

INTRODUCCION DE VARIACIONES EN LOS GUSTOS DETERMINISTICAS EN PREFERENCIAS DECLARADAS MULTIMODAL

Jorge Videla Cruz, Ricardo Alvarez Daziano
CIS Asociados Consultores en Transporte S.A.
Austria 2042, Providencia.
Fono: 205 10 33. Fax: 205 10 29.
e-mail: cis@cistrans.cl

RESUMEN

Enmarcado en un estudio de la demanda potencial de Metro, se presenta en este trabajo la estimación de modelos de partición modal que explican las preferencias de los usuarios, y que permiten apoyar el proceso de planificación de Metro S.A. Se recolectaron datos de Preferencias Declaradas y Reveladas a través de encuestas en hogar, lo que implicó el diseño de los instrumentos de medición, el diseño experimental de las preferencias declaradas, el levantamiento de los datos y la estimación de modelos de elección modal. Adicionalmente se efectuaron experiencias de grupos focales que permitieron detectar los atributos relevantes, así como evaluar la comprensión de los formularios.

Como resultado del trabajo se entregó un conjunto de modelos de elección modal, basados en datos mixtos (preferencias declaradas y reveladas) segmentados en 4 propósitos, usando los últimos avances metodológicos en el área. Como novedades a la modelación tradicional se encuentra la estrategia que combina la inclusión de la comodidad como variación en el gusto sobre el parámetro de tiempo y del ingreso como variación en el gusto sobre el parámetro del costo en un diseño de preferencias declaradas multimodal.

1. INTRODUCCION

Durante el año 2002, Metro S.A. le encomendó a CIS Asociados Consultores en Transporte S.A. la tarea de modelar la demanda potencial de Metro. Para cumplir dicho objetivo CIS planteó como metodología trabajar con modelos de elección discreta considerando datos de Preferencias Declaradas (PD) y Reveladas (PR). El mercado objetivo del estudio comprendió a todos aquellos usuarios potenciales de Metro, es decir, aquellos individuos que actualmente son usuarios de Metro, o que podrían serlo frente a un cambio en los niveles de servicio de Metro o de su competencia. Así, es claro que se debía identificar a aquellos usuarios que realizan viajes sobre el área de influencia directa de Metro -definición que incluye viajes en Metro sin combinación (origen y destino en el área donde Metro se encuentra disponible); pero también a aquellos usuarios que podrían utilizar Metro mediante algún tipo de combinación con otros modos (viajes en modos combinados)-. En el presente trabajo se destacan aspectos relevantes del diseño y de la aplicación de la metodología usada para construir los modelos de demanda potencial, con énfasis en aquellos puntos que representan una innovación con respecto a la modelación tradicional y que pueden considerarse como avances llevados a la práctica nacional. En este sentido, destaca la estrategia de modelación que incorpora de forma conjunta la inclusión de variaciones en los gustos determinísticas en un diseño PD multimodal y multiatributo.

2. METODOLOGIA

2.1. Selección del Tipo de Experimento y Presentación de los Atributos

Para el módulo de Preferencias Declaradas se seleccionó un experimento de elección o **choice**, en el que el individuo simplemente escoge una opción entre todas las opciones presentadas. Esta técnica en la práctica ha resultado ser un método muy efectivo, el diseño es bien entendido por los encuestados, presenta bajos porcentajes de eliminación de respuestas y tiene una formulación matemática definida que permite alcanzar resultados adecuados (Ortúzar y Garrido, 2000).

Los modos considerados para el diseño experimental son: Auto Chofer, Bus, Metro (puro, combinado con Auto, combinado con Bus). Para la definición de atributos se identificó una serie de características relevantes a partir del análisis de experiencias previas, que luego fueron sometidas a dinámicas de grupo focal. Recogiendo los resultados de esta experiencia se postularon los siguientes 5 atributos experimentales: **Costo**, **Tiempo de Caminata**, **Tiempo de Espera**, **Tiempo en Vehículo** y **Grado de Hacinamiento**. La variable **grado de hacinamiento** apareció relevante en los Focus, sobre todo por su correlación con seguridad personal; sin embargo, al evocar un concepto negativo, se prefirió usar en los experimentos la **Comodidad** (recurrente en estudios de transporte a la hora de incluir atributos de tipo cualitativo), pero definiéndola a partir de niveles claramente identificables con lo que se entiende por hacinamiento. Así, en el caso del **bus** se definieron tres niveles: **Asientos Libres**: Bus con disponibilidad de asientos; **Pasillo Expedito**: Bus sin asientos disponibles y con pocas personas de pie; **Pasillo Lleno**: Bus con dificultad para caminar en los pasillos y bajarse. Por otro lado, en el caso del **Metro** se reconocieron dos niveles: **Fácil Desplazarse y Bajarse** y **Difícil Desplazarse y Bajarse**. Las alternativas Bus, Metro y Metro combinado (es decir, Bus-Metro y Auto-Metro) poseen la totalidad de los atributos. En cambio, en el caso del auto sólo se considera

costo (diferenciado en bencina y estacionamiento), tiempo de caminata y tiempo en vehículo. Nótese que para el caso de comodidad del auto, se interpreta la existencia de un solo nivel, que podría ser definido como “la que el usuario percibe cuando viaja en su automóvil”.

2.2. Diseño Experimental

Para el diseño experimental se consideró una serie de aspectos metodológicos. El primero de ellos es que para asegurar que se obtengan estimadores con buenas propiedades estadísticas, se debe considerar un diseño **ortogonal fraccional** (Louviere *et al*, 2000). Otro punto que es importante destacar es que cada diseño lleva implícito umbrales de valoración que, según las elecciones declaradas por los individuos encuestados, terminan por revelar las valoraciones subjetivas. Cabe destacar que para cada diseño corresponde verificar que los umbrales asociados se muevan en un rango adecuado, tanto en su variación como en sus valores, teniendo como referencia valores del tiempo obtenidos en otros estudios. Después de analizar en detalle los antecedentes de la demanda actual de Metro, se determinó que las características fundamentales que determinan la construcción de los diseños experimentales son el tiempo de viaje en el Metro, la necesidad de realizar combinación para acceder/egresar a Metro y la disponibilidad del automóvil. Con estas variables se procedió a segmentar los distintos experimentos a construir, lo que definió 6 experimentos estructurantes, resumidos en la Tabla 1 (nótese que estos diseños necesariamente implican las alternativas a ser presentadas en cada caso). En los diseños que incluyen acceso a auto se consideran simultáneamente tres alternativas de elección, lo que conduce a un **diseño experimental multimodal**. Normalmente se acepta que los mejores modelos se obtienen en experimentos bimodales que, sin embargo, no corresponden al contexto de elección real, en el cual compiten habitualmente más de 2 alternativas. Aún más, en estudios previos (CIS, 2003) se ha trabajado con experimentos de preferencias declaradas que consideraban hasta cinco alternativas simultáneamente; el experimento fue bien entendido por los encuestados y los modelos obtenidos resultaron robustos, por lo cual estas experiencias han sido calificadas como exitosas.

Tabla 1
Diseños Experimentales

Diseño	Accesibilidad al automóvil	Duración del traslado	Combinación	Alternativas	Nº Casos Diseño Ortogonal	Bloques × Casos por Bloque
1	Sin acceso a auto	Traslado corto	Sin combinación	Bus, Metro	27	3×9
2	Sin acceso a auto	Traslado largo	Sin combinación	Bus, Metro	27	3×9
3	Con acceso a auto	Traslado corto	Sin combinación	Auto, Bus, Metro	32	4×8
4	Con acceso a auto	Traslado largo	Sin combinación	Auto, Bus, Metro	32	4×8
5	Con acceso a auto	Traslado largo	Con combinación	Bus, Bus-Metro	27	3×9
6	Con acceso a auto	Traslado largo	Con combinación	Auto, Bus, Bus-Metro / Auto, Bus, Auto-Metro	32	4×8

En el caso de combinación se optó por no distinguir entre viajes cortos y largos, dado el rango de variación de los atributos considerado¹. La tarifa presentada en Bus-Metro, así como el resto de

¹ La distinción entre viajes cortos y largos sólo se usó para dar un contexto más creíble al experimento y no con fines

los atributos (menos comodidad, que se restringió a la comodidad durante el viaje en Metro) corresponde al total de ambos modos. Así, por ejemplo, si se presenta una tarifa menor que la actual, debe interpretarse como una tarifa *integrada*, pues resulta menor que la condición actual. Nótese que el diseño 6 corresponde a viajes en combinación con acceso a auto, que conduce a 32 casos (4 bloques de 8 situaciones). Debe aclararse que este diseño se construyó uniendo dos experimentos, cada uno de 16 casos, uno que incluye como alternativas Bus, Bus Metro y Auto; y otro, cuyas alternativas son Bus, Auto Metro y Auto. De esta forma se logra que el individuo escoja entre las cuatro alternativas de interés, pero nunca se le presentan las cuatro en una sola tarjeta. En el Anexo se muestran los niveles de variación de los atributos para este diseño particular. Finalmente se debe controlar que la **ortogonalidad** se mantenga en el **diseño conjunto**, pues al estimar se considera cada subdiseño en una misma base de datos.

3. PROCESO DE LEVANTAMIENTO DE DATOS

De acuerdo con la caracterización global de los usuarios de Metro, los objetivos planteados en el estudio y las limitaciones y alcances que impone el contexto particular sobre el cual se trabajó (que imponía un total de 2500 encuestas), se postuló una segmentación basada en el **propósito del viaje** y el **nivel de ingreso**. Así, se consideraron los propósitos *trabajo, estudio, de vuelta al hogar y trámites y compras*, más dos niveles de ingreso: *ingreso medio bajo y medio alto*; esto implica trabajar con 8 segmentos diferentes. La estrategia de modelación es construir modelos para cada uno de estos nichos de mercados, de manera que todo viaje pueda ser representado por alguna de estas categorías. Por otro lado, a través del análisis de la demanda actual de Metro se determinó que en particular interesaba representar los siguientes 4 corredores: Línea 1 poniente-centro, Línea 1 oriente-centro, Línea 2 sur-centro, Línea 5 sur-centro, tanto en viajes puros (origen y destino en el área de influencia directa de Metro) como combinados con otro medio de transporte. De esta manera, se pudo asignar 300 encuestas en cada nicho de mercado, tamaño suficiente para la estimación de modelos de elección, asignando la muestra por cuotas de manera de representar con un tamaño mínimo cada segmento de interés. Debe notarse que el objetivo de la selección muestral es asegurar suficientes observaciones para obtener modelos de elección robustos para cada nicho de mercado definido, y no la representatividad de los actuales usuarios.

La metodología de recolección de datos finalmente adoptada fue la de **entrevista personal en el hogar**, con especial cuidado en el diseño de las tarjetas PD y de los filtros que permitían seleccionar a la persona a entrevistar; debe recordarse que se buscaba a un usuario potencial, por ello el filtro debía asegurar que los encuestados, sin necesariamente viajar en Metro, **posean este modo como una alternativa disponible**. Por otro lado, dentro de los resultados que se pueden destacar del Focus Group está la conveniencia de dejar el módulo de segmentación al final de la entrevista, pues de lo contrario descontextualiza y provoca rechazo a continuar la encuesta. Una vez validado el instrumento en las dinámicas de grupo focal, se procedió con el piloto. La realización de la encuesta piloto tuvo como objetivos evaluar el método, evaluar la receptividad de la encuesta, validar las variables de filtro, evaluar los instrumentos y generar la estructura de la base de datos. El piloto se dividió en dos etapas. En la primera de ellas se efectuaron entrevistas en locación central; mientras que en la segunda se desarrolló en hogares.

de segmentación por distancia. Intuitivamente un viaje en combinación se encuentra en un rango de viajes *largos*.

El levantamiento de datos definitivo se inició en julio de 2002, y se definieron 7 etapas para cubrir el área geográfica definida. En cuanto a esta última, se escogieron múltiples corredores alimentadores de las líneas de Metro, que aseguraran la presencia de viajes puros y en combinación, de acuerdo a los corredores que se identifican relevantes según la EOD de Metro (Asintra, 2002). La idea de definición de corredores para modelar la demanda de Metro no es nueva, de hecho Metro contaba con modelos para los corredores de San Miguel-Centro y Las Condes-Centro (Ortúzar y Donoso, 1983). Sí constituye una novedad considerar múltiples corredores conformando una sola base de datos. Por otro lado, trabajar con etapas permitió probar y acondicionar el diseño experimental a medida que se avanzaba con la encuesta, incorporando mejoras pendientes que no fueron detectadas en el piloteo. Finalmente, de las 2.500 encuestas planificadas se logró un total de 2.266 encuestas completas (90% de logro, ver Tabla 2).

Tabla 2
Total de Encuestas por Motivo

Trabajo	Hogar	Trámites	Estudio	Total
890	604	621	151	2266

En los Anexos se muestra la composición de la muestra según rango de ingreso familiar (en promedio \$744.553²), y modo de transporte escogido para realizar el viaje (información PR). Una novedad en el formulario fue incorporar la pregunta de la **segunda mejor opción**, es decir, qué modo de transporte habría escogido el encuestado en el caso de no haber tenido disponible su primera opción. Esta pregunta permite introducir al encuestado en la dinámica de elección modal (contestar el modo en efecto escogido sólo incorpora un mecanismo de **evocación** pero no de **elección**). Por otro lado, permitiría explorar un aumento en el número de observaciones PR, pues permite contar con una muestra adicional con un conjunto restringido de alternativas disponibles. Adicionalmente en el Anexo al final de este trabajo, en la Figura 1, se muestra la localización geográfica de las encuestas con propósito trabajo. En general, la generación da cuenta de los lugares cubiertos en la toma de datos (es posible identificar los corredores escogidos), mientras la atracción es un resultado de la encuesta. Nótese la concentración de los viajes atraídos en el centro de Santiago, lo que coincide con el patrón de viajes propio de la ciudad.

4. APLICACION: MODELO DE PARTICION MODAL PROPOSITO TRABAJO

4.1. Validación de las Respuestas

La validación de las respuestas requiere la comprobación de que la elección se realiza de acuerdo a los supuestos de comportamiento económico, lo que implica la detección de individuos lexicográficos (escogen siempre la alternativa que es mejor en un atributo) y cautivos (escogen siempre la misma alternativa, típicamente la que es usada habitualmente). Se eliminaron de la muestra los individuos cautivos, al igual que los que mostraron comportamiento lexicográfico evidente. Una forma de validar las respuestas de los individuos que no aparece en la literatura, además del análisis clásico, es comprobar el comportamiento agregado frente a los estímulos presentados en el diseño experimental, aprovechando las propiedades de ortogonalidad (para un

² Ingreso promedio de los usuarios de Metro según la EOD 2002: \$670.000 aprox. (\$730.000 en punta mañana)

diseño experimental equilibrado el promedio de los niveles de los atributos es el mismo independiente del nivel del atributo bajo control, permitiendo un análisis de las respuestas *ceteris paribus*). Esta estrategia es particularmente útil en diseños multimodales y multiatributo, para los cuales la detección de elección lexicográfica no es simple. Así, por ejemplo, si se analiza el tiempo en vehículo para el Diseño 1 y separamos las tarjetas en los tres niveles definidos (20, 25 y 35 min), entonces se obtienen tres bloques de 9 situaciones de elección. En la Tabla 3 se muestra el promedio del valor de los atributos para cada bloque definido por los niveles de Tveh:

Tabla 3
Análisis de Respuesta, Diseño 1, Variando Tveh Bus

Nivel Tveh	Tarifa bus [\$]	Tveh bus [min]	Tcam bus [min]	Tesp bus [min]	Tarifa Metro [\$]	Tveh Metro [min]	Tcam Metro [min]	Tesp Metro [min]	% Elección Bus
0	277	20	7	8	397	13	12	5	39
1	277	25	7	8	397	13	12	5	38
2	277	35	7	8	397	13	12	5	35

Así, al analizar un atributo particular, el comportamiento agregado de las respuestas observadas (partición modal, que es la variable a controlar) debe necesariamente coincidir con las reglas de racionalidad económica (al pasar de un nivel determinado a uno que genere mayor desutilidad, la proporción de usuarios que elige la alternativa debe ser menor). En el ejemplo, si el tiempo en el vehículo aumenta de 25 a 35 minutos, entonces la elección de bus (resultado de la encuesta) baja de 38% a 35%. Este análisis se puede realizar para cada nivel de cada atributo experimental, y con él se puede confirmar que el diseño sea correcto y detectar respuestas que se escapan de la norma, contando con un procedimiento expedito que permite el control del diseño con tamaños de muestra reducidos y sin requerir la estimación de modelos.

4.2. Especificación de la Función de Utilidad

Para construir la función de utilidad, se debe tomar en cuenta que ésta debe ser capaz de reconocer comportamientos distintos para usuarios de diferentes segmentos. En ese sentido, se debe tener claro que el comportamiento de los usuarios está dado por: Nivel de ingreso (afecta la restricción de ingreso disponible) y propósito del viaje (dado que la demanda por transporte es derivada). Ante distinto nivel de ingreso, se puede postular distinta percepción del costo (recordar su relación con la UMI); mientras que ante distinto propósito, distinta percepción del tiempo. En conjunto, esto da como resultado valores del tiempo distintos para los segmentos definidos por propósito y nivel de ingreso. Por otro lado, se debe reconocer que existen **dos estrategias de segmentación**: Mercados distintos con gustos fijos, y uno o más mercados con **variaciones en los gustos** (Swait y Bernardino, 2000). En términos prácticos mercados distintos implica trabajar con modelos distintos por segmento (bases de datos separadas). Por otro lado, trabajar con variaciones en los gustos permite aprovechar la variabilidad de la muestra, ya que cada segmento presenta variaciones en los parámetros de acuerdo a uno base (se estima la diferencia en gustos que caracteriza a cada segmento; se usa una sola base de datos). Las valoraciones en los gustos pueden ser modeladas de forma determinística (Fowkes y Wardman, 1988) o aleatoria (Train, 1998). Considerando los puntos anteriores, la función de utilidad se especificó considerando variaciones en los gustos determinísticas para **costo y tiempo en vehículo**.

Luego, asociado a costo tenemos: $(\beta_{costo} + \beta_{costo_IA}D_{IA})costo_{in}$. Como se incluye una dummy de ingreso alto (D_{IA} , que se activa si el ingreso familiar es mayor a los \$750.000), β_{costo} se entiende como el parámetro base asociado a individuos de ingreso medio bajo (se espera que este parámetro sea negativo). Por su lado, a través de la suma $\beta_{costo} + \beta_{costo_IA}$ se puede encontrar la valoración del parámetro del costo para individuos de ingreso medio alto. En otras palabras, el parámetro β_{costo_IA} se puede entender como una **variación en el gusto determinística** del parámetro del costo propia de un nicho de mercado con mayor ingreso³. Se espera que β_{costo_IA} sea positivo y estadísticamente significativo, hecho respaldado por la teoría microeconómica que señala que la Utilidad Marginal del Ingreso (que es también el coeficiente del costo con signo negativo) es decreciente con el ingreso (Jara-Díaz, 2002). En el caso del **tiempo en el vehículo** se realiza una segmentación de acuerdo a la comodidad del modo de transporte. La forma usual de incorporar comodidad es a través de una dummy aditiva, que afecte la constante modal. Sin embargo, en términos teóricos lo correcto es postular que la comodidad está asociada al parámetro del tiempo en el vehículo, pues la **comodidad se experimenta a lo largo de todo el viaje** (Jara-Díaz, 2002), lo que valida la especificación propuesta⁴. En efecto, β_{veh} corresponde a la valoración del tiempo en el vehículo en las mejores condiciones de comodidad, mientras que β_{pas_exp} se interpreta como la variación en el parámetro del tiempo en el vehículo, cuando la comodidad del bus es pasillo expedito. En síntesis, para los modelos se plantea una estrategia mixta de segmentación: modelos y bases separadas por propósito, y variaciones en los gustos en el parámetro del costo según ingreso, y en el parámetro del tiempo en el vehículo según comodidad.

5.2. Sobre la Valoración Subjetiva del Tiempo

La estrategia adoptada tiene implicancias en el cálculo de valoraciones subjetivas del tiempo. Nótese que es posible calcular el VST_{veh} , VST_{cam} y VST_{esp} ; pero además VS Pasillo Expedito (Cuánto se está dispuesto a pagar por reducir el tiempo en el vehículo en un minuto, si es que la comodidad del bus es pasillo expedito), VS Pasillo Lleno y VS Metro Lleno. Por lo mismo:

$$VST_{veh} = -\frac{\beta_{veh}}{UMI} + VS \text{ Comodidad}, \quad (1)$$

donde $VSCom$ es la disponibilidad a pagar por cambiar de algún estado a *sentado*. Además debe reconocerse que se ha adoptado una segmentación de acuerdo al ingreso. Por ello:

$$VST_{veh_IB} = \frac{\hat{\beta}_{veh}}{\hat{\beta}_{costo}} + VS \text{ Comodidad}; VST_{veh_IA} = \frac{\hat{\beta}_{veh}}{\hat{\beta}_{costo} + \hat{\beta}_{costo_IA}} + VS \text{ Comodidad} \quad (2)$$

³ Una ventaja adicional es el uso directo del test-t para validar la segmentación propuesta. En Rizzi y Ortúzar (2003) también se encuentra una aplicación directa de variaciones en los gustos determinísticas con estas características.

⁴ Es posible encontrar distintos planteamientos teóricos innovadores en el tratamiento de la comodidad, como el trabajo de Briones y del Río (1999). La especificación acá presentada se sustenta en la segmentación por variaciones en los gustos y es posible encontrarla también, por ejemplo, en el trabajo de Espino y Ortúzar (2002).

4.3. Modelo PD Propósito Trabajo

A continuación se exponen los resultados de la aplicación del modelo a los datos PD puro considerando el propósito trabajo. Se observa que prácticamente la totalidad de los parámetros resultan ser significativamente distintos de cero al 95% de nivel de confianza, salvo el parámetro de variación en la valoración del tiempo cuando la comodidad del bus es pasillo expedito. Como validación se puede decir que todos los parámetros entregan signo correcto. En particular se hace notar que en efecto la UMI da decreciente con el ingreso, y que justamente el parámetro que distingue entre los dos niveles de ingreso es significativo, indicando variación de los gustos en costo. De esta forma, es posible calcular los valores del tiempo asociados a este modelo. Se distingue la valoración entre los estratos de ingreso medio bajo y los de ingreso medio alto. En primer lugar se calcula el valor del tiempo en vehículo, luego el de caminata y el de espera.

Tabla 4
Modelo PD Propósito Trabajo

	Estimación $\hat{\beta}$	Valor - t ; Ho: $\hat{\beta} = 0$
Costo	-0,00039513	-12,493
Costo · D _{Ingreso Medio Alto (>\$750.000)}	0,00014830	2,620
Tiempo en el vehículo	-0,01833704	-4,563
Tiempo de caminata	-0,02108244	-2,675
Tiempo de espera	-0,02231730	-2,580
Pasillo expedito bus · tiempo en el vehículo	-0,00258111	-1,516
Pasillo lleno bus · tiempo en el vehículo	-0,00547436	-2,919
Pasillo lleno metro · tiempo en el vehículo	-0,00410825	-2,027
Constante modal auto PD	0,45739319	3,841
Constante modal metro PD	0,58598780	5,691
Constante modal bus - metro PD	0,63439394	5,615
Constante modal auto - metro PD	0,31290320	2,192
$\rho^2(0)$	0,50099	
Nobs	4403	

Tabla 5
Valoraciones Subjetivas del Tiempo y de la Comodidad, PD [\$/min]

VST	Bajo	Alto	VS Comodidad	Bajo	Alto
VSTveh	46	74	VSExpedito	7	10
VSTcam	53	85	VSLleno	14	22
VSTesp	57	90	VS Metro leno	10	17

Como era esperable, se observan valoraciones mayores para aquellos individuos que pertenecen a un estrato de mayor ingreso (de hecho, un 60% mayor en el caso de individuos de ingreso alto). Por otro lado, las valoraciones de espera y caminata son mayores que las del tiempo de viaje. Estos resultados son respaldados por estudios previos, y la explicación es que produce un mayor disgusto esperar y caminar, que ir en el vehículo. Dada la especificación de la utilidad, se dijo que es posible calcular valores subjetivos de la comodidad, *i.e.* la disposición a pagar por reducir en un minuto el tiempo de viaje dadas las condiciones de comodidad. Si la comodidad es buena (“viajar sentado”), entonces la valoración del tiempo en el vehículo corresponde a los valores ya presentados. Sin embargo, si la comodidad empeora, a esos valores hay que sumarle la

componente específica de la comodidad. Que el valor asociado a la comodidad “Pasillo Lleno” del bus sea más alto que la de “Pasillo Expedito” es lo que se esperaba: la gente está dispuesta a pagar más mientras mayor es la molestia (disgusto) que experimenta. Nótese que una mala comodidad en el Metro presenta valores que están entre ambos niveles de hacinamiento del bus. Para clarificar el uso de este enfoque, supongamos un individuo de ingreso medio alto que va en el Metro con un nivel de comodidad malo (difícil desplazarse y bajarse). Entonces estará dispuesto a pagar $\$74 + \$17 = \$91$ por disminuir en un minuto el tiempo de viaje. Si el nivel de comodidad es bueno (fácil desplazarse y bajarse) la disposición a pagar por la reducción de un minuto del tiempo de viaje se mantiene en $\$74$ (19% de diferencia).

4.4. Modelo Mixto Propósito Trabajo

Como se ha mencionado, el instrumento de medición no sólo comprendía el módulo PD, sino que además recogió información de PR. Con ello fue posible estimar un modelo mixto considerando ambas bases de datos bajo el enfoque de estimación propuesto por Bradley y Daly (1997)⁵:

Tabla 6
Modelo Mixto (PR/PD) Propósito Trabajo

	Estimación $\hat{\beta}$	Valor - t ; Ho: $\hat{\beta} = 0$
Costo	-0,00024266	-4,514
Costo · D _{Ingreso Bajo (<\$450.000)}	-0,00024261	-1,795
Costo · D _{Ingreso Alto (>\$1.500.000)}	0,00005405	1,436
Tiempo en el vehículo	-0,01199505	-4,261
Tiempo de caminata	-0,02098399	-7,598
Tiempo de espera	-0,01294827	-2,311
Pasillo expedito bus · tiempo en el vehículo	-0,00170055	-1,325
Pasillo lleno bus · tiempo en el vehículo	-0,00470157	-2,694
Pasillo lleno metro · tiempo en el vehículo	-0,00272086	-1,806
Número de licencias en el hogar	-0,43634775	-2,678
Número de vehículos en el hogar	0,69549441	2,561
Constante modal auto PD	0,47689764	3,492
Constante modal metro PD	0,57316146	4,277
Constante modal bus - metro PD	0,70037213	4,451
Constante modal auto - metro PD	0,41125925	3,130
Constante modal auto PR	0,24088277	0,729
Constante modal metro PR	4,46394258	8,176
Constante modal taxi colectivo PR	-2,76387080	-8,876
Constante modal bus - metro PR	0,00409275	0,032
Constante modal taxi colectivo - metro PR	-1,72707318	-6,403
θ	1,61196159	4,726
$\rho^2(0)$	0,62008	
Nobs	4690	

⁵ Las alternativas PR y PD son modeladas como distintas opciones, lo que justifica incluir constantes modales en ambos grupos. Notar además que se debe fijar la escala en cada grupo, puesto que nunca se encuentran disponibles alternativas PD y PR de forma simultánea. Una discusión interesante sobre estimación conjunta PR/PD se encuentra en Cherchi y Ortúzar (2002), y en Espino (2003).

Tabla 7
Valoraciones Subjetivas del Tiempo y de la Comodidad, Datos Mixtos [\$/min]

VST	Bajo	Medio	Alto	VS Comodidad	Bajo	Medio	Alto
VSTveh	24	49	64	VSExpedito	4	7	9
VSTcam	43	86	111	VSLleno	10	19	25
VSTesp	27	53	69	VS Metro Lleno	6	11	14

Las valoraciones del tiempo resultan menores que las de PD puro, aunque razonables y comparables con las de estudios previos⁶. Por otro lado, en la estimación de modelos mixtos se exploró una desagregación según nivel de ingreso en tres categorías, distinguiendo un parámetro de variación en el gusto en el costo para individuos de ingreso bajo (menos de \$450.000) y otro para individuos de ingreso alto (sobre \$1.500.000). De acuerdo al comportamiento de la UMI, se obtiene un parámetro negativo para los individuos de ingreso bajo y positivo para los individuos de ingreso alto, con clara consecuencia en el comportamiento del VST. A su vez, se observa que $VST_{veh} < VST_{esp} < VST_{cam}$. Aprovechando la conexión PD/PR que trae consigo la consideración de la comodidad por el lado de las observaciones PD, en la Tabla 7 se reporta además la valoración de este atributo para esta estimación. Los resultados son análogos a los de PD, con la diferenciación en tres segmentos planteada.

5. CONCLUSIONES

Lo usual es trabajar con modelos que presentan valoraciones fijas de los atributos. Sin embargo, la tendencia actual es flexibilizar la modelación de forma tal de capturar las diferencias propias de los distintos tipos de individuos que componen a los usuarios de cada modo de transporte. En este sentido se ha avanzado más allá de la clásica segmentación que postula modelos distintos para los distintos segmentos de mercado. En la actualidad, se busca incorporar variaciones en los gustos en el interior de un mismo modelo, lo que puede hacerse ya sea a través de una modelación determinística o aleatoria. Dentro de las ventajas que se pueden citar de esta estrategia está el hecho de que se aprovecha de mejor manera la varianza de los datos de forma de obtener parámetros, estadígrafos y modelos más robustos.

En los modelos presentados en este trabajo se adoptó una estrategia de variación en los gustos determinística en costo para distinguir distintos estratos de ingreso, y variación en los gustos determinística en tiempo de viaje de forma de reconocer que la comodidad influye en la percepción que se tiene del viaje en el vehículo. A través de un diseño de preferencias declaradas multimodal, lo que además constituye una innovación frente al clásico diseño bimodal, se estimaron modelos de partición modal para modelar la demanda potencial del Metro de Santiago. Dentro de los modelos estimados, en este trabajo se presenta el caso de propósito trabajo. Esta aplicación particular sirve para ilustrar las novedades implementadas, en especial el adecuado tratamiento de las variables dummies. Un correcto uso de estas variables indica que se relacionen con una segmentación de los gustos y no sólo un aporte estructural que afecte las constantes

⁶ Para mencionar un ejemplo, en un estudio PD en un contexto de localización residencial se obtuvo un VST_{veh} de 17 [\$/min] para individuos con ingreso familiar bajo \$850.000, y de 52 [\$/min] para individuos con ingreso sobre dicho valor (Ortúzar y Rodríguez, 2000)

modales. Así se destaca el tratamiento dado a la variable comodidad, que además permite calcular valoraciones subjetivas de la comodidad y, en consecuencia, valoración subjetiva del tiempo en condiciones diversas de la comodidad.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos especialmente a los investigadores Sergio Jara Díaz y Marcela Munizaga de la Universidad de Chile por sus valiosas contribuciones al correcto desarrollo de este trabajo; y a la Gerencia de Desarrollo de Proyectos de Metro S.A. por permitir la publicación de este trabajo. Sin embargo, cualquier error presente en el documento es de exclusiva responsabilidad de los autores.

REFERENCIAS

Asintra (2002) Informe Final XVIII Encuesta Origen-Destino de Viajes en Metro, Metro S.A.

Bradley, M.A. y Daly, A.J. (1997) Estimation of Logit models using mixed stated preference and revealed preference information. En P. Stopher y M. Lee-Gosselin (Eds.), **Understanding Travel Behaviour in an Era of Change**. Pergamon Press, Oxford.

Briones, R. y del Río, Paola (1999) Introducción explícita de la comodidad en modelos de elección discreta tipo Logit para elección modal de Transporte Público. **Actas del IX Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte**, Santiago, Chile

Cherchi, E. y Ortúzar, J. de D. (2002) Mixed RP/SP models incorporating interaction effects: Modelling new suburban train services in Cagliari. **Transportation** 29, 371 – 395

CIS (2003) Informe Final ESTRaval VII Etapa, SECTRA.

Espino, R. (2003) Obtención de disposiciones a pagar a partir de modelos de elección discreta utilizando datos mixtos. Revista electrónica **Tranvía**, Número 23. <http://www.revistatranvia.cl>

Espino, R. y Ortúzar, J. de D. (2002) Preferencias Declaradas en la estimación de variables latentes: Análisis de la comodidad en transporte público. **Actas del XII Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito y Transporte**, Quito, Ecuador

Fowkes, T. y Wardman, M. (1988) The design of stated preference travel choice experiments. With special reference to interpersonal taste variations. **Journal of Transport Economics and Policy** Vol XXXII, 27 – 44.

Jara-Díaz, S. (2002) Comunicaciones privadas

Louviere, J.J., Hensher, D.A. y Swait, J.D. (2000) **Stated Choice Methods: Analysis and Application**. Cambridge University Press, Cambridge.

Ortúzar, J. de D. y Garrido, R.A. (2000) Rank, rate or choice?: an evaluation of SP methods in Santiago. En J. de D. Ortúzar (Ed.), **Stated Preference Modelling Techniques**, Perspectives 4, PTRC Education and Research Services Ltd., Londres

Ortúzar, J. de D. y Rodríguez, G. (2000) Disposición a pagar por reducciones en la contaminación atmosférica: preferencias declaradas en un contexto de localización residencial. **Actas del XI Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito y Transporte**, Gramado, Brasil

Rizzi, L. y Ortúzar, J. de D. (2003) Stated preference in the valuation of interurban road safety. **Accident Analysis and Prevention** 35, 9 – 22

Swait, J. y Bernardino, A. (2000) Distinguishing taste variation from error structure in discrete choice data. **Transportation Research** 34B, 1 – 15

Train, K. (1998) Recreation demand models with taste differences over people. **Land Economics** 74, 230 – 239

ANEXO

Tabla 8
Niveles por Atributo A6. Traslados en Combinación

ATRIBUTO	BUS	BUS-METRO	AUTO-METRO	AUTO
COSTO DE BENCINA	-	-	-	\$450, \$550
TARIFA ESTACIONAMIENTO	-	-	-	Gratis, \$2000, \$5000
TARIFA	\$290, \$350	\$400, \$500, \$650	\$500, \$1500, \$3000	-
TIEMPO DE CAMINATA	4, 8 Minutos	8, 16 Minutos	6, 12 Minutos	4 Minutos
TIEMPO DE ESPERA	4, 10 Minutos	6, 12 Minutos	2, 6 Minutos	-
TIEMPO EN VEHÍCULO	50, 60 Minutos	30, 40 Minutos	30, 40 Minutos	45 Minutos
COMODIDAD	Asientos libres, Pasillo Expedito, Pasillo lleno	Ocupación Media, Ocupación Alta	Ocupación Media, Ocupación Alta	-

Tabla 9
Ingreso Familiar

Ingreso (rangos en miles)	Trabajo	Hogar	Trámites	Estudio	Total
Menos de 150	4%	7%	8%	0%	6%
150-250	11%	15%	16%	7%	13%
250-450	18%	19%	16%	20%	18%
450-750	20%	18%	21%	26%	20%
750-1000	22%	15%	11%	25%	17%
1000-1500	15%	11%	8%	10%	12%
1500-2000	7%	5%	5%	7%	6%
2000-3000	3%	2%	3%	4%	3%
más de 3000	0%	0%	1%	2%	0%
Vacias	9%	9%	11%	9%	10%
Promedio	\$ 788.079	\$ 664.182	\$ 725.223	\$ 888.993	\$ 744.553

Tabla 10
Modo Escogido, PR

Modo	Modo escogido PR					Segunda mejor opción				
	Trabajo	Hogar	Trámites	Estudio	Total	Trabajo	Hogar	Trámites	Estudio	Total
Auto Chofer	19%	10%	12%	1%	13%	10%	7%	7%	8%	8%
Auto Acompañante	4%	2%	3%	0%	3%	3%	3%	2%	6%	3%
Micro	29%	30%	29%	27%	29%	34%	43%	41%	48%	39%
Metro	16%	32%	30%	18%	24%	8%	10%	13%	7%	10%
Taxi	1%	1%	1%	0%	1%	6%	6%	5%	1%	5%
Taxicolectivo	1%	2%	1%	0%	1%	4%	5%	5%	3%	4%
Pie	1%	1%	2%	1%	1%	1%	2%	2%	1%	2%
Auto y Metro	4%	2%	3%	1%	3%	2%	1%	2%	0%	2%
Aac y Metro	1%	0%	1%	2%	1%	0%	0%	1%	2%	0%
Micro y Metro	19%	16%	14%	49%	19%	21%	16%	14%	15%	17%
Taxi y Metro	1%	0%	1%	0%	1%	1%	1%	1%	0%	1%
Taxicl y Metro	3%	3%	2%	1%	3%	8%	6%	6%	9%	7%
Otro	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%

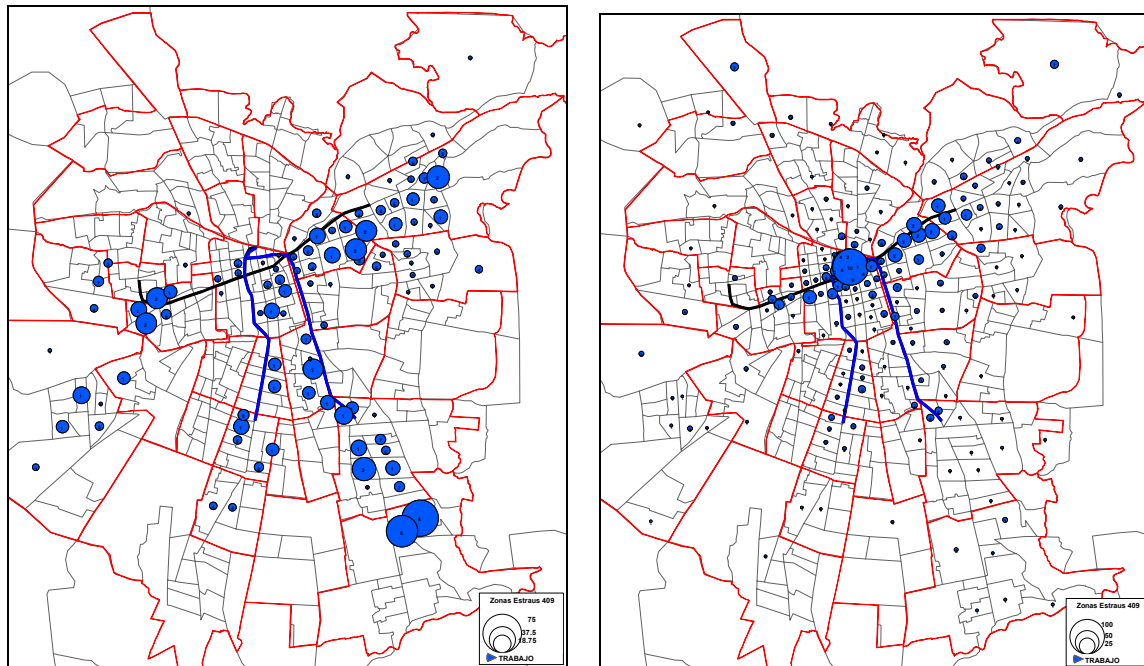


Figura 1: Generación y Atracción de Viajes con Motivo Trabajo