otros motivos-modelo 12).* La estratificación por motivo de viaje es la única en la que se obtuvo un valor estadísticamente significativo (90%) para el factor *trato al usuario* (90%), en particular para los motivos escuela y escuela-trabajo. Por otro lado, se observa que los usuarios son sensibles al tiempo y al costo, pero la importancia de estos dos factores es muy similar para quienes se desplazan a la escuela o al trabajo. Lo anterior implica que ambos comparten similar disponibilidad al pago para reducir sus tiempos de viaje, como se verifica más adelante. Por el contrario, los usuarios que se desplazan por “otros motivos” tienen una disponibilidad al pago ligeramente (8%) más alta, ya que el efecto del costo de viaje sobre su utilidad es menor.

*Edad del usuario (18 a 40 años-modelo 13; más de 40 años-modelo 14).* El contraste de los resultados entre los usuarios jóvenes y de mayor edad es bastante notable. Los mayores de 40 años tienen mayor sensibilidad a posibles cambios en la calidad del servicio en prácticamente todos los factores. La valoración más alta está en el cambio de la forma de manejo buena (que aumentaría su satisfacción al utilizar el servicio) y en el término constante. Le siguen en orden de importancia o efecto sobre la utilidad, el trato del conductor (significativo al 90%), así como el costo y tiempo de viaje. En estos dos últimos factores, los usuarios entre 18 y 40 años resienten en su función de utilidad un efecto de alrededor de la mitad que las personas mayores. No obstante, su disponibilidad a pagar por una reducción de tiempo es mayor en los usuarios jóvenes.

### **3.2. Valores subjetivos**

Los valores subjetivos aportan elementos para la evaluación económica de los proyectos. En el caso de los modelos de elección discreta utilizados, se obtienen a partir de las tasas marginales de sustitución (ver Ortúzar, 2000, para más detalles) entre la tarifa o el costo y alguno de los factores estadísticamente significativos de la calidad del servicio. Los valores obtenidos se consignan en el cuadro 6.

El valor subjetivo del tiempo de viaje (vst) para el conjunto de modelos estimados se encuentra en el rango de 4.2 a 16.3 MXN/hora. Para la población en general (modelo 1) se obtiene un valor medio de 6.6 MXN/hora, mientras que el vst más elevado es de 16.3 MXN/hora (85% de intervalo de confianza), el cual corresponde a los usuarios con movilidad obligada (modelo 9), poniendo de manifiesto una disponibilidad alta para intercambiar reducción de tiempo por dinero y que su tiempo tiene una valoración alta. Un resultado adicional, teóricamente consistente, se obtiene al confirmar que los entrevistados con mayor ingreso (modelo 7) presentan más disponibilidad al pago por la reducción del tiempo de viaje (8 MXN/hr) en comparación con los de menor ingreso (6 MXN/hora, modelo 6). Estos resultados parecieran ser muy bajos si se contrastan con Sánchez *et al.* (2004), donde se reportan valores entre 30 y 140 MXN/hr con una media de 67 MXN/hr para viajeros que recorren en autobús 64 km (traslado interurbano con un tiempo de viaje promedio de 90 minutos), entre la ciudad de Toluca y el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. Sin embargo, son consistentes si se considera por una parte que el vst está ligado con la duración del tiempo de viaje y, por otra, que la variación de los traslados en la CLT es de 10 a 25 minutos. En efecto, si se considera, por ejemplo, un viaje de tres horas y se ofrece una alternativa con una reducción de una hora de viaje, se esperaría que un usuario estuviera

**Cuadro 6**  
**Valor subjetivo del tiempo de viaje y disponibilidad al pago**

<i>Factores</i>	<i>Modelo 1</i>	<i>Modelo 2</i>	<i>Modelo 3</i>	<i>Modelo 4</i>	<i>Modelo 5</i>	<i>Modelo 6</i>	<i>Modelo 7</i>	<i>Modelo 8</i>	<i>Modelo 9</i>	<i>Modelo 10</i>	<i>Modelo 11</i>	<i>Modelo 12</i>	<i>Modelo 13</i>	<i>Modelo 14</i>
	<i>General</i>	<i>Valle</i>	<i>Pico</i>	<i>Mujer</i>	<i>Hombre</i>	<i>0-2,000</i>	<i>2,001-4,000</i>	<i>1-4 Viajes</i>	<i>&gt;5 viajes</i>	<i>Escuela</i>	<i>Escuela trabajo</i>	<i>Otros</i>	<i>18-40 años</i>	<i>&gt;40 años</i>
vstv(MXN/minuto)	0.109	0.075	0.143	0.082	0.143	0.104	0.118	0.043	0.272	0.107	0.111	0.117	0.109	0.070
vstv(MXN/hora)	6.6	4.5	8.6	4.9	8.6	6.3	7.1	2.6	16.3	6.4	6.7	7.0	6.5	4.2
DP/hrs(buena forma)	1.14	1.03	1.24	0.88	1.39	1.34	1.05	1.11	1.26	1.03	0.89	1.36	0.96	1.51
DP/gfa(unidad nueva)	1.66	1.80	1.50	1.80	1.66	0.93	2.50	1.37	2.42	0.19	0.42	2.39	1.94	0.61

Nota: vstv = valor subjetivo del tiempo de viaje; DP = disponibilidad al pago.

dispuesto a pagar un monto elevado con tal de asignar esta hora ahorrada a otras actividades. En el caso urbano, donde la duración del viaje en la mayoría de los casos no supera la hora (38 minutos en promedio en la zona urbana de Toluca, según Sánchez, 2004), las eventuales reducciones en el tiempo de viaje se dan en términos de minutos y este ahorro sólo permite dedicarlo a actividades de corta duración o alargar una actividad que aumente el bienestar del usuario. Es decir, la disponibilidad a pagar por un ahorro de tiempo se vuelve marginal en la medida que este ahorro se pueda asignar a actividades alternativas. En este sentido, se espera obtener vst bajos en el caso de tiempos de recorrido cortos con respecto a los vst obtenidos en viajes de mayor duración.

En cuanto a la disponibilidad al pago para pasar de una forma de manejo mala a buena, el rango de variación para los estratos estudiados es del orden de 0.90 a 1.50 MXN, en tanto que la población en su conjunto tiene una valoración de 1.15 MXN. Finalmente, la disponibilidad al pago para cambiar las unidades en mal estado por nuevas, a un intervalo de confianza de 95%, es del orden de 0.9 a 2.50 MXN.

### ***3.3. Intervalos de confianza***

Para preparar proyectos generalmente se requiere realizar una valoración económica cuya precisión y fundamentación de la estimación es de suma importancia. Para aportar elementos en este sentido se estiman los intervalos de confianza de los factores para diferentes estratos de la población. Para ello se utiliza el método basado en la prueba *asymptotic t* (Armstrong *et al.*, 2001), debido a la linealidad de la función establecida (ecuación 1) y a la relativa facilidad para implementarla. Para obtener valores consistentes de las fronteras inferior y superior, los parámetros  $\beta_i$  de las variables en cuestión deben ser estadísticamente significativos; en el cuadro 7 se presentan los valores puntual, superior e inferior para los factores tiempo de viaje, estado físico del autobús y forma de conducir, que fueron los que cumplieron la condición de consistencia.

Los valores del tiempo de viaje para los diferentes estratos muestran que el valor superior de variación puede ser hasta tres veces el valor puntual estimado, en tanto que el valor inferior puede ser de alrededor de 30%. Este nivel de dispersión indica que para realizar un análisis mucho más detallado de los efectos inducidos sobre la utilidad del conjunto de usuarios, es pertinente utilizar funciones de distribución del vst. Es importante resaltar que la descripción anterior no se cumple en caso del estrato de viajes por motivo escuela, que alcanza 186 MXN/h. Este valor se considera atípico ya que si bien cumple con el criterio de intervalo de confianza mayor a 95%, se sale del rango del conjunto de estratos que se



**Cuadro 7**  
**Valores subjetivos e intervalos de confianza**

<i>Estratos de la muestra</i>	<i>tv</i>	<i>VARIABLES explicativas</i>		<i>finc</i>
		<i>efá</i>	<i>efb</i>	
<b>MODELO GENERAL</b>				
Valor superior	12.98		4.03	3.33
Valor inferior	3.4		0.81	0.34
Valor puntual	6.55		1.66	1.14
<b>ESTADO DEL DÍA</b>				
Valor superior	Pico	Valle	Pico	Pico
Valor inferior	30.97	7.04	7.88	7.87
Valor puntual	3.86	0.7	0.45	0.16
<b>GÉNERO</b>				
Valor superior	8.58	1.8	1.5	1.24
Valor inferior	Hombre	Mujer	Hombre	Hombre
Valor puntual	27.75	8.39	7.4	6.59
<b>INGRESO MENSUAL</b>				
Valor superior	3.97	0.66	0.57	0.31
Valor inferior	8.61	1.8	1.66	1.39
Valor puntual	2001-4000	0-2000	2001-4000	2001-400 <sup>a</sup>
<b>VIAJES SEMANALES</b>				
Valor superior	13.78	2.89	14.8	8.08
Valor inferior	2.94	0.22	1.02	0.003
Valor puntual	7.16	0.93	2.5	1.05
Valor superior	1-4 <sup>d</sup>	1-4	>4 <sup>d</sup>	>4 <sup>d</sup>
Valor inferior	5.17	3.42		
Valor puntual	0.13	0.61		
<b>MOTIVO DEL VIAJE</b>				
Valor superior	2.56	1.37	1.11	Escuela <sup>a</sup>
Valor inferior	Esc/trab	Esc/trab <sup>d</sup>	Esc/trab <sup>b</sup>	Otros
Valor puntual	40.02	186.79	8.03	Escuela <sup>a</sup>
Valor superior	186.79	18.92	8.03	Otros
Valor inferior			4.43	Otros
Valor puntual				5.76

<i>continúa...</i>	<i>Variables explicativas</i>					
<i>Estratos de la muestra</i>	<i>tv</i>	<i>efa</i>	<i>fnc</i>	<i>efa</i>	<i>fnc</i>	
Valor inferior	1,45	0,35	2,98	1,12	0,02	0,01
Valor puntual	6,68	6,42	7	2,39	0,89	1,03
EDAD (años)	18 a 40	+ 40a			18 a 40	40
Valor superior	14,18	12,8			3,4	12,68
Valor inferior	3,1	0,31			0,16	0,23
Valor puntual	6,55	4,23			0,96	1,51

Nota: significancia a: <sup>a</sup>90%; <sup>b</sup>85%; <sup>c</sup>80%; <sup>d</sup>no aplica.

ubica en alrededor de 40 MXN/h. Un elemento explicativo al respecto es que el número de observaciones de este estrato es bastante baja, por lo que la estimación es más susceptible de tener sesgos de los tipos veracidad o político. Este último se refiere a dar respuestas que buscan influir en la toma de decisiones de las autoridades.

La amplitud de la disponibilidad al pago para pasar de un servicio con unidades en mal estado a unidades nuevas varía de cero (adultos mayores) a más de 15 MXN en el caso de los usuarios de mayores ingresos. El cambio de la forma de manejo mala a una adecuada o excelente varía de cero a más de 12.5 MXN en el caso de los adultos mayores.

En términos más generales, los resultados muestran dos aspectos relevantes. Primero, que la relación entre el valor puntual y la amplitud (valor superior menos valor inferior) es mucho más importante para las variables subjetivas con respecto a la variable cuantitativa del tiempo de viaje, ya que mientras en el primer caso cambian por lo general entre cinco y ocho, en el segundo es de sólo tres a cinco veces. Este hecho muestra que en el caso de la población encuestada existe mayor subjetividad en la valoración de los factores cuantitativos respecto a los cualitativos, lo cual es intuitivamente coherente. Segundo, que en términos relativos se requiere un mayor esfuerzo para aumentar la calidad de servicio a partir de la reducción del tiempo de viaje, con respecto a la mejora de las variables cualitativas estado físico de la unidad y forma de manejo.

## Conclusiones

En el presente trabajo se ha reportado, por un lado, el proceso de identificación de los factores principales que determinan la calidad de servicio y, por otro, la aplicación de los modelos de utilidad aleatoria de elección discreta para ponderarlos y valorarlos mediante preferencias declaradas de los usuarios en un corredor de servicio urbano de autobuses con gestión delegada a tarifa fija y eventual competencia en calidad. Los resultados muestran que los atributos cualitativos *estado físico de los autobuses y forma de manejar del conductor* son, en ese orden, los más importantes para los usuarios desde el punto de vista del nivel de utilidad. Los atributos cuantitativos del servicio como *costo y tiempo de viaje* también se consideran, siendo el primero el que en términos relativos tiene mayor efecto en la especificación de utilidad lineal utilizada.

La importancia que le dan los diferentes estratos de la población a los atributos mencionados, así como la valoración de la disponibilidad al pago por su mejora, proporcionan elementos de decisión a la autoridad reguladora para que defina medidas, generales u orientadas a un estrato particular, que le permitiera integrar una estrategia de mejora del trans-

porte público en la ciudad. Esta mejora del servicio no necesariamente redundará en un beneficio económico para la sociedad, sino más bien en un aumento del bienestar social (excedente del consumidor) o en su caso, un eventual incremento de nuevos usuarios del transporte público atraídos por la calidad del servicio (demanda inducida). Sin embargo, para propósitos de extender estas conclusiones, es necesario considerar el efecto de red, ya que los resultados mostrados corresponden a las particularidades de un corredor urbano.

Durante el proceso de modelación se buscó definir un contexto conveniente para relajar implícitamente las restricciones de movilidad del usuario (el viajero acompañado adopta actitudes y toma decisiones no siempre similares a la situación que cuando viaja solo), con la finalidad de que se enfocara en un ejercicio de elección caracterizado únicamente por los factores identificados como más relevantes. Para conocer el efecto de estas restricciones sobre las valoraciones obtenidas se requiere caracterizar contextos más complejos y elaborar un diseño experimental más completo. Para caracterizar la mejora de la calidad se utiliza un contexto de elección entre dos tipos de servicio. El primero se representó a partir de las características físicas y el desempeño que el usuario percibe actualmente, en tanto que en el servicio alterno se mejoraban a cambio de una tarifa más alta que la actual. En este sentido, se utilizaron entre dos y tres niveles de variación para el diseño de los experimentos. Sin embargo, la diferencia entre estos niveles podría ampliarse para hacer más notable la diferencia entre los mismos. El efecto que este cambio podría tener en la consistencia y calidad de los resultados queda por explorar. Es importante resaltar que existe una diversidad importante en la calidad de servicio que se brinda actualmente en el corredor. Por ello, aunque durante la aplicación de la encuesta se especifica que el experimento se refiere sólo a la CLT, se desconoce a ciencia cierta si la respuesta obtenida se basa en las características del servicio del mencionado corredor (usuarios habituales) o de la red en su conjunto (usuarios eventuales), por lo que la evaluación de estos sesgos también es una tarea por explorar.

Finalmente, los intervalos de confianza para los valores puntuales de los factores seleccionados se obtuvieron por el método *asymptotic t-test*, obteniendo valores frontera sólo para aquellos factores estadísticamente significativos. Los resultados muestran que existe una subestimación de la disponibilidad a pagar de los usuarios para disminuir el tiempo de viaje, en la mejora del estado físico del autobús o en la forma de conducir y una amplitud importante que sugiere que la aplicación de los valores puntuales en otro tipo de evaluaciones debe hacerse con cuidado, con la finalidad de no sesgar los resultados.

## Bibliografía

- Armstrong, Paula, Rodrigo Garrido y Juan de Dios Ortúzar (2001), “Confidence intervals to bound the value of time”, *Transportation Research E*, 37, Devon, pp. 143-161.
- Ben-Akiva, Moshe y Steven Lerman (1985), *Discrete choice analysis: theory and applications to travel demand*, MIT Press, Massachusetts.
- Castro, Alfonso (2008), “Disponibilidad al cambio de hora de inicio de viaje por motivos de trabajo para conductores de automóviles en la zona metropolitana del Valle de Toluca”, tesis de maestría, FI-UAEM, México.
- Galilea, Patricia (2002), “Preferencias declaradas en la valoración del nivel de ruido en un contexto de elección residencial”, tesis de grado de magíster en ciencias de la ingeniería, Santiago de Chile.
- Hojman, Pablo, Juan de Dios Ortúzar y Luis Rizzi (2003), “El valor de la reducción de accidentes fatales y no fatales graves en carretera”, *Actas XI Congreso Chileno de Ingeniería del Transporte*, Santiago, Chile, pp. 515-525.
- Kocur, George, Tom Adler, William Hyman y Bruce Aunet (1982), *Guide to Forecasting Travel Demand with Direct utility Assessment*, Report UMTA-NH-11-0001-82, Urban Mass Transportation Administration, U.S. Department of Transportation, Washington.
- Krueger, Richard y Mary Casey (2000), *Focus Groups: A Practical Guide for Applied Research*, Sage Publications, Londres.
- Lam, William y Michael Bell (2003), *Advanced modeling for transit operations and service planning*, Pergamon, Oxford.
- Lecler, Stéphane (2003), “Organización del transporte público en áreas metropolitanas europeas”, *Carreteras: Revista técnica de la Asociación Española de la Carretera*, 126, Madrid, pp. 12-26.
- Louviere, Jordan, David Hensher y Joffre Swait (2000), *Stated Choice Methods: Analysis and Application*, Cambridge University Press, Cambridge.

- Malczewski, Jacek (1999), *Gis and Multicriteria Decision Analysis*, Wiley, Nueva York.
- McFadden, Daniel (1975), *Urban travel demand, an behavioral analysis*, University of California, Berkeley.
- Molinero, Ángel e Ignacio Sánchez (2003), *Transporte público: planeación, diseño, operación*, Quinta del Agua, México.
- Ortúzar, Juan de Dios, Andrés Ivelic y Ángela Candía (1997), "User perception of public transport level of service", en P. Stopher y M. Lee-Gosselin (eds.), *Understanding travel behaviour in an era of change*, Pergamon-Elsevier Science Books, Oxford, pp. 123-142.
- Ortúzar, Juan de Dios (2000), "Modelling route and multimodal choices with revealed and stated preferences data", en J. de D. Ortúzar (ed.), *Stated Preference Modelling Techniques, Perspectives 4*, PTRC Education and Research Services, Londres, pp. 299-318.
- Ortúzar, Juan de Dios y Luis Willumsem (2001), *Modelling Transport*, Wiley, Londres.
- Ortúzar, Juan de Dios (2000), *Modelos econométricos de elección discreta*, Universidad Católica de Chile, Santiago.
- Palma, André de y Jacques Thisse (1989), "Les modèles de choix discrets", *Annales d'Economie et de Statistique*, 9, París, pp. 151-190.
- Rizzi, Luis y Juan de Dios Ortúzar (2003), "Stated preference in the valuation of interurban road safety", *Accident Analysis and Prevention*, 35, Oxford, pp. 9-22.
- Romero, Javier (2005), "Determinación de los factores que definen la noción de calidad de servicio en el transporte urbano: el caso del corredor Lerdo de Tejada en la ciudad de Toluca", tesis de maestría, FI-UAEM, Toluca, México.
- Rothengatter, Werner (2001), "Transport subsidies", en K. J. Button y D. A. Hensher (eds.), *Handbooks of transport Systems and Traffic Control*, Pergamon, Oxford, pp. 175-197.

- Sánchez, Óscar (2004), *Evaluación del impacto vial inducido por la reubicación de una terminal de autobuses: el caso de la Terminal Norte de la Ciudad de Toluca*, Cuadernos de Investigación 33, UAEM, Toluca, México.
- Sánchez, Óscar, Dulce de la Torre y Alejandro Villanueva (2002), “¿Es rentable el servicio de transporte público nocturno?: estudio exploratorio para el caso de la Ciudad Universitaria de Toluca”, *Revista Ideas*, 19, UAEM, Toluca, pp. 56-68
- Sánchez, Óscar, Alfonso Castro, Armando Gordillo y Tizoc Fraga (2004), “Valor subjetivo del tiempo ante la reubicación de una infraestructura aeroportuaria: el caso de los viajeros Toluca-Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México”, XIII Panamerican Conference of Transportation Engineering, Albany, Nueva York.
- SIPAT (2005), “Sistema de información para la planeación y administración del transporte de la ciudad de Toluca”, Reporte interno, Facultad de Ingeniería, UAEM, Toluca, México.
- Small, Kenneth y Harvey Rosen (1981), “Applied Welfare Economics of Discrete Choice Model”, *Econometrica*, 49, Cambridge, pp. 105-130.
- Sussman, Joseph (2000), *Introduction to Transportation Systems*, Artech House, Boston.
- Tirole, Jean (1988), *The Theory of Industrial Organization*, MIT Press, Massachusetts.
- Train, Kenneth (2003), *Discrete Choice methods with Simulation*, Cambridge University Press, Nueva York.
- TRB (Transportation Research Board) (1999), *A Handbook for Measuring Customer Satisfaction and Quality of Service*, Report TCRP 47, TRB, Washington.
- TRB (Transportation Research Board) (2003), *Transit Capacity and Quality of Service Manual*, TRB, Washington.

Tversky, Amos (1972), "Choice by Elimination", *Journal of Mathematical Psychology*, 9, pp. 341-367.

*Recibido:* 26 de enero de 2009.

*Reenviado:* 10 de junio de 2009.

*Aceptado:* 06 de julio de 2009.

**Óscar Sánchez-Flores.** Es doctor en ciencias económicas por la Université de Cergy-Pontoise, Francia; es profesor-investigador de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Estado de México. Coordina el programa de la maestría y doctorado en ingeniería Área Terminal Transporte. Sus líneas de investigación se refieren a la modelación de sistemas de transporte. Sus publicaciones recientes son: en coautoría, "Are Static and dynamic planning approaches complementary? A case study for travel demand management measures", en T. Bohme, V. M. Larios Rosillo y H. Unger (eds.), *Lectures notes in computer science 3473*, Springer-Verlag, Berlín, pp. 252-264 (2006); en coautoría, "Automatic bottleneck detection based on macroscopic traffic data: An application to Paris highway network", en T. Bohme, V. M. Larios Rosillo y H. Unger (eds.), *Lectures notes in computer science 3473*, Springer-Verlag, Berlín, pp. 236-251 (2006), "Medidas flexibles para la gestión de desplazamientos: hacia la sistematización de planes integrales de movilidad", *Universidades*, 30, México, pp. 31-60 (2005). Tradujo del francés el libro *La filosofía de las ciencias*, de P. Lecourt, UAEM, 2005.

**Javier Romero-Torres.** Es estudiante del programa de doctorado en ingeniería, Área Terminal Transporte, Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de México. Su línea de investigación se centra en la modelación de sistemas de transporte público. Ha publicado: en coautoría, "Optimizando los tiempos de los semáforos en intersecciones aisladas. Parte 1: Metodología", *Ideas*, 22, UAEM, México, pp. 49-58 (2003); en coautoría, "Optimizando los tiempos de los semáforos en intersecciones aisladas. Parte 2: Aplicación", *Ideas*, 24, UAEM, México, pp. 51-62 (2004); "Factores que definen el nivel de servicio en el transporte público de pasajeros: el caso del corredor Lerdo de Tejada, Toluca", *Actas del XII Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte* (2005).