



## GRADO EN ECONOMÍA

### Análisis de las preferencias de los usuarios del transporte urbano en Las Palmas de Gran Canaria en el año 2006

Presentado por: Miguel Ángel Santana Mendaño  
44733400-X

Fdo:

Las Palmas de Gran Canaria, a 07 de junio de 2016



# Contenido

Capítulo 1. Introducción.....	9
1.1 Objetivos .....	10
1.2 Contribución.....	11
1.3 Estructura .....	11
Capítulo 2. Datos.....	13
2.1 Muestra y cuestionario .....	13
2.2 El experimento de elección .....	13
2.3 Base de datos y explotación descriptiva.....	15
2.3.1 Información relativa al viaje .....	15
2.3.2 Información socioeconómica .....	20
Capítulo 3. Marco metodológico.....	25
3.1 La teoría de la elección discreta y la teoría de la elección probabilística .....	25
3.2 La teoría de la prospectiva ( <i>Prospect Theory</i> ) .....	29
Capítulo 4. Modelización de las preferencias de los viajeros .....	33
4.1 Estimación de modelos sin correlación de panel .....	35
4.1.1 Modelos con efectos lineales y no-lineales .....	35
4.1.2 Modelos con preferencias asimétricas.....	40
4.2 Estimación de modelos con correlación de panel .....	43
4.3 Medidas de disposición a pagar .....	48
Capítulo 5. Conclusiones.....	51
Referencias .....	53



## Lista de tablas

Tabla 1. Atributos y niveles usados en el experimento de preferencias declaradas.....	14
Tabla 2. Variables continuas relativas al viaje.....	16
Tabla 3. Variables socioeconómicas continuas.....	20
Tabla 4. Modelo con efectos lineales. MNL1 .....	36
Tabla 5. Modelo con efectos no lineales. MNL2 .....	37
Tabla 6. Modelo con preferencias asimétricas. MNL3 .....	41
Tabla 7. Modelo Logit Mixto con efectos lineales. ML1.....	44
Tabla 8. Modelo Logit Mixto con efectos no lineales. ML2.....	46
Tabla 9. Modelo Logit Mixto con preferencias asimétricas. ML3.....	47
Tabla 10. Comparativa entre disposiciones.....	49



## Lista de figuras

Figura 1. Ejemplo de escenario de elección.....	15
Figura 2. Modo de acceso a la parada .....	16
Figura 3. Forma de pago .....	17
Figura 4. Frecuencia con la que viaja.....	18
Figura 5. Nivel de comodidad experimentado en el viaje.....	18
Figura 6. Nivel de información en la parada.....	19
Figura 7. Motivo del viaje .....	20
Figura 8. Sexo del viajero .....	21
Figura 9. Nivel de estudios.....	22
Figura 10. Actividad.....	22
Figura 11. Disponibilidad de coche.....	23
Figura 12. Respuesta a cambios en la información con efectos lineales.....	39
Figura 13. Respuesta a cambios en la información con efectos no lineales.....	39
Figura 14. Cambios en la utilidad ante variaciones en el tiempo de viaje respecto a la alternativa de referencia .....	42
Figura 15. Cambios en la utilidad ante variaciones en la comodidad respecto a la alternativa de referencia .....	42





## Capítulo 1. Introducción

El rápido crecimiento demográfico, unido al aumento del poder adquisitivo de las familias experimentado a nivel global durante el siglo XX, ha incrementado notablemente el tráfico en las grandes ciudades del mundo, dando lugar a importantes externalidades. Las retenciones en la circulación generan pérdidas en el tiempo de los usuarios, incrementan la contaminación ambiental, elevan los niveles de ruido, y por ende producen una gran desutilidad. Según se indica en de Rus et al. (2003), el tiempo es un *input* básico en materia de transporte. El tiempo necesario para realizar un trayecto varía con la alternativa elegida, además de con el número de individuos que elijan la misma opción, pudiendo llegar a saturar el sistema, de tal manera que, para las Administraciones Públicas resulta de vital importancia solucionar la disyuntiva entre los diferentes medios de transporte y la demanda de los mismos. Además, es importante resaltar que la demanda de transporte es una demanda derivada, es decir, un bien intermedio necesario para la realización de cualquier actividad o para el consumo de los bienes finales. Esto quiere decir que el transporte no es un fin en sí mismo. El transporte se demanda porque los individuos tienen la necesidad de realizar actividades que requieren la realización de desplazamientos, por ejemplo ir al trabajo; y por ello, en la mayoría de los viajes los individuos desean dedicar al transporte el menor tiempo posible.

Una posible solución al problema es tratar de desplazar viajes realizados en vehículo particular hacia el transporte público, de tal manera que se descongestionen las vías. Para ello, cabrían dos alternativas posibles: por un lado desincentivar el uso del coche en vías urbanas y, por otro lado, favorecer y facilitar el uso de los sistemas públicos de transporte. El siguiente fragmento de Lewis Mumford (1961) describe la situación en la antigua Roma cuando se llevó a cabo la primera de las alternativas:

Tan pronto como el aumento de la población creó la demanda para el tránsito de vehículos con ruedas en Roma, la congestión se hizo intolerable. Uno de los primeros actos de Julio César al tomar el poder consistió en prohibir el tránsito de estos vehículos por el centro de Roma durante el día (...). Del mismo modo que, en la actualidad, las congestiones de los coches afectan por igual a las ciudades pequeñas que a las grandes, el aumento de los vehículos de tracción animal impedía la circulación por todas partes. De aquí que Claudio extendiera la prohibición de César a los municipios de Italia; y todavía más tarde Marco

Aurelio la aplicó sin distinción mediante su estatuto municipal a todas las ciudades del Imperio.

Estas medidas han sido ampliamente implementadas a lo largo de la historia, siendo siempre muy controvertidas e impopulares entre los ciudadanos, de modo que los Gobiernos se centran en atraer demanda hacia el transporte público con campañas para y por el uso activo de este medio. Así que, es de vital importancia en materia de análisis económico la medición de la calidad en los servicios públicos, ya que a partir de estos resultados, tanto las compañías que proveen el servicio como las Administraciones competentes, tienen la capacidad de mejorar el sistema.

Una buena gestión de los servicios de transporte público no sólo tiene grandes beneficios económicos, sino también medioambientales debido a la reducción de las externalidades asociadas. Por ello, en la evaluación de las políticas relacionadas con la gestión del sistema de transporte, resulta de vital importancia analizar la demanda y las preferencias de los usuarios de la red de transporte público con el fin de promover políticas activas de crecimiento económico, además de protección del medio ambiente. Del análisis realizado se podrá conocer cuánto están dispuestos a pagar los usuarios del sistema por mejorar el nivel de servicio, por ejemplo reducir el tiempo de viaje o mejorar la frecuencia; elementos necesarios en la evaluación económica de las políticas.

## **1.1 Objetivos**

La finalidad de este trabajo es profundizar en el estudio de las preferencias de los viajeros que usan el servicio municipal de guaguas en la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria. Esto nos permitirá por un lado, proporcionar información relevante a la hora de medir la calidad del servicio de transporte urbano de la ciudad, y, por otro, calcular las disposiciones a pagar y a recibir por las variaciones en los distintos aspectos y características del servicio. El planteamiento se basa en encontrar el peso o importancia que los pasajeros dan a los distintos atributos a la hora de elegir entre un abanico de alternativas.

En los modelos clásicos de análisis de preferencias no se tiene en cuenta la asimetría de las preferencias, entonces ambas disposiciones, a pagar y a aceptar, son iguales (ratio igual a 1). Uno de los objetivos específicos de este trabajo es averiguar si existen asimetrías en las respuestas de los viajeros ante aumentos y disminuciones en los niveles de los atributos con respecto a un nivel de referencia dado por el servicio actual. Algunas investigaciones

recientes (veáse, por ejemplo, Hess et al., 2008) sugieren que la existencia de aversión a la pérdida tiene una influencia directa en las estimaciones de disposición a pagar y disposición a aceptar, particularmente en la relación entre ambas medidas.

Los objetivos específicos del trabajo se centran en los siguientes puntos:

- Análisis de la importancia relativa de los principales atributos que definen el servicio de transporte urbano
- Análisis de la correlación de panel inherente a los datos de preferencias declaradas
- Análisis de la existencia de asimetrías en la percepción de los distintos atributos dependiendo de si se trata de mejoras o reducciones en el nivel de servicio actualmente percibido contrastando, algunos de los aspectos señalados en la Teoría de la Prospectiva (*Prospect Theory*)
- Aplicación económica del modelo: obtención de disposiciones a pagar y a aceptar

## **1.2 Contribución**

En este trabajo se hace uso de una de las bases de datos utilizadas en la investigación Román et al. (2014). Dicha base de datos ha sido facilitada por el equipo de investigación de la tutora del trabajo. La contribución del autor se centra en el trabajo desarrollado entorno al logro de los objetivos expuestos anteriormente. Esto incluye, entre otros aspectos: revisión de la literatura necesaria para la definición del marco metodológico, explotación descriptiva de los datos, estimación econométrica de los modelos que permiten analizar las preferencias.

## **1.3 Estructura**

El trabajo se estructura en cinco capítulos: 1) Introducción, 2) Datos, 3) Marco metodológico, 4) Modelización de las preferencias y 5) Conclusiones.



## **Capítulo 2. Datos**

### **2.1 Muestra y cuestionario**

El servicio de transporte público en Las Palmas de Gran Canaria (España) está a cargo de la empresa pública Guaguas Municipales. Este análisis se ha realizado usando la información dada por 552 pasajeros de la compañía. Para seleccionar la muestra, previamente se realizó un análisis de Cluster para clasificar las rutas en grupos. Dentro de cada grupo se eligió una ruta como representante del grupo para tomar la muestra de viajeros. El tamaño de la muestra se determinó de forma proporcional teniendo en cuenta el número de viajeros en cada ruta.

El cuestionario constaba de tres bloques de preguntas. El primero de los bloques se centraba en recopilar la información sobre el trayecto. El segundo, el experimento de preferencias declaradas, en el que al pasajero se le presentaban dos alternativas posibles: elegir el servicio actual, o un servicio hipotético usando algunos de los atributos más relevantes. Por último, el tercer bloque recogía la información socioeconómica tanto a nivel individual como familiar. Las encuestas se realizaron mediante entrevista personal haciendo uso de ordenadores portátiles, localizando a los viajeros en las paradas correspondientes.

### **2.2 El experimento de elección**

En la Tabla 1 aparecen los atributos y niveles utilizados en el experimento de elección discreta o preferencias declaradas. Con el fin de hacer las alternativas para los encuestados lo más cercanas a su experiencia, los niveles de algunas de las variables usaban como base el nivel de servicio actual. Este es el caso de las variables tiempo de viaje [1], coste [2], frecuencia [3], y tiempo de acceso [4]. Los niveles de todas ellas varían en términos porcentuales, excepto en el caso del tiempo de acceso que, se usan variaciones de más/menos 5 minutos respecto del nivel actual. Para las dos variables restantes, al ser cualitativas, se define semánticamente el significado de los tres niveles de variación considerados. Se ha comprimido el experimento a estas 6 variables de modo que los individuos no tengan problemas a la hora de evaluar simultáneamente la información dada por las distintas características.

**Tabla 1. Atributos y niveles usados en el experimento de preferencias declaradas**

Atributo	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2
1 Tiempo de viaje	T +20%	T	T -20%
2 Coste	C +20%	C	C -20%
3 Frecuencia (Tiempo entre dos servicios)	F +20%	F	F -20%
4 Tiempo de acceso	TA +5 min	TA	TA -5 min
5 Comodidad	De pie todo el trayecto	De pie parte del trayecto	Sentado todo el trayecto
6 Información en la parada	Línea y/o itinerarios	Mapas y horarios	Panel electrónicos, mapas y horarios

Una vez definidos los atributos y niveles, se generó automáticamente, con la ayuda de un software especializado, un experimento de elección donde a cada individuo se le mostraron seis escenarios hipotéticos donde debía elegir entre el servicio actual y un servicio alternativo.

Así por ejemplo el tercer escenario del primer individuo entrevistado consistía en la elección entre las opciones mostradas en la Figura 1. En él, tenía que elegir entre su situación actual, con un trayecto de 15 minutos de duración que realizaba íntegramente sentado. La frecuencia de paso era cada 5 minutos, tardando 10 minutos en llegar a la parada, la información disponible en la parada era horario y mapa, y todo ello por un precio de 53 céntimos de Euro. El escenario alternativo era similar exceptuando el tiempo de acceso, que era 5 minutos superior, la frecuencia de paso, ya que no había que esperar por la guagua, y por último, que en la parada sólo estaban disponibles las líneas y los itinerarios. Ante esta situación de elección, el individuo 1 finalmente se decantó por el servicio vigente. A cada uno de los 552 encuestados le fueron presentados 6 escenarios de elección, dando lugar a una muestra de 3.312 datos, de los cuáles hubo que eliminar tres observaciones erróneas, quedando al final una muestra de 3309 observaciones válidas para la modelización.

Figura 1. Ejemplo de escenario de elección

Atributos	Servicio actual	Servicio alternativo
Tiempo de viaje	15 min	15 min
Coste	0.53€	0.53€
Frecuencia	Cada 5 min	0 min de espera
Tiempo de acceso	10 min	15 min
Comodidad	Sentado todo el trayecto	Sentado todo el trayecto
Información en la parada	Mapas y horarios	Línea y/o itinerarios

## 2.3 Base de datos y explotación descriptiva

En esta sección se realiza un breve análisis descriptivo de las principales variables que intervienen en el trabajo.

### 2.3.1 Información relativa al viaje

El coste medio para los usuarios del transporte urbano en Las Palmas de Gran Canaria, tal y como se aparece en la Tabla 2, es de 0,556 €. No todos los individuos pagan el mismo precio por cada viaje, ya que este dependerá principalmente de la forma del pago, aunque las diferencias entre los precios no son demasiado acentuadas.

En cuanto al tiempo necesario para llegar el destino, esta variable se puede descomponer en tiempo de acceso, el estrictamente necesario para llegar a la parada, que de media es de 10 minutos, aunque presenta una gran dispersión entre individuos, y el tiempo de viaje dentro de la guagua. Dentro de la guagua, los pasajeros pasan una media de aproximadamente 20 minutos, siendo este un valor bastante homogéneo dentro de la muestra. En el caso de la frecuencia de paso, entre guagua y guagua pasan de media más de 21 minutos, sin existir grandes diferencias entre las observaciones.

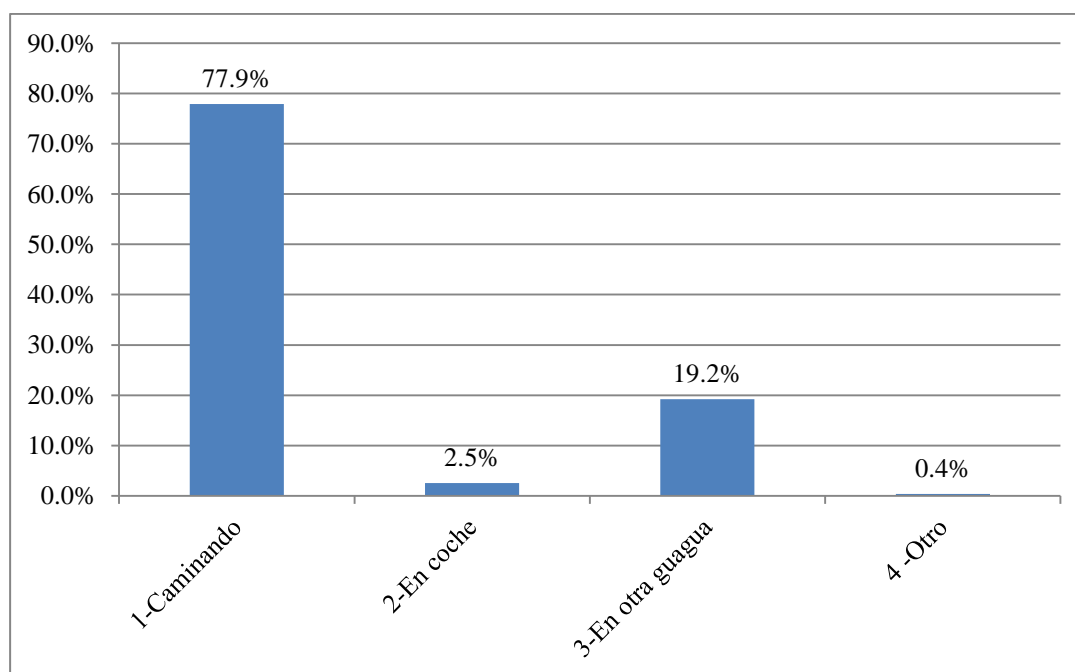
Según se observa en la Figura 2, cerca del 80% de los encuestados accede caminando a la parada, mientras que menos del 20% lo hacen a través de otra guagua, es decir, realizando algún transbordo. Estos transbordos pueden realizarse usando la misma compañía, Guaguas Municipales, o alguna guagua de la empresa GLOBAL, encargada del transporte interurbano en toda la isla de Gran Canaria. Ambas empresas comparten algunas paradas en la ciudad de

Las Palmas de Gran Canaria. Por último, un número residual de los encuestados accede a la parada usando cualquier otro medio como puede ser el coche.

**Tabla 2. Variables continuas relativas al viaje**

	Media	Desviación típica	Coefficiente de variación
<b>Coste del viaje</b>	55,64	27,48	0,49
<b>Tiempo de acceso</b>	9,59	9,73	1,01
<b>Tiempo de viaje (en la guagua)</b>	18,95	8,76	0,46
<b>Frecuencia</b>	21,69	8,99	0,41

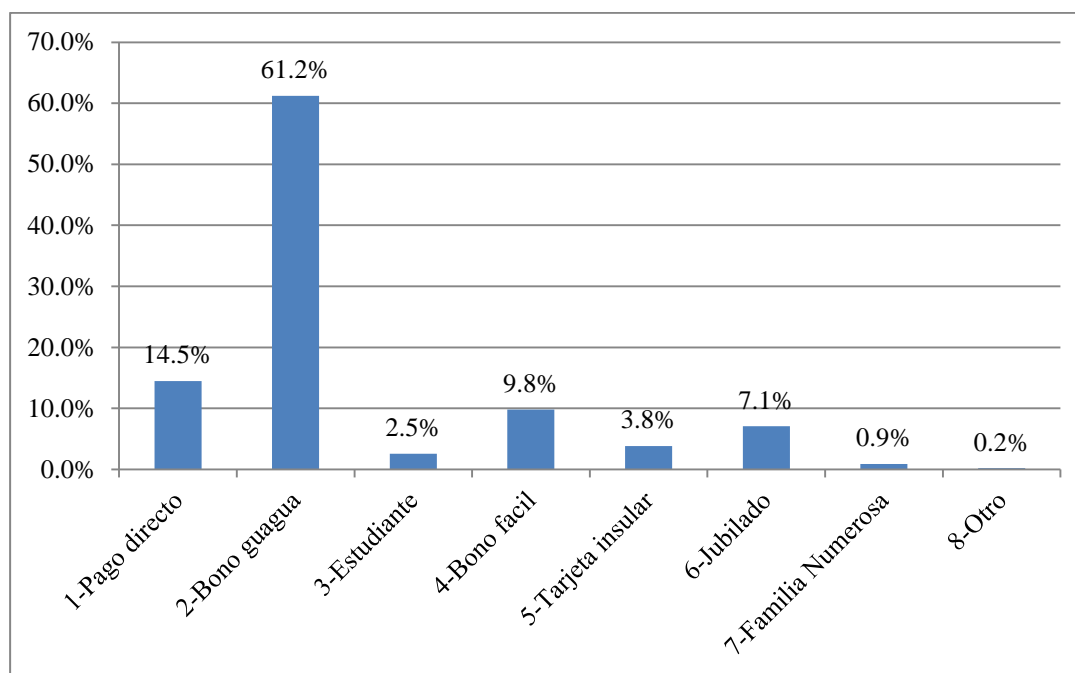
**Figura 2. Modo de acceso a la parada**



Respecto a la forma de pago (Figura 3), aproximadamente el 60% usa el clásico bono guagua de 10 viajes. El siguiente modo de pago más habitual es el pago directo, usado por un 14,5%. El resto de formas tienen una figura secundaria como medios de pago, aunque la utilización de los bonos fácil y jubilado, con un 9,8% y un 7,1% respectivamente, son también comunes.



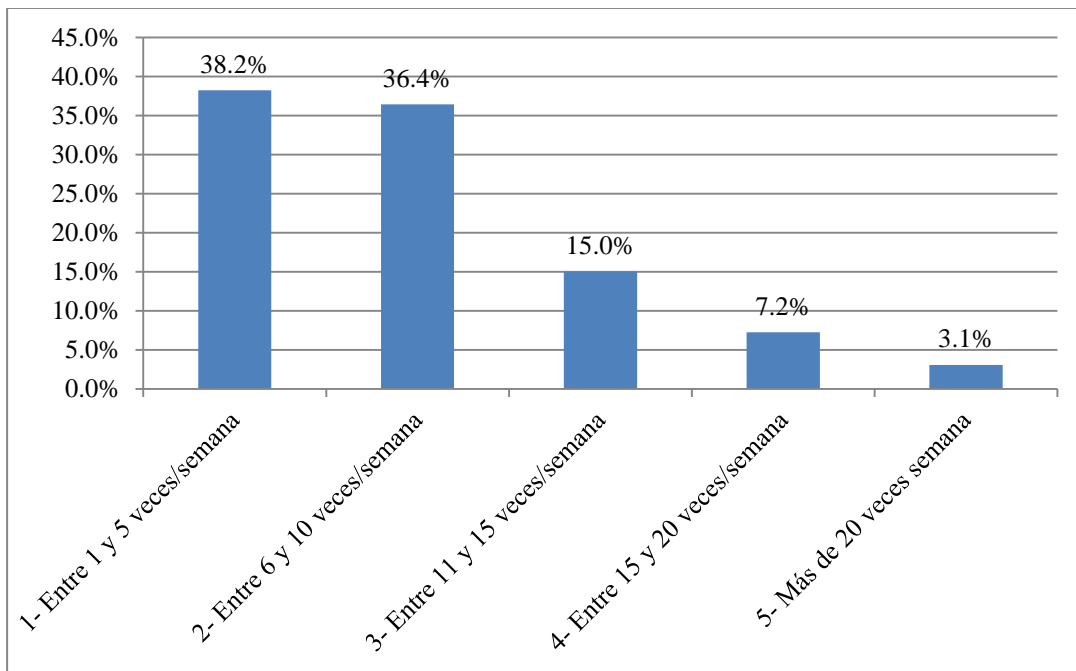
**Figura 3. Forma de pago**



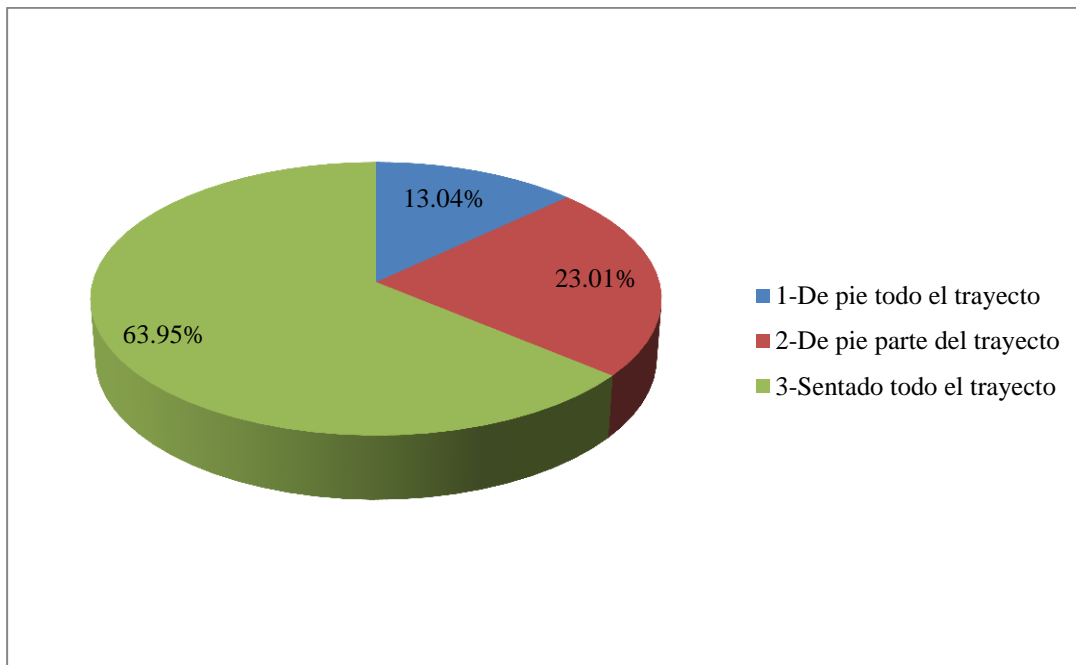
En la Figura 4, podemos analizar la frecuencia con la que los viajeros utilizan el sistema público de transporte. Podemos distinguir 3 grandes grupos cuya frecuencia de viaje se distribuye equitativamente. Por un lado, aproximadamente el 40% de los usuarios viaja entre una y cinco veces por semana en Guaguas Municipales. Los que viajan entre 6 y 10 veces son más de un tercio de los encuestados, mientras que un cuarto usan las guaguas 11 o más veces por semana.

Tal y como aparece en la Figura 5, la gran mayoría de los viajeros (63.95%) tienen la oportunidad de realizar íntegramente el trayecto sentado, lo que les confiere un alto nivel de comodidad. Por otro lado menos de un cuarto de los encuestados tuvieron que estar de pie durante alguna parte del recorrido, y sólo, el 13% realizaron la totalidad del trayecto de pie.

**Figura 4. Frecuencia con la que viaja**

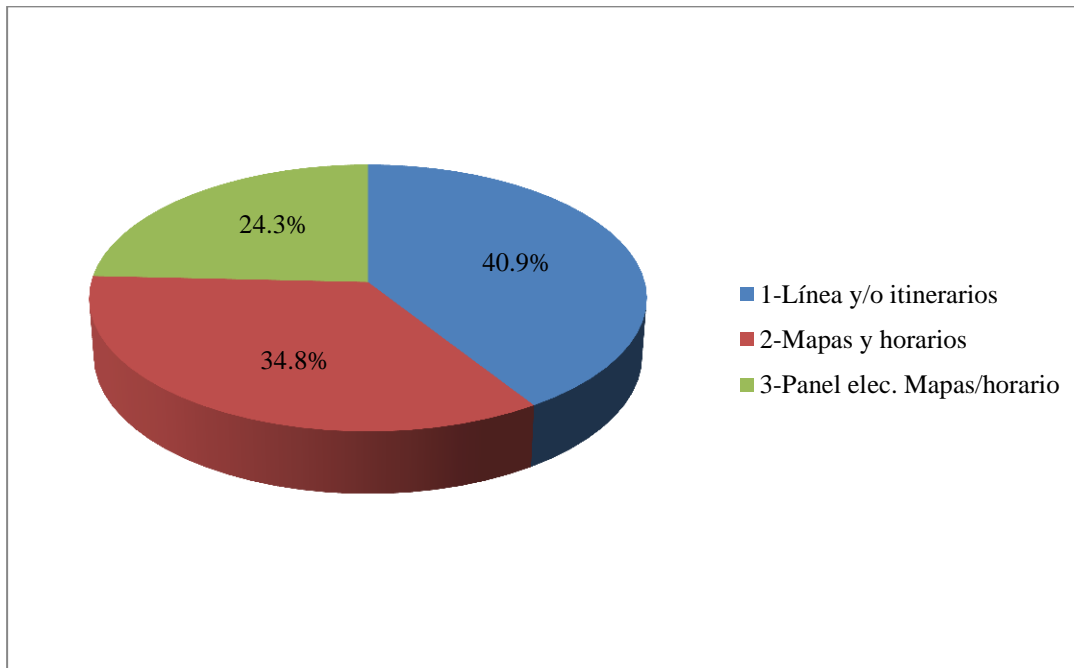


**Figura 5. Nivel de comodidad experimentado en el viaje**



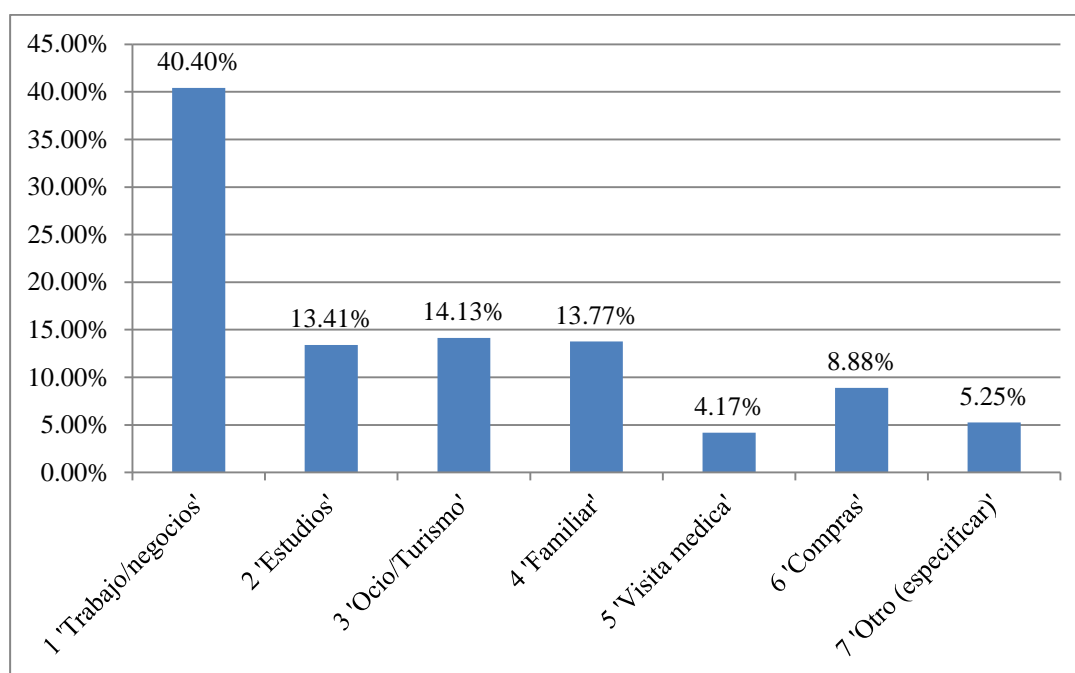
En cuanto al nivel de información que recibieron los viajeros en las paradas, según la Figura 6, cuatro de cada diez pasajeros se subió a la guagua desde una parada con un nivel de información básico, es decir, en ellas sólo estaban indicados las líneas y/o los itinerarios. El 35% lo hizo desde una parada desde la cual tenían disponibles los mapas y los horarios. Por último, un cuarto de los pasajeros accedió al sistema de transporte desde una parada con el nivel máximo de información, ya que contaba con un panel electrónico, además de mapas y horarios.

**Figura 6. Nivel de información en la parada**



Conforme a la Figura 7, el 40% de los viajeros usa el sistema público de transporte para acudir a su puesto de trabajo o por motivos relacionados con éste. A continuación, el motivo de viaje más recurrente, con un 14% de los encuestados, es por ocio o turismo, mientras que porcentajes similares lo hacen por motivos familiares o de estudios. El resto de los viajeros, aproximadamente el 20% viajan en guagua para acudir a alguna cita médica, para realizar alguna compra o por cualquier otro motivo no mencionado anteriormente.

**Figura 7. Motivo del viaje**



### 2.3.2 Información socioeconómica

En cuanto a las principales variables socioeconómicas, tal y como aparece en la Tabla 3, se encuentran las referidas al núcleo familiar. Podemos destacar que los hogares de las personas encuestadas están compuestos por aproximadamente 3 personas, además dentro del hogar trabajan 1,68 personas de media, siendo la renta media del mismo de 1.890,24€ mensuales. En cuanto al número de coches en el hogar, el valor medio es de un coche, aunque esta variable presenta una gran dispersión dentro de la muestra.

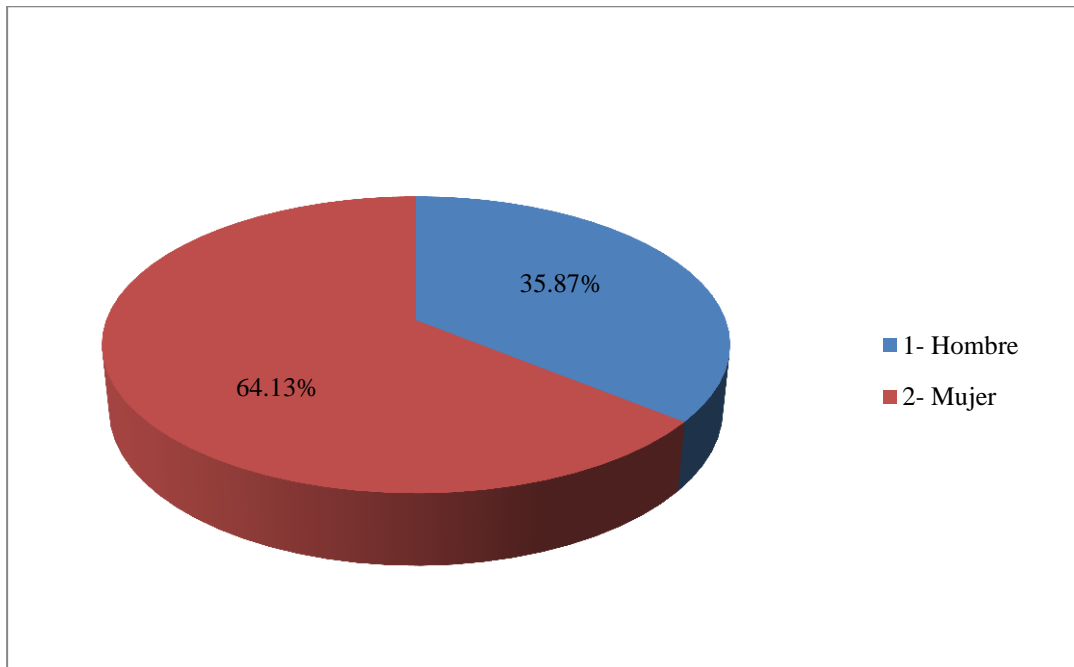
**Tabla 3. Variables socioeconómicas continuas**

	Media	Desviación típica	Coefficiente de Variación.
Nº de personas que viven en el hogar	3,29	1,39	0,42
Nº de coches en el hogar	1,04	0,90	0,86
Nº de personas que trabajan en el hogar	1,68	1,08	0,64
Ingreso familiar neto mensual	1.890,24	985,18	0,52

Con la Figura 8, vemos como existen grandes diferencias en cuanto al sexo de los viajeros. Las mujeres representan casi el 65% de la encuesta, por lo que tienden a utilizar más este medio

de transporte que los hombres, ya que tan sólo el 35% de las observaciones corresponden a hombres.

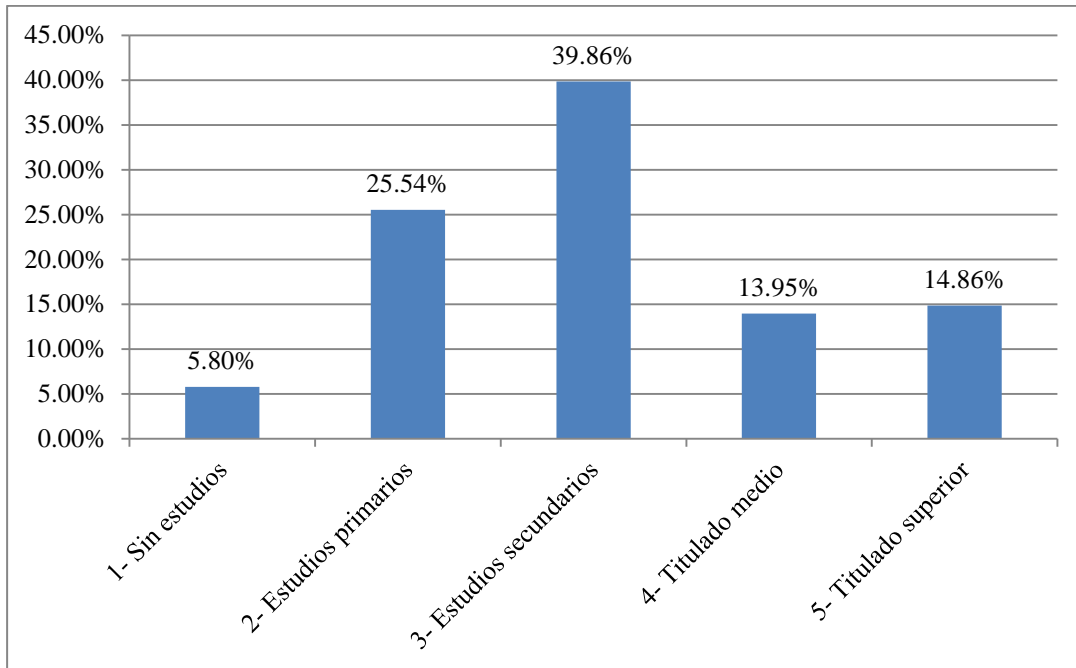
**Figura 8. Sexo del viajero**



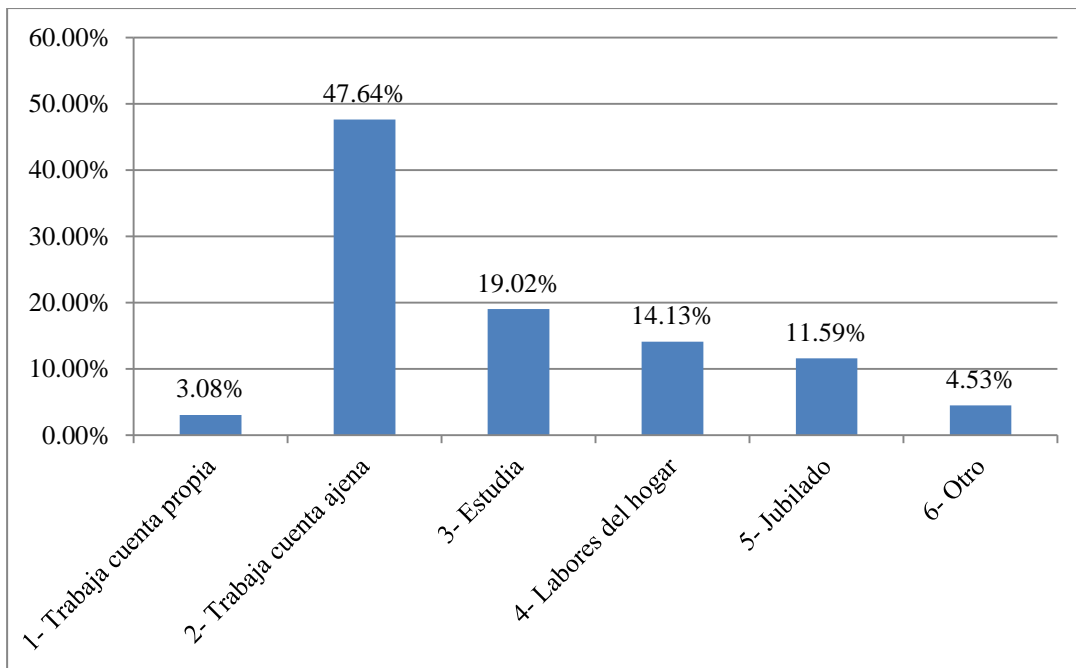
Respecto al nivel de estudios de los pasajeros representado en la Figura 9, la mayor parte de la muestra, casi un 40%, acabó los estudios de secundaria, un cuarto de los viajeros tienen estudios primarios, mientras que tanto los estudios de titulación media como superior fueron acabados por un 13,95% y un 14,86% de los encuestados respectivamente. En cuanto a los pasajeros sin estudios, éstos representan un valor residual del 5,8% de la muestra.

La Figura 10 representa las distintas proporciones de actividad a las que se dedican los encuestados. Cerca de la mitad de los viajeros son trabajadores por cuenta ajena, mientras que tan sólo el 3% de ellos lo son por cuenta propia. Por otro lado, el 19% son estudiantes, y el 11,5% son jubilados, mientras que un 14% de los pasajeros se dedican a las labores del hogar. Un valor de los encuestados (4,53%) no se ajusta a ninguna de las clases usadas.

**Figura 9. Nivel de estudios**

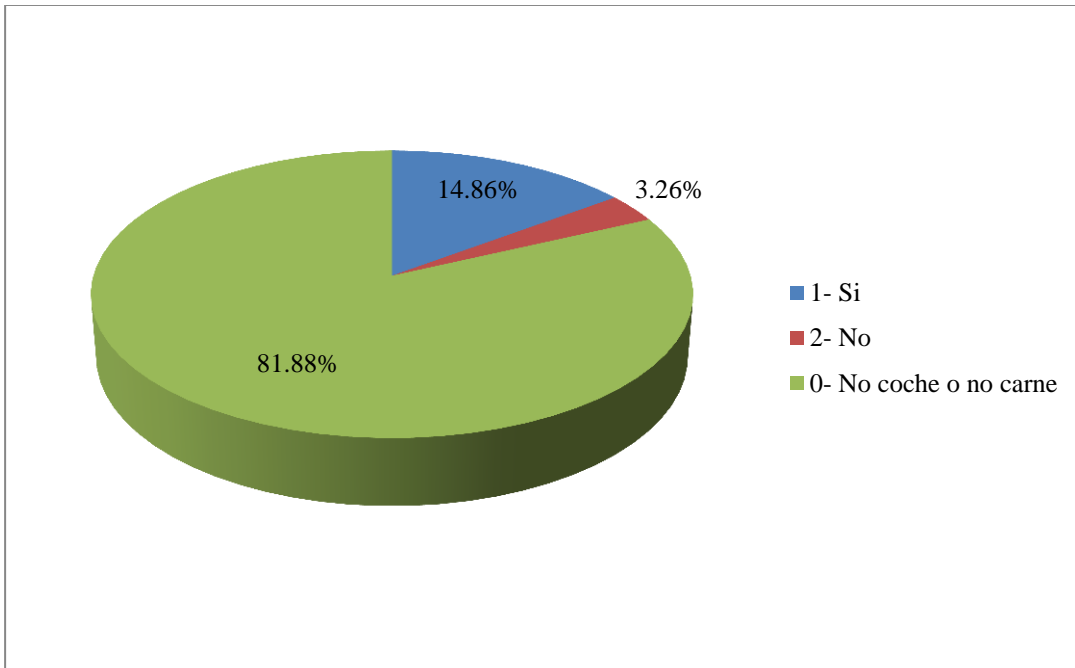


**Figura 10. Actividad**



La gran mayoría de los usuarios del servicio municipal de transporte, más del 80%, realizaron el trayecto en guagua, porque tal y como se observa en la Figura 11, o no tenían coche o no tenían permiso de circulación. Un 14,86% tenían un coche a su disposición, pero aun así prefirieron hacer dicho trayecto en guagua. Tan sólo el 3% no tenían un coche disponible en el momento de realizar el viaje.

**Figura 11. Disponibilidad de coche**







## Capítulo 3. Marco metodológico

### 3.1 La teoría de la elección discreta y la teoría de la elección probabilística

Los análisis actuales que tienen como contenido principal la modelización del comportamiento del consumidor, basan sus estudios en el modelo neoclásico y en las distintas revisiones del mismo surgidas en la segunda mitad del siglo XX. El modelo básico resuelve el problema de maximización de la utilidad, que depende exclusivamente del consumo de bienes, sujeto a una restricción presupuestaria de tipo exógena. Como consecuencia de la simplicidad de este modelo, Becker (1965) actualizó el modelo introduciendo el tiempo como un recurso económico limitado para el consumidor. Los individuos dedican su renta a consumir, consumo que a su vez conlleva un tiempo, y los ingresos provienen del tiempo asignado a trabajar, por tanto este modelo contiene dos restricciones. Por un lado la restricción temporal, por la que el tiempo destinado a consumo y trabajo no puede exceder el tiempo total disponible, y por otro, la restricción de renta, que indica que el salario se destina íntegramente al consumo de bienes. Unos años más tarde DeSerpa (1971) introdujo diversas hipótesis basándose en el hecho de que el tiempo tiene un valor que depende de la actividad que se realice. Además de las restricciones propuestas por Becker, añadió que cada una de las actividades necesita de un tiempo mínimo para ser realizadas, incluyendo el trabajo. Gracias a esto, distingue entre actividades de ocio puro, por las que el individuo querría dedicar más tiempo del mínimo exigido, y actividades intermedias cuyas restricciones se satisfacen con igualdad. Esto permite calcular el valor del ahorro de tiempo, que indica cuánto dinero está dispuesto a sacrificar un individuo por disminuir el tiempo mínimo requerido en una actividad intermedia y así destinar la unidad de tiempo adicional a una actividad de ocio puro.

Estos modelos descritos anteriormente no son apropiados cuando los individuos eligen entre cestas de consumo mutuamente excluyentes porque no reconocen que la fuente de utilidad proviene de las características del bien o servicio y no se los bienes por sí solos. Esta clase de problemática se puede resolver con la teoría de la elección discreta formulada por McFadden (1981). Según esta teoría, el individuo consume bienes continuos o divisibles, eligiendo entre una cesta de alternativas discretas mutuamente excluyentes. Además las alternativas están representadas por un vector de características  $Q_j$ .

La formulación del problema es la siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Max}_{X,j} U(X, Q_j) &= \text{Max}_j [\text{Max}_X U(X, Q_j)] \\ \text{s. a. } \sum_i p_i x_i + c_j &\leq I && j \in M \\ x_i &\geq 0 && i = 1, \dots, n \end{aligned}$$

Donde:

$p_i$	Precio del bien i	$c_j$	Coste de la alternativa j
$x_i$	Cantidad consumida del bien i	I	Renta
M	Número de alt. disponibles		

Si se resuelve el problema aplicando las condiciones de primer orden condicionando la elección a la alternativa j se obtiene:

$$X_i(P, I - c_j, Q_j)$$

Esta última expresión esta función de demanda condicional del bien i. Cuando se sustituye en la función de utilidad inicial tenemos la utilidad máxima que el individuo puede alcanzar escogiendo la alternativa j, que se denomina función de utilidad indirecta condicional y se escribe de la siguiente forma:

$$V_j = V(P, I - c_j, Q_j)$$

Maximizando en j, tenemos:

$$V^* = \text{Max}_j V_j(P, I - c_j, Q_j)$$

De modo que la alternativa es elegida si y sólo si:

$$V_j > V_i \quad \forall i \neq j$$

A partir de la función de utilidad indirecta condicional podemos calcular las distintas utilidades marginales, la más importante de ellas es la utilidad marginal de la renta, ya que

nos permite conocer el valor subjetivo o disposición a pagar por mejorar un atributo. Para calcular la utilidad marginal de la renta hay que realizar el siguiente cambio de variable:

$$V_j = V(P, Z, Q_j) \quad \text{donde} \quad Z = I - c_j$$

de tal manera que

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial V}{\partial I} &= \frac{\partial V}{\partial Z} \cdot \frac{dZ}{dI} \\ \frac{\partial V}{\partial c_j} &= \frac{\partial V}{\partial Z} \cdot \frac{dZ}{dc_j} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{\partial V}{\partial I} = - \frac{\partial V}{\partial c_j}$$

Por último, el valor subjetivo de la característica k queda cómo:

$$VS_k^j = \frac{dI}{dq_{kj}} = - \frac{\frac{\partial V_j}{\partial q_{kj}}}{\frac{\partial V_j}{\partial I}} = \frac{\frac{\partial V_j}{\partial q_{kj}}}{\frac{\partial V_j}{\partial c_j}} = - \frac{dc_j}{dq_{kj}}$$

En cualquier caso, para obtener la demanda de la alternativa discreta, el valor subjetivo de cualquier característica o la probabilidad de elegir las distintas alternativas, es necesario estimar empíricamente  $V_j$ , la cual se obtiene a partir de la función de utilidad indirecta, considerando la aproximación local de primer orden aplicando el desarrollo de Taylor:

$$V_j \approx \alpha + \sum_i \beta_i p_i + \sum_k \gamma_k q_{kj} + \lambda I - \lambda c_j + RESTO$$

En el proceso de elección de la alternativa j con máxima utilidad, el individuo solo tiene en cuenta aquellos parámetros que dependen de j, mientras que el resto de factores son irrelevantes al ser comunes entre alternativas, quedando la función de utilidad:

$$V_j \approx \sum_k \gamma_k q_{kj} - \lambda c_j$$

Esta última expresión se denomina función de utilidad indirecta condicional truncada y la alternativa  $j$  será elegida si y sólo si:

$$V_j > V_i \quad \forall i \neq j \Leftrightarrow -\lambda c_j + \sum_k \gamma_k q_{kj} > -\lambda c_i + \sum_k \gamma_k q_{ki}$$

La teoría de la elección discreta representa un mecanismo de elección determinista, los cuales no son efectivos en el análisis de problemas reales de elección. Se espera que el individuo elija la alternativa que le reporte mayor utilidad, pero no podemos conocer con exactitud tal utilidad. Por ello, a la hora de analizar las elecciones individuales se necesitan los mecanismos de elección probabilística. Como consecuencia de esta necesidad surgió la teoría de la elección probabilística, donde se encuadra el modelo de utilidad aleatoria de McFadden (1974). En él, la utilidad de las alternativas tiene una parte sistemática o determinista (medible) y otra componente aleatoria. La componente sistemática  $V_{jq}$  está influenciada por los atributos de la alternativa  $j$ , así como por las características socioeconómicas del individuo  $q$ , mientras que la parte aleatoria  $\varepsilon_{jq}$  responde a los elementos no observables. La utilidad de la alternativa  $j$  para el individuo  $q$  se expresa de la siguiente forma:

$$U_{jq} = V_{jq} + \varepsilon_{jq}$$

De nuevo, el individuo elegirá aquella alternativa con mayor utilidad, eligiendo por tanto la alternativa  $i$ , si y sólo si:

$$U_{iq} \geq U_{jq} \quad \forall i \neq j$$

Que equivale a:

$$V_{iq} + \varepsilon_{iq} \geq V_{jq} + \varepsilon_{jq} \Leftrightarrow V_{iq} - V_{jq} \geq \varepsilon_{jq} - \varepsilon_{iq}$$

El problema radica en que no podemos conocer el valor de  $\varepsilon_{jq} - \varepsilon_{iq}$  al tratarse de una componente aleatoria, de modo analíticamente sólo podemos obtener la probabilidad de elegir la alternativa  $i$  como:

$$P_{iq} = P(\varepsilon_{jq} - \varepsilon_{iq} \leq V_{iq} - V_{jq}; \quad j \neq i)$$

$$P_{iq} = P(\varepsilon_{jq} \leq V_{iq} - V_{jq} + \varepsilon_{iq}; \quad j \neq i)$$

Al no conocer la forma funcional de  $V_j$ , se puede considerar la aproximación local de primer orden mediante el desarrollo de Taylor, dando lugar a la especificación lineal en los parámetros y en las variables o atributos que se usa habitualmente en la estimación econométrica. De este modo, la función de utilidad se expresa como una combinación lineal entre parámetros y atributos.

Por último, hay que destacar que dentro de la teoría de la elección discreta se desarrollan otros modelos que, aun no siendo relevantes para el tratamiento de este trabajo, tienen en cuenta el papel de la renta en la toma de decisiones por parte de los consumidores. Los más conocidos son los siguientes dos modelos:

- El modelo de intercambio entre bienes y ocio de Train y McFadden (1978). Parte de la hipótesis de que el individuo maximiza su utilidad, la cual depende positivamente de su nivel de consumo de bienes y del tiempo libre o tiempo de ocio. A su vez, el individuo está sujeto a una restricción de renta y a una restricción temporal. En este caso, el número de horas de trabajo, que aumenta el nivel de renta, pero disminuye el tiempo disponible, se determina endógenamente.
- El modelo de Jara-Díaz y Farah (1987) es una reformulación del modelo anterior. La idea surge de la necesidad de adaptar la renta salarial al mercado laboral de cada país, ya que en muchas economías, debido a una legislación laboral poco flexible, los individuos no tienen la oportunidad de incrementar el número de horas de trabajo. Los autores consideran que el tiempo dedicado al trabajo es exógeno y, por tanto el ingreso salarial también lo es.

### **3.2 La teoría de la prospectiva (*Prospect Theory*)**

La teoría de la prospectiva fue introducida por Kahneman and Tversky (1979) para explicar las elecciones de los individuos en situaciones con riesgo, demostrando que la valoración de las pérdidas y las ganancias es diferente. Demostraron que ante la presencia de riesgo existe aversión a las pérdidas, lo que implica que entre evitar una pérdida y obtener una ganancia de igual magnitud, el incumbente siempre preferirá evitar la pérdida.

Unas décadas más tarde, Tversky y Kahneman (1991) explicaron el comportamiento del consumidor, esta vez en situaciones sin riesgo, usando una especificación de la utilidad dependiente de referencias. De nuevo, la idea es que las pérdidas generan una mayor desutilidad que ganancias de la misma cuantía. Esta nueva función de utilidad es de tipo

asimétrico y se basa en tres aspectos fundamentales: dependencia de referencias, aversión a la pérdida y disminución de la sensibilidad. La presencia de aversión a la pérdida en la estimación de los parámetros de los atributos es una condición suficiente para asegurar que la disposición a aceptar por un bien es mayor que la disposición a pagar a diferencia de los modelos simétricos que sobreestiman la disposición a pagar y subestiman la disposición a aceptar.

El trabajo de Hess et al. (2006) fue el primero que incorporó en la función de utilidad una especificación asimétrica, sentando las bases para futuros estudios sobre el transporte de mercancías y pasajeros como Masiero y Hensher (2010,2011) o Feo-Valero et al. (2016). Todos ellos parten de los modelos de elección discreta que, como vimos en el apartado anterior tienen una función de utilidad que es combinación lineal de los atributos  $x_{ik}$  y de los parámetros desconocidos  $\theta_{xk}$ :

$$V_i = \sum_k \theta_{x_k} x_{ik}$$

Los parámetros, según este modelo, indican la utilidad marginal del atributo independientemente de si se produce un aumento o un descenso en el valor del mismo, y como resultado, los valores de disposición a pagar y a aceptar son similares. La especificación asimétrica de la utilidad se expresa de la siguiente forma:

$$V_i = \sum_k \theta_{x_k}^+ x_{ik}^+ + \theta_{x_k}^- x_{ik}^- \quad \text{con} \quad \begin{aligned} x_{ik}^+ &= \max(x_{ik} - x_k, 0) \\ x_{ik}^- &= \max(x_k - x_{ik}, 0) \end{aligned}$$

$\theta_{x_k}^+$  es el efecto marginal sobre la utilidad ante un aumento en el atributo respecto al nivel de referencia  $x_k$ , mientras que  $\theta_{x_k}^-$  es el efecto marginal cuando disminuye el atributo respecto al nivel de referencia  $x_k$ . Debido a esta nomenclatura, los signos de los parámetros deben ser interpretados correctamente, siendo  $\theta_x^+ < 0$  y  $\theta_x^- > 0$  cuando se trate de un parámetro no deseable y de signo opuesto en caso contrario.

Una vez estimado el modelo asimétrico, se pueden calcular las disposiciones a pagar y a aceptar, que no son más que el cociente entre la utilidad marginal del atributo correspondiente y la utilidad marginal del coste. Así, para atributos no deseables:

$$Disp. a pagar = \frac{-\theta_x^-}{\theta_c^+} \quad y \quad Disp. a aceptar = \frac{\theta_x^+}{-\theta_c^-}$$

Mientras que para aquellos atributos deseables:

$$Disp. a pagar = \frac{-\theta_x^+}{\theta_c^-} \quad y \quad Disp. a aceptar = \frac{\theta_x^-}{-\theta_c^+}$$

Como la interpretación de las disposiciones es inmediata se han añadido signos negativos allí donde era necesario para obtener valores positivos.

En este trabajo se incorporan elementos de la Teoría de la Prospectiva para estudiar las asimetrías en las preferencias de los usuarios del transporte urbano en Las Palmas de Gran Canaria.





## Capítulo 4. Modelización de las preferencias de los viajeros

El objetivo de este capítulo es analizar las preferencias de los viajeros teniendo en cuenta el marco metodológico descrito previamente. Dicho análisis se lleva a cabo mediante la estimación de modelos de elección discreta del tipo Logit Multinomial (MNL) y Logit Mixto (ML) con componentes de error. Dado que se trabaja con una base de datos de preferencias declaradas, donde cada individuo proporciona varias observaciones (6 escenarios de elección) los modelos del tipo Logit Mixto se especifican de tal manera que nos permitan estudiar si hay efecto de correlación de panel en las respuestas que pertenecen a una misma persona.

### El modelo Logit Multinomial

Cuando en la teoría de la elección probabilística nos encontramos ante errores  $\varepsilon_i$  que se comportan como variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas de tipo Gumbel  $(0, \beta)$ , obtenemos el modelo Logit Multinomial. Esto nos permite calcular la probabilidad de elección de cada alternativa aplicando la siguiente expresión:

$$P_{iq} = \int_{-\infty}^{+\infty} f_i(\varepsilon_i) \left( \prod_{j \neq i} F_j(\varepsilon_i + V_i - V_j) \right) d\varepsilon_i$$

Desarrollando esta expresión, llegamos a la probabilidad de elección de la alternativa  $i$  por parte del individuo  $q$ :

$$P_{iq} = \frac{e^{\beta \cdot V_{iq}}}{\sum_{j=1}^n e^{\beta \cdot V_{jq}}}$$

El parámetro  $\beta$  es un factor de escala que multiplica a todos los parámetros de la utilidad medible. Pero este hecho no complica el análisis, ya que a la hora de realizar la estimación por máxima verosimilitud estimamos directamente el producto  $\beta V_{iq}$ . Una de las propiedades más importante de los modelos Logit Multinomial es la independencia de alternativas irrelevantes (IAI), por el que el cociente entre las probabilidades de elección de dos alternativas cualesquiera no depende del resto de las alternativas en el conjunto de elección.

$$\frac{P_{iq}}{P_{rq}} = \frac{\frac{e^{\beta \cdot V_{iq}}}{\sum_{j=1}^n e^{\beta \cdot V_{jq}}}}{\frac{e^{\beta \cdot V_{rq}}}{\sum_{j=1}^n e^{\beta \cdot V_{jq}}}} = \frac{e^{\beta \cdot V_{iq}}}{e^{\beta \cdot V_{rq}}} = e^{\beta \cdot (V_{iq} - V_{rq})}$$

En el caso de que este supuesto de independencia de alternativas irrelevantes fallara, el modelo Logit Multinomial no sería aplicable.

### El modelo Logit Mixto con componentes de error

Los modelos Logit Mixto permiten una mayor flexibilidad cuando se trata de aproximar un modelo de utilidad aleatoria, resolviendo de esta manera algunas limitaciones de los modelos Logit Multinomial como son la variación aleatoria en los gustos, la correlación arbitraria entre alternativas o la correlación entre los errores en el tiempo. En el caso particular del modelo Logit Mixto con componentes de error, posibilitan analizar patrones de sustituibilidad arbitrarios, es decir, correlación entre alternativas. Para esta clase de modelos, la especificación de la utilidad de la alternativa  $i$  se escribe como:

$$U_{iq} = \alpha' x_{iq} + \mu'_q z_{iq} + \varepsilon_{iq}$$

Donde:

$x_{iq}$ y $z_{iq}$	Variables observadas	$\alpha$	Coefficientes fijos
$\mu_q$	Coefficientes aleatorios con media 0 y covarianza $W$		
$\varepsilon_{iq}$	Variables aleatorias i.i.d. Gumbel $(0, \beta)$		

De esta forma el término aleatorio es:

$$\eta_{iq} = \mu'_q z_{iq} + \varepsilon_{iq}$$

Esta última formulación nos permite comprobar la existencia de correlación entre los diferentes pares de alternativas:

$$\begin{aligned} cov(\eta_{iq}, \eta_{jq}) &= E[\mu'_q z_{iq} + \varepsilon_{iq}] \cdot E[\mu'_q z_{jq} + \varepsilon_{jq}] \\ &= z'_{iq} W z_{iq} + \sigma_\varepsilon^2 I \neq 0 \text{ si } z_{iq} \neq 0 \end{aligned}$$

Condicionando  $\mu_q$  se consigue la probabilidad de elección, aunque en ocasiones no es posible resolver la integral y, por tanto, hay que obtener las probabilidades mediante la aplicación de simulaciones.

## 4.1 Estimación de modelos sin correlación de panel

En esta sección se presentan los resultados de las estimaciones de diversos modelos Logit Multinomial. Dadas las restricciones que impone dicha especificación, no es posible captar el efecto de correlación de panel si la hubiera.

### 4.1.1 Modelos con efectos lineales y no-lineales

En el modelo lineal, la utilidad observada de la alternativa  $i$  viene dada por:

$$V_i = \theta_{ASC} + \theta_C \cdot C + \theta_T \cdot T + \theta_F \cdot F + \theta_{TA} \cdot TA + \theta_{CO} \cdot CO + \theta_I \cdot I$$

donde  $\theta_{ASC}$  es una constante que indica la preferencia sistemática de la situación alternativa respecto a la situación inicial, donde aparece normalizada a 0. Los coeficientes  $\theta_C$ ,  $\theta_T$ ,  $\theta_F$ ,  $\theta_{TA}$ ,  $\theta_{CO}$  y  $\theta_I$  están asociados a las variables coste (C), tiempo de viaje (T), frecuencia entre dos servicios (F), tiempo de acceso (TA), comodidad (CO) e información (I), respectivamente. En este modelo, el efecto de las dos variables cualitativas (comodidad e información) se trata de forma lineal.

Los resultados del primer modelo consistente en una especificación Logit Multinomial con efectos lineales aparecen en la Tabla 4 y, la estimación de este, como también del resto de modelos analizados en este trabajo, han sido realizadas con el software Biogeme 2.0 (Bierlaire, 2003). Todos los parámetros tienen un alto nivel de significatividad y además presenta el signo esperado, siendo negativo para los atributos no deseados (coste, tiempo de viaje, frecuencia y tiempo de acceso) y positivo para aquellos que son deseados (comodidad e información).

Respecto al impacto que tiene cada atributo en la utilidad total, las variables que más afectan a esta utilidad son las referidas a la calidad del servicio, como son la *comodidad* y la *información*. En cuanto al tiempo, el impacto de tardar un minuto más durante el viaje es más del doble que tardar un minuto más en llegar a la parada. También hay que destacar

que la desutilidad producida por pagar un céntimo de Euro más por el viaje es casi la mitad que el efecto que produce aumentar la frecuencia entre guaguas en un minuto.

**Tabla 4. Modelo con efectos lineales. MNL1**

Atributos		Estimaciones	(t-test)
ASC	$\theta_{ASC}$	-0,304	-5,92
Coste	$\theta_C$	-0,075	-15,43
Tiempo de viaje	$\theta_T$	-0,100	-4,94
Frecuencia	$\theta_F$	-0,148	-10,75
Tiempo de acceso	$\theta_{TA}$	-0,0414	-2,28
Comodidad	$\theta_{CO}$	0,621	14,37
Información en la parada	$\theta_I$	0,251	6,22
$\rho^2$		0,220	-
$\rho^2$ ajustado		0,217	-
$I^*(0)$		-2.293,624	-
$I^*(C)$		-2.293,569	-
$I^*(\theta)$		-1.789,157	-
Número de observaciones		3309	-

El modelo con efectos no lineales, cuyos resultados aparecen en la Tabla 5, tiene una función de utilidad del tipo:

$$V_i = \theta_{ASC} + \theta_C \cdot C + \theta_T \cdot T + \theta_F \cdot F + \theta_{TA} \cdot TA$$

$$+ \theta_{CO1} CO_1 + \theta_{CO2} \cdot CO_2 + \theta_{I1} \cdot I_1 + \theta_{I2} \cdot I_2$$

Donde las variables cualitativas se han especificado con dos variables dummy que captan el efecto de pasar del nivel de referencia (el más bajo) al nivel intermedio y al superior, respectivamente.

**Tabla 5. Modelo con efectos no lineales. MNL2**

Atributos		Estimaciones	(t-test)
ASC	$\theta_{ASC}$	-0,282	-4,95
Coste	$\theta_C$	-0,0715	-12,70
Tiempo de viaje	$\theta_T$	-0,104	-5,13
Frecuencia	$\theta_F$	-0,146	-10,68
Tiempo de acceso	$\theta_{TA}$	-0,0449	-2,47
Comodidad 1	$\theta_{CO1}$	0,535	4,87
Comodidad 2	$\theta_{CO2}$	1,21	13,12
Información en la parada 1	$\theta_{I1}$	0,143	1,95
Información en la parada 2	$\theta_{I2}$	0,535	6,37
$\rho^2$		0,221	-
$\rho^2$ ajustado		0,217	-
$l^*(0)$		-2.293,624	-
$l^*(C)$		-2.293,569	-
$l^*(\theta)$		-1.786,756	-
Número de observaciones		3309	-

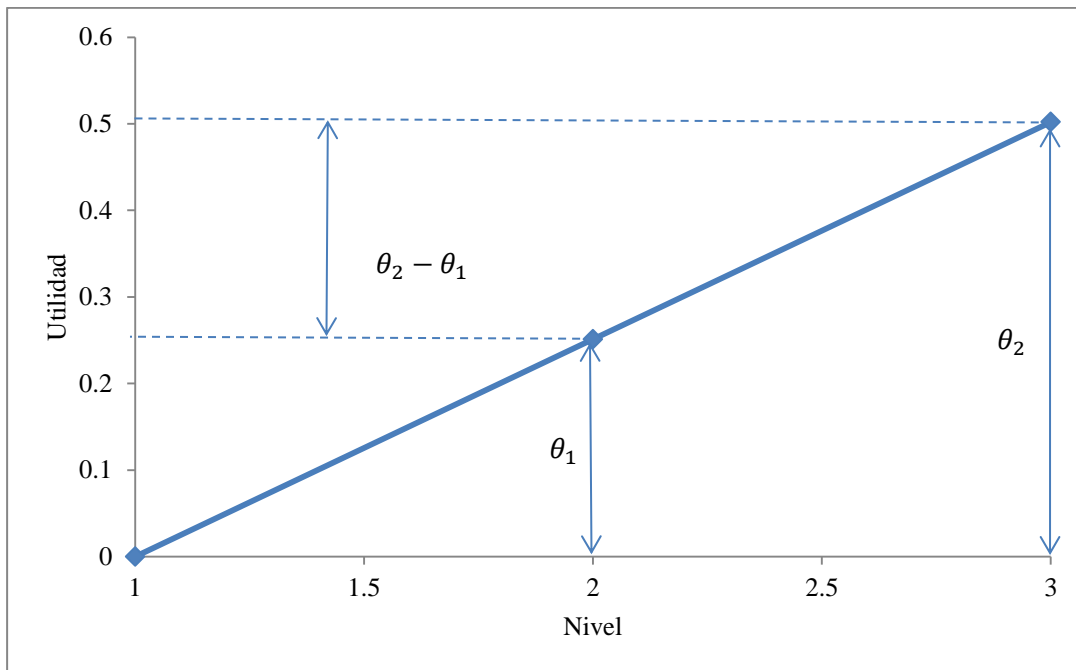
De nuevo, todos los parámetros tienen el signo esperado, aunque no el nivel de significatividad. Para comprobarlo se aplica el test t para la significatividad de los parámetros, obteniendo para el nivel de información en la parada 1 un estadístico de contraste de 1,95. Esta cantidad es inferior al valor crítico de 1,96 para un nivel de confianza del 95%, por tanto, debemos aceptar la hipótesis nula de que el verdadero valor del parámetro es 0, lo que implica no significatividad. A pesar de ello, y dado que el parámetro estimado es de signo correcto, además de encontrarse muy próximo a la región de aceptación, es posible incluir esta variable en la especificación del modelo.

La principal diferencia entre el modelo de efectos lineales y el modelo de efectos no lineales es la interpretación de los parámetros de las variables discretas tal y como se ve en los gráficos que aparecen en la Figura 12 y en la Figura 13. En el modelo de efectos lineales obtenemos un solo parámetro asociado a la variable, el cual indica la variación de la utilidad ante cambios en el nivel de la variable. De esta manera, los aumentos entre niveles son constantes, es decir, aumenta en igual cuantía la utilidad al pasar del primer nivel al segundo, que cuando se pasa del segundo al tercero.

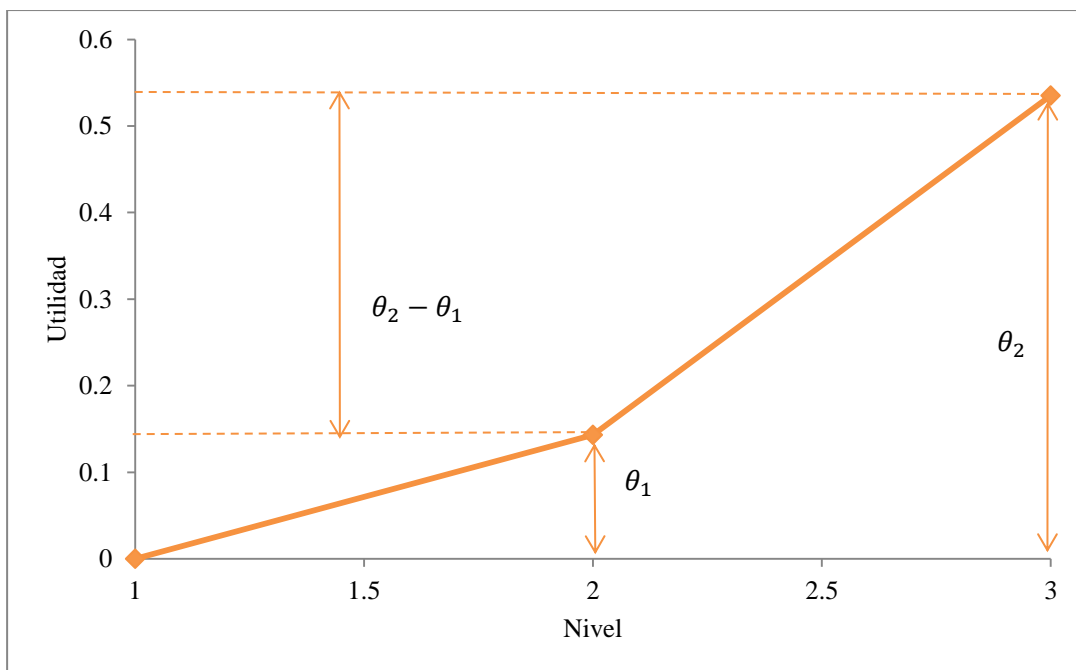
Por su parte, el modelo de efectos no lineales introduce una actualización estimando dos parámetros, uno para las variaciones en un nivel de la variable y otro para las variaciones de dos niveles en la variable. Mientras que para calcular el impacto sobre la utilidad, en efectos lineales, de aumentar en dos niveles un atributo discreto, hay que multiplicar por dos el parámetro, el modelo con efectos no lineales nos da directamente este valor. De esta manera, se conoce como aumenta la utilidad al pasar del nivel básico a un nivel intermedio o a un nivel superior, pero también como se ve afectada la utilidad al pasar desde el nivel intermedio al superior, simplemente aplicando diferencias entre los parámetros.

La idea detrás de esta especificación es que los individuos pueden verse saciados al llegar a cierto nivel, de modo que aumentos en esta variable, toda vez que el individuo ya disfruta de ese nivel, apenas afecta al nivel de utilidad. O por el contrario, como ocurre en el caso de la información (Figura 13), que el viajero no encuentre grandes diferencias entre esperar en una parada donde tenga exclusivamente las líneas y/o itinerarios o sólo los mapas y horarios, y que lo que realmente marque la diferencia sean los paneles electrónicos desde donde tener acceso a la información actualizada de los mapas y los horarios.

**Figura 12. Respuesta a cambios en la información con efectos lineales**



**Figura 13. Respuesta a cambios en la información con efectos no lineales**



Para poder comparar este último modelo con el de efectos lineales debemos realizar un test de razón de verosimilitud. Este test comprueba si el modelo con efectos lineales es una restricción de otro modelo general, en este caso el modelo de efectos no lineales. El modelo restringido se obtiene a partir de aplicar  $r$  restricciones lineales a los parámetros asociados a las variables discretas del modelo general, es decir, aplicando 2 restricciones sobre comodidad

e información, ya que es la única parte en la que difieren ambas especificaciones. Las hipótesis son las siguientes:

$$\begin{cases} H_0: \text{Modelo restringido (Efectos lineales)} \rightarrow \hat{\theta}_r \\ H_1: \text{Modelo general (Efectos no lineales)} \rightarrow \hat{\theta} \end{cases}$$

Mientras que el estadístico es:

$$LR = -2\{l^*(\hat{\theta}_r) - l^*(\hat{\theta})\} \rightarrow \chi_r^2$$

Distribuyéndose como una chi-cuadrado con r grados de libertad, de modo que, calculando obtenemos:

$$LR = -2\{-1.789,157 - (-1.786,756)\} = 4,802 \rightarrow \chi_{2,95\%}^2 = 5,99$$

Como el estadístico es menor que el valor de una chi-cuadrado con dos grados de libertad al 95%, aceptamos la hipótesis nula y, por tanto, ambos modelos son prácticamente iguales, eligiéndose el modelo restringido por ser más simple.

#### 4.1.2 Modelos con preferencias asimétricas

En este caso, se incorporan elementos de la Teoría de la Prospectiva al análisis de las preferencias. En concreto, se estudia si hay asimetría en las preferencias de los individuos, es decir, si los incrementos y las reducciones en el valor de un atributo con respecto a un nivel de referencia producen impactos diferentes en la unción de utilidad.

En este caso y siguiendo las recomendaciones de la bibliografía consultada, se especifica la función de utilidad como:

$$\begin{aligned} V_i = & \theta_{ASC} + \theta_C^+ \cdot C^+ + \theta_T^+ \cdot T^+ + \theta_F^+ \cdot F^+ + \theta_{TA}^+ \cdot TA^+ + \theta_{CO}^+ \cdot CO^+ + \theta_I^+ \cdot I^+ \\ & + \theta_C^- \cdot C^- + \theta_T^- \cdot T^- + \theta_F^- \cdot F^- + \theta_{TA}^- \cdot TA^- + \theta_{CO}^- \cdot CO^- + \theta_I^- \cdot I^- \end{aligned}$$

donde para las variables con superíndice positivo se ha elegido el máximo entre la diferencia del nivel de la alternativa con la referencia y 0,  $x_{ik}^+ = \max(x_{ik} - x_k, 0)$ , mientras que para las que tienen superíndice negativo se he elegido de manera inversa,  $x_{ik}^- = \max(x_k - x_{ik}, 0)$ , obteniéndose los resultados de la Tabla 6.

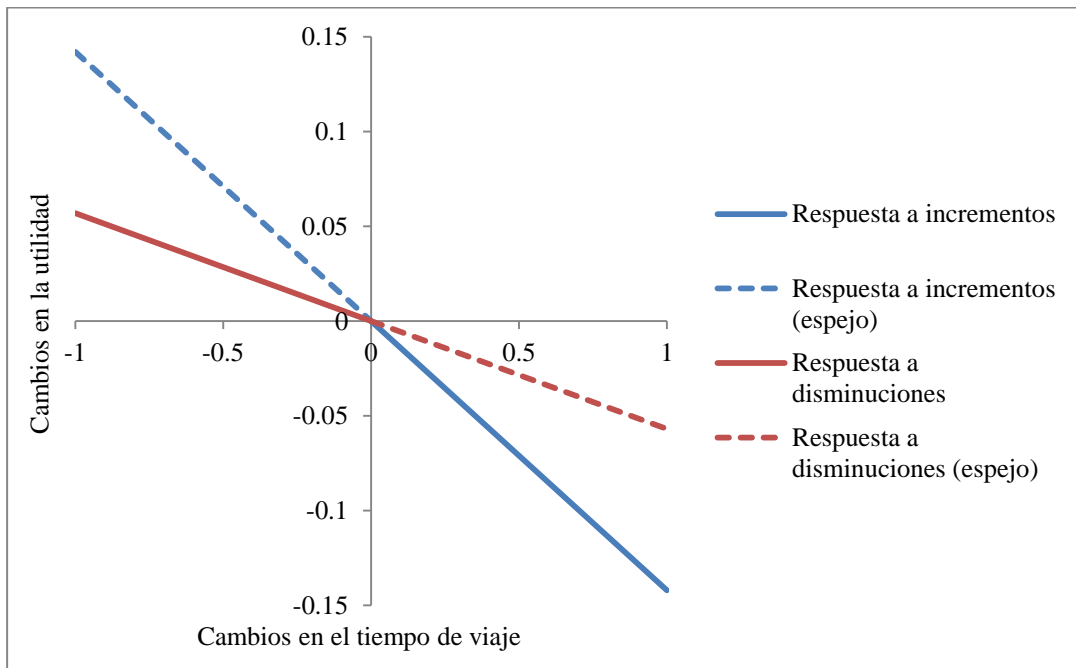


**Tabla 6. Modelo con preferencias asimétricas. MNL3**

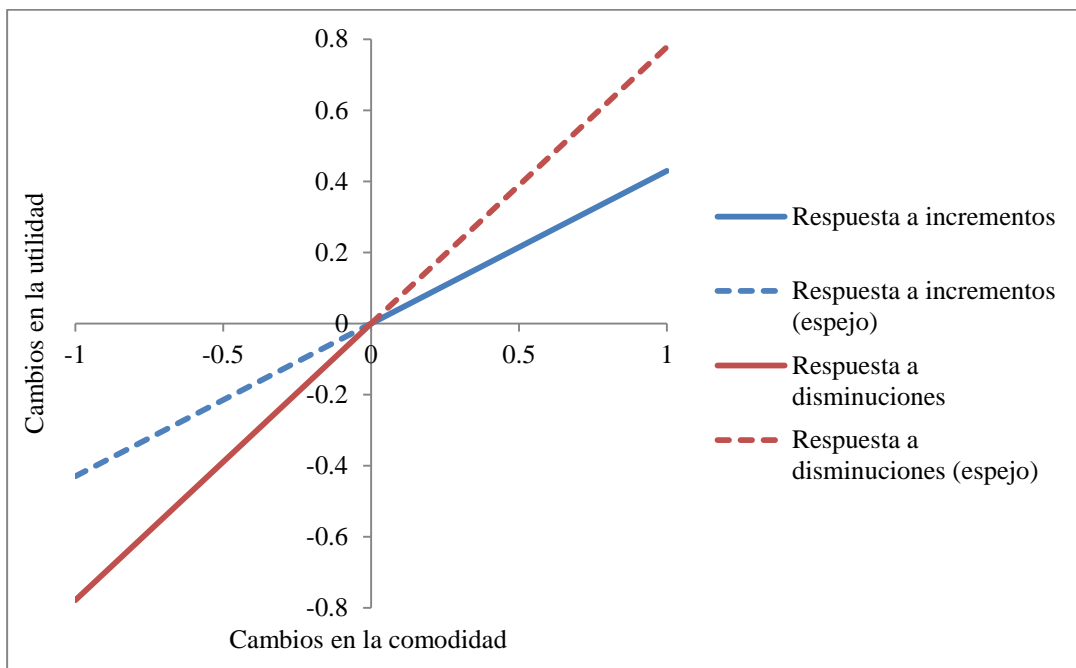
Atributos		Estimaciones	(t-test)
Coste	$\theta^+_C$	-0,0907	-8,02
	$\theta^-_C$	0,0550	6,63
Tiempo de viaje	$\theta^+_T$	-0,142	-4,61
	$\theta^-_T$	0,0569	1,62
Frecuencia	$\theta^+_F$	-0,240	-6,55
	$\theta^-_F$	0,107	5,44
Tiempo de acceso	$\theta^+_{TA}$	-0,0679	-2,12
	$\theta^-_{TA}$	0,0203	0,55
Comodidad	$\theta^+_{CO}$	0,430	6,00
	$\theta^-_{CO}$	-0,778	-11,25
Información en la parada	$\theta^+_I$	0,290	3,55
	$\theta^-_I$	-0,308	-4,42
$\rho^2$		0,226	-
$\rho^2$ ajustado		0,221	-
$l^*(0)$		-2.293,624	-
$l^*(C)$		-2.293,569	-
$l^*(\theta)$		-1.774,572	-
Número de observaciones		3309	-

Como se ha comentado con anterioridad, la especificación asimétrica permite comprobar si existe aversión a la pérdida por parte de los individuos. Esto se observa con claridad en la Figura 14 y en la Figura 15.

**Figura 14. Cambios en la utilidad ante variaciones en el tiempo de viaje respecto a la alternativa de referencia**



**Figura 15. Cambios en la utilidad ante variaciones en la comodidad respecto a la alternativa de referencia**



De acuerdo con la teoría de la prospectiva, la aversión a la pérdida se produce cuando el valor absoluto de los coeficientes asociados a las pérdidas es mayor que el asociado a las ganancias. Se puede ver de forma inmediata como esto ocurre con todas las variables, además de ser todas del signo esperado. Con el fin de realzar el grado de asimetrías observadas, en los

gráficos anteriores también se han trazado los reflejos en espejo de las rectas de incrementos y disminuciones.

Es de destacar, como varía la pendiente de las rectas en virtud de la naturaleza de las variables, siendo ésta positiva para atributos deseables, como la comodidad (Figura 15) o la información, y por el contrario, para atributos no deseables, tiempo de viaje (Figura 14), frecuencia o coste, la pendiente es negativa.

Visto el comportamiento de los parámetros en la especificación asimétrica, falta por decidir si éste modelo es realmente preferible al modelo de efectos lineales analizado con anterioridad. Para ello, se vuelve a recurrir al test de razón de verosimilitud, donde el modelo restringido es el de efectos lineales y el modelo general el de efectos asimétricos. Existen 6 restricciones del tipo  $\theta_i^+ + \theta_i^- = 0$ , que corresponden a cada uno de los atributos, por tanto las hipótesis son:

$$\begin{cases} H_0: \text{Modelo restringido (Efectos lineales)} \rightarrow \hat{\theta}_r \\ H_1: \text{Modelo general (Efectos asimétricos)} \rightarrow \hat{\theta} \end{cases}$$

Mientras que el estadístico es:

$$LR = -2\{-1.789,157 - (-1.774,572)\} = 29,17 \rightarrow \chi_{6,95\%}^2 = 12,59$$

Al ser el estadístico mayor que una chi-cuadrado con 6 grados de libertad al 95%, rechazamos la hipótesis nula, lo que implica que el modelo de efectos asimétricos predice mejor el comportamiento de la utilidad en comparación al modelo de efectos lineales.

## 4.2 Estimación de modelos con correlación de panel

En esta sección, se replican las especificaciones de la sección anterior para analizar si existe correlación de panel. Para ello se especifica un modelo Logit Mixto donde se incluye una componente de error  $\mu$  (común para las observaciones del mismo individuo) que se distribuye como una Normal con media cero. La significatividad o no en la estimación de la desviación estándar permitirá determinar si existe dicho efecto de panel.

La función de utilidad se define de la siguiente forma:

$$V_i = \theta_{ASC} + \mu + \theta_C \cdot C + \theta_T \cdot T + \theta_F \cdot F + \theta_{TA} \cdot TA + \theta_{CO} \cdot CO + \theta_I \cdot I$$

donde  $\mu \sim N(0, \sigma)$ .

En la Tabla 7, aparece la estimación llevada a cabo por Biogeme tras realizar 200 simulaciones usando secuencias de Halton. Esta operativa es la que se ha llevado a cabo en todas las estimaciones con modelos Logit Mixto para poder disminuir el número de simulaciones necesarias hasta obtener unos resultados correctos.

**Tabla 7. Modelo Logit Mixto con efectos lineales. ML1**

Atributos		Estimaciones	(t-test)
ASC	$\theta_{ASC}$	-0,346	-5,23
Coste	$\theta_C$	-0,0828	-15,06
Tiempo de viaje	$\theta_T$	-0,109	-4,81
Frecuencia	$\theta_F$	-0,166	-10,79
Tiempo de acceso	$\theta_{TA}$	-0,0427	-2,12
Comodidad	$\theta_{CO}$	0,744	13,63
Información en la parada	$\theta_I$	0,256	5,18
Desviación estándar	$\sigma$	0.833	10,80
$\rho^2$		0,234	-
$\rho^2$ ajustado		0,231	-
$l^*(0)$		-2.293,624	-
$l^*(C)$		-2.293,569	-
$l^*(\theta)$		-1.756,850	-
Número de observaciones		3309	-

Como la desviación estándar  $\sigma$  de la variable  $\mu$  es significativa y distinta de 0, estamos ante un modelo que efectivamente presenta correlación de panel. Esto nos indica que la calidad de la estimación del modelo con efectos lineales por medio de una especificación Logit Mixto es mejor que utilizando el modelo Logit Multinomial.

En la Tabla 8 aparecen los resultados para el modelo Logit Mixto con efectos no lineales, cuya expresión es la siguiente.

$$V_i = \theta_{ASC} + \mu + \theta_C \cdot C + \theta_T \cdot T + \theta_F \cdot F + \theta_{TA} \cdot TA \\ + \theta_{CO1} CO_1 + \theta_{CO2} \cdot CO_2 + \theta_{I1} \cdot I_1 + \theta_{I2} \cdot I_2$$

La interpretación de los parámetros es idéntica a la del modelo MNL2, la única diferencia es la existencia de correlación de panel descrita por la desviación estándar de la variable aleatoria  $\mu$ , la cual es significativa.

A continuación nos falta comprobar dentro de los modelos Logit Mixto, cuál de ellos es mejor, si el de efectos lineales o el de efectos no lineales. Para ello operamos igual que en las comparaciones realizadas en el apartado “Estimación de modelos sin correlación de panel”, es decir, aplicando el test de razón de verosimilitud. Las hipótesis son las siguientes:

$$\begin{cases} H_0: \text{Modelo restringido (Efectos lineales)} \rightarrow \hat{\theta}_r \\ H_1: \text{Modelo general (Efectos no lineales)} \rightarrow \hat{\theta} \end{cases}$$

Distribuyéndose como una chi-cuadrado con 2 grados de libertad, por las restricciones de las variables discretas, de modo que, calculando obtenemos:

$$LR = -2\{-1.756,850 - (-1.752,649)\} = 8,402 \rightarrow \chi_{2,95\%}^2 = 5,99$$

El estadístico es mayor que el valor de la chi-cuadrado al 95%, lo que implica que se rechaza la hipótesis nula y que el modelo con efectos no lineales, a diferencia con el caso anterior, es preferible al de efectos lineales.

**Tabla 8. Modelo Logit Mixto con efectos no lineales. ML2**

Atributos		Estimaciones	(t-test)
ASC	$\theta_{ASC}$	-0,301	-4,07
Coste	$\theta_C$	-0,0764	-11,74
Tiempo de viaje	$\theta_T$	-0,116	-5,10
Frecuencia	$\theta_F$	-0,164	-10,72
Tiempo de acceso	$\theta_{TA}$	-0,0490	-2,43
Comodidad 1	$\theta_{CO1}$	0,651	4,78
Comodidad 2	$\theta_{CO2}$	1,44	12,62
Información en la parada 1	$\theta_{I1}$	0,0656	0,70
Información en la parada 2	$\theta_{I2}$	0,579	5,53
Desviación estándar	$\sigma$	0.853	10,98
$\rho^2$		0,236	-
$\rho^2$ ajustado		0,232	-
$l^*(0)$		-2.293,624	-
$l^*(C)$		-2.293,569	-
$l^*(\theta)$		-1.752,649	-
Número de observaciones		3309	-

En la Tabla 9 aparecen los resultados para el modelo Logit Mixto con preferencias asimétricas, siendo su especificación la siguiente:

$$V_i = \theta_{ASC} + \mu + \theta_C^+ \cdot C^+ + \theta_T^+ \cdot T^+ + \theta_F^+ \cdot F^+ + \theta_{TA}^+ \cdot TA^+ + \theta_{CO}^+ \cdot CO^+ + \theta_I^+ \cdot I^+ \\ + \theta_C^- \cdot C^- + \theta_T^- \cdot T^- + \theta_F^- \cdot F^- + \theta_{TA}^- \cdot TA^- + \theta_{CO}^- \cdot CO^- + \theta_I^- \cdot I^-$$

**Tabla 9. Modelo Logit Mixto con preferencias asimétricas. ML3**

Atributos		Estimaciones	(t-test)
Coste	$\theta^+_C$	-0,108	-8,26
	$\theta^-_C$	0,0577	6,09
Tiempo de viaje	$\theta^+_T$	-0,145	-3,92
	$\theta^-_T$	0,0729	1,78
Frecuencia	$\theta^+_F$	-0,275	-6,75
	$\theta^-_F$	0,119	5,23
Tiempo de acceso	$\theta^+_{TA}$	-0,0808	-2,25
	$\theta^-_{TA}$	0,00337	0,08
Comodidad	$\theta^+_{CO}$	0,530	5,99
	$\theta^-_{CO}$	-0,871	-11,35
Información en la parada	$\theta^+_I$	0,276	2,98
	$\theta^-_I$	-0,333	-4,00
Desviación estándar	$\sigma$	0,820	10,60
$\rho^2$		0,240	-
$\rho^2$ ajustado		0,234	-
$l^*(0)$		-2.293,624	-
$l^*(C)$		-2.293,569	-
$l^*(\theta)$		-1.774,022	-
Número de observaciones		3309	-

Al igual que en los modelos anteriores, existe correlación de panel. Visto que el modelo es correcto nos falta conocer si es mejor que el de efectos de lineales, el cual es una restricción de este. Aplicando otra vez el test de razón de verosimilitud y sabiendo que existen 6 restricciones, similares a las del modelo Logit Multinomial que corresponden a cada uno de los atributos, las hipótesis son:

$$\begin{cases} H_0: \text{Modelo restringido (Efectos lineales)} \rightarrow \hat{\theta}_r \\ H_1: \text{Modelo general (Efectos asimétricos)} \rightarrow \hat{\theta} \end{cases}$$

y el estadístico:

$$LR = -2\{-1.756,850 - (-1.744,022)\} = 25,656 \rightarrow \chi_{6,95\%}^2 = 12,59$$

De nuevo el estadístico es mayor que una chi-cuadrado con 6 grados de libertad al 95%, decidiendo entonces rechazar la hipótesis nula y por tanto elegimos el modelo de efectos asimétricos ya que predice mejor el comportamiento de la utilidad en comparación al modelo de efectos lineales.

Toda vez que sabemos que tanto el modelo Logit Mixto de efectos no lineales como de preferencias asimétricas son mejores que el modelo lineal, hay que compararlos entre sí con el fin de saber cuál de ellos es mejor. Para ello basta con ver que  $\rho^2$  ajustado del modelo ML3 es de 0,234, ligeramente superior al de ML2 que es igual a 0,232. Así, debemos elegir el modelo con preferencias asimétricas frente al de efectos no lineales, ya que este último explica con menor exactitud la fuente de la utilidad.

### 4.3 Medidas de disposición a pagar

La Tabla 10 compara los valores de disposición a aceptar (DAA) y de disposición a pagar (DAP) para los diferentes modelos. Las disposiciones de los atributos temporales como son el tiempo de viaje, la frecuencia y el tiempo de acceso, están expresadas en céntimos de Euro por minuto, mientras que las de los otros dos atributos, comodidad e información, son expresadas en céntimos por nivel.

Observamos que en materia de tiempo los individuos están dispuestos a pagar más dinero por ahorrarse un minuto de espera en la parada aumentando la frecuencia entre guaguas, que si se aumentase la velocidad del viaje y por tanto se redujera la duración del mismo o que la parada estuviera más cerca del punto de salida del individuo. Por esta última variable, el tiempo de acceso, los viajeros apenas están dispuestos a pagar.



**Tabla 10. Comparativa entre disposiciones**

Atributos	T. de viaje	Frecuencia	T. de acceso	Comodidad		Información	
<i>MNL1</i>							
DAP = DAA	1,333	1,973	0,552	8,28		3,346	
<i>ML1</i>							
DAP = DAA	1,316	2,005	0,516	8,895		3,092	
<i>MNL2</i>							
DAP = DAA	1,454	2,042	0,628	1	2	1	2
<i>ML2</i>							
DAP = DAA	1,518	2,146	0,641	1	2	1	2
<i>MNL3</i>							
DAA	2,582	4,364	1,234	14,145		5,6	
DAP	0,627	1,179	0,224	4,741		3,197	
Ratio DAA/DAP	4,115	3,699	5,516	2,984		1,751	
<i>ML3</i>							
DAA	2,513	4,766	1,401	15,095		5,771	
DAP	0,675	1,102	0,031	4,907		2,555	
Ratio DAA/DAP	3,723	4,325	44.877	3,076		2,258	

Hay que tener en cuenta que en el caso de los modelos simétricos, los aumentos y las disminuciones en el tiempo o en el nivel para una característica del servicio determinada son valorados de manera idéntica. Además independientemente del modelo especificado, los viajeros están dispuestos a pagar una mayor cantidad de dinero, tanto por aumentar la comodidad del viaje, como por tener disponible una mayor cantidad de información en la parada.

En los modelos asimétricos, ya sean Logit Mixto o Logit Multinomial, se han incluido los ratios de las disposiciones con el fin de observar las discrepancias entre estas dos figuras. En ambos modelos, la mayor divergencia se encuentra en el tiempo de acceso, con un ratio DAA/DAP entre 5,516 y 44,877. Para el resto de atributos, los ratios varían entre 1,751 para la información (MNL3) y 4,325 de la frecuencia (ML3).

Estos resultados son consistentes con los supuestos de la Teoría de la Prospectiva referidos a la aversión a la pérdida, donde las pérdidas son valoradas en mucha mayor medida que las ganancias. Al ser todos los ratios mayores que la unidad la hipótesis queda demostrada.

Por último, si comparamos los resultados de los modelos Logit Multinomial con sus modelos idénticos Logit Mixto se observan grandes diferencias. Por ejemplo, para los modelos no lineales, la disposición a pagar por pasar del nivel más básico de información a un nivel intermedio es de 2 céntimos, según la especificación Logit Multinomial, mientras que para la especificación Logit Mixto es de 0,859 céntimos. La discrepancia entre estas dos figuras es sustancial, por lo que hay que reparar en que estos valores se obtienen como el ratio entre dos parámetros estimados, de modo que a la hora de obtener las disposición a pagar o a aceptar por cualquier atributo es de vital importancia utilizar la especificación correcta, ya que de no ser así los resultados de las distintas políticas económicas pueden ser los no deseados.

## Capítulo 5. Conclusiones

El objetivo de este trabajo es analizar la importancia relativa de los distintos atributos que definen el nivel de servicio prestado por Guaguas Municipales desde el punto de vista de la demanda. La gran mayoría de empresas que operan como concesionarias de transporte público basan sus políticas en diferentes índices que se alejan del consumidor y sus preferencias, por esta razón, proveer a la sociedad de un estudio que tenga en cuenta las necesidades de los ciudadanos en materia de movilidad es una necesidad para el desarrollo económico.

El análisis realizado en este trabajo se basa en un experimento de elección discreta entre los viajeros del servicio municipal de guaguas, tras lo cual se ha realizado una explotación descriptiva para tener un mayor conocimiento de cuál es el prototipo de usuario del sistema. Luego se ha explicado de manera detallada la teoría necesaria para realizar las distintas estimaciones, que finalmente han sido expuestas.

El estudio parte de la necesidad de analizar las percepciones de los usuarios y así estimar cuanto están dispuestos a pagar o aceptar por variaciones en el nivel de servicio, de manera que se pueda cuantificar en términos monetarios los beneficios y/o costes sociales asociados a la implementación de tales cambios. Por lo tanto se utiliza una especificación de la utilidad dependiente de una referencia para evaluar las diferencias entre DAP y DAA para los principales atributos que afectan a la utilidad.

En primer lugar, los resultados demuestran la existencia de asimetrías en la percepción de los atributos, que tiene su máxima expresión en el ratio para el tiempo de acceso (ML3), donde los viajeros no están dispuestos a pagar mucho por tardar un minuto menos en llegar a la parada, pero exigen una compensación 44 veces superior por una reducción en el nivel de servicio. Esto resalta la importancia de incorporar elementos de la teoría de la prospectiva a los análisis sobre el comportamiento del consumidor. Además la posible presencia de correlación de panel puede llevar a resultados equívocos si no es corregida. En definitiva, este estudio realza la importancia que tiene sobre las políticas económicas la correcta especificación de los modelos de utilidad y las graves consecuencias de evaluaciones poco rigurosas.



## Referencias

- Becker, G.S. (1965). A theory of the allocation of time. *The Economic Journal*, 75, pp. 493-517.
- Bierlaire, M. (2003). BIOGEME: a free package for the estimation of discrete choice models. In *Swiss Transport Research Conference* (No. TRANSP-OR-CONF-2006-048).
- de Rus G., Campos, J., & Nombela, G. (2003). *Economía del transporte*. Antoni Bosch Editor
- de Serpa, A. (1971). A theory of the economics of time. *The Economic Journal*, 81, pp. 828-846.
- Feo-Valero, M., Arencibia, A. I., Román, C. (2016). Analyzing discrepancies between willingness to pay and willingness to accept for freight transport attributes. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 89, 151-164.
- Hess, S., Rose, J.M., Hensher, D.A., (2006). Asymmetric preference formation in willingness to pay estimates in discrete choice models. *Institute of Transport and Logistics Studies Working Paper ITLS-WP-06-12*.
- Jara-Díaz, S.R. & Farah, M. (1987). Transport demand and users' benefits with fixed income: the goods/leisure trade-off revisited, *Transportation Research*21B, 165-170.
- Kahneman, D.,Tversky, A., (1979). An analysis of decision under risk. *Econometrica* 47 (2), 263-292.
- Masiero, L., Hensher, D. A., (2010). Analyzing loss aversion and diminishing sensitivity in a freight transport stated choice experiment. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 44(5), 349-358.
- Masiero, L., Hensher, D. A., (2011). Shift of reference point and implications on behavioral reaction to gains and losses. *Transportation*, 38(2), 249-271.
- McFadden, D. (1974). The measurement of urban travel demand. *Journal of Public Economics* 3, pp. 303–328.

McFadden, D. (1981). Econometric models of probabilistic choice. In C. Manski and D. McFadden (eds), *Structural Analysis of Discrete Data: With Econometric Applications*. MIT Press, Cambridge, Mass.

Mumford, L. (1966). *La ciudad en la historia*. Infinito.

MVA Consultancy, Institute for Transport Studies, University of Leeds and Transport Studies Unit, University of Oxford (1987). *The Value of Travel Time Savings*. Policy Journals, Newbury, Berks.

Pashigian, B.P. (1997). *Price theory and applications*. Second Edition. Irwin McGraw-Hill. Boston, Massachusetts.

Román, C., Martín, J.C. & Espino, R. (2014). Using Stated Preferences to Analyze the Service Quality of Public Transport. *International Journal of Sustainable Transportation*, 8, pp, 28-46.,

Train, K. & McFadden, D. (1978). The goods/leisure trade-off and disaggregate work trip mode choice models. *Transportation Research* 12, pp. 349–353.

Tversky, A., & Kahneman, D. (1991). Loss Aversion in Riskless Choice: A Reference-Dependent Model. *The Quarterly Journal of Economics*, 106(4), pp. 1039–1061.

