

4. Modelización de la demanda de transporte de pasajeros y aplicaciones

4.1 Introducción

En este capítulo se presenta la modelización realizada para los corredores estudiados. En la primera sección se describen las bases de datos utilizadas, así como la definición de las distintas variables consideradas en la modelización. En la segunda sección se presenta la modelización realizada utilizando la metodología de estimación con datos mixtos. Se han probado diferentes especificaciones de la función de utilidad a estimar con el objeto de determinar la mejor especificación para el patrón de viajes de los individuos entrevistados y la disponibilidad de los datos.

Hemos estudiado la posible existencia de correlación entre las alternativas de transporte privado, esto es, coche conductor y coche acompañante; la existencia o no de efecto renta siguiendo el planteamiento desarrollado por Jara-Díaz y Videla (1989), y el estudio de especificaciones no lineales de la función de utilidad. Una vez modelizado el comportamiento de viaje en la tercera sección, se calculan las disposiciones a pagar por cambios en las variables de nivel de servicio, y en la cuarta y última sección, se estudia

el efecto de la respuesta de la demanda de transporte de pasajeros ante distintas medidas de política.

Se han estimado modelos con datos mixtos según el procedimiento de estimación simultánea desarrollado por Bradley y Daly (1997). Con este procedimiento hay que definir una estructura jerárquica artificial para las alternativas de PD, de manera que los datos sean homogenizados por el factor de escala. Para la estimación de estos modelos se ha utilizado el software ALOGIT (Daly, 1992).

4.2 Los datos y las variables

4.2.1 Los datos

Los datos de PR requieren de un proceso de medición ex-post y la transformación del dato obtenido en la encuesta en variable, por ejemplo el origen y el destino del viaje son datos importantes para la obtención de varias variables como la distancia recorrida en vehículo privado, la distancia de caminata en origen y destino a la parada de bus, para la medición de los tiempos de viajes, qué líneas de bus debe tomar, etc.

Para la preparación de la base de datos de PR hemos realizado diversas mediciones. El objetivo de realizar las mediciones es doble: por un lado, es necesario conocer los niveles de servicio que hay que asignar a cada individuo de acuerdo a su conjunto de alternativas disponibles; y por otro lado, para intentar reducir los errores de medición en los datos de PR que como hemos comentado en el capítulo 2 vienen recogidos en las variables explicativas.

En primer lugar, hemos realizado las mediciones de los tiempos de viaje. Distinguimos entre tiempos de viaje en vehículo privado y bus. Para la medición de los tiempos de viaje en vehículo privado se definieron zonas en origen y en destino para simplificar las

mediciones, estableciendo puntos comunes de llegada para los orígenes (O en la Figura 4.1) y de partida para los destinos (D en la Figura 4.1). Se realizaron mediciones entre O_i y O, O-D y D- D_j . Estas mediciones se realizaron a distintas horas del día para intentar captar la diferencia entre hora punta y hora valle, distintos días⁶⁷ de la semana, obteniéndose la media de las cuatro mediciones realizadas para cada trayecto.

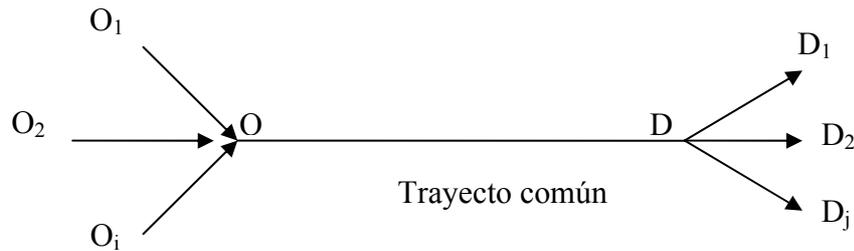


Figura 4.1: Estructura zonal para la medición de tiempos

Idealmente estas mediciones deberían realizarse con un vehículo instrumentado que dispone de un ordenador a bordo que recoge el tiempo de parada, consumo de combustible, etc. Al no disponer de este vehículo se realizaron con un vehículo normal.

En cuanto a las mediciones de tiempos en bus, se hizo uso del servicio de ayuda a la explotación (SAE) que tienen instalado las empresas *Salcai* y *Utinsa* y que permite, entre otras cosas, disponer de los tiempos de viaje entre las paradas de cada una de las líneas. La empresa *Guaguas Municipales* no dispone de SAE y por tanto, para todos aquellos trayectos realizados con esta empresa fue necesario realizar las mediciones correspondientes. Éstas se realizaron entre paradas de una misma línea, obteniéndose la media de los tiempos entre paradas y del tiempo total del viaje.

⁶⁷ Días laborables.

También se realizó la medición de las distancias recorridas por los individuos en los distintos modos de transporte así como las caminadas. Éstas han sido medidas con un sistema de información geográfica básico desarrollado por Grafcan, S.A. llamado *Canarymap* (Grafcan, 1998). Integra la información vectorial, las ortofotos y el modelo digital sobre un territorio continuo.

Este programa ofrece varias herramientas que nos permiten realizar las distintas mediciones. Destacan la posibilidad de dibujar una línea que es medida automáticamente, la identificación de topónimos (nombres y números de calles, etc) y la de dibujar recorridos mediante la creación de una capa. Para la medición de las distancias de caminata y las recorridas se utilizaron dos procedimientos ligeramente diferentes.

En primer lugar, se realizaron las mediciones de las distancias de caminata. En el caso del transporte privado, éstas no se pudieron obtener con esta herramienta porque no se disponía de los recorridos realizados de manera precisa. En origen, normalmente el individuo tiene su coche aparcado en el garaje de su casa por lo que no es posible realizar la medición y por otra parte, esta distancia puede considerarse despreciable. En destino, el problema está en que no siempre se tenía el dato donde el individuo había dejado estacionado su coche, especialmente para aquellos que estacionan en la calle ya que no siempre aparcan en el mismo sitio. Estos son más del cincuenta por ciento de los usuarios de transporte privado. Para aquellos que estacionan en aparcamiento privado también es difícil realizar la medición porque más del 75% de ellos lo hacen en el mismo destino, es el caso de centros comerciales, hospitales y centros de trabajo que disponen de aparcamiento privado gratuito.

Por otra parte, es importante medir la distancia de caminata a la parada de bus con precisión porque un individuo puede no tener disponible el transporte público si la distancia a caminar supera un determinado número de metros. Para esta medición fue necesario solicitar a las empresas de transporte la ubicación exacta de cada una de las paradas. Las mediciones se realizaron con la herramienta facilitada por el programa y a una escala de 1:5000, lo que implica un error de medición de más menos veinte metros.

La disponibilidad en el bus se define en función de la distancia a la que se encuentre la parada. Para establecer la distancia que determine la disponibilidad se estudiaron a aquellos individuos que declaraban viajar en bus y tenían disponibles otros modos de transporte. En nuestra muestra la distancia se establece en los mil metros, es decir, el bus es un modo de transporte disponible si el individuo tiene la parada a una distancia inferior o igual a mil metros.

En segundo lugar, se realizó la medición de las distancias recorridas por los vehículos. Para estas mediciones no se podía utilizar la herramienta de medida automática del programa porque ésta solo permite medir lo que se visualiza en la pantalla. En este caso, realizamos el dibujo del recorrido y éste era guardado como una capa. El dibujo se realizó a escala 1:5000, por lo que se dibujó varias líneas que conformaban el recorrido completo. Las mediciones en metros de estas líneas se obtuvieron con el programa Arc-View (ESRI Inc, 1996; Lantada y Nuñez, 2002). Al realizarse los dibujos a escala 1:5000 el error de medición sigue siendo de más menos veinte metros.

Con esta medición de distancia recorrida se obtiene el gasto en combustible de los usuarios de vehículo privado y es una variable que permite estratificar la muestra por distancia si se considerara relevante.

4.2.2 Las variables

En cuanto a las variables, vamos a comentar como se han definido algunas de las consideradas en la elección modal:

El tiempo de viaje (t_v) es una variable común a todas las alternativas de transporte, está medida en minutos. Hemos considerado el tiempo de viaje medido para el modo de transporte elegido por el individuo, porque, por ejemplo, en el caso del vehículo privado encontramos varios casos en los que el tiempo revelado era relativamente alto y poco creíble para el viaje en cuestión. En las pruebas preliminares de estimación de los modelos se comprobó que los mejores resultados se obtuvieron con los tiempos de viaje medidos, así que decidimos trabajar con estos valores. El tiempo de viaje incluye el tiempo de aparcamiento. Esta variable va acompañada de un parámetro cuyo signo se espera negativo en la función de utilidad.

El coste es otra variable común a todas las alternativas de transporte. Está medida en pesetas⁶⁸. Para el vehículo privado este coste viene dado por el gasto en combustible que se obtiene a partir de la distancia recorrida y tipo de vehículo utilizado. Este gasto en combustible se multiplica por 2 ó 2,5 para incorporar otros costes variables como el gasto de neumáticos, aceite, etc. Para el transporte colectivo el coste va a venir definido por la tarifa pagada por el individuo, en el caso de los usuarios. Para los no usuarios, pero con disponibilidad, podemos definir dos tarifas: la tarifa normal o la tarifa bono. Para los que viajan por motivo obligado y/o con una frecuencia igual o superior a las

⁶⁸ Hemos trabajado siempre en pesetas (del año 2000) porque es la moneda que estaba vigente en el momento que se realizaron las dos encuestas.

cinco veces por semana hemos definido la tarifa bono, mientras que para el resto la tarifa normal. El signo del parámetro del coste se espera negativo.

El coste de aparcamiento es una variable específica de las alternativas de transporte privado, coche conductor y coche acompañante en nuestro caso; y está en pesetas. Para los usuarios de coche conductor que paguen un aparcamiento mensual se ha definido un coste de aparcamiento al día dividiendo el coste mensual por la frecuencia mensual del viaje como procedió en la encuesta de PD para definir el nivel 1 del coste de aparcamiento. Se espera un signo negativo para el parámetro.

El tiempo de caminata, una vez medida la distancia de caminata, se obtiene a partir de la definición de velocidades de caminata por sexo y edad, que fueron obtenidas de un estudio realizado en la Universidad de Chile (Bojórquez, 2002). Se espera un signo negativo para el parámetro.

La frecuencia (f) es una variable específica del bus. Está medida como número de buses por hora porque los usuarios de bus tienen información del horario del servicio y por tanto, programan su salida en función de esta información para reducir el tiempo de espera. Partiendo de este supuesto, tiene menos sentido captar el efecto de esta variable a partir del tiempo medio que transcurre entre dos buses consecutivos. El parámetro de la frecuencia se espera con signo positivo.

La comodidad es una variable específica de las alternativas de PD. Como hemos comentado en el anterior capítulo, esta variable presenta tres niveles para el bus: una comodidad baja, una estándar y una alta, esta última intenta igualar la comodidad en el bus con la del coche. Así pues, vamos a definir la comodidad tomando como referencia la del coche, esto es, comodidad alta. Tenemos, por tanto, dos variables ficticias: una

que toma valor 1 cuando la comodidad es baja en el bus y 0 en otro caso; y una segunda que toma valor 1 cuando la comodidad es estándar en el bus y 0 en otro caso. Al definir las en referencia a la comodidad alta, sus parámetros deben resultar con signo negativo.

Para analizar el papel de la renta en las decisiones de los individuos se incorpora la tasa de gasto en la función de utilidad dividiendo al coste de viaje y al coste de aparcamiento. Esta especificación sigue el planteamiento propuesto por Jara-Díaz y Farah (1987) cuando el salario viene dado de forma exógena y se explicará en el epígrafe siguiente cuando abordemos el problema de la especificación de la función de utilidad.

En cuanto a las variables socioeconómicas, hemos considerado si el individuo trabaja o no, el sexo, el motivo del viaje, el origen del viaje y la edad. La variable socioeconómica *trabaja* toma valor 1 si trabaja y 0 en otro caso. *Sexo* se define como una variable ficticia que toma valor 1 si es hombre y 0 si es mujer. El *motivo del viaje* está definido en función de si es un viaje obligatorio (trabajo y estudios) o no; se trata de una variable ficticia que toma valor 1 cuando el motivo del viaje es obligado y 0 cuando no lo es. Con respecto al *origen*, esta variable identifica a los individuos en relación a su lugar de residencia (Arucas o Telde) y por tanto, origen del viaje descrito en la encuesta. Esta variable toma valor 1 si el individuo reside en Arucas y 0 si reside en Telde. La variable socioeconómica *edad* toma valor 1 cuando el individuo es mayor de treinta y cinco años y 0 en otro caso. En cuanto al signo de los parámetros de las variables socioeconómicas, éste dependerá de la variable modal con la que se haya especificado. Por ejemplo, la variable *trabaja* especificada interactuando con el tiempo de viaje se esperaría con signo negativo, pues partimos del supuesto de que las personas

que trabajan disponen de menos tiempo libre que las que no lo hacen y por tanto, el tiempo de viaje le generará más desutilidad. Si esta misma variable especificada interactuando con el coste el signo se esperaría positivo partiendo de la hipótesis de que el coste del viaje le genera menos desutilidad a los individuos que trabajan, pues disponen de mayor renta que los que no y además daría lugar a mayores disposiciones al pago para los que trabajan.

4.3 Estimación de los modelos de elección modal

En este apartado presentamos la parte de la modelización realizada más interesante o que mejores resultados ofrece según las hipótesis planteadas en esta investigación. Hemos partido de especificaciones de funciones de utilidad lineales para pasar a analizar cuestiones más complejas como la existencia de efecto-renta, correlación entre alternativas, la consideración de interacciones y el efecto de variables latentes y su interacción con las variables de política sobre la elección modal. En relación a este último punto hemos considerado una especificación que define la comodidad como interacción entre esta variable y el tiempo de viaje (según sugerencia de Jara-Díaz, 2001), ya que los niveles de la comodidad definidos están relacionados con la posibilidad de ir sentado o no (es el caso de la comodidad baja), la percepción de la misma debería estar fuertemente relacionada con el tiempo de viaje; ir de pie en un viaje de quince minutos es menos “incómodo” que ir de pie en un viaje de veinticinco minutos.

Se ha estimado modelos con datos mixtos siguiendo el procedimiento de estimación simultánea desarrollado por Bradley y Daly (1997). Para la estimación de los modelos se ha utilizado el software Alogit (Daly, 1992).

Todos los modelos estudiados han sido estimados para las dos especificaciones de la comodidad; la primera que supone definirla como una variable ficticia tomando como referencia la comodidad buena, donde tenemos la variable cB que toma valor 1 si la comodidad es baja en el bus y 0 en otro caso, y la variable cE que toma valor 1 si la comodidad es estándar en el bus y 0 en otro caso; la segunda especificación define las mismas variables que la primera, pero ambas aparecen multiplicadas por el tiempo de viaje.

En cuanto a la información disponible se utilizaron seis bases de datos distintas y la diferencia entre ellas está en el número de observaciones de PD. La primera considera a todos los individuos de PD (1581 observaciones); la segunda elimina a los individuos que eligieron siempre la misma alternativa en el juego de PD, esto es, individuos cautivos (1374 observaciones); la tercera elimina a los individuos que contestaron inconsistentemente (1493 observaciones), la cuarta a los que eligen la alternativa que es mejor en alguno de los atributos, es decir, realizan su elección de manera lexicográfica (1331 observaciones); la quinta elimina conjuntamente a los cautivos e inconsistentes (1286 observaciones) y la sexta, además de los cautivos e inconsistentes, elimina a los individuos lexicográficos (1205 observaciones). Para la gran mayoría de los modelos estimados, los mejores resultados se obtuvieron con la quinta⁶⁹ y sexta base de datos, es decir, aquella que elimina a los individuos cautivos e inconsistentes y la que elimina además a los lexicográficos.

Los modos de transporte para los datos de PR son tres: coche conductor, coche acompañante y bus. Para los datos de PD son sólo dos: coche conductor y bus. La

⁶⁹ Los modelos presentados están estimados con esta base de datos y por tanto se recoge al comportamiento de los individuos que eligen de forma lexicográfica.

estructura⁷⁰ jerárquica a definir para la estimación con datos mixtos se representa en la Figura 4.2; siendo μ el factor de escala que permite escalar los datos de PD de manera que ambos conjuntos de datos tengan igual varianza y pueda usarse conjuntamente. Como explicamos en el capítulo 2, Louviere et al (2000) sugieren especificar los mismos parámetros para aquellas variables que sean iguales en PR y PD. Para saber qué variables debemos especificar con igual parámetro recomiendan hacer un gráfico con los parámetros de dichas variables estimados individualmente con datos de PR y PD, de manera que para aquellas variables que sean iguales sus coeficientes deban situarse en una nube de puntos que se aproxima a una línea recta. En nuestro caso, todas las variables comunes a PR y PD (tiempo, coste, frecuencia y coste de aparcamiento) pueden especificarse con el mismo parámetro, es decir, $\theta_i^{PR} = \theta_i^{PD} = \theta_i$.

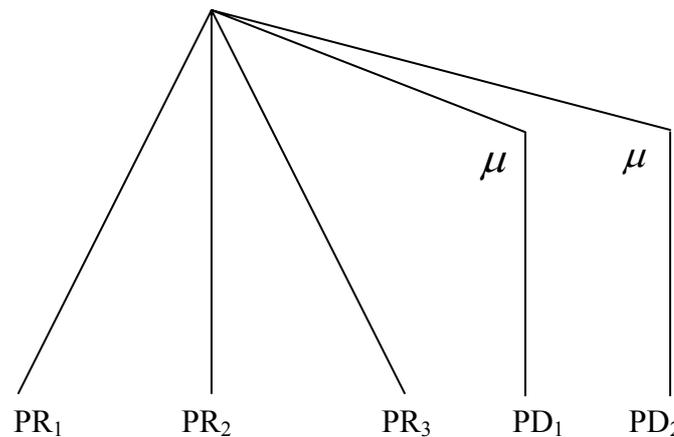


Figura 4.2: Estructura jerárquica para la estimación con datos mixtos

Para la modelización hemos partido de funciones que sólo consideraban variables modales (tiempo, coste, frecuencia, etc) donde hemos estudiado la existencia o no de correlación entre las alternativas de PR así como la importancia de las interacciones que

⁷⁰ No se considera correlación entre las alternativas de transporte privado.

permite medir el diseño de PD, su signo y significación. Posteriormente se pasó al análisis del efecto de las variables socioeconómicas sobre la percepción de los atributos de las alternativas en la elección modal.

En primer lugar, se definió un modelo básico especificando como variables el tiempo de viaje (que incluye el tiempo de aparcamiento), el coste del viaje, el coste de aparcamiento para las alternativas de transporte privado, la frecuencia para el transporte colectivo (bus), la comodidad para las alternativas de PD y las constantes específicas para cada una de las alternativas. Partiendo de este modelo, estudiamos la existencia de correlación entre las alternativas de PR; que exige definir un nuevo nido para las alternativas correlacionadas, siendo la nueva estructura⁷¹ similar a la de la Figura 4.3.

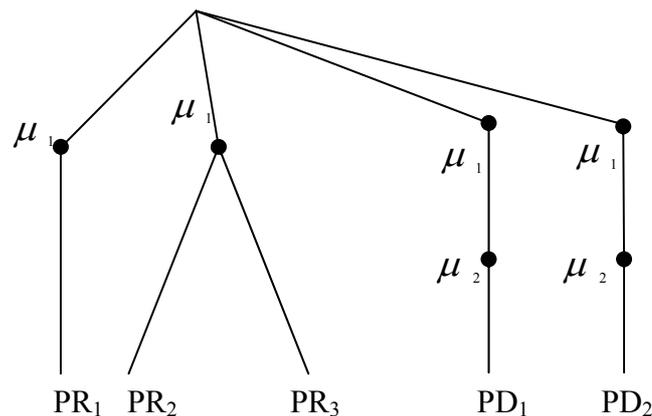


Figura 4.3: Estimación con datos mixtos con nido real entre alternativas de PR

Se analizó la correlación entre las dos alternativas de transporte privado, esto es, coche conductor y coche acompañante y en segundo lugar, entre coche acompañante y bus. En ambos casos se obtuvo que no existe correlación entre las alternativas, esto es que valor de μ_1 era igual a 1 o no es significativamente distinto de 1 (ver Figura 4.3) y por lo tanto el HL colapsa a un MNL.

⁷¹ Para la especificación de un modelo jerárquico consistente usando el software ALOGIT, es preciso definir los nidos artificiales de parámetros μ_2 en PD₁ y PD₂ y μ_1 en PR₁.

En relación a la forma funcional de la función de utilidad se probaron especificaciones que consideraban todas las interacciones que el diseño de PD nos permitía incluir, esto es, las interacciones dos a dos entre las variables tiempo, coste y frecuencia, resultando significativa únicamente la interacción entre el coste y la frecuencia⁷². El signo de esta interacción va a estar definido a partir de la condición de que la utilidad marginal del coste sea negativa y la de la frecuencia positiva (al estar definida ésta como buses/hora) y el signo que pueden tomar los parámetros de los efectos individuales del coste y la frecuencia. Una vez definida una especificación concreta analizaremos las condiciones que establecen el signo de la interacción⁷³.

Otra cuestión determinante en la especificación de las funciones de utilidad es la existencia de efecto-renta, esto es, la presencia de la renta en la elección modal. Del análisis microeconómico de la demanda desarrollado anteriormente, tenemos dos modelos que permiten incorporar la renta a la toma de decisión en la elección de las alternativas. Train y McFadden (1978) consideran que el individuo puede elegir el número de horas que trabaja siendo su renta endógena; ésta dependerá de las horas que trabaje. En este caso, el coste en la función de utilidad está dividido por la tasa salarial (w). Jara-Díaz y Farah (1987) sugieren que si la renta es exógena debido a que el individuo no puede decidir el número de horas que trabaja el coste debe ir dividido por la tasa de gasto, esto es, la renta que el individuo dispone para gastar por unidad de tiempo disponible. En nuestro estudio hemos considerado más adecuadas las especificaciones que incluyen la tasa de gasto debido a que el mercado laboral en España está bastante regulado, por lo que el trabajador no puede decidir de forma flexible cuántas horas trabajar. En la práctica, una recomendación habitual consiste en

⁷² Para otras especificaciones de interacciones ver Ortúzar *et al* (2000).

⁷³ Este análisis se presentará más adelante, pp. 137-138.

consultar este dato en la encuesta de PR; existen ya ejemplos de encuestas que incorporan un diario de actividades para determinar si realmente el número de horas trabajadas es endógeno o exógeno para el individuo (ver Jara-Díaz *et al* 2002) y en función de esto justificar la especificación uno u otro modelo.

Siguiendo a Jara-Díaz y Videla (1989) estudiamos la existencia del efecto-renta. Estos autores proponen probar para los distintos estratos de la muestra una especificación para la FUIC⁷⁴ en la que aparece, además de las variables características de la alternativa, el coeficiente del coste al cuadrado. El signo de este parámetro debe ser positivo y disminuir a medida que aumente la renta, al igual que la utilidad marginal de la renta (λ). Si esto es así se verifica la existencia de efecto renta y ésta debería incluirse en la especificación de las FUIC. La FUIC a estimar tiene la siguiente expresión:

$$V_j = \theta_j + \theta_c \cdot c_j + \frac{1}{2} \cdot \theta_{c^2} \cdot c_j^2 + V'(Q_j) \quad (0.1)$$

En nuestro estudio se definieron tres estratos de ingreso: el primero formado por individuos con renta mensual inferior a 200.000 pts; el segundo por individuos con renta comprendida entre 200.000 pts y 300.000 pts y el tercero por individuos con renta mayor o igual que 300.000 pts. Para esta definición de estratos, el parámetro del coste al cuadrado (θ_{c^2}) resulta con signo positivo y significativamente distinto de cero. La utilidad marginal de la renta no es menor en el tercer estrato que en el segundo. Redefinimos los estratos, pasando de tres a dos estratos: el primero para rentas menores o iguales que 200.000 pts y el segundo para rentas mayores. En este caso, se verificó que, en primer lugar, el parámetro del coste al cuadrado (θ_{c^2}) resultaba positivo y

⁷⁴ Función de utilidad indirecta condicional, ver capítulo 2-pp. 13-14.

significativamente distinto de cero; y en segundo lugar, que tanto éste como la utilidad marginal del renta decrecían con la renta (ver anexo II). Por tanto, la estratificación considerada nos da un indicio de la existencia de efecto renta. De acuerdo con esto, se justifica la inclusión de la renta a través de la tasa de gasto en la especificación de la utilidad.

La siguiente cuestión es cómo definir la tasa de gasto, ya que se trata de la renta por unidad de tiempo disponible podemos bien considerar la renta individual o la renta familiar *per cápita*. Con respecto al tiempo total disponible bien las 24 horas del día o éstas menos las horas que se dedican a necesidades fisiológicas como son dormir, comer, etc. Para este caso, establecimos que serían unas ocho horas para dormir y dos horas para otras necesidades como higiene, alimentación, etc; siendo entonces el tiempo total disponible para el individuo de catorce horas al día. Esto establece una restricción fuerte en el sentido de que a todos los individuos se les asigna el mismo número de horas de sueño, cuando este valor puede ser bastante variable entre ellos. Con respecto a la renta, si definimos la renta individual no se puede considerar aquellos que no han declarado ingreso alguno como es el caso de las amas de casa y los estudiantes, que a pesar de no percibir una renta, disponen de una cantidad para sus gastos. Tras probar los cuatro posibles casos para la definición de la tasa de gasto, los mejores resultados se obtuvieron cuando se consideraba el ingreso familiar *per cápita* y como tiempo total disponible el total de horas del día.

Definida la parte de la FUIC correspondiente a las variables modales, investigamos el efecto de las variables socioeconómicas en la elección modal. En primer lugar, estudiamos estratificaciones por distancia recorrida y motivo de viaje, distinguiendo entre motivo obligado y no obligado. Ninguna de las estratificaciones que se probaron,

resultaron significativas. En segundo lugar, especificamos las variables socioeconómicas interactuando con las variables modales. Así especificamos un parámetro para el sexo en el tiempo de viaje, otro para el coste, etc, es decir, un parámetro del sexo para cada variable modal y así con todas las variables socioeconómicas que queríamos estudiar. De esta forma pudimos establecer la hipótesis acerca de la percepción de las variables modales en función de las características socioeconómicas del individuo.

Para cualquier atributo de la alternativa, X_i , se define un parámetro básico (θ_{X_i}) y un parámetro para cada variable socioeconómica ($\theta_{X_i-VSE_h}$), expresión (4.2). El parámetro básico mide la percepción del atributo cuando todas las variables socioeconómicas toman valor cero y el parámetro de éstas mide la percepción dicho atributo en función de la característica socioeconómica correspondiente (Ortúzar y Willumsen, 2001):

$$\left(\theta_{X_i} + \sum_{h=1}^n \theta_{X_i-VSE_h} \cdot VSE_h \right) \cdot X_i \quad (0.2)$$

De todas las variables socioeconómicas probadas resultaron significativas cinco, cada una de ellas para una variable modal diferente. Así tenemos la variable *trabaja* especificada en el tiempo de viaje, el *sexo* en el coste, el *motivo del viaje* en el coste de aparcamiento, el *origen* en el tiempo de caminata y la *edad* en la frecuencia del bus.

Con respecto al parámetro del tiempo de viaje, hemos estudiado la especificación de parámetros específicos para el tiempo de viaje en transporte privado (alternativas de coche conductor en PR y PD y coche acompañante sólo en PR) y en transporte colectivo (alternativa de bus en PR y PD) basándonos en la hipótesis de que a las personas que viajan en transporte privado les genera más desutilidad el tiempo de viaje que a las que

viajan en transporte colectivo. Por ésto se esperaría un parámetro del tiempo de viaje en transporte privado mayor en términos absolutos que el del transporte colectivo. Esta definición de parámetros específicos implica una mayor disposición al pago por ahorros de tiempo de viaje en transporte privado que en transporte colectivo. Para poder determinar si es mejor el modelo con parámetros específicos que el modelo genérico se utiliza el test de razón de verosimilitud (4.3), que establece como hipótesis nula que el modelo restringido (en nuestro caso, el modelo con parámetros genéricos para el tiempo de viaje) es una especificación correcta.

$$LR = -2 \left\{ l^* (\hat{\theta}_r) - l^* (\hat{\theta}) \right\} \quad (0.3)$$

donde $l^* (\hat{\theta}_r)$ es la log-verosimilitud en convergencia del modelo restringido y $l^* (\hat{\theta})$ es la del modelo más general. Este test distribuye asintóticamente χ^2 con r grados de libertad, siendo r el número de restricciones lineales. La hipótesis nula se rechaza si $LR > \chi^2_{r;95\%}$, lo que quiere decir que el modelo restringido es erróneo. Sólo es posible aplicar este test cuando un modelo es una versión restringida de otro.

Para la comparación de modelos distintos se puede utilizar el índice rho cuadrado corregido (Tardiff, 1976):

$$\rho^2 = 1 - \frac{l^* (\hat{\theta})}{l^* (C)} \quad (0.4)$$

siendo $l^* (\hat{\theta})$ la log-verosimilitud en convergencia del modelo estimado y $l^* (C)$ la log-verosimilitud del modelo especificando sólo constantes. Este valor está comprendido entre 0 y 1 y permite comparar distintos modelos y distintas muestras.

En las expresiones (4.5) y (4.6) se presentan las especificaciones de las funciones de utilidad de los modelos 1 y 2, respectivamente. En el modelo 1 se especifica la comodidad como variable ficticia y en el modelo 2 interactuando con el tiempo de viaje.

Para el modelo 1 son:

$$\begin{aligned}
 V_{conductor}^{PR} &= \theta_{cmc} + (\theta_{tv} + \theta_{tv_T} \cdot T) \cdot tv + (\theta_{c/g} + \theta_{c/g_S} \cdot S) \cdot c / g \\
 &+ (\theta_{cap/g} + \theta_{cap/g_mvo} \cdot mvo) \cdot cap / g \\
 V_{acompañante}^{PR} &= \theta_{cma} + (\theta_{tv} + \theta_{tv_T} \cdot T) \cdot tv + (\theta_{c/g} + \theta_{c/g_S} \cdot S) \cdot c / g \\
 &+ (\theta_{cap/g} + \theta_{cap/g_mvo} \cdot mvo) \cdot cap / g \\
 V_{bus}^{PR} &= (\theta_{tv} + \theta_{tv_T} \cdot T) \cdot tv + (\theta_{c/g} + \theta_{c/g_S} \cdot S) \cdot c / g \\
 &+ (\theta_{tcam} + \theta_{tcam_O} \cdot O) \cdot tcam + (\theta_f + \theta_{f_E} \cdot E) \cdot f \\
 V_{conductor}^{PD} &= \theta_{cmcc} + (\theta_{tv} + \theta_{tv_T} \cdot T) \cdot tv + (\theta_{c/g} + \theta_{c/g_S} \cdot S) \cdot c / g \\
 &+ (\theta_{cap/g} + \theta_{cap/g_mvo} \cdot mvo) \cdot cap / g \\
 V_{bus}^{PD} &= (\theta_{tv} + \theta_{tv_T} \cdot T) \cdot tv + (\theta_{c/g} + \theta_{c/g_S} \cdot S + \theta_{f \cdot c/g} \cdot f) \cdot c / g \\
 &+ (\theta_f + \theta_{f_E} \cdot E) \cdot f + \theta_{cB} \cdot cB + \theta_{cE} \cdot cE
 \end{aligned} \tag{0.5}$$

Para el modelo 2 son:

$$\begin{aligned}
 V_{conductor}^{PR} &= \theta_{cmc} + (\theta_{tv} + \theta_{tv_T} \cdot T) \cdot tv + (\theta_{c/g} + \theta_{c/g_S} \cdot S) \cdot c / g \\
 &+ (\theta_{cap/g} + \theta_{cap/g_mvo} \cdot mvo) \cdot cap / g \\
 V_{acompañante}^{PR} &= \theta_{cma} + (\theta_{tv} + \theta_{tv_T} \cdot T) \cdot tv + (\theta_{c/g} + \theta_{c/g_S} \cdot S) \cdot c / g \\
 &+ (\theta_{cap/g} + \theta_{cap/g_mvo} \cdot mvo) \cdot cap / g \\
 V_{bus}^{PR} &= (\theta_{tv} + \theta_{tv_T} \cdot T) \cdot tv + (\theta_{c/g} + \theta_{c/g_S} \cdot S) \cdot c / g \\
 &+ (\theta_{tcam} + \theta_{tcam_O} \cdot O) \cdot tcam + (\theta_f + \theta_{f_E} \cdot E) \cdot f \\
 V_{conductor}^{PD} &= \theta_{cmcc} + (\theta_{tv} + \theta_{tv_T} \cdot T) \cdot tv + (\theta_{c/g} + \theta_{c/g_S} \cdot S) \cdot c / g \\
 &+ (\theta_{cap/g} + \theta_{cap/g_mvo} \cdot mvo) \cdot cap / g \\
 V_{bus}^{PD} &= (\theta_{tv} + \theta_{tv_T} \cdot T + \theta_{tv_cB} \cdot cB + \theta_{tv_cE} \cdot cE) \cdot tv \\
 &+ (\theta_{c/g} + \theta_{c/g_S} \cdot S + \theta_{f \cdot c/g} \cdot f) \cdot c / g + (\theta_f + \theta_{f_E} \cdot E) \cdot f
 \end{aligned} \tag{0.6}$$

donde

tv es el tiempo de viaje.

c es el coste del viaje.

g es la tasa de gasto.

cap es el coste de aparcamiento.

$tcam$ es el tiempo de caminata.

f es la frecuencia.

cB es comodidad baja.

cE es comodidad estándar.

T es trabaja.

S es el sexo.

mvo es el motivo de viaje.

O es el origen.

E es la edad.

θ los parámetros desconocidos.

De acuerdo a estas especificaciones podemos analizar el signo de la interacción entre el coste y la frecuencia. Las utilidades marginales del coste y de la frecuencia se obtienen derivando la FUIC con respecto al coste y la frecuencia respectivamente, expresión (4.7). De estas condiciones, siendo el signo del parámetro del coste negativo y de la frecuencia positiva se obtiene que el parámetro de la interacción debe pertenecer al intervalo definido en la expresión (4.8).

$$\begin{aligned} \frac{\partial V}{\partial c} &= \frac{1}{g} (\theta_{c/g} + \theta_{c/g_S} \cdot S + \theta_{f \cdot c/g} \cdot f) < 0 \\ \frac{\partial V}{\partial f} &= (\theta_f + \theta_{f_E} \cdot E + \theta_{f \cdot c/g} \cdot c/g) > 0 \end{aligned} \quad (0.7)$$

A partir de de (0.7) cuando $\theta_{c/g} < 0$ y $\theta_f > 0$, entonces

$$\begin{aligned}
\theta_{f \cdot c/g} &< -\frac{\theta_{c/g} + \theta_{c/g \cdot S} \cdot S}{f} \text{ y} \\
\theta_{f \cdot c/g} &> -\frac{\theta_f + \theta_{f \cdot E} \cdot E}{c} \cdot g \\
\therefore \theta_{f \cdot c/g} &\in \left[-\frac{\theta_f + \theta_{f \cdot E} \cdot E}{c} \cdot g, -\frac{\theta_{c/g} + \theta_{c/g \cdot S} \cdot S}{f} \right]
\end{aligned} \tag{0.8}$$

El parámetro del sexo en el coste del viaje ($\theta_{c/g \cdot S}$) y el de la edad en la frecuencia ($\theta_{f \cdot E}$) tienen signo positivo en nuestros modelos, así el límite inferior del intervalo es un número negativo mientras que el superior es un número positivo.

El parámetro estimado para la interacción debe pertenecer al intervalo que definen estas restricciones. El signo de la interacción puede ser positivo o negativo siempre y cuando pertenezca al intervalo. Este intervalo varía en función de las utilidades especificadas para las alternativas, por tanto, para cada modelo es necesario determinar el intervalo en el que se encuentra el signo de las interacciones. Además la definición de alguna otra interacción puede afectar a la definición del intervalo.

En nuestro caso se constató que el parámetro de la interacción siempre resultaba negativo y esta condición se verificó para prácticamente todo el rango de la muestra utilizada en la investigación. En concreto, para modelo 1 no se verifica un 12,25% de las observaciones y para el modelo 4 en un 20%. Dado que no se trata de porcentajes despreciables, en la aplicación de los modelos para el cálculo de disposiciones a pagar y análisis de política estudiaremos la sensibilidad de los resultados a la consideración, o no, de estos individuos.

En la Tabla 4.1 se presentan los modelos estimados para la especificación de parámetros genéricos para el tiempo de viaje y las dos formas de especificar la comodidad; en el modelo 1 se especifica la comodidad como variable ficticia y en el modelo 2

interactuando con el tiempo de viaje. Los resultados fueron estimados con la base de datos que elimina sólo a los individuos cautivos e inconsistentes en PD.

En cuanto a los signos de los parámetros, todos resultan con el signo esperado, a excepción de la constante de la alternativa coche acompañante que *a priori* se esperaría positiva. El signo negativo de esta constante se podría interpretar como que existe una mayor preferencia por el bus que por el coche acompañante, *ceteris paribus*, pero esta es una interpretación un poco forzada ya que la constante básicamente busca asegurar que la proporción de mercado modelizada de la alternativa sea igual a la proporción de mercado observada (Carrasco y Ortúzar, 2002).

También se especificó constante específica para la alternativa de coche conductor en PD. En este caso, resultó ser casi cero y poco significativa. Se estimó nuevamente el modelo eliminando esta constante de la especificación; estas últimas son las estimaciones que se presentan en la tabla.

Respecto al signo de las variables socioeconómicas, el parámetro de la variable *trabaja* en el tiempo de viaje resulta negativo, lo que quiere decir que para los individuos que trabajan (cuando la variable trabaja toma valor 1) la desutilidad del tiempo de viaje es mayor en la cuantía de este parámetro que para los individuos que no trabajan (cuando toma valor 0). Los individuos que trabajan tienen menos tiempo disponible que los que no trabajan, por lo tanto, es lógico que la desutilidad que genera el tiempo de viaje sea mayor que para los que no trabajan. Por otra parte, esta mayor desutilidad va a implicar una mayor disposición al pago por ahorros de tiempo de viaje (como veremos en el siguiente epígrafe), lo cual confirma la hipótesis de que las personas que trabajan tienen, en términos generales, una mayor disposición al pago, como ya apuntamos.

Tabla 4.1: Modelos con parámetros genéricos

Parámetros		Modelo 1	Modelo 2
C_conductor	θ_{cmc}	3,463 (7,7) ¹	3,582 (7,9)
C_acompañante	θ_{cma}	-0,8219 (-2,7)	-0,773 (-2,5)
Tiempo de viaje	θ_{tv}	-0,01914 (-1,9)	-0,01494 (-1,4)
Tv_Trabaja	θ_{tv_T}	-0,04859 (-2,7)	-0,05189 (-2,9)
Coste del viaje	$\theta_{c/g}$	-0,3309 (-3,7)	-0,3747 (-4,2)
C/g_Sexo	θ_{c/g_S}	0,1695 (2,5)	0,2041 (2,8)
C/g·Frecuencia	θ_{c/g_f}	-0,04388 (-2,5)	-0,04498 (-2,3)
Coste de aparcamiento	$\theta_{cap/g}$	-0.0483 (-0.5)	-0.03251 (-0.3)
Cap/g_Motivo viaje	θ_{cap/g_mvo}	-0.4746 (-3.1)	-0.5002 (-2.9)
Tiempo de caminata	θ_{icam}	-0,07938 (-2,1)	-0,07846 (2,0)
Tcam_Origen	θ_{icam_O}	-0,1354 (-2,4)	-0,1341 (-2,4)
Frecuencia	θ_f	0,1294 (2,9)	0,1174 (-2,5)
Frecuencia_Edad	θ_{f_E}	0,1137 (2,3)	0,1483 (2,7)
Comodidad Baja	θ_{cB}	-1,967 (-4,2)	-
Comodidad Estándar	θ_{cE}	-0,5641 (-2,4)	-
Tv_ Comodidad Baja	θ_{tv_cB}	-	-0,0584 (-4,2)
Tv_ Comodidad Estándar	θ_{tv_cE}	-	-0,01341 (-1,9)
Factor de escala	μ	0,8884	0,7213
		(4,0) [0,50] ²	(4,2) [1,63]
ρ^2	$\rho^2(C)$	0,1304	0,1237
Log-verosimilitud	$l(\theta)$	-583,4861	-588,0076
Nº de observaciones		1286	1286

¹estadístico t²test del factor de escala con respecto a uno.

La segunda variable socioeconómica significativa es el *sexo* especificada en el coste del viaje. Su parámetro toma signo positivo, lo que significa que para los hombres (cuando

la variable toma valor 1) la percepción del coste es igual a la suma de ambos parámetros, $\theta_{c/g} + \theta_{c/g_s}$; mientras que para las mujeres (cuando la variable toma valor 0) sería $\theta_{c/g}$. Esta especificación del sexo en el coste va a determinar que la disposición a pagar de los hombres sea mayor que la de las mujeres, pues el denominador es menor en la cuantía del parámetro θ_{c/g_s} . Esto quiere decir la percepción entre hombres y mujeres es diferente, lo que define patrones de comportamiento distintos en función del género.

Como tercera variable socioeconómica tenemos el *motivo de viaje*, que fue especificado en el coste de aparcamiento. Sin embargo, al incluirla el parámetro base del coste de aparcamiento, $\theta_{cap/g}$, perdió significación, siendo ésta bastante baja; no obstante, nos pareció más interesante dejar la variable socioeconómica que no incluirla para captar el efecto del motivo y obtener distintas valoraciones del atributo en función de si el motivo del viaje es obligado (cuando la variable toma valor 1) o no. Además, el parámetro del motivo del viaje en el coste de aparcamiento resulta bastante significativo, y su signo negativo nos está indicando que a las personas que viajan por motivo obligado les genera más desutilidad pagar el aparcamiento que a las personas que viajan por otro motivo.

Normalmente, los viajes obligados (por trabajo y estudios) son viajes con una mayor frecuencia que los viajes por otro motivo y esta mayor frecuencia, en términos de coste de aparcamiento, implica una mayor proporción de renta gastada en transporte.

La variable *origen* fue especificada en el tiempo de caminata. Esta variable toma valor 1 para los entrevistados que residen en Arucas y 0 para los que residen en Telde. Como su parámetro resultó con signo negativo, esto implica que a las personas que residen en Arucas caminar hasta la parada de bus les genera más desutilidad que a los residentes en Telde, y por tanto, tienen una disposición a pagar mayor por reducir este tiempo de

caminata. Este parámetro está recogiendo un hecho importante y es que en Arucas la distancia a la parada de bus es, normalmente, mayor que en el caso del municipio de Telde, la señalización es escasa y en muchas ocasiones no hay marquesina o alguna estructura física que permita a la persona esperar sentada o resguardarse cuando las condiciones climatológicas no son buenas. En este sentido, en general, la zona Norte tiene un déficit en cuanto al acceso al transporte colectivo de viajeros.

Y finalmente, la *edad* que está especificada con la frecuencia; el parámetro resulta con signo positivo e implica que para las personas mayores de treinta y cinco años (cuando la variable edad toma valor 1) las mejoras en la frecuencia son más valoradas, en parte porque a estas personas les incomoda más esperar en la parada de bus, los aumentos en frecuencia reducen el tiempo medio de espera.

El parámetro del tiempo es poco significativo en el modelo 2 (ver Tabla 4.1); esto se debe a que se han definido tres variables interactuando con el tiempo de viaje: si trabaja, la comodidad baja y la comodidad estándar, lo que puede disminuir la significación del parámetro básico. Sin embargo, todas estas son significativas⁷⁵ al 95%.

Para ambos modelos el factor de escala⁷⁶ (μ) es menor que uno, lo significa que la varianza de los datos de PD es mayor que la de los datos de PR, esto es, tienen más ruido los datos de PD. Y si comparamos ambos modelos en función del ρ^2 calculado según la expresión (0.4), el modelo 1 presenta un mejor ajuste que el modelo 2.

⁷⁵ El parámetro del tiempo de viaje por la comodidad estándar es significativo al 90%, pero está muy próximo al 95%, $t=-1,9$.

⁷⁶ El factor de escala es el cociente entre las desviaciones típicas de los datos de PR y PD (ver expresión 2.58).

En la Tabla 4.2 se presentan los modelos que consideran parámetros específicos para el tiempo de viaje, distinguiendo entre transporte privado (coche conductor en PR y PD; y acompañante en PR) y colectivo (bus en PR y PD). El modelo 3 se corresponde al modelo 1, mientras que el modelo 4 al modelo 2, esto es, el modelo 1 es el modelo restringido del modelo 3 y el modelo 2 del 4.

Los resultados de la estimación son similares a los de modelos restringidos, signos de acuerdo a lo esperado y significación al 95% para la gran mayoría de los parámetros. El parámetro del coste de aparcamiento sigue resultando poco significativo, y también pasa a serlo el del tiempo de viaje en transporte colectivo, especialmente para el modelo 4. Como la comodidad está definida en la alternativa del bus en PD, el parámetro del tiempo en transporte colectivo resulta muy poco significativo en este modelo. Igual que en los anteriores modelos, el factor de escala resulta menor que uno y el ajuste del modelo 3 es un poco mejor que el del modelo 4.

Para comparar el modelo de parámetros genéricos con el de parámetros específicos debemos contrastar la hipótesis de que los parámetros del tiempo de viaje en transporte privado sean iguales a los del transporte colectivo, esto implica la definición de dos restricciones lineales:

$$\begin{aligned}\theta_{tp} - \theta_{tc} &= 0 \\ \theta_{tp_T} - \theta_{tc_T} &= 0\end{aligned}\tag{0.9}$$

Según el test de razón de verosimilitud, expresión (0.3), aceptaríamos que el modelo 1 es una especificación correcta pues $LR_{\text{modelo 1-3}} = 2,609 < \chi^2_{2,95\%} = 5,99$; mientras que para los modelos donde la comodidad se especifica interactuando con el tiempo de

viaje, se rechazaría la hipótesis nula, aceptándose el modelo de parámetros específicos, modelo 4, $LR_{\text{modelo 2-4}} = 6,2616 > \chi^2_{2,95\%} = 5,99$.

La siguiente cuestión sería decidir entre el modelo 1 y el modelo 4. Como ambos modelos son bastantes similares, es difícil determinar cuál es estadísticamente superior, por lo que hemos optado por presentar ambos y comparar los resultados. Las disposiciones a pagar que se derivan de cada uno son muy interesantes, ya que permiten obtener valores según diferentes características socioeconómicas de la muestra, y éstas difieren entre los modelos 1 y 4; concretamente, para el tiempo de viaje con el modelo 4 se obtienen dieciséis valores subjetivos del tiempo de viaje en función de si viaja en transporte privado o colectivo, del sexo, si trabaja y nivel de comodidad, frente a los ocho que se obtienen con el modelo 1. Nos pareció interesante presentar ambos modelos y analizar la sensibilidad de los resultados (las disposiciones a pagar y análisis de predicción de distintas medidas de política) a la especificación.

Tabla 4.2: Modelos con parámetros específicos.

Parámetros		Modelo 3	Modelo 4
C_conductor	θ_{cmc}	3,617 (7,0) ¹	4,138 (6,9)
C_acompañante	θ_{cma}	-0,6559 (-1,7)	-0,1882 (-0,4)
Tv_Tprivado	θ_{tvp}	-0,02176 (-1,9)	-0,02743 (-2,0)
Tv_Tprivado_Trabaja	θ_{tvp_T}	-0,05407 (-2,8)	-0,05323 (-2,7)
Tv_Tcolectivo	θ_{tvc}	-0,01650 (-1,6)	-0,007941 (-0,7)
Tv_Tcolectivo_Trabaja	θ_{tvc_T}	-0,04946 (-2,7)	-0,05124 (-2,9)
Coste del viaje	$\theta_{c/g}$	-0,3287 (-3,5)	-0,370 (-4,0)
C/g_Sexo	θ_{c/g_S}	0,1856 (2,6)	0,2267 (2,9)
C/g·Frecuencia	θ_{c/g_f}	-0,0428 (-2,2)	-0,05021 (-2,2)
Coste de aparcamiento	$\theta_{cap/g}$	-0,04808 (-0,5)	-0,0242 (-0,2)
Cap/g_Motivo viaje	θ_{cap/g_mvo}	-0,4337 (-2,7)	-0,4447 (-2,4)
Tiempo de caminata	θ_{tcam}	-0,07714 (-2,0)	-0,07302 (-1,9)
Tcam_Origen	θ_{tcam_O}	-0,1422 (-2,2)	-0,1442 (-2,6)
Frecuencia	θ_f	0,1214 (2,6)	0,1032 (2,0)
Frecuencia_Edad	θ_{f_E}	0,1057 (2,0)	0,1593 (2,6)
Comodidad Baja	θ_{cB}	-2,198 (-3,7)	-
Comodidad Estándar	θ_{cE}	-0,748 (-2,5)	-
Tv_Comodidad Baja	θ_{tvcB}	-	-0,07894 (-3,9)
Tv_Comodidad Estándar	θ_{tvcE}	-	-0,02806 (-2,5)
Factor de escala	μ	0,8495	0,6211
		(3,7) [0,65] ²	(4,0) [2,43]
ρ^2	$\rho^2(C)$	0,1323	0,1283
Log-verosimilitud	$l(\theta)$	-582,1816	-584,8768
Nº de observaciones		1286	1286

¹estadístico t²test del factor de escala con respecto a uno.

4.4 Cálculo de disposiciones a pagar

En este epígrafe se van a obtener las disposiciones a pagar por mejoras en el atributo de una alternativa, lo que se denomina normalmente valor subjetivo del atributo o característica k , y que se obtiene, según la teoría microeconómica, como el cociente negativo entre la utilidad marginal de dicha característica y la utilidad marginal de la renta. Este índice mide lo que el individuo está dispuesto a pagar por la mejora del atributo en cuestión. La utilidad marginal de la renta es igual a menos la utilidad marginal del coste, así tenemos:

$$SV_k = -\frac{\partial V / \partial k}{\partial V / \partial I} = \frac{\partial V / \partial k}{\partial V / \partial c} \quad (0.10)$$

Utilizando la expresión (0.10), derivaremos los valores subjetivos de las distintas características de las alternativas para el modelo 1 y 4. Las disposiciones a pagar que difieren entre ambos modelos son las del tiempo de viaje y la comodidad; las del tiempo de caminata y de la frecuencia permanecen invariables en cuanto a la expresión a utilizar para la obtención del valor.

Las utilidades marginales se han obtenido sobre una utilidad híbrida definida a partir de los atributos comunes a PR y PD y a aquellos que sólo están especificadas en PR o en PD.

Para el modelo 1, el valor subjetivo del tiempo de viaje depende de si es hombre o mujer y de si trabaja o no, la expresión es:

$$\begin{aligned}
 VStv_{t_privado} &= \frac{\theta_{tv} + \theta_{tv_T} \cdot T}{\theta_{c/g} + \theta_{c/g_S} \cdot S} \cdot g \\
 VStv_{t_colectivo} &= \frac{\theta_{tv} + \theta_{tv_T} \cdot T}{\theta_{c/g} + \theta_{c/g_S} \cdot S + \theta_{c/g_f} \cdot f} \cdot g
 \end{aligned} \tag{0.11}$$

Mientras que para el modelo 4, el valor subjetivo del tiempo de viaje va a depender además del nivel de comodidad:

$$\begin{aligned}
 VStv_{t_privado} &= \frac{\theta_{tvp} + \theta_{tvp_T} \cdot T}{\theta_{c/g} + \theta_{c/g_S} \cdot S} \cdot g \\
 VStv_{t_colectivo} &= \frac{\theta_{tvc} + \theta_{tvc_T} \cdot T + \theta_{tvc_cB} \cdot cB + \theta_{tvc_cE} \cdot cE}{\theta_{c/g} + \theta_{c/g_S} \cdot S + \theta_{c/g_f} \cdot f} \cdot g
 \end{aligned} \tag{0.12}$$

Para el tiempo de caminata, el valor subjetivo depende de si es hombre o mujer y de si reside en Arucas o Telde:

$$VStcam = \frac{\theta_{tcam} + \theta_{tcam_O} \cdot O}{\theta_{c/g} + \theta_{c/g_S} \cdot S + \theta_{c/g_f} \cdot f} \cdot g \tag{0.13}$$

El valor subjetivo de la frecuencia está en función de la edad y del sexo:

$$VSf = \frac{\theta_f + \theta_{f_E} \cdot E + \theta_{c/g_f} \cdot c/g}{\theta_{c/g} + \theta_{c/g_S} \cdot S + \theta_{c/g_f} \cdot f} \cdot g \tag{0.14}$$

Con respecto a la comodidad, vamos a tener una disposición a pagar por cambiar de comodidad baja a comodidad estándar, esto es, disposición a pagar por no ir de pie y otra por cambiar de comodidad estándar a alta, disposición a pagar por elegir asiento. Para el modelo 4 estas disposiciones van a estar en función del tiempo de viaje.

Para el modelo 1, la disposición a pagar por mejoras en la comodidad en función del sexo son:

$$\begin{aligned}
DAP_{cB_cE} &= -\frac{\theta_{cE} - \theta_{cB}}{\theta_{c/g} + \theta_{c/g_S} \cdot S + \theta_{c/g_f} \cdot f} \cdot g \\
DAP_{cE_cA} &= \frac{\theta_{cE}}{\theta_{c/g} + \theta_{c/g_S} \cdot S + \theta_{c/g_f} \cdot f} \cdot g
\end{aligned}
\tag{0.15}$$

Y para el modelo 4, tenemos:

$$\begin{aligned}
DAP_{cB_cE} &= -\frac{(\theta_{tc_cE} - \theta_{tc_cB}) \cdot tv}{\theta_{c/g} + \theta_{c/g_S} \cdot S + \theta_{c/g_f} \cdot f} \cdot g \\
DAP_{cE_cA} &= \frac{\theta_{tc_cE} \cdot tv}{\theta_{c/g} + \theta_{c/g_S} \cdot S + \theta_{c/g_f} \cdot f} \cdot g
\end{aligned}
\tag{0.16}$$

Como puede observarse, las expresiones anteriores dependen de variables que son individuales, como es la tasa de gasto o la frecuencia de la alternativa bus. Por tanto, debemos calcular tales valores para cada individuo y posteriormente obtener un valor medio del total de individuos por clases, éstas estarán definidas en función de las características socioeconómicas que afecten a cada disposición. La agregación se realiza mediante la enumeración muestral (ver epígrafe 2.4).

Presentamos los valores subjetivos calculados con los modelos 1 y 4. Estos cálculos se realizan solo para las observaciones de PR, ya que se trata de elecciones efectivas y no de preferencias eventuales como es el caso de los datos de PD. La FUIC se construye utilizando los parámetros comunes estimados así como los no comunes, según recomiendan Louviere *et al* (2000). Por otra parte, los datos de PD han sido escalados para la estimación conjunta. Si utilizamos parámetros de variables que solo están definidas en los datos de PD (la comodidad en nuestro caso), debemos multiplicar dichos parámetros por el factor de escala para el cálculo de disposiciones al pago y predicción de demanda. Sin embargo, cuando las variables están definidas para los datos

de PR (caso de la interacción del coste y la frecuencia) y se utiliza un parámetro estimado en la utilidad de PD no es preciso escalarlo (Cherchi, 2003).

Para cada modelo hay un número no despreciable de individuos que no verifican las condiciones microeconómicas definidas en relación al signo de la interacción (12,5% para el modelo 1 y 20% para el modelo 4). Para estos individuos, resultan valores subjetivos de la frecuencia con el signo contrario debido a que violan la condición de que la utilidad marginal de la frecuencia sea positiva; para el resto de las disposiciones al pago los signos son correctos para todos los individuos, incluidos estos últimos.

Hemos realizado los cálculos de dos formas: para todos los individuos y eliminando a aquellos que no verifican las condiciones microeconómicas según el modelo. En el primer caso, a estos individuos se les asigna valor cero para calcular el promedio de la disposición a pagar de cada categoría. En el segundo caso, simplemente los eliminamos.

Existen diferencias entre los valores subjetivos calculados considerando o no a los individuos que violan los supuestos microeconómicos, las cuales se pueden considerar despreciables en el modelo 1 que están en torno al 10% (salvo algunas excepciones) pero son importantes para los cálculos realizados para el modelo 4; donde el número de individuos que no verifican la condición de la interacción es mayor que para el modelo 1, (ver tablas 4.3 a 4.7).

Podemos concluir que el cálculo de las disposiciones a pagar es sensible a la consideración o no de aquellas personas para las que no se verifican las condiciones microeconómicas, puesto que el modelo no está modelizando correctamente su comportamiento y sería recomendable comprobar si efectivamente las variaciones en los cálculos son relevantes o no.

En la Tabla 4.3 se presentan los valores subjetivos del tiempo de viaje calculados para el modelo 1 y el 4 en pts⁷⁷/hora, así como la diferencia en porcentaje entre estos valores considerando como base los cálculos realizados con todos los individuos. Para el modelo 1 tenemos valores subjetivos para el transporte privado o colectivo, si el que viaja es hombre o mujer⁷⁸ y si trabaja o no, esto es, un total de ocho valores. Para el modelo 4, tenemos los valores además en función de la comodidad en el bus, obteniéndose dieciséis disposiciones a pagar.

Para las mujeres, los valores son menores que para los hombres, al igual que para los no trabajadores y para el transporte colectivo. Por ejemplo, en el modelo 1 un hombre que trabaja y viaja en transporte privado, tendríamos que estaría dispuesto a pagar 3767 pts por ahorrar una hora de su viaje frente a uno que no trabaja que solo estaría dispuesto a pagar 850 pts⁷⁹. Mientras que este mismo individuo solo estaría dispuesto a pagar 2281 pts por ahorrar una hora en transporte colectivo si trabajara y 550 pts si no trabajara. Por otro lado, una mujer que viaja en transporte privado estaría dispuesta a pagar 2282 pts por ahorrar una hora de viaje si trabaja y 401 pts si no trabaja; mientras que si viajara en transporte colectivo, 1827 pts y 315 pts, respectivamente. Como se ha comentado anteriormente, las disposiciones a pagar de los hombres son mayores que las de las mujeres, así como las de los trabajadores mayores que las de personas que no trabajan.

⁷⁷ Todos los cálculos se han realizado en pesetas por ser la unidad monetaria vigente durante la de toma de datos.

⁷⁸ Todos los valores van a estar en función del sexo porque esta variable interactúa con el coste.

⁷⁹ Estamos considerando los valores calculados sin los individuos que no verifican los supuestos que establece la teoría microeconómica.

Tabla 4.3: Valores subjetivos del tiempo de viaje

Valor subjetivo del tiempo de viaje					
Modelo 1			Todos ¹	Sin ¹	Diferencia ²
T. Privado	Mujer	No trabaja	359	401	11,88
		Trabaja	2206	2282	3,46
	Hombre	No trabaja	724	850	17,39
		Trabaja	3747	3767	0,54
	Promedio Total		1857	2061	10,97
T. Colectivo	Mujer	No trabaja	282	315	11,43
		Trabaja	1768	1827	3,3
	Hombre	No trabaja	474	551	16,09
		Trabaja	2273	2281	0,38
	Promedio total		1228	1357	10,55
Modelo 4			Todos ¹	Sin ¹	Diferencia ²
T. Privado	Mujer	No trabaja	460	534	16,17
		Trabaja	2349	2518	7,20
	Hombre	No trabaja	1169	1457	24,59
		Trabaja	5026	5162	27,08
	Promedio total		2421	2809	16,45
T. Colectivo C. Alta	Mujer	No trabaja	104	120	15,20
		Trabaja	1376	1468	6,67
	Hombre	No trabaja	204	252	23,36
		Trabaja	2048	2092	2,13
	Promedio total		977	1141	16,75
T. Colectivo C. Estándar	Mujer	No trabaja	333	384	15,20
		Trabaja	1781	1900	6,67
	Hombre	No Trabaja	652	804	23,36
		Trabaja	2652	2708	2,13
	Promedio total		1405	1618	15,14
T. Colectivo C. Baja	Mujer	No trabaja	748	862	15,20
		Trabaja	2516	2683	6,67
	Hombre	No trabaja	1464	1806	2,36
		Trabaja	3745	3825	2,13
	Promedio total		2181	2483	13,83

¹Valores en pts/hora.²Diferencia en porcentaje sobre el valor considerando a todos los individuos.

Cuando incluimos todos los individuos obtenemos valores de la disposición a pagar por ahorros de tiempo inferiores al caso en que se eliminan a aquellos para los cuales el modelo no se ajusta bien a su comportamiento. De hecho, observando los valores de la última columna apreciamos diferencias cercanas al 25% en el modelo 4 para los hombres que no trabajan.

En la Tabla 4.4 se presentan los valores subjetivos del tiempo de caminata. Estos valores están en función del sexo y del origen residencial del entrevistado, teniendo un total de cuatro valores. Las personas residentes en Arucas tienen una mayor disposición a pagar por reducir el tiempo de caminata en un minuto que las residentes en Telde. Los valores entre los modelos no son muy distintos, siendo los valores puntuales sin distinguir clases por sexo y origen exactamente iguales.

Tabla 4.4: Valores subjetivos del tiempo de caminata

Valor subjetivo del tiempo de caminata				
Modelo 1		Todos ¹	Sin ¹	Diferencia ²
Mujer	Telde	23	25	9,82
	Arucas	82	87	6,55
Hombre	Telde	36	39	6,65
	Arucas	132	140	6,28
Promedio Total		53	57	8,48
Modelo 4		Todos ¹	Sin ¹	Diferencia ²
Mujer	Telde	27	21	-21,22
	Arucas	74	82	11,11
Hombre	Telde	34	38	9,99
	Arucas	139	151	9,01
Promedio Total		53	57	7,59

¹Valores en pts/minuto.

²Diferencia en porcentaje sobre el valor considerando a todos los individuos.

El valor subjetivo de la frecuencia resulta con signo negativo porque se trata de una variable cuya utilidad marginal es positiva. Por tanto, la disposición a pagar por aumentar la frecuencia en una unidad debe interpretarse como el valor absoluto de los valores presentados en la Tabla 4.5. Se obtuvieron valores positivos para aquellos

individuos que no verificaban las condiciones microeconómicas de la interacción. Cuando consideramos a todos los individuos, a los anteriores les asignamos valor cero para calcular el promedio de cada clase. En este caso, las clases están definidas por el sexo y la edad (menores o mayores de treinta y cinco años). Las personas mayores de treinta y cinco años estarían dispuestas a pagar más por un aumento de la frecuencia en un bus a la hora. Las diferencias entre los modelos se producen para los menores de treinta y cinco años, mientras que para los mayores las disposiciones entre modelos no varían significativamente. Las mayores diferencias comparando entre todos los individuos o sólo los que cumplen con la teoría microeconómica son importantes justamente para los menores de treinta y cinco años, especialmente en el modelo 4.

Tabla 4.5: Valores subjetivos de la frecuencia

Valor subjetivo de la frecuencia				
Modelo 1		Todos ¹	Sin ¹	Diferencia ²
Mujer	Menor de 35 años ³	-23	-29	26,52
	Mayor de 35 años	-58	-61	5,23
Hombre	Menor de 35 años	-39	-48	22,88
	Mayor de 35 años	-81	-85	4,86
Promedio Total		-51	-58	14,76
Modelo 4		Todos ¹	Sin ¹	Diferencia ²
Mujer	Menor de 35 años	-12	-19	53,21
	Mayor de 35 años	-55	-59	7,33
Hombre	Menor de 35 años	-24	-36	49,21
	Mayor de 35 años	-88	-93	6,01
Promedio Total		-45	-57	26,49

¹Valores en pts/bus a la hora.

²Diferencia en porcentaje sobre el valor considerando a todos los individuos.

³Incluye a los que tienen 35 años.

Finalmente, presentamos las disposiciones a pagar por mejoras en la comodidad. En la Tabla 4.6 tenemos las disposiciones por mejorar de comodidad baja a estándar y en la Tabla 4.7 de comodidad estándar a alta, esta última debe ser menor. Para el modelo 4, estas disposiciones se obtienen para cada individuo, pues dependen del tiempo de viaje,

ver expresión (0.16). En este caso, los hemos agrupado por sexo para calcular un valor puntual.

Tabla 4.6: Disposiciones a pagar por el cambio comodidad baja a estándar

Disposición a pagar de comodidad baja a estándar			
Modelo 1	Todos ¹	Sin ¹	Diferencia ²
Mujeres	396	431	9,01
Hombres	625	666	6,67
Promedio Total	519	559	7,70
Modelo 4	Todos ¹	Sin ¹	Diferencia ²
Mujeres	322	516	60,25
Hombres	604	652	7,85
Promedio Total	474	590	24,48

¹Valores en pts.

²Diferencia en porcentaje sobre el valor considerando a todos los individuos.

Tenemos que las mujeres en el modelo 1 están dispuestas a pagar 431 pts por no viajar de pie, frente a las 666 pts que estarían dispuestos a pagar los hombres. Mientras que en el modelo 4, las disposiciones serían de 516 pts para las mujeres y de 652 pts para los hombres. Se puede observar que la disposición a pagar de las mujeres en este modelo varía más de un sesenta por ciento con respecto al caso con todos los individuos.

Tabla 4.7: Disposiciones a pagar de comodidad estándar a alta

Disposición a pagar de comodidad estándar a alta			
Modelo 1	Todos ¹	Sin ¹	Diferencia ²
Mujeres	159	173	9,01
Hombres	251	268	6,67
Promedio Total	209	225	7,70
Modelo 4	Todos ¹	Sin ¹	Diferencia ²
Mujeres	178	196	10,11
Hombres	333	359	7,85
Promedio Total	261	285	8,94

¹Valores en pts.

²Diferencia en porcentaje sobre el valor considerando a todos los individuos.

Las disposiciones a pagar por elegir asiento (cambiar de comodidad estándar a alta) son mucho menores. En el modelo 4, una mujer estaría dispuesta a pagar sólo 196 pts por

elegir asiento frente a las 359 pts de un hombre, esto es, aproximadamente el doble que una mujer.

Se debe señalar que para especificaciones lineales de la FUIC es posible calcular intervalos de confianza para estas disposiciones a pagar (ver Armstrong *et al*, 2001). Sin embargo, para especificaciones no lineales como es nuestro caso, tendríamos que calcular un intervalo por individuo y no está claro cómo determinarlo para el valor promedio de una clase compuesta por un número determinado de individuos.

Podemos concluir por un lado, que la inclusión de los individuos que violan las condiciones microeconómicas que establece la especificación de la interacción sesga a la baja los valores de las disposiciones a pagar, recomendándose por tanto la no consideración de los mismos; y por otro, destacar que en relación a las disposiciones a pagar obtenidas, para todos los hombres están dispuestos a pagar más que las mujeres. Además, cada una de ellas varía en función de alguna otra característica socioeconómica. El valor subjetivo del tiempo de viaje es mayor para los trabajadores que para los no trabajadores y disminuye cuando la comodidad aumenta en el caso del modelo 4. La disposición a pagar por mejoras en la frecuencia del bus tiene un mayor valor para las personas mayores de treinta y cinco años. Para el tiempo de caminata, la disposición al pago es mayor para los que residen en Arucas (origen de uno de los corredores); y finalmente, las disposiciones a pagar por mejoras en la comodidad aumentan con el tiempo de viaje en el caso del modelo 4.

4.5 Análisis de la respuesta de la demanda

En esta sección estudiamos determinadas medidas de política con el objetivo de predecir su efecto sobre la elección modal. Este análisis se realiza sólo con datos de PR como en

el epígrafe anterior; e igualmente considerando a todos los individuos de PR y eliminando a los que no verifican las condiciones microeconómicas para cada modelo estimado.

La respuesta a los cambios estudiados se calcula como el porcentaje de variación de la cuota⁸⁰ de mercado agregada de la alternativa j respecto de la situación inicial, esto es:

$$\Delta P_j = \frac{P_j^1 - P_j^0}{P_j^0} \quad (0.17)$$

donde P_j^0 es la probabilidad agregada de la alternativa j antes de la política y P_j^1 , la probabilidad agregada de la alternativa j una vez realizada la política; ambas son calculadas por enumeración muestral.

Para definir las distintas políticas se ha tomado como referencia el diseño del experimento de PD realizado en esta investigación. Así hemos estudiado mejoras en la frecuencia de los buses, incrementos en el coste de aparcamiento, y reducción de la tarifa y del tiempo de viaje del bus. Además hemos estudiado la combinación de varias de estas medidas de política.

Comparando los resultados obtenidos para las distintas políticas analizadas, con todos los individuos o eliminando los que no verifican la condición que define la interacción, encontramos que las diferencias son significativas para el modelo 1 cuando estudiamos el aumento del coste de aparcamiento y la reducción de las tarifas; mientras que la combinación de políticas presenta diferencias en todas las analizadas. Para el modelo 4, en el caso de combinación de políticas las diferencias no son significativas y si lo son

⁸⁰ En realidad no se trata de cuotas de mercado porque no conocemos el número de individuos que en la población viaja en cada modo de transporte, sino de las probabilidades de elección para nuestra muestra.

cuando analizamos las medidas de mejora de la frecuencia y de reducción del tiempo de viaje en bus individualmente. En general, los valores de las variaciones porcentuales de la elección modal son menores cuando eliminamos a los individuos que no verifican los supuestos de la teoría microeconómica. Presentaremos los resultados de las medidas de política sin considerar a estos individuos porque creemos que distorsionan el efecto de las políticas sobre la elección. En el Anexo II se presenta los resultados con todos los individuos.

La primera medida analizada es la mejora de la frecuencia en el bus. En el diseño de PD se establecieron dos niveles de mejora de la frecuencia, definida ésta en la encuesta como el intervalo de tiempo entre dos buses consecutivos. En el nivel 1 se reducía en un veinticinco y en el nivel 2 un cincuenta por ciento. Estas reducciones del tiempo entre buses implican un incremento del número de buses/hora del cincuenta y cien por ciento, respectivamente; y han sido éstas las variaciones de frecuencia estudiadas.

Las variaciones porcentuales de la probabilidad del bus son similares para ambos modelos, tanto al incrementar la frecuencia en un cincuenta como en un cien por cien. En la Tabla 4.8 se presentan, para los dos modelos, los porcentajes de variación del bus para los tres niveles de comodidad. Las diferencias entre ambos modelos no son significativas como se puede observar en la Figura 4.4. Así un incremento de la frecuencia en un cincuenta por ciento implicaría un aumento en la probabilidad de ir en bus del 6,18% si la comodidad es alta, de un 7,52% si la comodidad es estándar y 11,60% si es baja para el modelo 1. Para el modelo 4, estos porcentajes de variación serían del 6,24%, del 7,59% y del 10,15%, respectivamente.

Tabla 4.8: Porcentajes de variación de las políticas individuales

Modelo 1	Bus		
Políticas	C. Alta ¹	C. Estándar ¹	C. Baja ¹
50% de Frecuencia	6,18	7,52	11,60
100% de Frecuencia	12,37	15,17	24,54
Tarjeta Valor	5,21	6,17	8,81
Tarjeta Cliente	11,32	13,80	21,18
-10% Tiempo de viaje en bus	6,66	7,67	10,24
50% de Coste de aparcamiento	41,75	47,71	71,02
Modelo 4	Bus		
Políticas	C. Alta	C. Estándar	C. Baja
50% de Frecuencia	6,24 ¹	7,59	10,15
100% de Frecuencia	12,80	15,55	21,29
Tarjeta Valor	6,27	8,15	11,34
Tarjeta Cliente	14,26	18,52	26,11
-10% Tiempo de viaje en bus	3,87	7,36	15,38
50% de Coste de aparcamiento	38,70	40,65	46,85

¹Variaciones expresadas en porcentaje.

Respecto al incremento de la frecuencia en un cien por cien, los porcentajes de variación de la probabilidad de elegir bus son muy similares entre los modelos 1 y 4, la mayor diferencia se encuentra cuando el nivel de comodidad en el bus es baja (ver Tabla 4.8 y Figura 4.5). Así tenemos para el modelo 1 un aumento de la probabilidad de ir en bus del 12,37% si la comodidad es alta, del 15,17% si la comodidad es estándar y del 24,54% si es baja. Para el modelo 4, estos porcentajes de variación serían del 12,80%, del 15,55% y del 21,29%, respectivamente.

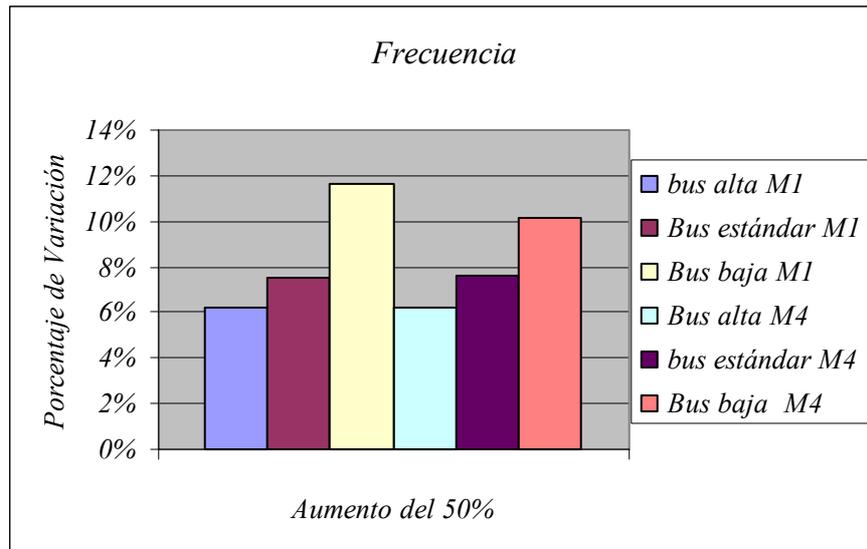


Figura 4.4: Variación de la probabilidad de elegir bus ante un aumento de la frecuencia (50%)

La segunda medida es la reducción de la tarifa del bus basándonos en la nueva definición de tarifas explicadas en el capítulo 3 (ver epígrafe 3.2.3 y Tabla 3.2). Hemos estudiado el caso de la tarjeta valor y la tarjeta cliente. La primera implica una reducción del treinta por ciento sobre la tarifa de la primera etapa y el trasbordo gratuito si la segunda etapa es urbana y un descuento del treinta por ciento si es interurbana. En cambio para la tarjeta valor, el descuento es progresivo en función del número de viajes que se realice y va del treinta al cincuenta por ciento como máximo. En este caso, hemos estudiado el supuesto del descuento máximo, es decir, una reducción en la tarifa del bus del cincuenta por ciento.

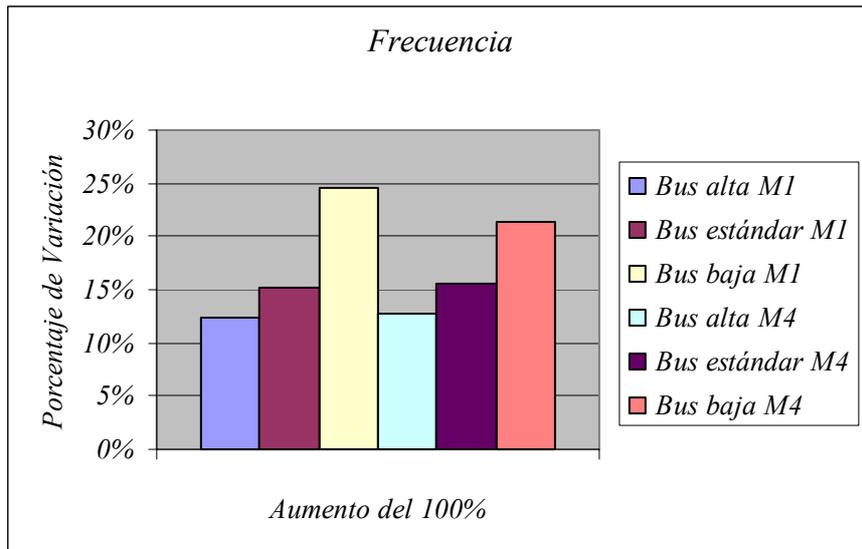


Figura 4.5: Variación de la probabilidad de elegir bus ante un aumento de la frecuencia (100%)

Las variaciones se presentan en la Tabla 4.8. Éstas son mayores para el modelo 4 que para el modelo 1 como puede observarse en la Figura 4.6 y Figura 4.7. Si comparamos estos resultados con las variaciones que se experimentan al variar la frecuencia tenemos que para el modelo 1 las reducciones en la tarifa determinan una menor variación para el bus que las derivadas del incremento de la frecuencia; mientras que estas variaciones son similares, para el modelo 4, si comparamos tarjeta valor con incrementar la frecuencia en un cincuenta por ciento. Por otro lado si se compara tarjeta cliente con un incremento de la frecuencia del cien por cien, las variaciones son un poco mayores para la reducción de la tarifa.

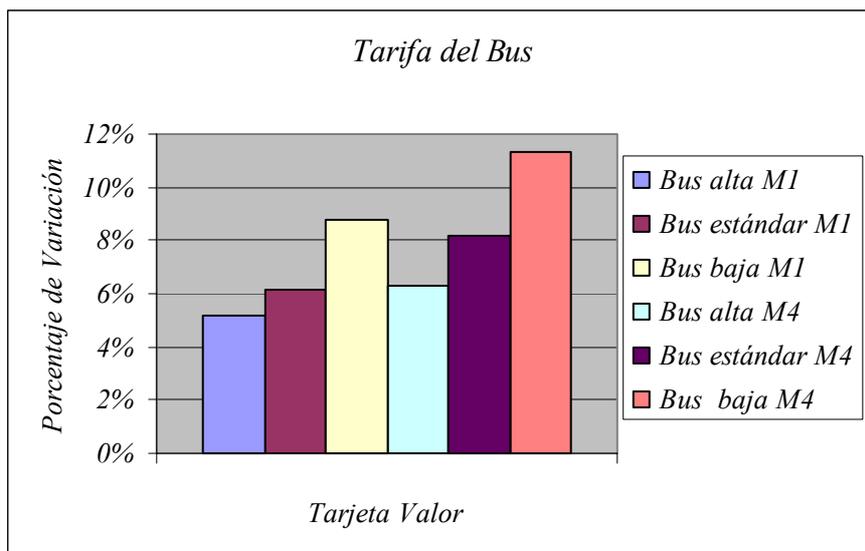


Figura 4.6: Variación de la probabilidad de elegir bus ante reducción de la tarifa (Tarjeta Valor)

La tercera política implica una reducción del tiempo de viaje en bus en un diez por ciento. Para analizar esta política consultamos a las empresas de transporte si era viable reducir los tiempos de viajes en bus si se establecían medidas como la creación de carriles bus y preferencia en los semáforos que permitieran al transporte público realizar los recorridos en menor tiempo; además se consultó si tenían algún estudio que permitiera determinar en cuánto se podrían reducir estos tiempos y si esta reducción variaba entre líneas, horas del día, etc. Las empresas no disponen de estudios sobre la reducción de los tiempos de viaje. Sin embargo, aseguran que es posible reducir los tiempos de viaje si se establecieran medidas de incentivo al transporte público; hoy sólo existen en la ciudad de Las Palmas seis kilómetros de carril⁸¹ bus y un único semáforo en el que tienen preferencia. Opinan, además, que estas medidas son viables en la práctica, aunque tal vez su implantación pueda ser más costosa que otras medidas.

⁸¹ Los kilómetros de carril bus existentes son utilizados sólo por Guaguas Municipales. Global sólo utiliza el carril bus de la Avda. de Rafael Cabrera, que no supera el kilómetro.

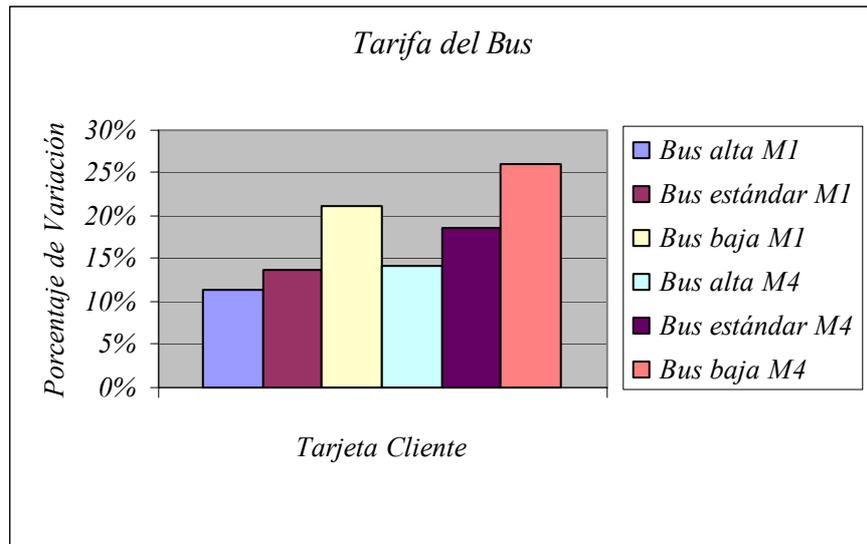


Figura 4.7: Variación de la probabilidad de elegir bus ante una reducción de la tarifa (Tarjeta Cliente)

Sin embargo, no disponían de mediciones de cuánto se reducirían estos tiempos en este momento. Nuestra intención era poder disponer de reducciones de tiempo por líneas y hora para asignar estas reducciones a aquellos individuos que se vean afectados y en la cuantía correspondiente porque estas medidas pueden afectar de distinta manera a cada línea y depender esta reducción de la hora del día.

Es por este motivo, que hemos estudiado sólo una reducción del 10% para analizar si el tiempo de viaje es tan relevante como se supone *a priori*. Analizando las diferencias de los tiempos de viaje en transporte privado y bus, si en el tiempo de viaje del transporte privado incluimos el tiempo de aparcamiento; un 16,62% de los entrevistados tiene un tiempo de viaje en transporte privado mayor que en bus y tan solo un 0,007% de éstos, elige la alternativa bus. De este análisis se puede concluir que es importante por un lado, definir políticas dirigidas a reducir los tiempos de viaje en bus para que éste se consolide como una alternativa al transporte privado y por otro, que no siempre el

tiempo de viaje es lo relevante⁸², pues este 16,62% prefiere adelantar su hora de salida con el objetivo de buscar aparcamiento aunque esto implique un tiempo de viaje total mayor que en transporte público⁸³.

Los resultados de esta política se pueden ver en la Tabla 4.8 y Figura 4.8, donde se puede observar que cuando la comodidad es estándar, ambos modelos predicen una variación similar, del 7,67% en el modelo 1 y del 7,36% en el 4; mientras que cuando la comodidad es alta o baja, las diferencias son significativas, un 6,66% y un 3,87% cuando la comodidad es alta para los modelos 1 y 4, respectivamente y un 10,24% y un 15,38% cuando la comodidad es baja.

La cuarta política analizada es el incremento del coste de aparcamiento en un cincuenta por ciento para los usuarios de transporte privado. Esta política define un aumento del coste de aparcamiento del cincuenta por ciento para los que declaran pagar coste de aparcamiento en la encuesta de PR; mientras que para los que declaran un coste cero realizamos un tratamiento similar al de la encuesta de PD para definir el coste de aparcamiento en el nivel 1 de dicha encuesta.

⁸² Una alternativa es valorada en función de un conjunto de atributos, siendo el tiempo de viaje uno de ellos.

⁸³ Este porcentaje de individuos presentan tiempos de aparcamientos elevados.

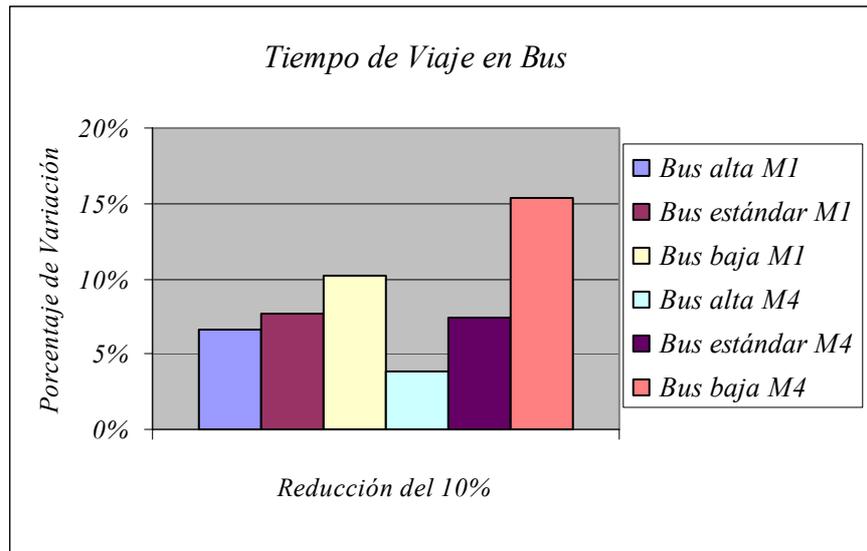


Figura 4.8: Variación de la probabilidad de elegir bus ante una reducción del tiempo de viaje (10%)

Para los que declaran aparcar en la calle se les estableció el precio del aparcamiento azul y para los que aparcan en aparcamiento privado el precio medio por hora de un aparcamiento privado. Este precio es muy similar entre los distintos aparcamientos de la ciudad. Asimismo, se distinguió por motivos de viaje de manera que a los que viajan por motivo de trabajo un mínimo de cinco veces a la semana se les asignó un coste de aparcamiento mensual igual a la media de la muestra. El coste de aparcamiento por día se obtiene como el cociente entre este valor y la frecuencia mensual⁸⁴. Las personas que viajan con una frecuencia menor son tan solo un 6,18% del total de personas que viajan por motivo de trabajo. A estas se les trató como a los que viajan por otros motivos, interpretando que en estos casos las personas no trabajan en la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria, sino que viajan para realizar algún trámite por motivos de trabajo que no les implica estar una jornada de ocho horas. No obstante, lo correcto hubiera sido haber

⁸⁴ La frecuencia del viaje es semanal, la mensual la calculamos multiplicando ésta por las cuatro semanas del mes.

consultado esta cuestión en la encuesta de PR; sin embargo, no creemos que el error sea muy grave porque se trata de un porcentaje pequeño.

Para el resto de los motivos⁸⁵ de viaje se estableció un tiempo de aparcamiento de dos horas que es el tiempo estimado para la realización de gestiones, compras, etc. Este tiempo es el máximo en el aparcamiento azul, ya que el cobro del aparcamiento en la calle pretende regular un espacio que es escaso en la ciudad y la definición de un tiempo máximo de estacionamiento permite la rotación de usuarios de este servicio.

Esta política es en parte la que lleva a cabo la institución local, ya que en los últimos años ha aumentado el número de plazas de aparcamiento privado a la vez que se ha reducido el espacio de aparcamiento en la calle mediante la ampliación de las aceras. Con esta política indirectamente se está obligando al que habitualmente aparcaba en la calle que asuma un coste de aparcamiento si quiere seguir desplazándose en vehículo privado. El que no está dispuesto a asumir este coste adicional deberá elegir otra alternativa de transporte para sus desplazamientos.

Los resultados de esta política predicen que la probabilidad del bus aumentaría considerablemente, ver Tabla 4.8 y Figura 4.9. El modelo 1 predice que el aumento del bus sería de un 41,75%, de un 47,71% y de un 71,02% para comodidad alta, estándar y baja, respectivamente. El modelo 4, por su parte, predice que estas variaciones serán del 38,70%, del 40,65% y del 46,85%, respectivamente. En este caso, no existen importantes diferencias en función del nivel de comodidad como ocurre en el modelo 1, concretamente para el nivel de comodidad baja.

⁸⁵ Se incluye el viaje por estudios porque un 72% de éstos declaran no trabajar y en este caso, suponemos que no estarían dispuestos a pagar un aparcamiento mensual.

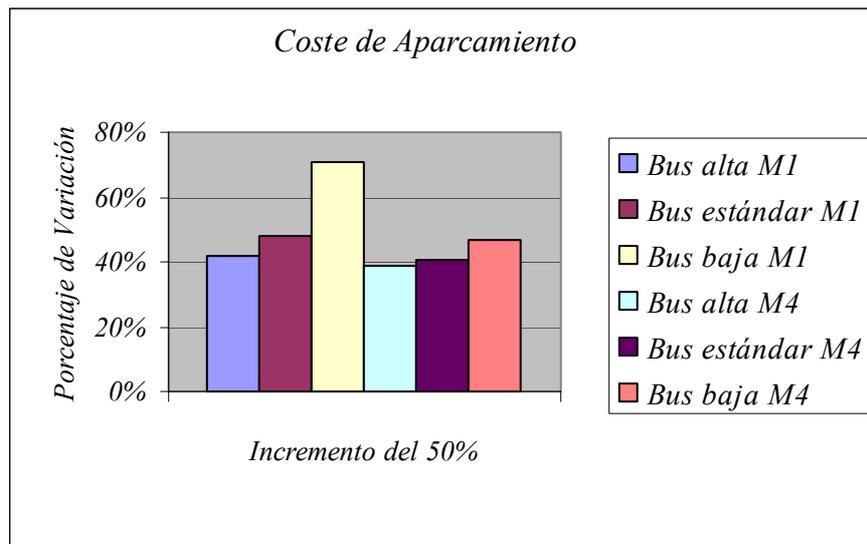


Figura 4.9: Variación de la probabilidad de elegir bus ante un incremento del coste de aparcamiento

Estos resultados revelan que una medida que encarece el transporte privado tiene un importante efecto sobre la respuesta de la demanda de transporte de pasajeros, en el sentido de que el porcentaje de variación para el bus es mayor en este caso que en el caso de las medidas de mejora del transporte público. De esto se deriva que tan importante es ofrecer un buen servicio de transporte público como encarecer el transporte privado con el objetivo de que cada modo de transporte internalice los costes reales que genera. De hecho en esta línea camina el desarrollo de las políticas de planificación del transporte como es el caso reciente de Londres, donde se cobra un peaje a los vehículos que accedan al centro; con esta medida se ha reducido los niveles de congestión en cerca de un 20%.

En cuanto a la combinación de distintas políticas, se estudiaron varias opciones; así se analizó el efecto de los aumentos de frecuencia combinadas con las reducciones de tarifa y con el incremento del coste del aparcamiento. También se estudiaron estas dos últimas conjuntamente y la combinación de las tres. Y finalmente, la combinación de estas tres con la reducción del tiempo de viaje.

En las Tabla 4.9 y Tabla 4.10 se presentan los resultados de la respuesta de la demanda cuando combinamos las distintas políticas para el modelo 1 y 4, respectivamente. Cuando se combinan más de dos políticas, ambos modelos predicen una variación positiva para el bus de más de un 50% y si la comodidad es baja, estos porcentajes superan el 100% de variación en determinadas políticas. Ahora bien, las políticas que implican la combinación de más de dos medidas distintas de manera conjunta son costosas y más difíciles de implantar, por lo que nos centraremos en el análisis de las políticas que combinan solamente dos medidas distintas.

En este caso, se observa que ambos modelos predicen un mayor aumento en la elección del bus cuando se combina el incremento del coste de aparcamiento con alguna política de mejora del transporte público (incremento de la frecuencia o reducción de la tarifa) que cuando se combinan sólo éstas. Y además, estas políticas son equivalentes en el sentido de que los porcentajes de variación son muy similares. Por ejemplo, para un aumento de la frecuencia del cincuenta por ciento combinada con un incremento en el coste de aparcamiento en la misma cuantía el modelo 1 predice que el bus aumentaría en un 49,05%, un 56,55% y un 85,76% según el nivel de comodidad sea alto, estándar o bajo (ver Tabla 4.9). Si el incremento del coste de aparcamiento se combina con una reducción de la tarifa de un treinta por ciento (tarjeta valor) las variaciones son similares, de un 47,36%, un 54,51% y un 81,99%. Para el modelo 4 las diferencias son aún menores (ver Tabla 4.10).

Tabla 4.9: Porcentajes de variación de combinaciones de políticas (1)

Modelo 1 Políticas	Bus		
	C. Alta ¹	C. Estándar ¹	C. Baja ¹
50% F. + T. Valor	12,19 ¹	14,74	22,81
50% F. + T. Cliente	19,22	23,58	38,03
100% F. + T. Valor	19,21	23,39	38,15
100% F. + T. Cliente	27,20	33,44	56,24
50% F. + 50% Cap.	49,05	56,55	85,76
100% F. + 50% Cap.	56,41	65,56	101,69
T. Valor + 50% Cap	47,36	54,51	81,99
T. Cliente + 50% Cap	54,20	63,09	97,45
50% F. + T. Valor + 50% Cap.	55,51	64,41	99,14
50% F. + T. Cliente + 50% Cap.	63,41	74,35	117,66
100% F. + T. Valor + 50% Cap.	63,75	74,46	117,36
100% F. + T. Cliente + 50% Cap.	72,72	85,77	138,97
50% F. + T. Valor + 50% Cap+ Tv.	64,31	74,78	115,64
50% F. + T. Cliente + 50% Cap. + Tv.	72,29	84,87	134,83
100% F. + T. Valor + 50% Cap.+ Tv.	72,68	85,03	134,58
100% F. + T. Cliente + 50% Cap.+ Tv.	81,72	96,49	156,89

¹Variaciones expresadas en porcentaje.

Por tanto, si el objetivo de la medida de política es que aumente el porcentaje de usuarios de bus, la política a definir sería un incremento del coste de aparcamiento combinado con una mejora del servicio de transporte público de pasajeros, bien mediante una intensificación de la frecuencia o bien mediante una reducción de las tarifas mediante la introducción de las tarjeta valor y/o cliente.

El incremento de la frecuencia tiene un coste considerable para las empresas, ya que implica un aumento de la flota y del número de trabajadores. Esto requiere que la cuota del bus aumente tras la medida y se mantenga en el tiempo para que sea viable desde un punto de vista económico para la empresa.

Tabla 4.10: Porcentajes de variación de combinaciones de políticas (4)

Modelo 4 Políticas	Bus		
	C. Alta	C. Estándar	C. Baja
50% F. + T. Valor	13,40 ¹	17,03	24,55
50% F. + T. Cliente	22,57	29,00	42,49
100% F. + T. Valor	20,93	26,18	38,63
100% F. + T. Cliente	31,36	39,76	59,67
50% F. + 50% Cap.	47,27	50,82	60,29
100% F. + 50% Cap.	56,23	61,58	75,07
T. Valor + 50% Cap	46,21	50,25	60,31
T. Cliente + 50% Cap	55,72	62,51	78,09
50% F. + T. Valor + 50% Cap.	55,84	61,96	77,28
50% F. + T. Cliente + 50% Cap.	66,80	76,21	98,78
100% F. + T. Valor + 50% Cap.	65,85	74,11	95,39
100% F. + T. Cliente + 50% Cap.	78,21	90,31	120,56
50% F. + T. Valor + 50% Cap+ Tv.	62,89	74,06	102,49
50% F. + T. Cliente + 50% Cap. + Tv.	74,01	88,66	125,57
100% F. + T. Valor + 50% Cap.+ Tv.	73,27	86,82	122,01
100% F. + T. Cliente + 50% Cap.+ Tv.	85,81	103,39	148,85

¹Variaciones expresadas en porcentaje.

Si las medidas de mejora del transporte público van a ser financiadas por la administración pública, lo correcto sería determinar cuál de las dos medidas es más eficiente desde el punto de vista de la asignación de subvenciones. López (2001) investiga este tema desde una perspectiva del bienestar y concluye que las subvenciones asignadas a intensificación de frecuencia incrementan el bienestar en una cuantía mayor que la subvención vía precios.

De cualquier manera, los resultados obtenidos confirman la importancia de definir medidas que encarezcan el transporte privado, de forma que éste internalice los costes reales que genera.

Finalmente, podemos concluir que la consideración de los individuos que no verifican los supuestos microeconómicos sesga al alza el efecto de las distintas medidas de política analizada sobre la demanda, lo que implica que éstos deben ser eliminados. Señalar que el análisis realizado supone que permanecen constantes todas aquellas

variables sobre las que no se define una medida de política. No obstante, si podemos concluir que la demanda de transporte es sensible en mayor o menor medida a las políticas analizadas.