

# «El Papel de la calidad en la demanda universitaria de transporte público»\*

El objetivo del trabajo es estimar una función de demanda de transporte público para los universitarios residentes en el entorno urbano de Bilbao, evaluando los principales determinantes de la misma. Para ello, se plantea un modelo logit multinomial con seis alternativas. La estimación del modelo propuesto nos permitirá calcular la influencia relativa de las distintas variables que consideramos de interés, principalmente de las asociadas al concepto de calidad del servicio, en la configuración de la demanda dirigida a los distintos modos de transporte público.

*Idazlanaren helburua Bilboko inguruan bizi diren unibertsitarioentzat garraio publikoko eskari funtzio bal estimatzea da eta beraren baldintzatzaile nagusiak ebaluatu. Horretarako, sei aukera dituen logit multinomial motako eredu bal planteatu da. Proposatutako ereduaren estimazioak bide emango digu interesgarriak iruditu zaizkigun aldagai bakoitzak, bereziki zerbitzuaren kalitatearen kontzeptuan lotutakoek, garraio publikoko mota bakoitzari zuzendutako eskariaren eraketan duten eragin erlatiboa kalkulatzeko.*

The objective of this paper is to evaluate the main determinants of collective transport demand function for university students. To do this we estimate a multinomial logit model with six possible alternatives. This model allowed us to calculate the elasticities of demand function. Some conclusions for transport policy are derived from this research.

---

\* La base de datos utilizada se elaboró gracias al contrato de asistencia técnica "Un análisis de la demanda de transporte universitaria en la CAPV", adjudicado por el Gobierno Vasco. Agradecemos los comentarios y sugerencias de evaluadores anónimos, y la financiación recibida a través de los proyectos PB96-1469-C05-03 y UPV-038-321-G55/98.

## ÍNDICE

1. Introducción
  2. Modelo económico y econométrico
  3. Datos y estimación del modelo
  4. Conclusiones
- Referencias bibliográficas

**Palabras clave:** Transporte público, universidades, modelo de transporte.

**Clasificación JEL:** C1, C2, D1

### 1. INTRODUCCIÓN

El objetivo básico de este trabajo es analizar los determinantes de la demanda de transporte público del colectivo de estudiantes universitarios, en un entorno urbano dotado de modos de transporte público alternativos, centrándonos en el papel que desempeña la calidad del servicio en dicha demanda. El interés específico de este estudio radica en las características que presenta el sujeto que decide la solución a sus necesidades concretas de desplazamiento: en primer lugar, carece, normalmente, de renta propia; en segundo lugar, siendo un usuario que tiende a concentrar sus desplazamientos en horas punta (primera y última hora de la mañana -sobre todo- o de la tarde, en días laborables, fuera del verano), disfruta de una mayor

flexibilidad relativa en la opción temporal, respecto a, por ejemplo, el colectivo de trabajadores; y, en tercer lugar, la disponibilidad de vehículo propio no es tan generalizada, y está muy relacionada con las circunstancias socioeconómicas de los sujetos (renta, sexo o edad). Estas tres características nos inducen a pensar que, en este caso, el papel de los distintos factores determinantes de la demanda de transporte (y, en particular, los asociables al concepto de calidad) puede presentar rasgos particulares.

Con la pretensión de contrastar esta intuición, proponemos una función de demanda de tipo probabilístico, en el que los individuos se enfrentan, primero, a la elección entre vehículo privado propio y transporte público (modelo binario) para, posteriormente, y en su caso, optar entre los concretos modos de transporte

colectivo disponibles (metro, autobús, tren o combinación de más de un modo), en función de los distintos itinerarios (modelo multinomial). Los modelos probabilísticos que estimaremos se basan en la maximización de la utilidad individual que consideramos dependiente de las características tanto de los medios de transporte (calidad y precio) como de los propios individuos. Esta modelización permite cuantificar las respuestas de los individuos ante cambios en las características de las alternativas. La disponibilidad de una amplia base de datos de una notable calidad estadística posibilita la estimación del modelo y la obtención de conclusiones sobre la influencia real de las distintas variables en la configuración de la demanda de transporte. Así obtendremos, por ejemplo, una estimación de las elasticidades de la demanda respecto al precio, a la renta o a la calidad del servicio de transporte. Estas estimaciones podrían servir de referencia a la hora de definir una política de transporte público que se ajustase a las necesidades de un colectivo de usuarios potenciales (los estudiantes universitarios) que se acerca a las 50.000 personas en el entorno de Bilbao.

## 2. MODELO ECONÓMICO Y ECONOMETRICO

Los modelos de elección discreta han sido utilizados en diferentes aplicaciones económicas entre las que se encuentra la elección de medio de transporte (McFadden, 1974) y elección de residencia (McFadden, 1978). En estos modelos se supone que un conjunto de individuos ( $k=1...N$ ) se enfrenta a un conjunto de alternativas mutuamente excluyentes, es decir, deben elegir una

alternativa ( $i$ ) del conjunto de alternativas posibles ( $A$ ). (¿Qué medio de transporte voy a utilizar para desplazarme a la universidad?).

La teoría económica tradicional supone que los individuos son racionales y eligen una opción de manera determinista y coherente, aquella que maximiza su utilidad, de forma que, ante dos situaciones idénticas, la opción elegida sería siempre la misma. Parece, sin embargo, que en la práctica el comportamiento humano no es tan racional como la teoría económica tradicional supone, y por ello el proceso de elección debe ser analizado como un proceso probabilístico más que determinístico. Así, un individuo  $k$  elige una opción  $i$  de  $A$  con una probabilidad  $P_A^k(i)$ .

Para la obtención de las probabilidades se plantean distintas alternativas dependiendo de la naturaleza del mecanismo aleatorio. Nosotros utilizaremos el enfoque de McFadden (1974) que aborda el problema suponiendo que las reglas de decisión son deterministas pero que las utilidades son estocásticas. Las probabilidades de elección y las demandas se obtendrán como el resultado de la maximización de una utilidad aleatoria

$$P_A^k(i) = \Pr(\tilde{U}_{ik} = \max_{j \in A} \tilde{U}_{jk}) \quad (1)$$

donde  $U_{ik}$  es el nivel de utilidad obtenida por el individuo  $k$  cuando elige la opción  $i$ <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Obsérvese que la utilidad depende exclusivamente de la opción realizada y no del nivel de consumo realizado de otro tipo de bienes (o bien compuesto). Este supuesto simplificador se debe a que la consistencia entre los modelos de elección discreta y la maximización de la utilidad estocástica requiere que la función indirecta de utilidad sea aditiva separable en la renta (que determina la utilidad indirecta derivada del consumo del bien compuesto)

Dado que la población está compuesta por  $N$  individuos, el número esperado de individuos que demandan la opción  $i$ ,  $D_i^j$ , será igual a la suma de las probabilidades:

$$D_i = \sum_{k=1}^N P_A^k(i) \quad (2)$$

Domenich-McFadden (1975) suponen que la utilidad indirecta asociada a cada medio de transporte es una función de las características del medio ( $z$ ), de las características socio-económicas del individuo ( $w$ ) y de un término de error ( $e$ ). Suponiendo que la relación entre estas variables y la utilidad es lineal tenemos:

$$\tilde{U}_{ik} = z'_{ik} \beta + w'_k \gamma_i + e_{ik} \quad (3)$$

En este contexto, nuestro interés es doble:

- Primero, tratamos de obtener una estimación de la demanda de transporte público sobre la base de un modelo binario<sup>2</sup>, para lo cual dividimos el conjunto de alternativas en dos grandes grupos ( $j=1,2$ ), en función de su carácter público o privado.
- Segundo, pretendemos concretar la estimación diferenciando las demandas específicas de cada modo de

y en las características de la alternativa elegida, de forma que para comparar la utilidad asociada al consumo de dos alternativas diferentes es suficiente tener en cuenta este último término.

<sup>2</sup> Cuando hablamos de estimación de la demanda (y esto es común para todos los modelos de elección discreta con utilidad aleatoria, véase Greene (1999)), nos referimos a la estimación de cuántos individuos de una población dada, y con unas características determinadas y conocidas, utilizarán un determinado modo de transporte; no nos referimos, en ningún caso, a la estimación de una forma funcional para la demanda.

transporte público, con la ayuda de un modelo multinomial. Para ello, identificamos las características del medio de transporte  $i$  tal y como el individuo  $k$  las percibe ( $z_{ik}$ ), y las características socio-económicas del individuo  $k$  ( $w_k$ ).

Así, el individuo  $k$  prefiere (en términos esperados) la alternativa  $i$  a la alternativa  $l$  si y sólo si  $\sim U_{ik} > \sim U_{lk}$ , es decir, si

$$(z'_{ik} - z'_{lk}) \beta + w'_k (\gamma_i - \gamma_l) + (e_{ik} - e_{lk}) > 0 \quad (4)$$

Además las características socio-económicas serán determinantes en la elección si y sólo si  $\gamma_i - \gamma_l \neq 0$ . En este caso, individuos con diferentes características socio-económicas valorarán de forma diferente los distintos medios de transporte, sólo si  $\gamma_i - \gamma_l = 0$  las características socioeconómicas no influirán en la elección realizada por los individuos.

## 2.1 Formulación econométrica

En base a las consideraciones anteriores, y suponiendo que los consumidores son racionales, en el sentido de que toman sus decisiones maximizando su utilidad percibida sujeta a las restricciones oportunas, el modelo econométrico que proponemos para poder cuantificar la demanda de transporte universitario, necesita algunas definiciones previas. En primer lugar, sea la variable latente,  $\gamma^*_{jk}$ , con la que denotamos el nivel de utilidad indirecta asociada a la alternativa  $j$ , de forma que

$$\gamma^*_{jk} = V_{jk}(X_j) + \varepsilon_{jk} \quad (5)$$

donde  $X_j$  es el vector de características de la alternativa  $j$ , y  $\varepsilon_{jk}$  es la perturbación aleatoria que recoge variaciones inobservables en gustos, etc. En estos términos, la variable observable es,

$$y_k = \begin{cases} 1 & \text{si } y_k^* = \max(y_1^*, y_2^*, \dots, y_m^*) \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (6)$$

cuando el estudiante decide el modo de transporte para asistir a la universidad, tiene seis alternativas posibles: coche propio, viajar como acompañante en un coche ajeno, tren, autobús, metro, y un modo combinado de cualquiera de las anteriores.

Como ya hemos dicho, pretendemos estimar las probabilidades de que se elijan cada una de las alternativas posibles, y para ello postulamos un modelo logit multinomial. En los términos descritos, estimamos la probabilidad de que el individuo  $k$  elija la alternativa  $j$ ,  $Pr_{jk}$ , teniendo en cuenta (5), y si asumimos que la perturbación es independiente e idénticamente distribuida con distribución de valor extremo tipo I<sup>3</sup> tenemos que,

$$P_{jk} = Pr(y_k = j) = \frac{e^{v_j}}{\sum_{c=1}^m \sum_{n=1}^{N_m} e^{v_{cn}}} \quad (7)$$

donde,  $m$  es el número de alternativas entre las que elegir y  $N_m$  es el número de individuos que elige la alternativa  $m$ .

McFadden (1978) mostró que estos modelos pueden derivarse de la teoría de la maximización estocástica de la utilidad. El logit multinomial se deriva basándose en que los residuos  $\varepsilon$  de la

función estocástica de utilidad tiene distribución de valor extremo independiente.

También debemos tener en cuenta que en los modelos que estamos analizando las alternativas consideradas en el conjunto de elección han de ser mutuamente excluyentes, así si hay en la muestra individuos que eligen modos de transporte combinados, esta combinación la deberemos considerar de forma diferenciada al resto.

### 3. DATOS Y ESTIMACIÓN DEL MODELO

Los datos con los que se realiza la estimación se obtuvieron por el método de encuesta entre los meses de Septiembre y Octubre de 1996, mediante un cuestionario susceptible de lectura óptica, bien incorporado al sobre de matrícula (Universidad del País Vasco, UPV/EHU) o bien cumplimentado durante una clase (Universidad de Deusto). Dada la naturaleza de la decisión de los agentes, condicionada por una realidad social, económica y espacial imposible de soslayar, se hacía necesario contar con una muestra, si no censal, al menos muy significativa del colectivo a estudiar. En el caso de la UPV/EHU, el trámite de matriculación que deben cumplimentar necesariamente todos los estudiantes universitarios ponía a nuestro alcance la posibilidad de acceder a la totalidad del colectivo que se disponía a iniciar el curso académico 1996-1997, para proponerles la encuesta. Se excluyó, no obstante, a los estudiantes que se matriculaban en el primer curso, con la excepción de los repetidores, ya que la información solicitada hacía referencia al curso anterior (1995-

<sup>3</sup>.  $F(\varepsilon_j < \varepsilon) = e^{-e^{-\varepsilon}}$

1996). En la Universidad de Deusto no fue posible esta solución, por lo que se optó, gracias a la colaboración del Vicerrectorado de Alumnos, Decanatos y Delegados de curso, por distribuir las encuestas en las aulas, una vez comenzado el curso (Octubre de 1996). Por tanto, el colectivo se compone de asistentes a clase en el momento en que se reparten las encuestas, incluyendo estudiantes de primer curso. Se supone que éstos, una vez iniciada la actividad académica, han adoptado ya alguna solución de transporte. La pretensión censal de la encuesta obligaba a centrarse en cuestiones básicas para el problema a estudiar, evitando un diseño prolijo que disuadiera su cumplimentación y buscando facilidades para su lectura mecanizada. El número total de encuestas obtenidas fue de 45.751. Tras diversas depuraciones derivadas de la ausencia de datos o errores en los mismos, se llegó a una muestra final de 44.028 encuestas, es decir, el 55,77% de la población objetivo. En la encuesta se definen siete modos de transporte<sup>4</sup>, teniendo en cuenta ya la opción del metro (disponible desde el curso anterior). Hay que tener en cuenta que esta pregunta pretende recoger todos los modos utilizados para

desplazarse al lugar de estudio, por lo que caben respuestas múltiples. Adicionalmente, teniendo en cuenta que una de las opciones de transporte que más nos interesaban es el metro, hemos decidido centrar el análisis en todos aquellos estudiantes que tenían disponible esta opción, por lo tanto, hemos seleccionado a estudiantes que residiendo en el área de influencia del metro acudan a centros de enseñanza del mismo área. La muestra final con la que se realiza la estimación es de 1780 estudiantes.

Sobre la base de la propuesta de una función de demanda de tipo probabilístico, nos interesa, en primer lugar, enfrentar las dos modalidades básicas de transporte: el transporte público y el transporte privado. De este modo, podemos estimar el grado de sustituibilidad entre estas dos opciones, y los factores determinantes de la misma. Esta estimación constituye una primera aproximación a la demanda del servicio de transporte público por parte del colectivo analizado. Los resultados obtenidos servirán de referente a la hora de establecer las recomendaciones para la definición de una política de transporte público dirigida a los estudiantes universitarios.

---

<sup>4</sup> Se incluye la opción de ir a pie.

Cuadro nº 1: Descripción de los datos

Variable	Descripción de la variable	Media y desviación
Edad	Edad	21.2351 (2.8620)
Edad 1	Variable dummy, 1 si es menor de 21 años	0.5489 (0.4977)
Sexo	Variable dummy, 1 si es mujer	0.5579 (0.4967)
UPV	Variable dummy, 1 si asiste a la UPV/EHU	0.6281 (0.4837)
Renta	Renta de la unidad familiar	19473.8427 (7253.46)
Precio	Precio en pesetas del transporte	136.57 (80.61)
Tiempo	Duración del trayecto en minutos	45.3624 (15.66)
Frecuencia	Frecuencia, en minutos, entre dos servicios	1.7067 (0.87)
Est. Padres	Años de educación reglada de los padres	11.2478 (3.5906)
N	Tamaño muestral	1780

Las variables a priori relevantes de las que disponemos de información se han agrupado en tres categorías:

- Variables representativas de la calidad del servicio: frecuencia de los servicios (medida en minutos transcurridos entre un servicio y el siguiente) y tiempo de viaje (expresado en minutos de duración del desplazamiento).
- Variable precio del servicio (expresado en pesetas).
- Variables relacionadas con las características socioeconómicas del agente decisor: la superficie y

ubicación de la vivienda principal de la unidad familiar a la que pertenece el estudiante y los estudios de los padres (ambas operando como proxy de la renta), la edad (diferenciando la correspondiente teóricamente al primer ciclo de estudios de la correspondiente al segundo ciclo, es decir, menor de 21 años en el primer caso y mayor o igual de 21 años en el segundo), el sexo y la universidad de matricula (distinguiendo entre la Universidad pública - UPV/EHU - y la Universidad privada - Universidad de Deusto -, por si esta opción pudiera

incorporar, aún matizadamente, algún tipo de diferenciación socioeconómica en un sentido amplio).

A continuación presentamos, en la Cuadro nº2, los resultados correspondientes a la estimación de un modelo logit binario, distinguiendo entre transporte público y privado. Debemos tener en cuenta que el modelo logit es no lineal, y que tal y como señala Novales (1993) la influencia que las variables explicativas tienen sobre la probabilidad de escoger cualquiera de las alternativas

no es el valor de los coeficientes estimados sino que dependen también de los valores de las variables explicativas, es decir,

$$\frac{\partial P_i}{\partial X_k} = \frac{e^{X_i \hat{\beta}}}{(1 + e^{X_i \hat{\beta}})^2} \hat{\beta}_k$$

los coeficientes no son directamente interpretables, sin embargo el signo obtenido para el parámetro,  $\hat{\beta}$ , indica el signo de la derivada, y por lo tanto, la influencia de la variable explicativa ( $X_k$ ) sobre la probabilidad ( $P_i$ ).

**Cuadro nº 2: Logit Binario: Variable dependiente: probabilidad de viajar en transporte privado**

Variable	$\beta$
Constante	0.5939 (0.61)
Edad1	0.0922 (2.76)
Sexo	-0.2029 (0.80)
UPV	0.0616 (0.23)
Renta	0.2828 (1.73)
Precio	0.0018 (1.36)
Tiempo	-0.1100 (9.45)
Frecuencia	-0.1851 (6.65)
Est. Padres	-0.0054 (0.03)
N	1780

Los contrastes econométricos efectuados nos permiten obtener los siguientes resultados:

1. Son las variables representativas de la calidad del servicio las que

resultan determinantes en la toma de decisiones de los universitarios: tanto la frecuencia como el tiempo de viaje superan holgadamente el nivel de significatividad exigible, y los coeficientes

(-0,1851 en el caso de la frecuencia, y -0,11 en el caso del tiempo de viaje) revelan una notable sensibilidad de la demanda de transporte público ante cambios en la calidad del servicio. Así, al registrarse mínimas mejoras de la calidad del servicio (como la reducción de un minuto en el intervalo de espera entre unidades de servicio, o la reducción de un minuto en la duración del desplazamiento) se incrementa apreciablemente la probabilidad de que los universitarios se decidan por la solución del transporte público. El mayor valor absoluto del coeficiente asociado a la frecuencia (0,18) nos permite concretar que es este elemento de la calidad el más valorado por los clientes potenciales, por encima de la duración del desplazamiento (cuyo coeficiente es 0,11).

2. El precio del servicio no resulta significativo a la hora de explicar el comportamiento de los usuarios potenciales respecto al empleo de medios de transporte públicos o privados. El coeficiente alcanzaría un valor de 0,0018, por lo que cabe deducir que la demanda de transporte público de los universitarios es relativamente insensible ante variaciones registradas en el precio. Este resultado podría explicarse, a nuestro juicio, por el hecho de que, en este caso concreto, los usuarios del transporte no soportan, normalmente, el precio del servicio, sino que lo repercuten en sus padres, al carecer de ingresos propios en la mayoría de los casos. Como anticipábamos, esta

circunstancia confería un interés singular a nuestra investigación.

3. Las variables representativas de las características socioeconómicas de los individuos muestran un comportamiento irregular: la edad y la aproximación de la renta operada a través de la vivienda resultan significativas, mientras que las demás variables (sexo, renta aproximada por el nivel de instrucción de los padres y universidad de matricula) están muy lejos de lograr dicha condición. En el caso de la edad, el coeficiente es 0,0922, por lo que cuando los alumnos superan los 20 años se incrementa la probabilidad del uso del vehículo privado para acudir a los centros, en detrimento del transporte público cuya demanda disminuye (a nuestro juicio, es la mayor disponibilidad relativa de coche, derivada de la paulatina obtención del carnet de conducir y de un intervalo de edad acreedor objetivamente a una mayor confianza de los padres, la que explicaría la significatividad de esta variable). En el supuesto de la aproximación a la renta mediante el precio teórico de la vivienda familiar, el coeficiente (0,2828) indica que a medida que avanzamos al siguiente tramo de 10.000 pesetas en que se incrementa el precio teórico de la vivienda familiar, aumenta la probabilidad de que el universitario emplee el vehículo privado para acceder al centro de estudios (aun siendo estadísticamente significativa, la relación inversa entre la progresión en la renta y la demanda de transporte público no es muy

intensa ; sin embargo, permite apreciar cierta correlación negativa entre la proxy de la renta y la demanda de transporte público).

Por tanto, nos encontramos con una demanda genérica de transporte público muy sensible a la calidad, y no muy condicionada por el precio del servicio o por las características socioeconómicas de los individuos.

Además, la forma funcional de la función indirecta de utilidad especificada, nos permite, por medio de una sencilla operación, calcular el valor monetario de las variables representativas de la calidad del servicio (la frecuencia y el tiempo de viaje) o lo que es lo mismo la cantidad de dinero que los individuos están dispuestos a pagar por un aumento de dicha calidad (aumento de la frecuencia y/o reducción de la duración del tiempo de viaje).

En nuestro modelo, el valor monetario de la frecuencia se obtiene como el cociente negativo del coeficiente estimado para la frecuencia y el estimado para el precio, o lo que es lo mismo el cociente negativo de las utilidades marginales estimadas para ambas variables. Dicho valor (102,8) mide la cantidad de dinero que los individuos están dispuestos a pagar (o el aumento del precio que están dispuestos a soportar) a cambio de un aumento de la frecuencia. Del mismo modo, podemos calcular el valor del tiempo de viaje como el cociente negativo del coeficiente estimado para dicha variable y el

estimado para el precio (61,12). Se puede observar que el valor monetario de la frecuencia duplica al del tiempo de viaje. Esto se deriva directamente del hecho de que los individuos valoren más la frecuencia que la duración del desplazamiento en su toma de decisiones.

En el siguiente epígrafe, trataremos de comprobar si las variables que resultan relevantes en la configuración de la demanda genérica de transporte público ejercen el mismo grado de influencia en la demanda específica de cada uno de los modos de transporte público disponibles, identificando los efectos cruzados entre ellos.

### **3.1. DETERMINANTES DE LA SUSTITUIBILIDAD DEL VEHÍCULO PROPIO POR CADA UNO DE LOS MODOS DISPONIBLES DE TRANSPORTE PÚBLICO**

Hemos considerado el vehículo propio como modo de transporte base para elaborar el siguiente cuadro, que nos permite estimar el grado de sustituibilidad que muestran frente a él las restantes modalidades de transporte contempladas en la encuesta, a medida que se modifican los valores de las distintas variables potencialmente relevantes. Las modalidades de transporte recogidas con carácter alternativo son: vehículo privado como acompañante (no propio), autobús de línea regular, metro, tren de cercanías y combinación necesaria de dos modos de transporte.

Cuadro nº 3: **Logit Multinomial: Variable dependiente: probabilidad de viajar en los distintos modos de transporte**

Variable	Coche acomp	Bus	Metro	Tren	Dos
Constante	-0.72 (0.12)	1.775 (1.02)	-3.07 (1.03)	-13.63 (4.19)	-2.78 (2.24)
Edad1	-0.224 (1.02)	-0.158 (2.48)	-0.401 (3.06)	-0.31 (2.29)	-0.013 (0.32)
Sexo	-1.24 (1.27)	-0.475 (1.14)	0.47 (0.73)	0.777 (1.14)	-0.430 (1.24)
UPV	-3.44 (2.07)	-1.378 (2.92)	1.13 (1.37)	1.023 (1.21)	-2.012 (5.16)
Renta	-1.823 (2.92)	-1.042 (3.50)	-0.414 (0.86)	-2.008 (3.99)	-0.675 (2.99)
Precio	-0.012 (1-27)	-0.011 (4.21)	-0.038 (6.30)	-0.0095 (160)	-0.0005 (0.33)
Tiempo	-0.0146 (0.34)	0.132 (6.33)	0.12 (4.48)	0.125 (4.66)	0.185 (9.61)
Frecuencia	1.81 (10.25)	1.039 (10.33)	1.94 (15.5)	2.453 (18.32)	-0.181 (1.67)
Est. Padres	0.2165 (0.41)	0.3573 (1.45)	0.465 (1.22)	0.213 (0.54)	0.476 (2.35)
N	70	521	249	279	469

La posibilidad de acudir diariamente a un centro universitario en el coche de una tercera persona y la necesidad de combinar dos modos de transporte constituyen sendos casos particulares en los que el azar de una concreta ubicación del domicilio familiar desempeña, en sentido positivo o negativo, un papel muy importante. Por tanto, sólo constataremos que ambas modalidades comparten dos características: primera, que a medida que aumenta el nivel de renta familiar aproximado por la vivienda disminuye la probabilidad de que estas modalidades reemplacen al vehículo propio como solución de transporte; y segunda, que los matriculados en la universidad pública

tienden a sustituir en menor proporción al coche propio por estas fórmulas alternativas.

Respecto a los tres modos de transporte público que se ofrecen como alternativas al vehículo privado propio, comprobamos que el grado de sustituibilidad que presentan respecto a éste depende, prácticamente de las mismas variables que operaban como factores determinantes de la demanda de transporte público. Sin embargo, se aprecia alguna diferencia, y la intensidad de las elasticidades de cada demanda particular respecto a las variables consideradas oscila notablemente.

Los resultados principales son:

1. Las variables representativas de la calidad del servicio (tiempo de desplazamiento y, sobre todo, frecuencia) tienen un carácter relativamente más determinante que el resto de factores contemplados. En el caso de la frecuencia, los elevados valores del estadístico t en los tres modos de transporte público se asocian a coeficientes altos (1,039, 1,94 y 2,453, respectivamente), lo que significa que una mínima reducción de un minuto en el intervalo de espera provocaría unos notables incrementos de la probabilidad de uso de los distintos modos de transporte público para los que anteriormente utilizaban el vehículo privado, siendo este incremento captado en mayor medida por el tren o el metro que por el autobús. En el supuesto de la duración del viaje, ésta variable también es significativa, aunque los coeficientes son más modestos (0,132, 0,12 y 0,125, respectivamente), que señalan que la probabilidad de cambiar el vehículo propio por un modo de transporte público, cuando se reduce en un minuto el tiempo del desplazamiento de este último, es menos elevada y sería captada uniformemente por los distintas alternativas de transporte público.
2. La variable precio resulta ahora significativa en la configuración de las demandas del autobús y del metro, estando al borde de dicha condición en el caso del tren. Sin embargo, la sensibilidad ante cambios en el precio de las demandas dirigidas al autobús y al metro (los Coeficientes son -0,011 y -0,0379, en cada uno de los supuestos) es relativamente baja: el incremento de una peseta en el coste del billete provocaría una leve reducción de la probabilidad de utilizar un autobús en favor del uso del vehículo privado, siendo algo más probable la sustitución del metro.
3. Variables representativas de las características socioeconómicas de los individuos adolecen de un comportamiento irregular en relación con los determinantes de la sustituibilidad entre el vehículo propio y los modos de transporte público:
  - a. La edad resulta significativa y alcanza unos coeficientes de -0,158, -0,401 y -0,31, respectivamente, lo que viene a decir que al superar los 20 años la probabilidad de utilizar modos de transporte público cae notablemente entre los usuarios potenciales del metro y el tren en beneficio del recurso al vehículo propio, siendo esta sustitución menos intensa en el caso del autobús.
  - b. La renta aproximada por la vivienda familiar resulta significativa en términos de sustituibilidad entre el coche propio, por un lado, y el autobús y el tren por otro. En ambos casos, los coeficientes son elevados (-1,042 y -2,008, respectivamente), indicando que, a medida que se incrementa en 10.000 pesetas el valor teórico de

la residencia familiar, se reduce bastante la probabilidad de viajar en autobús y mucho más la probabilidad de emplear el tren, inclinándose los individuos por el vehículo propio. Ambos modos (principalmente, el tren) se caracterizarían por una correlación acusadamente negativa entre esta proxy de la renta y la demanda dirigida a ellos, mientras que el metro -tal vez mejor posicionado en el entorno de referencia o disfrutando del efecto novedad- no presenta dicha sensibilidad negativa ante cambios en las valoraciones teóricas de las viviendas. Sin embargo, también hemos de considerar que la accesibilidad a estos modos no es idéntica en todo el ámbito del estudio. Aun más, dicha accesibilidad está, en cierta forma, relacionada con los niveles de esta variable que opera como

proxy de la renta: zonas de residencia con valoración de mercado relativamente inferior (Margen izquierda, barrios del Sur de Bilbao) no disponían de fácil acceso a la línea de metro operativa en el momento de obtenerse los datos, mientras que el metro podía emplearse cómodamente en zonas más cotizadas, como el centro de Bilbao o la Margen derecha.

- c. Las variables sexo y nivel de instrucción de los padres no resultan significativas en ningún supuesto. La universidad de matrícula sólo alcanza la condición de variable significativa en el caso del autobús.

Del mismo modo que en el modelo binario, podemos obtener el valor monetario de la frecuencia y del tiempo de viaje (variables significativas de la calidad del servicio) para cada uno de los diferentes modos de transporte público.

Cuadro nº 4: **Valor monetario de la frecuencia y tiempo de viaje**

Modos de transporte	Valor de la frecuencia	Valor del tiempo
<b>Bus</b>	94.45	12.0
<b>Metro</b>	51.173	3.166
<b>Tren</b>	258.21	13.15

Al igual que en el caso binario, el valor monetario de la frecuencia es muy superior al valor monetario del tiempo. Además, podemos observar que el valor monetario de la frecuencia disminuye cuando esta aumenta<sup>5</sup>. Ocurre de la misma forma con el valor monetario del tiempo de viaje, es decir, cuanto mayor es la duración del trayecto mayor es el precio que los individuos están dispuestos a pagar por una reducción de la misma.

#### **4. CONCLUSIONES: A MODO DE RECOMENDACIÓN PARA LA DEFINICIÓN DE UNA POLÍTICA DE TRANSPORTE PÚBLICO**

El resultado de los contrastes efectuados nos permite obtener conclusiones relevantes para la definición de una política de transporte público orientada al colectivo de estudiantes universitarios, en un entorno urbano de las características de Bilbao:

- En primer lugar, se constata un alto grado de sustituibilidad entre el vehículo privado y el transporte público, que permitiría a este último captar un volumen potencialmente elevado de usuarios, con las consiguientes ventajas derivadas, en términos de reducción del nivel de saturación de los viales principales de transporte rodado. Este incremento probable del colectivo de usuarios de modos de transporte público no parece limitado significativamente por una elasticidad-renta negativa de la demanda de transporte público.

<sup>5</sup> La frecuencia, en nuestro caso, del metro supera a la del autobús y ésta a su vez a la del tren.

- En segundo lugar, el instrumento idóneo para la eventual captación de ese conjunto potencial de nuevos usuarios de transporte público consistiría en la mejora de la calidad del servicio, entendida como aumentos de la frecuencia (sobre todo) y como reducción de la duración de los desplazamientos. Otros instrumentos teóricamente alternativos, como la reducción en el precio de los billetes, no provocarían, previsiblemente, un incremento tan significativo de la demanda de transporte público.
- En tercer lugar, el análisis cruzado de los datos disponibles nos permite concretar, para los diferentes modos de transporte público, la importancia relativa de las variables contempladas en la generación de demandas adicionales, dado que estas variables no operan uniformemente en los modos estudiados:
  1. El incremento de las frecuencias de servicio provocaría, probablemente, un mayor incremento de la demanda en el tren, incremento que tendría una menor entidad en el caso del metro y, sobre todo, en el autobús.
  2. La reducción de la duración del desplazamiento permitiría captar un mayor número de nuevos usuarios en el autobús, seguido del tren y, por último, del metro.
  3. La relativa insensibilidad de la demanda genérica de transporte público respecto a variaciones en el precio es menos acusada en el metro e, incluso, en el autobús.

Obviamente, los resultados obtenidos pueden también interpretarse desde la perspectiva contraria, empleándose de modo preventivo: los responsables del transporte público podrían, basándose en estas conclusiones, formular sus expectativas a cerca de la disminución que experimentaría la demanda de transporte público si se ajustasen inversamente las frecuencias, trayectos y precios, con el consiguiente incremento probable del uso del vehículo privado, en un entorno que presenta elevados y crecientes niveles de congestión.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALÁEZ, R., BILBAO, J., CAMINO, V., LASSO, C, LONGÁS, J.C., y URRUTIA, A. (1996): "Un análisis de la demanda de transporte universitario en la Comunidad Autónoma del País Vasco». *Departamento de Transportes y Obras Públicas. Gobierno Vasco. Vitoria.*
- AMEMIYA, T. (1981). "Qualitative Response Models: A Survey". *Journal of Economic Literature*, 19, pp. 1483-1536.
- CEDRÚN, G. y DE RUS, G. (1994). "Developments in Transport Policy: Spain's Transport Policy". *Journal of Transport Economics and Policy*, 28, pp.211-214.
- DE RUS, G. (1990). "Public Transport Demand Elasticities in Spain". *Journal of Transport Economics and Policy*, 24, pp. 189-201.
- DE RUS, G. (1991). "Análisis del mercado de servicios de transporte público en España: Costes, demanda, precios y nivel de calidad". *Investigaciones Económicas*, 15, pp.229-247.
- DONEMICH, T. y D. MCFADDEN. (1975 ). "Urban Travel Demand: A Behavioral Analysis". *Amsterdam: North Holland.*
- GREENE, W.H. (1999). *Análisis Económico*. Prentice Hall.
- MADDALA, G.S. (1983). *Limited-dependent and qualitative variables in econometrics*. Cambridge University Press.
- MATAS, A. (1991). "La demanda de transporte urbano: Un análisis de las elasticidades y valoraciones del tiempo". *Investigaciones Económicas*, XV, pp. 249-267.
- MATAS, A. y RAYMOND, J.L. (1998). "Technical Characteristics and Efficiency of Urban Bus Companies: The Case of Spain". *Transportation*, 25, pp.243-263.
- MCFADDEN, D. (1974). "The Measurement of Urban Travel Demand". *Journal of Public Economics*, 3 pp. 303-328.
- MCFADDEN, D. (1978). "Modelling the choice of residential location. In A. Karlquist et al (eds)". *Spatial Interaction Theory and Residential Location*, pp. 75-96. Amsterdam: North Holland.
- MCFADDEN, D. (1981). "Econometric Models of probabilistic Choice. In C. Manski and D. McFadden (eds)". *Structural Analysis of Discrete Data: with Econometric Applications*, Cambridge, Mass.: M.I.T. Press.
- NOVALES, A. (1993). *Econometría*. McGraw-Hill.