

ANÁLISIS DE LA DEMANDA PROBABILÍSTICA DE TRANSPORTE DE LOS ALUMNOS UNIVERSITARIOS.

González Marrero, Rosa Marina (rmglzmar@ull.es)

Alonso Henríquez, Beatriz (balonso@ull.es)

Departamento de Análisis Económico

Universidad de La Laguna

PALABRAS CLAVE: Modelos de elección discreta, preferencias reveladas, valor subjetivo del tiempo.

RESUMEN.

En este trabajo se caracteriza el comportamiento de los alumnos de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad de La Laguna, en la isla de Tenerife, cuando deciden en qué modo de transporte acceden a la Facultad y regresan a sus hogares. Para ello se aplican dos métodos de estudio diferentes. En primer lugar, se lleva a cabo un análisis descriptivo basado en los resultados de una encuesta realizada a los estudiantes que permite conocer las características de los viajes, así como algunas de las características socioeconómicas de los encuestados. En segundo lugar, se estima la demanda probabilística de transporte con preferencias reveladas basándonos en el modelo de la utilidad aleatoria, según el cual el agente decisor se comporta de forma racional intentando maximizar una función de utilidad de tipo estocástico. Los resultados que se obtienen permiten conocer cuáles son los determinantes de la elección del modo de viaje y calcular el valor subjetivo del tiempo. Asimismo, es posible estudiar distintos marcos predictivos que permitan evaluar la importancia de los efectos de diferentes medidas de política que ayuden a mitigar los problemas de congestión que existen actualmente en el campus, así como estimar la sensibilidad de la demanda a través de la obtención de las elasticidades precio y tiempo para cada uno de los modos de transporte.

1. INTRODUCCIÓN.

En Canarias los medios de transporte han experimentado crecimientos significativos a lo largo de las últimas décadas, en particular, los modos terrestres (vehículo propio, autobús, taxi), que permiten los desplazamientos de personas dentro de la isla y que dan lugar a la denominada movilidad insular. Este tipo de movilidad representa prácticamente el 84% de la movilidad total en términos de viajeros por kilómetro, y en ella se incluyen los desplazamientos obligatorios por motivos de trabajo o estudio (casi un 50% del total) y, con importancia creciente, los que se realizan por motivos de ocio¹. La ausencia de alternativas modales terrestres de tipo ferroviario o por cable, canaliza toda esta movilidad insular a través de la red de carreteras, convirtiéndose en el único medio de comunicación interior. Además, estos desplazamientos por carretera se realizan, prácticamente en su totalidad, en vehículo privado.

Este comportamiento provoca un elevado crecimiento del número de automóviles, ocasionando, en forma de externalidades, importantes efectos no deseables, tales como un gran número de accidentes, congestión en la circulación, contaminación medioambiental y una desproporcionada utilización del espacio dedicado a carreteras.

El análisis de las tendencias indica, además, que las tasas de movilidad aumentarán aún más en Canarias. Ello afectará fundamentalmente a la movilidad insular y, de no producirse un cambio respecto a lo que ha venido sucediendo, se traducirá, fundamentalmente, en un mayor uso del vehículo privado. Para frenar este proceso es necesario ofrecer transporte público de calidad, así como una alternativa a los medios actuales de transporte, de tal forma que se logre una optimización de la infraestructura existente, mejorando el funcionamiento de todos los medios de transporte y, evitando, en lo posible, las interferencias entre ellos.

Esta situación general del tráfico en la isla de Tenerife se reproduce, en particular, en el entorno del Campus Universitario de Guajara. Durante los últimos años,

¹ Esta cifra procede del Libro Blanco de los Transportes en Canarias. Dirección General de Transportes. Consejería de Turismo y Transportes del Gobierno de Canarias, 1998.

se ha observado que cada vez es más difícil llegar puntualmente a las facultades situadas en dicho campus y, mucho más aún, conseguir un aparcamiento. A medida que crecían los aularios se multiplicaban las zonas dedicadas a estacionamiento, las cuales actualmente se encuentran abarrotadas de coches.

Todo ello hace que sea de gran importancia abordar estudios que intenten profundizar en los patrones de movilidad de los viajeros. Así, el objetivo de este trabajo es profundizar en el conocimiento del comportamiento de los viajeros universitarios, en particular, cuando deciden en qué medio de transporte acceden a la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad de La Laguna.

Para la consecución de este objetivo se ha seguido una metodología de trabajo que se estructura en dos fases. La primera de ellas consistió en la recogida y tratamiento de la información: formación de grupos focales, elaboración del cuestionario y encuesta a los alumnos. Esta fase del estudio arrojó unos primeros resultados sobre las características de la movilidad de los alumnos y permitió caracterizar el perfil del viajero. La segunda fase, consistió en la modelización de la demanda de transporte a través de la estimación de modelos de elección discreta (un modelo logit simple y un modelo logit jerárquico). Esto permitió evaluar cómo ponderan los estudiantes los distintos atributos de los medios de transporte (tiempo, coste y frecuencia), así como obtener el valor del tiempo.

El análisis del valor del tiempo de viaje, que constituye un tema de considerable relevancia en el área de transporte, ha generado un gran debate. Ello se debe a que, a pesar de que los ahorros de tiempo representan la parte más importante de los beneficios totales que suponen los proyectos de mejora de los sistemas de transporte, no ha sido posible llegar a un acuerdo sobre el tamaño y la naturaleza de los valores del tiempo que deben ser utilizados en las evaluaciones de proyectos. De ahí la importancia de derivar estos valores para el contexto donde se realiza el proyecto de inversión y abandonar la tendencia de tomar valores del tiempo calculados para contextos o lugares distintos.

Por otro lado, se obtuvieron predicciones de demanda derivadas de la aplicación de distintos escenarios de política que modificaban el precio y el tiempo de viaje en los

diferentes medios de transporte, así como las elasticidades precio y tiempo de las distintas alternativas.

El trabajo se organiza de la siguiente forma: La sección 2 analiza los fundamentos teóricos en los que se basan los modelos de elección discreta que se aplican para estimar la demanda de transporte. La sección 3 centra la atención en el análisis de los datos; inicialmente, se muestran algunas consideraciones en relación al proceso de elaboración del cuestionario y, a continuación, se presenta el análisis descriptivo de los datos obtenidos a partir de la encuesta. En la sección 4 se encuentran las estimaciones de los modelos logit simple y logit jerárquico, así como el valor subjetivo del tiempo, las predicciones de demanda y las elasticidades precio y tiempo obtenidas. Por último, en el apartado 5, se presentan las conclusiones generales que se extraen de este trabajo.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LOS MODELOS DE ELECCIÓN DISCRETA.

En esta sección del trabajo se presentan las bases teóricas sobre las que se asientan los **modelos de elección discreta**, que nos permiten abordar la estimación de la demanda de transporte en la que la variable dependiente, de naturaleza discontinua, recoge la decisión tomada por un individuo cuando se enfrenta a un conjunto finito y discreto de alternativas, en este caso los distintos medios de transporte.

La mayoría de los modelos de elección discreta parten de **la Teoría de la Utilidad Aleatoria** (Domencich y McFadden, 1975; y más recientemente Ben Akiva y Lerman, 1985) donde se postula que cada alternativa i tiene asociada una utilidad de tipo estocástico (U_{iq}) para el individuo q . Dada la imposibilidad de apreciar, por parte del analista, todos los atributos y variaciones en los gustos que rigen el comportamiento de los individuos, se considera que esta utilidad es la suma de dos componentes diferenciados:

$$U_{iq} = V_{iq} + \varepsilon_{iq} \quad (1)$$

donde V_{iq} es un componente determinístico que es función de los atributos medibles², y ε_{iq} es un componente aleatorio o estocástico, que recoge todo lo que el analista es incapaz de medir cuando observa la elección hecha por el individuo y que permite explicar aparentes irracionalidades.

Frecuentemente, la expresión que se adopta para el componente determinístico es una función lineal en los atributos y en los parámetros, es decir,

$$V_{iq} = \sum_{k=1}^K \theta_{ik} x_{ikq} \quad (2)$$

siendo x_{ikq} el valor que toma el atributo k para el individuo q y θ_{ik} el parámetro ligado a dicho atributo (que es constante para todos los individuos, pero puede variar de alternativa en alternativa), correspondientes ambos a la alternativa i .

Para cada alternativa i existe un atributo x que toma el valor 1 para todas las observaciones, en cuyo caso el coeficiente θ asociado se interpreta como una constante específica a la mencionada alternativa. El resto de variables explicativas x pueden ser genéricas, si aparecen en la función de utilidad de todas las alternativas con un único parámetro, o específicas, cuando el parámetro asociado a dicha variable cambia entre las alternativas³.

De acuerdo con la teoría de la maximización de la utilidad, el individuo q elige la alternativa i siempre y cuando la utilidad de esta alternativa sea mayor que la asociada a cualquiera de las restantes j , ambas pertenecientes al conjunto de alternativas disponibles para el individuo q ($A(q)$):

$$U_{iq} \geq U_{jq}, \forall j \in A(q), i \neq j \quad (3)$$

es decir,

$$V_{iq} + \varepsilon_{iq} \geq V_{jq} + \varepsilon_{jq} \Rightarrow V_{iq} - V_{jq} \geq \varepsilon_{jq} - \varepsilon_{iq} \quad (4)$$

² La función de utilidad utilizada en los modelos de demanda de transporte ha incluido tradicionalmente como variables explicativas la renta del individuo, el tiempo del viaje y el coste del mismo. Las consideraciones acerca de las variables relevantes se basan en el trabajo de Train y McFadden (1978).

³ Para un ejemplo empírico véase González Marrero, 1995.

Dado que el analista no conoce $(\varepsilon_{jq} - \varepsilon_{iq})$, no puede asegurar si la expresión (4) se cumple o no y, por lo tanto, sólo puede plantear la probabilidad de que ocurra. De este modo, la probabilidad de escoger la alternativa i viene dada por:

$$P_{iq} = \text{Prob} \left\{ \varepsilon_{jq} \leq \varepsilon_{iq} + (V_{iq} - V_{jq}), \forall j \in A(q) \right\} \quad (5)$$

Los residuos, ε , son variables aleatorias con media cero, que darán lugar a distintos modelos probabilísticos dependiendo de la distribución estadística que se considere. En este trabajo se utilizan las especificaciones de los modelos logit simple y logit jerárquico.

El modelo logit simple considera que los residuos de las funciones de utilidad de las distintas alternativas se distribuyen independiente e idénticamente Gumbel. En este caso, la probabilidad de que el individuo q elija la alternativa i tiene la siguiente expresión analítica (McFadden, 1974):

$$P_{iq} = \frac{e^{V_{iq}}}{\sum_{A_j \in A(q)} e^{V_{jq}}} \quad (6)$$

donde la utilidad determinista V_{iq} adopta, por lo general, la forma lineal propuesta en la expresión (2).

La estimación de los parámetros θ que aparecen en la función de utilidad V_{iq} se suele llevar a cabo a través del método de máxima verosimilitud, que permite obtener el conjunto de parámetros que, con mayor probabilidad, generan la muestra observada.

La expresión que adopta la P_{iq} en el modelo logit simple tiene los inconvenientes que se derivan de la propiedad de la "independencia de alternativas irrelevantes", que ha sido criticada por muchos autores, tales como Domencich y McFadden (1975) y Williams y Ortúzar (1982)⁴.

⁴ Gran parte de estas críticas se hicieron explícitas con paradojas tan ilustrativas como la del "autobús azul-autobús rojo" (Mayberry, 1973).

Por su parte, el modelo logit jerárquico permite superar estos problemas planteando la existencia de correlación entre algunas de las opciones de las cuales resultará la elección del individuo que, por tener características similares, son agrupadas en jerarquías o nidos (véase Williams, 1977 y Daly y Zachary, 1978).

El logit jerárquico simula un proceso de elección en el que, en primer lugar, el individuo debe elegir una de las opciones presentes en la jerarquía superior N^S y, en segundo lugar, si la alternativa ya elegida es una "alternativa compuesta" o nido, se debe elegir en la jerarquía inferior una de las n opciones que el nido N^I contiene. Ambas elecciones pueden representarse gráficamente a través de un árbol de decisiones como el presentado en la figura 1.

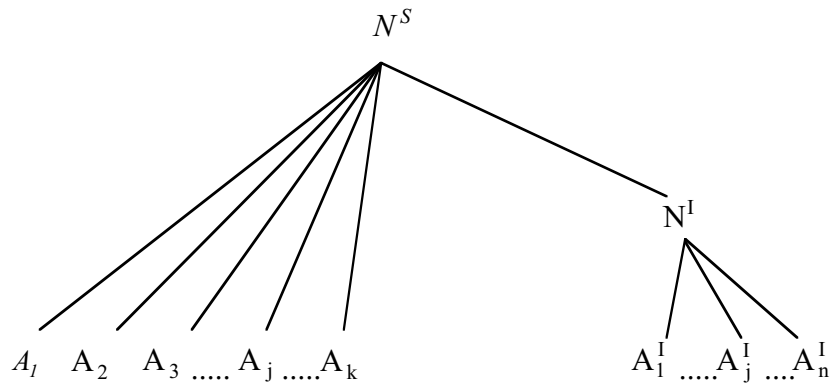


Figura 1. Estructura jerárquica.

La estimación de este modelo se puede abordar de forma secuencial. Para ello, se estima primero un logit simple para las alternativas del nido N^I sin incluir todas aquellas variables W que adopten el mismo valor para estas opciones, que serán introducidas posteriormente en la jerarquía superior, dado que afectan a la elección entre la alternativa compuesta y el resto de alternativas entre las cuales se plantea la elección.

Para introducir luego la alternativa compuesta en la jerarquía superior se asocia a dicha alternativa una utilidad representativa de todo el nido con la siguiente expresión:

$$U_i = \phi.EMU + \alpha.W \quad (7)$$

donde ϕ y α son parámetros a estimar, W es el vector de los atributos comunes a todas las alternativas que forman el nido, y EMU es el valor esperado de la utilidad máxima entre las alternativas del nido que viene dado por

$$EMU = \ln \sum_{A_j^I \in N^I} e^{V_j^I} \quad (8)$$

siendo V_j^I la utilidad de la opción A_j^I del nido, de la cual se han excluido aquellas variables que toman el mismo valor para todas las alternativas pertenecientes al nido.

Una vez que se han realizado las estimaciones anteriores, en el nivel jerárquico superior se debe estimar otro logit simple que incluya la alternativa compuesta y el resto de alternativas no pertenecientes a la jerarquía inferior.

Por último, la probabilidad de que un individuo q escoja la opción $A_j^I \in A^I(q)$ vendrá dada por el producto de la probabilidad marginal de que éste escoja la opción compuesta en la jerarquía superior y la probabilidad condicional de que elija A_j^I en la jerarquía inferior, dado que escogió la opción compuesta. Y la consistencia estadística del modelo logit jerárquico exige que $0 < \phi \leq 1$ ⁵.

Esta forma secuencial de estimar el modelo presenta problemas potenciales fuertes, especialmente si no se dispone de datos suficientes para estimar los modelos de los nidos inferiores, ya que se cometerían errores debidos a la falta de información que se transmitirían a los niveles superiores de la estructura jerárquica (Ortúzar et al., 1987). Sin embargo, estos problemas no existen actualmente dado que se cuenta con paquetes informáticos que, con la misma filosofía que el detallado procedimiento secuencial, permiten la estimación del modelo de forma simultánea (Daly, 1987).

En la estimación de los modelos se utiliza la versión 3.2 del paquete estadístico “ALOGIT” (Daly, 1992).

⁵ La demostración que da lugar a esta condición puede encontrarse en Williams, 1977.

3. LOS DATOS.

La información utilizada en este trabajo se obtuvo a partir de una encuesta realizada a los alumnos de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales durante la semana del 22 al 26 de mayo de 2000, que permite conocer cuál es el medio de transporte elegido para realizar los desplazamientos a la facultad y bajo qué circunstancias se realiza esta elección. Se trata, por tanto, de observaciones sobre "preferencias reveladas"⁶.

En este apartado se comenta el proceso de elaboración del cuestionario utilizado y se estudian las características que definen la movilidad de los alumnos.

El diseño del cuestionario inicial se evaluó con la realización de reuniones del tipo grupo focal que permitieron tener un primer acercamiento con algunos alumnos seleccionados al azar y que, posteriormente, iban a formar parte de la población encuestada. Con ello se pudieron detectar posibles ambigüedades y asegurar, en la medida de lo posible, que las preguntas serían entendidas por los potenciales encuestados⁷.

A partir de la información obtenida de la encuesta, se analiza una muestra de 470 alumnos, estudiantes de las Licenciaturas de Economía y Administración y Dirección de Empresas, de los cuales 192 son varones y 278 mujeres.

Las respuestas dadas por los alumnos ponen de manifiesto que casi la mitad de ellos acceden a la Facultad conduciendo un vehículo privado (45%), mientras que el 22% lo hace en autobús, un 16% viaja como acompañante en un coche privado, un 11% se desplaza a pie y sólo un 5% lo hace en el servicio del Circuito Universitario. El resto de medios de transporte presenta un porcentaje de elección despreciable o nulo y sólo está disponible para un 5% de los estudiantes, por lo que el análisis se centrará

⁶ Un tipo de experimentos distinto es el de "preferencias declaradas", que consisten en la obtención de respuestas de los individuos en relación a cómo actuarían en determinadas situaciones de elección hipotéticas que se definen en base a distintos niveles en los valores de los atributos. Estos experimentos permiten, a diferencia de los de "preferencias reveladas", plantear al individuo alternativas que no están disponibles en el momento en que se realiza el estudio.

exclusivamente en los 5 medios de transporte mayoritariamente elegidos, los cuales forman parte de la elección del 99% de los individuos encuestados.

Los porcentajes de usuarios del coche, como chofer y como acompañante, permiten concluir que la mayoría de los viajeros del coche se desplazan solos.

En lo que respecta a los distintos medios de transporte disponibles, el autobús de línea regular es el medio de transporte al alcance de un mayor número de encuestados (76%), seguido del coche propio (50%), del medio acompañante-coche (37%) y de la posibilidad de ir andando (27%).

Los datos de elección y disponibilidad muestran que, aún cuando el medio de transporte más disponible es el autobús, es el coche propio el más utilizado. De hecho, se observa que casi la totalidad de los individuos que tuvieron disponible un coche lo utilizaron, evitando cualquier transporte alternativo. En este sentido, cabe destacar también que son muy pocos los individuos que, utilizando como transporte un medio alternativo al coche propio, tienen éste disponible, de lo que se desprende no sólo que el coche propio es el medio de transporte preferido, sino que cuando no se elige es porque no se tuvo esa posibilidad.

Cuando se estudia la disposición a cambiar de modo, se observa que los alumnos que eligen el coche propio son los que menos dispuestos están a cambiarse a otro medio de viaje (tan sólo el 24%), lo cual ratifica las conclusiones relativas a la fidelidad que los usuarios del coche tienen al mismo. Por el contrario, la mayoría de los alumnos que se desplazan en autobús (un 83%) desearían cambiar a otro medio de transporte, lo que pone de manifiesto que el transporte público resulta poco atractivo para los encuestados.

En relación al motivo principal de elección, se observa que el motivo por el que se eligió el autobús fue, para un 47% de los individuos, el hecho de ser el único medio de transporte disponible, lo cual muestra un cierto grado de “cautividad” de los usuarios del

⁷ El cuestionario definitivo se encuentra en el anexo 1.

transporte público. Sin embargo, en lo que respecta a los individuos que eligieron el coche propio, un 41% justifica su elección por la flexibilidad de horario que permite, y un 34% por la rapidez del medio.

También es interesante observar cómo los datos relativos a los medios autobús de línea regular y Circuito Universitario reflejan que, los individuos que eligen el autobús no tienen, en su mayor parte, disponible el Circuito Universitario, y que a la inversa ocurre lo contrario. Si tenemos en cuenta que ambas opciones de transporte son idénticas, salvo en lo que al coste se refiere (el Circuito Universitario es considerablemente más barato que el autobús de línea regular), la elección de estos individuos es absolutamente racional y responde a un claro análisis de minimización de los costes de transporte.

El estudio del medio de transporte elegido para cada nivel de ingreso familiar muestra que el coche propio es el medio principal para todos los niveles de ingreso. Por su parte, el transporte público (autobús o Circuito Universitario) es elegido por un porcentaje de individuos similar en los distintos estratos (entre el 21% y el 26%), salvo en el caso del ingreso familiar entre 250.000 y 400.000 ptas./mes, donde dicho porcentaje es mucho mayor (34%). Estos resultados llaman la atención y pueden deberse a que los niveles de renta declarados por los individuos no son los verdaderos, dado que este tipo de pregunta siempre presenta problemas en los cuestionarios.

4. ESTIMACIONES DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE Y APLICACIONES.

En esta sección del trabajo, se estima la demanda probabilística de transporte, con preferencias reveladas, para los alumnos de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad de La Laguna, en la isla de Tenerife.

Las alternativas consideradas son los distintos medios de transporte que permiten realizar los desplazamientos en un contexto insular. Las variables que se tienen en cuenta en la estimación, como explicativas del nivel de utilidad, son el coste del viaje,

el tiempo de duración del mismo y, en su caso, la frecuencia diaria con la que el medio está disponible.

Con el conjunto de información relativa a las características cuantificables de las alternativas y a la elección que hacen los individuos, se estima un modelo logit simple y un modelo logit jerárquico. El modelo logit simple plantea la elección entre los medios alternativos coche-chofer, acompañante-coche, autobús, circuito universitario, moto y andando. Teniendo en cuenta estas mismas opciones, el modelo logit jerárquico plantea la existencia de correlación entre las dos alternativas que permiten realizar el viaje en coche y, también, entre las dos alternativas de transporte público, proponiendo la estructura jerárquica que se ilustra en la figura 2.

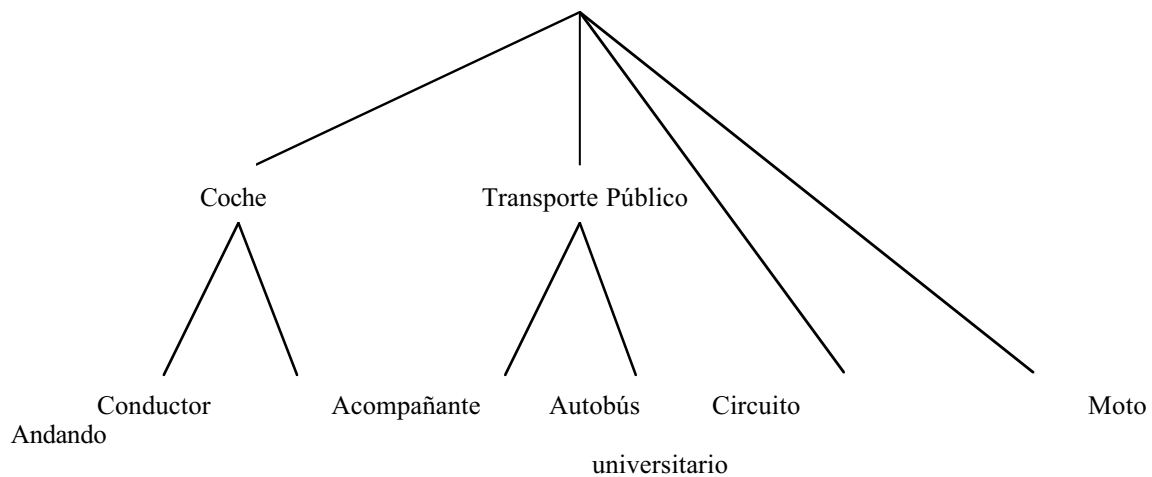


Figura 2. Estructura jerárquica para los medios de transporte.

Los resultados de las estimaciones para los dos modelos, el logit simple y el logit jerárquico, con coeficientes genéricos, se presentan en la tabla 1.

TABLA 1. MODELO LOGIT SIMPLE Y LOGIT JERÁRQUICO.

Variables	Logit Simple	Logit Jerárquico
Tiempo	-0,05838 (-3,8)	-0,07655 (-3,1)
Coste	-0,003920 (-2,0)	-0,005241 (-1,8)
Frecuencia	-0,001768 (-0,2)	-0,004282 (-0,3)
EMU	----	0,6515 (3,3)
Cte. Acompañante-Coche	-2,950 (-5,7)	-3,965 (-3,5)
Cte. Autobús	-2,680 (-4,8)	-3,842 (-2,9)
Cte. Circuito Universitario	-2,565 (-4,2)	-3,836 (-2,7)
Cte. Moto	-2,675 (-2,2)	-3,791 (-1,9)
Cte. Andando	-2,790 (-4,6)	-4,177 (-2,7)
LogL(C)	-108,6948	-105,4729
LogL(θ)	-97,5057	-96,4567
LR(C)	22,3782	18,0324
χ^2 (3, 95%)	7,81	9,49
$\rho^2(0)$	0,557	0,561
$\rho^2(C)$	0,103	0,085
Nº Observaciones	270	270
Valor Subjetivo del Tiempo (Ptas./hora)	893,57 (1,82) ⁸	876,35 (1,75)

Nota: Los valores que aparecen entre paréntesis son los estadísticos t.

⁸ El estadístico t para el Valor Subjetivo del Tiempo se calculó según indica Jara-Díaz et al (1988).

Se puede apreciar en el cuadro que los parámetros genéricos estimados para las variables tiempo y coste presentan el signo correcto y, además resultan ser significativos. En el caso del coeficiente asociado a la variable frecuencia, su signo también es el adecuado, aunque no resulta ser estadísticamente significativo, quizás debido a la forma en que se mide esta variable.

Además, el coeficiente EMU, que aparece en las alternativas compuestas que recoge el logit jerárquico, verifica la condición necesaria sobre su valor para garantizar la consistencia estadística del modelo (entre 0 y 1) y es significativo. De esto se deduce que la estructura que recoge este modelo es la adecuada. Es decir, ciertamente los individuos están percibiendo las alternativas viajar en coche como chofer y viajar como acompañante como opciones similares, dado que ambas comparten algunas características, al igual que sucede con las dos opciones de transporte público.

Asimismo, se observa que los modelos poseen variables independientes que aportan explicación significativa con respecto a las constantes modales específicas; es decir, se verifica que la razón de verosimilitud con respecto al modelo de sólo constantes es mayor que el valor de la distribución χ^2 al 95% de confianza.

A partir de las estimaciones de los modelos se calcula el valor subjetivo del tiempo para los alumnos que componen la muestra utilizada, que se incluye también en la tabla 1. Este valor mide la disposición a pagar de los individuos por los ahorros de tiempo, y se obtiene como la Relación Marginal de Sustitución entre el tiempo y el coste en la función indirecta de utilidad modal.

La estimación del valor del tiempo de viaje, que puede obtenerse como el cociente entre los parámetros del tiempo y del coste si la función de utilidad es lineal, indica que los alumnos estarían dispuestos a pagar 876,35 pesetas por reducir la duración de su viaje en una hora.

Un planteamiento interesante es obtener este valor para cada uno de los distintos segmentos en que se puede dividir la muestra de acuerdo a los diferentes niveles de renta. A partir de las segmentaciones que se realizaron en función del nivel de renta familiar no

se pudieron observar las diferencias que podrían esperarse a priori entre las valoraciones del tiempo de viaje de los distintos segmentos. Este resultado es lógico dado que la muestra responde a una única motivación, estudios, y, por ello, tiene un comportamiento similar en cuanto a los usos alternativos de los ahorros de tiempo. Se trata de una muestra bastante homogénea en lo referente a su nivel de renta, la gran mayoría no trabaja, y por tanto parece razonable que no se den diferencias significativas.

A continuación se obtienen las predicciones de demanda a nivel agregado, siguiendo el método de enumeración muestral, tal y como se hace en Ortúzar (1983). Con ello se persigue evaluar los efectos sobre las cuotas de mercado de cada uno de los medios disponibles, derivados de la aplicación de distintas medidas de política.

Con el objeto de realizar comparaciones entre las predicciones obtenidas, la respuesta a cambios en alguna variable se expresa como un cambio porcentual sobre la predicción obtenida en la situación inicial ("Do-Nothing predictions") tal y como sigue (véase Ortúzar, 1983):

$$\Delta P_j(\%) = \frac{P_j - P_j^0}{P_j^0} * 100 \quad j=1, \dots, 6 \quad (9)$$

donde $\Delta P_j(\%)$ es el porcentaje de cambio en la cuota agregada del modo j , sobre la situación inicial, debido a la introducción de la política, P_j es la cuota agregada del modo j después de la introducción de la política y P_j^0 es la cuota agregada del modo j para la situación inicial.

En la tabla 2 se muestran las predicciones para la especificación del logit jerárquico derivadas de la aplicación de una variación del 10% en el precio de algunas alternativas. El primer escenario que se estudia supone un incremento en el precio para los viajeros en coche (ya sea como conductor o como acompañante), el segundo considera una reducción en el precio del autobús, en el tercero se reduce la tarifa del circuito universitario y en el cuarto aumenta el coste del viaje para los usuarios del coche que viajan solos.

Las predicciones se obtienen a partir de especificaciones que corrigen las constantes modales con el fin de reproducir las proporciones de mercado existentes, este tratamiento se basa en la metodología expuesta en Ortuzar y Willumsen (1994).

TABLA 2. UNA MODIFICACIÓN DEL 10% EN EL PRECIO.
(Porcentaje de cambio predicho sobre la situación inicial después de haber aplicado la política)

Modos	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
Conductor	-0.2	-0.1	0	-0.2
Acompañante	0	-0.4	0	0.3
Autobús	0.3	0.7	0	0.1
Circuito Universitario	0.1	-0.3	0.2	0.1
Moto	0.7	-0.1	0	0.7
Andando	0.1	-0.2	0	0.1

Se observa que las modificaciones en las cuotas de mercado de todos los modos, en cualquiera de los escenarios, son muy bajas. En el caso de un incremento del 10% en el precio del viaje en coche (escenario 1), la participación de la moto es la que más se modifica, seguida de la del autobús, no produciéndose apenas cambio para el resto (incluidos los usuarios del coche).

Cuando se reduce el precio del autobús en un 10% (escenario 2), las cuotas de mercado del resto de modos desciende, siendo la caída más fuerte la que experimenta la alternativa de viajar como acompañante. El autobús aumenta su participación en un 0.7%. Dadas las características específicas del circuito universitario, modificaciones en la tarifa de este modo (escenario 3) no producen alteraciones en el resto de alternativas.

Cuando se penaliza que los viajeros se desplacen solos en su vehículo privado (escenario 4) se observa que las cuotas de mercado permanecen prácticamente inalteradas, destacando el aumento en la utilización de la moto, aunque se trata únicamente de un 0.7%.

A continuación, en la tabla 3, se presentan los resultados de las predicciones que se obtienen cuando se modifica el tiempo de duración del viaje en algunas de las alternativas. En el escenario 1 se considera un incremento del 10% en la duración del traslado en coche, en el escenario 2 se reduce el tiempo en el autobús (por ejemplo, debido a la introducción de carriles BUS-VAO), el escenario 3 considera un descenso en la duración del viaje en el circuito universitario y, finalmente, el escenario 4 introduce un incremento en el tiempo del viaje en coche sin acompañantes.

TABLA 3. UNA MODIFICACIÓN DEL 10% EN EL TIEMPO DE VIAJE.
(Porcentaje de cambio predicho sobre la situación inicial después de haber aplicado la política)

Modos	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
Conductor	-0.3	-0.4	-0.1	-0.6
Acompañante	0.2	-3	-0.1	0.8
Autobús	2	4.9	-0.4	0.4
Circuito Universitario	0.3	-1.6	2.7	0.2
Moto	3.2	-0.8	0	0.6
Andando	0.4	-1.7	-0.6	0.2

Destaca el hecho de que las modificaciones en las cuotas de mercado son, aunque pequeñas, mayores que las que se producen cuando se modifica el precio de los viajes. Las mayores variaciones se producen en las cuotas de mercado del autobús (4.9%) y del circuito universitario (2.7%) cuando se reducen sus tiempos en un 10%. De nuevo, cuando se modifican las condiciones del viaje en coche (escenario 1), la cuota de la alternativa moto es la que mayor variación experimenta.

A partir de estas predicciones se calculan las elasticidades precio y tiempo de los medios de transporte relevantes, cuyos resultados se presentan en la tabla 4.

TABLA 4. ELASTICIDADES.

Modos	Precio	Tiempo
Coche	-0.05	-0.08
Autobús	-1.24	-2.28
Circuito Universitario	-0.08	-0.76
Conductor	-0.08	-0.03

Los resultados ponen de manifiesto que la demanda de transporte en los medios analizados es, en general, más sensible al tiempo que al precio, destacando la demanda de transporte en autobús como la más sensible. También cabe señalar que los usuarios del coche son prácticamente insensibles a las variaciones en las características del viaje en este medio, lo que permite reforzar la conclusión acerca de la fidelidad que muestran estos viajeros al modo que utilizan.

En el caso del circuito universitario, se trata de un medio con pocos sustitutivos y al que no pueden acceder sino determinados alumnos dado el recorrido que realiza este servicio, de ahí que las elasticidades sean tan bajas.

5. CONCLUSIONES.

El análisis de los datos permite definir el perfil de los alumnos en su comportamiento como viajeros. Se trata de un alumno que se desplaza a la facultad conduciendo su vehículo propio y sin acompañantes. Además, muestra un alto grado de "fidelidad" al modo elegido en la medida en que difícilmente cambiaría de alternativa, y su elección constituye el modo preferido (pudo acceder a otras alternativas de viaje y no las eligió). Los motivos principales por los que elige esta manera de desplazarse son la mayor flexibilidad y rapidez que le ofrece el coche, características que operan en contra del atractivo del autobús como alternativa de transporte.

Por otro lado, los alumnos que viajan habitualmente en autobús representan un bajo porcentaje y, además, mayoritariamente, lo hacen porque no tienen disponible otra

alternativa, lo cual permite deducir que son pasajeros cautivos de este medio. Asimismo, una parte considerable de estos estudiantes revela que cambiaría de medio de transporte si pudiera hacerlo. Esto, por otro lado, permite concluir que el transporte público regular no resulta ser una alternativa atractiva para los alumnos cuando deciden el modo de viaje en el que se desplazan hasta la Facultad, a la vez que pone de manifiesto la dificultad que entraña la solución de los problemas de congestión característicos del Campus a través de medidas que mejoren el transporte público.

Los resultados de las estimaciones de la demanda de transporte indican que existe una estructura de correlación significativa entre determinadas alternativas, y de ahí que la especificación que se debe considerar como adecuada es la del logit jerárquico. Son las alternativas de viajar como chofer o como acompañante en un vehículo privado las que los alumnos consideran más similares entre sí, comportamiento que se repite para los medios de transporte público (autobús y circuito universitario).

El modelo jerárquico estimado permite derivar el valor subjetivo del tiempo, obteniéndose una disposición a pagar de los alumnos de 876 pesetas por la reducción del tiempo de viaje en una hora.

Las predicciones de demanda obtenidas indican que el reparto modal presente difícilmente se modifica con variaciones en el precio o en el tiempo de viaje de los medios, aunque se dan variaciones un poco mayores cuando se modifica este último atributo.

La demanda de transporte de los modos es más sensible al tiempo que al precio, siendo la demanda del autobús la más elástica. Por su parte, los usuarios del vehículo privado son prácticamente insensibles a modificaciones en las condiciones de sus viajes y los valores de las elasticidades confirman que estos viajeros no consideran interesantes el resto de los medios de viaje, como sustitutivos adecuados del coche.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

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

DALY, A. (1987): "Estimating "tree" logit models". Transportation Research, Vol.21B, Nº 4, págs. 251-267.

DALY, A. (1992): ALOGIT 3.2 User's Guide. Hague Consulting Group, La Haya.

DALY, A. y ZACHARY (1978): "Improved Multiple Choice Models". D.A. Hensher y M.Q. Dalvi (eds). Determinants of Travel Choice, Saxon House, Westmead.

DOMENCICH, T. y MCFADDEN, D. (1975): Urban Travel Demand: A Behavioural Analysis. North-Holland, Amsterdam.

GONZÁLEZ MARRERO, R. (1995): "La Demanda de Transporte de Pasajeros en el Trayecto Gran Canaria-Tenerife. Una aplicación de los Modelos de Elección Discreta". Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de La Laguna.

JARA-DÍAZ, S., ORTÚZAR, J. y PARRA, R. (1988): "Valor Subjetivo del Tiempo considerando Efecto Ingreso en la Partición Modal". V Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito y Transporte. Universidad de Puerto Rico. Mayagüez, 18-21 de julio.

LIBRO BLANCO DE LOS TRANSPORTES EN CANARIAS. Dirección General de Transportes. Consejería de Turismo y Transportes del Gobierno de Canarias, 1998.

MAYBERRY, J. (1973): "Structural Requirements for Abstract-Mode Models of Passenger Transportation". Ed. R.E. Quandt, The Demand for Travel. Theory and Measurement. D.C. Heath and Co., Lexington, Mass.

MCFADDEN, D. (1974): "The Measurement of Urban Travel Demand". Journal Public Economics, Vol. 3, págs. 303-328.

ORTÚZAR, J. (1983): "Nested Logit Models for Mixed Mode Travel in Urban Corridors". Transportation Research. Vol. 17A, N° 4, págs. 283-299.

ORTÚZAR, J. (1994): "Modelos de Demanda de Transporte". Facultad de Ingeniería. Ed. Universidad Católica de Chile.

ORTÚZAR, J. (2000): "Modelos Econométricos de Elección Discreta". Ed. Universidad Católica de Chile.

ORTÚZAR, J. y WILLUMSEN, L.G. (1994): "Modelling Transport". Segunda Edición, John Wiley and Sons, Chichester.

ORTÚZAR, J., ACHONDO, F. y IVELIC, A. (1987): "Sequential an Full Information Estimation of Hierarchical Logit Models: Some New Evidence". 11th Triennial Conference on Operations Research. Buenos Aires, Argentina, Agosto.

TRAIN, K. y MCFADDEN, D. (1978): "The Goods/Leisure Trade-Off and Disaggregate Work Trip Mode Choice Models". Transportation Research, Vol. 12, págs. 349-353.

WILLIAMS, H. (1977): "On the Formation of Travel Demand Models and Economic Evaluation Measures of User Benefit". Enviroment and Planning, Vol. 9A, N° 3, págs. 285-344.

WILLIAMS, H. y ORTÚZAR, J. (1982): "Behavioural Theories of Dispersion and the Mis-specification of Travel Demand Models". Transportation Research, Vol. 16B, N° 3, págs. 167-219.

EDAD	
------	--

GRUPO:

MOTIVO PRINCIPAL POR EL QUE ELIGIÓ EL MODO DE TRANSPORTE HABITUAL	10	¿CAMBIARÍA USTED DE MODO DE TRANSPORTE?	11	¿CON QUE MODO CREE USTED QUE ES MÁS IMPROBABLE LLEGAR CON PUNTUALIDAD LA FACULTAD?
	(1) SI	(2) NO (Pasar a la pregunta 11)	<hr/>	
	En caso de que su respuesta sea SÍ : - ¿A qué modo cambiaría?: ----- - ¿Bajo qué circunstancias?: (1) si fuera más frecuente (2) si fuera más puntual (3) si fuera más rápido (4) si fuera más barato (5) si no existiera la posibilidad de que te dejara en la parada cuando va llena (6) si se ampliase la franja horaria en la que opera el modo (7) otra. Especifique cuál: ----- ----- -----		12	INDIQUE ALGUN COMENTARIO O SUGERENCIA ACERCA DE CÓMO MEJORA LAS CONDICIONES DEL TRANSPORTE
			<hr/>	
			<hr/>	
			<hr/>	
			<hr/>	
<hr/>				

<div>¿TRABAJA USTED?</div>	<div>14</div>	<div>INGRESO MENSUAL: - De su familia, si usted no trabaja - Suyo, si usted trabaja</div>	<div>15</div>	<div>¿CUÁNTOS MIEMBROS HAY EN SU FAMILIA (incluido usted)?</div> <div></div>
<div>(1) SI. Especifique en qué: ----- --</div>	<div>(1) Menos de 75.000 pts. (2) Entre 75.000 y 150.000 pts. (3) Entre 150.000 y 250.000 pts. (4) Entre 250.000 y 400.000 pts. (5) Más de 400.000 pts.</div>	<div>¿CUÁNTOS TIENEN CARNET DE CONDUCIR (incluido usted)?</div> <div></div>		
<div>(2) NO. ¿Dispone de alguna asignación mensual? (Si) ¿Cuánto? ----- (No)</div>		<div>¿CUÁNTOS COCHES HAY EN SU FAMILIA?</div> <div></div>		