

# UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



**ESCUELA DE DOCTORADO DE LA UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
**DOCTORADO EN INGENIERÍA CIVIL**

---

## **TESIS DOCTORAL**

**MODELOS ECONOMETRICOS PARA EL DISEÑO Y LA GESTIÓN DE  
SISTEMAS DE ESTACIONAMIENTO REGULADO BAJO NUEVAS  
CONSIDERACIONES PARA OBTENER DATOS Y MODELAR LA  
ELECCIÓN ZONAL**

## **PhD THESIS**

**ECONOMETRIC MODELS FOR THE DESIGN AND MANAGEMENT OF  
REGULATED PARKING SYSTEMS UNDER NEW CONSIDERATIONS  
TO OBTAIN DATA AND MODEL ZONAL CHOICE**

---

Presentada por: **GONZALO ANTOLÍN SAN MARTÍN**

Dirigida por: **Prof./Dr. ÁNGEL IBEAS PORTILLA**

**Prof./Dr. LUIGI DELL'OLIO**

**Santander, 2019**



---

A mi familia

*“Si no conozco una cosa, la investigaré.”*

Louis Pasteur (1822 - 1895)



---

## Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría dar las gracias a mis directores de tesis, los Catedráticos D. Ángel Ibeas y D. Luigi dell'Olio, quienes me dieron la oportunidad de comenzar mi desarrollo científico y laboral en el Grupo de Investigación de la Universidad de Cantabria que ha permitido el desarrollo de la presente tesis doctoral.

También quiero agradecer a todos mis compañeros del Grupo de Investigación de Sistemas de Transporte de la Universidad de Cantabria quienes a lo largo de los años que estuve en dicho grupo y posteriormente me brindaron todo su apoyo y ayuda para la realización de la presente tesis doctoral. Por otro lado, me gustaría agradecer a mis compañeros de las empresas donde he trabajado y trabajo actualmente por el apoyo brindado en los momentos de mayor esfuerzo para la redacción de la tesis.

Me gustaría también reconocer mi agradecimiento al Ministerio de Economía, Industria y Competitividad por la financiación de los proyectos de investigación: TRA2013-48116-R y TRA2017-85853-C2-1-R, los cuales han permitido financiar partes importantes de la presente tesis doctoral y de mi carrera en el Grupo de Investigación.

No puedo dejar de agradecer a mi familia el apoyo incondicional durante toda mi carrera académica y laboral, brindándome su apoyo y consejo en las decisiones que he tomado a lo largo de estos años de realización de la tesis.

Y como no, a Miriam, quien me ha apoyado en todo momento siendo fuente de consejos y de ánimo. Quien ha celebrado conmigo los grandes momentos y ha estado siempre apoyándome en los momentos difíciles que se han dado durante el desarrollo de la tesis.

---



---

# Resumen

El estacionamiento en las ciudades es un campo que durante los últimos años ha sido objeto de numerosas investigaciones y análisis. Este foco de atención en el estacionamiento ha tenido lugar debido a los problemas de circulación que se han ocasionado debido a la saturación de los actuales sistemas. Como se ha determinado en numerosas investigaciones, los problemas del estacionamiento han provocado aumento de los niveles de circulación y contaminación de las ciudades.

Durante décadas, el diseño del estacionamiento se centraba en la maximización de la probabilidad de encontrar estacionamiento, es decir, en aumentar el número de plazas de estacionamiento urbano (Shoup, 2006). Las propuestas de ordenación desarrolladas en cuanto a movilidad durante las décadas precedentes se han centrado en favorecer la movilidad de los vehículos privados respecto a otros medios de movilidad urbana. Sin embargo, en la actualidad los sistemas de estacionamiento se han convertido en un punto relevante de investigación para reducir la afeción de la excesiva circulación de vehículos en los niveles de saturación y en el estado medioambiental de las ciudades.

En la literatura internacional se han encontrado diversos estudios que analizan la elección de estacionamiento urbano y el comportamiento de los usuarios en dicha elección. Sin embargo, se ha determinado que la complejidad del comportamiento de los usuarios en los procesos de elección de estacionamiento requiere el empleo de otras metodologías de toma de datos y de modelización para considerar la complejidad de dicho proceso de decisión. Por lo tanto, la presente tesis doctoral desarrolla modelizaciones del

---

---

comportamiento de los usuarios mediante datos obtenidos de encuestas de preferencias declaradas y preferencias reveladas.

Para el desarrollo de los modelos a partir de datos de preferencias declaradas se ha desarrollado una metodología para la toma de datos que permite considerar la disponibilidad de cada alternativa de estacionamiento en las diferentes zonas de las ciudades. Además, con el fin de dotar de mayor realismo al proceso de toma de datos, los escenarios ficticios creados en la encuesta se han determinado de forma dinámica a partir de las respuestas de los usuarios en la caracterización de la encuesta. Por lo tanto, esta metodología ha permitido la creación de los escenarios en función de: las características del viaje, el tipo de usuario y la residencia del usuario. El proceso de toma de datos diseñado ha incluido variables específicas para analizar y modelar el efecto de la hora de llegada en función de la deseada a las contestaciones de los usuarios, lo cual, ha permitido analizar el comportamiento de los usuarios ante diferentes contextos temporales.

Por lo tanto, en el caso de la modelización a partir de datos de preferencias declaradas, la metodología llevada a cabo para el proceso de toma de datos ha permitido desarrollar modelos agregados para todos los usuarios y desagregados por tipo de usuarios que permiten obtener evidencias del comportamiento para cada tipo de usuario que faciliten la implementación de políticas adaptadas a cada estrato de usuarios.

Por otro lado, se han desarrollados modelos de elección discreta a partir de datos obtenidos mediante encuestas de preferencias reveladas considerando tanto correlaciones espaciales por su ubicación como por las alternativas disponibles en cada zona. Para ello, se ha determinado el tipo de vecindad de la elección espacial que corresponde al actual comportamiento de los usuarios. En base a los modelos desarrollados, se ha determinado la existencia de una importante correlación espacial por proximidad de las zonas de estacionamiento en la elección de los usuarios.

Por último, a partir de los avances obtenidos en la presente tesis doctoral, se ha logrado publicar dos artículos en revistas indexadas con los aportes presentados en esta tesis

---

---

doctoral y con la aplicación práctica a un caso de estudio determinado de la metodología desarrollada en la tesis.



---

# Abstract

Parking in cities is an area that has recently been the subject of much research and analysis. This focus on parking has been taken into consideration because of circulation problems caused by the saturation of current systems. As has been identified in several investigations, parking problems have led to increased traffic and pollution levels in cities.

During the last two decades the design of the parking lots was focused on maximizing the likelihood of finding parking. In other words, it tried to increase the number of urban parking spaces (Shoup, 2006). On the other hand, the planning proposals developed in terms of mobility during the previous decade have been focused on improving the mobility of private vehicles over other means of urban mobility. However, parking systems have now become a relevant research point in order to reduce the excessive traffic of vehicles and the environmental status of cities.

In international research, it is possible to find the analysis between the choice of urban parking and the users' behaviour based on this choice. However, it has been discovered that the complexity of the users' behaviour in parking selection processes requires the use of other data collection and modelling methodologies to understand that decision-making process. Therefore, this doctoral thesis develops modelling of the users' behaviours through data obtained from surveys of stated and revealed preferences.

For the development of modelling methodologies based on data of stated preferences, new strategies for data collection have been developed that allow for the consideration of the availability of each parking alternative in the different areas of cities. In addition, to

---

---

making the data collection process more realistic, the fictitious scenarios created in the survey have been dynamically determined from user responses in the survey of characterisation. Consequently, this methodology has enabled the creation of scenarios according to the characteristics of the trip, the type of user and the residence of the user.

On the other hand, the data collection process has included specific variables to analyse and model the effect of the arrival time according to the desired response of the users, this which has made possible an analysis of the behaviour of users in different temporal contexts. Moreover the methodology carried out for the process of data collection has allowed the development of models aggregated for all users and models disaggregated by type of users, which enables the obtainment of evidence regarding the behaviour for each type of user that facilitates the implementation of policies adapted to each stratum of users.

Furthermore, discrete choice models have been developed from data obtained through revealed surveys of preference that consider both spatial correlations by location and alternatives available in each area. It is evident that the type of neighbourhood of the spatial choice depends on the current behaviour of the users. Thus, it has been proven that based on the models developed, there is an important spatial correlation between the proximity of parking areas and the choice of users.

Finally, the progress made in this doctoral thesis has been published in two articles in indexed journals, which contain the contributions presented in this doctoral thesis, as well as the practical application of a given case study using the methodology developed in the thesis.

---

# Contenido

<b>Agradecimientos.....</b>	<b>iii</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>v</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>ix</b>
<b>Contenido.....</b>	<b>xi</b>
<b>Lista de Figuras .....</b>	<b>xiii</b>
<b>Lista de Tablas.....</b>	<b>xvii</b>
<b>Introducción y Objetivos .....</b>	<b>19</b>
1.1    Motivación.....	21
1.2    Problemas y diagnóstico de los estacionamientos urbanos.....	22
1.3    Objetivos .....	24
1.4    Aportaciones.....	25
1.5    Estructura de la tesis doctoral .....	28
<b>Estado del Arte.....</b>	<b>31</b>
2.1    Metodologías empleadas en la modelización de estacionamiento urbano.....	32
2.2    Modelos de elección discreta a los estacionamientos urbanos.....	35
2.3    Variables que influyen en el comportamiento de los usuarios en la elección de estacionamiento.....	39

---

2.4	Soluciones aplicadas en la literatura internacional. Diagnóstico y limitaciones observadas.....	48
2.5	Aportaciones a la literatura internacional de la solución propuesta.....	49
	<b>Modelos de elección discreta.....</b>	<b>53</b>
3.1	Modelos Logit Multinomial (MNL) .....	55
3.2	Modelos Logit Mixto (ML) .....	60
3.3	Conclusiones .....	65
	<b>Metodología aplicada en la obtención y modelización de los datos .....</b>	<b>67</b>
4.1	Metodología para el diseño de encuestas de Preferencias Reveladas .....	68
4.2	Metodología para el diseño de encuestas de Preferencias Declaradas.....	72
4.3	Metodología seguida para la modelización de los datos .....	77
4.4	Cálculo de la elasticidad de la demanda.....	81
	<b>Aplicación práctica al caso de estudio de la ciudad de Santander .....</b>	<b>85</b>
5.1	Características de la ciudad de Santander (España).....	86
5.2	Aplicación de metodologías basadas en datos obtenidos con encuestas de Preferencias Declaradas.....	96
5.3	Aplicación de metodologías basadas en datos obtenidos con encuestas de Preferencias Reveladas .....	151
	<b>Conclusiones y Líneas de Investigación futuras.....</b>	<b>173</b>
6.1	Conclusiones de la modelización con de datos de Preferencias Declaradas....	176
6.2	Conclusiones de la modelización con de datos de Preferencias Reveladas .....	177
6.3	Líneas de Investigación Futuras.....	178
	<b>Referencias .....</b>	<b>179</b>
	<b>Apéndices.....</b>	<b>193</b>

---

---

## Lista de Figuras

Figura 1. Metodologías empleadas en la elección de estacionamiento. ....	32
Figura 2. Estructura del árbol de elección y la matriz varianza- covarianza de un modelo Logit Multinomial .....	56
Figura 3. Resumen del proceso de diseño y realización de la Encuesta de Preferencias Declaradas y su modelización.....	74
Figura 4. Áreas de la ciudad con estacionamiento gratuito en la calle (FOSP) .....	88
Figura 5. Zonas de estacionamiento de pago en la calle de en la ciudad (POSP).....	89
Figura 6. Ubicación de los estacionamientos de pago subterráneo de la ciudad (PUP) 90	
Figura 7. Captura de pantalla de características socioeconómicas y de viaje (izquierda) y las situaciones de elección (derecha) en la encuesta.....	105
Figura 8. Esquema de funcionamiento de la aplicación al preguntar la encuesta .....	106
Figura 9. Localización de los lugares de realización de la encuesta de Preferencias Declaradas .....	107
Figura 10. Tiempo de búsqueda de estacionamiento de los datos de Preferencias Declaradas. ....	110
Figura 11. Tiempo de estacionamiento de los datos de Preferencias Declaradas. ....	111
Figura 12. Tipo de estacionamiento de los datos de Preferencias Declaradas.....	112
Figura 13. Edad del vehículo de los datos de Preferencias Declaradas.....	113
Figura 14. Ocupación del vehículo de los datos de Preferencias Declaradas.....	113
Figura 15. Elección en escenarios PD - usuarios FOPS - residentes en Santander (FOSP - POSP) .....	115

---

Figura 16. Elección en escenarios PD - usuarios FOPS - residentes en Santander (FOSP - POSP - PUP) .....	116
Figura 17. Elección en escenarios PD - usuarios FOPS - no residentes en Santander (FOSP - POSP - P&R).....	117
Figura 18. Elección en escenarios PD - usuarios FOPS - no residentes en Santander (FOSP - POSP - PUP - P&R).....	118
Figura 19. Elección en escenarios PD - usuarios POPS - residentes en Santander (POSP - FOSP) .....	119
Figura 20. Elección en escenarios PD - usuarios POPS - residentes en Santander (POSP - PUP) .....	120
Figura 21. Elección en escenarios PD - usuarios POPS – no residentes en Santander (POSP - FOSP - P&R).....	121
Figura 22. Elección en escenarios PD - usuarios POPS – no residentes en Santander (POSP - PUP - P&R).....	122
Figura 23. Elección en escenarios PD - usuarios PUP – residentes en Santander (PUP - POSP) .....	123
Figura 24. Elección en escenarios PD - usuarios PUP – residentes en Santander (PUP - POSP - FOSP) .....	124
Figura 25. Elección en escenarios PD - usuarios PUP – no residentes en Santander (PUP – POSP – P&R).....	125
Figura 26. Elección en escenarios PD - usuarios PUP – no residentes en Santander (PUP – POSP – FOSP - P&R).....	126
Figura 27. Descripción de las variables tenidas en cuenta para la encuesta domiciliaria .....	152
Figura 28. Caracterización de los usuarios y de los vehículos del domicilio.....	153
Figura 29. Diario de viajes de la encuesta .....	154
Figura 30. Ubicación de los puntos de estacionamiento indicados en la encuesta en la zona centro de la ciudad de Santander.....	159

---

---

Figura 31. Representación de la vecindad tipo "Queen" considerada en la investigación .....	165
Figura 32. Zonificación tomada en cuenta para la investigación y para la determinación del contexto de elección.....	166
Figura 33. Estructura de correlación espacial tomada en cuenta en el segundo modelo estimado (ECML - Spatial).....	170



---

## Lista de Tablas

Tabla 1. Variables obtenidas en la literatura internacional que influyen en la elección de estacionamiento.....	46
Tabla 2. Plazas de estacionamiento en cada zona de estacionamiento regulado.....	88
Tabla 3. Composición del Grupo Focal desarrollado .....	91
Tabla 4. Problemáticas detectadas y soluciones propuestas por los usuarios en los Grupos Focales de Estacionamiento de la ciudad de Santander. ....	91
Tabla 5. Correspondencias entre las variables de la encuesta y las alternativas en las que aparecen.....	99
Tabla 6. Niveles de variación de las variables tenidos en cuenta en la encuesta PD – Estacionamiento gratuito en la calle (FOSP) .....	100
Tabla 7. Niveles de variación de las variables tenidos en cuenta en la encuesta PD – Estacionamiento de pago en la calle (POSP).....	101
Tabla 8. Niveles de variación de las variables tenidos en cuenta en la encuesta PD – Estacionamiento de pago subterráneo (PUP) .....	101
Tabla 9. Tamaño mínimo de la muestra de Preferencias Declaradas. ....	104
Tabla 10. Análisis de los datos obtenidos en la encuesta de Preferencias Declaradas..	109
Tabla 11. Escenarios tenidos en cuenta en la encuesta de Preferencias Declaradas para cada tipo de usuario.....	114
Tabla 12. Modelo MNL a partir de datos PD agregados .....	131
Tabla 13. Modelo ML con efectos de panel a partir de datos PD agregados.....	132

---

Tabla 14. Modelo ML con efectos de panel y componentes de error a partir de datos PD agregados .....	133
Tabla 15. Elasticidad directa e indirecta para el modelo ECML.....	136
Tabla 16. Modelo logit mixto de usuarios de FOSP. ....	142
Tabla 17. Modelo logit mixto de usuarios de POSP .....	143
Tabla 18. Modelo logit mixto de usuarios de PUP .....	143
Tabla 19. Elasticidad directa y cruzada de las variables incluidas en los modelos por tipo de usuario realizados .....	144
Tabla 20. Análisis estadístico de los datos.....	156
Tabla 21. Reparto modal agregado con datos sin expandir.....	158
Tabla 22. Distribución según alternativa de estacionamiento elegida .....	159
Tabla 23. Tipo de estacionamiento usado en el domicilio. ....	160
Tabla 24. Promedio de tiempo de búsqueda y número de ocupantes. Estacionamiento gratuito en la calle (FOSP).....	160
Tabla 25. Promedio de tiempo de búsqueda y número de ocupantes. Estacionamiento de pago en la calle (POSP).....	161
Tabla 26. Promedio de tiempo de búsqueda y número de ocupantes. Estacionamiento subterráneo de pago (PUP).....	162
Tabla 27. Descripción estadística de las variables contenidas en la base de datos de Preferencias Reveladas .....	163
Tabla 28. Modelo logit MNL a partir de los datos de preferencias reveladas .....	167
Tabla 29. Modelo logit mixto considerando correlación espacial entre las zonas de estacionamiento consideradas .....	168
Tabla 30. Modelo logit mixto considerando correlación entre las zonas con las mismas alternativas .....	169

---

---

## Capítulo 1

# Introducción y Objetivos

La presencia de estacionamiento en las ciudades ha sido considerada, tradicionalmente, como un bien inagotable, de dominio público y gratuito. Sin embargo, en las últimas décadas, debido al aumento de la tasa de motorización, los sistemas de estacionamiento de las ciudades han llegado a niveles cercanos a su saturación. Estos hechos han provocado un aumento de las acciones para estudiar y gestionar dichos sistemas de una forma acorde a la actual situación, buscando un uso más sostenible de los amplios espacios públicos destinados al estacionamiento de vehículos privados.

Los sistemas de estacionamiento, al igual que todos los entes implicados en la movilidad se deben a su demanda. Por lo tanto, se puede decir que la demanda es tanto la razón para prestar un servicio como la fuente de ingresos y la razón de la viabilidad de dicho servicio. Por ello, cabe destacar como aspecto inicial de estudio en los sistemas de estacionamiento la distribución de la demanda y las características específicas de cada estrato de demanda.

La búsqueda de un sistema de estacionamientos urbanos que se adapte a las necesidades

---

de los nuevos paradigmas de movilidad sostenible requiere el estudio detallado de los distintos estratos de demanda de estacionamiento, así como de las variables más influyentes en la distribución de dicha demanda.

Debido a estas circunstancias, existe la necesidad de desarrollar metodologías específicas capaces de analizar y modelar la demanda de los diferentes sistemas de estacionamiento urbano, ya que esta demanda contiene características específicas que imposibilitan el empleo de las metodologías habitualmente empleadas. Como una novedad a tal problemática, esta tesis propone una novedosa metodología que proporciona las herramientas para determinar tanto la distribución de la demanda entre las diferentes alternativas de estacionamiento existentes a nivel ciudad como de forma desagregada a nivel zonal en la ciudad.

Esta metodología de investigación ha sido aplicada al caso de estudio de Santander (España), sirviendo esta como una prueba para validar los enfoques que se pueden aplicar de forma análoga a cualquier sistema de estacionamiento de cualquier entorno urbano.

Los resultados muestran diversos aspectos a ser tenidos en cuenta y sobre los que actuar como la regulación zonal y tarifaria en diferentes puntos de la ciudad, la implementación de nuevas alternativas de estacionamiento y la optimización de los sistemas actuales, ya que son factores que influyen directamente en la demanda. Por lo tanto, todos los interesados se benefician de la aplicación de la metodología, por un lado, desde el punto de vista del gestor de los sistemas de estacionamiento regulados, los conocimientos derivados de esta investigación permiten optimizar el rendimiento en términos de gestión horaria y tarifaria. Por otro lado, al administrador público le permite anticipar el impacto de cualquier medida estratégica a nivel de servicio de los diferentes sistemas de estacionamiento tanto a nivel global de la ciudad como a nivel localizado en cada zona. Finalmente, el principal beneficiado es la sociedad sobre la que repercute la mejora tanto en el servicio ofrecido adaptándose en mayor medida a sus necesidades como reduciendo los niveles de saturación en la movilidad de las ciudades.

---

## 1.1 Motivación

En la sociedad actual cada vez son mayores los esfuerzos por mejorar la movilidad urbana contribuyendo a reducir los niveles de contaminación producidos por los vehículos privados. Uno de los principales objetivos de la sociedad actual es conseguir una movilidad más sostenible, favoreciendo entre otras cosas el empleo de sistemas públicos de movilidad. Sin embargo, se ha observado que una parte de la población sigue teniendo la necesidad de seguir empleando modos de movilidad privada, por ello, se hace necesario el estudio y análisis de dichos modos favoreciendo la reducción de su uso o en su caso su optimización en haz de la mejora de la movilidad sostenible.

De acuerdo con lo explicado, se hace necesario el análisis de la composición de la demanda de cada alternativa de estacionamiento existente en las ciudades y la posible disposición de los usuarios a dejar de usar dichas alternativas o cambiarlas por otras. De lo contrario, no existirá la suficiente certeza para justificar posibles actuaciones sobre el servicio de estacionamiento que contribuyan a favorecer un cambio modal o el cambio a otras alternativas de estacionamiento. Motivado por esta creencia, esta tesis pretende establecer una metodología integral dirigida a evaluar la demanda de las distintas alternativas de estacionamiento existentes en las ciudades respondiendo a las siguientes preguntas:

- ¿Qué demandan los ciudadanos de los sistemas de estacionamiento urbano?
- ¿Qué factores influyen en el actual uso de cada alternativa de estacionamiento?
- ¿Qué factores influyen en la elección de zona de estacionamiento dentro del área urbana?
- ¿Qué factores influyen en la elección de cada alternativa de estacionamiento?
- ¿Qué factores influyen entre la relación oferta-demanda a nivel zonal?

Las cuestiones anteriores proporcionan una imagen del posible esquema a desarrollar para abordar la investigación. Sin embargo, cabe destacar que muchas de las anteriores preguntas están interrelacionadas, puesto que, dependiendo de cómo cada alternativa

---

cumpla con las expectativas de los usuarios, la elección de cada zona de estacionamiento y el reparto de cada alternativa variará. Por lo tanto, solo respondiendo a estas preguntas sobre la distribución de la demanda y la interacción de esta con la oferta se hace posible planificar estrategias a largo plazo.

La metodología presentada en esta tesis puede beneficiar tanto a la sociedad como al proveedor de los servicios de estacionamientos regulados en entornos urbanos como a los administradores locales. Se generan conocimientos para guiar la gestión de los sistemas de estacionamiento urbano hacia un esquema que contribuya hacia una movilidad más sostenible reduciendo los niveles de congestión y favoreciendo el empleo de alternativas de estacionamiento más sostenibles.

## **1.2 Problemas y diagnóstico de los estacionamientos urbanos**

Los sistemas de estacionamiento urbano se encuentran en un proceso de cambio de concepto, debido principalmente al cambio en los patrones de la movilidad urbana existente y a la saturación de estos. El aumento de población ha tenido relación directa con el aumento del número de vehículos en la ciudad.

En la literatura internacional se ha determinado que los sistemas de estacionamiento de las ciudades actuales provienen de desarrollos realizados en las décadas anteriores. Los diseños en los años anteriores se centraban en la maximización de la probabilidad de encontrar estacionamiento, es decir, en aumentar el número de plazas de estacionamiento urbano (Shoup, 2006). Las propuestas de ordenación desarrolladas en cuanto a movilidad durante las décadas precedentes se han centrado en favorecer la movilidad de los vehículos privados respecto a otros medios de movilidad urbana.

Esta tendencia, ha ocasionado a lo largo de los años un aumento del uso del vehículo privado, lo cual, ha contribuido al aumento del tráfico en los entornos urbanos, y, por lo tanto, a un aumento de los niveles de congestión en los estacionamientos urbanos y su

---

entorno. En la literatura internacional se han presentado investigaciones que han cuantificado la influencia de la búsqueda de estacionamiento en el tráfico de la ciudad, Shoup (2006) determinó que en ciertos casos la búsqueda de estacionamiento podía llegar a provocar hasta un aumento del 30% del tráfico.

Por otro lado, en la actualidad se han desarrollado diversas políticas para reducir la afección de la excesiva circulación de vehículos en el estado medioambiental de las ciudades. Debido a las políticas aplicadas tradicionalmente en los sistemas de estacionamiento se ha hecho necesario el desarrollo de políticas más agresivas frente a la regulación del estacionamiento como es regular el acceso a las zonas de mayor afluencia en la ciudad.

Como se ha indicado anteriormente, los problemas existentes en la actualidad tienen parte de su origen en las políticas desarrolladas en décadas anteriores. Estas medidas solucionaron los problemas existentes en dicho momento, pero a largo plazo han contribuido al incremento de los problemas de estacionamiento y circulación urbana. Durante las décadas de los 70 y los 80 unas de las medidas más aplicadas fue la creación de espacios de estacionamiento urbano en las calles de las ciudades, medida que a corto plazo resolvió el aumento de vehículos que se estaba produciendo. Sin embargo, en las siguientes décadas las medidas desarrolladas han contribuido a aumentar la utilidad del uso del vehículo privado provocando un importante cambio modal a dicho modo.

Otra medida que ha provocado la saturación de los sistemas de estacionamiento, en mayor medida en los centros urbanos, ha sido provocado por las ordenanzas urbanísticas que han agrupado los centros de negocio en áreas céntricas de la ciudad. Sin embargo, en muchos casos, el desarrollo de la oferta de sistemas de estacionamiento en dichas áreas no ha sido suficiente para satisfacer la demanda generada. La infraestimación de la oferta en determinados casos ha provocado la derivación de la demanda resultante a otras zonas anexas que pueden sufrir aumentos del tráfico y la contaminación.

---

### 1.3 Objetivos

El objetivo principal de la presente tesis es proponer, desarrollar y analizar una metodología para estudiar la demanda de estacionamiento en las ciudades con el fin de identificar las medidas que se deben tomar para optimizar los sistemas de estacionamiento urbano, así como aumentar el uso de alternativas de estacionamiento más favorables a la movilidad sostenible.

La definición de la demanda de estacionamiento y las alternativas más influyentes hace necesaria la determinación de las variables más influyentes en dicha elección. Además, se emplearán distintas tipologías de modelos de elección discreta con el objetivo de encontrar aquellos que mejor representan y reproducen tanto la elección de alternativa de estacionamiento como la zona considerando la posible correlación espacial entre las distintas zonas de estacionamiento.

Se calibrarán diferentes modelos de elección de alternativa y zona de estacionamiento, en su caso, en función de las variables tanto de nivel de servicio como socioeconómicas más relevantes. Las variables serán definidas previamente a partir de la realización de Grupos Focales específicos para el estudio del estacionamiento en las ciudades, posteriormente, dichas variables serán corroboradas a partir del estudio del estado del arte en modelos de elección de estacionamiento.

Particularmente, se calibrarán modelos de elección discreta de tipología Logit. Para ello, se emplearán datos provenientes de encuestas de preferencias reveladas (PR) y de encuestas de preferencias declaradas (PD). A partir de los datos de PR se modelizará la elección de zona y alternativa de estacionamiento, por otro lado, a partir de los datos de PD se modelizará la disposición de los usuarios a elegir alternativas de estacionamiento no existentes o alternativas existentes con variaciones en sus características. Esto nos ha permitido investigar el comportamiento del usuario en la elección de estacionamiento teniendo en cuenta situaciones que el usuario no se plantea en la actualidad o situaciones nuevas a las que podría enfrentarse en un futuro próximo. Adicionalmente, se estudiará

---

la importancia de considerar la heterogeneidad en la elección, tanto de usuarios como de zonas y la posible existencia de aleatoriedad en los gustos de los distintos tipos de usuarios en la elección de estacionamiento.

Por lo tanto, los objetivos específicos de la tesis doctoral son los que se detallan a continuación:

- Determinar las variables más relevantes a la hora de elegir la zona y la alternativa de estacionamiento en la ciudad.
- Desarrollar una metodología de toma de datos basada en encuestas de preferencias declaradas que considere la disponibilidad de cada alternativa de estacionamiento en las diferentes zonas de la ciudad.
- Desarrollar una metodología que permita crear escenarios de encuestas de preferencias declaradas con mayor realismo a partir de las características del viaje realizado, del tipo de usuario y de la zona de estacionamiento.
- Analizar entre los distintos modelos de elección discreta existentes, los aplicables a la modelización de elección de estacionamiento.
- Analizar las diferencias comportamentales entre los usuarios de las diferentes alternativas de estacionamiento.
- Analizar la influencia de la correlación espacial de las zonas de estacionamiento en la elección de zona y alternativa de estacionamiento.

## 1.4 Aportaciones

A lo largo de esta tesis se ha tratado un problema importante: el estudio de la demanda de estacionamiento en las ciudades estratificada en diferentes alternativas de estacionamiento, así como, el comportamiento de los usuarios tanto en la elección de alternativa de estacionamiento como en la elección de zona de estacionamiento en la ciudad.

Metodológicamente, esta tesis contribuye al estado del arte con una serie de análisis, modelos y estructuras de desarrollo para estudiar tanto la demanda como el

---

comportamiento de elección de estacionamiento. Particularmente, la investigación ha contribuido al desarrollo de los siguientes aspectos:

- Diseño de una metodología que corrobora la necesidad de considerar el sistema de estacionamiento de la ciudad no como un conjunto de alternativas sino de forma diferenciada cada alternativa de estacionamiento con su oferta y demanda, las cuales si están interrelacionadas.
- Corroborar la necesidad de considerar la aleatoriedad en los gustos de los distintos tipos de usuarios a la hora de modelizar su comportamiento tanto en la elección de alternativa de estacionamiento como en la elección de zona de estacionamiento.
- Generar orientaciones sobre cómo desarrollar la gestión de los sistemas de estacionamiento actuales, tanto regulados con tarifa como sin tarifa y estacionamiento disuasorios.
- Considerar la disponibilidad de las diferentes alternativas de estacionamiento existentes en la zona de estacionamiento en la especificación de los modelos de elección de estacionamiento.
- Considera la heterogeneidad que existe en la demanda de estacionamiento en las ciudades, tanto en la elección de alternativa de estacionamiento como en la elección de zona de estacionamiento.

Por lo tanto, los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología propuesta proporcionan conocimiento sobre:

- Los atributos más relevantes que influyen en la elección de alternativa y de zona de estacionamiento en las ciudades.
- Las condiciones de las diferentes alternativas de estacionamiento que producen un comportamiento heterogéneo en la elección de alternativa.
- El efecto del tiempo de llegada en función del deseado en la elección de estacionamiento y en la disposición al pago.

A partir de la investigación desarrollada en esta tesis se han producido las siguientes publicaciones en revistas y ponencias en congresos:

**Publicaciones en revistas:**

- Antolin, G., Alonso, B., Cordera, R. & dell'Olio, L. (2019). The effect of introducing parking policies on managing mobility to beaches in touristic coastal towns. *Sustainability* 2019, Volume 11, Issue 13, 3528.
- Antolín, G., Ibeas, Á., Alonso, B., & dell'Olio, L. (2018). Modelling parking behaviour considering users heterogeneities. *Transport Policy*, 67, 23-30.
- Antolin, G., Cordera, R., dell'Olio, L. & Ibeas, A. (2019). Methodology to model parking choice behaviour considering alternative availability and systematic and random variations in user tastes. *Transport Policy* (Under review).
- Antolín, G., Barreda, R., Cordera, R., Borja, A., dell'Olio, L., Moura, J. L., & Ibeas, A. (2015). Metodología de diseño de encuestas origen-destino incorporando análisis del estacionamiento. *Ingeniería de Transporte*, 19(1), 5–20.
- Antolin, G., Dell'Olio, L., Moura, J. L., & Ibeas, A. (2015). Modelo de comportamiento del usuario en la búsqueda de aparcamiento. *Ingeniería de Transporte*, 19(2), 91–102.

**Ponencias en Congresos:**

- Antolín, G., Ibeas, Á., dell'Olio, L. & Alonso, B., (2018). Modelo de localización de aparcamiento considerando diferentes alternativas de estacionamiento y correlación espacial. XIII Congreso de Ingeniería del Transporte.
- Antolín, G., Ibeas, Á., Alonso, B., & dell'Olio, L. (2016). Modelling parking behaviour considering heterogeneity. XII Congreso de ingeniería del transporte (pp. 2471-2484).
- Antolín, G. A., Moura, J. L., & Ibeas, Á. (2015). Modelo de comportamiento del usuario en la búsqueda de aparcamiento. XVII Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte.

### Ponencias invitadas

- Antolín, G., Ibeas, Á., dell'Olio, L. (2017). Comportamiento del usuario en la elección del aparcamiento: Park Pricing. 10<sup>a</sup> Jornada Técnica de aparcamientos urbanos y movilidad. AUSSA. Sevilla (España).

### Capítulos de libros

- Antolín, G., Cordera, R., & Alonso, B. (2017). 5 Spatial Interaction Models. Land Use–Transport Interaction Models.

## **1.5 Estructura de la tesis doctoral**

La tesis doctoral ha sido estructurada en siete capítulos a partir de los cuales se ha profundizado en el conocimiento y la aplicación de distintas metodologías para el estudio de la demanda de transporte público y el comportamiento de los usuarios tanto en la elección de alternativa de estacionamiento como en la elección de zona de estacionamiento. Para ello se examina la adecuación de distintos modelos de elección discreta y se propone una nueva metodología tanto para la elección de alternativa como para la elección de zona de estacionamiento. Esta metodología se aplica a un caso real, la ciudad de Santander, donde se estudia tanto el comportamiento del usuario en la elección de alternativa de estacionamiento como en la elección de zona de estacionamiento.

En el presente capítulo se describen los objetivos de la tesis y las aportaciones que dicha tesis proporciona al estado del arte. En el capítulo 2 se presenta el conjunto de conocimientos y metodologías relevantes en la elección de alternativas de estacionamiento, así como, los modelos econométricos empleados en los estudios que se han estudiado en el análisis del estado del arte en la elección de estacionamientos urbanos.

En el capítulo 3 se presenta la base teórica, los fundamentos y las características de los distintos modelos econométricos utilizados en el estudio del comportamiento de los

usuarios en la elección de alternativas de estacionamiento y de elección de zona de estacionamiento.

En el capítulo 4 se presenta la metodología aplicada para el proceso de toma de datos mediante encuestas de preferencias reveladas y declaradas y su posterior modelización con las consideraciones de toma de datos y elección zonal indicadas.

En el capítulo 5, se presentan los distintos modelos de elección discreta estimados a partir de los datos de las encuestas de preferencias declaradas como de los datos de las encuestas de preferencias reveladas, habiendo caracterizado previamente a los diferentes tipos de usuarios de los sistemas de estacionamiento en la ciudad de Santander. Por lo tanto, en este capítulo se han estimado tanto los modelos de elección de alternativa de estacionamiento en la ciudad como los modelos de elección de zona de estacionamiento y alternativa de estacionamiento de forma conjunta, lo cual permite obtener tanto la distribución de la demanda entre alternativas como espacialmente en la ciudad de Santander. En este capítulo se especifica la metodología seguida para la determinación de las zonas de estacionamiento y el contexto de elección de cada usuario, así como el análisis de los datos resultantes. Además, en este capítulo se comparan los resultados generados por cada uno de los modelos y su implicación en el comportamiento de los usuarios, estudiándose la posible existencia de aleatoriedad en el comportamiento de los usuarios tanto en la elección de alternativa de estacionamiento como de zona de estacionamiento.

Finalmente, se detallan las conclusiones de la investigación y el trabajo desarrollada y se indican las posibles líneas de trabajo futuro para continuar con el desarrollo de la investigación en el comportamiento de los usuarios en la elección de alternativa y zona de estacionamiento.



---

## Capítulo 2

# Estado del Arte

Para llevar a cabo el desarrollo de la presente tesis, inicialmente se ha llevado a cabo una investigación sobre el estado del arte en la materia desarrollada en la presente tesis. La revisión de la literatura se ha definido en tres ámbitos diferenciados:

- Análisis de las diferentes metodologías empleadas en la modelización de estacionamiento urbano.
- Aplicación de los modelos de elección discreta a la modelización de la elección de estacionamientos urbanos.
- Factores y variables que influyen en el comportamiento de los usuarios en la elección de estacionamiento.

Durante la realización de la presente tesis se ha comprobado que en la literatura internacional se han aplicado diversas metodologías para la modelización del estacionamiento urbano. Sin embargo, una de las metodologías más aplicadas son los modelos de elección discreta, como es el objetivo de la presente tesis doctoral. Por ello, se ha dedicado un epígrafe al estudio de los modelos de elección discreta empleados en la

modelización del comportamiento del usuario al elegir alternativa de estacionamiento.

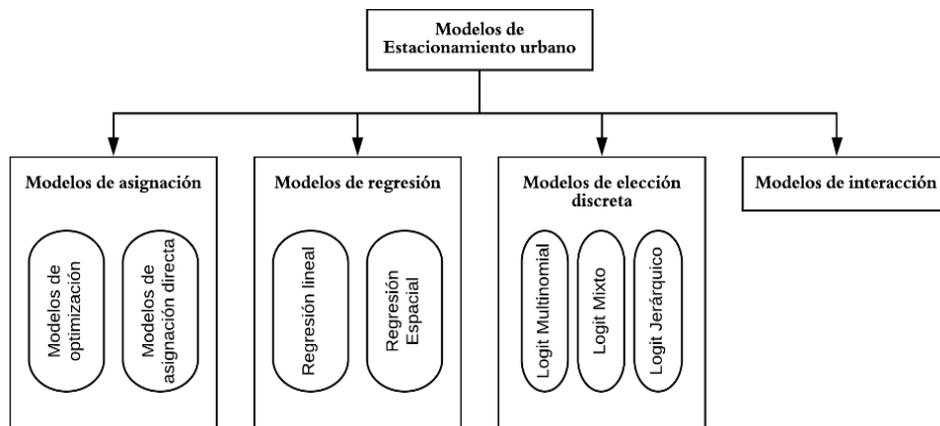
Por su parte, otro aspecto importante en la elección de estacionamiento urbano son los distintos factores que intervienen en dicha elección. La literatura internacional presenta numerosas investigaciones que estudian el empleo de diferentes factores que influyen en la elección de estacionamiento.

Los epígrafes 2.1.1, 2.1.2 y 2.1.3 presentan la revisión de la literatura internacional en la clasificación indicada anteriormente. Posteriormente, los epígrafes 2.4 y 2.5 se presentan las limitaciones detectadas en las investigaciones analizadas y las aportaciones de la investigación desarrollada respectivamente.

## 2.1 Metodologías empleadas en la modelización de estacionamiento urbano.

Mediante el análisis de la literatura actual en el campo del modelado de estacionamiento se ha encontrado que estos modelos se pueden clasificar en cuatro grupos principales: Modelos de Asignación, Modelos Basados en Regresión, Modelos Basados en técnicas de Elección Discreta y Modelos de Interacción. Una clasificación similar fue utilizada por Young et al., (1991). En la Figura 1 se han esquematizado los distintos tipos de modelos junto con hasta siete subtipos.

Figura 1. Metodologías empleadas en la elección de estacionamiento.



Fuente: Elaboración propia a partir de Young et al., (1991)

Los modelos de asignación tienen por objetivo distribuir una demanda fija de viajes en coche a distintos puntos con oferta de estacionamiento. Dentro de este tipo pueden distinguirse los modelos de optimización que tienen un carácter más normativo de los modelos de asignación que buscan más bien simular la asignación de los vehículos a los distintos espacios de estacionamiento. Los modelos de optimización buscan asignar los espacios de estacionamiento de la forma más eficiente posible. Oppenlander y Dawson (1988) desarrollaron un modelo de optimización no sólo para localizar el espacio de estacionamiento de un vehículo sino también su tamaño. El objetivo de la optimización era la minimización de la distancia recorrida a pie desde el estacionamiento al destino. Un ejemplo más actual se puede encontrar en Moradijoz et al. (2013), cuyo modelo asigna tanto la localización como el tamaño de los espacios de estacionamiento a vehículos eléctricos utilizando un algoritmo genético.

El segundo subtipo de modelo de asignación de espacio de estacionamiento se basa en la integración de la oferta de transporte en un modelo de transporte conjunto, representando los lugares de estacionamiento como nodos conectados mediante arcos ficticios a la red. A estos arcos ficticios, se les puede dar una impedancia que represente los costes totales de estacionamiento: tarifa del estacionamiento, tiempo de búsqueda y tiempo al destino fundamentalmente. Por lo tanto, el proceso de selección de lugar de estacionamiento por parte de los usuarios, puede simularse mediante la fase de asignación del modelo de transporte (Bifulco, 1993; Gur y Beimborn, 1984).

Los modelos basados en regresión lineal son muy empleados en labores de planificación. Este tipo de modelos relacionan la demanda de estacionamiento con las características de la zona y específicamente con las características de los usos del suelo. Este es el método utilizado por ITE (2004, 2010) para relacionar distintas variables de uso del suelo con la demanda de estacionamiento. Un método que ha sido criticado dada su tendencia a sobreoferta de espacios de estacionamiento que estarán sin uso la mayor parte del día (Shoup, 1999). Los modelos de regresión pueden hacerse más complejos de cara a considerar los efectos de difusión espacial o de heterogeneidad espacial que pueden estar

---

presentes entre distintas zonas de estacionamiento (Ibeas et al., 2011). Para ello pueden utilizarse los modelos econométricos espaciales que consideran las relaciones de vecindad entre áreas de estacionamiento (Anselin y Rey, 2014).

Los modelos de elección discreta basados en la teoría de la utilidad aleatoria (Ben-Akiva y Lerman, 1985) han sido aplicados en múltiples situaciones de elección, tanto en el ámbito del transporte como en otros sectores. Algunos ejemplos de aplicación son la elección del número de viajes realizados (Daly, 1997), elección de zona de destino (Huang y Levinson, 2015), elección de modo de transporte (Domencich y McFadden, 1975) y elección de ruta (Cascetta, 2009). Algunos de los estudios que se han apoyado en esta metodología son los de Axhausen y Polak (1991) y dell'Olio et al. (2009) utilizando logit multinomial (MNL) para simular la elección de tipo de estacionamiento, Hensher y King (2001) y Coppola (2004) considerando posible correlación entre alternativas de estacionamiento mediante logit jerárquico y Hess y Polak (2004) e Ibeas et al. (2014) considerando la existencia de heterogeneidad en las preferencias de determinadas variables mediante modelos logit mixto. Los modelos de elección de estacionamiento se han aplicado sobre todo a la selección del tipo de estacionamiento y no tanto de zona de estacionamiento dado que implica trabajar con conjuntos de elección más amplios. Esto implica considerar la posible existencia de estructuras de correlación en los errores de los modelos de elección más complejas, donde determinadas zonas pueden ser sustitutivos mejores que otras y por lo tanto se puede violar la hipótesis de Independencia de Alternativas Irrelevantes (IIA) del modelo MNL.

Los modelos de interacción consideran tanto la demanda como la oferta de estacionamiento de cara a representar de forma realista el comportamiento de los usuarios ante la implantación de distintas políticas de estacionamiento. Ejemplos de este tipo de modelos son CLAMP (Computer-based Local Area Model of Parking behaviour) desarrollado por Polak y Axhausen (1989) y ORIENT desarrollado por Axhausen y Herz (1989) los cuales utilizaban una diversidad de técnicas como microsimulación, elección

---

discreta, modelos gravitatorios y otros de cara evaluar las medidas de planificación en el ámbito del estacionamiento.

A partir de la clasificación anterior, se puede observar que los distintos tipos de modelos tienen sus propias ventajas e inconvenientes y están adaptados a la resolución de problemas diferentes. Mientras que los modelos de asignación tienen un carácter más normativo o utilizan técnicas de simulación integradas en un modelo de transporte tradicional con las limitaciones que eso conlleva, los modelos de regresión tienen la desventaja de que se estiman habitualmente con datos agregados de usos del suelo lo que reduce su fundamentación teórica. Los modelos de interacción por su parte han sido aplicados fundamentalmente a labores de planificación a nivel macro y dependen de qué sistema de modelización ad hoc se ha empleado. Por último, los modelos de elección discreta son modelos de demanda que pueden simular con un gran nivel de detalle las elecciones de los usuarios y las variables que influyen en éstas. Sin embargo, no se han encontrado evidencias de su aplicación al caso de la elección conjunta y detallada de lugar y tipo de estacionamiento dado que se requiere trabajar con grandes conjuntos de elección. Además, los modelos más sencillos como el MNL pueden presentar patrones de sustitución entre alternativas poco realistas lo que podría conllevar previsiones sesgadas.

## **2.2 Modelos de elección discreta a los estacionamientos urbanos.**

La saturación de los sistemas de estacionamiento urbano ha sido una de las principales causas del empeoramiento de las condiciones del tráfico en las ciudades, ya que da como resultado un aumento en el número de conductores que buscan estacionamiento y por lo tanto provoca un aumento del tráfico. Autores como Shoup, (2006) encontraron que, en ciertas horas del día en los centros de las ciudades, alrededor del 30% del tráfico se debe a las circulaciones en búsqueda de una plaza para estacionar. Este problema ha resultado en una mayor congestión, contaminación y tiempos de viaje, según lo encontrado por autores como (Box y Levinson, 2004) o (Ukpong et al, 2006). La ocupación del espacio

---

público para uso particular, sin ningún coste o a coste muy bajo, impide otros usos más sostenibles o de interés general por la ineficiencia del uso de vehículo privado (Pérez, 2014). Las implicaciones de los estacionamientos no solo afectan a la movilidad de vehículos privados, sino también a los usos del suelo, o incluso en las propias infraestructuras de transporte o en el desarrollo urbano (Chester 2015).

La literatura internacional proporciona muchos ejemplos de la aplicación de modelos de elección discreta en el modelado del comportamiento del usuario. Varios métodos de elección discreta se han utilizado durante varios años. En 1991, Axhausen y Polak (1991) estimaron modelos logit multinomiales para estudiar la elección de los usuarios entre las alternativas de estacionamiento. Estos modelos fueron estimados en muchas otras investigaciones, Tsamboulas (2001) también empleó modelos logit multinomiales para estimar el cambio potencial en el comportamiento de los conductores POSP cuando enfrentaron un aumento de la tasa en el área elegida para el estacionamiento. Thompson y Richardson (1998) desarrollaron un modelo para representar las decisiones de los conductores durante la búsqueda de estacionamiento, que tuvo en cuenta la desutilidad de los espacios de estacionamiento privados.

El comportamiento del conductor en reacción a las políticas de estacionamiento se ha abordado en muchos trabajos. Brooke et al. (2014) realizaron una revisión de la investigación principal en la búsqueda de estacionamiento, donde indican cómo el precio del estacionamiento regulado es una de las variables más importantes a la hora de seleccionar el estacionamiento. Uno de los primeros trabajos que se puede encontrar es el de Roth (1965), donde explicaba cómo varios usuarios preferían pagar más por el estacionamiento en lugar de perder tiempo buscando estacionamiento (Roth, 1965). Posteriormente, Florian y Los (1980) presentaron la importancia de considerar las restricciones de capacidad y la disponibilidad de cada alternativa de estacionamiento en la elección.

---

Otras investigaciones (Shoup, 2006 y King, 2010) determinaron que uno de los factores más importantes para la elección de estacionamiento regulado sobre estacionamientos privados era el menor precio de estacionamiento regulado. En relación con esta evidencia, se había realizado previamente una investigación sobre la importante reducción de la ocupación de los espacios de estacionamiento regulado, lo que supone y aumenta la tasa de esta alternativa de estacionamiento (Golias et al., 2002). Kuppam et al. (1998) estudiaron la reacción de los usuarios en el área de Washington D.C. cuando se introdujeron las tarifas de estacionamiento y la oportunidad de utilizar pases de transporte público proporcionados por sus empleadores. Washbrook et al. (2006) estimaron la disposición de los usuarios a compartir automóviles o utilizar el transporte público si se creara un carril BUS-VAO combinado con las tarifas de estacionamiento. Ahmadi Azari y otros, (2013), que estudiaron la disponibilidad a cambiar a transporte público de las personas que viajan en vehículos privados al CDB de Mashhad (Malasia) en función de la tarifa de estacionamiento. Antonson et al. (2017) evaluaron el comportamiento del conductor al elegir dónde aparcar en respuesta a las políticas que administran el espacio reservado para el estacionamiento en áreas urbanas.

Un aspecto importante que resaltar en el estudio del comportamiento del usuario frente a las políticas de estacionamiento son los estudios sobre la incertidumbre inherente a la elección del estacionamiento por parte de los usuarios derivada de la naturaleza imprecisa del tráfico de comportamiento humano de Dell'Orco et al. (2003) y más tarde Ottomanelli et al., (2011).

Sin embargo, este artículo se concentra en estudiar el comportamiento del usuario al elegir una alternativa de estacionamiento. Una revisión de la literatura internacional sobre encuestas de preferencias declaradas ha proporcionado conocimiento útil. Algunas investigaciones (Chaniotakis y Pel, 2015; Hensher y King, 2001; Qin et al., 2017; Sattayhatewa y Smith, 2003; Shoup, 2006) (Axhausen y Polak, 1991, Shiftan y Burd-Eden 2000) se especializaron en el uso de encuestas SP. Estos estudios se basan en el uso de encuestas SP con escenarios fijos para todos los usuarios sin considerar la

---

disponibilidad de alternativas en diferentes partes de la ciudad. El presente trabajo ha superado esta limitación mediante el desarrollo de encuestas de preferencias declaradas que utilizan escenarios ficticios que se adaptan a las características del viaje de cada usuario para considerar la disponibilidad de las alternativas reales de estacionamiento en cada lugar donde se solicitó la encuesta.

Para poder incorporar variaciones aleatorias en la preferencia e interacción entre variables, otros autores han empleado modelos logit mixtos. Hess y Polak (2004) utilizaron modelos logit mixtos para desarrollar investigaciones sobre el comportamiento del conductor al elegir dónde estacionar en varias ciudades del Reino Unido. Encontraron variaciones significativas en los gustos en relación con el tiempo de búsqueda de estacionamiento y el tiempo caminando hasta el destino; la variación en estos parámetros se debió principalmente al propósito del viaje en cada caso. Otro ejemplo de los mismos autores (Polak y Hess, 2009) describe el desarrollo de un modelo que incluía el estacionamiento ilegal como una de las alternativas para mostrar cómo cambió si se cambiaban las características de los otros tipos de estacionamiento.

Los modelos logit mixtos han sido diseñados para modelar el comportamiento del conductor, Ibeas et al. (2014) evaluaron el efecto de la construcción de un nuevo estacionamiento subterráneo, concluyendo que la tarifa a cobrar por el estacionamiento y el tiempo hasta el destino final fueron altamente significativos. Los autores también encontraron la importancia del tiempo de búsqueda de estacionamiento, mostrando que la percepción de los conductores sobre el tiempo de búsqueda era peor que la del tiempo caminando hasta el destino. Finalmente, otra contribución importante fue la influencia de la edad del vehículo en la elección del estacionamiento.

Chaniotakis y Pel, (2015) estudiaron la elección de la alternativa de estacionamiento hecha por los conductores dependiendo de la disponibilidad de cierta información sobre las condiciones de estacionamiento. Los autores desarrollaron modelos logit mixtos con

---

efectos de panel y modelos de logit multinomial para mostrar que el tiempo de búsqueda adquirió gran importancia cuando era superior a 8 minutos.

Los estudios indicados anteriormente se han desarrollado, al igual que la investigación presentada en este documento, empleando modelos de elección discreta que utilizan datos de encuestas de SP. Sin embargo, los modelos desarrollados en las investigaciones mencionadas anteriormente no han considerado la disponibilidad de cada alternativa de estacionamiento en las diferentes zonas de la ciudad dentro del contexto de elección. Para resolver esta limitación, la investigación presentada ha propuesto una metodología que considera las alternativas disponibles en cada área de la encuesta para generar los escenarios que se mostrarán a cada conductor en la encuesta de preferencias declaradas.

### **2.3 Variables que influyen en el comportamiento de los usuarios en la elección de estacionamiento.**

Como se ha indicado previamente, la elección, tanto de zona de estacionamiento como de alternativa está relacionada y condicionada por los factores que influyen en dicha elección. La decisión de la alternativa de estacionamiento viene condicionada por diferentes variables, ya sean, variables relativas a las características del viaje realizado (variables temporales, variables económicas, características específicas del viaje, etc.) o características relativas al individuo (variables socioeconómicas, variables sociodemográficas, etc.). Por lo tanto, en este epígrafe se analizan los factores que influyen en la elección de estacionamiento urbano. El objetivo principal es evidenciar que la decisión de zona y alternativa de estacionamiento está condicionada por un conjunto de alternativas que en ocasiones pueden interactuar y presentar estructuras de correlación entre ellas.

#### **2.3.1. Variables relativas a las características del viaje realizado**

Referidas a las variables del viaje realizado se han encontrado diferentes subgrupos en la literatura internacional, como variables temporales, económicas y otras variables

---

dependientes del viaje (propósito, información disponible, etc.). En lo que se refiere a las variables temporales, se han encontrado la influencia de distintas variables como el tiempo de búsqueda (tiempo necesario para encontrar un espacio de estacionamiento al llegar a un destino), tiempo de acceso (tiempo andando desde el punto de estacionamiento hasta el destino final), tiempo estacionado (duración del estacionamiento).

En primer lugar, se determinó como las variables temporales podían estar correlacionadas con otras variables como el coste de estacionamiento. Ergun (1971) encontró que los individuos optaban por un mayor tiempo de recorrido andando para evitar los precios más altos de estacionamiento. Además, en esta investigación se demostró que el tiempo andando no se reducía en los niveles de ingresos más altos, como se indica en otros estudios (Harmatuck, 2007; Yun et al., 2008). Al igual que Ergun (1971), Lambe (1969) determinó que los empleados del Distrito Central de Negocios elegían caminar distancias más largas para reducir los costes.

Hess y Polak (2004) estudiaron las diferencias existentes en la valoración de los encuestados de cada componente temporal en la elección de estacionamiento. Sattayhatewa y Smith (2003) incorporaron el coste del estacionamiento junto con el tiempo de acceso a su investigación sobre los factores que influyen en la elección del estacionamiento. Las evidencias obtenidas indicaron la influencia del tiempo de acceso en la elección de la zona y la alternativa de estacionamiento. En relación con la investigación de Sattayhatewa y Smith (2003), Hunt y Teply (1993) también concluyeron que el tiempo de acceso es uno de los factores que influyen en la elección del estacionamiento; otros factores son los costes de estacionamiento y el tiempo de búsqueda de estacionamiento.

Golias et al., (2002) investigaron la influencia de los factores temporales en las alternativas de estacionamiento en la calle y fuera de la calle, obteniendo que el aumento del tiempo de búsqueda de estacionamiento en la calle mejoraba el atractivo del estacionamiento fuera de la calle, donde había una mayor probabilidad de encontrar un espacio libre. Sin embargo, también demostraron que el aumento de los tiempos de

---

recorrido andando de las alternativas fuera de la calle podía producir el descarte de dicha alternativa.

El tiempo de acceso desde el lugar de estacionamiento al destino en relación con la alternativa de estacionamiento elegida ha sido ampliamente investigado. Se han obtenido resultados de la influencia de la distancia caminado al destino y de la disponibilidad de los usuarios a pagar por reducir dicho tiempo (Yun, Lao, Ma y Yang, 2008). Análogamente, Harmatuck (2007) obtuvo que los costes de estacionamiento y las distancias a pie resultaron tener una significatividad negativa en los empleados de Universidad. Lam, Li, Huang y Wong (2006a, 2006b) incluyeron en el estudio la influencia de la capacidad del estacionamiento sobre el tiempo de acceso y sobre el coste de estacionamiento en la elección de los usuarios. Tsamboulas (2001) estimó el cambio en el comportamiento de los usuarios en la elección de alternativa en una determinada zona basándose en la combinación del tiempo de acceso y el coste de estacionamiento. Esta investigación demostró que los usuarios podían considerar una alternativa de mayor precio si así reducían su tiempo de acceso al destino.

Otro importante factor temporal es el tiempo de búsqueda de estacionamiento en el destino elegido. El tiempo de búsqueda consiste en el periodo que el usuario tarda en encontrar un espacio para estacionar después de llegar a la zona de estacionamiento elegida. Por lo tanto, a la elección del estacionamiento también la puede afectar el tiempo de búsqueda, el cual, se ve afectado por factores como la capacidad y la ocupación del estacionamiento, dependientes a su vez de la rotación de los vehículos. Lau, Poon, Tong y Wong (2005) llevaron a cabo una investigación sobre la afección del tiempo de búsqueda y el tiempo de acceso en la que determinaron que los usuarios están más influenciados por el tiempo de acceso que por el tiempo de búsqueda. Hunt y Teply (1993) y Thompson y Richardson (1998) focalizaron su investigación en analizar la desutilidad que producía el incremento del tiempo de búsqueda para la elección de una alternativa frente a alternativas que a priori presentaban menor utilidad. Van der Waerden et al. (1993) investigaron la influencia del tiempo de búsqueda en el comportamiento de los individuos

---

cuando la alternativa elegida presenta una alta ocupación. Los resultados de la investigación demostraron que la probabilidad de elección disminuía a medida que aumentaba el número de vehículos en búsqueda de la alternativa de estacionamiento.

Por otro lado, la duración del estacionamiento es otra variable temporal relacionada con la elección de zona y alternativa de estacionamiento. Golias et al., (2002) analizó la variación en la elección respecto al aumento del tiempo de estacionamiento, obteniendo que en el estacionamiento fuera de la calle aumenta a medida que se prolongaba la duración del estacionamiento. Esta evidencia se explica debido a que las medidas de seguridad son mayores en los estacionamientos fuera de la calle. En lo que se refiere a la duración de estacionamiento, Shoup, (2006) y Van Ommeren, Wentink y Rietveld (2012) demostraron que en los viajes con mayor duración de estacionamiento los usuarios tenían mayor probabilidad de tener tiempos de búsqueda mayores.

Al igual que las variables temporales, el estacionamiento está influenciado por variables económicas como el precio del estacionamiento. Clinch y Kelly (2004) analizaron la sensibilidad de los usuarios a la variación de los precios de estacionamiento en función del propósito. Posteriormente, Kelly y Clinch (2006) encontraron que los conductores con diferentes propósitos de viaje tenían diferente percepción del aumento en la tarifa de estacionamiento; evidenciando que los viajeros con motivo de viaje negocios presentaban menor afección que el resto de los motivos de viaje. Simicevic, Milosavljevic', Maletic' y Kaplanovic' (2012) en su investigación, demostraron que los usuarios con propósito de viaje negocios presentaban una mayor inelasticidad en la elección de estacionamiento, lo que indica una menor sensibilidad a los aumentos de precios de estacionamiento. Igualmente, Hensher y King (2001) encontraron que los usuarios en viajes de negocios que no pagaban su estacionamiento tenían más probabilidades de elegir alternativas en el área central de la ciudad, mientras que los conductores que pagaban su propio estacionamiento optaron por estacionar fuera del centro de la ciudad, donde las tarifas eran más bajas. Kelly y Clinch (2009) llevaron a cabo una investigación para analizar la variación temporal de la elasticidad precio, en la cual, determinaron que en los periodos

---

de tiempo con mayor volumen de tráfico existía mayor sensibilidad al aumento de las tarifas de estacionamiento.

Otras investigaciones han analizado la relación de los precios del estacionamiento y la elección de estacionamiento en la calle o en estacionamiento privados (subterráneo o multiplanta); Shoup (2006) encontró que existía mayor probabilidad de aumentar los tiempos de búsqueda si el precio de las alternativas de estacionamiento en la calle tenía menor precio que las de estacionamiento fuera de la calle. Igualmente, Golias et al. (2002) demostraron que el precio del estacionamiento es el principal factor de influencia para la elección de estacionamiento de los individuos, al observar cómo los aumentos de precios en el estacionamiento en la calle llevaron a disminuir la ocupación. En contraste, Guan, Sun, Liu y Liu (2005) encontraron que en los viajes realizados por usuarios que tenían los costes cubiertos por su empresa el coste de estacionamiento no resultaba significativo.

Por otro lado, se han realizado investigaciones para analizar la relación entre el precio horario y la duración del estacionamiento. Kobus, Puigarnau, Rietveld, y van Ommeren (2013) analizaron esta relación y demostraron una mayor sensibilidad al aumento del precio para los usuarios con estacionamientos más largos. Igualmente, Anastasiadou et al., (2009) demostró que los encuestados de mayor edad, los individuos con ingresos más bajos y los encuestados con educación no universitaria tenían menor disposición a pagar y menor sensibilidad al tiempo de búsqueda.

Además de las variables temporales y económicas existen otras variables directamente relacionadas con el viaje realizado, como el propósito del viaje, que influyen en la elección de alternativa de estacionamiento. El efecto del propósito de viaje en la elección es debido a que las restricciones de tiempo pueden ser más significativas para ciertos propósitos de viaje, lo cual, produce una menor disposición de los individuos a la búsqueda de estacionamiento (Mo, Zhang y Yan, 2008; Teknomo & Hokao, 1997; Yun et al., 2008). Chalermpong y Kittiwangchai (2008) analizaron la relación entre el propósito del viaje y la tarifa del estacionamiento, obteniendo que ambas variables presentaban una

---

importante correlación. Los usuarios con propósitos de viaje que no fuesen trabajo tenían menor disposición a pagar por el estacionamiento.

### **2.3.2. Variables relacionadas con las características de los usuarios**

Al igual que existe una importante relación entre las características del viaje realizado, varias investigaciones han constatado la existencia de influencia de variables relacionadas con los usuarios que influyen en la elección de estacionamiento. Una de las primeras investigaciones que evidenciaron la influencia del sexo en la elección de estacionamiento fue la desarrollada por Salomon (1986), quien encontró diferencias entre hombres y mujeres en la elección del estacionamiento por la influencia de la duración, el tiempo de búsqueda y el estacionamiento ilegal. En 2001, Tsamboulas (2001) demostró que los hombres tenían mayor disposición al aumento del precio del estacionamiento, esta evidencia fue corroborada posteriormente por Mo et al. (2008) quien obtuvo que para las mujeres la tarifa tenía mayor influencia en la elección de estacionamiento. Otra característica importante de los usuarios que se encontró como relevante fue la relación de la edad de los usuarios con la tarifa del estacionamiento. Tsamboulas (2001) demostró la existencia de un comportamiento distinto en los diferentes grupos de edad respecto a aumentos en la tarifa. Anastasiadou et al. (2009) también encontró relación entre la tarifa y la edad de los usuarios, obteniendo que los encuestados de mayor edad tenían bastante más disposición a pagar para reducir el tiempo de búsqueda que los de menor edad.

Los modelos de elección de zona y alternativa de estacionamiento se han fundamentado en la maximización de la utilidad para determinar la elección, sin embargo, se ha demostrado que en determinados casos los usuarios están influenciados por hábitos prefijados (Aarts, Verplanken y Van Knippenberg, 1997; Verplanken, Aarts, van Knippenberg y Moonen, 1998). Bonsall y Palmer (2004) obtuvieron que incluyendo una variable relativa al hábito para una determinada zona de estacionamiento el modelo reflejaba mejores resultados. Cools et al. (2013) también demostraron la influencia del

---

hábito de uso de una zona e incluso llegaron a determinar que se trataba de una variable que tenía diferente nivel de influencia en función de la familiaridad con la zona de estacionamiento. Por otro lado, Cools et al. (2013), demostró como los usuarios que tenían mayor frecuencia de uso del vehículo para sus viajes tenían mayor disponibilidad a usar estacionamientos gratuitos, reduciéndose en sus decisiones la influencia de otras variables.

Finalmente, otra variable que se obtuvo como relevante fue la percepción de seguridad del estacionamiento elegido. Caicedo, Robuste y Lopez-Pita (2006) analizaron la seguridad de los diferentes tipos de estacionamiento y obtuvieron que el 60% de los usuarios tenían mayor percepción de seguridad en los estacionamientos de varios pisos. Ji, Deng, Wang y Liu (2007) obtuvieron que la percepción de seguridad era uno de los factores que mayor influencia tenían en la decisión de estacionamiento, determinando que el estacionamiento subterráneo era el que mayor percepción de seguridad tenía. Teknomo y Hokao (1997) encontraron importantes diferencias entre las percepciones de seguridad, determinando que los usuarios tenían mayor percepción de seguridad en los estacionamientos fuera de la calle respecto a los estacionamientos en la calle. Por lo tanto, en base a las investigaciones realizadas se constata que los usuarios tienen mayor percepción de seguridad en los estacionamientos que cuentan con acceso regulado (estacionamientos fuera de la calle).

Tabla 1. Variables obtenidas en la literatura internacional que influyen en la elección de estacionamiento

Estudio	Relativas al viaje realizado			Relativas al usuario			Tipo de modelo		
	Tarifa	Tiempo andando	Tiempo de búsqueda	Propósito del viaje	Tipo de estacionamiento	Salario		Edad	Sexo
Waerden, (2012)	✓	✓	✓	✓	✓	✓			Elección discreta
Chaniotakis and Pel, (2015)	✓	✓	✓	✓	✓	✓			Elección discreta
Moeinaddini et al., (2013)	✓	✓	✓	✓	✓	✓			Asignación
Shoup, (2006)		✓	✓	✓					Asignación
Hess and Polak, (2004)	✓	✓	✓	✓	✓	✓			Elección discreta
Ibeas et al., (2014)	✓	✓	✓	✓	✓	✓			Elección discreta
Ottomanelli et al., (2011)	✓	✓	✓	✓	✓				Elección discreta
Dell'Orco et al., (2003)	✓	✓	✓	✓	✓				Elección discreta
Thompson and Richardson, (1998)	✓		✓			✓		✓	Elección discreta
Bonsal et al., (2004)	✓	✓	✓	✓					Asignación
Benenson et al., (2008)	✓		✓	✓	✓				Asignación
Ergun, (1971)	✓	✓				✓			Asignación
Lambe, (1969)	✓	✓		✓					Asignación

Estudio	Relativas al viaje realizado				Relativas al usuario				
	Tarifa	Tiempo andando	Tiempo de búsqueda	Propósito del viaje	Tipo de estacionamiento	Salario	Edad	Sexo	Tipo de modelo
Sattayhatewa y Smith, (2003)	✓	✓	✓						Elección discreta
Polak y Axhausen, (1989)	✓	✓		✓					Interacción
Axhausen y Herz, (1989)	✓	✓	✓	✓					Interacción
Gollas et al., (2002)	✓	✓	✓		✓				Asignación
Tsamboulas, (2001)	✓	✓					✓	✓	Asignación

Fuente: Elaboración propia

## 2.4 Soluciones aplicadas en la literatura internacional.

### Diagnóstico y limitaciones observadas

En la literatura internacional se han encontrado diversos estudios que analizan la elección de estacionamiento urbano y el comportamiento de los usuarios en dicha elección. Sin embargo, se ha obtenido que la complejidad del comportamiento en los procesos de elección de estacionamiento requiere el empleo de otras metodologías de toma de datos y de modelización para considerar la complejidad de dicho proceso de decisión.

En los procesos participativos analizados en la literatura internacional (Ibeas et al., 2014) se ha determinado la influencia de las alternativas disponibles en la elección, lo cual, entre otras cosas, evidencia la correlación entre alternativas. Durante la revisión de la literatura internacional se ha constatado que los estudios realizado hasta el momento consideran la elección homogénea en toda la ciudad (Hess y Polak, (2004), Sattayhatewa y Smith, (2003), Hunt y Teply, (1993)), es decir, los procesos de toma de datos y de modelización analizados no consideran la disponibilidad de las alternativas existentes en cada zona de estacionamiento de la ciudad.

Por otro lado, la elección del estacionamiento está condicionado por la alta heterogeneidad en los usuarios. En la literatura internacional se ha encontrado ejemplos de investigaciones que han analizado la heterogeneidad de los usuarios (Hess y Polak, (2004), Antolín et al., (2018), Ibeas et al., (2014)). Las investigaciones realizadas han tenido en cuenta la heterogeneidad en la modelización, pero no en el proceso de toma de datos. Por lo tanto, los procesos de toma de datos de las investigaciones analizadas (Chaniotakis y Pel, (2015), Ibeas et al., (2014)) consideran a todos los usuarios de forma homogénea a la hora de presentarles escenarios ficticios de elección.

En definitiva, el análisis de la literatura internacional ha detectado limitaciones en los procesos de toma de datos y de modelización realizados hasta el momento que influyen en la modelización de la elección. A continuación, se enumeran las limitaciones explicadas anteriormente:

---

- No se considera la disponibilidad de las alternativas de estacionamiento en proceso de toma de datos.
- No se considera la diferencia en la generación de escenarios ficticios provocada por la heterogeneidad de los usuarios.
- Consideran la ciudad como una única zona, no teniéndose en cuenta la heterogeneidad zonal en la toma de datos y en la modelización.
- No se considera la existencia de patrones de correlación entre zonas adyacentes o con características similares que pueden influir en la elección.

## **2.5 Aportaciones a la literatura internacional de la solución propuesta**

Los estudios indicados anteriormente se han desarrollado, al igual que la investigación presentada en este documento, empleando modelos de elección discreta a partir de datos que se han obtenido mediante procesos de encuestas de Preferencias Declaradas. Sin embargo, los modelos desarrollados en las investigaciones indicadas anteriormente no han considerado los condicionantes indicados anteriormente, generándose limitaciones en la modelización de la elección. Para resolver estas limitaciones, la investigación presentada ha propuesto una metodología que considera las siguientes medidas para solventar las limitaciones indicadas:

1. Considerar la disponibilidad de cada alternativa de estacionamiento en las diferentes zonas de estacionamiento de la ciudad.
  2. Creación de escenarios con mayor realismo a partir de las características del viaje realizado, del tipo de usuario y de la zona de estacionamiento.
  3. Analizar la influencia horaria en la elección del estacionamiento.
  4. Desarrollar modelos que consideren correlaciones zonales: espaciales y por alternativas.
-

A continuación, se detalla el proceso realizado para incluir las novedades “1”, “2” y “3” enumeradas en anteriormente y que se han aplicado en el proceso de toma de datos a partir de encuestas de preferencias declaradas

En primer lugar, se ha enumera la consideración de la disponibilidad de alternativas. Para considerar la disponibilidad de alternativas en el proceso de toma de datos, se ha diseñado una encuesta que en el proceso de creación de escenarios tiene en cuenta las alternativas disponibles por el usuario en la zona de estacionamiento que se encontraba. Inicialmente, se programó un análisis de la zonificación del estacionamiento para determinar las alternativas disponibles para la posterior creación de escenarios. Esta novedad permitió que las alternativas de los escenarios de cada usuario variasen en función de la zona de la ciudad en la que se encuentran, pudiendo elegir solo entre las alternativas que realmente tienen disponibles.

Para aplicar el proceso de toma de datos con las alternativas disponibles era necesario crear los escenarios a presentar a cada usuario. Como se ha indicado anteriormente, en este proceso se buscó crear escenarios adaptados a las características de los usuarios. Por lo tanto, para la creación de los escenarios se tuvo en cuenta las características del viaje realizado por el usuario en el momento de la encuesta, el tipo de usuario basado en la alternativa seleccionada en el momento de realización de la encuesta y el lugar de residencia del usuario. Las características del viaje empleado se han tenido en cuenta para crear escenarios adaptados a las características de cada usuario en lugar de escenarios iguales para todos los usuarios. El tipo de usuario también se ha empleado para el mismo propósito ya que a partir del tipo de usuario se determinaban las variables de referencia (variables pivote) para la creación de los escenarios ficticios con el resto de las alternativas disponibles. Finalmente, la residencia de los usuarios influyó en la generación de los escenarios de tal forma que a los usuarios no residentes en la ciudad y que viajaban con origen fuera de la misma se les mostraba una nueva alternativa, la posibilidad de park&ride.

---

Posteriormente, se enumera el estudio de la influencia horaria en la elección. En la literatura internacional no se encontraron evidencias de la aplicación de variables que pongan al usuario en contextos de elección en los que llega al destino de estacionamiento antes de la hora deseada o después de la hora deseada. Por este motivo, en el experimento de creación de escenarios se incluyó una variable con 4 niveles de variación (dos para referenciar el hecho de llegar después de la hora prevista y dos para el hecho de antes de la hora prevista).

Por lo tanto, estas dos novedades influyen directamente en los procesos de toma de datos e indirectamente en la posterior modelización a partir de dichos datos. Como se ha indicado estas novedades contribuyen a dotar de mayor realismo el proceso de toma de datos y, por lo tanto, a obtener una información más próxima a la realidad del comportamiento de los usuarios en la elección de alternativa de estacionamiento urbano.

Al igual que para las novedades “1” a “3”, a continuación, se describe el proceso realizado para tener en cuenta la novedad “4”, la cual, consiste en estimar modelos de elección discreta a partir de datos de preferencias reveladas considerando tanto correlaciones espaciales por su ubicación como por las alternativas disponibles en cada zona. Para el desarrollo de estos modelos, en primer lugar, fue necesario determinar los contextos de elección de los usuarios en función de la zona de estacionamiento y las zonas cercanas para determinar las alternativas disponibles para los usuarios de cada zona. Posteriormente, se han aplicado modelos de elección discreta para determinar la existencia de correlación entre zonas, lo cual, corrobora la existencia de correlación tanto espacial como por alternativas disponibles entre las zonas existentes.

Posteriormente, en el capítulo 4 se explica el proceso detallado de aplicación de las novedades propuestas para el caso de estudio analizado de la ciudad de Santander. Se ha explicado el proceso y aplicación de creación de los escenarios presentados en la encuesta mediante la técnica D-Efficient, la aplicación de encuestas desarrollada para permitir crear los escenarios dinámicamente a partir de las variables de referencias contestadas

---

por los usuarios en el momento de la realización de la encuesta y la metodología para incluir las variables temporales en el proceso de toma de datos de preferencias declaradas. En el caso de la modelización a partir de datos de preferencias reveladas, se explica el proceso llevado a cabo para obtener el contexto de elección de los usuarios y el estudio de la correlación espacial, tanto por proximidad de las zonas de estacionamiento como por alternativas disponibles en la zona.

---

## Capítulo 3

# Modelos de elección discreta

Los modelos de elección discreta permiten determinar la probabilidad de elección de las alternativas definidas. Sin embargo, las alternativas presentes en el contexto de elección de los individuos no producen utilidad por sí mismas, dicha utilidad, viene determinada por las características de las variables y de los individuos que participan en la elección (Lancaster, 1966).

Los modelos de elección discreta se basan en un enfoque desagregado que modela los procesos de elección de los individuos de una alternativa dentro de un subconjunto de alternativas previamente definido (Ortúzar y Willumsen, 2011). Este proceso de elección está condicionado a su vez por las restricciones propias de los modelos de elección discreta y de la teoría de utilidad aleatoria.

Los modelos de elección discreta están fundamentados en la Teoría de Utilidad Aleatoria (Random Utility Theory - RUM), donde un individuo  $q$  elige la alternativa  $i$  que le genera mayor beneficio o utilidad  $U_{iq}$ , como indica la siguiente expresión (Ortúzar y Willumsen, 2011):

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

Donde:

$V_{iq}$  representa la parte medible, sistemática o representativa, que es función de los atributos medidos.

$\varepsilon_{iq}$  representa la porción aleatoria que refleja la idiosincrasia y gustos particulares de cada individuo, además de errores de medición y observación cometidos por parte del equipo investigador.

La utilidad sistemática  $V_{iq}$  se explica por un conjunto de variables que se ven afectadas por sus correspondientes coeficientes de la siguiente manera:

$$V_{iq} = \sum_k \theta_{ki} X_{kiq} \quad (2)$$

Donde  $X_{kiq}$  representa el valor de la variable  $k$  de la alternativa  $i$  para un individuo  $q$ , y cada parámetro  $\theta_{ki}$  representa el peso colocado en la variable  $k$  de la alternativa  $i$ . A su vez, estos parámetros clasifican las variables por importancia dentro de la utilidad, lo cual permite detallar la importancia de cada parámetro en la utilidad de cada alternativa (Ortúzar y Willumsen, 2011).

Por lo tanto, se obtiene la conclusión de que no es posible predecir el comportamiento del usuario con absoluta certeza y, por lo tanto, se evalúan las probabilidades de que una persona específica elija una de las alternativas disponibles.

Previamente a la modelización, es importante detallar todas las características del contexto de elección que se va a tener en cuenta en dicha modelización. Por ello, es necesario definir las alternativas que tiene disponible cada individuo, las variables que componen cada una de las alternativas y la especificación de modelo a emplear.

La elección del modelo se basa en la adecuación al objetivo final del estudio, así como en los conocimientos y la experiencia previa del investigador. Además, es importante tener

---

en cuenta las posibles limitaciones de cada tipo de estudio (recursos necesarios, disponibilidad de tiempo, costes...). Por lo tanto, es importante un análisis pormenorizado del tipo de modelo a emplear para no emplear metodologías de modelización erróneas que pueden causar graves errores (Williams y Ortúzar, 1982a).

En la presente tesis doctoral, los modelos empleados para su desarrollo han sido los siguientes:

- Modelos Logit Multinomial
- Modelos Logit Mixto con parámetros aleatorios
- Modelos Logit Mixto con parámetros aleatorios y componente de error.

A continuación, se detallan las principales características de los modelos empleados para el desarrollo de esta tesis. La explicación de la formulación de los modelos presentados ha sido consultada en los libros de mayor referencia en la materia, como son:

- Modelling Transport (Ortúzar y Willumsen, 2001)
- Applied choice analysis: a primer (Hensher et al., 2005)
- Applied choice analysis: 2<sup>nd</sup> Edition (Hensher et al., 2015)
- Stated Choice Methods: Analysis and Application. (Louviere et al., 2000)
- Discrete Choice Methods with Simulation. (Train, 2003)

Por lo tanto, para la redacción de los epígrafes que se detallan a continuación, se han tenido como referencia los libros indicados y la explicación de los desarrollos matemáticos que en ellos se ha realizado.

### **3.1 Modelos Logit Multinomial (MNL)**

La especificación de elección discreta entre más de dos alternativas más empleada es el Logit Multinomial (MNL). Este modelo asume que la utilidad de una alternativa, perteneciente a un subconjunto de alternativas de elección  $i \in I_q$ , esta formada por una parte medible o utilidad sistemática y una parte aleatoria

---

$U_{iq} = V_{iq} + \varepsilon_{iq}$ . Además, asume que los residuos aleatorios  $\varepsilon_{iq}$  son independiente e idénticamente distribuidos y distribuyen según la función de distribución de Gumbel (Domencich y McFadden, 1975), obteniéndose la siguiente ecuación:

$$P_{iq} = \frac{e^{\beta V_{iq}}}{\sum_{A_j \in A(q)} e^{\beta V_{jq}}} \quad (3)$$

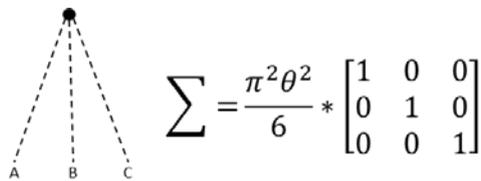
Donde  $\beta$  (parámetro de escala positivo) está ligado a la desviación estándar de la variable Gumbel a través de la fórmula  $\beta^2 = \pi^2/6\sigma^2$ . En la práctica este valor de normaliza a 1 porque no puede estimarse de forma separada a los parámetros  $\sigma$  (Ortúzar y Willumsen, 2011).

En el caso de que los residuos aleatorios sean independientes e idénticamente distribuidos (IID) representa una importante restricción ya obliga a todos los residuos  $\varepsilon_{iq}$  a tener el mismo parámetro de escala ( $\beta$ ), esto implica que la varianza de dichos residuos sea igual a la siguiente expresión (Ortúzar y Willumsen, 2001):

$$\sigma = \frac{\pi^2}{6\beta^2} \quad (4)$$

Por lo tanto, a partir de las expresiones indicadas, se obtiene la matriz de varianza - covarianza que queda como se indica en la Figura 2.

Figura 2. Estructura del árbol de elección y la matriz varianza- covarianza de un modelo Logit Multinomial



Fuente: Elaboración propia a partir de Ortúzar y Willumsen, (2001)

### 3.1.1 Especificación del modelo.

La especificación de un modelo Logit Multinomial conlleva tres pasos perfectamente establecidos. El primer paso es determinar el conjunto de alternativas de elección universal. Estas se definen en función de los objetivos del estudio. Para determinar las alternativas que formarán parte del estudio es necesario definir qué alternativas de las existentes pueden ser obviadas bien por comodidad, bien por simplificar, o bien por necesidad.

El siguiente paso es definir el conjunto de elección que tiene disponible cada individuo. Esto se lleva a cabo utilizando criterios razonables sobre la viabilidad de las alternativas para una situación particular: la del estudio a realizar. Por último, se determinan las variables que forman parte de cada una de las alternativas consideradas.

Ante la premisa de que los modelos trabajan en base a diferencias, se debe tener en cuenta que el número máximo de constantes es  $J - 1$  (siendo  $J$  el número de alternativas existentes en el contexto de elección de los usuarios)

A la hora de introducir las variables en las funciones de utilidad se emplea el proceso de paso a paso (step by step), empezando por aquella asociación de variables más atractiva en base a los conocimientos del investigador (Ortúzar, 1982). A partir de esa versión inicial se comprueba la bondad del ajuste (en base a test estadísticos como el test- $t$  de los parámetros, la log-verosimilitud del modelo, etc.) fruto de las variaciones que se vayan considerando. En cada uno de los pasos se estudia si las nuevas variables aportan mayor capacidad explicativa al modelo estimado. En caso afirmativo, las nuevas variables pasarán a formar parte del modelo final estimado.

Las variables  $\mathbf{x}$  que forman parte de los modelos estimados pueden ser de dos tipos:

- **Variables genéricas:** Variable presente en todas las funciones de utilidad de las alternativas y sus coeficientes son tratados como idénticos; es decir,  $\theta_{iq}$  se sustituye por  $\theta_q$ .

- **Variables específicas:** Este tipo de variable sólo forman parte de la función de utilidad de una de las alternativas, es decir,  $\theta_{iq}$  (coeficiente asociado a  $x_{iq}$ ) es específica de  $V_i$ .

El modelo más general con el que se puede trabajar es aquel en el que todas las variables son tratadas como variables específicas. A partir de ahí se pueden ir agregando coeficientes a medida que se van estimando diferentes modelos, comprobando siempre la bondad de ajuste del nuevo modelo planteado (Ortúzar y Willumsen, 2001).

Los parámetros  $\theta_{iq}$  asociados a cada variable son asumidos como constantes para todos los individuos, aunque ya se ha comentado que pueden variar entre diferentes alternativas. Esos parámetros se estiman mediante el Método de Máxima Verosimilitud, el cual, emplea el método de mínimos cuadrados debido a que no se conocen las probabilidades de elección de las alternativas (Ortúzar y Willumsen, 2001).

$$l(\theta) = \log[L(\theta)] = \sum_{i=1}^n \log f(x_i | \theta) \quad (5)$$

### 3.1.2 Propiedades del modelo logit multinomial MNL

Una propiedad que define al modelo MNL es aquella que hace referencia a la independencia de las alternativas irrelevantes (IIA), es decir, para cualquier par de alternativas que tengan cierta probabilidad de ser elegidas, la relación entre dichas alternativas no está influenciada por el hecho de que existan otras alternativas adicionales que formen parte del conjunto de elección.

Inicialmente esta propiedad se consideró una ventaja a la hora de estudiar alternativas futuras, sin embargo, actualmente se considera una desventaja debido a que no permite al modelo considerar la posible existencia de correlación entre las alternativas, dando lugar a sesgo en las predicciones en caso de que dicha correlación exista.

Cuando el número de alternativas disponibles es muy elevado, como en el caso de la elección de destino, se puede demostrar (MacFadden, 1978) que se obtienen parámetros insesgados estimando el modelo sólo con una muestra aleatoria del conjunto de elección disponible.

Si se estima el modelo MNL con datos de una muestra sesgada en términos de la cantidad de usuarios que elige cada alternativa en relación con la población, se puede demostrar que si este modelo tiene todas las constantes específicas posibles ( $N-1$ , si hay  $N$  alternativas) y todos los individuos tienen disponibles todas las alternativas, es posible recalcularlas para el área total de estudio obteniéndose un modelo no sesgado (Ortúzar y Willumsen, 2001). Las nuevas constantes son:

$$k_i = k_i - \log \left( \frac{q_i}{Q_i} \right) \quad (6)$$

Donde  $q_i$  es el reparto de mercado de la alternativa  $i$  en la muestra y  $Q_i$  es la proporción de mercado de dicha alternativa en la población de estudio. Es decir, se deben corregir todas las constantes, incluidas las que se tomaron de referencia y fueron igualadas a cero durante la estimación del modelo.

El modelo MNL permite derivar ecuaciones bastante simples de las elasticidades directas y cruzadas (Ortúzar y Willumsen, 2001). La elasticidad directa representa la variación de la probabilidad de elección de una alternativa,  $A_i$ , respecto a la variación marginal de un atributo perteneciente a dicha alternativa,  $x_{ikq}$ . La fórmula asociada es:

$$E_{P_{iq}, X_{ikq}} = \frac{\partial P_{iq}}{\partial X_{ikq}} \cdot \frac{X_{ikq}}{P_{iq}} = \frac{\partial \ln P_{iq}}{\partial \ln X_{ikq}} \quad (7)$$

El valor de la Elasticidad cruzada es independiente de la alternativa  $A_i$ , como puede apreciarse en la fórmula (10). Por lo tanto, la elasticidad cruzada de cualquier alternativa

$A_i$  respecto de los atributos  $x_{jkq}$  de la alternativa  $A_j$  son idénticos. Esta propiedad de los modelos MNL es otra consecuencia de la propiedad IIA.

$$E_{P_{iq}, X_{jkq}} = \frac{\partial \ln P_{iq}}{\partial \ln X_{jkq}} = -\theta_{jk} \cdot X_{jkq} \cdot P_{jq} \text{ para } j \neq i \quad (8)$$

### 3.2 Modelos Logit Mixto (ML)

Actualmente, uno de los modelos de elección discreta que más investigaciones está promoviendo es el Logit Mixto (ML). Este tipo de modelo tiene como ventaja fundamental, respecto al resto de modelos Logit, que es que es capaz de tener en cuenta la variación en los gustos de los individuos. Como consecuencia, es capaz de considerar la existencia de correlación entre las distintas alternativas.

La función de utilidad de la opción  $A_j$  para el individuo  $q$  en la situación  $t$  viene dada por (Ortúzar y Willumsen, 2001):

$$U_{jqt} = \theta_q \cdot X_{jq} + \varepsilon_{jq} \quad (9)$$

Donde:

- $X_{jqt}$  es el vector de variables observadas que componen las alternativas que definen el contexto de elección en la situación  $t$ .
- $\theta_q$  es el vector de coeficientes que varían aleatoriamente con los gustos del individuo.
- $\varepsilon_{jqt}$ , es un término de error aleatorio independiente e idénticamente distribuido (IID).

Una forma de introducir la posibilidad de correlación entre las alternativas es añadir, en la función de utilidad un elemento adicional estocástico en los parámetros  $\theta_q$ , esto permitirá que haya heterocedasticidad y correlación entre alternativas (Ortúzar y Willumsen, 2001):

$$\theta_q = \theta^* + \eta_q \quad (10)$$

Es decir, lo que se consigue es que el vector de los coeficientes  $\theta_q$  para cada individuo se expresa como la suma de su media poblacional  $\theta^*$  y la desviación individual  $\eta_q$  que representa las preferencias individuales con respecto a las preferencias medias de la población (Ortúzar y Willumsen, 2001). La función de utilidad queda de la siguiente forma:

$$U_{jqt} = \theta^* \cdot X_{jqt} + \eta_q \cdot X_{jqt} + \varepsilon_{jqt} \quad (11)$$

La parte no observada de la función de utilidad ( $\eta_q x_{jqt} + \varepsilon_{jqt}$ ), está correlacionada con las alternativas y situaciones de elección debido a la influencia del término  $\eta_q$  (Ortúzar y Willumsen, 2001).

Si se supone que las preferencias (gustos) varían en la población con función de densidad  $f(\theta/\tau^*)$  donde  $\tau^*$  representa los parámetros de la distribución (es decir, la media y la desviación estándar de las preferencias de la población), la probabilidad de elección del modelo logit mixto viene dada por la integral de la probabilidad de elección del modelo MNL (para un valor dado del parámetro  $\theta$ ) ponderada por la función (Ortúzar y Willumsen, 2001):

$$P_{iqt}(\tau^*) = \int \frac{e^{\theta_{iqt} \cdot X_{iqt}}}{\sum_{A_j \in A(q)} e^{\theta_{iqt} \cdot X_{iqt}}} \cdot f\left(\frac{\theta}{\tau^*}\right) \cdot d\theta \quad (12)$$

Donde  $f(\theta/\tau^*)$  es la función de densidad con la que varían los gustos de la población. Y  $\tau^*$  representa los parámetros de la distribución, es decir, la media y desviación estándar de los gustos de la población.

A la hora de especificar el modelo logit mixto aparecen varias consideraciones importantes a tener en cuenta:

- a) Seleccionar las variables que llevarán asociadas un parámetro aleatorio.

- b) Seleccionar la función de distribución de los parámetros aleatorios.
- c) Existencia de heterogeneidad alrededor de la media de un parámetro aleatorio.
- d) Existencia de correlación entre los parámetros aleatorios.

Estos cuatro problemas deben ser abordados con prudencia a la hora de especificar el modelo ML.

Establecer el conjunto apropiado de parámetros aleatorios requiere tener en cuenta la distribución de estos y, en caso de que existan múltiples situaciones de elección por individuo, la posibilidad de que exista correlación entre las situaciones de elección.

La alternativa más sencilla a la hora de elegir qué parámetros serán aleatorios es asumir, inicialmente, que todos los parámetros son aleatorios y, a partir de ahí, comprobar el valor y los test estadísticos asociados a la desviación estándar de cada parámetro, así como el test de log-verosimilitud para establecer la contribución a la información general de esa información adicional que supone cada parámetro.

Otra forma de determinar qué parámetros serán aleatorios y cuáles no, es la propuesta por McFadden y Train (2000) en la que utilizan tests de multiplicador de Lagrange, los cuales, se emplean a partir de variables artificiales:

$$Z_{in} = (X_{in} - \bar{X}_i), \text{ donde: } \bar{X}_i = \sum_j X_{jn} \cdot P_{jn} \quad (13)$$

Donde  $P_{jn}$  es la probabilidad de elección del modelo MNL. Una vez elegidos los parámetros aleatorios, se debe elegir la función de distribución que se asociará a ellos. Las funciones de distribución más utilizadas son la Normal, la Triangular, la Uniforme y la Lognormal. La función de distribución lognormal se utiliza a menudo para parámetros que necesitan tener un signo específico (no negativo). La función de distribución uniforme con (0,1) suele utilizarse para las variables dummy o diatópicas.

---

### 3.2.1 Componentes de error

Los modelos logit mixto también se pueden emplear como una representación de los componentes de error que crea correlaciones entre las utilidades de diferentes alternativas (Train, 2003). En este caso la utilidad se especifica cómo se define en la ecuación:

$$U_{nj} = \alpha' \cdot x_{nj} + \mu_n' \cdot z_{nj} + \varepsilon_{nj} \quad (14)$$

donde  $x_{nj}$  y  $z_{nj}$  representan los vectores que contienen variables observadas para la alternativa  $j$ ,  $\alpha'$  representa un vector de coeficientes fijos para las variables  $x_{nj}$ ,  $\mu_n'$  es un vector de términos aleatorios con media cero y  $\varepsilon_{nj}$  es un tipo de valor independiente e idénticamente distribuida (IID). Por lo tanto, los términos  $z_{nj}$  (componentes de error) y  $\varepsilon_{nj}$  son los componentes de la parte estocástica de la utilidad, es decir, ambos términos representan la parte aleatoria (no observada) de la utilidad, la cual, es posible que este correlacionada entre alternativas en función de la especificación del término  $z_{nj}$ .

En el caso de los modelos logit más comunes (MNL), el término  $z_{nj}$  es idénticamente igual a cero, luego, no existe correlación entre la utilidad de las alternativas cumpliéndose la propiedad de IIA de Gumbel para dichos modelos. Sin embargo, en el caso de existir componentes de error distintos de cero, la utilidad presenta correlación entre las alternativas incluso en los casos en los que los componentes de error son diferentes.

A partir de la especificación de las variables que entran como componente de error se obtienen diferentes patrones de correlación y sustitución. Por lo tanto, es posible obtener diferentes especificaciones de modelos anidados (análogos al modelo logit jerárquico) mediante el empleo de variables indicadoras (dummy) que tomen valor uno para las alternativas pertenecientes al nido y cero en caso contrario (Train, 2003).

Al igual que en los modelos jerárquicos, existe un indicador de la magnitud de correlación, en el caso de los modelos con componente de error el indicador empleado es la varianza  $\sigma_k$ . Dicha varianza esta explicada en la siguiente función:

$$\text{Var}(\eta_{ni}) = E(\mu_k + \varepsilon_{ni})^2 = \frac{\sigma_k + \pi^2}{6} \quad (15)$$

Por lo tanto, la correlación entre dos alternativas pertenecientes al nido k resulta:

$$\text{Cor} = \frac{\sigma_k}{\frac{\sigma_k + \pi^2}{6}} \quad (16)$$

En el caso de necesitar que el modelo logit mixto este normalizado para la escala y el nivel, es necesario restringir la varianza de cada componente de error de cada nido, forzando que  $\sigma_k = \sigma$  y  $k=1$ . Por otro lado, si se permite la existencia de diferentes varianzas de componente de error para cada nido se puede obtener un análogo al modelo heterocedástico (Train, 2003).

### 3.2.2 Efectos de panel

Los modelos logit mixto presentan una característica adicional que permite relacionar las respuestas (diferentes contestaciones a los escenarios propuestos) de un mismo usuario. Esta característica es conocida como efectos de panel en la contestación de los usuarios. En estas especificaciones se definen los coeficientes de la utilidad como parámetros que varían entre las diferentes personas pero que son constantes para la misma persona (Train, 2003). En este caso, la utilidad de la alternativa j en un contexto de elección t para un individuo n es:

$$U_{njt} = \beta_n' \cdot x_{njt} + \varepsilon_{njt} \quad (17)$$

Donde  $\varepsilon_{njt}$  representa la parte aleatoria de la utilidad de cada una de las alternativas consideradas en el contexto de elección. Considerando una secuencia de alternativas en diferentes periodos de tiempo  $\mathbf{i}=\{i1, \dots, iT\}$ . La probabilidad de que una persona realice esta secuencia de elecciones bajo la condición de  $\beta$  es el producto de las fórmulas logit:

$$L_{ni}(\beta) = \prod_{t=1}^T \left[ \frac{e^{\beta_n' \cdot x_{nit}}}{\sum_j e^{\beta_n' \cdot x_{njt}}} \right] \quad (18)$$

Teniendo en cuenta que los  $\varepsilon_{njts}$  son independientes en el tiempo, la probabilidad no condicionada por  $\beta$  resulta de la integral de este producto:

$$P_{ni} = \int L_{ni}(\beta) \cdot f(\beta) d\beta \quad (19)$$

La diferencia existente entre un modelo logit mixto considerando múltiples elecciones por usuario y uno que solo considere una elección por usuario es la existencia de un producto de fórmulas logit (caso de datos de panel) o una única fórmula para una única elección.

El empleo de los modelos que consideran efectos de panel permite utilizar variables exógenas tanto pasadas como futuras a un periodo de tiempo determinado, lo cual, permite representar y analizar una respuesta diferida o un comportamiento anticipado en el tiempo.

Como se desarrolla en la presente tesis doctoral, un ejemplo en el que se emplea esta metodología es en los datos obtenidos a partir de encuestas de preferencias declaradas, donde el investigador tiene información de toda la secuencia de elección.

A partir del análisis de las especificaciones desarrolladas hasta el momento, se ha determinado que los coeficientes  $\beta_n$  son constantes en diferentes contextos de elección para un mismo usuario. Este hecho resulta aceptable en el caso de que las preferencias del individuo no varíen a lo largo de la elección (por ejemplo, una encuesta única con varias elecciones). Sin embargo, en el caso de que las preferencias del usuario varíen los coeficientes asociados a cada persona puedan variar con el tiempo.

### **3.3 Conclusiones**

Como se ha indicado anteriormente, los modelos difieren bastante entre sí en base a sus características, como el hecho de que pueda existir o no correlación entre las alternativas, la existencia de variables aleatoria en su especificación, la independencia de alternativas, etc.

Por lo tanto, estas características han de ser tenidas en cuenta en la elección del modelo en cada una de las modelizaciones llevadas a cabo en la presente tesis ha sido realizada teniendo en cuenta las especificaciones y limitaciones indicadas anteriormente.

---

## Capítulo 4

# Metodología aplicada en la obtención y modelización de los datos

Como se ha indicado en el capítulo 3 entre las aportaciones de la presente tesis doctoral se encuentra la incorporación de novedades en los procesos de toma de datos empleados en las investigaciones acerca del estacionamiento.

El proceso de seño de la encuesta requiere llevar a cabo diferentes fases que permitan realizar una toma de datos que se adapte a las características de la investigación. En primer lugar, se deben fijar los objetivos y la información necesaria para la investigación a realizar, posteriormente, se deberá determinar la tipología de la encuesta que mejor se adapta a los datos. Por otro lado, la tipología de la encuesta determinará el tamaño muestral necesario para obtener una muestra significativa del comportamiento de los usuarios.

Posteriormente, después de los procesos de toma de datos mediante encuesta de preferencias declaradas y reveladas, es posible llevar a cabo el análisis estadístico de los

datos y la modelización a partir de ellos. La información recopilada en el proceso de toma de datos ha permitido determinar evidencias necesarias para el estudio desarrollado, en el caso de la presente tesis doctoral, ha permitido analizar la idiosincrasia de los estacionamientos urbanos y del comportamiento de los usuarios en su elección.

Al igual que en los procesos de toma de datos, antes de iniciar la modelización es fundamental estudiar las diferentes especificaciones de los modelos de elección discreta y determinar los que mejor se adaptan a las características de la investigación. En el capítulo 3, se han indicado las principales especificaciones de modelos de elección discreta empleadas en la tesis doctoral.

A partir de la selección de los modelos que mejor se adaptan a las características comportamentales de la elección es posible el empleo de herramientas de análisis como la elasticidad de la demanda y posteriormente el desarrollo de distintas políticas de ordenación.

El desarrollo metodológico representado en este epígrafe está basado en los desarrollos de los siguientes libros:

- Stated Choice Methods: Analysis and Application (Louviere et al., 2000)
- Modelling Transport (Ortúzar y Willumsen, 2001)

## **4.1 Metodología para el diseño de encuestas de Preferencias Reveladas**

Las encuestas de preferencias reveladas permiten obtener información de las situaciones actuales de los usuarios en el ámbito de estudio analizado (Ortúzar y Willumsen, 2001).

Por lo tanto, este tipo de encuestas permite analizar el comportamiento de los usuarios ante las situaciones de movilidad actuales. En el caso de la investigación presentada, la encuesta de preferencias reveladas permite obtener información del comportamiento de los usuarios ante la elección de las distintas alternativas de estacionamiento existentes en cada zona de la ciudad.

---

En las encuestas de preferencias declaradas, donde frecuentemente se capta una importante cantidad de información mediante distintas preguntas, toma especial importancia el diseño para facilitar la realización completa y así maximizar la cantidad de información recopilada. Por lo tanto, los objetivos de la toma de datos mediante encuestas de preferencias reveladas son (Ortúzar y Willumsen, 2001):

- Determinar las características fundamentales de los sistemas de estacionamiento en particular y de los modos de viaje en general.
- Determinar cómo se relaciona la demanda producida con la oferta en los diferentes puntos de la ciudad.
- Obtener la demanda de cada una de las alternativas de estacionamiento de la ciudad y la demanda de cada zona de estacionamiento.
- Recopilar información que permita caracterizar los usuarios del estacionamiento urbano

##### **4.1.1 Diseño de la encuesta**

Una vez determinados los objetivos de la encuesta, es necesario llevar a cabo el diseño de la encuesta de acorde a los procedimientos establecidos en la literatura internacional que permiten una mejor toma de datos (Ortúzar y Willumsen, 2001). A continuación, se indican las fases propuestas para un correcto diseño de la encuesta (Ortúzar y Willumsen, 2001):

1. Encuesta piloto (A partir de un diseño inicial).
  2. Diseño de la Encuesta Definitiva.
  3. Definición del tamaño muestral. Determinación del número mínimo de domicilios y residentes a encuestar.
  4. Apoyo al equipo humano de encuestadores.
  5. Realización de la encuesta definitiva en los domicilios.
-

6. Codificación de la información.

Por lo tanto, los pasos enumerados permiten llevar a cabo un diseño óptimo de la encuesta de preferencias reveladas.

**4.1.2 Tamaño muestral**

Simultáneamente al diseño de la encuesta se debe determinar el tamaño muestral necesario para los objetivos de la investigación desarrollada. La obtención del tamaño de la muestra necesario y el diseño adecuado a la investigación a realizar permite optimizar los recursos necesarios para el proceso de toma de datos.

Para determinar el tamaño muestral basado en un enfoque estadístico lógico se debe conocer la variable a estimar, su coeficiente de variación, la precisión de medición determinada por el investigador y el nivel de confianza. El coeficiente de variación de la variable (CV) se puede determinar a partir de los datos obtenidos en las encuestas domiciliarias realizadas para el área de estudio (Ortúzar y Willumsen, 2001). Posteriormente, el investigador debe determinar el nivel de precisión y el nivel de confianza de la variable en base al nivel de detalle deseado en la investigación.

A partir de los factores indicados anteriormente es posible determinar el tamaño muestral a partir de las formulaciones desarrolladas para la determinación de dicho tamaño en este tipo de estudios:

$$n = \frac{CV^2 \cdot z_{\alpha}^2}{E^2} \quad (20)$$

Donde:

- CV: coeficiente de variación
- $E$ : nivel de precisión (expresado como proporción)
- $Z_{\alpha}$  : valor de la variación normal estandarizada para el nivel de confianza ( $\alpha$ ) requerido.

### 4.1.3 Diseño del cuestionario

Una vez determinado el diseño que mejor se ajusta a las características de la investigación a realizar y habiendo determinado el tamaño muestral necesario para dicho proceso de toma de datos, es posible determinar el diseño de la encuesta. Para el diseño del cuestionario hay que tener la consideración de ordenar las preguntas según el orden correcto para facilitar la respuesta del usuario y evitar que pueda interrumpir las contestaciones sin terminar el cuestionario. El diseño del cuestionario debe tener las siguientes características:

- Las preguntas deben ser directas, simples y estar redactadas de forma sencilla
- El número de preguntas debe ser el mínimo necesario para determinar la información, evitándose preguntas que no aporten nueva información.
- Se deben obtener información del motivo de los viajes realizados, si es posible, se debe obtener información sobre las diferentes fases de los desplazamientos realizados a lo largo del periodo de encuesta.
- En las encuestas domiciliarias se debe incluir la información de todos los usuarios que realicen viajes independientes en la unidad familiar.

### 4.1.4 Limitaciones de los datos de Preferencias reveladas

Para estimar los modelos de elección discreta es necesario tener un gran número de datos para su estimación, además, en base a la teoría de utilidad aleatoria, la estimación de los modelos requiere de la existencia de variabilidad en los datos (Ortúzar y Willumsen, 2001). Por lo tanto, el estudio del comportamiento de los usuarios a partir de los datos de preferencias reveladas presenta varias limitaciones:

- Las observaciones obtenidas a partir de datos de preferencias reveladas pueden presentar poca variabilidad.
- Pueden existir problemas de alta correlación entre variables, lo cual, puede dificultar la obtención de resultados correctos en los modelos.

- Imposibilidad de obtener información sobre situaciones no existentes en la actualidad.

Las limitaciones indicadas pueden ser solventadas mediante experimentos que presenten escenarios ficticios a los usuarios para determinar su comportamiento ante situaciones no existentes.

## **4.2 Metodología para el diseño de encuestas de Preferencias Declaradas**

Al igual que en el epígrafe anterior, a continuación, se presenta la metodología seguida para el proceso de toma de datos a partir de encuestas de preferencias declaradas.

Las encuestas de preferencias reveladas y preferencias declaradas presentan varias diferencias en su diseño, en la determinación del tamaño muestral y en el proceso de entrevista. Sin embargo, la diferencia fundamental es que en las encuestas de preferencias reveladas se pregunta a los usuarios sobre situaciones reales y conocidas y en las encuestas de preferencias declaradas sobre situaciones hipotéticas o futuras.

El problema más relevante de los datos obtenidos mediante encuestas de preferencias declaradas reside en la posibilidad de que los usuarios no contesten según sus elecciones sin em base a otras consideraciones que no se adapten a su comportamiento real. Sin embargo, en la actualidad se han desarrollado procesos de diseño que permiten solventar esta problemática, mediante técnicas de diseño y de encuestado más complejas (Pearmain et al., 1991).

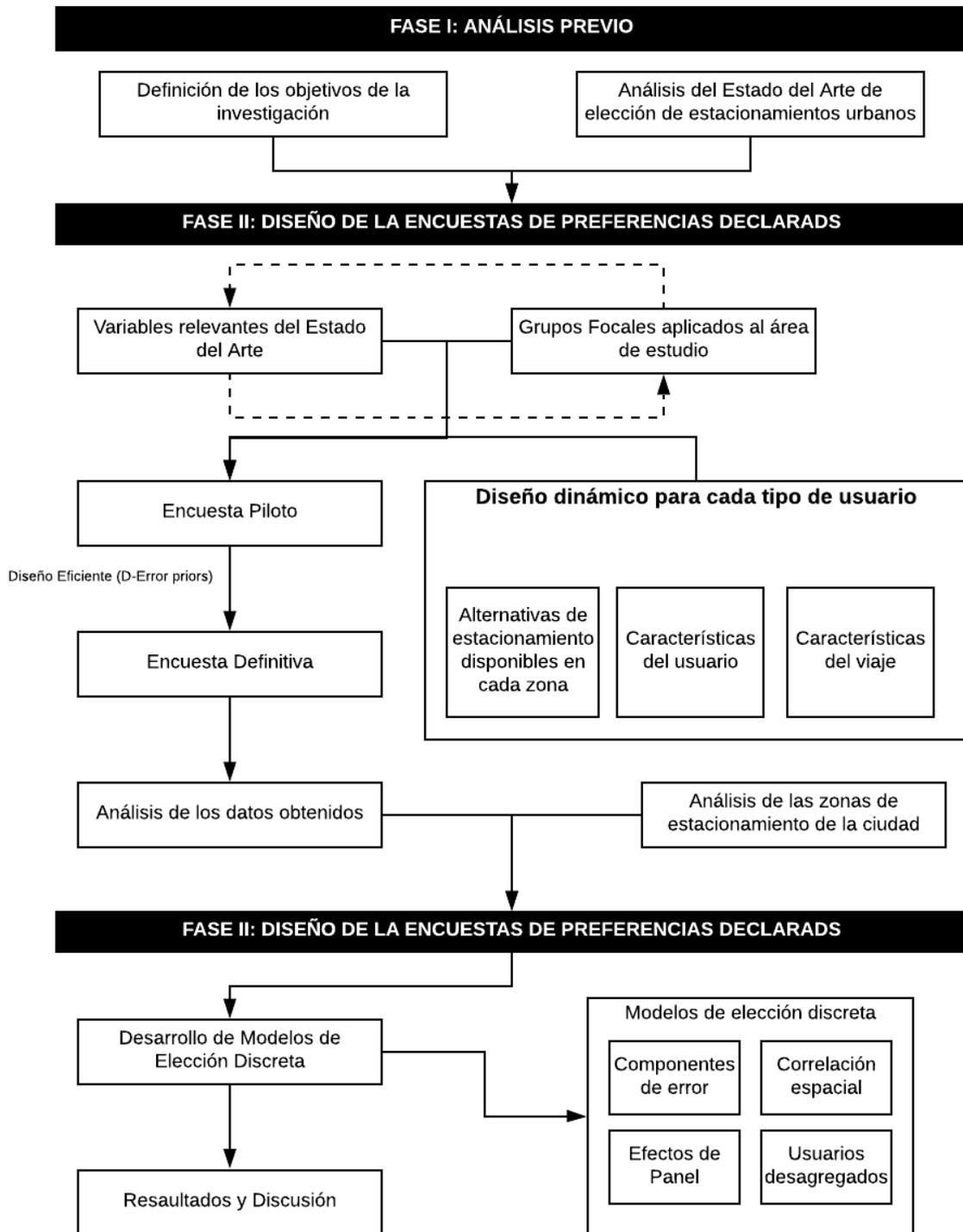
La principal ventaja de las encuestas de preferencias declaradas es la facilidad para diseñar los escenarios hipotéticos que mejor se adapten a las características del estudio realizado (Ortúzar y Willumsen, 2001). A continuación, se indican las características principales de las encuesta de preferencias declaradas:

- Permite obtener información del comportamiento de los usuarios ante situaciones hipotéticas.

- Las alternativas se presentan caracterizadas por diferentes variables como tiempo de viaje, tarifa, calidad del viaje, etc.
- Permiten la creación de escenarios hipotéticos y analizar la afección de cada atributo empelando técnicas de diseño experimentales.
- Las alternativas hipotéticas deben ser razonables y realistas.

En la Figura 3 se presenta el proceso para llevar a cabo la toma de datos mediante encuestas de preferencias declaradas y la preparación de dichos datos para su posterior modelización. Inicialmente, se determinan los objetivos que se persiguen con el diseño, desarrollo y explotación de la encuesta (Ortúzar y Willumsen, 2001). Posteriormente, el estudio del estado del arte permite conocer investigaciones similares y los resultados obtenidos.

Figura 3. Resumen del proceso de diseño y realización de la Encuesta de Preferencias Declaradas y su modelización



Fuente: Elaboración propia

A partir del trabajo previo es posible el diseño de la encuesta, este diseño sirve de base para la realización de los Grupo Focales apropiados para la investigación a realizar (Ortúzar y Willumsen, 2001). De forma iterativa, a partir de los datos obtenidos en los

Grupos Focales se evaluará el diseño preliminar para que se adapta a las características del estudio a llevar a cabo. Los Grupos Focales son una de las principales herramientas de tipo cualitativo utilizadas en la investigación social y en los procesos de participación ciudadana (Fern, 2001; Patton, 2002).

En base a los resultados obtenidos en los grupos focales es posible el diseño de la encuesta piloto. La encuesta piloto se realiza sobre una pequeña muestra de la población con el objetivo de comprobar la bondad del diseño (Ortúzar y Willumsen, 2001). Además, en el caso de desarrollar diseños eficientes (D-Efficient), permite obtener datos base para las variables del diseño.

Después de realizar la encuesta piloto es posible llevar a cabo el diseño definitivo de la encuesta. La encuesta definitiva parte de la optimización de la encuesta piloto y del experimento diseñado.

#### **4.2.1 Diseño del experimento de elección**

Se ha explicado el proceso para el diseño de la encuesta de preferencias declaradas, sin embargo, este tipo de encuesta necesita la estimación de los escenarios a analizar mediante el diseño de experimentos específicos (Ortúzar y Willumsen, 2001). El primer paso es definir las alternativas que formarán parte de la encuesta y determinar las características de dichas alternativas (Ortúzar y Willumsen, 2001):

- Niveles de variación de los atributos que componen cada alternativa.
- Diseño de la presentación de estas alternativas.
- Especificación de las respuestas que se obtendrán de los encuestados.

El número de atributos,  $a$ , y el número de niveles que cada uno puede tomar,  $n$ , determinan un diseño factorial con  $n^a$  escenarios posibles (Louviere et al., 2000). Kocur *et al.* (1982) expone una tabla que permite determinar el número de elecciones hipotéticas necesarias para comprobar los diseños.

#### 4.2.2 Procedimiento de diseño eficiente de la encuesta aplicado

El diseño aplicado en el desarrollo de la presente investigación ha sido el de minimización del error de la eficiencia. El objetivo de este experimento es buscar el diseño con menor D-error, el cual, se conoce como D-optimó. Sin embargo, la determinación del diseño con el menor D-error presenta importantes dificultades, por lo que se llama D-efficient al diseño con menor D-error de los diseños propuestos. En la presente tesis, el tipo de diseño D-error aplicado es el de los “priors”, donde se conocen los parámetros a priori y se asume que son correctos.

$$D_p - error(p \text{ de priors}): D_p - error = \det \left( \Omega_1 \left( X, \tilde{\theta} \right) \right)^{\frac{1}{H}} \quad (21)$$

Donde:

$H$  indica los parámetros considerados en el diseño.

Como se ha indicado anteriormente, el proceso de encuesta piloto permite determinar los valores “prior” más ajustados a las características de los usuarios. Por otro lado, como especifica Bliemer y Rose (2005a) proponen otra medida de eficiencia que se basa en el tamaño de la muestra requerida para que todos los parámetros tengan significancia estadística. Si la hipótesis nula es que  $\theta_k = 0$  para un cierto parámetro, entonces la hipótesis se rechaza si:

$$\frac{\theta_k}{se_{N,k}(X, \theta)} \geq t_\alpha \quad (22)$$

Donde:

- $t_\alpha$  es el  $t$ -valor correspondiente al  $(1-\alpha)$ .

Asumiendo que los parámetros a priori están bien estimados y que todos los individuos tienen disponibles las mismas situaciones de elección, la ecuación anterior pasaría a ser:

---

$$N \geq \frac{se_{N,k} \left( X, \tilde{\theta} \right) \cdot t_{\alpha}}{\tilde{\theta}_k} \quad (23)$$

Por lo tanto, la ecuación anterior será un límite inferior para el parámetro estimado,  $\tilde{\theta}_k$ . Claramente los diferentes parámetros estimados tendrán diferentes tamaños muestrales. En el caso en que se desea encontrar un tamaño muestral para todos los parámetros, éste será determinado por el parámetro con una mayor desviación estándar.

### 4.3 Metodología seguida para la modelización de los datos

A continuación, se presenta la metodología a desarrollar para estimar modelos de elección discreta partir de los datos de preferencias reveladas y declaradas. La estimación del modelo que mejor se adapte a las características comportamentales de los usuarios se debe realizar bajo las siguientes consideraciones (Ortúzar y Willumsen, 2001):

- Seleccionar la estructura que mejor se adapte a los resultados de la encuesta (logit multinomial, logit jerárquico, logit mixto, etc.).
- Analizar las variables explicativas que se van a incluir.
- Analizar la distribución que mejor se adapta a las variables (linealmente, no lineal).
- Determinar el contexto de elección del individuo (alternativas disponibles).

En la literatura internación se han presentado diferentes métodos para solventar los problemas que se pueden originar en la determinación de esta forma. Lerman y Louviere, (1978) desarrollaron un análisis conjunto de experimentos reales y de gabinete para determinar la forma funcional que mejor se adaptaba a las características de la elección. Por otro lado, Gaudry y Wills, (1978) emplearon métodos de transformación estadística, como la metodología de Box-Cox. Finalmente, varios autores (Train y McFadden, 1978; Jara-Díaz y Farah, 1987) han desarrollado el enfoque más utilizado, el cual, emplea la

---

teoría de modelos econométricos para determinar la forma funcional. Además, este método permite evaluar los beneficios de las políticas propuestas en los usuarios.

#### 4.3.1 Estimación de modelos empleando muestras de datos aleatorias

A continuación, se presenta el procedimiento llevado a cabo para estimar los modelos de elección discreta a partir del tercer método indicado en el epígrafe anterior, es decir, a partir de los modelos econométricos.

La estimación de los valores  $\theta_k$  de las funciones de utilidad del modelo se estiman empleando el método de la máxima verosimilitud (ML - Maximun Likelihood). Este método está basado en la premisa de que, aunque la muestra puede ser obtenida de varias poblaciones, una muestra concreta presenta una probabilidad mayor de haber sido determinada empleando una población definida previamente (Ortúzar y Willumsen, 2001).

Se considera una muestra con n observaciones de una determinada variable  $Z=\{Z_1,\dots,Z_n\}$  de una determinada población que se caracteriza por su parámetro  $\theta$  (media, varianza, etc.). La variable  $Z$  es una variable aleatoria, por lo tanto, dicha variable tiene asociada una función de densidad  $f(Z,\theta)$  dependiente de los valores que toma el parámetro  $\theta$ . Considerando los valores de la muestra como independientes, la función de densidad queda de la siguiente forma:

$$f(Z_1,Z_2,\dots,Z_n/\theta) = f(Z_1/\theta) \cdot f(Z_2/\theta) \dots f(Z_n/\theta) \quad (24)$$

Para interpretar estadísticamente la función,  $Z$  se interpreta como variable y el parámetro  $\theta$  como fijo. Si se invierte el proceso, a partir de la ecuación anterior es posible se puede determinar una función de verosimilitud  $L(\theta)$ . Si se maximiza la función de verosimilitud respecto a  $\theta$  el resultado se denomina estimador de máxima verosimilitud ya que se corresponde con el valor del parámetro que tiene la probabilidad mayor de haber generado la muestra observada (Ortúzar y Willumsen, 2001).

Partiendo de la suposición de una muestra de  $Q$  usuarios en los que se analiza su elección diatópica (0 o 1) y los valores  $\mathcal{X}_{jkq}$  para las alternativa que tienen disponibles; considerando que las observaciones son independientes, la función de verosimilitud está determinada por el producto de las probabilidades de que cada individuo elija la opción que seleccionó (Ortúzar y Willumsen, 2001), quedando la variable de la siguiente forma (Ortúzar y Willumsen, 2001):

$$\mathbf{g}_{jq} = \begin{cases} \mathbf{1} & \text{si } q \text{ elige } A_j \\ \mathbf{0} & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (25)$$

Luego, la función de verosimilitud resulta:

$$L(\theta) = \prod_{q=1}^Q \prod_{A_j \in A(q)} (P_{jq})^{g_{jq}} \quad (26)$$

La maximización de la función se realiza mediante derivadas parciales respecto de  $\theta$  e igualando a cero. Como en otros casos, se maximiza la función  $l(\theta)$  que es el logaritmo de  $L(\theta)$ , más manejable y que conduce al mismo óptimo (Ortúzar, 1982):

$$l(\theta) = \log L(\theta) = \sum_{q=1}^Q \sum_{A_j \in A(q)} g_{jq} \cdot \log(P_{jq}) \quad (27)$$

A partir de la maximización de  $l(\theta)$  se determina el conjunto de parámetros  $\theta^*$  con una distribución  $\mathcal{N}(\theta, \mathcal{S}^2)$  Donde  $\mathcal{S}^2$ :

$$\mathcal{S}^2 = \frac{-1}{E\left(\frac{\partial^2 \cdot l(\theta)}{\partial \cdot \theta^2}\right)} \quad (28)$$

La función LR= $-2l(\theta)$  presenta una distribución asintótica  $\chi^2$  con  $Q$  grados de libertad (Ben Akiva y Lerman, 1985), lo cual, indica que el sesgo de  $\theta^*$  se reduce con muestras de mayor tamaño. Además, esta función permite evaluar el rendimiento de un modelo frente a otros modelos.

Para la evaluación de los resultados obtenidos en los modelos se emplean diferentes test estadísticos que permiten evaluar el rendimiento de unos modelos frente a otros. A continuación, se muestran los métodos más conocidos:

---

- Test-t de significancia de componentes  $\theta_k^*$  de  $\theta$ :

El parámetro  $\theta_k^*$  presenta una varianza de  $S_{kk}^2$ , donde  $S^2 = \{S_{kk}^2\}$ . Si su media  $\theta_k = 0$ , entonces:

$$t = \frac{\theta_k^*}{S_{kk}^2} \quad (29)$$

Valores suficientemente grandes de  $t$  (mayores de 1,96 para niveles de confianza del 95%), llevan a rechazar la hipótesis nula  $\theta_k = 0$  y, por tanto, a aceptar que el atributo k-ésimo tiene un efecto significativo (Ortúzar y Willumsen, 2001).

- Test de razón de verosimilitud

En primer lugar, se lleva a cabo la estimación del modelo para el caso más general, obteniéndose los  $\theta^*$  y el logaritmo de la verosimilitud  $l^*(\theta)$  para dicho modelo. Después se vuelve a estimar el modelo con un determinado número de restricciones  $r$ . Para llevar a cabo el análisis es necesario que los modelos sean uno la versión restringida del otro.

$$LR = -2 \{l(\theta_r) - l^*(\theta_r)\} \quad (30)$$

#### 4.3.2 Modelización con datos de preferencias declaradas

Los datos procedentes de encuestas de preferencias declaradas presentan características específicas que permiten desarrollar métodos de análisis específicos. La más importante es el hecho de que cada usuario contribuye con más de una observación a partir de las múltiples contestaciones (Ortúzar y Willumsen, 2001). Existen tres tipos principales de respuesta:

- Basadas en puntuaciones

Los encuestados puntúan cada alternativa con una valoración, obteniéndose valoraciones de los individuos para cada una de las alternativas. Sin embargo, este tipo de proceso de toma de datos ha sido evaluado como débil debido a la dificultad de extrapolar las contestaciones de los usuarios a valoraciones algebraicas.

- Métodos de ranking
-

Se basa en que los encuestados ordenen las alternativas en base a su orden lógico de preferencia o elección. Por lo tanto, el usuario ordena N alternativas en función de la utilidad que dichas alternativas le generan.

$$U(r_1) \geq U(r_2) \geq \dots \geq U(r_n) \quad (31)$$

- Métodos de elección de alternativas

Este método consiste en que cada usuario elige entre dos o varias alternativas en cada proceso de elección. Por lo tanto, en cada elección el usuario elige únicamente una alternativa sobre el resto de las presentadas.

Este método se ha empleado de diversas formas a lo largo de las investigaciones, pudiéndose presentar todas las alternativas al usuario en una única elección; o, como es el caso de la tesis desarrollada, de forma secuencial presentando los escenarios de dos en dos para que el individuo realice varias contestaciones. Esta variante del proceso permite obtener más información de las contestaciones del usuario.

#### **4.4 Cálculo de la elasticidad de la demanda**

Una vez que se ha desarrollado el modelo definitivo, el analista ya puede comenzar con el análisis de las políticas, que normalmente agrupa tres etapas:

- FASE I: Definición del caso de estudio (caso base) y calibración del modelo (en base a datos de preferencias declaradas)
- FASE II: Cálculo de los factores asociados a los atributos del modelo que permiten obtener información acerca del comportamiento esperado (por ejemplo, las elasticidades)
- FASE III: Análisis del comportamiento del mercado (caso de estudio) ante ciertas políticas diseñadas (cambios múltiples simultáneos de ciertos atributos). Estas políticas deberían tratar los problemas que motivaron el estudio.

Es importante conocer la cuota de mercado de cada alternativa en el caso de estudio (por ejemplo, el reparto modal). Ya que los datos obtenidos con encuestas de preferencias

---

declaradas no hacen (y normalmente, no pueden) reflejar la cuota total del mercado existente (el caso de estudio). Para obtener las cuotas de mercado de debe trabajar con datos de preferencias reveladas. A partir de ahí se conocerán los resultados de implantar las políticas diseñadas (a partir de datos de preferencias declaradas) en la situación actual.

Antes de simular distintas políticas de actuación o escenarios futuros complejos que requieran múltiples (y simultáneos) cambios de distintos atributos, el analista debiera conocer cómo cada atributo del modelo afecta a la elección, si permanecieran el resto de los atributos constantes. Existen diferentes factores para realizar esta tarea, como, por ejemplo, la elasticidad de la demanda.

La elasticidad de la demanda se puede definir como la unidad de medida que describe la relación entre el porcentaje de cambio de una variable (por ejemplo, un atributo de una alternativa) y el cambio porcentual en la cantidad demandada (de una alternativa). Es decir, cambio porcentual que experimenta la variable dependiente,  $y$ , con respecto a un cambio porcentual dado en la variable independiente correspondiente,  $x$ .

El porcentaje de cambio en la cantidad demandada no tiene porqué ser estudiado respecto de la alternativa a la que el atributo que cambia pertenece, puede estudiarse también qué ocurre en el resto de las alternativas que son competencia de la alternativa a la que pertenece dicho atributo.

Según Louviere et al., (2000), la elasticidad directa y la elasticidad cruzada pueden ser definidas como:

- La elasticidad directa mide el porcentaje de cambio en la probabilidad de escoger una alternativa concreta con respecto a un determinado porcentaje de cambio en un atributo de la misma alternativa.
- La elasticidad cruzada mide la variación porcentual en la probabilidad de escoger una alternativa concreta con respecto a un determinado porcentaje de cambio en un atributo de otra alternativa distinta.

Existen diferentes métodos a la hora de estimar la Elasticidad, tanto directa como cruzada. Los dos métodos son el de la Elasticidad Puntual y el de la Elasticidad Arco.

La Elasticidad Puntual de la demanda se llama así porque, estrictamente, sólo es válida en el punto de la demanda en el que es estimada.

La elasticidad puntual directa, para un modelo MNL es:

$$E_{x_{ikq}}^{P_{iq}} = \frac{\partial P_{iq}}{\partial X_{ikq}} \cdot \frac{X_{ikq}}{P_{iq}} \quad (32)$$

Esa ecuación es interpretada como la elasticidad de la probabilidad de la alternativa  $i$  para el individuo  $q$  que responde a un cambio marginal en el atributo  $k$  de la alternativa  $i$ . Como muestran Louviere et al. (2000), la elasticidad puntual directa puede simplificarse, en un modelo MNL para cada observación, como:

$$E_{x_{ikq}}^{P_{iq}} = -\beta_{ik} X_{ikq} (1 - P_{iq}) \quad (33)$$

Y la elasticidad puntual cruzada:

$$E_{x_{jkq}}^{P_{iq}} = -\beta_{jk} X_{jkq} P_{jq} \quad (34)$$

La elasticidad directa representa el cambio porcentual de la probabilidad de elección de una alternativa  $i$  dado un 1% de cambio en  $X_{ik}$ . Las elasticidades cruzadas se interpretan como el cambio porcentual de la probabilidad de selección de una alternativa  $j$  dado un 1% de cambio en  $X_{ik}$ .

Si el porcentaje de cambio en la probabilidad ya sea para la elasticidad directa o la elasticidad cruzada, es superior a 1, entonces la elasticidad sería *relativamente elástica*.

Si el porcentaje de cambio en la probabilidad ya sea para la elasticidad directa o la elasticidad cruzada, es inferior a 1, entonces la elasticidad sería *relativamente inelástica*.

Si se obtiene un cambio en la probabilidad de selección del 1%, dado un cambio en  $X_{ik}$  del 1%, entonces la elasticidad es describe como *unidad de elasticidad*.

La Elasticidad Arco representa a la elasticidad media en un determinado rango (es lo mismo que la elasticidad puntual, sólo que con la elasticidad arco se utilizan diferencias

---

finitas). El cálculo de la elasticidad arco se realiza utilizando una media de antes, o después, del cambio del valor:

$$E_{x_{ikq}}^{P_{iq}} = \frac{\partial P_{iq}}{\partial X_{ikq}} \cdot \frac{\bar{X}_{ikq}}{\bar{P}_{iq}} \quad (35)$$

Es necesario tener en cuenta que la elasticidad arco se sitúa en algún lugar entre las elasticidades directas calculadas antes y después de realizar los cambios en los valores, pero no necesariamente a mitad de camino entre ambas.

---

## Capítulo 5

# Aplicación práctica al caso de estudio de la ciudad de Santander

En este capítulo se aplica la metodología indicada y se exponen los resultados obtenidos para el caso de estudio de Santander. En primer lugar, se explican las principales características de la ciudad de Santander, así como de las distintas alternativas de estacionamiento que la ciudad tiene disponibles en la actualidad y las previsiones de nuevas alternativas a desarrollar.

Posteriormente se continuará con la exposición de la metodología desarrollada para el diseño del experimento de preferencias declaradas aplicado al estacionamiento, el análisis de los datos obtenidos y la caracterización de los usuarios de estacionamiento urbano y el desarrollo de los distintos modelos a partir de estos datos.

Después, se procederá a la exposición de la metodología desarrollada para la captación de datos de estacionamiento a partir de encuestas de preferencias reveladas. Se expondrán los análisis desarrollados para obtener el contexto de elección que tienen los usuarios a la hora de elegir tanto la alternativa como la zona de estacionamiento y, al igual que en el

caso anterior, se expondrán los modelos de elección discreta desarrollados a partir de esta información.

Finalmente, se expondrán las principales evidencias obtenidas de los modelos desarrollados con ambas metodologías y las políticas de actuación en los estacionamientos urbanos que se pueden obtener a partir de los modelos.

## **5.1 Características de la ciudad de Santander (España)**

La aplicación práctica de la investigación está centrada en el sistema de estacionamiento de la ciudad de Santander. A continuación, se plantean las principales características de la ciudad de Santander en cuanto a la movilidad en general y al estacionamiento urbano en particular.

### **5.1.1. Situación y emplazamiento**

Santander es la capital de la Comunidad Autónoma de Cantabria, localizada en el norte de España. Santander es una ciudad de tamaño medio, con aproximadamente una extensión de 36 km<sup>2</sup>. Limita al norte con el Mar Cantábrico y su disposición está orientada hacia este Mar en todo su desarrollo.

El relieve en la ciudad es muy heterogéneo. En el área central de la ciudad, donde se centra la actividad económica y las principales áreas de estacionamiento regulado de la ciudad, la ciudad presenta un relieve eminentemente llano con ausencia de elevaciones. Sin embargo, a medida que crece la distancia de esta zona aparecen sucesivas zonas con elevaciones y depresiones paralelas dentro de la ciudad. Estas elevaciones y depresiones se desarrollan de forma paralela en dirección noreste – suroeste. Por lo tanto, la movilidad, tanto a pie, como en transporte público y en vehículo privado está condicionada por esta topografía.

### **5.1.2. Población**

En cuanto a la población, la ciudad de Santander se encuadra en las ciudades de tamaño medio del país, contando con una población de alrededor 170.000 habitantes. La

---

distribución de la población a lo largo de la ciudad es bastante desigual, en parte influenciada por la topografía de la ciudad. Las zonas donde se concentra la mayor parte de la coinciden con la zona central de la ciudad y, como se ha indicado anteriormente, donde se encuentra la mayor parte del estacionamiento regulado de la ciudad.

### **5.1.3. Estacionamientos urbanos**

El estacionamiento en la ciudad de Santander actualmente está compuesto por tres alternativas: estacionamiento gratuito en la calle (FOSP), estacionamiento de pago en la calle (POSP) y estacionamiento de pago subterráneo (PUP). A continuación, se detallan las principales características de cada alternativa y el área de la ciudad en el que se encuentra cada alternativa de estacionamiento existente.

#### **5.1.3.1. Estacionamiento gratuito en la calle (FOSP)**

Es la alternativa de estacionamiento con una mayor dotación de plazas en la ciudad. Es la alternativa más empleada en las zonas periféricas y en los barrios residenciales de la ciudad donde la actividad comercial es escasa (Figura 4). Es una alternativa que, salvo casos de estacionamientos aislados, no está presente en la zona centro de la ciudad donde existe la regulación mediante tarifas del estacionamiento.

Su actual ubicación franqueando las zonas de estacionamiento regulado, genera una importante afluencia de vehículos a las zonas de estacionamiento gratuito que se encuentran limítrofes con las zonas de estacionamiento regulado (POSP), provocando el aumento de los tiempos de búsqueda de estacionamiento y, por lo tanto, la congestión en dichas zonas.

Figura 4. Áreas de la ciudad con estacionamiento gratuito en la calle (FOSP)



Fuente: Elaboración propia

### 5.1.3.2. Estacionamiento de pago en la calle (POSP)

La alternativa de estacionamiento de pago está presente en la zona central de la ciudad y en los barrios más próximos y con mejor comunicación con este. Presenta una tarifa de 1,1 euros (€) la hora hasta un máximo de dos horas de estacionamiento en la misma calle. El horario de funcionamiento es de 10:00 a 14:00 y de 16:00 a 20:00 de lunes a viernes y de 10:00 a 14:00 el sábado. Actualmente existen un total de 14 zonas de estacionamiento regulado de pago con una oferta total de 6934 plazas de estacionamiento. En la Tabla 2 se indica el número de plazas de estacionamiento existentes en cada zona, en total se observa que en la ciudad existen aproximadamente 7000 plazas de estacionamiento.

Tabla 2. Plazas de estacionamiento en cada zona de estacionamiento regulado

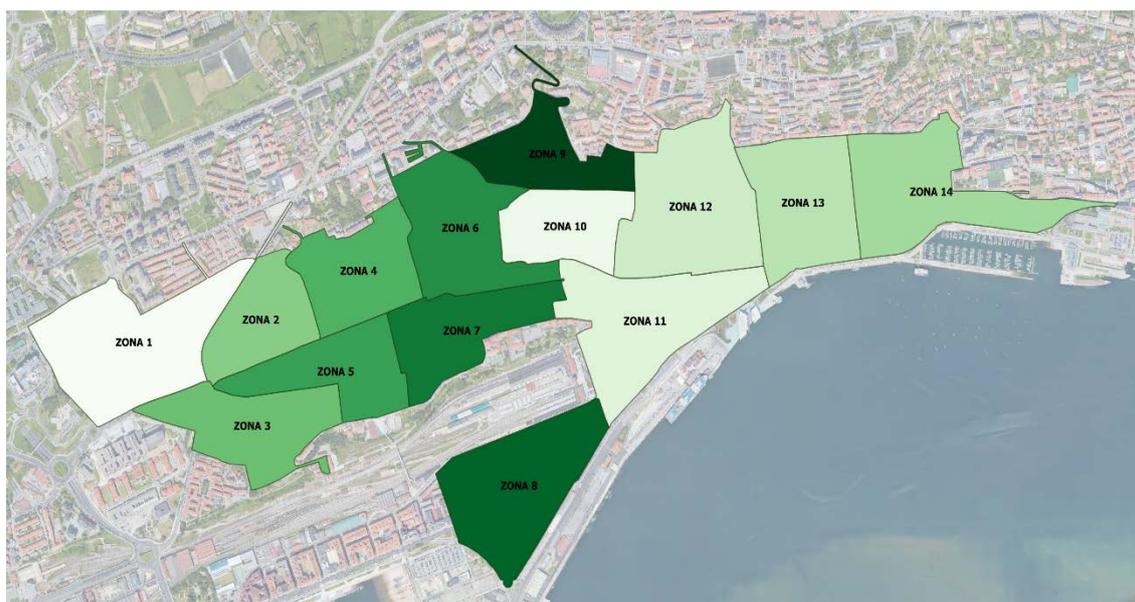
Zona	Plazas de estacionamiento
Zona 1	554
Zona 2	297
Zona 3	635
Zona 4	428

Zona	Plazas de estacionamiento
Zona 5	557
Zona 6	391
Zona 7	531
Zona 8	934
Zona 9	729
Zona 10	321
Zona 11	313
Zona 12	403
Zona 13	303
Zona 14	542

Fuente: Elaboración propia

La Figura 5 muestra las 14 zonas de estacionamiento de pago en la calle existentes en la ciudad de Santander. En dicha figura se observa que las zonas se corresponden con el centro de la ciudad, donde se encuentran los principales focos económicos y laborales.

Figura 5. Zonas de estacionamiento de pago en la calle de en la ciudad (POSP)



Fuente: Elaboración propia

### 5.1.3.3. Estacionamiento de pago subterráneo (PUP)

El estacionamiento de pago subterráneo se encuentra en su gran mayoría en la zona central de la ciudad, coincidente con las zonas de estacionamiento de pago en la calle donde existe una mayor demanda de estacionamiento de corta duración. Actualmente la ciudad cuenta con un total de 11 aparcamientos subterráneos que ofertan 4486 plazas. Las tarifas en todos los casos están cercanas a los 1.5 € la hora.

La Figura 6 muestra las zonas en las que se ubica cada uno de los estacionamientos, se puede apreciar que existe una importante coincidencia entre la ubicación de las zonas de POSP y los estacionamientos de PUP.

Figura 6. Ubicación de los estacionamientos de pago subterráneo de la ciudad (PUP)



Fuente: Elaboración propia

#### **5.1.4. Caracterización de los usuarios de estacionamientos urbanos. Grupos Focales**

La caracterización de los usuarios de los estacionamientos urbanos se llevó a cabo mediante el desarrollo de un Grupo Focal específico para el análisis de las diferencias alternativas de estacionamiento existentes en la ciudad. En la Tabla 3 se muestra las características de los usuarios invitados a la participación en el Grupo Focal desarrollado específicamente para analizar el uso de las distintas alternativas de estacionamiento existentes en la ciudad de Santander.

Tabla 3. Composición del Grupo Focal desarrollado

SEXO	EDAD	RESIDENCIA	USO DE VEHÍCULO	APARCAMIENTO EN DOMICILIO
Hombre	33	Santander	2 o 3 veces a la semana	Tarjeta de zona de aparcamiento de pago en la calle
Hombre	40	Fuera de Santander	Diario	Garaje en vivienda
Mujer	43	Fuera de Santander	3 o 4 veces a la semana	Garaje en vivienda
Hombre	40	Fuera de Santander	2 o 3 veces a la semana	Aparcamiento gratuito en la calle
Hombre	45	Santander	Diario	Garaje en vivienda
Mujer	35	Santander	Diario	Tarjeta de zona de aparcamiento de pago en la calle
Hombre	28	Santander	Diario	Garaje en vivienda

Fuente: Elaboración propia

A continuación, la Tabla 4 muestra las principales problemáticas y soluciones detectadas en el Grupo Focal sobre las tres alternativas de estacionamiento existentes en la ciudad de Santander.

Tabla 4. Problemáticas detectadas y soluciones propuestas por los usuarios en los Grupos Focales de Estacionamiento de la ciudad de Santander.

PROBLEMÁTICAS Y SOLUCIONES DE LOS ESTACIONAMIENTOS URBANOS	
PROBLEMÁTICAS DETECTADAS	SOLUCIONES APORTADAS POR LOS PARTICIPANTES
Tarifas elevadas para estacionamientos subterráneos	Adecuación a cada zona del precio del cada estacionamiento
Falta de estacionamiento en el centro de la ciudad en relación con el volumen de coches que entra, centro urbano masificado de vehículos.	Aumentar las zonas OLA y hacerlas extensibles a toda la ciudad
Inexistencia de estacionamientos disuasorios reales	Creación de parkings disuasorios en puntos estratégicos de la ciudad
Muchos coches aparcados en doble fila	Vigilar este aspecto (horas de entrada y salida colegios, etc.)
Efecto fronterero en las zonas limítrofes de la POSP	Aumentar la superficie de POSP con la creación de nuevas zonas POSP
Rotación de las zonas POSP	Crear zonas especiales de menor rotación donde se pueda aparcar un vehículo durante todo el tiempo.
Muchas calles peatonales	Dar soluciones antes de peatonalizar
Inexistencia de estacionamiento público gratuito	Reducir los precios de aquellos aparcamientos que se encuentran vacíos y en desuso/ Planificación

---

	global de la ciudad en cuanto a la creación de zonas amplias de estacionamiento colectivo.
Tiempos mínimos de estancia en estacionamientos subterráneos	Igualar un poco más el precio del estacionamiento al de POSP y no poner un tiempo mínimo de estancia.
Centralización de servicios administrativos públicos lo que provoca la afluencia masiva de coches al centro de la ciudad	Descentralización de actividades
Inexistencia de buenas alternativas al uso del vehículo privado	Mejorar el transporte público interurbano y las comunicaciones con las zonas periféricas.

---

Fuente: Elaboración propia

El desarrollo del Grupo Focal, con la orientación específica a los temas más relevantes del estacionamiento urbano ha permitido la evaluación del estado actual del estacionamiento y obtener conclusiones acerca del uso y la valoración real de los usuarios.

- Los residentes de la zona POSP de Santander prácticamente solo utilizan su vehículo privado para viajes fuera de la ciudad, bien sea por motivo de trabajo, ocio, compras, etc.
- Cuando los residentes de la zona POSP ocasionalmente se mueven en su vehículo privado hacia el centro de la ciudad aparcan en estacionamiento subterráneo normalmente.
- Las personas no son residentes y que se desplazan a Santander suelen aparcar en la ciudad a pesar de las problemáticas existentes de no encontrar otro modo alternativo de transporte para llegar a la capital.
- Los residentes de fuera de Santander prefieren de primeras intentar aparcar cercanos al destino final en vez de en un estacionamiento disuasorio a las afueras de la ciudad, a pesar de que inicialmente les parezca buena idea. En muchas ocasiones depende de la hora del día intentan aparcar más cerca o más lejos de su destino final en el centro de la ciudad.
- Otra tipología de no residente en Santander utilizaría un estacionamiento disuasorio en caso de que existiese.
- Los residentes fuera de Santander tras intentar aparcar cerca del destino final y no lograrlo siguen las diferentes pautas:

- Algunas personas deciden aparcar tras este intento fallido en un aparcamiento subterráneo.
- Otras se niegan a pagar y deciden intentarlo en una zona alejada y después acceder a pie o en bus a su destino final.
- Para los residentes que no viven en zona POSP, pero si son residentes de Santander, y disponen de altos ingresos, estos directamente van a un estacionamiento subterráneo siempre de primeras cuando deciden ir al centro (1 persona del grupo focal).
- Otras personas organizan su viaje en base a la rapidez de estacionamiento, por lo cual lo hacen sobre la marcha sin premeditación previa, intentando de primeras buscar plazas libres de pasada, y sino utilizando estacionamiento u POSP indistintamente.
- Tiempos máximos tolerados de estacionamiento desde que se llega a la zona de destino hasta el momento del estacionamiento:
  - Depende del motivo de viaje.
  - Depende de la obligatoriedad del viaje realizado.
  - Depende de si se trata de un viaje de retorno al hogar o no.

En cuanto a la valoración del Sistema POSP en Santander, cabe destacar:

- La mayoría de los residentes de zona POSP valoran de manera positiva este sistema e incluso sugieren más ampliaciones. Todos los integrantes del grupo focal (residentes y no residentes) admiten que el sistema de regulación de estacionamiento en base a zona azul es beneficioso para la ciudad.
- Sin embargo, en los casos en los que las zonas POSP no se encuentran bien diseñadas o no dan un servicio adecuado para todos los residentes, la opinión de la gente varía, pensándose que este sistema está mal diseñado y tiene un objetivo puramente recaudatorio. Esta situación se traduce en que ciertas zonas POSP no disponen de suficientes plazas de estacionamiento para los propios residentes.

- Existen ciertas zonas que no están claras en cuanto a sus límites. En ocasiones un lado de la calle pertenece a una zona y otro lado a otra y también existen zonas o límites entre tres zonas diferentes lo cual genera un caos en cuanto a donde se puede o no se puede aparcar.
- Elevadas tarifas del sistema POSP para no residentes y óptimas tarifas para residentes.
- La limitación horaria y el sistema rotatorio de la POSP supone un problema para la utilización por parte de los no residentes.
- Descentralización de las actividades administrativas trasladándolas a la periferia de la ciudad. Existen discrepancias entre los integrantes del grupo focal, aproximadamente la mitad opinan que sería buena estrategia para liberar el centro de la ciudad de tráfico y la otra mitad opinan que no es la solución adecuada.
- Se sugiere dar una mejor información y más clara a los usuarios/no usuarios acerca del sistema tarifario actual de los parkings en la ciudad de Santander.
- Ausencia de una oferta eficiente de transporte público que cubra las necesidades (falta horarios, escasa frecuencia, desconexión, falta de recorridos, tiempos de espera, etc.) de la población para efectuar un paso del coche al bus en sus desplazamientos cotidianos. Mucha gente dice verse obligada a utilizar el coche por no disponer de otras alternativas de transporte eficientes para realizar su viaje. Además, esta situación se agrava por el hecho de que existe desconocimiento acerca del funcionamiento del transporte público en la ciudad por parte de los usuarios habituales de vehículo privado.

En cuanto a las problemáticas detectas en el sistema de estacionamiento de la ciudad cabe destacar:

- El diseño y la planificación de Santander no se ha venido adaptando correctamente a las modificaciones que ha sufrido la sociedad en cuanto a su

sistema de movilidad, habiéndose producido un claro incremento de la flota de vehículos.

- Excesivo uso del vehículo privado frente a otros medios de transporte por la percepción del usuario de que ir en su coche es mucho más cómodo y le da más libertad en los desplazamientos (existen diversidad de opiniones al respecto)
- Problemáticas generadas por las personas que vienen de fuera de Santander que quitan plazas de estacionamiento a los residentes (zona Marqués de la Hermita-Barrio Pesquero).
- Determinadas horas conflictivas donde los residentes no encuentran estacionamiento en su propia zona POSP.
- Inexistencia de estacionamientos disuasorios para las personas que no son residentes en la ciudad pero que acuden a aparcar de manera habitual.
- Estacionalidad de los estacionamientos considerados como disuasorios en la ciudad.
- Mala gestión para el uso eficiente de los parkings subterráneos de reciente construcción.
- Elevadas tarifas de los estacionamientos subterráneos que imposibilitan que haya personas que se no se planteen aparcar en ellos.
- Confusión acerca del sistema tarifario de los parkings subterráneos. Muchos de los integrantes tienen un completo desconocimiento acerca del sistema tarifario y su funcionamiento en los parkings subterráneos. Esto genera que tengan una apreciación muy superior a lo que realmente es la tarifa real.
- El sistema rotatorio de la POSP supone un problema para los no residentes.
- Excesivas peatonalizaciones en el centro de la ciudad que provocan que cada vez se reduzcan más el número de plazas de estacionamiento para los propios residentes. Existen discrepancias al respecto y diversos puntos de vista.
- Efecto frontera en las zonas de libre estacionamiento derivado de su cercanía a las zonas POSP.

## **5.2 Aplicación de metodologías basadas en datos obtenidos con encuestas de Preferencias Declaradas**

Las encuestas de preferencias declaradas se han empleado para conocer el comportamiento de los usuarios de los estacionamientos urbanos ante posibles modificaciones en estos o ante la aparición de nuevas alternativas de estacionamiento. Por lo tanto, mediante esta metodología se pretende obtener lo que los usuarios esperan de las distintas alternativas de estacionamiento a cambio de distintas variables como el coste o el tiempo de búsqueda.

Además, con el fin de obtener más información acerca del comportamiento, a los conductores que realizaban un viaje desde un origen externo a la ciudad y cuya residencia se encontraba fuera de la ciudad se les encuestó sobre alternativas no existentes actualmente (Park&Ride). Mediante esto, se pretende obtener información del comportamiento del usuario frente a una importante alternativa de estacionamiento sin perder la relación con el resto de las alternativas existentes en la ciudad.

Por lo tanto, mediante las encuestas de preferencias declaradas se pretende obtener una relación entre el comportamiento de los usuarios y las variables que componen las diferentes alternativas de estacionamiento, determinando, en cada alternativa, el peso de cada variable en la elección de estacionamiento por parte de los conductores. Estas determinaciones permitirán desarrollar políticas enfocadas tanto a mejorar la movilidad en la ciudad mediante la gestión eficiente del estacionamiento como a implementar nuevas alternativas de estacionamiento más respetuosas con el medio ambiente y con la movilidad urbana.

Los resultados que se presentan en este epígrafe han sido objeto de comunicación científica durante el desarrollo de la presente tesis doctoral, tanto en artículos publicados en revistas internacionales (Antolín et al., 2018, Antolín et al., 2016a) como en ponencias presentadas en congresos científicos (Antolín et al., 2016b, Antolín et al., 2015).

### 5.2.1 Metodología de recolección de datos de Preferencias Declaradas

La encuesta de preferencias declaradas diseñada se ha compuesto de 12 escenarios de elección donde los usuarios elegían de dos en dos alternativas iterativamente basado en las siguientes alternativas de estacionamiento:

- Estacionamiento gratuito en la calle (FOSP).
- Estacionamiento de pago en la calle (POSP).
- Estacionamiento de pago subterráneo (PUP).
- Park&Ride (P&R).

Se impusieron dos restricciones a la encuesta en referencia a algunas de las alternativas de estacionamiento en cada zona. En primer lugar, Park & Ride, actualmente no existe en Santander, sin embargo, se incluyó porque probablemente se presentará en un futuro próximo. La alternativa de P&R se incluyó en la encuesta como solo disponible para los no residentes cuyo viaje comenzó fuera de la ciudad. En segundo lugar, en el caso de la alternativa POSP, inicialmente se preguntó a los conductores si tenían un permiso de residencia en la zona donde estaban estacionando. Si tenían un permiso de residencia, no se les pedía la encuesta porque estaban exentos de las políticas de regulación de estacionamiento.

Cada una de las cuatro alternativas de estacionamiento tenidas en cuenta ha sido definido mediante siete variables específicas al estacionamiento. En primer lugar, se ha realizado un diseño preliminar de la encuesta, en base a los conocimientos adquiridos tras el estudio del estado del arte. A continuación, se detalle el proceso indicado en la metodología para el desarrollo de la encuesta de preferencias declaradas aplicado al caso de estudio de Santander:

- A partir de esta versión preliminar se ha proseguido en el trabajo empleando las evidencias obtenidas en los Grupos Focales. Por lo tanto, las variables de la encuesta piloto se han definido a partir del análisis de los grupos focales llevado a cabo.

- Por lo tanto, la encuesta piloto, se ha definido a partir del estudio del estado del arte y las evidencias obtenidas en los Grupos Focales. Esta encuesta piloto se ha empleado para comprobar la bondad del diseño y para determinar el tamaño muestral definitivo mediante la técnica de diseño eficiente D-Efficient (Rose and Bliemer, 2009).
- A partir de la comprobación de la bondad del diseño de la Encuesta Piloto (sólo ha sido necesario realizar 1) se ha diseñado la Encuesta Definitiva en base a las modificaciones necesarias de la Encuesta Piloto (diseño eficiente).
- Posteriormente, tras el diseño de la encuesta definitiva, se han llevado a cabo las entrevistas a los conductores en los lugares designados a priori. En este caso, se han designado cinco zonas de estacionamiento de la ciudad.
- Después de la recolección de los datos, se ha procedido al análisis de los datos recopilados.
- A partir de los datos recopilados con la encuesta y analizados, se han modelizado mediante dichos datos, obteniendo así el comportamiento de los usuarios ante la elección de estacionamiento en la ciudad de Santander.
- Finalmente, a partir de los modelos obtenidos, se plantean las principales conclusiones y se posibilita el estudio de diferentes políticas de actuación para la gestión de los estacionamientos urbanos y para la implementación de nuevas alternativas.

Como se ha indicado, las siete variables consideradas para la definición de las alternativas tenidas en cuenta en los escenarios se han obtenido a partir del estudio del estado del arte, de los Grupos Focales y de la experiencia previa del grupo de investigación (dell'Olio et al., 2009, Ibeas et al., 2011). Para el diseño, ha sido necesario definir los rangos de variación de cada variable para el experimento diseñado:

- Tarifa del estacionamiento (TAR): precio pagado por el estacionamiento, presente en las alternativas de estacionamiento de pago en la calle, estacionamiento de pago subterráneo y Park&Ride.
-

- Tiempo estacionado (TE): tiempo que el coche está estacionado en el aparcamiento.
- Tiempo hasta el destino (TD): tiempo empleado para viajar desde el lugar de estacionamiento hasta el destino de los conductores.
- Tiempo de búsqueda de estacionamiento (TBU): tiempo empleado para encontrar un lugar para aparcar una vez que el conductor ha llegado a la zona elegida.
- Tiempo máximo permitido de estacionamiento (TMAX): tiempo de estacionamiento máximo permitido, presente en las alternativas de estacionamiento de pago en la calle y Park&Ride.
- Hora de llegada en función del tiempo deseado (EA, LA): variable introducida en el experimento para representar los casos de llegar antes (EA) o llegar tarde (LA).
- Información disponible sobre la alternativa Park&Ride (INFO): variable de información sobre las características de la instalación de Park&Ride, si hay plazas de estacionamiento disponibles (AVAI) o si el estacionamiento está lleno (FULL).

La Tabla 5 muestra cómo las variables utilizadas en la encuesta de Preferencias Declaradas se corresponden con cada una de las alternativas posibles.

Tabla 5. Correspondencias entre las variables de la encuesta y las alternativas en las que aparecen.

Variables	Alternativas en las que aparece cada variable			
	FOSP	POSP	PUP	P&R
<b>TAR</b>		*	*	*
<b>TD</b>	*	*	*	*
<b>TBU</b>	*	*		*
<b>TMAX</b>		*		*
<b>EA, LA</b>	*	*	*	*

Fuente: Elaboración propia

Al tratarse de un diseño dinámico en función de la alternativa que el conductor a elegido en el momento del estacionamiento y de las características de dicha alternativa, el diseño se realizó empleando los mismos niveles de variación para las variables, pero considerando la alternativa tomada como referencia en cada caso.

En primer lugar, se presentan los niveles de variación para las variables de cada alternativa teniendo como referencia las características de estacionamiento gratuito en la calle (FOSP).

Tabla 6. Niveles de variación de las variables tenidos en cuenta en la encuesta PD – Estacionamiento gratuito en la calle (FOSP)

Alternativa	FOSP			
	FOSP	POSP	PUP	P&R
TARIFA (€)	0	1,2 * TE	1,5 * TE	3,00
		0,9 * TE	1,2 * TE	2,50
		0,6 * TE	0,9 * TE	2,00
		0,3 * TE	0,6 * TE	1,50
Tiempo de búsqueda + Tiempo de espera (P&R) (minutos)	TBU	0		0min
		0,25 * TBU		2min
		0,50 * TBU		4min
		TBU		8min
Tiempo hasta el destino (minutos)	TD	0	0	0
		0,25 * TD	0,25 * TD	0,25 * TD
		0,50 * TD	0,50 * TD	0,50 * TD
		TD	TD	TD
Tiempo máximo permitido de estacionamiento (horas)		1h		4h
		2h		8h
		4h		12h
		8h		24h
Información				Plazas Libres. Completo.
		-15		
		-10		
Hora de llegada en comparación con la esperada		0		
		+5		
		+10		
		+15		

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran los niveles de variación para la creación de los escenarios partiendo de las variables de estacionamiento de pago en la calle (Tabla 7).

Tabla 7. Niveles de variación de las variables tenidos en cuenta en la encuesta PD – Estacionamiento de pago en la calle (POSP)

Alternativa	POSP			
	FOSP	POSP	PUP	P&R
TARIFA (€)			1,5 * TE	3,00
		TE * TAR	1,2 * TE	2,50
			0,9 * TE	2,00
			0,6 * TE	1,50
Tiempo de búsqueda + Tiempo de espera (P&R) (minutos)	TBU			0min
	2 * TBU	TBU		2min
	3 * TBU			4min
	4 * TBU			8min
Tiempo hasta el destino (minutos)	TD		0	0
	1,5 * TD	TD	0,50 * TD	0,50 * TD
	2 * TD		TD	TD
	2,5 * TD		1,5 * TD	1,5 * TD
Tiempo máximo permitido de estacionamiento (horas)				4h
				8h
		2h		12h
				24h
Información				Plazas Libres. Completo.
				-15
				-10
Hora de llegada en comparación con la esperada				0
				+5
				+10
				+15
				+15

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, al igual que para las alternativas anteriores, la Tabla 8 presenta los niveles de variación de las variables a partir de las correspondientes a la alternativa de estacionamiento de pago subterráneo.

Tabla 8. Niveles de variación de las variables tenidos en cuenta en la encuesta PD – Estacionamiento de pago subterráneo (PUP)

Alternativa	PUP			
	FOSP	POSP	PUP	P&R
TARIFA (€)		1,2*TE	TAR * TE	3,00

Alternativa	PUP			
	FOSP	POSP	PUP	P&R
		0,9*TE		2,50
		0,6*TE		2,00
		0,3*TE		1,50
Tiempo de búsqueda + Tiempo de espera (P&R) (minutos)	TBU 2 * TBU 3 * TBU 4 * TBU	0 0,25*TBU 0,50*TBU TBU	TBU	0min 2min 4min 8min
Tiempo hasta el destino (minutos)	TD 1,5 * TD 2 * TD 2,5 * TD	0 0,50*TD TD 1,5*TD	TD	0 0,50 * TD TD 1,5 * TD
Tiempo máximo permitido de estacionamiento (horas)		1h 2h 4h 8h		4h 8h 12h 24h
Información				Plazas Libres. Completo.
		-15		
		-10		
Hora de llegada en comparación con la esperada		0		
		+5		
		+10		
		+15		

Fuente: Elaboración propia

Los escenarios de la encuesta han sido estimados de forma diferente en función de la alternativa de estacionamiento elegida en cada caso como pivote para los valores del resto de escenarios. Por lo tanto, como se ha indicado en los niveles de variación, para cada tipo de usuario (usuarios de FOSP, usuarios POSP y usuarios de PUP) se han estimado escenarios diferentes a mostrar en el experimento de preferencias declaradas.

Por lo tanto, a partir de los niveles de variación indicados, se realizaron tres diseños D-Efficient en función de la alternativa pivote en cada caso para obtener la encuesta piloto para la posterior construcción de la encuesta definitiva. Los objetivos principales de esta encuesta piloto fueron los siguientes:

- Analizar el correcto funcionamiento de la aplicación diseñada para la encuesta. Esto fue de gran importancia debido a la necesidad de crear los escenarios basados en las características del viaje realizado por cada usuario.
- Comprobar que la encuesta se diseñó correctamente para cumplir los objetivos de investigación.
- Optimizar los parámetros a priori de la encuesta piloto para obtener parámetros más robustos para el diseño de la encuesta definitiva.

Una vez realizado el diseño piloto, se realizó el diseño definitivo de la encuesta, lo que permitió obtener el tamaño de la muestra a realizar independientemente para cada tipo de usuarios.

En base a la modelización de los datos recopilados con la encuesta piloto, así como de la Matriz de Fisher generada con el Diseño D-Efficient se estima el tamaño muestral mínimo que se debe obtener para garantizar que todos los parámetros sean estadísticamente significativos.

En Blimer y Rose (2009) se explica que para cada una de las variables incluidas en la encuesta existe un límite inferior de observaciones necesarias para obtener valores estimados significativos, pudiendo tener cada variable distintos valores (Bliemer y Rose 2005a, 2009).

$$N > \left( \frac{1,96se\left(\hat{\beta}_k\right)}{\hat{\beta}_k} \right)^2 \quad (36)$$

En la investigación realizada se ha propuesto que  $\hat{\beta}_k$  sean significativos al 95%. La fórmula permite obtener para cada parámetro estimado el tamaño muestral teórico necesario para obtener dicha variable significativa al nivel de confianza indicado.

Por lo tanto, para la determinación del tamaño muestral necesario se ha determinado el mayor de los parámetros  $se(\beta_k)$  estimados para cada una de las variables, obteniéndose

---

el número mínimo de encuestas necesarias para la variable más crítica en cada uno de los tres diseños.

Tabla 9. Tamaño mínimo de la muestra de Preferencias Declaradas.

	Tamaño Muestral PD		
	FOPS	POSP	PUP
Parámetro crítico	Tiempo de búsqueda	Tiempo de acceso	Tarifa
$se(\beta_k)$	0.558	0.384	0.387
N (mínimo)	99	65	65

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, después de llegar al diseño definitivo, se determinó que 80 cuestionarios fueron requeridos para la alternativa FOSP, mientras que 65 fueron requeridos para la POSP y 60 para la alternativa PUP.

En los apéndices 1, 2 y 3, se han presentado los escenarios estimados en el diseño D-Eficient de la encuesta. Como se observa en dicho apéndice, los escenarios se han estimado para cada tipo de usuario en función de la alternativa seleccionada en el momento de estacionar. El apéndice 1 muestra los escenarios estimados para los usuarios que en el momento del estacionamiento habían elegido FOSP. Por su parte, el apéndice 2 muestra los escenarios para los usuarios de POSP y finalmente, el apéndice 3 muestra los escenarios para los usuarios de PUP.

La encuesta fue desarrollada utilizando una aplicación móvil creada específicamente para este propósito en las zonas definidas para la realización de las encuestas en la ciudad de Santander. Se utilizó la aplicación porque permitía el cálculo automático de las variables de cada alternativa que se presentarían a partir de los valores proporcionados por los conductores al caracterizar el viaje que acababa de hacer. La encuesta se componía de tres partes. En la primera parte de la encuesta se realizaron preguntas de caracterización socioeconómicas a los entrevistados: género, edad, nivel de educación, ingreso y lugar de residencia. Lo cual, permite obtener la caracterización de cada uno de los usuarios para la posterior estimación de los modelos.

La segunda parte de la encuesta se utilizó para preguntar sobre las variables específicas del viaje realizado con el fin de crear los escenarios que se muestran en la tercera parte de la encuesta. En esta fase se realizaron preguntas sobre: el propósito del viaje, el tipo de vehículo, la edad del vehículo, las condiciones del tráfico y las condiciones de estacionamiento en su ubicación actual. Además, y específicamente para esta investigación que incluye la disponibilidad las diferentes alternativas de estacionamiento, se les preguntó sobre el estacionamiento alternativo que habían elegido y las alternativas disponibles en su ubicación actual.

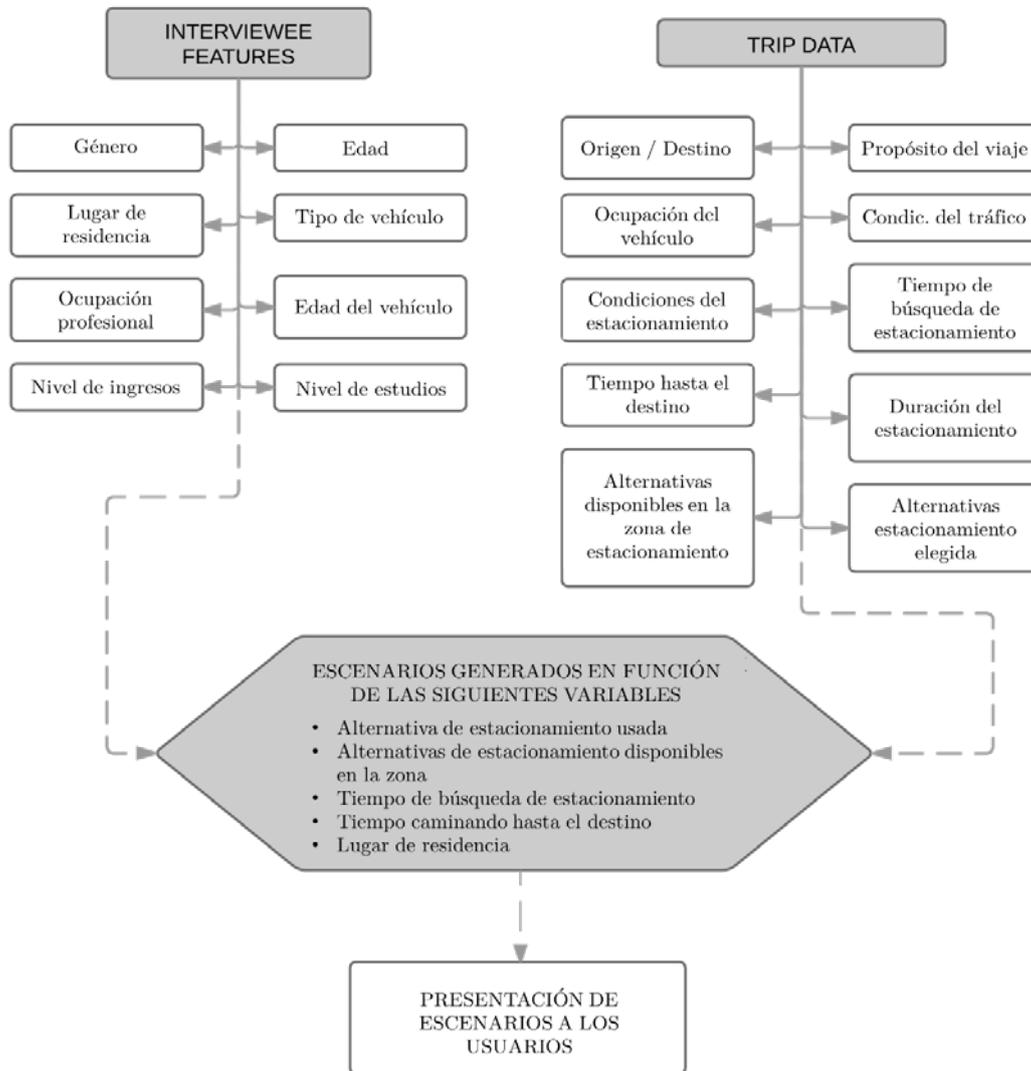
Finalmente, a los conductores se les mostraron los escenarios en la tercera parte de la encuesta, comparando dos escenarios en cada pestaña mostrada, la alternativa que el usuario había elegido en su recorrido y cada una de las posibles alternativas hipotéticas. Se observó que para los conductores resultaba más fácil elegir entre dos alternativas varias veces que una sola con todas las alternativas. Esto se debe a que los conductores tenían una mejor apreciación de las variables de cada alternativa mostrada comparando dos a dos las alternativas de forma iterativa. Por otro lado, este método también permitió obtener una comparación de cada alternativa hipotética con la realizada en la realidad. En la Figura 7 se presenta un ejemplo del cuestionario utilizado en la encuesta.

Figura 7. Captura de pantalla de características socioeconómicas y de viaje (izquierda) y las situaciones de elección (derecha) en la encuesta.

The screenshot shows a survey application interface. On the left, there are two columns of 'Datos Generales' (General Data) forms. The first column includes fields for 'Sexo' (Male/Female), 'Edad' (Age), '¿Santanderino?' (Yes/No), 'Origen' (Origin), and 'Destino' (Destination). The second column includes 'Tráfico' (Traffic conditions: Muy bueno, Bueno, Regular, Mala, Muy mala), 'Aparcamiento Utilizado' (Used parking: Libre, Ola, P.Subterráneo), 'Aparcamiento Disponible' (Available parking: Libre, Ola, P.Subterráneo), and 'Aparcamiento' (Parking conditions: Muy bueno, Bueno, Regular, Mala, Muy mala). Below these are 'SIGUIENTE' buttons. On the right, there are two scenario comparison tables. 'Escenario nº 1' is titled 'Llegas 5 minutos tarde.' and 'Escenario nº 2' is titled 'Llegas 5 minutos pronto.' Both tables compare 'POSP' and 'FOSP' options across various metrics: 'Tiempo de Búsqueda', 'Tiempo a Destino', 'Tarifa', 'Tiempo máximo de permanencia', and 'Tiempo de espera'. 'Escenario nº 1' shows 5 min search, 10 min to destination, 2€ tariff, 8h max stay, and 0 wait. 'Escenario nº 2' shows 5 min search, 10 min to destination, 2€ tariff, 2h max stay, and 0 wait. Both scenarios have 'POSP' and 'FOSP' buttons at the bottom.

Fuente: Elaboración propia

Figura 8. Esquema de funcionamiento de la aplicación al preguntar la encuesta



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 8 se explica gráficamente el funcionamiento de la aplicación desarrollada para el proceso de creación de los escenarios de la encuesta, indicando el proceso para crear los escenarios ficticios que se mostrarán a cada uno de los entrevistados. La información recopilada en la encuesta se ha dividido en dos partes, características de los entrevistados y datos relacionados con el viaje. Posteriormente, a partir de las variables: “alternativa de estacionamiento empleada”, “alternativas de estacionamiento disponibles en el área”, “tiempo de búsqueda de estacionamiento”, “tiempo hasta el destino” y “lugar

de residencia” se han estimado los escenarios de forma independiente para cada conductor.

Durante la realización del experimento, para la generación de los escenarios mostrados durante la encuesta PD, a cada conductor solo se le mostraron escenarios con las alternativas de elección disponibles en la zona donde se habían estacionado. Se eligieron cinco zonas en la ciudad que replicaban las características del resto de la ciudad en términos de las alternativas de estacionamiento que estaban disponibles en cada área. La Figura 9 muestra las alternativas de estacionamiento disponibles en cada una de las zonas donde se solicitó la encuesta y también su distribución por tipo.

Figura 9. Localización de los lugares de realización de la encuesta de Preferencias Declaradas



Fuente: Elaboración propia

Las zonas mostradas en la Figura 9, se determinaron tras un estudio de la heterogeneidad de la ciudad en cuanto a alternativas de estacionamiento existentes en la ciudad. A través de dicho análisis, se obtuvo que las zonas seleccionadas representan los principales

contextos de elección que encuentran los usuarios en la ciudad en cuanto a alternativas disponibles.

Los entrevistados fueron contactados fuera del aparcamiento subterráneo y en la calle próximos al punto de aparcamiento tras estacionar.

Para superar la dificultad de pedir una muestra aleatoria de conductores en cada zona, a cada entrevistador encuestador se le asignó un tramo de calle y se le indicó que entrevistara a uno de cada tres conductores que estaban estacionando. Sin embargo, no todos los usuarios estaban dispuestos a responder a la encuesta y, después de analizar el trabajo de todos los entrevistadores, se llegó a la conclusión de que aproximadamente el 70% de los usuarios interceptados respondían a la encuesta. Además, se observó que los usuarios del estacionamiento gratuito en la calle (FOSP) y del estacionamiento en la calle (POSP) tenían más disponibilidad para responder que los del estacionamiento subterráneo pagado (PUP).

### **5.2.2 Análisis de los datos obtenidos en la encuesta de Preferencias Declaradas**

La encuesta de preferencias declaradas llevada a cabo permitió obtener un total 99 encuestas válidas de FOSP, 65 encuestas válidas de POSP y 65 encuestas válidas de PUP. Sin embargo, debido a la existencia de múltiples escenarios en cada encuesta, el número de observaciones resultó mucho mayor para cada alternativa. Por lo tanto, se obtuvieron un total de 2148 observaciones (1050 observaciones de FOSP, 528 observaciones de POSP y 570 de observación de PUP) a partir de las entrevistas solicitadas en las horas punta de los días laborales en las principales zonas de estacionamiento definidas en la ciudad a priori.

En primer lugar, se muestra un análisis de las características socioeconómicas de los conductores encuestados, analizando dichas características segregando a los usuarios en función de la alternativa seleccionada en el momento de la realización de la encuesta.

Tabla 10. Análisis de los datos obtenidos en la encuesta de Preferencias Declaradas

Tipo de estacionamiento		FOSP	POSP	PUP
Encuestados		99	65	60
Franja de edad		20% [18-24], 16% [25-34], 28% [35-44], 16% [45-54], 13% [55-64], 6% [> 65]	9% [18-24], 25% [25-34], 26% [35-44], 17% [45-54], 14% [55-64], 9% [> 65]	10% [18-24], 15% [25-34], 28% [35-44], 25% [45-54], 12% [55-64], 10% [> 65]
Género		37% [Femenino], 63% [Masculino]	51% [Femenino], 49% [Masculino]	42% [Femenino], 58% [Masculino]
Lugar de residencia		46% [Residentes], 54% [Visitantes]	66% [Residentes], 34% [Visitantes]	52% [Residentes], 48% [Visitantes]
Clase salarial		29% [<900€], 17% [900€-1500€], 21% [1500€ - 2500€], 1% [>2500€], 32% [nc]	18% [<900€], 25% [900€-1500€], 17% [1500€ - 2500€], 2% [>2500€], 38% [nc]	25% [<900€], 30% [900€-1500€], 22% [1500€ - 2500€], 7% [>2500€], 17% [nc]
Propósito del viaje		15% [Educación], 33% [Trabajo], 12% [Ocio], 6% [Salud], 14% [Vuelta a casa], 4% [Compras], 15% [Otros]	15% [Educación], 25% [Trabajo], 20% [Ocio], 12% [Salud], 6% [Vuelta a casa], 5% [Compras], 17% [Otros]	0% [Educación], 15% [Trabajo], 13% [Ocio], 12% [Salud], 2% [Vuelta a casa], 40% [Compras], 18% [Otros]

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 10 presenta la composición estadística de la muestra de conductores encuestados. En cuanto a la edad de los entrevistados, se encontró que en el rango de edad más bajo [18 -24] presentaba un mayor uso de la alternativa FOSP, lo cual, corroboró las evidencias obtenidas en el desarrollo de la encuesta de que este grupo de usuarios tenían una baja disponibilidad a pagar por estacionar. Además, el 27% de los encuestados tenían entre 35 y 44 años, que era el grupo más numeroso.

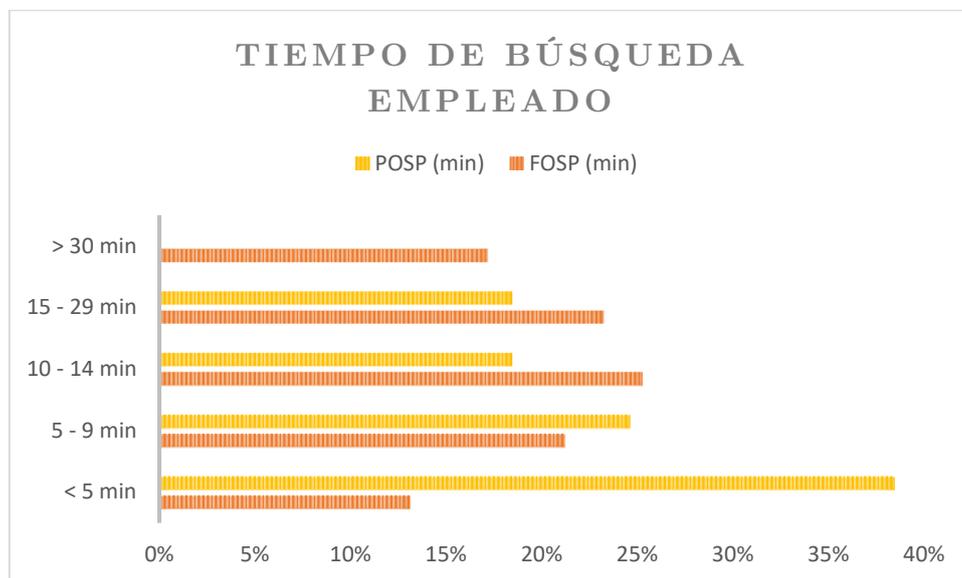
Cabe destacar que se obtuvo aproximadamente un reparto del 50% en los residentes que usaban FOSP y PUP, pero el porcentaje de residentes que usaban POSP era del 66%, lo

que demuestra que los residentes tenían mayor disposición a usar la alternativa de POSP que los usuarios no residentes.

Posteriormente, a partir de las contestaciones a la primera parte de la encuesta, donde se preguntó acerca del uso actual de las diferentes alternativas de estacionamiento, se ha llevado a cabo un análisis de las variables más relevantes para la investigación como son: tiempo de búsqueda de estacionamiento, tiempo de duración del estacionamiento, estacionamiento empleado en el hogar, etc.

Analizando el tiempo de búsqueda de estacionamiento, se observa que en rasgos generales los tiempos son menores en POSP que en FOSP, lo cual, corrobora la tendencia actual de las ciudades de implementar regulaciones para optimizar los sistemas de estacionamiento. En la Figura 10 se muestra como en la alternativa de POSP la mayor probabilidad es tener un tiempo de búsqueda menor de 9 minutos, por su parte, en la alternativa FOSP se observa que la mayor probabilidad es tener tiempos de búsqueda de entre 14 y 29 minutos.

Figura 10. Tiempo de búsqueda de estacionamiento de los datos de Preferencias Declaradas.

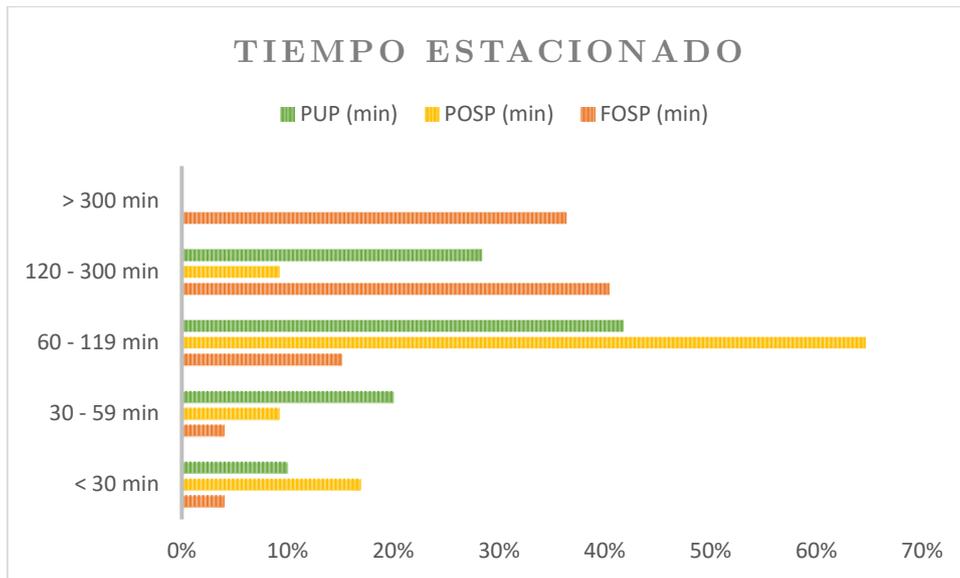


Fuente: Elaboración propia

Al igual que el tiempo de búsqueda, la duración del estacionamiento es otra variable que tiene una importante influencia en la elección y que presenta importantes diferencias en

función de la alternativa seleccionada. En la Figura 11, se muestra que las alternativas de FOSP y PUP presentan una mayor probabilidad de tener mayores tiempos de estacionamiento. La alternativa POSP, presenta el mayor uso en tiempos de estacionamiento entre 60 minutos y 119 minutos, lo cual, se justifica con la limitación existente del tiempo máximo de estacionamiento en POSP (duración máxima 2 horas, bajo la obligación de mover el vehículo tras las dos horas).

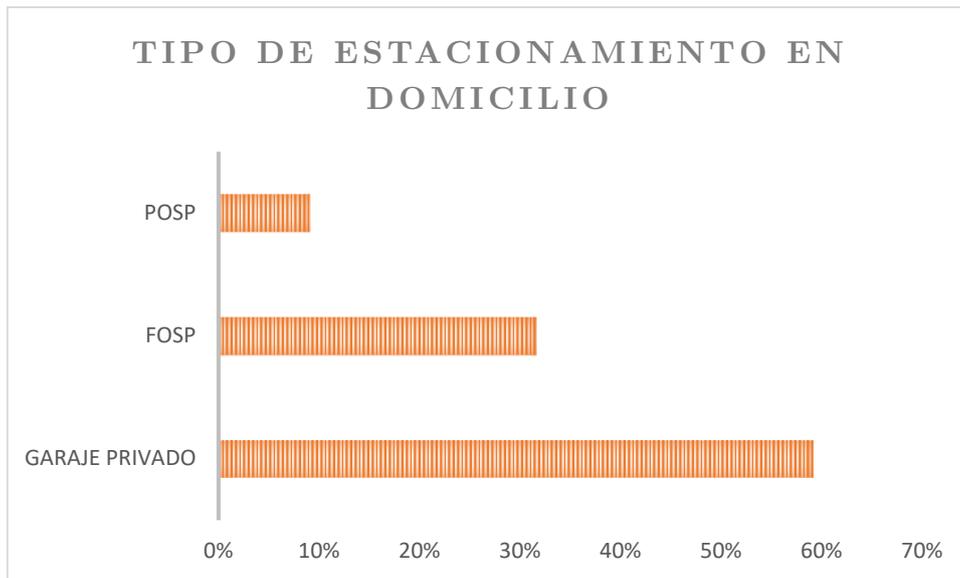
Figura 11. Tiempo de estacionamiento de los datos de Preferencias Declaradas.



Fuente: Elaboración propia

En la primera parte de la encuesta de Preferencias Declaradas, donde se les preguntó por el uso actual de los sistemas de estacionamiento, también se recopiló información acerca del tipo de estacionamiento empleado en el domicilio, la Figura 12 muestra que la mayor parte de los usuarios (aproximadamente el 60%) dispone de garaje privado para estacionar su vehículo.

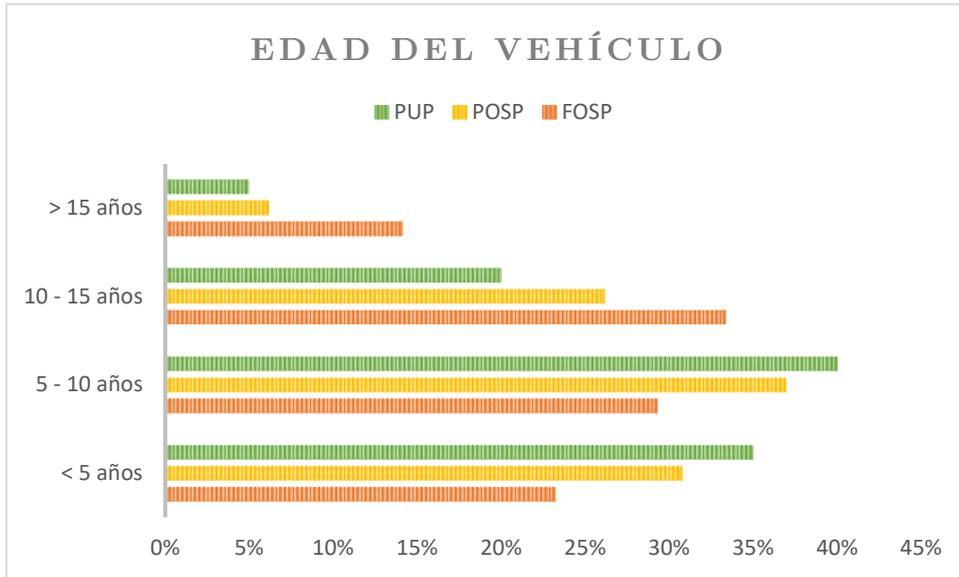
Figura 12. Tipo de estacionamiento de los datos de Preferencias Declaradas.



Fuente: Elaboración propia

Otra variable analizada en el proceso de toma de datos fue la edad del vehículo de cada usuario que estacionó. La Figura 13 muestra el reparto por edad y para cada alternativa de los vehículos de los usuarios. En la Figura 13 se observa que para los vehículos menores de 10 años los usuarios tenían mayor disponibilidad a estacionar en PUP y POSP y para los vehículos mayores de 10 años en FOSP. Este reparto evidencia que los usuarios tienen mayor percepción de seguridad en las alternativas de pago al estacionar en estas los vehículos de menor edad.

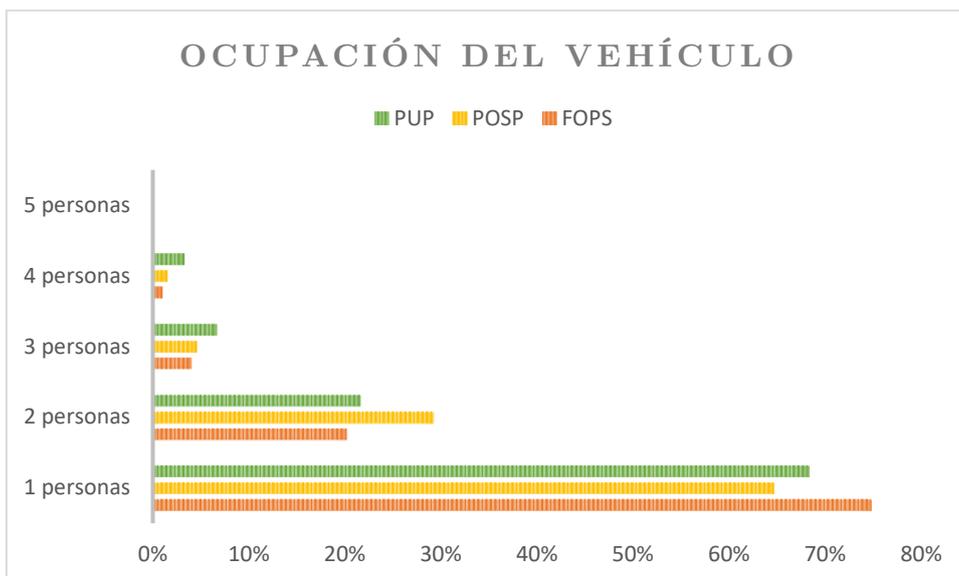
Figura 13. Edad del vehículo de los datos de Preferencias Declaradas.



Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se ha realizado un análisis de la ocupación del vehículo por cada alternativa de estacionamiento elegido. Como se observa en la Figura 14, la ocupación del vehículo se mantiene bastante constante en las diferentes alternativas estudiadas, evidenciando que cerca del 70% de los vehículos de cada alternativa viaja con un único ocupante.

Figura 14. Ocupación del vehículo de los datos de Preferencias Declaradas



Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente a los análisis realizados anteriormente, se presentan las elecciones de los usuarios frente a cada uno de los escenarios que les fueron mostrados, lo cual, permite obtener relevancias acerca de la disposición de los usuarios de cada alternativa de estacionamiento al cambio de alternativas bajo las características de cada escenario. Para llevar a cabo este análisis se ha segregado a los encuestados en diferentes categorías, alternativa de estacionamiento empleado, lugar de residencia (en la ciudad o fuera de la ciudad) y alternativas de estacionamiento disponibles en la zona de estacionamiento (ver Tabla 11):

Tabla 11. Escenarios tenidos en cuenta en la encuesta de Preferencias Declaradas para cada tipo de usuario

Alternativa empleada	Residencia en la ciudad (SI o NO)	Alternativas disponibles
FOSP	SI	FOSP / POSP
	NO	FOSP / POSP / PUP
POSP	SI	FOSP / POSP / P&R
	NO	FOSP / POSP / PUP / P&R
PUP	SI	POSP / FOSP
	NO	POSP / PUP
	SI	POSP / FOSP / P&R
	NO	POSP / PUP / P&R
	SI	PUP / POSP
	NO	PUP / POSP / FOSP
		PUP / POSP / P&R
		PUP / POSP / FOSP / P&R

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, como se muestra en la Tabla 11, para llevar a cabo el análisis de disposición al cambio por escenarios simulados se han segregado los usuarios en 12 clases para su estudio independiente. La segregación se ha realizado en función de las siguientes características:

- Alternativa seleccionada en el momento de la encuesta
- Lugar de residencia (Santander o fuera de la ciudad)
- Alternativas disponibles

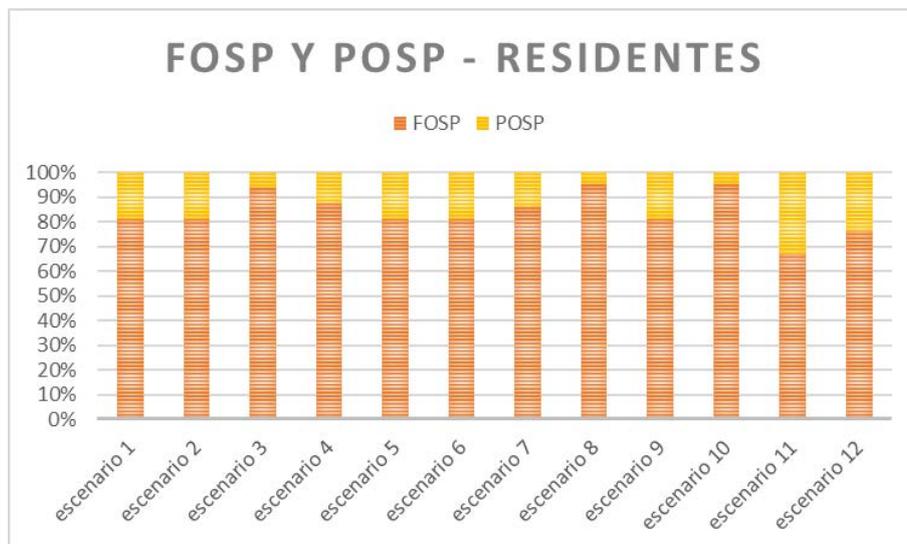
A continuación, se presenta el reparto de elección en cada escenario presentado a los usuarios para las alternativas que tenían disponibles en el momento de realización de la encuesta.

**4.2.2.1. Usuarios de estacionamiento gratuito en la calle (FOSP)**

En primer lugar, se ha realizado el análisis para los usuarios que habían elegido FOSP en el momento de la realización de la encuesta, clasificándose a su vez los usuarios por el lugar de residencia y las alternativas disponibles.

En la Figura 15, que presenta como disponibles las alternativas FOSP y POSP para usuarios residentes en Santander, se aprecia que los residentes usuarios de FOSP tienen poca disposición a cambiarse a la POSP, en muchas ocasiones se debe a que varias personas encuestadas de modo libre no disponían de garaje ni tarjeta de residente en POSP. Debido a ello y como tienen tiempos de permanencia altos, eligen FOSP sobre POSP en muchas ocasiones. El escenario en el que han tenido mayor disposición a cambiarse de FOSP a POSP es en el escenario 11, donde un 35% de los encuestados estaría dispuesto a cambiarse. Por el contrario, se puede ver que en el caso de los escenarios 3, 8 y 10, solo 2% o 3% estaría dispuesto a cambiarse de modo.

Figura 15. Elección en escenarios PD - usuarios FOSP - residentes en Santander (FOSP - POSP)

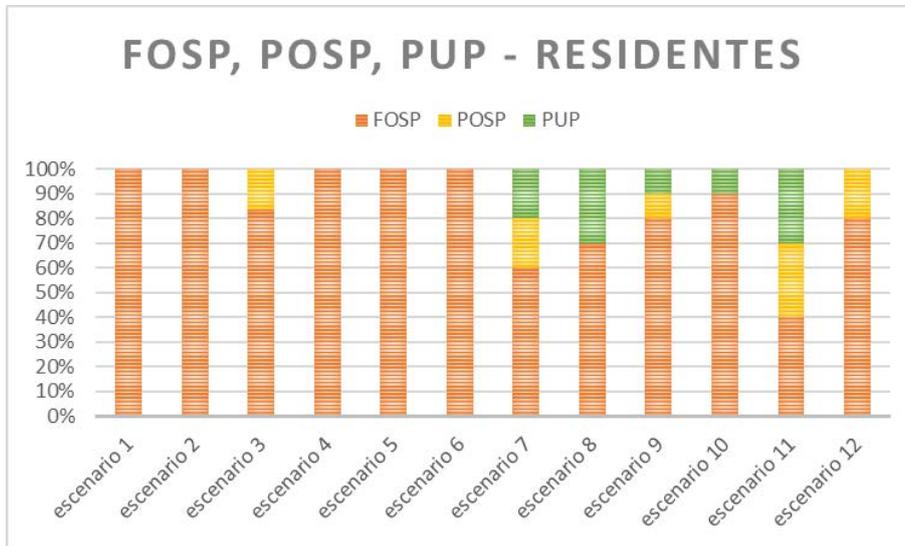


Fuente: Elaboración propia

La Figura 16 presenta los escenarios para los usuarios de FOSP residentes en la ciudad con la disponibilidad de FOSP, POSP y PUP; donde se observa que la gran mayoría se siguen decantando por el estacionamiento libre en su mayoría, por ejemplo, en los escenarios 1, 2, 4, 5, 6 los usuarios no se cambian de modo.

Si bien, se aprecia que escenarios como el 7 (40% se cambiaría, 20% a POSP y 20% a PUP), el 8 (30% se cambiaría a PUP) o el 11 (60% se cambiaría, 30% a POSP y 30% a PUP) los usuarios estarían más dispuestos al cambio.

Figura 16. Elección en escenarios PD - usuarios FOSP - residentes en Santander (FOSP - POSP - PUP)

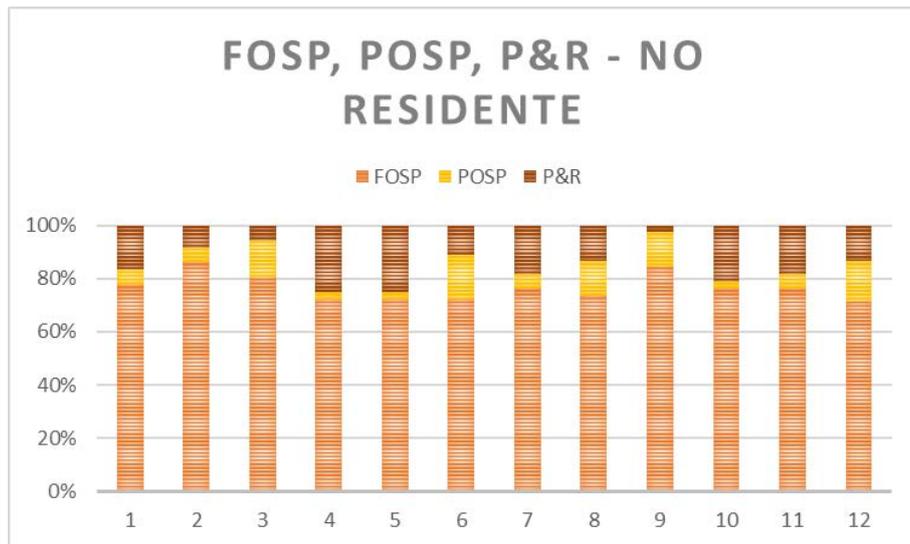


Fuente: Elaboración propia

Al igual que para los usuarios residentes en la ciudad, se ha realizado el mismo análisis para los usuarios no residentes, los cuales, también tienen disponible la alternativa P&R. En la Figura 17 que los usuarios que están dispuestos a cambiarse del modo FOSP mayoritariamente se cambiarían al modo Park&Ride. Esto se corrobora con la experiencia de la realización de la encuesta, donde muchos usuarios al ser encuestados sobre dicha opción se veían muy dispuestos al cambio y muy interesados.

En este caso, el máximo cambio de modo se produce en los escenarios 4 (30% se cambiaría, 5% a POSP y 25% a PUP), escenario 5 (30% se cambiaría, 5% a POSP y 25% a PUP) y escenario 12 (30% se cambiaría, 15% a POSP y 15% a PUP).

Figura 17. Elección en escenarios PD - usuarios FOSP - no residentes en Santander (FOSP - POSP - P&R)

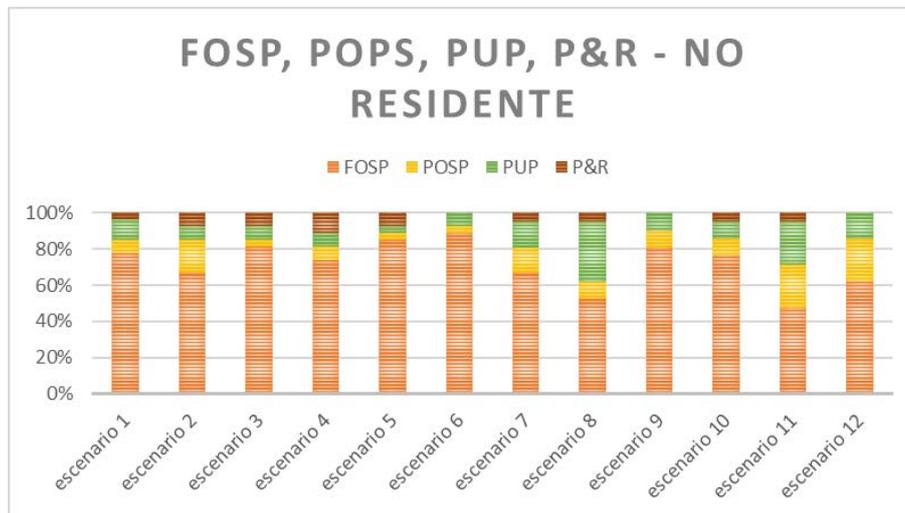


Fuente: Elaboración propia

Si los usuarios no residentes tienen disponibles todas las alternativas de estacionamiento (Figura 18), se aprecia en varios escenarios, que una parte representativa de los encuestados estaría dispuesta a cambiarse a modo POSP y PUP, siendo en este caso menor la parte que se cambiaría a modo Park&Ride.

En este caso, el máximo cambio de modo se produce en los escenarios 8 (30% se cambiaría, 5% a POSP y 25% a PUP) y escenario 11 (48% se cambiaría, 9% a POSP, 34% a PUP y 5% a P&R). Por otro lado, se aprecia, que dada la opción del escenario 6, solo el 10% estaría dispuesto a cambiar de modo (4% a POSP y 6% a PUP).

Figura 18. Elección en escenarios PD - usuarios FOSP - no residentes en Santander (FOSP - POSP - PUP - P&R)



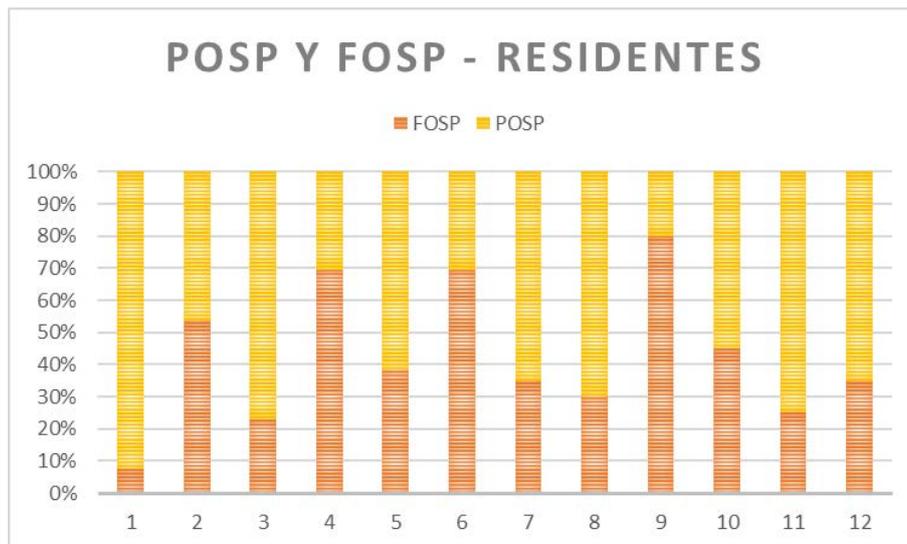
Fuente: Elaboración propia

**4.2.2.2. Usuarios de estacionamiento de pago en la calle (POPS)**

A continuación, se presenta el análisis para los usuarios de los estacionamientos que en el momento de realización de la encuesta eligieron la alternativa de POSP.

En la figura 19 se muestra el reparto para los usuarios residentes en la ciudad con disponibilidad de las alternativas POSP y FOSP, se aprecia que, en todos los escenarios, los usuarios de POSP tienen una alta disposición a cambiarse al modo FOSP. Los escenarios en los que hay un máximo número de conductores dispuestos a cambiarse de modo, son, los escenarios 4 (70% se cambiaría a FOSP), 6 (70% se cambiaría a FOSP) y 9 (80% se cambiaría a FOSP). Por el contrario, en el escenario 1, solo el 10% se cambiaría a FOSP.

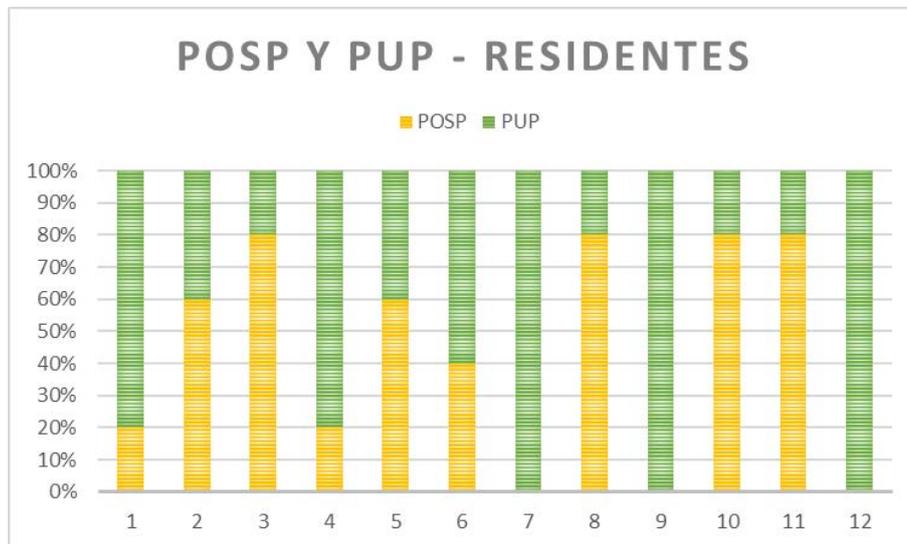
figura 19. Elección en escenarios PD - usuarios POPS - residentes en Santander (POSP - FOSP)



Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la Figura 20, presenta los resultados de los usuarios residentes en la ciudad con disponibilidad de las alternativas de POSP y PUP, se aprecia en los resultados de la encuesta, que gran parte de los encuestados, estarían dispuestos a cambiar a modo subterráneo dadas las características de los escenarios. Se aprecia, al igual que en caso anterior, que los usuarios de POSP están muy dispuestos a cambiarse de modo dadas las características de los escenarios. En este caso, se ve que, dadas las características de los escenarios planteados, en los escenarios 7, 9 y 12 todos los usuarios encuestados sobre ese escenario se cambiarían a PUP. Por el contrario, en los escenarios 3, 8, 10 y 11 solo el 20% estaría dispuesto a cambiarse.

Figura 20. Elección en escenarios PD - usuarios POSP - residentes en Santander (POSP - PUP)

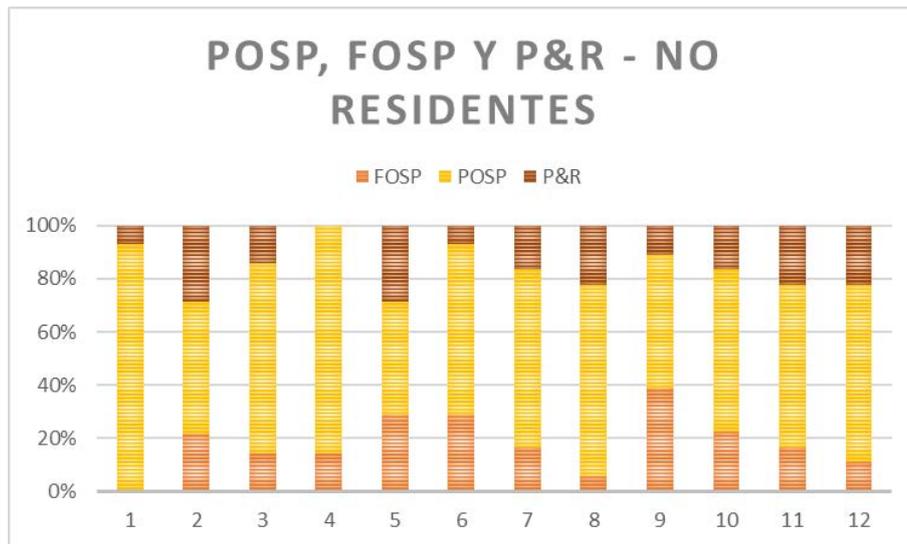


Fuente: Elaboración propia

Al igual que los residentes, la Figura 21 muestra que los usuarios de POSP no residentes en la ciudad y con disponibilidad de POSP, FOSP y P&R, tienen bastante disposición a cambiarse a los modos FOSP y P&R, esto es principalmente debido a la influencia de la tarifa y de la restricción de tiempo de la POSP respecto a los otros modos.

Los escenarios en los que en función de sus características, se cambiarían de modo el máximo número de conductores son el 2 (50% de los usuarios se cambiaría, 20% a FOSP y 30% a P&R) el 5 (55% de los usuarios se cambiaría, 25% a FOSP y 30% a P&R) y el 9 (50% de los usuarios se cambiaría, 38% a FOSP y 12% a P&R). Por el contrario, en el escenario 1 solo se cambiaría el 7% de los conductores a P&R.

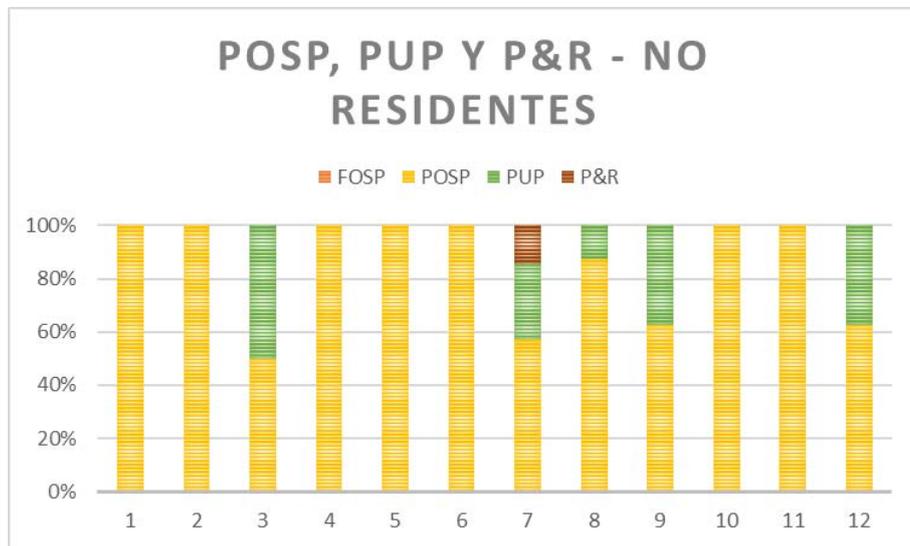
Figura 21. Elección en escenarios PD - usuarios POSP – no residentes en Santander (POSP - FOSP - P&R)



Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, los usuarios no residentes que estacionan en zonas con modos disponibles POSP, PUP y P&R (Figura 22) se observa mayor disponibilidad a cambiarse al modo PUP respecto a cambiarse a otro modo. Los escenarios en los que, en función de sus características, se cambiarían de modo el máximo número de conductores son el 3 (50% de los usuarios se cambiaría a PUP) y el 7 (45% de los usuarios se cambiaría, 30% a FOSP y 15% a P&R). Por el contrario, en los escenarios 1, 2, 4, 5, 6, 10 y 11 los usuarios no cambiarían del modo POSP.

Figura 22. Elección en escenarios PD - usuarios POSP – no residentes en Santander (POSP - PUP - P&R)

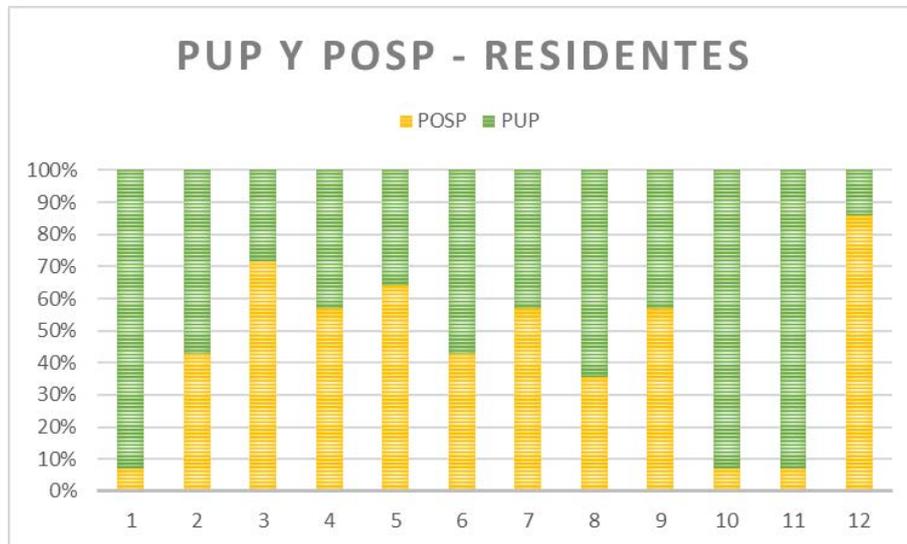


Fuente: Elaboración propia

**4.2.2.3. Usuarios de estacionamiento de pago subterráneo (PUP)**

En primer lugar, los usuarios residentes con disponibilidad de PUP y POSP (Figura 23), que han estacionado en PUP, tiene una alta disponibilidad a cambiarse al modo POSP. Los escenarios en los que, en función de sus características, se cambiarían de modo el máximo número de conductores son el 3 (71% de los usuarios se cambiaría a POSP), el 5 (65% de los usuarios se cambiaría a POSP) y el 12 (86% de los usuarios se cambiaría a POSP). Por el contrario, en los escenarios 1, 10 y 11 apenas un 7% estaría dispuesto a cambiarse.

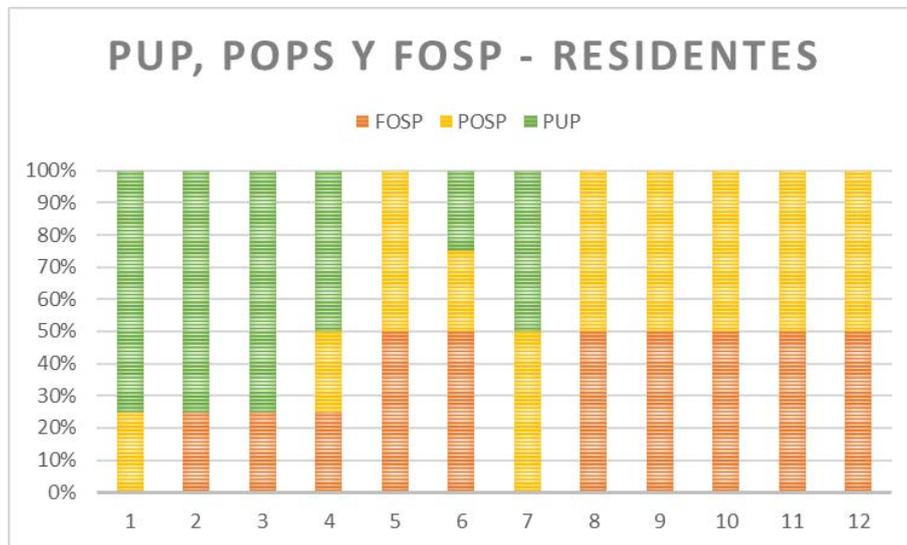
Figura 23. Elección en escenarios PD - usuarios PUP – residentes en Santander (PUP - POSP)



Fuente: Elaboración propia

Los residentes de Santander que han aparcado en PUP y además tienen disponible POSP y FOSP (Figura 24) presentan una importante disponibilidad a cambiarse a otro modo. En los datos se aprecia que en los escenarios 5, 8, 9, 10, 11 y 12 todos los encuestados se cambiarían a los modos POSP y FOSP dadas las características de esos escenarios para dichos modos. Esto se debe, según se averiguó durante la realización de la encuesta, a que varios residentes usuarios de PUP tenían este modo como último recurso de estacionamiento, por tanto, siempre que tenían oportunidad cambiaban. Por el contrario, en los escenarios 1, 2 y 3 solo un 25% estaría dispuesto a cambiarse.

Figura 24. Elección en escenarios PD - usuarios PUP – residentes en Santander (PUP - POSP - FOSP)

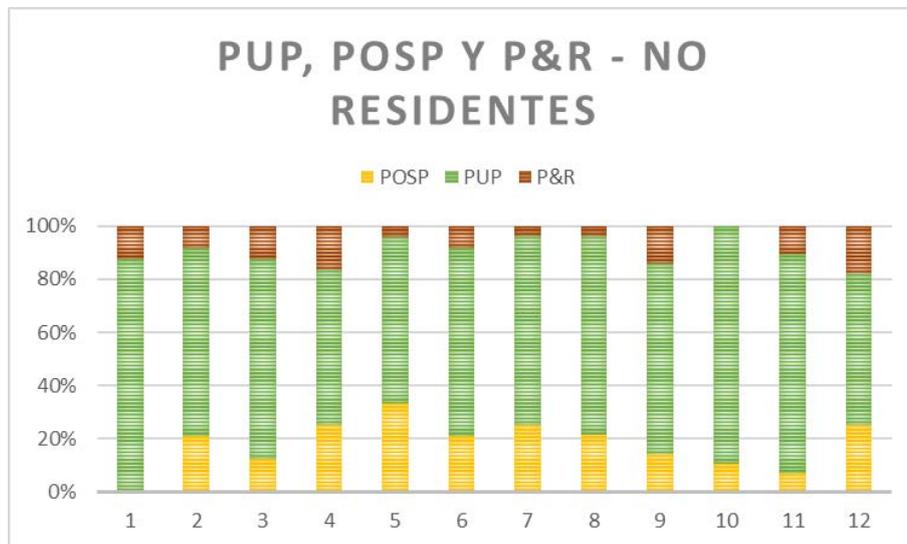


Fuente: Elaboración propia

Los usuarios no residentes en Santander que aparcan en PUP con disponibilidad de POSP y P&R (Figura 25), tienen menos disposición a cambiar de modo que los residentes, esto se debe principalmente, a desconocimiento de otros lugares de estacionamiento o en otros casos a existencia de restricciones horarias en el caso de POSP. Varios de los encuestados no estaban dispuestos al cambio al modo POSP, principalmente, por la restricción horaria de 2 horas de máximo estacionamiento.

Los escenarios en los que en función de sus características, se cambiarían de modo el máximo número de conductores son el 4 (41% de los usuarios se cambiaría, el 26% a POSP y el 15% a P&R), el 5 (39% de los usuarios se cambiaría, el 35% a POSP y el 4% a P&R) y el 12 (45% de los usuarios se cambiaría, el 27% a POSP y el 18% a P&R). Por el contrario, en el escenario 1 solo el 11% estaría dispuesto a cambiarse a P&R y en el escenario 10 solo el 10% estaría dispuesto a cambiarse a POSP.

Figura 25. Elección en escenarios PD - usuarios PUP – no residentes en Santander (PUP – POSP – P&R)

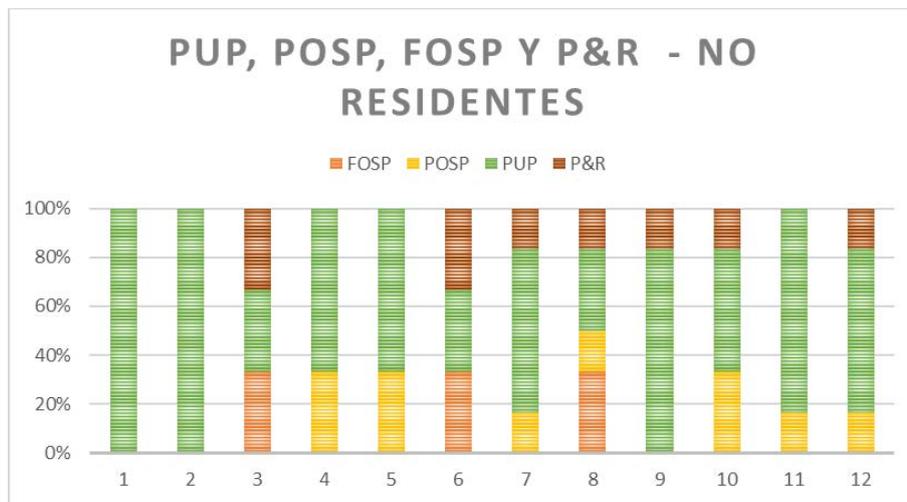


Fuente: Elaboración propia

En el caso de que hubiesen estacionado en zonas con todos los modos de estacionamiento disponibles (Figura 26), se aprecia mayor disposición al cambio que en el caso anterior, sobre todo a P&R, ya a muchos usuarios les satisfacía la opción de no tener que circular con su vehículo por la ciudad y poder aparcar en el extrarradio y desplazarse en bus al centro.

Los escenarios en los que en función de sus características, se cambiarían de modo el máximo número de conductores son el 3 (68% de los usuarios cambiaria, el 36% a FOSP y el 32% a P&R), el 6 (68% de los usuarios cambiaria, el 36% a FOSP y el 32% a P&R) y el 8 (69% de los usuarios cambiaria, el 19% a POSP, el 32% a FOSP y el 18% a P&R). Por el contrario, en los escenarios 1 y 2 el 100% de los usuarios permanecería aparcando en PUP y no cambiaría de modo.

Figura 26. Elección en escenarios PD - usuarios PUP – no residentes en Santander (PUP – POSP – FOSP - P&R)



Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, a partir de los datos obtenidos en las encuestas PD, y en base a los análisis realizados se han obtenido las evidencias indicadas a continuación:

Referidas a las características socioeconómicas de los usuarios:

- El número de hombres con respecto a las mujeres concuerda con otras campañas de encuestas, ya que el vehículo privado es más usado por hombres que por mujeres.
- El 60% de los encuestados es menor de 54 años, lo cual refleja la mayor parte de la población activa y que usa vehículo propio para desplazarse.
- En cuanto al nivel de ingreso, se sigue encontrando alta incertidumbre debido a la reticencia de los usuarios a contestar, aun siendo la encuesta anónima.
- El 54 % de los usuarios no es residente en Santander, lo cual se justifica debido a la necesidad de desplazarse en vehículo privado al carecer de otras alternativas que se puedan adaptar a sus necesidades.

Referidas a las características de los viajes efectuados:

- En cuanto a los motivos del viaje realizado, se aprecia que en el caso del modo libre el principal motivo es trabajo, lo cual se corrobora por necesitar de un mayor periodo de tiempo con el coche estacionado. En cambio, en el caso de subterráneo el principal motivo es compras, lo cual queda corroborado con encuestas anteriores.
  - En cuanto a la edad del vehículo, queda corroborado que los usuarios con coches de mayor edad son menos reticentes a estacionar en la calle que los usuarios con coches de menor edad.
  - En el caso de tiempo de búsqueda, como era de esperar antes de realizar la encuesta, se han obtenido resultados que indican tiempos de búsquedas mucho mayores en estacionamientos libres que en estacionamientos de POSP.
  - Con respecto al tiempo de permanencia, se aprecia que el valor medio de este entorno a las dos horas, dándose estos tiempos para estacionamiento subterráneo y en POSP, mientras en FOSP se aprecia que los tiempos aumentan.
-

- En cuanto a la ocupación, se ha obtenido una ocupación media de aproximadamente 1,5 personas por vehículo.
- Por último, en lo referente a la valoración del estacionamiento, se observa que los usuarios de los estacionamientos libres tienen una valoración mucho peor de la disposición de estacionamientos que el resto de los usuarios. Esto se puede deber a la sobresaturación de estos a la pérdida de nivel de servicio.

Referidas al reparto porcentual en función de los escenarios:

- En el caso de estacionamiento elegido FOSP, se aprecia que tanto usuarios residentes en Santander como no residentes, tiene poca disposición al cambio a otro modo, lo cual, se debe principalmente, a la existencia de tarifas y restricciones horarias en otros modos.
- En el caso de estacionamiento elegido POSP, para los usuarios residentes en Santander, se aprecia que tienen una alta disposición al cambio a otro modo, ya sea FOSP o PUP.
- En el caso de estacionamiento elegido PUP, se aprecia que los usuarios residentes en Santander tienen mayor disposición al cambio que los usuarios no residentes en Santander.

### **5.2.3 Modelización a partir de datos de preferencias declaradas**

A partir de los resultados de la encuesta de preferencias declaradas realizada a los diferentes tipos de usuarios en las zonas indicadas y en base a las evidencias obtenidas en la explotación de los datos, se ha procedido a la estimación de modelos de elección discreta.

Para la modelización de los datos se han empleado diferentes especificaciones de los modelos Logit.

Inicialmente, se ha realizado un proceso de modelización conjunto de todos los datos obtenidos de los diferentes tipos de usuarios. Para esta modelización, como se ha indicado, se han empleado diferentes especificaciones de los modelos Logit. Inicialmente se ha

---

empleado la especificación de Logit Multinomial (MNL). Estos modelos son los más sencillos de los modelos Logit, sin embargo, no consideran la posible correlación entre alternativas. En esta investigación, han permitido analizar las posibles interacciones de las variables socioeconómicas de los usuarios con las variables específicas de las alternativas consideradas.

También para la modelización conjunta, debido a las características de las variables obtenidas se optó por el empleo de modelos Logit Mixto (ML), donde, a su vez, se han empleado diferentes consideraciones como, la existencia de correlación entre las contestaciones de los usuarios y la posible correlación entre las alternativas estudiadas. Estos modelos son mucho más completos que los modelos MNL. Permiten trabajar con variables aleatorias. Debido a eso, estos modelos tienen la ventaja de que son capaces de considerar la posible variación en los gustos, así como la posible correlación entre alternativas.

Posteriormente, con el fin de obtener más información acerca del comportamiento de las diferentes clases de usuarios (usuarios de FOSP, usuarios de POSP y usuarios de PUP) se optó por estimar modelos desagregados. Estos han permitido estudiar el comportamiento de los diferentes tipos de usuarios frente al resto de alternativas y frente al cambio de las características de dichas alternativas. En esta modelización, se optó por el empleo de modelos Logit Mixto, debido a las consideraciones indicadas anteriormente acerca de estos modelos.

#### **5.2.3.1 Modelización con datos conjuntos**

Se presentan tres modelos estimados a partir de los datos recopilados en el experimento de preferencias establecido. Inicialmente se ha estimado un modelo Logit Multinomial (MNL) que consideraba las diferentes alternativas de estacionamiento. Para estudiar la heterogeneidad entre los usuarios y las alternativas y para considerar la correlación entre las respuestas de los usuarios, posteriormente, se ha estimado un modelo Logit Mixto (ML) con efectos de panel.

Finalmente, para considerar la correlación entre las alternativas de estacionamiento, se estimó un modelo logit mixto con componente de error y efectos de panel.

Todos los modelos presentados en este artículo se han estimado utilizando el software NLOGIT (Greene, W., 2012). Las siguientes variables resultaron ser significativas y presentaron el signo esperado en los modelos estimados:

- $ASC_{FOSP}$ : Constante específica para la alternativa FOSP.
- $ASC_{POSP}$ : Constante específica para la alternativa POSP.
- $ASC_{PUP}$ : Constante específica para la alternativa PUP.
- $ASC_{P\&R}$ : Constante específica para la alternativa P&R.
- TAR: Tarifa de estacionamiento, parámetro específico para cada alternativa.
- PST: Tiempo de búsqueda de estacionamiento, parámetro específico para las alternativas POSP y PUP.
- TD: Tiempo caminando hasta el destino desde el lugar de estacionamiento, parámetro específico para cada alternativa.
- MAPT: Tiempo de estacionamiento máximo permitido, parámetro específico para las alternativas POSP y P&R.
- AGE: Variable dummy relativa a la edad del vehículo que tiene menos de tres años (es igual a 1 si el vehículo tiene menos de tres años y 0 en otros casos).
- TE: Variable dummy asociada con la duración del estacionamiento (es igual a 1 durante más de 6 horas y 0 en otros casos).
- RC: Permiso de estacionamiento anual para estacionamiento en el área de POSP donde se encuentra su hogar.
- LA: Variable indicativa del escenario que representa el caso de llegar más tarde del tiempo deseado.
- EA: Variable indicativa del escenario que representa el caso de llegar antes del tiempo deseado.
- HEALTH: Variable para viajes con propósito de salud.
- WORK: Variable para viajes con propósito de trabajo.

- $TAR - RESIDENT_{PUP}$ : Interacción de la variable socioeconómica, residente en el área de estudio y la tarifa asociada con la alternativa de estacionamiento PUP.
- $TAR - WORK_{POSP}$ : Interacción de la variable socioeconómica, el propósito del viaje de trabajo y la tarifa asociada con el POSP alternativo de estacionamiento.
- $PST - P\_DURATION_{FOSP}$ : Interacción de la variable socioeconómica, duración del estacionamiento y tiempo de búsqueda de estacionamiento para la alternativa de estacionamiento FOSP.

Como se ha indicado anteriormente, en primer lugar, se ha estimado el modelo logit multinomial a partir de los datos iniciales.

Tabla 12. Modelo MNL a partir de datos PD agregados

Modelo Logit Multinomial (MNL)			
Descripción de la variable	Parámetro	Coefficiente	Test-t
Parámetros NO aleatorios en la función de utilidad			
Tiempo de búsqueda de estacionamiento (FOSP)	$\beta_{PST(FOSP)}$	-0.039	-8.82
Tiempo hasta el destino (FOSP)	$\beta_{TD(FOSP)}$	-0.049	-4.21
Constante específica (POSP)	$ASC_{(POSP)}$	-1.153	-6.32
Tarifa (POSP)	$\beta_{TAR(POSP)}$	-0.313	-7.48
Permiso de estacionamiento anual (POSP)	$\beta_{RC(POSP)}$	0.747	3.12
Tiempo de búsqueda de estacionamiento (POSP)	$\beta_{PST(POSP)}$	-0.051	-6.34
Tiempo máximo permitido (POSP)	$\beta_{MAPT(POSP)}$	0.061	2.73
Constante específica (PUP)	$ASC_{(PUP)}$	-0.922	-4.25
Tarifa (PUP)	$\beta_{TAR(PUP)}$	-0.204	-3.24
Edad del vehículo menor de 3 años (PUP)	$\beta_{AGE(PUP)}$	0.512	2.75
Tiempo hasta el destino (PUP)	$\beta_{TD(PUP)}$	-0.073	-3.49
Llegar tarde al destino (PUP)	$\beta_{LA(PUP)}$	0.041	3.19
Constante específica (P&R)	$ASC_{(P\&R)}$	-0.996	-2.17
Tarifa (P&R)	$\beta_{TAR(P\&R)}$	-0.497	-2.70
Tiempo hasta el destino (P&R)	$\beta_{TD(P\&R)}$	-0.064	-2.29
Duración del estacionamiento menor de 6 horas (P&R)	$\beta_{TE(P\&R)}$	0.643	2.24
Llegar pronto al destino (P&R)	$\beta_{EA(P\&R)}$	0.040	2.20
Propósito de viaje - Salud (POSP & PUP)	$\beta_{HEALTH(POSP\ PUP)}$	0.663	2.97
Propósito de viaje - Trabajo (P&R)	$\beta_{WORK(P\&R)}$	0.017	1.38
Logverosimilitud	Log	-1207.22	
	$\rho^2$	0.189	
	$\rho^2 (adj)$	0.189	

Logverosimilitud (Solo Constantes)	Log (C)	-1339.50
------------------------------------	---------	----------

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, debido a las evidencias de correlación entre las contestaciones de los usuarios se ha considerado la estimación de modelos logit mixto con efectos de panel (Tabla 13). Adicionalmente, este modelo ha permitido analizar la existencia de variables con distribución aleatoria en el modelo, lo cual ha permitido obtener un mejor ajuste en la estimación.

Tabla 13. Modelo ML con efectos de panel a partir de datos PD agregados

Modelo logit mixto considerando efectos de panel (ML)			
Descripción de la variable	Parámetro	Coefficiente	Test-t
Parámetros Aleatorios en la función de utilidad			
Tarifa (POSP)	$\beta_{TAR(POSP)}$	-0.710	-5.93
Tarifa (PUP)	$\beta_{TAR(PUP)}$	-0.285	-2.18
Tiempo de búsqueda de estacionamiento (FOSP)	$\beta_{PST(FOSP)}$	-0.130	-6.80
Parámetros NO aleatorios en la función de utilidad			
Tiempo hasta el destino (FOSP)	$\beta_{TD(FOSP)}$	-0.112	-4.15
Constante específica (POSP)	$ASC_{(POSP)}$	-2.266	-6.78
Tiempo de búsqueda de estacionamiento (POSP)	$\beta_{PST(POSP)}$	-0.073	-6.02
Tiempo máximo permitido (POSP)	$\beta_{MAPT(POSP)}$	0.102	3.58
Constante específica (PUP)	$ASC_{(PUP)}$	-1.667	-4.52
Tiempo hasta el destino (PUP)	$\beta_{TD(PUP)}$	-0.142	-4.46
Llegar tarde al destino (PUP)	$\beta_{LA(PUP)}$	0.066	4.26
Constante específica (P&R)	$ASC_{(P\&R)}$	-2.372	-4.00
Tarifa (P&R)	$\beta_{TAR(P\&R)}$	-0.524	-2.44
Tiempo hasta el destino (P&R)	$\beta_{TD(P\&R)}$	-0.089	-2.74
Duración del estacionamiento > 6 horas (P&R)	$\beta_{TE(P\&R)}$	1.700	3.52
Llegar pronto al destino (P&R)	$\beta_{EA(P\&R)}$	0.051	2.49
Propósito de viaje - Salud (POSP & PUP)	$\beta_{HEALTH(POSP\ PUP)}$	0.870	2.29
Propósito de viaje - Trabajo (P&R)	$\beta_{WORK(P\&R)}$	0.458	1.48
Interacción de parámetros aleatorios con variables socioeconómicas			
Interacción Residencia & Tarifa (PUP)	$TAR - RESIDENT_{PUP}$	-0.736	-3.15
Interacción Proposito trabajo & Tarifa (POSP)	$TAR - WORK_{POSP}$	-0.262	-1.82
Interacción tiempo de búsqueda y duracion del estacionamiento (FOSP)	$PST - P\_DURATION_{FOSP}$	0.022	2.91

Desviación de las distribuciones de los parámetros aleatorios			
Desviación de las distribuciones de los parámetros aleatorios (Distribución Normal)	Sigma TAR(POSP) (N)	0.337	3.07
	Sigma TAR(PUP) (N)	0.899	5.95
	Sigma PST(FOSP) (N)	0.130	7.06
Logverosimilitud	Log	-1044.79	
	$\rho^2$	0.298	
	$\rho^2$ ( <i>adj</i> )	0.220	
Logverosimilitud (Solo Constantes)	Log (C)	-1339.50	

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, a partir del modelo estimado anteriormente, se estudió la posible correlación entre los errores de las contestaciones de los usuarios de las diferentes alternativas. Para analizar este efecto, se ha estimado un modelo logit mixto que considere la relación entre las componentes de error de las alternativas (Tabla 14).

Tabla 14. Modelo ML con efectos de panel y componentes de error a partir de datos PD agregados

Modelo logit mixto considerando efectos de panel y componentes de error (ECML)			
Descripción de la variable	Parámetro	Coefficiente	Test-t
Parámetros Aleatorios en la función de utilidad			
Tarifa (POSP)	$\beta_{TAR(POSP)}$	-0.631	-4.63
Tarifa (PUP)	$\beta_{TAR(PUP)}$	-0.497	-2.61
Tiempo de búsqueda de estacionamiento (FOSP)	$\beta_{PST(FOSP)}$	-0.147	-6.42
Parámetros NO aleatorios en la función de utilidad			
Tiempo hasta el destino (FOSP)	$\beta_{TD(FOSP)}$	-0.108	-4.38
Constante específica (POSP)	$ASC_{(POSP)}$	-2.699	-6.85
Permiso de estacionamiento anual (POSP)	$\beta_{RC(POSP)}$	0.674	1.57
Tiempo de búsqueda de estacionamiento (POSP)	$\beta_{PST(POSP)}$	-0.079	-5.46
Tiempo máximo permitido (POSP)	$\beta_{MAPT(POSP)}$	0.116	4.22
Constante específica (PUP)	$ASC_{(PUP)}$	-1.842	-3.91
Tiempo hasta el destino (PUP)	$\beta_{TD(PUP)}$	-0.150	-3.44
Llegar tarde al destino (PUP)	$\beta_{LA(PUP)}$	0.073	4.55
Constante específica (P&R)	$ASC_{(P\&R)}$	-2.538	-3.02
Tarifa (P&R)	$\beta_{TAR(P\&R)}$	-0.773	-2.66
Tiempo hasta el destino (P&R)	$\beta_{TD(P\&R)}$	-0.089	-1.96

<b>Modelo logit mixto considerando efectos de panel y componentes de error (ECML)</b>			
<b>Descripción de la variable</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Test-t</b>
Duración del estacionamiento > 6 horas (P&R)	$\beta_{TE(P\&R)}$	1.524	1.41
Llegar pronto al destino (P&R)	$\beta_{EA(P\&R)}$	0.053	2.45
Propósito de viaje - Salud (POSP & PUP)	$\beta_{HEALTH(POSP PUP)}$	0.936	1.46
Propósito de viaje - Trabajo (P&R)	$\beta_{WORK(P\&R)}$	0.857	1.78
Interacción de parámetros aleatorios con variables socioeconómicas			
Interacción Residencia & Tarifa (PUP)	$TAR - RESIDENT_{PUP}$	-0.490	-2.12
Interacción Proposito trabajo & Tarifa (POSP)	$TAR - WORK_{POSP}$	-0.311	-2.15
Interacción tiempo de búsqueda y duracion del estacionamiento (FOSP)	$PST - P\_DURATION_{FOSP}$	0.022	2.36
Desviación de las distribuciones de los parámetros aleatorios			
Desviación de las distribuciones de los parámetros aleatorios (Distribución Normal)	Sigma TAR(POSP) (N)	0.227	1.46
	Sigma TAR(PUP) (N)	0.482	2.97
	Sigma PST(FOSP) (N)	0.088	5.93
Desviación de los efectos latentes aleatorios			
Desviación de los efectos latentes aleatorios	Sigma (FOSP, POSP)	0.314	2.40
	Sigma (POSP, PUP)	0.278	1.78
	Sigma (P&R)	2.424	4.02
Logverosimilitud	Log	-1003.62	
	$\rho^2$	0.326	
	$\rho^2 (adj)$	0.251	
Logverosimilitud (Solo Constantes)	Log (C)	-1339.50	

Fuente: Elaboración propia

En primer lugar, la Tabla 12 muestra el resultado del modelo logit multinomial estimado. Este modelo no solo considera las variables específicas de las alternativas de estacionamiento (tarifa, tiempo de búsqueda, tiempo hasta el destino ...), sino también las variables socioeconómicas (edad del vehículo menor de tres años) y el propósito del viaje. Además, el modelo también incluyó las dos variables que representan el efecto de llegar antes (EA, específico de P&R) o después del tiempo estimado (LA, específico de PUP). Todos los parámetros estimados con el modelo MNL se obtuvieron con el signo esperado.

La mejor especificación del modelo logit mixto con efectos de panel también se muestra en la Tabla 13. Las variables específicas para la alternativa de estacionamiento se consideraron junto con las variables relacionadas con el hecho de que el conductor llegue antes o después de su hora prevista de llegada. Además, se incluyeron tres variables con distribuciones aleatorias (tarifa POSP, tarifa PUP y tiempo de búsqueda de FOSP), en este caso, la distribución normal se obtuvo junto con la interacción de una variable de estacionamiento específica y una variable socioeconómica ( $TAR - RESIDENT_{PUP}$  - Interacción de la tarifa PUP y residente en Santander).

Finalmente, el componente logit mixto de error con efectos de panel se presenta en la tercera columna de la Tabla 14 para analizar la correlación entre las alternativas de estacionamiento. Al igual que en los otros casos, se han considerado las variables específicas para cada alternativa de estacionamiento y, de forma similar al modelo logit mixto anterior, se han incluido las interacciones entre las variables específicas para cada alternativa de estacionamiento con factores socioeconómicos. Sin embargo, en la especificación de este modelo se ha encontrado evidencia importante que muestra la presencia de correlación entre varias alternativas de estacionamiento. Se ha encontrado una correlación entre las alternativas FOSP y POSP y entre las alternativas POSP y PUP, también se ha demostrado que la alternativa P&R no se correlaciona con las demás.

La Tabla 14 muestra que el componente de error del modelo logit mixto (ECML) proporciona el mejor ajuste con el comportamiento del conductor al realizar elecciones de estacionamiento, ya que da como resultado el valor de probabilidad de registro más bajo. Además, se realizó una prueba de relación de probabilidad para determinar el nivel de mejora del modelo de componente de error sobre el modelo logit mixto. El modelo logit mixto tiene un valor de logverosimilitud de -1044.79 y el modelo de componente de error tiene un valor de -1003.62 de logverosimilitud, entre ambos modelos hay 3 grados de libertad. Por lo tanto, el valor de la prueba de razón de verosimilitud es 82.34, que es más alto que el valor de la tabla de chi cuadrado para 3 grados de libertad y un 95% de significatividad.

---

A partir del mejor de los modelos estimados (ECML), se han obtenido tanto las elasticidades de punto directo como las elasticidades de cruzadas para cada una de las variables asociadas con cada función de utilidad, como se muestra en la Tabla 4. Este cálculo de las elasticidades ha sido Se permite obtener el efecto de las variables en cada alternativa.

Tabla 15. Elasticidad directa e indirecta para el modelo ECML

Parámetro (Alternativa)	FOSP	POSP	PUP	P&R
$PST_{(FOSP)}$	-0.2616	0.3001	0.0456	0.2593
$TD_{(FOSP)}$	-0.1444	0.145	0.0381	0.1759
$RC_{(POSP)}$	-0.0053	0.0142	-0.007	0
$TAR_{(POSP)}$	0.0823	-0.2062	0.0713	0.053
$PST_{(POSP)}$	0.0487	-0.1998	0.1312	0.0461
$MAPT_{(POSP)}$	-0.0476	0.1382	-0.0636	-0.0326
$HEALTH_{(POSP)}$	-0.0101	0.03	-0.0137	-0.0083
$TAR_{(PUP)}$	0.0126	0.0755	-0.1504	0.0929
$TD_{(PUP)}$	0.011	0.0967	-0.1742	0.0956
$LA_{(PUP)}$	-0.0088	-0.0521	0.0954	-0.0409
$HEALTH_{(PUP)}$	0	-0.0113	0.0182	-0.0119
$TAR_{(P\&R)}$	0.0564	0.0439	0.0646	-0.6112
$TD_{(P\&R)}$	0.0132	0.0077	0.0158	-0.1363
$TE_{(P\&R)}$	-0.0144	0	0	0.0749
$EA_{(P\&R)}$	-0.0066	-0.0058	-0.0095	0.0787
$WORK_{(P\&R)}$	-0.0132	-0.0077	-0.0054	0.1084

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.3.1.1. Principales evidencias obtenidas de los modelos estimados

El experimento realizado con los datos obtenidos de la encuesta de preferencias establecida utilizando los modelos estimados ha proporcionado información importante sobre el comportamiento del conductor al elegir entre las alternativas de estacionamiento disponibles. Principalmente, el trabajo realizado en este estudio ha obtenido cierta información relevante sobre la influencia de las variables analizadas.

En primer lugar, el modelo MNL estimado encontró una gran importancia para el tiempo de búsqueda para el estacionamiento, tanto para las opciones FOSP como POSP, lo que

destaca la importancia que tiene esta variable para los usuarios, ya que son precisamente estas dos alternativas de estacionamiento las que tienen los tiempos más prolongados asociados con ellos. Las elasticidades puntuales directas estimadas para el modelo ECML también fueron de alrededor de 0.2 en las alternativas FOSP y POSP. Además, también se obtuvo alta significatividad y altos valores en la elasticidad en los parámetros asociados a las variables que representan la tarifa de cada alternativa (tarifas para POSP, PUP y P&R), lo que demuestra la importancia que los usuarios asignan al costo del estacionamiento, especialmente en el caso de la alternativa P&R (elasticidad: -0.6).

Sobre la base de los resultados del modelo MNL, el modelo logit mixto con efectos de panel se estimó en las respuestas del usuario, lo que permitió considerar parámetros aleatorios ( $\beta_{\text{TAR(POSP)}}$ ,  $\beta_{\text{TAR(PUP)}}$  and  $\beta_{\text{PST(FOSP)}}$ ). Se encontró que una distribución normal representa la forma más apropiada de la situación estudiada; Esto ha sido corroborado por un análisis de la investigación en otras áreas de estudio (Sillano y Ortúzar, 2005).

Como se explicó anteriormente, para analizar la aleatoriedad de la variable de la tarifa de estacionamiento subterráneo, se interactuó con la variable socioeconómica que representa la residencia en Santander, lo que dio como resultado la variable de interacción  $\text{TAR} - \text{RESIDENT}_{\text{PUP}}$ . Esta variable fue significativa y negativa, lo que significa que los residentes tienen menos disposición que los no residentes a pagar por estacionar en aparcamientos subterráneos. Por otro lado, se ha encontrado evidencia de la influencia del viaje para fines de trabajo en la aleatoriedad de la tarifa de estacionamiento variable en el estacionamiento en la calle, lo que resulta en la variable de interacción  $\text{TAR} - \text{WORKPOSP}$ . Esta variable presentaba un signo negativo, es decir, la utilidad de la alternativa disminuye para el propósito del trabajo. Finalmente, para explicar la aleatoriedad del tiempo de búsqueda de estacionamiento en el estacionamiento en la calle, se estudió la interacción con la duración alternativa del estacionamiento, resultando significativa la variable  $\text{PST} - \text{PARKING\_DURATION}_{\text{FOSP}}$ , lo cual, evidencio la existencia de aleatoriedad con motivo de la duración del estacionamiento.

---

En segundo lugar, se encontraron resultados importantes sobre la relevancia que tienen otras variables en las diferentes alternativas de estacionamiento utilizadas en el experimento. Uno de los aspectos más destacados en este sentido es la importancia del parámetro RC (asociado con la propiedad de un permiso de estacionamiento en la zona POSP cerca de su hogar) para la alternativa de estacionamiento en la calle pagado junto con el parámetro MAPT que limita el tiempo máximo permitido de la estancia. La importancia del parámetro RC muestra la mayor disposición de los usuarios de POSP para utilizar este sistema en una zona diferente de la ciudad. La variable MAPT muestra la mayor disposición de los conductores a utilizar POSP si aumentan los tiempos máximos de estacionamiento permitidos. Esta variable presentó una elasticidad directa en el modelo ECML de 0.14.

Para determinar la influencia del propósito del viaje en la elección del estacionamiento, se han incluido las variables trabajo del propósito del viaje y salud del propósito del viaje cuando se trata de viajes en la hora pico de la mañana. Entre estas variables, solo el TRABAJO en P&R alternativa fue significativo. Por otro lado, el parámetro asociado con la variable SALUD ha sido significativo en las alternativas PUP y POSP.

En el caso del estacionamiento subterráneo de pago (PUP), se encontró una importancia para los parámetros  $\beta_{AGE(PUP)}$  (asociada con la edad del vehículo que tiene menos de tres años), pero solo se encontró significativa en el modelo MNL, y LA (asociado a llegar tarde a su destino). El caso de la variable LA muestra la disposición de los usuarios a elegir estacionamientos subterráneos si creen que van a llegar tarde a su destino; tener una mayor disposición a pagar una tarifa más alta para reducir su tiempo de acceso al destino. Esta afirmación también está respaldada por la elasticidad directa relevante de la variable TD.

En el caso de Park&Ride, se encontró una importancia para los parámetros  $\beta_{AGE(PUP)}$  (asociado con el estacionamiento por más de 6 horas), pero solo se encontró la singularidad en el modelo MNL y EA (asociado con la llegada anterior a la hora prevista

---

de llegada). La variable EA muestra que los conductores usarán el sistema P&R con mayor probabilidad si llegan antes de lo esperado.

Además, debido a la evidencia que apunta a la correlación entre las diferentes alternativas de estacionamiento consideradas en la encuesta, se decidió mejorar este modelo logit mixto considerando el componente de error. La aplicación del modelo de componente de error nos permitió mostrar la correlación entre las diferentes alternativas de estacionamiento. La Tabla 3 muestra una correlación inicial entre las alternativas de estacionamiento en la calle (FOSP y POSP). Luego se abordó la correlación potencial entre las tres alternativas que requerían el pago por estacionamiento. Aunque se encontró que esta correlación no era significativa, se encontró que la correlación entre las alternativas POSP y PUP y el sistema P&R no se correlacionaba con ninguna de las otras alternativas. El modelado de estas correlaciones permite simular cuotas de mercado más realistas de las alternativas.

Utilizando los resultados obtenidos de los modelos, se puede determinar que los usuarios observan una correlación de mayor importancia entre las alternativas de estacionamiento en la calle. Esto se debe principalmente a la configuración que presentan ambas alternativas, en muchos casos presentan limitaciones espaciales poco definidas y se presentan conjuntamente en la misma área con poca segregación. Esta configuración hace que la búsqueda de estacionamiento en muchos casos pueda ser conjunta en ambas alternativas.

Por otro lado, la correlación entre POSP y PUP puede tener un valor más bajo porque estas alternativas tienen una mayor segregación física, mientras que el POSP está en vías públicas; El PUP está segregado en recintos privados.

Finalmente, en el caso de P&R, no se encontraron evidencias de correlación con las otras alternativas, lo que puede deberse a las características de esta alternativa, ya que normalmente se encuentra en un recinto segregado, pero fuera de la ciudad y lejos del resto de alternativas de estacionamiento.

### 5.2.3.2 Modelización con datos desagregados por tipo de usuario en base al estacionamiento seleccionado

Como se ha indicado anteriormente, adicionalmente a los modelos presentados anteriormente, se han estimado modelos desagregados para los diferentes tipos de usuarios (usuarios de FOSP, usuarios de POSP y usuarios de PUP).

En los resultados de los modelos presentados anteriormente, se han evidenciado las diferencias existentes entre los usuarios de cada alternativa. Por este motivo, se han estimado modelos desagregados para cada tipo de usuario. Estos modelos permitirán obtener el comportamiento diferenciado frente al resto de alternativas de cada tipo de usuarios.

Las siguientes variables resultaron ser significativas en los modelos estimados:

- $ASC_{FOSP}$ : Constante específica para la alternativa FOSP.
  - $ASC_{POSP}$ : Constante específica para la alternativa POSP.
  - $ASC_{PUP}$ : Constante específica para la alternativa PUP.
  - $ASC_{P\&R}$ : Constante específica para la alternativa P&R.
  - $\beta_{TAR}$ : Tarifa de estacionamiento, parámetro específico para cada alternativa.
  - $\beta_{PST}$ : Tiempo de búsqueda de estacionamiento, parámetro específico para las alternativas POSP y PUP.
  - $\beta_{TD}$ : Tiempo caminando hasta el destino desde el estacionamiento, parámetro específico para cada alternativa.
  - $\beta_{MAPT}$ : Tiempo máximo de estacionamiento permitido, parámetro específico para las alternativas POSP y P&R.
  - $\beta_{TP}$ : Variable dummy relativa al tiempo estacionado (vale 1 si son 2 horas o menos y 0 en otros casos). Parámetro específico para el POSP alternativo.
  - $\beta_{RC}$ : Permiso de estacionamiento anual para estacionar en el área de POSP donde se encuentra su hogar.
  - $\beta_{INFO}$ : Variable dummy relacionada con la presencia de información sobre los espacios de estacionamiento disponibles y el tiempo de espera para el transporte
-

público. Parámetro específico relativo a la alternativa P&R.

- $\beta_{LA}$ : Variable indicativa del escenario que representa el caso de llegar más tarde del tiempo deseado.
- $\beta_{EA}$ : variable indicativa del escenario que representa el caso de llegar antes del tiempo deseado.
- $TAR - HOME_{POSP}$ : Interacción de la variable socioeconómica del viaje de regreso a casa y la tarifa asociada al POSP alternativo de estacionamiento.
- $TAR - RESIDENT_{PUP}$ : Interacción de la variable socioeconómica residente en el área de estudio y la tarifa asociada con la alternativa de estacionamiento PUP.

Las Tabla 16, Tabla 17 y Tabla 18, muestran los modelos estimados para cada uno de los grupos de usuarios que se han dividido según el tipo de estacionamiento utilizado en el momento de la encuesta. En primer lugar, se muestra el modelo de elección de usuario de FOSP seguido de los modelos para los usuarios de POSP y PUP. Cada tipo de usuarios podía elegir entre todas las alternativas de estacionamiento disponibles correspondientes a la zona en la que se encontraban. Además, la alternativa de P&R se puso a disposición de los no residentes que comenzaron su viaje desde fuera de la ciudad.

Los modelos muestran que todas las variables llevan el signo esperado, donde el precio, el tiempo de búsqueda de estacionamiento y el tiempo caminando hasta el destino son negativos y el resto de las variables tienen un signo positivo.

En estos modelos, se encontró evidencia de la presencia de distribución aleatoria en la variable de tarifa, asociada con las alternativas FOSP y PUP. En ambos casos se encontró que la distribución normal era la que mejor ajuste proporcionaba al modelo.

Por otro lado, en la estimación de los modelos también consideró la interacción de variables específicas de las alternativas con variables socioeconómicas (SE), como el propósito del viaje realizado y la residencia o no en la ciudad (Santander). Encontramos que el único atributo que tuvo interacciones de este tipo fue la tarifa pagada por estacionamiento en la calle, POSP y estacionamiento subterráneo. Estas interacciones se

---

han obtenido en el caso de los modelos específicos para los usuarios de FOSP y PUP. Finalmente, al igual que en los modelos agregados, se ha considerado la correlación entre las contestaciones de cada usuario mediante a la consideración de efectos de panel en las contestaciones. En primer lugar, la Tabla 16 muestra el modelo logit mixto estimado para los usuarios de FOSP.

Tabla 16. Modelo logit mixto de usuarios de FOSP.

Usuarios de FOSP - ML			
Descripción de la variable	Parámetro	Coefficiente	Test-t
Parámetros Aleatorios en la función de utilidad			
Tarifa (POSP)	$\beta_{TAR(POSP)}$	-0,663	-4,51
Tarifa (PUP)	$\beta_{TAR(PUP)}$	-0,677	-2,56
Parámetros NO aleatorios en la función de utilidad			
Constante específica (FOSP)	$ASC_{FOSP}$	1,197	3,03
Constante específica (POSP)	$ASC_{POSP}$	-0,898	-1,93
Tarifa (P&R)	$\beta_{TAR(P\&R)}$	-0,414	-2,44
Tiempo de búsqueda de estacionamiento (FOSP)	$\beta_{PST(FOSP)}$	-0,015	-1,87
Tiempo de búsqueda de estacionamiento (POSP)	$\beta_{PST(POSP)}$	-0,034	-2,03
Tiempo hasta el destino (FOSP)	$\beta_{TD(FOSP)}$	-0,071	-3,73
Tiempo hasta el destino (PUP)	$\beta_{TD(PUP)}$	-0,155	-1,98
Tiempo máximo permitido (POSP)	$\beta_{MAPT(POSP)}$	0,203	4,3
Tiempo máximo permitido (P&R)	$\beta_{MAPT(P\&R)}$	0,025	1,51
Llegar tarde al destino	$\beta_{LA}$	0,069	3,11
Llegar pronto al destino	$\beta_{EA}$	0,058	2,22
Interacciones de los parámetros aleatorios con variables socioeconómicas			
Interacción de la tarifa de POSP con el propósito de viaje Hogar	$TAR - HOME_{POSP}$	-0,808	-1,95
Interacción de la tarifa de POSP con la residencia del usuario	$TAR - RESIDENT_{PUP}$	-1,855	-1,63
Desviación de las distribuciones de los parámetros aleatorios			
	Sigma TAR(POSP) (N)	0,535	4,21
	Sigma TAR(PUP) (N)	1,994	2,33
Logverosimilitud	Log	-483.116	
Logverosimilitud (Solo Constantes)	Log (C)	-556.895	
	$\rho^2$	0.132	

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la Tabla 17 se presentan los resultados del modelo logit mixto estimado para los usuarios de POSP.

Tabla 17. Modelo logit mixto de usuarios de POSP

Usuarios de POSP - ML			
Descripción de la variable	Parámetro	Coefficiente	Test-t
Parámetros Aleatorios en la función de utilidad			
Tarifa (PUP)	$\beta_{TAR(PUP)}$	-0,603	-1,71
Parámetros NO aleatorios en la función de utilidad			
Constante específica (POSP)	$ASC_{POSP}$	-1,402	-3,65
Constante específica (PUP)	$ASC_{PUP}$	-0,477	-2,15
Constante específica (P&R)	$ASC_{P\&R}$	-1,485	-3,13
Tiempo de búsqueda de estacionamiento (FOSP)	$\beta_{PST(FOSP)}$	-0,092	-7,67
Tiempo de búsqueda de estacionamiento (POSP)	$\beta_{PST(POSP)}$	-0,124	-5,61
Tiempo hasta el destino (PUP)	$\beta_{TD(PUP)}$	-0,227	-2,73
Tiempo hasta el destino (P&R)	$\beta_{TD(P\&R)}$	-0,79	-4,15
Tiempo de estacionamiento = 2 horas	$\beta_{TP(POSP)}$	0,745	2,36
Permiso de estacionamiento anual	$\beta_{TR}$	0,533	1,89
Disponibilidad de información del estado del estacionamiento	$\beta_{INFO}$	1,013	1,98
Llegar tarde al destino	$\beta_{LA}$	0,072	3,1
Desviación de las distribuciones de los parámetros aleatorios			
	Sigma TAR(PUP) (N)	0,104	0,21
Logverosimilitud	Log	-271.870	
Logverosimilitud (Solo Constantes)	Log (C)	-343.828	
	$\rho^2$	0.21	

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, al igual que en los casos anteriores, en la Tabla 18 se muestran los resultados del modelo logit mixto estimado para los usuarios de PUP.

Tabla 18. Modelo logit mixto de usuarios de PUP

Users of PUP - ML			
Variable Name	Parameter	Coefficient	T- stat
Parámetros Aleatorios en la función de utilidad			
Tarifa (FOSP)	$\beta_{TAR(POSP)}$	-1.353	-3,15
Tarifa (PUP)	$\beta_{TAR(PUP)}$	-0,226	-0,74

## 5. Aplicación práctica: Caso de estudio de Santander

Parámetros NO aleatorios en la función de utilidad			
Constante específica (POSP)	$ASC_{POSP}$	1,937	2,06
Constante específica (PUP)	$ASC_{PUP}$	1,572	1,75
Tarifa (P&R)	$\beta_{TAR(P\&R)}$	-0,848	-2,21
Tiempo de búsqueda de estacionamiento (FOSP)	$\beta_{PST(FOSP)}$	-0,039	-2,43
Tiempo de búsqueda de estacionamiento (POSP)	$\beta_{PST(POSP)}$	-0,104	-4,4
Tiempo hasta el destino (POSP)	$\beta_{TD(POSP)}$	-0,142	-3,44
Tiempo hasta el destino (PUP)	$\beta_{TD(PUP)}$	-0,256	-4,1
Tiempo hasta el destino (P&R)	$\beta_{TD(P\&R)}$	-0,087	-1,54
Llegar tarde al destino	$\beta_{LA}$	0,05	2,33
Interacciones de los parámetros aleatorios con variables socioeconómicas			
Interacción de la tarifa de POSP con el propósito de viaje Trabajo	$TAR - WORK_{POSP}$	-1,19	-1,52
Interacción de la tarifa de POSP con la residencia del usuario	$TAR - RESIDENT_{PUP}$	-1,348	-3,21
Desviación de las distribuciones de los parámetros aleatorios			
	Sigma TAR(POSP) (N)	1,194	3,1
	Sigma TAR(PUP) (N)	1,233	5,36
Logverosimilitud	Log	-272.302	
Logverosimilitud (Solo Constantes)	Log (C)	-360.923	
	$\rho^2$	0.245	

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente a los modelos estimados para los usuarios de cada una de las tres alternativas analizadas, se ha estudiado la elasticidad directa de las variables tenidas en cuenta en el estudio frente a cada alternativa de estacionamiento (Tabla 19).

Tabla 19. Elasticidad directa y cruzada de las variables incluidas en los modelos por tipo de usuario realizados

Coeficiente	Usuarios de FOSP				Usuarios de POSP				Usuarios de PUP			
	FOPS	POSP	PUP	P&R	FOPS	POSP	PUP	P&R	FOPS	POSP	PUP	P&R
PST	-0.04				-0.841	-0.336			-0.392	-0.086		
TD	-0.12		-0.024				-0.095	-0.667		-0.162	-0.371	-0.077
TAR		-0.290	-0.007	-0.216			-0.068			-0.251	-0.247	-0.373
TR						0.022						
TP						0.244						
LA		0.136	0.018				0.042				0.068	
EA				0.063								

Coeficiente	Usuarios de FOSP				Usuarios de POSP				Usuarios de PUP			
	FOPS	POSP	PUP	P&R	FOPS	POSP	PUP	P&R	FOPS	POSP	PUP	P&R
MAPT				0.064								
INFO								0.102				

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.3.2.1. Evidencias obtenidas de los usuarios de FOSP

En el caso específico de los usuarios de estacionamiento gratuito en la calle, inicialmente encontramos que la única variable que tenía una distribución aleatoria era la tarifa, en los casos de POSP y PUP. Estos hallazgos revelan que los usuarios de FOSP tienen una percepción heterogénea de la importancia de las tarifas para POSP y PUP; en otras palabras, existe una importante variabilidad en el peso que cada individuo coloca en estos atributos.

El estudio de los pesos (Tabla 16) y las elasticidades (Tabla 19) de los parámetros muestra cómo los parámetros con el peso más alto son los relacionados con las tarifas de estacionamiento para POSP, PUP y P&R. Estos grupos de variables aleatorias también presentan interacciones con las variables SE (si son residentes de la ciudad y si el destino es su hogar), la interacción de la tarifa POSP con la variable indicativa del hogar de destino sugiere la existencia de poca voluntad por parte Los usuarios del estacionamiento gratuito en la calle deben pagar para estacionar en la calle cuando regresen a casa. Por otro lado, la interacción de la tarifa PUP con la variable indicativa de residencia en la ciudad indica que los usuarios de este tipo de estacionamiento que viven en la ciudad están menos dispuestos a estacionar en estacionamientos subterráneos pagados.

El parámetro relativo al tiempo de búsqueda de estacionamiento FOSP tiene poca importancia, menor coeficiente y valor de elasticidad que el tiempo de búsqueda de POSP, lo que sugiere que los usuarios de esta alternativa de estacionamiento valoran el tiempo de búsqueda menos en las áreas del POSP que en las áreas del FOSP.

En este caso, el parámetro  $\beta_{\text{MAPT(POSP)}}$  asociado con la variable de tiempo de estacionamiento máximo permitido fue positivo y significativo, lo que indica que estos usuarios estarían más dispuestos a estacionarse en las áreas de POSP si el tiempo permitido aumentara.

En el caso específico de los usuarios del estacionamiento gratuito en la calle, el modelo muestra que en el caso de llegar temprano (variable EA) a su destino, estos usuarios están dispuestos a cambiar a P&R. En el caso contrario, si los usuarios llegan tarde a su destino (variable LA), están dispuestos a cambiar a POSP o PUP para reducir su tiempo de caminando hasta el destino.

#### **5.2.3.2.2. Evidencias obtenidas de los usuarios de POSP**

Al igual que en el caso anterior, el modelo que se refiere a los usuarios de POSP encontró evidencia de distribución aleatoria en la tarifa, pero en este caso solo en el parámetro asociado a la tarifa PUP. Aquí, el parámetro de tarifa para POSP tenía poca importancia y por esa razón no estaba incluido en el modelo.

En el caso de los usuarios que eligieron la alternativa de estacionamiento en la calle, al observar las elasticidades de las variables de los modelos (Tabla 19), se han llegado a varias conclusiones sobre cuáles son las más relevantes. Las variables relacionadas con el tiempo dedicado a buscar un espacio de estacionamiento en la calle son de la mayor importancia. Esto muestra lo importante que es el tiempo de búsqueda del lugar de estacionamiento para estos usuarios.

Otros hallazgos relevantes en este modelo son las variables TP (POSP) e INFO. La variable TP (POSP), como se mencionó anteriormente, indica que la duración de la estadía en el área de POSP es de menos de dos horas, lo que sugiere que esta es una opción atractiva para los usuarios de POSP si van a permanecer por menos de dos horas, incluso si el tiempo máximo permitido es más largo que esta cifra. El parámetro asociado a la variable INFO que aborda la disponibilidad de información sobre los espacios de estacionamiento gratuitos en el área para P&R también es significativo con un alto

---

coeficiente, lo que sugiere que los usuarios de POSP que no son residentes en el área de estudio tienen una mayor disposición a cambiar su elección de estacionamiento y utilizar el servicio de P&R si la información está disponible.

En el caso del POSP, un análisis de la variable TR mostró que si poseen un permiso para estacionar en el área donde viven, mostró que cuando viajan a otra parte de la ciudad donde su permiso no es válido, son más Es probable que elija la alternativa POSP.

#### **5.2.3.2.3. Evidencias obtenidas de los usuarios de PUP**

Al igual que en los casos anteriores, el modelo de usuario PUP se ha analizado para estudiar el comportamiento de este grupo de usuarios en el proceso de hacer su elección de estacionamiento. En primer lugar, encontramos que la variable de tarifa tenía una distribución aleatoria que también estaba presente en los parámetros asociados a las alternativas de estacionamiento POSP y PUP, mostrando, como en los casos anteriores, la presencia de heterogeneidad en la percepción de esta variable.

Como se puede obtener del análisis de elasticidades (Tabla 19), la variable con mayor influencia en las decisiones de los usuarios del estacionamiento subterráneo pagado es el tiempo necesario para encontrar un lugar de estacionamiento gratuito en la calle. Además, el tiempo de búsqueda de estacionamiento es menos importante para los usuarios de POSP, ya que estos tiempos suelen ser más cortos.

Con respecto a las tarifas de estacionamiento, de los resultados se puede concluir que la tarifa a la que los usuarios de estacionamiento subterráneo son más sensibles es la P&R. Además, los parámetros con mayor peso son aquellos que se relacionan con las tarifas de estacionamiento alternativas y las interacciones de las tarifas con las variables SE (si el conductor reside en la ciudad y su destino es su hogar).

Finalmente, para estos usuarios, el modelo demostró que la variable del tiempo caminando hasta el destino es importante, lo que indica que para los usuarios de PUP el tiempo caminando hasta el destino (TD) desde los estacionamientos subterráneos es la variable más importante después del tiempo de búsqueda de estacionamiento.

---

#### **5.2.4 Conclusiones de los modelos desarrollados a partir de datos de Preferencias Declaradas**

Es relevante la determinación de una mayor disposición de los residentes a estacionarse en aparcamientos subterráneos en comparación con los no residentes. Esto muestra que los residentes tienen menor disposición a pagar por estacionar que los no residentes, lo cual, se debe, entre otras cosas, a la mayor frecuencia de viajes en vehículo privado de los no residentes. Por otro lado, en el caso de los usuarios que viven en la ciudad, se encontraron diferencias en el comportamiento de estacionamiento y las percepciones entre los residentes en el centro de la ciudad y los que viven fuera del centro.

También es importante resaltar la importancia de la hora de llegada en función a la deseada en el contexto de elección, pudiendo llegar a producir cambios de alternativa de estacionamiento. El modelo muestra que cuando los conductores creen que llegarán más tarde de lo que esperaban a su destino, están más dispuestos a estacionarse en aparcamientos subterráneos pagados porque, aunque cobran una tarifa más alta, la posibilidad de aparcar rápidamente es mucho mayor que en alternativas de menor coste. Sin embargo, cuando los conductores creen que van a llegar temprano a su destino, el modelo muestra que están dispuestos a cambiar su elección al sistema Park and Ride, aunque en realidad aún no existe. Este indicador podría considerarse como un importante punto de partida al introducir un sistema de Park and Ride en la ciudad que contribuiría a una reducción de la congestión y de los niveles de contaminación.

Además, los resultados en el estudio de la correlación de alternativas de estacionamiento, permite obtener un punto de partida para la zonificación de las áreas de estacionamiento en las ciudades teniendo en cuenta las alternativas de estacionamiento existentes.

##### **5.2.4.1. Conclusiones modelos desagregados**

A partir de los modelos desagregados desarrollados, se puede observar cómo varía la percepción de los distintos grupos de usuarios con respecto al tiempo de búsqueda de estacionamiento. Los usuarios de POSP y PUP tienen peor percepción del tiempo de

---

búsqueda que los usuarios de FOSP, los cuales, están más dispuestos a mayores tiempos de búsqueda de estacionamiento.

Analizando las variables EA y LA, referentes a que en escenario presentado en la encuesta se tuviera en cuenta la posibilidad de llegar antes del instante deseado de llegada o después, se aprecian resultados relevantes. Los usuarios de FOSP en el caso de llegar antes del horario deseado, tendrían disposición a cambiar a la alternativa P&R, sin embargo, en el caso de llegar tarde, tendrían disposición a pagar por aparcar y usar las alternativas POSP y PUP. Para los usuarios de POSP se ha obtenido que en caso de llegar tarde tendrían disposición a cambiar a la alternativa de PUP. Por último, para los usuarios de la alternativa PUP en caso de llegar tarde le darían mayor utilidad a su alternativa de estacionamiento, es decir, PUP. Estas evidencias denotan que los usuarios que optan por una alternativa de pago no cambian a una gratuita en el caso de llegar antes de la hora deseada ante la incertidumbre de encontrar una plaza donde estacionar.

Existen otros aspectos importantes que merecen la pena ser mencionados:

- Los usuarios de estacionamiento no residentes en el área de estudio tienen mayor disponibilidad a pagar por aparcar que los usuarios residentes en la ciudad.
- Todos los grupos de usuarios analizados tienen peor percepción del tiempo de acceso hasta el destino que del tiempo empleado en la búsqueda de estacionamiento.
- Los usuarios de FOSP tienen mayor disposición al cambio a POSP o P&R en el caso de que el tiempo máximo de estacionamiento permitido de esas alternativas aumentase.

En términos generales, la caracterización desarrollada para cada uno de los grupos de usuarios de estacionamiento permite obtener varias conclusiones posibles para el desarrollo de diferentes políticas de estacionamiento:

- Si la ciudad recibe gran cantidad de conductores no residentes, como turistas o trabajadores con viajes ocasionales, la tarifa podría ser algo mayor que en el caso de ciudades con menos viajes de no residentes

- Si se desea conseguir que los usuarios de FOSP cambien de alternativa de estacionamiento a POSP o P&R, por ejemplo, debido a ampliaciones de las zonas de POSP, una política a desarrollar sería ampliar el tiempo máximo permitido de estacionamiento sin necesidad de desplazar el vehículo.
- En el caso de la instalación de un sistema P&R, como se extrae del modelo desarrollado, para que los actuales usuarios de POSP y PUP cambiasen a dicha alternativa de estacionamiento; este sistema de P&R debería tener un bajo tiempo de acceso entre otras medidas.

### **5.3 Aplicación de metodologías basadas en datos obtenidos con encuestas de Preferencias Reveladas**

Los datos obtenidos a partir de las encuestas de preferencias reveladas se han desarrollado modelos de elección discreta con el fin de analizar la existencia de distintas estructuras de correlación espacial entre las zonas y las alternativas de estacionamiento. Para llevar a cabo el análisis indicado, se han aplicado modelos logit mixto que consideren la posible existencia de correlación entre los residuos de los errores, dando lugar a modelos logit mixto con componentes de error.

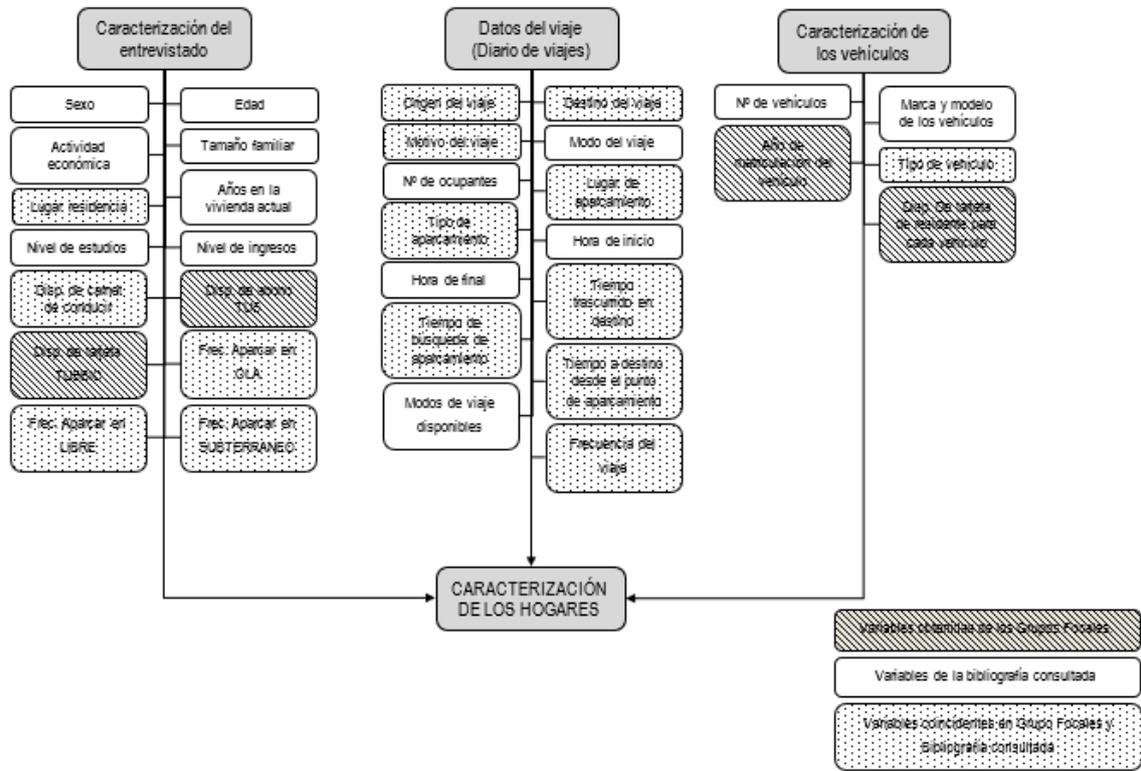
Al igual que en el epígrafe anterior, los resultados que se presentan en este epígrafe han sido objeto de comunicación científica durante el desarrollo de la presente tesis doctoral, tanto en artículos publicados en revistas internacionales (Antolín et al., 2016c) como en ponencias presentadas en congresos científicos (Antolín et al., 2018).

#### **5.3.1 Metodología de recolección de datos de Preferencias Reveladas**

Las encuestas de preferencias reveladas permiten conocer que variables son las más valoradas por los usuarios de estacionamientos urbanos a la hora de decidir qué alternativa de estacionamiento y que zona elegir. Por lo tanto, permite obtener las variables más relevantes en la elección de cada una de las alternativas de estacionamiento disponibles.

Una vez definidas y extraídas las variables más determinantes de la revisión del estudio del arte y de los Grupos Focales se ha procedido al diseño de una Encuesta Piloto de Movilidad, en la cual se ha incluido la novedad del cuestionario acerca de los diferentes sistemas de estacionamiento usados por cada individuo, así como la información referente a cada alternativa de estacionamiento empleado. A través de la Encuesta Definitiva de Preferencias Reveladas se ha encuestado una muestra total de 801 hogares consiguiendo un total de 1655 individuos encuestados mayores de 12 años y 4646 viajes recogidos en los Diarios de Viaje.

Figura 27. Descripción de las variables tenidas en cuenta para la encuesta domiciliaria



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 27 se describe cuáles han sido las variables que se han en cuenta para el diseño de la encuesta domiciliaria, como se puede apreciar en la imagen, se han resaltado con diferentes colores las variables usadas en la encuesta domiciliaria respecto a su procedencia, ya sean de los MGF y GF previamente realizados o de la bibliografía consultada.

Debido a que la encuesta ha estado completamente orientada al análisis de los diferentes sistemas de estacionamiento se ha prescindido de la información acerca de los hogares por ser irrelevante para los objetivos del estudio, y se ha profundizado en la caracterización de cada miembro del hogar (donde igualmente queda recogida indirectamente información sobre el hogar en su conjunto), así como, la información acerca de los vehículos existentes, sus características y lugar de estacionamiento en cada domicilio, como se puede apreciar en la Figura 28.

Figura 28. Caracterización de los usuarios y de los vehículos del domicilio

**ENCUESTA DE VIAJES**

**INFORMACIÓN SOBRE LOS VEHÍCULOS**

14. Por favor enumere los vehículos que se utilizan en su hogar

1) Marca \_\_\_\_\_ Modelo \_\_\_\_\_ Año de compra \_\_\_\_\_ ¿Dispone de tarjeta de residente? \_\_\_\_\_

Miembros del hogar que lo utilicen (nombre de pila) \_\_\_\_\_

Tipo de vehículo:  Coche  Furgoneta  Garaje en vivienda  Zona OLA  
 Moto  Otros  Libre en la calle  Otros

2) Marca \_\_\_\_\_ Modelo \_\_\_\_\_ Año de compra \_\_\_\_\_ ¿Dispone de tarjeta de residente? \_\_\_\_\_

Miembros del hogar que lo utilicen (nombre de pila) \_\_\_\_\_

Tipo de vehículo:  Coche  Furgoneta  Garaje en vivienda  Zona OLA  
 Moto  Otros  Libre en la calle  Otros

3) Marca \_\_\_\_\_ Modelo \_\_\_\_\_ Año de compra \_\_\_\_\_ ¿Dispone de tarjeta de residente? \_\_\_\_\_

Miembros del hogar que lo utilicen (nombre de pila) \_\_\_\_\_

Tipo de vehículo:  Coche  Furgoneta  Garaje en vivienda  Zona OLA  
 Moto  Otros  Libre en la calle  Otros

4) Marca \_\_\_\_\_ Modelo \_\_\_\_\_ Año de compra \_\_\_\_\_ ¿Dispone de tarjeta de residente? \_\_\_\_\_

Miembros del hogar que lo utilicen (nombre de pila) \_\_\_\_\_

Tipo de vehículo:  Coche  Furgoneta  Garaje en vivienda  Zona OLA  
 Moto  Otros  Libre en la calle  Otros

**ENCUESTA DE VIAJES**

**INFORMACIÓN SOBRE LAS PERSONAS DEL HOGAR**

1. Nombre de pila o identificación de la persona \_\_\_\_\_

2. Sexo  Varón  Mujer  Edad \_\_\_\_\_

4. Parentesco respecto al cabeza de hogar:  El mismo  Otro pariente  Empleado  Cónyuge  Amigo  No existe  Hijo

5. ¿Dispone de carné de conducir?  No  Sí  Cuál \_\_\_\_\_

6. Nivel de estudios:  No tiene  EGB, ESO  Bachillerato, BUP, COU  Formación profesional  Universitario

7. ¿Dispone de abono del TUS?  No  Sí  Cuál \_\_\_\_\_

8. ¿A qué se dedica actualmente?

Trabajador activo:  Jornada completa  Jornada parcial  Ocasional

Estudia:  Colegio  Instituto  Universidad  Otro

Otros:  Labores del hogar  Pensionista  Desempleado  Otro

9. Nivel de ingresos:  No tiene  ≤ 800 €/mes  Entre 600 - 1.200 €/mes  Entre 1.200 - 2.500 €/mes  ≥ 2.500 €/mes

10. ¿Cuántos años lleva viviendo en el mismo hogar? \_\_\_\_\_

11. ¿Con qué frecuencia aparca en zona OLA?  Diariamente  Semanalmente  Mensualmente  Nunca

12. ¿Con qué frecuencia aparca en aparcamiento subterráneo?  Diariamente  Semanalmente  Mensualmente  Nunca

13. ¿Dispone de tarjeta de USBIC (Bicicleta pública)?  No  Sí  Cuál \_\_\_\_\_



Grupo de Investigación en Sistemas de Transporte - Universidad de Cantabria - Avda. de los Castros s/n. 39005 Santander - Tel. 942 701 566




Grupo de Investigación en Sistemas de Transporte - Universidad de Cantabria - Avda. de los Castros s/n. 39005 Santander - Tel. 942 701 566

Fuente: Elaboración propia

El diario de viajes (Figura 28) igualmente, presenta modificaciones y actualizaciones con respecto a los cuestionarios efectuados anteriormente (en base a las variables detectadas en los GF) siendo todas ellas cuestiones referidas al lugar de estacionamiento, número de ocupantes del vehículo, tipología de estacionamiento (gratuito en la calle, de pago en la calle o de pago subterráneo), hora de inicio de viaje, hora de llegada a destino, hora hasta la cual se queda en el destino y tiempo de búsqueda de estacionamiento.

## 5. Aplicación práctica: Caso de estudio de Santander

Figura 29. Diario de viajes de la encuesta

**ENCUESTA DE VIAJES**

1. Nombre de pila o identificador de la persona \_\_\_\_\_ 2. Día y mes del viaje \_\_\_\_\_

**INFORMACIÓN SOBRE LOS VIAJES REALIZADOS EN UN DÍA LABORABLE (de martes a jueves)**

Anotar todos aquellos viajes o desplazamientos que hayan superado los 5 minutos.

**Guía para rellenar el diario de viajes:**  
 El Sr. Pérez sale de su domicilio en la calle Gal. Dávila a las 9:00 y coge su coche en dirección al trabajo, pero antes debe llevar a su hijo al colegio, y de allí ya se dirige al trabajo. A las 15:00 sale de su trabajo y se dirige a casa a comer, y no realiza más viajes en ese día.  
 En base a este ejemplo, el diario de viajes del Sr. Pérez debería quedar así:

**Viaje nº1:** De C/ Gal. Dávila, 12 al colegio situado en la Avda. de los Castros (colegio "Manuel Llano"). Motivo: De 1 (casa) A 3 (llevar al colegio). Modo de transporte: 5 (coche conduciendo). Número de ocupantes: (dos). Lugar de aparcamiento: Avda. de Los Castros. Tipo de aparcamiento: 1 (Libre). Tiempo de búsqueda de aparcamiento: 1 minuto. Hora de inicio: 9:00. Hora del fin: 9:15. Hora hasta que se queda en destino: 9:20. Modos disponibles: (los que sean). Frecuencia: 1 (diaria).

**Viaje nº2:** Del colegio situado en la Avda. de los Castros a la calle Marqués de la Hermita, 70 (dirección del trabajo). Motivo: De 3 (llevar al colegio) a 2 (trabajo). Modo de transporte: 5 (coche conduciendo). Número de ocupantes: (uno). Lugar de aparcamiento: (Marqués de la Hermita). Tipo de aparcamiento: 1 (Libre). Tiempo de búsqueda de aparcamiento: 10 minutos. Hora de inicio: 9:20. Hora del fin: 9:40. Hora hasta que se queda en destino: 15:00. Modos disponibles: (seleccione los que sean). Frecuencia: 1 (diaria).

**\*NOTA:** Si usted se queda en el destino del viaje n°1 hasta las 9:20h, el viaje siguiente, en este caso el viaje n°2 debería empezar a esa misma hora, las 9:20 h si entre el viaje n°1 y el n°2 no hay viajes menores de 5 minutos, los cuales, no es necesario reportar.

V i a j e	Lugar de origen (con la mayor exactitud posible)	Lugar de destino (con la mayor exactitud posible)	Motivo del viaje (¿usted salió? "De" (D) y llegó "A" (A) (N). El motivo de llegada "A" (N), en un viaje será el motivo de salida, "De" (N), en el siguiente viaje)	Modo de transporte utilizado	Número de ocupantes del vehículo (en caso de modo coche)	Lugar de aparcamiento (en caso de modo coche)	Tipo de aparcamiento	Hora de inicio del viaje	Hora de llegada al destino	Hora hasta que se queda en destino	Tiempo de búsqueda de aparcamiento (minutos) (en caso de modo coche)	Modos de transporte Disponibles (para realizar ese viaje)	Frecuencia del viaje
			De: A: 1. Casa 2. Trabajo 3. Llevar al colegio/acompañar 4. Estudios (colegio/universidad) 5. Compras 6. Sanidad (médico/hospital) 7. Ocio, diversión 8. Otros	1. A pie 2. A sie usando fúrculor o este. Mecánicas 3. Bicicleta 4. Bicicleta pública 5. Moto 6. Coche (conduciendo) 7. Coche (acompañante) 8. Taxi 9. Autobús 10. Tren	Número de ocupantes del vehículo en este viaje (incluyendo cose a usted)	Calle o lugar de aparcamiento.	Indicar si aparca en: 1. Libre (gratuito) 2. OLA. 3. Subterráneo 4. Aparcamiento vivienda	De 0 a 24 h. (A la hora que salió "de" origen del viaje)	De 0 a 24 h. (A la hora que llegó "A", destino del viaje)	De 0 a 24 h. (hasta la hora que permanece en el destino)	Tiempo desde que llega a la zona de aparcamiento hasta que aparca. (Aproximado)	1. A pie 2. A sie usando fúrculor o este. Mecánicas 3. Bicicleta 4. Bicicleta pública 5. Moto 6. Coche (conduciendo) 7. Coche (acompañante) 8. Taxi 9. Autobús 10. Tren	1. Diaria (todos los días) 2. Semanal (1 o 2 veces/semana) 3. Mensual (1 o 2 veces al mes) 4. Esporádica (de vez en cuando) 5. Circunstancial (no lo hago nunca, ha ocurrido esta vez)
1	C/ Localidad	C/ Localidad	De: 1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8: A: 1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8:	1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8: 9: 10:	C/ o Lugar	1: 2: 3: 4:	---	---	---	---	1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8: 9: 10:	1: 2: 3: 4: 5:	
2	C/ Localidad	C/ Localidad	De: 1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8: A: 1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8:	1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8: 9: 10:	C/ o Lugar	1: 2: 3: 4:	---	---	---	---	1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8: 9: 10:	1: 2: 3: 4: 5:	
3	C/ Localidad	C/ Localidad	De: 1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8: A: 1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8:	1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8: 9: 10:	C/ o Lugar	1: 2: 3: 4:	---	---	---	---	1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8: 9: 10:	1: 2: 3: 4: 5:	
4	C/ Localidad	C/ Localidad	De: 1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8: A: 1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8:	1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8: 9: 10:	C/ o Lugar	1: 2: 3: 4:	---	---	---	---	1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8: 9: 10:	1: 2: 3: 4: 5:	
5	C/ Localidad	C/ Localidad	De: 1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8: A: 1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8:	1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8: 9: 10:	C/ o Lugar	1: 2: 3: 4:	---	---	---	---	1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8: 9: 10:	1: 2: 3: 4: 5:	
6	C/ Localidad	C/ Localidad	De: 1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8: A: 1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8:	1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8: 9: 10:	C/ o Lugar	1: 2: 3: 4:	---	---	---	---	1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8: 9: 10:	1: 2: 3: 4: 5:	
7	C/ Localidad	C/ Localidad	De: 1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8: A: 1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8:	1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8: 9: 10:	C/ o Lugar	1: 2: 3: 4:	---	---	---	---	1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8: 9: 10:	1: 2: 3: 4: 5:	
8	C/ Localidad	C/ Localidad	De: 1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8: A: 1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8:	1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8: 9: 10:	C/ o Lugar	1: 2: 3: 4:	---	---	---	---	1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8: 9: 10:	1: 2: 3: 4: 5:	
9	C/ Localidad	C/ Localidad	De: 1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8: A: 1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8:	1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8: 9: 10:	C/ o Lugar	1: 2: 3: 4:	---	---	---	---	1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8: 9: 10:	1: 2: 3: 4: 5:	

Fuente: Elaboración propia

El resto de las cuestiones planteadas en el diario de viaje se han mantenido similares a los anteriores cuestionarios, estas se refieren a lugar de origen, lugar de destino, motivo del viaje, modo de transporte utilizado, modos de transporte disponibles para ese viaje y, por último, la frecuencia con la que se efectúa ese viaje.

### 5.3.2 Análisis de los datos obtenidos con la encuesta de Preferencias Reveladas

Efectuando un análisis de los resultados obtenidos tras la digitalización y la explotación de los datos de la encuesta domiciliaria, a continuación, se muestra un análisis descriptivo de los principales resultados obtenidos. El método de extracción de la muestra ha sido el de una muestra aleatoria simple a través del conjunto total de domicilios de la ciudad de Santander. Finalmente se ha conseguido encuestar a una muestra total de 801 hogares, consiguiendo un total de 1655 individuos encuestados mayores de 12 años y 4646 viajes recogidos en los Diarios de Viaje.

A partir de la caracterización de los encuestados se pueden constatar diversas realidades, Tabla 20. Por un lado, en lo referente al sexo de los encuestados, cabe destacar que el número de encuestados dentro de la muestra se encuentra bastante equilibrado, habiéndose encuestado un total de 877 mujeres (que representan el 53 % de la muestra) y un total de 777 varones (que representan el 47 % de muestra). Hay que destacar que, según datos del Padrón Municipal de Habitantes en su último recuento en 2013, el 53 % de la población santanderina son mujeres y el 47 % hombres. Así pues, se demuestra que la distribución por sexo de la muestra efectuada para la presente Encuesta domiciliaria se acerca prácticamente al 100% de la realidad demográfica de la ciudad.

Por otro lado, efectuando un análisis por rangos de edad, el 60 % de los encuestados son mayores de 45 años, donde el 27 % de los mismos tiene más de 65 años. La muestra representa perfectamente la realidad de Santander que cuenta con una población envejecida con un declive demográfico en alza y una edad media, según datos estadísticos del ICANE (2008), de 44.9 años. Igualmente se ha detectado que la población joven de la muestra se corresponde con la caracterización en cifras absolutas de la realidad poblacional de la ciudad, donde tan solo el 10 % de los encuestados (164 personas) tienen entre 25 y 34 años, y tan solo el 13 % de la muestra encuestada son menores de 25 años. Analizando la caracterización de los encuestados en base a la tipología de ocupación de estos, cabe destacar que el 39.4 % de los encuestados son trabajadores y el 25.5 % son pensionistas. Es decir, entre ambos colectivos representan más del 60 % de la muestra encuestada. Por otro lado, el 10.3 % son amas de casa, el 13.3 % son estudiantes y el 10 % entran dentro de la categoría de desempleados. En cuanto a la caracterización de los encuestados activos en base a su jornada laboral, en términos porcentuales, hay que señalar que el 76 % de los empleados trabajan a jornada completa, el 19 % a jornada parcial y tan solo el 5 % de encuestados con empleo lo hacen de manera ocasional.

En relación con el nivel de ingresos de los encuestados, cabe destacar que el 28.3 % de los encuestados (468 personas) disponen de unos ingresos mensuales de entre 600 y 1200 €/mes y el 17 % (281 encuestados) tienen ingresos de entre 1200 y 2500 €/mes. Hay que

---

destacar que el 24.7 % de los encuestados no tienen ingresos mensuales salvo los que provienen de la unidad familiar y tan solo un 3.3 % de los entrevistados tienen ingresos superiores a 2500 € mensuales.

En cuanto a la ausencia/presencia de personas con carné de conducir, cabe destacar que el 58 % de la muestra encuestada si dispone de carnet de conducir (962 encuestados) mientras que en contraposición el 42 % de los mismos (692 personas) no disponen de este permiso. En cuanto a la caracterización por ausencia o presencia de vehículos en los hogares, el 66 % de la muestra de hogares encuestados (529 domicilios) disponen de vehículo en el núcleo familiar, frente al 34 % (272 personas) sin vehículo en el hogar.

Tabla 20. Análisis estadístico de los datos.

<b>Composición de la muestra</b>	
Genero	
Masculino	47%
Femenino	53%
Edad	
<25	13,3%
25-34	10%
35-44	16,5%
45-54	19%
55-64	14,2%
>65	27%
Ocupación de los encuestados	
Trabajador	39,4%
Estudiante	13,3%
Desempleado	10%
Pensionista	25,5%
Labores del hogar	10,3%
Otros	1,5%
Disponibilidad de carnet de conducir	
Con carnet	58%
Sin carnet	42%
Nivel de ingreso	
<600	21,1%
600-1200	28,3%
1200-2500	17%
>2500	3,3%
No tiene	24,7%
Ns/nc	5,6%
Presencia de vehículos en hogar	
Con vehículos en hogar	66%

---

Sin vehículos en hogar	34%
Tamaño de la muestra	1655 individuos, 801 hogares

---

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, en cuanto a la caracterización de la tipología de viajes recogidos en la muestra de encuestados se concluyen igualmente diversos aspectos.

Como datos destacables hay que mencionar que la media de viajes por encuestados diarios es de 2,81 y la media de viajes efectuados por hogar de manera diaria es de 5,80. Hay que tener en cuenta que los hogares encuestados en Santander están constituidos por una media de 2,07 personas/hogar, de los cuales hay más mujeres que hombres.

En lo referente al número total de viajes realizados por los encuestados, cabe destacar que, de los 4646 viajes recogidos en los Diarios de Viaje, éstos se reparten de la siguiente manera:

- El 41.8 % de los viajes efectuados son a pie que en suma suponen un total de 1933 viajes.
- El 31.8 % de los viajes efectuados por los encuestados son en modo auto o coche (conduciendo) sumando 1468 viajes con respecto del total.
- El 13.6 % de los viajes de la muestra encuestada son en modo bus.
- El 8% de los viajes efectuados son en modo coche como acompañante (371 viajes).
- El 2.6 % de los viajes recogidos son han sido efectuados en modo “motocicleta”.
- El 0.8 % de los viajes son en modo tren.
- El 0.5 % de los viajes son en bicicleta particular.
- El 0.5 % de los viajes efectuados han sido a pie usando transporte vertical.
- El 0.4 % de los viajes efectuados han sido en taxi.

No se han recogido viajes efectuados en modo “bicicleta pública” por parte de ninguno de los encuestados.

En el caso de realizar el análisis del reparto modal por modos agregados (Tabla 21), se ha detectado que el 42.3 % de los viajes se han efectuado a pie + a pie usando transporte vertical, el caso del uso de transporte vertical, se ha tenido en cuenta debido a la

---

configuración de Santander, encontrándose la zona centro en la parte baja, mientras que la gran mayoría de los domicilios se encuentran en la parte alta de la ciudad alrededor.

El 42.7 % de los viajes se han efectuado en un medio motorizado particular (coche + coche acompañante + moto+ taxi), y por último el 13.6 % de los viajes se han efectuado en bus y el 0.5 en bicicleta.

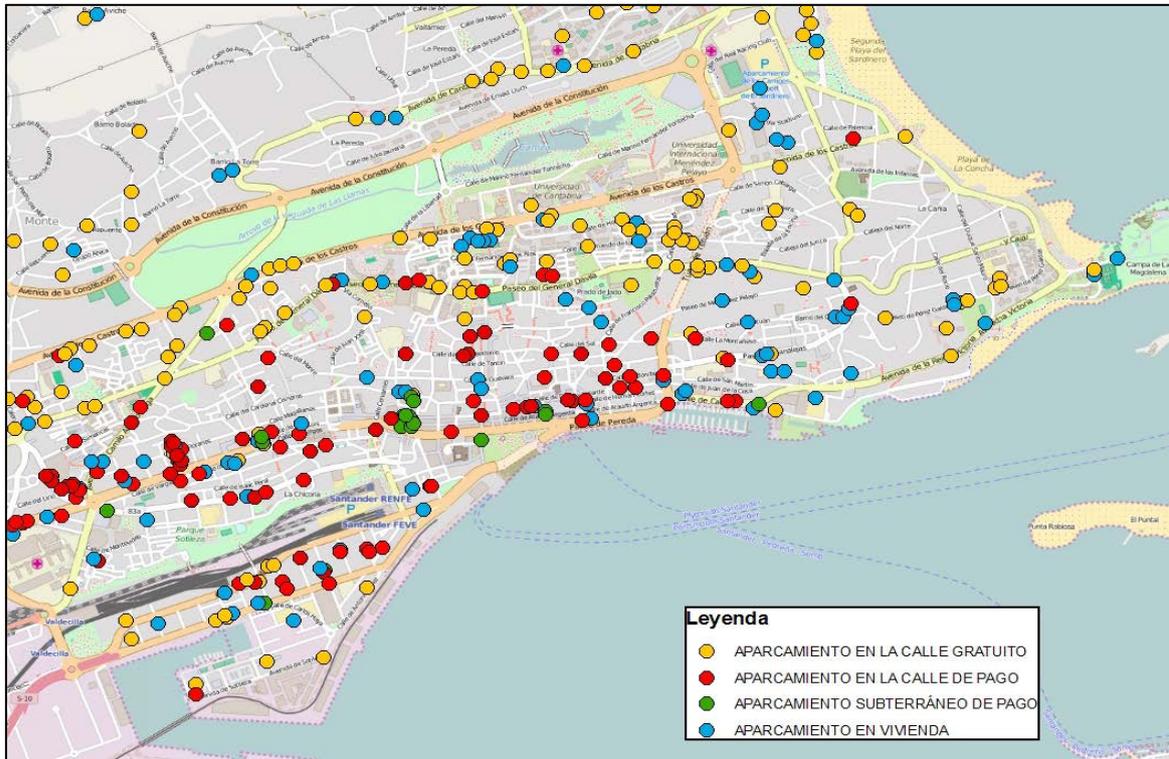
Tabla 21. Reparto modal agregado con datos sin expandir.

<b>Resumen reparto modal de los encuestados</b>	<b>%</b>
A pie + A pie usando transporte vertical	42.3
Coche + Coche acompañante + Moto + Taxi	42.7
Bus	13.6
Bici	0.5
Tren (otros)	0.8

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenidos los resultados de la encuesta, se ha llevado un análisis de las alternativas de estacionamiento encuestadas en los viajes de los usuarios (Tabla 22), de dicho análisis, se ha obtenido que el 64% de los viajes realizados en coche, tanto conduciendo como acompañando, han tenido como alternativa de estacionamiento gratuito en la calle. Este dato se debe a que la encuesta ha sido realizada de forma aleatoria en domicilios de toda la localidad, incluyendo zonas alejadas del centro de la ciudad, donde no existe ordenanza de regulación para el pago del estacionamiento ni estacionamientos subterráneos.

Figura 30. Ubicación de los puntos de estacionamiento indicados en la encuesta en la zona centro de la ciudad de Santander



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 30 se han representado las ubicaciones de los estacionamientos que han sido detallados en la encuesta, centrándose la representación en la zona centro de la ciudad, con una mayor problemática en el sistema de estacionamiento.

Tabla 22. Distribución según alternativa de estacionamiento elegida

Alternativa de estacionamiento elegida		
Estacionamiento gratuito en la calle (FOSP)	1125	64%
Estacionamiento de pago en la calle (POSP)	133	7,5%
Estacionamiento de pago subterráneo (PUP)	72	4%
Estacionamiento en vivienda/domicilio	436	24,5%

Fuente: Elaboración propia

En cuanto al estacionamiento usado en el domicilio, se ha llevado un estudio para cada coche propiedad de la familia, ya que a menudo, las familias que disponen de más de un vehículo solo disponen de garaje privado para un vehículo, teniendo que estacionar el otro tipo de estacionamiento.

En este caso, como se observa en la Tabla 23, el 54% de los vehículos de los domicilios son estacionados en garajes privados, mientras que el 39% son estacionados en aparcamientos gratuitos en la calle y el 7% son estacionados en aparcamientos de pago en la calle, el 5% restante, corresponde a zonas comunitarias de las propiedades de vecinos o en otros casos a zonas de estacionamiento ilegal.

Tabla 23. Tipo de estacionamiento usado en el domicilio.

<b>Tipo de estacionamiento en el domicilio</b>		
Garaje privado	349	54%
Estac. gratuito en la calle	249	39%
Estac. de pago en la calle	46	7%
Otros	30	5%

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se ha llevado a cabo un análisis del tiempo de búsqueda medio y del número medio de ocupantes para cada una de las alternativas de estacionamiento estudiadas, así como un análisis según el motivo del viaje realizado.

En primer lugar, se puede observar, que, respecto al valor promedio del total de cada alternativa, en el caso de estacionamiento gratuito en la calle (Tabla 24), el tiempo de búsqueda es bastante inferior al de estacionamiento de pago en la calle.

Esto se debe a que la gran mayoría de los viajes que estacionan en estacionamientos gratuitos es zonas en las que existe bastante estacionamiento gratuito, mientras que, en el caso de estacionamiento de pago en la calle, todas las zonas están concentradas en el centro, que es donde existe una mayor afluencia de vehículos y, por tanto, un mayor tiempo de espera.

Tabla 24. Promedio de tiempo de búsqueda y número de ocupantes. Estacionamiento gratuito en la calle (FOSP).

<b>Motivo de destino</b>	<b>Tiempo búsqueda (min)</b>	<b>Ocupantes</b>
Casa	2,40	1,57
Trabajo	1,88	1,25
Acompañar	1,03	2,05
Estudios	2,15	1,64
Compras	2,10	2,00
Sanidad	3,56	1,90

---

Ocio	2,64	1,70
Otros	2,19	1,84
Total	2,14	1,56

---

Fuente: Elaboración propia

En el caso específico de estacionamiento en gratuito en la calle, se observa que tanto el tiempo de búsqueda como el número de ocupantes del vehículo, se mantiene muy similar para todos los motivos.

Tabla 25. Promedio de tiempo de búsqueda y número de ocupantes. Estacionamiento de pago en la calle (POSP).

Motivo de destino	Tiempo búsqueda (min)	Ocupantes
Casa	5,40	1,33
Trabajo	6,47	1,19
Acompañar	5,00	2,00
Estudios	2,00	1,50
Compras	5,00	2,00
Sanidad	10,00	1,00
Ocio	10,50	1,43
Otros	5,09	1,38
Total	5,72	1,35

---

Fuente: Elaboración propia

Como hemos indicado anteriormente, para el caso de estacionamiento de pago en la calle (Tabla 25), se observa que los tiempos de búsqueda son bastante mayores, teniendo un valor medio de 5,72 minutos y llegando a valores de 10,5 minutos para el motivo ocio. Si bien, a diferencia de estacionamiento gratuito en la calle, en este caso la ocupación media del vehículo es bastante menor, con un valor medio de 1,35 personas.

En el caso de los conductores que han usado estacionamiento de pago subterráneo, como era de esperar, en la Tabla 26, se ve que los tiempos de búsqueda son mucho menores que en los casos anteriores, esto es debido a que en los estacionamientos subterráneos existe un mayor número de plazas disponibles. Del análisis de dicha Tabla 26, se observa que tanto para el motivo Estudios como para el motivo Compras, los tiempos de búsqueda son mayores, esto se debe a que dichos viajes han estacionado en estacionamientos del centro de la ciudad, los cuales, frecuentemente presentan problemas de alta saturación,

---

dándose situaciones en las que los usuarios tengan que esperar para entrar al estacionamiento a que haya plazas disponibles.

Tabla 26. Promedio de tiempo de búsqueda y número de ocupantes. Estacionamiento subterráneo de pago (PUP).

Motivo de destino	Tiempo búsqueda (min)	Ocupantes
Casa	0,20	1,00
Trabajo	0,42	1,05
Estudios	5,00	1,00
Compras	3,38	1,75
Sanidad	2,20	1,67
Ocio	0,89	2,27
Otros	1,00	1,46
Total	1,54	1,51

Fuente: Elaboración propia

### 5.3.3 Modelización a partir de los datos obtenidos con la encuesta de Preferencias Reveladas

Los modelos de elección de estacionamiento MNL y ECML fueron estimados con datos provenientes de la ciudad de Santander (España). Santander es una ciudad de tamaño promedio de 178.400 habitantes en su área urbana y más de 280.000 en su área de influencia (Coppola et al., 2013).

Antes de diseñar la encuesta, se analizaron investigaciones previas para determinar las variables fundamentales para los usuarios cuando realizan un viaje en automóvil. Brooke et al. (2014) proporciona un listado de las variables relevantes en la elección de estacionamiento: tiempo de acceso al vehículo desde el origen, tiempo de acceso del destino desde el espacio de estacionamiento, tiempo de búsqueda de estacionamiento, tarifa del estacionamiento, oferta de plazas de estacionamiento, plazas de estacionamiento disponibles, tiempo de operación de cada tipo de espacio de estacionamiento, factores sociodemográficos (sexo, edad, ingresos) y regulaciones existentes sobre el estacionamiento. En este estudio, varias de estas variables se pueden considerar constantes en todo el sistema de estacionamiento.

A continuación, en la Tabla 27, se presentan las principales características de las variables de la encuesta de preferencias reveladas empleadas para la modelización.

Tabla 27. Descripción estadística de las variables contenidas en la base de datos de Preferencias Reveladas

Variable	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Estándar	Descripción (unidades)	Signo esperado
Taparc	0	1200	178,48	168,9	Tiempo Aparcado (minutos)	-
Dist	0	2631,86	270,01	784,5	Distancia entre la zona de estacionamiento y de destino (metros)	-
Tiempo de búsqueda FOSP (tbus_FOSP)	0	20	3,79	3,10	Tiempo de búsqueda (minutos)	-
Tiempo de búsqueda regulado (tbus_PO SP)	0	17	6,58	4,87	Tiempo de búsqueda (minutos)	-
Tiempo de búsqueda PUP (tbus_PUP)	0	10	3,16	2,43	Tiempo de búsqueda (minutos)	-
Plazas FOSP (pla_FOSP)	0	6530	1339	1575,25	Número de plazas de estacionamiento disponibles	+
Plazas regulado (pla_PO SP)	0	934	301	279,43	Número de plazas de estacionamiento disponibles	+
Plazas subterráneo (pla_PUP)	0	933	195	272,02	Número de plazas de estacionamiento disponibles	+
Tarifa regulada (tar_FOSP)	0,20	1,45	0,95	0,45	Tarifa de estacionamiento (Euros)	-
Tarifa subterránea (tar_PUP)	0,3	15,45	3,95	7,90	Tarifa de estacionamiento (Euros)	-
Age	18	89	44.64	14.98	Edad (Años)	
Age2	324	7921	2217	1368.68	Edad al cuadrado	
Sexo	0	1	0.46	0.50	Sexo (1: Mujer)	
Coche	0	1	0.44	0.50	Propiedad de coche (1: Si)	
Ingreso0	0	1	0.16	0.36	Dummy=1 si no hay ingreso	
Ingreso1	0	1	0.13	0.34	Dummy=1 si ingreso <900€	

Variable	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Estándar	Descripción (unidades)	Signo esperado
Ingreso2	0	1	0.34	0.47	Dummy=1 si ingreso 900-1500€	
Ingreso3	0	1	0.26	0.44	Dummy=1 si ingreso 1500-2500€	
Ingreso4	0	1	0.06	0.24	Dummy=1 si ingreso >2500€	

Fuente: Elaboración propia

El área de la ciudad se dividió en un total de 23 posibles zonas de estacionamiento con las siguientes alternativas:

- Estacionamiento gratuito en la calle (FOSP)
- Estacionamiento de pago en la calle (POSP)
- Estacionamiento de pago subterráneo (PUP)

La multiplicación de las zonas de estacionamiento por los tres tipos de estacionamiento da un total de 69 alternativas, si bien dado que no todas las zonas tienen disponibles las tres alternativas de estacionamiento, por lo tanto, el número real de alternativas disponibles en el contexto de elección se reduce a 56 alternativas.

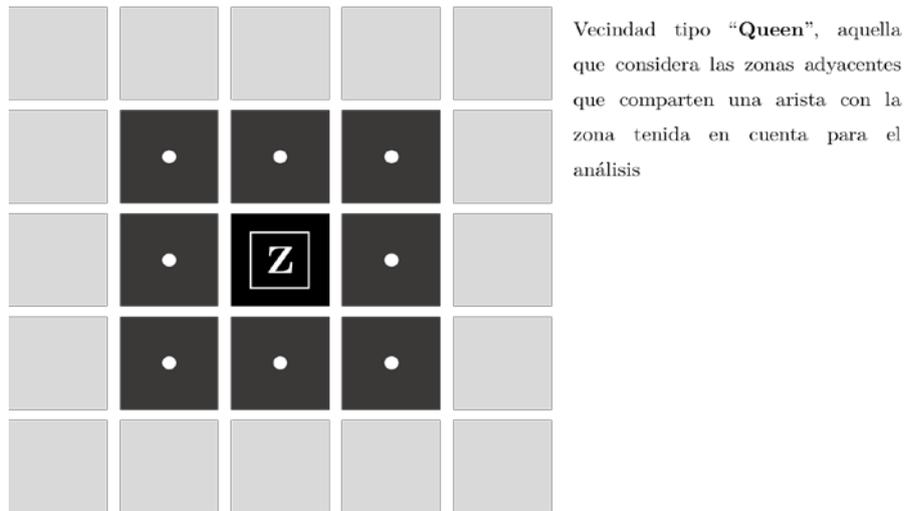
El proceso para obtener el set de elección de cada usuario se realizó como se indica a continuación:

1. Obtener para cada individuo la zona de destino y la zona de estacionamiento considerando sólo los viajes con motivo de destino distinto al hogar.
2. Obtener el tipo de estacionamiento utilizado por cada individuo de la muestra.
3. Considerar como alternativas disponibles todas las zonas y tipos de estacionamiento presentes en ellas, que presentaban una vecindad tipo reina con la zona de estacionamiento realmente seleccionada.

En base al análisis de los datos obtenidos en las encuestas de Preferencias Reveladas, se seleccionó un criterio de vecindad tipo “Queen” ya que fue el que mejor se adaptó a las

características de la elección de los usuarios y de cara a no ampliar excesivamente el conjunto de elección de los individuos de la muestra.

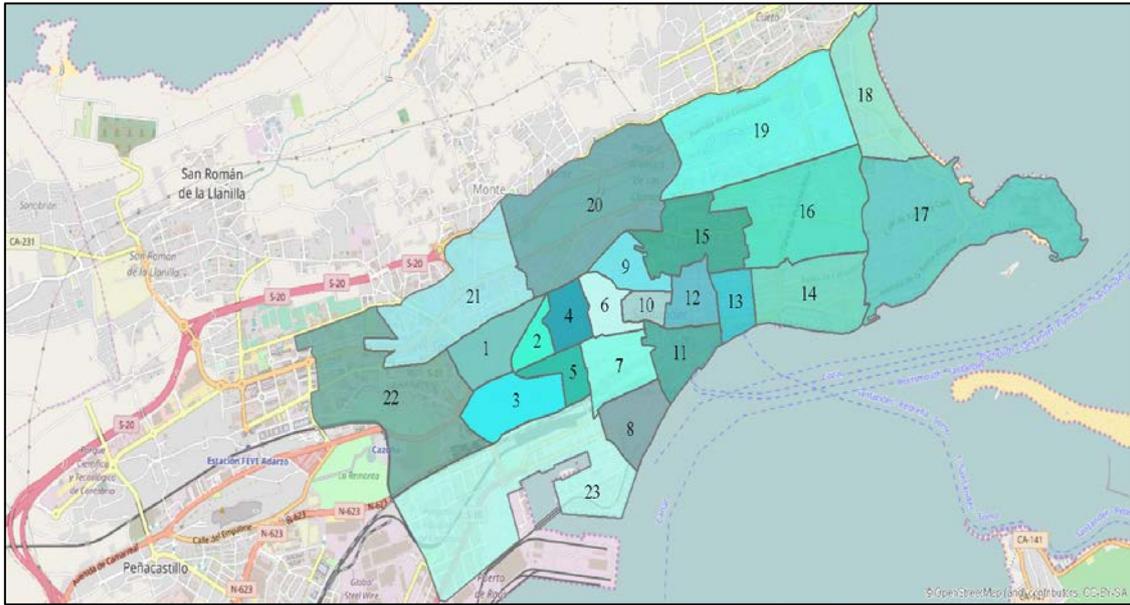
Figura 31. Representación de la vecindad tipo "Queen" considerada en la investigación



Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, a partir del enfoque indicado, se seleccionaron un total de 14.169 alternativas. Cada usuario en su contexto de elección tenía una media de elección de 18,5 alternativas disponibles que combinaban la zona y el tipo de estacionamiento ofertado en cada una de ellas.

Figura 32. Zonificación tenida en cuenta para la investigación y para la determinación del contexto de elección.



Fuente: Elaboración propia (Cambiar)

Dadas las zonas indicadas en las Figura 32, se puede determinar el contexto de elección de cada usuario sobre el que determinar la probabilidad de elección de cada una de las alternativas como se muestra en la fórmula siguiente:

$$P_{Zij} = \frac{U_{Zij}}{\sum_{i=1}^N \left( \sum_{j=1}^n U_{Zij} \right)} \quad (37)$$

Donde:

$i$  = número de zonas colindantes

$j$  = número de alternativas de aparcamiento por zona

$N$  = número total de zonas colindantes

$U_{Zij}$  = utilidad de elección de zona y alternativa de aparcamiento en la zona

Empleando los datos obtenidos de la encuesta de Preferencias Reveladas desarrollada y la metodología indicada para la selección del contexto de elección, se han estimado tres modelos de elección discreta.

En primer lugar, se ha estimado un modelo Logit Multinomial (MNL) que considera las variables más relevantes de cada una de las zonas consideradas.

Tabla 28. Modelo logit MNL a partir de los datos de preferencias reveladas

MNL			
Descripción de la variable	Parámetro	Coeficiente	Test-T
Constante específica (1)	$ASC_1$	-0,630	-2,63
Constante específica (2)	$ASC_2$	-3,066	-3,02
Constante específica (3)	$ASC_3$	1,022	1,89
Constante específica (4)	$ASC_4$	-0,650	-2,15
Constante específica (5)	$ASC_5$	0,543	1,79
Tarifa (POSP)	$\beta_{TAR\_POSP}$	-0,022	-1,59
Tarifa (PUP)	$\beta_{TAR\_PUP}$	-0,026	-1,88
Número de plazas (FOSP)	$\beta_{PLA\_FOSP}$	0,016	4,12
Número de plazas (POSP)	$\beta_{PLA\_POSP}$	0,060	1,78
Número de plazas (PUP)	$\beta_{PLA\_PUP}$	0,044	1,97
Tiempo estacionado (FOSP)	$\beta_{TAPARC\_FOSP}$	0,002	5,06
Tiempo estacionado (POSP)	$\beta_{TAPARC\_POSP}$	-0,004	-2,32
Tiempo estacionado (PUP)	$\beta_{TAPARC\_PUP}$	-0,010	-2,53
Tiempo de búsqueda de estacionado (FOSP)	$\beta_{TBUS\_FOSP}$	-0,158	-3,39
Tiempo de búsqueda de estacionado (POSP)	$\beta_{TBUS\_POSP}$	-0,394	-1,71
Tiempo de búsqueda de estacionado (PUP)	$\beta_{TBUS\_PUP}$	-0,514	-4,31
Logverosimilitud	Log	-897,66	
Logverosimilitud ( Solo Constantes)	Log (C)	-956,28	
McFadden pseudo R <sup>2</sup>		0.567	

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se ha estimado un modelo Logit Mixto considerando correlación espacial en los errores (ECML-Spatial), el cual, ha permitido analizar la posible correlación entre las diferentes zonas de estacionamiento analizadas. Este análisis de la correlación es altamente relevante para la futura aplicación de medidas de gestión.

Tabla 29. Modelo logit mixto considerando correlación espacial entre las zonas de estacionamiento consideradas

<b>ECML-SPATIAL</b>			
Descripción de la variable	Parámetro	Coeficiente	Test-T
Constante específica (1)	$ASC_1$	-0,626	-2,61
Constante específica (2)	$ASC_2$	-3,077	-3,03
Constante específica (3)	$ASC_3$	0,802	3,93
Constante específica (4)	$ASC_4$	-0,637	-2,11
Constante específica (5)	$ASC_5$	-0,399	-2,32
Tarifa (POSP)	$\beta_{TAR\_POSP}$	-0,017	-2,19
Tarifa (PUP)	$\beta_{TAR\_PUP}$	-0,012	-1,89
Número de plazas (FOSP)	$\beta_{PLA\_FOSP}$	0,028	4,17
Número de plazas (POSP)	$\beta_{PLA\_POSP}$	0,051	2,19
Tiempo estacionado (FOSP)	$\beta_{TAPARC\_FOSP}$	0,003	5,16
Tiempo estacionado (POSP)	$\beta_{TAPARC\_POSP}$	-0,004	-2,28
Tiempo estacionado (PUP)	$\beta_{TAPARC\_PUP}$	-0,008	-2,01
Tiempo de búsqueda de estacionado (FOSP)	$\beta_{TBUS\_FOSP}$	-0,147	-3,37
Tiempo de búsqueda de estacionado (POSP)	$\beta_{TBUS\_POSP}$	-0,083	-1,87
Tiempo de búsqueda de estacionado (PUP)	$\beta_{TBUS\_PUP}$	-0,540	-4,66
Salario de usuarios PUP (1500€ - 2500€)	INCOME3_PUP	0,041	1,78
Salario de usuarios PUP (>2500€)	INCOME4_PUP	0,053	1,69
Correlación Macrozona (1)	Sigma Macro_Zona <sub>(1)</sub>	0,017	2,19
Correlación Macrozona (2)	Sigma Macro_Zona <sub>(2)</sub>	0,016	3,26
Correlación Macrozona (3)	Sigma Macro_Zona <sub>(3)</sub>	0,011	2,21
Correlación Macrozona (4)	Sigma Macro_Zona <sub>(4)</sub>	0,043	6,05
Logverosimilitud	Log	-846,49	
Logverosimilitud (Solo Constantes)	Log (C)	-956,28	
McFadden pseudo R <sup>2</sup>		0.792	

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, también se ha estimado un modelo Logit Mixto considerando correlación entre alternativas de estacionamiento en la ciudad (ECML-Alternative). A diferencia del modelo anterior, en este modelo se ha considerado la correlación entre las funciones de utilidad de la misma alternativa en cada una de las zonas de estacionamiento consideradas. Los parámetros obtenidos de la estimación de los modelos indicados se muestran en la Tabla 30.

Tabla 30. Modelo logit mixto considerando correlación entre las zonas con las mismas alternativas

ECML-ALTERNATIVE			
Descripción de la variable	Parámetro	Coefficiente	Test-T
Constante específica (1)	$ASC_1$	-0,643	-2,53
Constante específica (2)	$ASC_2$	-3,332	-3,02
Constante específica (3)	$ASC_3$	0,230	1,75
Constante específica (4)	$ASC_4$	-0,770	-2,15
Constante específica (5)	$ASC_5$	0,811	3,88
Tarifa (POSP)	$\beta_{TAR\_POSP}$	-0,027	-1,88
Tarifa (PUP)	$\beta_{TAR\_PUP}$	-0,044	-1,73
Número de plazas (FOSP)	$\beta_{PLA\_FOSP}$	0,019	4,13
Número de plazas (POSP)	$\beta_{PLA\_POSP}$	0,055	1,49
Tiempo estacionado (FOSP)	$\beta_{TAPARC\_FOSP}$	0,003	5,06
Tiempo estacionado (POSP)	$\beta_{TAPARC\_POSP}$	-0,004	-2,35
Tiempo estacionado (PUP)	$\beta_{TAPARC\_PUP}$	-0,011	-1,86
Tiempo de búsqueda de estacionado (FOSP)	$\beta_{TBUS\_FOSP}$	-0,148	-3,49
Tiempo de búsqueda de estacionado (POSP)	$\beta_{TBUS\_POSP}$	-0,441	-1,91
Tiempo de búsqueda de estacionado (PUP)	$\beta_{TBUS\_PUP}$	-0,511	-1,77
Salario de usuarios PUP (1500€ - 2500€)	$INCOME3\_PUP$	0,067	2,03
Salario de usuarios PUP (>2500€)	$INCOME4\_PUP$	0,077	1,94
Correlación de FOSP entre zonas	$\Sigma$ FOSP	0,106	31,89
Correlación de POSP entre zonas	$\Sigma$ POSP	0,010	2,85
Correlación de PUP entre zonas	$\Sigma$ PUP	0,475	10,74
Logverosimilitud	Log	-866,22	
Logverosimilitud (Solo Constantes)	Log (C)	-956,28	
McFadden pseudo $R^2$		0.775	

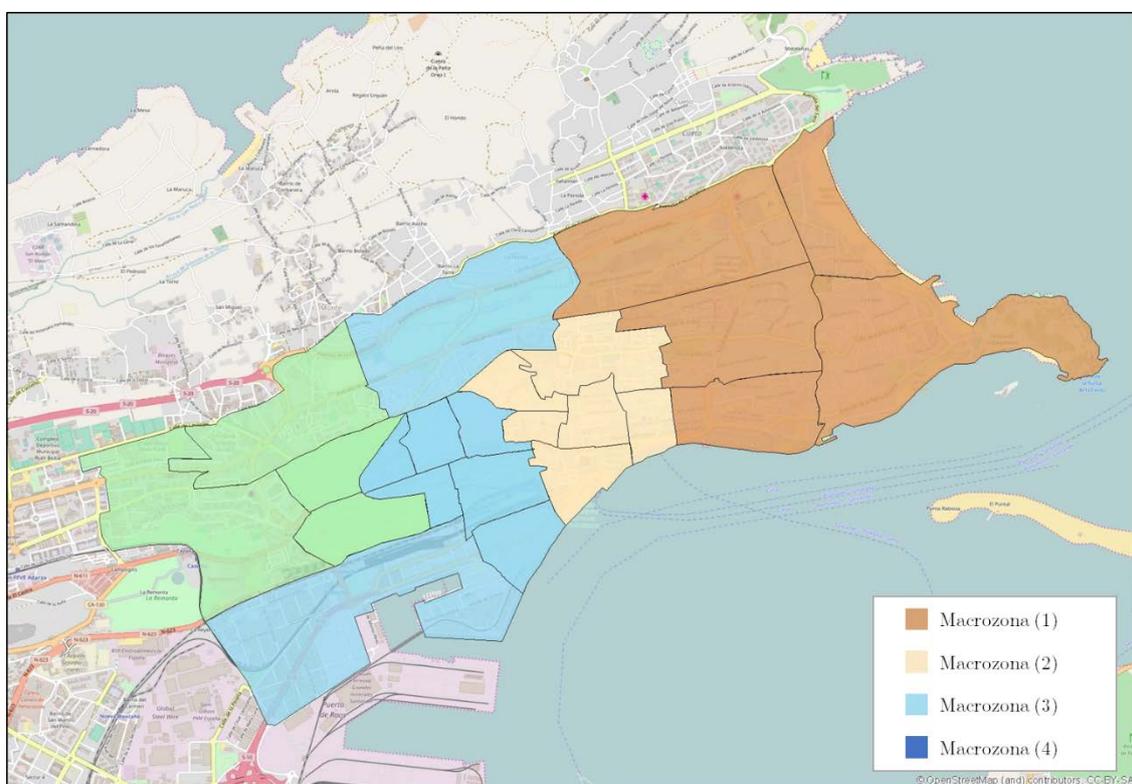
Fuente: Elaboración propia

En el modelo MNL, todos los parámetros presentaron el signo esperado. Los parámetros asociados a los tiempos de búsqueda resultaron representativamente más altos que el tiempo de estacionamiento o que la tarifa del estacionamiento. En todos los casos, los parámetros fueron significativos al menos un nivel de confianza del 95%. La bondad del ajuste del modelo fue claramente mejor que la del modelo nulo con un valor de la relación de prueba de verosimilitud (McFadden pseudo  $R^2 = 0,567$ ).

Los parámetros del modelo ECML-Spatial con correlación espacial fueron ligeramente más altos que los del modelo MNL. Los términos de error específicos fueron en todos los

casos significativos con un alto grado en el nivel de confianza. En este caso, se ha obtenido que la mejor especificación es tomando cuatro macrozonas de correlación espacial entre las zonas de estacionamiento tenidas en cuenta. Como se observa en la Tabla 29, mediante la incorporación de una estructura de correlación espacial entre las zonas tenidas en cuenta, se consigue obtener mejores resultados de ajuste del modelo desarrollado. Este hecho demuestra que las diferentes zonas de estacionamiento tienen una importante correlación que contribuye a mejorar los modelos estimados.

Figura 33. Estructura de correlación espacial tenida en cuenta en el segundo modelo estimado (ECML - Spatial)



Fuente: Elaboración propia (Cambiar)

Los parámetros del modelo ECML-Alternative (Tabla 30) que considera correlación de las zonas por las alternativas de estacionamiento existentes en cada zona también muestra la existencia de estructuras de correlación en función de las alternativas de estacionamiento presentes. En este caso se han tenido en cuenta tres estructuras de correlación, correspondientes a cada una de las tres alternativas de estacionamiento existentes en la ciudad. Las variables de este modelo han sido las mismas que en el caso

del modelo con correlación espacial, considerando como se ha indicado distintas estructuras de correlación encada caso. Sin embargo, se puede observar que la mejora entre los dos modelos con correlación es menor que respecto al modelo sin correlación.

Por lo tanto, se puede interpretar, como se esperaba de la explotación de los datos de la encuesta, que la correlación espacial y la correlación respecto al tipo de estacionamiento elegido para estacionar tiene cierta relación. Esto indica que las alternativas de estacionamiento existentes en cada una de las zonas tienen influencia en la correlación espacial entre dichas zonas de estacionamiento.

#### **5.3.4 Conclusiones de los modelos estimados a partir de los datos de Preferencias Reveladas**

Se presenta una metodología para estimar modelos de demanda de estacionamientos en las ciudades aplicando modelos desagregados por cada zona de la ciudad y teniendo en cuenta todas las alternativas disponibles en cada una de esas zonas.

En cada una de las 23 zonas de estacionamiento se ha considerado la disponibilidad de cada alternativa de estacionamiento a partir de la oferta de estacionamiento existente en cada franja temporal. Este hecho, ha permitido introducir la disponibilidad de diferentes alternativas de estacionamiento temporales en el contexto de elección y en la posterior estimación de los modelos de elección discreta.

Los modelos han sido estimados a partir de datos de preferencias reveladas obtenidos a partir de una encuesta domiciliaria realizada en el año 2015 en la ciudad de Santander.

En el momento de considerar el contexto de elección entre diferentes alternativas de estacionamiento se ha considerado una vecindad tipo “Queen” ya que, tras un análisis de los tipos de vecindad más relevantes de la literatura internacional, se obtuvo que este tipo de vecindad era el que mejor se ajustaba a las características de elección de estacionamiento.

Los modelos de elección discretos se han estimado con el objeto de determinar la influencia de la correlación espacial y entre diferentes alternativas de estacionamiento

---

existente entre las diferentes elecciones en un contexto de elección estacionamiento en la ciudad de tamaño mediano de Santander. Los modelos se estimaron utilizando la máxima verosimilitud y fueron de dos tipos: logit multinomial y logit mixto con componentes de error y con correlación entre alternativas.

Los resultados muestran la evidencia de importantes correlaciones espaciales entre las diferentes zonas de estacionamiento tenidas en cuenta en la ciudad, generándose, como se observa en la Figura 33 cuatro grandes áreas resultantes de la correlación espacial existentes. Por lo tanto, se evidencia que el modelo MNL no es una buena aproximación para este tipo de modelos de elección ya que se incumple la IID de Gumbel que supone independencia de alternativas.

Por otro lado, a partir del modelo que considera correlaciones entre zonas de estacionamiento por su localización, se aprecia que existe una mejora reflejada con los estadígrafos tenidos en cuenta respecto al modelo que considera correlación espacial en función de las alternativas. Esto nos indica que la existencia de correlación espacial se puede deber también a la existencia de características de estacionamiento comunes en ambas áreas de estacionamiento.

---

## Capítulo 6

# Conclusiones y Líneas de Investigación futuras

Esta tesis propone un enfoque metodológico para evaluar la demanda de los sistemas de estacionamiento existentes en las ciudades y el comportamiento de los usuarios en la elección de estacionamiento. La investigación contribuye al conocimiento y la práctica científica con nuevos métodos para la toma de datos y el análisis de la demanda. Además, contribuye con la información obtenida y las evidencias en el comportamiento de los usuarios para contribuir a la gestión y optimización de los sistemas de estacionamiento. La aplicación metodológica desarrollada en la presente tesis ha permitido dar respuesta a las preguntas planteadas en la introducción de la presente tesis:

- ¿Qué demandan los ciudadanos de los sistemas de estacionamiento urbano?
- ¿Qué factores influyen en el actual uso de cada alternativa de estacionamiento?
- ¿Qué factores influyen en la elección de zona de estacionamiento dentro del área urbana?
- ¿Qué factores influyen en la elección de cada alternativa de estacionamiento?

- ¿Qué factores influyen entre la relación oferta-demanda a nivel zonal?

La tesis presenta una secuencia de metodologías que comienzan con la recopilación de información y datos acerca del sistema y su funcionamiento, posteriormente se ha continuado con el análisis de dichos datos. Finalmente, se han aplicado técnicas de modelado destinadas a evaluar la demanda del sistema de estacionamiento y de las distintas alternativas que componen dicho sistema. A través de la aplicación metodológica desarrollada se han identificado las fortalezas y debilidades del servicio, lo cual, ha permitido obtener los indicadores de demanda más relevantes para respaldar la toma de decisiones. Los procedimientos desarrollados se justifican en la necesidad de obtener una imagen del servicio y de sus principales características:

- Demanda real del sistema y de las alternativas que componen el sistema de estacionamiento.
- Diferencias existentes entre las alternativas del sistema, tanto a nivel global como a nivel zonal.
- Necesidades de los usuarios del sistema desagregado por cada una de las alternativas existentes y por cada tipo de usuario.
- Comportamiento de los usuarios en las diferentes zonas de estacionamiento definidas.

Por lo tanto, una de las principales conclusiones de esta investigación es la necesidad de diseñar de manera correcta las diferentes etapas de la investigación para permitir que los modelos desarrollados reproduzcan fielmente la situación real de los sistemas de estacionamiento urbano.

Como se ha indicado en la presente tesis, la participación ciudadana ha proporcionado una importante información y una necesaria perspectiva que ha permitido enriquecer el resto de las etapas de la investigación desarrollada. Los debates generados en las sesiones de grupos focales han permitido obtener un contexto inicial para comprender tanto la demanda del sistema en general como el comportamiento de los usuarios ante la elección

---

de estacionamiento. Particularmente, los grupos focales han permitido identificar variables relevantes en la elección de cada una de las alternativas de estacionamiento existentes en la ciudad donde se ha desarrollado el caso de estudio. Por otro lado, han sido fuente de información para la suposición de determinadas heterogeneidades o comportamiento aleatorios y diferenciado de las variables que posteriormente han sido ratificadas en los modelos desarrollados. Finalmente, los grupos focales han permitido dotar al investigador de información acerca de la homogeneidad de determinadas zonas de estacionamiento de la ciudad, información de gran utilidad tanto para el proceso de toma de datos como para las suposiciones de contextos de elección de los conductores en la modelización.

Posteriormente, a partir de las evidencias obtenidas en los Grupos Focales, se ha diseñado el proceso de toma de datos considerando la disponibilidad de las diferentes alternativas de estacionamiento en cada zona creando los escenarios a partir de las características del usuario y del viaje realizado. Esta metodología desarrollada, y aplicable a otros casos de estudio, ha permitido dotar de mayor realismo el proceso de toma de datos de elección de estacionamiento para su posterior modelización.

Por otro lado, el proceso de toma de datos diseñado ha permitido considerar la influencia espacial de las distintas zonas de estacionamiento en la elección. Como se ha indicado, la metodología aplicada ha permitido recopilar información de la influencia de las características de cada zona en la elección de los estacionamientos urbanos.

A continuación, los epígrafes 6.1 y 6.2 presentan las principales conclusiones de las modelizaciones desarrolladas a partir de los datos de preferencias declaradas y reveladas respectivamente. Posteriormente, el epígrafe 6.3 presenta las líneas futuras de investigación propuestas a tenor de los resultados obtenidos en la presente tesis doctoral.

## **6.1 Conclusiones de la modelización con de datos de Preferencias Declaradas**

A partir de los datos de preferencias declaradas se han estimado distintos modelos de elección discreta desde dos puntos de vista, modelización agregada y modelización desagregada para cada tipo de usuarios en función de la alternativa seleccionada en el momento de realización de la encuesta. El diseño de la encuesta, mediante la creación de escenarios basados en los datos proporcionados por cada usuario sobre su viaje (tarifa, tiempo de búsqueda, duración de la estancia y lugar de residencia) ha proporcionado un mayor realismo en la generación de los escenarios. Los escenarios no son los mismos para todos los usuarios y están adaptados a las características del viaje realizado por cada usuario individual.

El análisis desagregado del comportamiento de los diferentes tipos de usuarios ha permitido tener información relevante de cada tipo de usuario que contribuye a la toma de decisiones de política para la gestión del sistema. La estimación de los modelos desagregados contribuye a poder tomar decisiones de política tanto para todos los usuarios del sistema como para cada tipo de usuario en función de las necesidades de cada periodo. En el caso de Santander posibilita la toma de decisiones en periodos de alta demanda con usuarios que realizan viajes de características similares, como es el caso de los aumentos de demanda en épocas estivales. Los modelos desarrollados permiten la toma de decisiones de gestión de estacionamiento permitiendo la evaluación de alternativas no existentes en la actualidad que pueden ser susceptibles de implantación en determinadas épocas del año, como la posibilidad de puesta en servicio de un estacionamiento de Park&Ride.

Por lo tanto, el proceso de modelización a partir de datos de preferencias declaradas, aplicando la metodología de obtención de datos indicada, ha permitido desarrollar una serie de modelos que se pueden aplicar para estudiar el comportamiento de los usuarios

---

de la ciudad cuando deciden estacionarse a partir de las alternativas disponibles y la potencial alternativa de Park&Ride.

## **6.2 Conclusiones de la modelización con de datos de Preferencias Reveladas**

Al igual que en el caso anterior, se ha llevado a cabo un proceso de toma de datos de preferencias reveladas de forma específica para analizar el comportamiento de los usuarios en la elección del estacionamiento urbano. De este modo, se han obtenido datos relevantes al comportamiento de los usuarios en la elección de estacionamiento bajo el actual contexto de elección. Por lo tanto, el proceso de toma de datos mediante encuestas de preferencias reveladas permite obtener información tanto de la elección de alternativa como de la elección espacial de estacionamiento.

El análisis de los datos obtenidos ha permitido obtener información acerca del tipo de vecindad que mejor se adapta al contexto de elección de los usuarios en ciudades de tamaño medio como el caso de estudio de Santander. Como se ha indicado, para ciudades similares a la del caso de estudio, se ha determinado que el tipo de vecindad que mejor se adapta es el de tipo “Queen”, donde el usuario considera en su contexto de elección de estacionamiento las alternativas de su zona de destino y las de las zonas que están en contacto con las aristas de dicha zona.

A partir de los datos de preferencias reveladas se ha presentado la estimación de modelos de elección de estacionamiento considerando la elección zonal y de alternativa de estacionamiento bajo las premisas de vecindad deducidas de la toma de datos. Los modelos estimados han permitido analizar las diferentes estructuras de correlación existentes entre las zonas de estacionamiento, permitiendo llevar a cabo análisis de diversas estructuras de correlación. Como se ha indicado, se han estudiado dos estructuras de correlación, espacial por localización de las zonas definidas y en función de las alternativas disponibles en cada zona. A partir de dicho análisis se ha determinado que existe una importante correlación espacial en la elección de estacionamiento por parte

---

de los usuarios basada en la localización de las distintas zonas de estacionamiento definidas.

### **6.3 Líneas de Investigación Futuras**

A partir de la metodología aplicada y de los resultados obtenidos en la presente tesis doctoral, a continuación, se detallan las líneas futuras de investigación que son susceptibles de desarrollo:

- Ampliar las investigaciones en la influencia de la correlación espacial entre las zonas de estacionamiento en la elección de estacionamiento mediante el desarrollo de modelos más desagregados por tipo de usuario y zona de estacionamiento.
- Contribuir a la investigación para la integración de submodelos de estacionamiento en modelos completos de elección modal que permitan evaluar de forma conjunta la elección de modo y, en el caso de vehículo privado, de estacionamiento.
- Aplicar los modelos de elección discreta a simulaciones microscópicas de elección de estacionamiento que permita llevar a cabo una gestión dinámica del estacionamiento regulado.
- Aplicar nuevas técnicas de modelos y Machine Learning al estudio del comportamiento de los usuarios en la elección de estacionamiento.
- Contribuir a las investigaciones que se están desarrollando en el campo de vehículos autónomos ante la elección de estacionamiento urbano.

---

## Referencias

Aarts, H., Verplanken, B., & van Knippenberg, A. (1997). Habit and information use in travelmode choices. *Acta Psychologica*, 96, 1\_14.

Ahmadi Azari, K., Arintono, S., Hamid, H., Rahmat, R.A.O.K., 2013. Modelling demand under parking and cordon pricing policy. *Transp. Policy* 25, 1–9. doi:10.1016/j.tranpol.2012.10.003

Albert, G., Mahalel, D. (2006) Congestion tolls and parking fees: A comparison of the potential effect on travel behavior. *Transport Policy* 13, 496-502.

Anastasiadou, M., Dimitriou, D. J., Fredianakis, A., Lagoudakis, E., Traxanatzi, G., & Tsagarakis, K. P. (2009). Determining the parking-fee using the contingent-valuation methodology. *Journal of Urban Planning and Development*, 135(3), 116\_124.

Anselin, L., Rey, S.J. (2014) *Modern spatial econometrics in practice: A guide to GeoDa, GeoDaSpace and PySAL*.

Antolín, G. A., Moura, J. L., & Ibeas, Á. (2015). Modelo de comportamiento del usuario en la búsqueda de aparcamiento. XVII Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte.

Antolín, G., Barreda, R., Cordera, R., Borja, A., dell'Olio, L., Moura, J. L., & Ibeas, A. (2015). Metodología de diseño de encuestas origen-destino incorporando análisis del estacionamiento. *Ingeniería de Transporte*, 19(1), 5–20.

- 
- Antolin, G., Dell'Olio, L., Moura, J. L., & Ibeas, A. (2015). Modelo de comportamiento del usuario en la búsqueda de aparcamiento. *Ingeniería de Transporte*, 19(2), 91–102.
- Antolín, G., Ibeas, Á., Alonso, B., & dell'Olio, L. (2016). Modelling parking behaviour considering heterogeneity. XII Congreso de ingeniería del transporte (pp. 2471-2484).
- Antolín, G., Ibeas, Á., Alonso, B., & dell'Olio, L. (2018). Modelling parking behaviour considering users heterogeneities. *Transport Policy*.
- Antolín, G., Ibeas, Á., dell'Olio, L. & Alonso, B., (2018). Modelo de localización de aparcamiento considerando diferentes alternativas de estacionamiento y correlación espacial. XIII Congreso de Ingeniería del Transporte.
- Antonson, H., Hrelja, R., Henriksson, P., 2017. People and parking requirements: Residential attitudes and day-to-day consequences of a land use policy shift towards sustainable mobility. *Land use policy* 62, 213–222. doi:10.1016/j.landusepol.2016.12.022
- Axhausen, K. W., and J. W. Polak. Choice of Parking: Stated-Preference Approach. *Transportation*, Vol. 18, No. 1, 1991, pp. 59–81.
- Axhausen, K.W., Herz, R. (1989) Simulating activity chains: German approach. *Journal of Transportation Engineering* 115, 316-325.
- Axhausen, K.W., Polak, J.W. (1991) Choice of parking: Stated preference approach. *Transportation* 18, 59-81.
- Barter, P.A. (2010) Off-Street Parking Policy without Parking Requirements: A Need for Market Fostering and Regulation. *Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal* 30, 571 - 588.
- Bates, J., Leibling, D. (2012) Spaced Out: Perspectives on parking policy.
- Ben-Akiva, M.E., Lerman, S.R. (1985) *Discrete choice analysis : theory and application to travel demand*. MIT Press, Cambridge, Mass.
- Benenson, I., K. Martens, and S. Birfir. PARKAGENT: An Agent-Based Model of Parking in the City. *Computers, Environment and Urban Systems*, Vol. 32, No. 6, 2008, pp. 431–439.
-

- 
- Bianco, M.J., 2000. Effective Transportation Demand Management Combining Parking Pricing, Transit Incentives, and Transportation Management in a Commercial District of Portland, Oregon. *Transp. Res. Rec.* 1711, 48–54. doi:10.3141/1711-07
- Bifulco, G.N. (1993) A stochastic user equilibrium assignment model for the evaluation of parking policies. *European Journal of Operational Research* 71, 269-287.
- Bliemer, M.C. and Rose, J.M. (2009) Efficiency and Sample Size Requirements For Stated Choice Experiments, Transportation Research Board Annual Meeting, Washington DC January.
- Bliemer, M.C.J. and J.M. Rose (2005a) Efficiency and Sample Size Requirements for Stated Choice Studies. Report ITLS-WP-05-08, Institute of Transport and Logistics Studies, University of Sydney.
- Bonsall, P., & Palmer, I. (2004). Modelling drivers' car parking behaviour using data from a travel-choice simulator. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 12(5), 321\_347.
- Bonsall, P., and I. Palmer. Modeling Drivers Car Parking Behavior Using Data from a Travel-Choice Simulator. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Vol. 12, No. 5, 2004, pp. 321–347.
- Box, P.C., Levinson, H.S., 2004. Curb-Parking Problems : Overview 130, 1–5.
- Brooke, S., Ison, S., Quddus, M. (2014) Parking Choice. *Parking Issues and Policies (Transport and Sustainability, Volume 5) Emerald Group Publishing Limited* 5, 115-135.
- Brooke, S., Ison, S., Quddus, M., 2014. On-Street Parking Search. *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board* 2469, 65–75. doi:10.3141/2469-08
- Caicedo, F., Robuste, F., & Lopez-Pita, A. (2006). Parking management and modeling of car-park patron behavior in underground-facilities. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1956, 60\_67.
- Cascetta, E. (2009) *Transportation systems analysis : models and applications*, 2nd ed. Springer, New York.
-

---

Chalermpong, S., & Kittiwangchai, K. (2008). Effects of parking policy on travel demand in Bangkok's commercial district. Transportation Research Board 87th Annual Meeting (08-1679). Transportation Research Board of the National Academies, Washington, DC.

Chang, F., Xie, B., and Wang, Z. (2012). Simulation study of parking choice behavior based on multi-agent. *Journal of Wuhan University of Technology (Transportation Science and Engineering)*, 36(6), 1283-1287.

Chaniotakis, E., Pel, A.J., 2015. Drivers' parking location choice under uncertain parking availability and search times: A stated preference experiment. *Transp. Res. Part A Policy Pract.* 82, 228–239. doi:10.1016/j.tra.2015.10.004

ChoiceMetrics, 2012. Ngene 1.1.1 User Manual & Reference Guide.

Clinch, J. P., & Kelly, J. A. (2004). Temporal variance of revealed-preference on. 83rd Annual Meeting of Transportation Research Board. Transportation Research Board of the National Academies, Washington, DC.

Cools, M., van der Waerden, P. J. H. J., & Janssens, D. (2013). Investigation of the determinants of travellers' mental knowledge of public parking-facilities. Transportation Research Board 92<sup>nd</sup> Annual Meeting. Transportation Research Board of the National Academies, Washington, DC.

Coppola, P. (2004) A Joint Model of Mode/Parking Choice with Elastic Parking Demand. *Applied Optimization*, pp. 85-104.

Coppola, P., Ibeas, Á., dell'Olio, L., Cordera, R. (2013) A LUTI Model for the Metropolitan Area of Santander. *Journal of Urban Planning and Development* 139.

Daly, A. (1997) Improved methods for trip generation. *Proceedings 25th European Transport Conference*, London, pp. 207-222.

Dell'Orco, M., Ottomanelli, M., Sassanelli, D., 2003. Modelling uncertainty in parking choice behaviour. 82nd Annu. Meet. Transp. Res. Board 1–20.

dell'Olio, L., Ibeas, A., Moura, J.L. (2009) Paying for parking : improving stated-preference surveys. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers* 162, 7.

- 
- Domencich, T y McFadden, D. (1975). Urban travel demand: a behavioral analysis. North-Holland, Amsterdam.
- Domencich, T.A., McFadden, D. (1975) *Urban travel demand : a behavioral analysis*. North-Holland Pub. Co. ;American Elsevier, Amsterdam, New York.
- Ergun, G. (1971). Development of a downtown-parking model. Highway Research Record, 369, 118\_134.
- Fern, E. F., (2001). Advanced focus group research. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Gaudry, M.J.I., Jara-Díaz, S.R. y Ortúzar, J. de D. (1989) Value of time sensitivity to model specification. Transportation Research 23B, pps. 151-158.
- Golias, J., G. Yannis, and M. Harvatis. Off-Street Parking Choice Sensitivity. Transportation Planning and Technology, Vol. 25, No. 4, 2002, pp. 333–348.
- Golias, J., Yannis, G., & Harvatis, M. (2002). Off-street parking-choice sensitivity. Transportation Planning and Technology, 25(4), 333\_348.
- Greene, W. H. (2012). NLOGIT 5 Reference Guide. Econometric Software. *Inc.*, Plainview, NY.
- Greene, W.H. (2012) *NLOGIT Version 5. Reference Guide*. Econometric Software, Australia.
- Guan, H., Sun, X., Liu, X., & Liu, L. (2005). Modeling parking-behavior for better control and pricing: A case-study from one of the busiest retail-shopping areas in Beijing, China. 84th Annual Meeting of the Transportation Research Board. Transportation Research Board of the National Academies, Washington, DC.
- Gur, Y.J., Beimborn, E.A. (1984) Analysis of Parking in Urban Centers: equilibrium assignment approach. Transportation Research Board, pp. p. 55-62.
- Harmatuck, D. J. (2007). Revealed-parking choices and the value of time. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2010(1), 26\_34.
- Hensher, D.A, Rose, J.M. y Greene, W.H. (2005). Applied choice analysis: a primer. Cambridge University Press.
-

- 
- Hensher, D.A., King, J. (2001) Parking demand and responsiveness to supply, pricing and location in the Sydney central business district. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 35, 177-196.
- Hensher, D.A., King, J., 2001. Parking demand and responsiveness to supply, pricing and location in the Sydney central business district. *Transp. Res. Part A Policy Pract.* 35, 177–196. doi:10.1016/S0965-8564(99)00054-3
- Hess, S., & Polak, J. W. (2004, January). Mixed Logit estimation of parking type choice. In 83rd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC (pp. 561-582).
- Hess, S., & Polak, J. W. (2009). Mixed Logit modelling of parking type choice behaviour. *Transportation Statistics* (77-102). JD Ross Publishing.
- Hess, S., Polak, J.W. (2004) Mixed Logit Estimation of Parking Type Choice. *83rd Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Washington DC.
- Huang, A., Levinson, D. (2015) Axis of travel: Modeling non-work destination choice with GPS data. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 58, Part B, 208-223.
- Hunt, J. D., & Teply, S. (1993). A nested-logit model of parking-location choice. *Transportation Research Part B: Methodological*, 27(4), 253\_265.
- Ibeas, A., González, F. A., dell'Olio, L., Moura, J. L. (2015) Manual de Encuestas de Movilidad (Preferencias Reveladas). Universidad de Cantabria.
- Ibeas, Á., Cordera, R., dell'Olio, L., Moura, J.L., 2011. Modelling demand in restricted parking zones. *Transp. Res. Part A Policy Pract.* 45, 485–498. doi:10.1016/j.tra.2011.03.004
- Ibeas, A., Cordera, R., dell'Olio, L., Moura, J.L. (2011) Modelling demand in restricted parking zones. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 45, 485-498.
- Ibeas, A., Dell'Olio, L., Bordagaray, M., Ortúzar, J. de D., 2014. Modelling parking choices considering user heterogeneity. *Transp. Res. Part A Policy Pract.* 70, 41–49. doi:10.1016/j.tra.2014.10.001
-

- 
- Ibeas, A., Dell'Olio, L., Bordagaray, M., Ortúzar, J.d.D. (2014) Modelling parking choices considering user heterogeneity. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 70, 41-49.
- Ibeas, A., Dell'Olio, L., Montequín, R.B., 2011. Citizen involvement in promoting sustainable mobility. *J. Transp. Geogr.* 19, 475–487. doi:10.1016/j.jtrangeo.2010.01.005
- Ibeas, A., Dell'Olio, L., Montequín, R.B., 2011. Citizen involvement in promoting sustainable mobility. *J. Transp. Geogr.* 19, 475–487. doi:10.1016/j.jtrangeo.2010.01.005
- Ibeas, A., dell'Olio, L., Montequín, R.B. (2011) Citizen involvement in promoting sustainable mobility. *Journal of Transport Geography*.
- ICANE (2008). Parque de Vehículos. Instituto Cantabro de Estadística.
- ITE (2004) Parking generation, 3rd ed. Institute of Transportation Engineers, Washington, D.C., USA.
- ITE (2010) Parking generation, 4th ed. Institute of Transportation Engineers, Washington, D.C., USA.
- Jara-Díaz, S. R., & Farah, M. (1987). Transport demand and users' benefits with fixed income: the goods/leisure trade off revisited. *Transportation Research Part B: Methodological*, 21(2), 165-170.
- Ji, Y., Deng, W., Wang, W., & Liu, G. (2007). Two-phased parking-choice model for pre-trip parking-guidance system. Transportation Research Board 86th Annual Meeting (07-1403). Transportation Research Board of the National Academies, Washington, DC.
- Kelly, J. A., & Clinch, J. P. (2006). Influence of varied parking-tariffs on parking-occupancy levels by trip purpose. *Transport Policy*, 13(6), 487\_495.
- Kelly, J., Clinch, J., 2006. Influence of varied parking tariffs on parking occupancy levels by trip purpose. *Transp. Policy* 13, 487–495. doi:10.1016/j.tranpol.2006.05.006
- King, D. Estimating Environmental and Congestion Effects from Cruising for Parking. Presented at 89th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C., 2010.
-

---

Kobus, M., Puigarnau, E. G., Rietveld, P., & van Ommeren, J. N. (2013). The on-street parking-premium and car-drivers' choice between street- and garage-parking. *Regional Science and Urban Economics*, 43(2), 395\_403.

Kocur, G.T., Adler, T., Hyman, W. y Aunet, B. (1982) Guide to forecasting travel demand with direct utility assessment. Report No. UMTA-NH-11-0001-82. Urban Mass Transportation Administration. US Department of Transportation, Washington. DC.

Kuppam, A.R., Pendyala, R.M., Gollakoti, M.A. V, 1998. Stated response analysis of the effectiveness of parking pricing strategies for transportation control. *Transp. Res. Rec.* 39-46. doi:10.3141/1649-05

Lambe, T. A. (1969). The choice of parking-location by workers in the central-business district. *Traffic Quarterly*, 23(3), 397\_411.

Lancaster, K. J. (1966). A new approach to consumer theory. *Journal of Political Economy* 14, pps. 132-157.

Lau, W. W. T., Poon, P. S. T., Tong, C. O., & Wong, S. C. (2005). The Hong Kong second parking-demand study. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Transport*, 158(1), 53\_59.

Lerman, S.R. y Louviere, J.J. (1978). The use of functional measurement to identify the form of utility functions in travel demand models. *Transportation Research Record* 673, 78-85.

Litman, T. (2010) *Parking Pricing Implementation Guidelines*. Victoria Transport Policy Institute.

Loukopoulos, P., Jakobsson, C., Gärling, T., Meland, S., & Fujii, S. (2006). Understanding the process of adaptation to car-use reduction goals. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 9(2), 115-127.

Louviere, J.J., Hensher, D.A. y Swait, J. (2000). *Stated choice methods: analysis and application*. Cambridge University Press, Cambridge.

Manville, M. (2014) Parking pricing. *Parking: Issues and Policies* 5, 137.

Marsden, G. (2006) The evidence base for parking policies--a review. *Transport Policy* 13, 447-457.

---

- 
- McFadden, D. (1978). Modelling the choice of residential location. En A. Karlquist, L. Lundquist, Snickars, F. y Weibull, J.W.(eds.), *Spatial Interaction Theory and Planning Models*. Nort-Holland, Amsterdam.
- McFadden, D. y Train, K. (2000). Mixed MNL models for discrete response. *Applied Econometrics*, 15(5), pps. 591-608.
- Mo, Y., Zhang, B., & Yan, K. (2008). A study of parking-behavior and parking-information requirements in Shanghai CBD. *Seventh International Conference of Chinese Transportation Professionals (ICCTP)*. American Society of Civil Engineering (ASCE) (2008), Reston, VA.
- Moeinaddini, M., Asadi-Shekari, Z., Ismail, C.R., Zaly Shah, M., 2013. A practical method for evaluating parking area level of service. *Land use policy* 33, 1–10. doi:10.1016/j.landusepol.2012.11.014
- Moradijoz, M., Parsa Moghaddam, M., Haghifam, M.R., Alishahi, E. (2013) A multi-objective optimization problem for allocating parking lots in a distribution network. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems* 46, 115-122.
- Morency, C., Trépanier, M. (2008) Characterizing parking spaces using travel survey data. CIRRELT, TR 15.
- Morgan, D. L. (1998). *The focus group guidebook*. Thousand Oaks, CA, EE. UU. Sage.
- Moura, J.L., Ibeas, A., Dell’Olio, L., 2009. Paying for parking: improving stated-preference surveys. *Proc. ICE - Transp.* 162, 39–45. doi:10.1680/tran.2009.162.1.39
- Oppenlander, J., Dawson, R. (1988) Optimal location of sizing of parking facilities. Institute of Transportation Engineers. *Proceedings of 58th Annual Meeting, Vancouver (Technical Paper 428)*.
- Ortúzar, J de D y Willumsen, LG (2008) *Modelos de Transporte*. Traducción de A. Ibeas y L. Dell’Olio. PubliCan Ediciones de la Universidad de Cantabria
- Ortúzar, J.d.D, (1982). Fundamentals of discrete multimodal choice modelling. *Transport reviews* 2, pps. 47-78.
- Ortúzar, J.de D. y Willumsen, L.G. (2001). *Modelling Transport*, 3rd ed. Wiley, Chichester.
-

- 
- Ortúzar, J.de D. y Willumsen, L.G. (2011). *Modelling Transport*, 4th ed. Wiley, Chichester.
- Ottomanelli, M., Dell’Orco, M., Sassanelli, D., 2011. Modelling parking choice behaviour using possibility theory. *Transp. Plan. Technol.* 34, 647–667. doi:10.1080/03081060.2011.602846
- Parry, I.W., Walls, M., Harrington, W. (2007) Automobile externalities and policies. *Journal of economic literature* 45, 373-399.
- Patton, M. Q. (2002). *Qualitative research and evaluation methods* (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Pearmain, D., Swanson, J., Krocs, E. y Bradley, M. (1991). *Stated preference techniques: a guide to practice*. Steer Davies Gleave and Hague Consulting Group, London.
- Pierce, G., Shoup, D., 2013. Getting the Prices Right. *J. Am. Plan. Assoc.* 79, 67–81. doi:10.1080/01944363.2013.787307
- Polak, J., Axhausen, K.W. (1989) *CLAMP: A macroscopic simulation model for parking policy analysis*. University of Oxford Transport Studies Unit.
- Polak, J.W., Hess, S., 2009. Mixed Logit modelling of parking type choice behaviour.
- Qin, H., Gao, J., Zhang, G., Chen, Y., Wu, S., 2017. Nested logit model formation to analyze airport parking behavior based on stated preference survey studies. *J. Air Transp. Manag.* 58, 164–175. doi:10.1016/j.jairtraman.2016.10.011
- Rose, J.M., Bliemer, M.C.J., 2009. Constructing Efficient Stated Choice Experimental Designs. *Transp. Rev.* 29, 587–617. doi:10.1080/01441640902827623
- Roth, G. J. *Paying for Parking*. Hobart Paper 33. The Institute of Economic Affairs Ltd., London, 1965.
- Ruisong, Y., Meiping, Y., Xiaoguang, Y., 2009. Study on driver’s parking location choice behavior considering drivers’ information acquisition. 2009 2nd Int. Conf. Intell. Comput. Technol. Autom. ICICTA 2009 3, 764–770. doi:10.1109/ICICTA.2009.650
- Salomon, I. (1986). Towards a behavioural approach to city-centre parking: The case of Jerusalem’s CBD. *Cities*, 3(3), 200\_208.
-

---

Sattayhatewa, P., Smith, R.L., 2003. Development of Parking Choice Models for Special Events. *Transp. Res. Rec.* 31–38. doi:10.3141/1858-05

Shiftan, Y., and R. Burd-Eden. Modeling Response to Parking Policy. In *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 1765, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2000, pp. 27–34.

Shiftan, Y., Burd-Eden, R., 2001. Modeling Response to Parking Policy. *Transp. Res. Rec.* 1765, 27–34. doi:10.3141/1765-05

Shinar, D. (1998) Aggressive driving: the contribution of the drivers and the situation. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 1, 137-160.

Shoup, D. C. (2005). *The high cost of free parking* (pp. 136-141). Chicago: Planners Press.

Shoup, D.C. (1999) The trouble with minimum parking requirements. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 33, 549-574.

Shoup, D.C. (2005) *The high cost of free parking*. Planners Press, American Planning Association, Chicago.

Shoup, D.C. (2006) Cruising for parking. *Transport Policy* 13, 479-486.

Shoup, D.C., 2006. Cruising for parking. *Transp. Policy* 13, 479–486. doi:10.1016/j.tranpol.2006.05.005

Sillano, M., & de Dios Ortúzar, J. (2005). Willingness-to-pay estimation with mixed logit models: some new evidence. *Environment and Planning A*, 37(3), 525-550.

Simicevic, J., Milosavljevic´ , N., Maletic´ , G., & Kaplanovic´ , S. (2012). Defining parking-price based on users' attitudes. *Transport Policy*, 23, 70\_78.

Teknomo, K., & Hokao, K. (1997). Parking-behavior in central-business district: A study case of Surabaya, Indonesia. *East Journal*, 2(2), 551\_570.

The Institution of Highways & Transportation (2005) *Parking Strategies and Management*. Essex.

- 
- Thompson, R. G., & Richardson, A. J. (1998). A parking-search model. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 32(3), 159\_170.
- Thompson, R. G., and A. J. Richardson. A Parking-Search Model. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 32, No. 3, 1998, pp. 159–170.
- Train, K. E. (2009). *Discrete choice methods with simulation*. Cambridge university press.
- Train, K., & McFadden, D. (1978). The goods/leisure tradeoff and disaggregate work trip mode choice models. *Transportation research*, 12(5), 349-353.
- Tsamboulas, D. A. (2001). Parking-fare thresholds: A policy tool. *Transport Policy*, 8(2), 115\_124.
- Tsamboulas, D. A. Parking Fare Thresholds: A Policy Tool. *Transport Policy*, Vol. 8, No. 2, 2001, pp. 115–124.
- Ulwick, A.W., (2002). Turn customer input innovation. *Harvard Business Review*, 80 (1, 91-97).
- Van der Waerden, P. J. H. J., Oppewal, H., & Timmermans, H. J. P. (1993). Adaptive-choice behaviour of motorists in congested shopping-centre parking-lots. *Transportation*, 20(4), 395\_408.
- Van Ommeren, J. N., Wentink, D., & Rietveld, P. (2012). Empirical evidence on cruising for parking. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(1), 123\_130.
- Verplanken, B., Aarts, H., van Knippenberg, A., & Moonen, A. (1998). Habit versus planned behaviour: A field study. *British Journal of Social Psychology*, 37(1), 111\_128.
- Waerden, P. van der, (2012). Pamela, a parking analysis model for predicting effects in local areas.
- Waerden, P. van der, 2012. Pamela, a parking analysis model for predicting effects in local areas.
- Washbrook, K., Haider, W., Jaccard, M., 2006. Estimating commuter mode choice: A discrete choice analysis of the impact of road pricing and parking charges. *Transportation (Amst)*. 33, 621–639. doi:10.1007/s11116-005-5711-x
-

---

Wilkinson, S. (2004). Focus group research. En D. Silverman (ed.), *Qualitative research: Theory, method, and practice* (pp. 177-199). Thousand Oaks, CA, EE. UU.: Sage.

WILLIAMS, H.C.W.L. y Ortuzar, J. de D. (1982a). Behavioural theories of dispersion and the mis-specification of travel demand models. *Transportation Research*, 16B, pps. 167-219.

Young, W., Thompson, R.G., Taylor, M.A.P. (1991) A review of urban car parking models. *Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal* 11, 63 - 84.

---

---

# Apéndices

**APÉNDICE 1. ESCENARIOS PRESENTADOS EN LAS ENCUESTAS DE PREFERENCIAS DECLARADAS – USUARIOS DE ESTACIONAMIENTO GRATUITO EN LA CALLE – FOSP.**

ESCENARIO 1	Desplazamiento realizado	Posibles alternativas		
		POSP	PUP	Park&Ride
Tarifa		0.3 €/h	0.6 €/h	2 €
Tiempo de búsqueda - Tesc (Park&Ride)	valor viaje realizado (TBU)	0	0	2 min
Tiempo a destino	valor viaje realizado (TD)	0	0	TD
Tiempo de estacionamiento máximo permitido		1 h		12 h
Información				0
Ancho de las plazas			0	
hora de llegada en relación con la deseada		15 minutos antes		

ESCENARIO 2	Desplazamiento realizado	Posibles alternativas		
		POSP	PUP	Park&Ride
Tarifa		1.2 €/h	0.6 €/h	2 €
Tiempo de búsqueda - Tesc (Park&Ride)	valor viaje realizado (TBU)	0	0	0 min
Tiempo a destino	valor viaje realizado (TD)	0	TD	0.2*TD
Tiempo de estacionamiento máximo permitido		8 h		24 h
Información				0
Ancho de las plazas			0	
hora de llegada en relación con la deseada		5 minutos tarde		

ESCENARIO 3	Desplazamiento realizado	Posibles alternativas		
		POSP	PUP	Park&Ride
Tarifa		0.6 €/h	1.2 €/h	2 €
Tiempo de búsqueda - Tesc (Park&Ride)	valor viaje realizado (TBU)	0.25*TBU	0	2 min
Tiempo a destino	valor viaje realizado (TD)	0.5*TD	0.5*TD	0.25*TD
Tiempo de estacionamiento máximo permitido		4 h		12 h
Información				1
Ancho de las plazas			1	
hora de llegada en relación con la deseada		15 minutos antes		

ESCENARIO 4	Desplazamiento realizado	Posibles alternativas		
		POSP	PUP	Park&Ride
Tarifa		1.2 €/h	1.5 €/h	3 €
Tiempo de búsqueda - Tesc (Park&Ride)	valor viaje realizado (TBU)	TBU	0	8 min

Tiempo a destino	valor viaje realizado (TD)	0.25*TD	0	0.25*TD
Tiempo de estacionamiento máximo permitido		4 h		24 h
Información				1
Ancho de las plazas			0	
hora de llegada en relación con la deseada		5 minutos tarde		

ESCENARIO 5	Desplazamiento realizado	Posibles alternativas		
		POSP	PUP	Park&Ride
Tarifa		0.6 €/h	1.5 €/h	1.50 €
Tiempo de búsqueda - Tesc (Park&Ride)	valor viaje realizado (TBU)	0.25*TBU	0	0 min
Tiempo a destino	valor viaje realizado (TD)	0.5*TD	TD	0.2*TD
Tiempo de estacionamiento máximo permitido		4 h		24 h
Información				1
Ancho de las plazas			1	
hora de llegada en relación con la deseada		0.6 €/h		

ESCENARIO 6	Desplazamiento realizado	Posibles alternativas		
		POSP	PUP	Park&Ride
Tarifa		0.9 €/h	0.9 €/h	3 €
Tiempo de búsqueda - Tesc (Park&Ride)	valor viaje realizado (TBU)	TBU	0	8 min
Tiempo a destino	valor viaje realizado (TD)	TD	0.25*TD	TD
Tiempo de estacionamiento máximo permitido		1 h		4 h
Información				0
Ancho de las plazas			1	
hora de llegada en relación con la deseada		15 minutos tarde		

ESCENARIO 7	Desplazamiento realizado	Posibles alternativas		
		POSP	PUP	Park&Ride
Tarifa		0.6 €/h	1.2 €/h	2.50 €
Tiempo de búsqueda - Tesc (Park&Ride)	valor viaje realizado (TBU)	0.5*TBU	0	4 min
Tiempo a destino	valor viaje realizado (TD)	0.5*TD	0.5*TD	0.5*TD
Tiempo de estacionamiento máximo permitido		2 h		8 h
Información				0
Ancho de las plazas			1	
hora de llegada en relación con la deseada		5 minutos antes		

ESCENARIO 8	Desplazamiento realizado	Posibles alternativas		
		POSP	PUP	Park&Ride
Tarifa		0.3 €/h	1.2 €/h	1.50 €

Tiempo de búsqueda - Tesc (Park&Ride)	valor viaje realizado (TBU)	TBU	0	8 min
Tiempo a destino	valor viaje realizado (TD)	0	0.25*TD	0.2*TD
Tiempo de estacionamiento máximo permitido		8 h		4 h
Información				1
Ancho de las plazas			0	
hora de llegada en relación con la deseada		5 minutos antes		

ESCENARIO 9	Desplazamiento realizado	Posibles alternativas		
		POSP	PUP	Park&Ride
Tarifa		0.9 €/h	0.9 €/h	2.50 €
Tiempo de búsqueda - Tesc (Park&Ride)	valor viaje realizado (TBU)	0.5*TBU	0	4 min
Tiempo a destino	valor viaje realizado (TD)	TD	0.25*TD	0.5*TD
Tiempo de estacionamiento máximo permitido		2 h		8 h
Información				0
Ancho de las plazas			1	
hora de llegada en relación con la deseada		5 minutos tarde		

ESCENARIO 10	Desplazamiento realizado	Posibles alternativas		
		POSP	PUP	Park&Ride
Tarifa		1.2 €/h	0.6 €/h	1.50 €
Tiempo de búsqueda - Tesc (Park&Ride)	valor viaje realizado (TBU)	0.25*TBU	0	2 min
Tiempo a destino	valor viaje realizado (TD)	0.25*TD	0	TD
Tiempo de estacionamiento máximo permitido		1 h		12 h
Información				1
Ancho de las plazas			0	
hora de llegada en relación con la deseada		15 minutos tarde		

ESCENARIO 11	Desplazamiento realizado	Posibles alternativas		
		POSP	PUP	Park&Ride
Tarifa		0.9 €/h	0.9 €/h	2.50 €
Tiempo de búsqueda - Tesc (Park&Ride)	valor viaje realizado (TBU)	0.5*TBU	0	4 min
Tiempo a destino	valor viaje realizado (TD)	TD	0.5*TD	0.5*TD
Tiempo de estacionamiento máximo permitido		2 h		8 h
Información				0
Ancho de las plazas			1	
hora de llegada en relación con la deseada		5 minutos antes		

ESCENARIO 12	Desplazamiento realizado	Posibles alternativas		
		POSP	PUP	Park&Ride

---

Tarifa		0.3 €/h	1.5 €/h	3 €
Tiempo de búsqueda - Tesc (Park&Ride)	valor viaje realizado (TBU)	0	0	0 min
Tiempo a destino	valor viaje realizado (TD)	0.25*TD	TD	0.25*TD
Tiempo de estacionamiento máximo permitido		8 h		4 h
Información				1
Ancho de las plazas			0	
hora de llegada en relación con la deseada		15 minutos tarde		

---

**APÉNDICE 2. ESCENARIOS PRESENTADOS EN LAS ENCUESTAS DE PREFERENCIAS DECLARADAS – USUARIOS DE ESTACIONAMIENTO DE PAGO EN LA CALLE – POSP.**

ESCENARIO 1	Desplazamiento realizado	Posibles alternativas		
		FOSP	PUP	Park&Ride
Tarifa			1.2€/h	2 €
Tiempo de búsqueda - Tesc (Park&Ride)	valor viaje realizado (TBU)	2*TBU	0	2min
Tiempo a destino	valor viaje realizado (TD)	1.5*TD	0.5*TD	1.5*TD
Tiempo de estacionamiento máximo permitido				12h
Información				1
Ancho de las plazas			1	
hora de llegada en relación con la deseada		5 minutos antes		

ESCENARIO 2	Desplazamiento realizado	Posibles alternativas		
		FOSP	PUP	Park&Ride
Tarifa			1.5€/h	1.5€
Tiempo de búsqueda - Tesc (Park&Ride)	valor viaje realizado (TBU)	TBU	0	8min
Tiempo a destino	valor viaje realizado (TD)	TD	1.5*TD	0.2*TD
Tiempo de estacionamiento máximo permitido				8h
Información				1
Ancho de las plazas			1	
hora de llegada en relación con la deseada		15 minutos antes		

ESCENARIO 3	Desplazamiento realizado	Posibles alternativas		
		FOSP	PUP	Park&Ride
Tarifa			0.6€/h	3 €
Tiempo de búsqueda - Tesc (Park&Ride)	valor viaje realizado (TBU)	2*TBU	0	8min
Tiempo a destino	valor viaje realizado (TD)	1.5*TD	0	1.5*TD
Tiempo de estacionamiento máximo permitido				24h
Información				1
Ancho de las plazas			0	
hora de llegada en relación con la deseada		15 minutos tarde		

ESCENARIO 4	Desplazamiento realizado	Posibles alternativas		
		FOSP	PUP	Park&Ride
Tarifa			0.6€/h	1.5€
Tiempo de búsqueda - Tesc (Park&Ride)	valor viaje realizado (TBU)	TBU	0	0min
Tiempo a destino	valor viaje realizado (TD)	TD	TD	0.2*TD
Tiempo de estacionamiento máximo permitido				24h
Información				0
Ancho de las plazas			0	
hora de llegada en relación con la deseada		15 minutos antes		

ESCENARIO 5	Desplazamiento realizado	Posibles alternativas		
		FOSP	PUP	Park&Ride
Tarifa			1.5€/h	2.5€
Tiempo de búsqueda - Tesc (Park&Ride)	valor viaje realizado (TBU)	3*TBU	0	2min
Tiempo a destino	valor viaje realizado (TD)	2*TD	1.5*TD	0.5*TD

Tiempo de estacionamiento máximo permitido			12h
Información			0
Ancho de las plazas		0	
hora de llegada en relación con la deseada		5 minutos tarde	

ESCENARIO 6	Desplazamiento realizado	Posibles alternativas		
		FOSP	PUP	Park&Ride
Tarifa			0.9€/h	3 €
Tiempo de búsqueda - Tesc (Park&Ride)	valor viaje realizado (TBU)	3*TBU	0	4min
Tiempo a destino	valor viaje realizado (TD)	2*TD	0.5*TD	TD
Tiempo de estacionamiento máximo permitido				4h
Información				0
Ancho de las plazas			1	
hora de llegada en relación con la deseada		5 minutos tarde		

ESCENARIO 7	Desplazamiento realizado	Posibles alternativas		
		FOSP	PUP	Park&Ride
Tarifa			0.6€/h	2 €
Tiempo de búsqueda - Tesc (Park&Ride)	valor viaje realizado (TBU)	2*TBU	0	8min
Tiempo a destino	valor viaje realizado (TD)	1.5*TD	1.5*TD	1.5*TD
Tiempo de estacionamiento máximo permitido				4h
Información				1
Ancho de las plazas			0	
hora de llegada en relación con la deseada		15 minutos tarde		

ESCENARIO 8	Desplazamiento realizado	Posibles alternativas		
		FOSP	PUP	Park&Ride
Tarifa			1.2€/h	1.5€
Tiempo de búsqueda - Tesc (Park&Ride)	valor viaje realizado (TBU)	4*TBU	0	0min
Tiempo a destino	valor viaje realizado (TD)	2.5*TD	TD	0.2*TD
Tiempo de estacionamiento máximo permitido				24h
Información				1
Ancho de las plazas			1	
hora de llegada en relación con la deseada		15 minutos antes		

ESCENARIO 9	Desplazamiento realizado	Posibles alternativas		
		FOSP	PUP	Park&Ride
Tarifa			0.9€/h	2.5€
Tiempo de búsqueda - Tesc (Park&Ride)	valor viaje realizado (TBU)	4*TBU	0	4min
Tiempo a destino	valor viaje realizado (TD)	TD	0.5*TD	TD
Tiempo de estacionamiento máximo permitido				8h
Información				0
Ancho de las plazas			1	
hora de llegada en relación con la deseada		5 minutos tarde		

ESCENARIO 10	Desplazamiento realizado	Posibles alternativas		
		FOSP	PUP	Park&Ride
Tarifa			0.9€/h	2.5€
Tiempo de búsqueda - Tesc (Park&Ride)	valor viaje realizado (TBU)	4*TBU	0	4min
Tiempo a destino	valor viaje realizado (TD)	2.5*TD	0TD	TD
Tiempo de estacionamiento máximo permitido				8h

---

Información				0
Ancho de las plazas			1	
hora de llegada en relación con la deseada			5 minutos antes	

ESCENARIO 11	Desplazamiento realizado	Posibles alternativas		
		FOSP	PUP	Park&Ride
Tarifa			1.5€/h	2 €
Tiempo de búsqueda - Tesc (Park&Ride)	valor viaje realizado (TBU)	TBU	0	2min
Tiempo a destino	valor viaje realizado (TD)	2.5*TD	0	0.5*TD
Tiempo de estacionamiento máximo permitido				12h
Información				0
Ancho de las plazas			0	
hora de llegada en relación con la deseada			5 minutos antes	

ESCENARIO 12	Desplazamiento realizado	Posibles alternativas		
		FOSP	PUP	Park&Ride
Tarifa			1.2€/h	3 €
Tiempo de búsqueda - Tesc (Park&Ride)	valor viaje realizado (TBU)	3*TBU	0	0min
Tiempo a destino	valor viaje realizado (TD)	2*TD	0	0.5*TD
Tiempo de estacionamiento máximo permitido				4h
Información				1
Ancho de las plazas			0	
hora de llegada en relación con la deseada			15 minutos tarde	

---

**APÉNDICE 3. ESCENARIOS PRESENTADOS EN LAS ENCUESTAS DE PREFERENCIAS DECLARADAS – USUARIOS DE ESTACIONAMIENTO SUBTERRÁNEO DE PAGO – PUP.**

ESCENARIO 1	Desplazamiento realizado	Posibles alternativas		
		FOSP	O.L.A	Park&Ride
Tarifa			0,3 €/h	1.50 €
Tiempo de búsqueda - Tesc (Park&Ride)	valor viaje realizado (TBU)	16 min	0 min	0 min
Tiempo a destino	valor viaje realizado (TD)	2.5*TD	0	0.2*TD
Tiempo de estacionamiento máximo permitido			1 h	24 h
Información				0
Ancho de las plazas				
hora de llegada en relación con la deseada		15 minutos antes		

ESCENARIO 2	Desplazamiento realizado	Posibles alternativas		
		FOSP	O.L.A	Park&Ride
Tarifa			0,3 €/h	2 €
Tiempo de búsqueda - Tesc (Park&Ride)	valor viaje realizado (TBU)	4 min	0 min	8 min
Tiempo a destino	valor viaje realizado (TD)	TD	1.5*TD	1.5*TD
Tiempo de estacionamiento máximo permitido			8 h	4 h
Información				1
Ancho de las plazas				
hora de llegada en relación con la deseada		5 minutos tarde		

ESCENARIO 3	Desplazamiento realizado	Posibles alternativas		
		FOSP	O.L.A	Park&Ride
Tarifa			0,9 €/h	2.50 €
Tiempo de búsqueda - Tesc (Park&Ride)	valor viaje realizado (TBU)	8 min	1 min	4 min
Tiempo a destino	valor viaje realizado (TD)	1.5*TD	TD	TD
Tiempo de estacionamiento máximo permitido			2 h	8 h
Información				0
Ancho de las plazas				
hora de llegada en relación con la deseada		5 minutos antes		

ESCENARIO 4	Desplazamiento realizado	Posibles alternativas		
		FOSP	O.L.A	Park&Ride
Tarifa			0,3 €/h	2.50 €
Tiempo de búsqueda - Tesc (Park&Ride)	valor viaje realizado (TBU)	12 min	4 min	2 min
Tiempo a destino	valor viaje realizado (TD)	2.5*TD	0	0.5*TD
Tiempo de estacionamiento máximo permitido			8 h	12 h
Información				0
Ancho de las plazas				
hora de llegada en relación con la deseada		15 minutos tarde		

ESCENARIO 5	Desplazamiento realizado	Posibles alternativas		
		FOSP	O.L.A	Park&Ride

Tarifa			1,2 €/h	2.50 €
Tiempo de búsqueda - Tesc (Park&Ride)	valor viaje realizado (TBU)	12 min	2 min	4 min
Tiempo a destino	valor viaje realizado (TD)	2*TD	1.5*TD	TD
Tiempo de estacionamiento máximo permitido			1 h	8 h
Información				0
Ancho de las plazas				
hora de llegada en relación con la deseada			5 minutos tarde	

ESCENARIO 6	Desplazamiento realizado	Posibles alternativas		
		FOSP	O.L.A	Park&Ride
Tarifa			0,9 €/h	2 €
Tiempo de búsqueda - Tesc (Park&Ride)	valor viaje realizado (TBU)	8 min	2 min	2 min
Tiempo a destino	valor viaje realizado (TD)	1.5*TD	TD	1.5*TD
Tiempo de estacionamiento máximo permitido			2 h	12 h
Información				1
Ancho de las plazas				
hora de llegada en relación con la deseada			5 minutos antes	

ESCENARIO 7	Desplazamiento realizado	Posibles alternativas		
		FOSP	O.L.A	Park&Ride
Tarifa			0,6 €/h	1.50 €
Tiempo de búsqueda - Tesc (Park&Ride)	valor viaje realizado (TBU)	8 min	1 min	8 min
Tiempo a destino	valor viaje realizado (TD)	1.5*TD	TD	0.2*TD
Tiempo de estacionamiento máximo permitido			2 h	24 h
Información				1
Ancho de las plazas				
hora de llegada en relación con la deseada			15 minutos antes	

ESCENARIO 8	Desplazamiento realizado	Posibles alternativas		
		FOSP	O.L.A	Park&Ride
Tarifa			0,9 €/h	3 €
Tiempo de búsqueda - Tesc (Park&Ride)	valor viaje realizado (TBU)	12 min	2 min	4 min
Tiempo a destino	valor viaje realizado (TD)	2*TD	1.5*TD	TD
Tiempo de estacionamiento máximo permitido			1 h	8 h
Información				0
Ancho de las plazas				
hora de llegada en relación con la deseada			5 minutos tarde	

ESCENARIO 9	Desplazamiento realizado	Posibles alternativas		
		FOSP	O.L.A	Park&Ride
Tarifa			1,2 €/h	3 €
Tiempo de búsqueda - Tesc (Park&Ride)	valor viaje realizado (TBU)	16 min	0 min	8 min
Tiempo a destino	valor viaje realizado (TD)	TD	0	0.5*TD
Tiempo de estacionamiento máximo permitido			8 h	4 h
Información				1
Ancho de las plazas			15 minutos tarde	
hora de llegada en relación con la deseada				

ESCENARIO 10	Desplazamiento realizado	Posibles alternativas		
		FOSP	O.L.A	Park&Ride
Tarifa			0,6 €/h	3 €
Tiempo de búsqueda - Tesc (Park&Ride)	valor viaje realizado (TBU)	4 min	4 min	0 min
Tiempo a destino	valor viaje realizado (TD)	2.5*TD	0.5*TD	1.5*TD
Tiempo de estacionamiento máximo permitido			4 h	24 h
Información				1
Ancho de las plazas				
hora de llegada en relación con la deseada		15 minutos tarde		

ESCENARIO 11	Desplazamiento realizado	Posibles alternativas		
		FOSP	O.L.A	Park&Ride
Tarifa			1,2 €/h	2 €
Tiempo de búsqueda - Tesc (Park&Ride)	valor viaje realizado (TBU)	16 min	4 min	2 min
Tiempo a destino	valor viaje realizado (TD)	2*TD	0.5*TD	0.5*TD
Tiempo de estacionamiento máximo permitido			4 h	12 h
Información				0
Ancho de las plazas				
hora de llegada en relación con la deseada		5 minutos antes		

ESCENARIO 12	Desplazamiento realizado	Posibles alternativas		
		FOSP	O.L.A	Park&Ride
Tarifa			0,6 €/h	1.50 €
Tiempo de búsqueda - Tesc (Park&Ride)	valor viaje realizado (TBU)	4 min	1 min	0 min
Tiempo a destino	valor viaje realizado (TD)	TD	0.5*TD	0.2*TD
Tiempo de estacionamiento máximo permitido			4 h	4 h
Información				1
Ancho de las plazas				
hora de llegada en relación con la deseada		15 minutos antes		

APÉNDICE 4. ENCUESTA DE PREFERENCIAS REVELADAS  
 CARACTERIZACIÓN DE LOS USUARIOS Y LOS VEHÍCULOS.

ENCUESTA DE VIAJES

INFORMACIÓN SOBRE LOS VEHÍCULOS

14. Por favor enumere los vehículos que se utilizan en su hogar

1. Marca \_\_\_\_\_ Modelo \_\_\_\_\_ Año de compra \_\_\_\_\_ ¿Dispone de tarjeta de residente? \_\_\_\_\_  
 Miembros del hogar que lo utilizan (nombre de pila) \_\_\_\_\_
- Tipo de vehículo:  
 Coche  Furgoneta  Zona OLA  Otros  
 Moto  Libre en la calle
2. Marca \_\_\_\_\_ Modelo \_\_\_\_\_ Año de compra \_\_\_\_\_ ¿Dispone de tarjeta de residente? \_\_\_\_\_  
 Miembros del hogar que lo utilizan (nombre de pila) \_\_\_\_\_
- Tipo de vehículo:  
 Coche  Furgoneta  Zona OLA  Otros  
 Moto  Libre en la calle
3. Marca \_\_\_\_\_ Modelo \_\_\_\_\_ Año de compra \_\_\_\_\_ ¿Dispone de tarjeta de residente? \_\_\_\_\_  
 Miembros del hogar que lo utilizan (nombre de pila) \_\_\_\_\_
- Tipo de vehículo:  
 Coche  Furgoneta  Zona OLA  Otros  
 Moto  Libre en la calle
4. Marca \_\_\_\_\_ Modelo \_\_\_\_\_ Año de compra \_\_\_\_\_ ¿Dispone de tarjeta de residente? \_\_\_\_\_  
 Miembros del hogar que lo utilizan (nombre de pila) \_\_\_\_\_
- Tipo de vehículo:  
 Coche  Furgoneta  Zona OLA  Otros  
 Moto  Libre en la calle

ENCUESTA DE VIAJES



Grupo de Investigación en Sistemas de Transporte - Universidad de Cantabria - Avda. de los Castros s/n. 39005-Santander - Tel: 942 201 556



ENCUESTA DE VIAJES

INFORMACIÓN SOBRE LAS PERSONAS DEL HOGAR

1. Nombre de pila o identificación de la persona

2. Sexo  Varón  Mujer  Empleado  No existe
3. Edad
4. Parentesco respecto al cabeza de hogar  
 El mismo  Otro pariente  Empleado  No existe  
 Cónyuge  Amigo  Hijo
5. ¿Dispone de carné de conducir?  
 No  SI  EGB, ESO  Bachillerato, BUP, COU  Formación profesional  Universitario  
 Cual \_\_\_\_\_
6. Nivel de estudios  
 No ilitero  EGB, ESO  Bachillerato, BUP, COU  Formación profesional  Universitario
7. ¿Dispone de abono del TUS?  
 No  SI  Cual \_\_\_\_\_
8. ¿A qué se dedica actualmente?  
 Trabajador activo  Jornada completa  Jornada parcial  Ocasional  Estudia  Colegio  Instituto  Universidad  Otro  
 Otros  Labores del hogar  Pensionista  Desempleado  Otro
9. Nivel de ingresos  
 No tiene  Entre 600 - 1.200 €/mes  Entre 1.200 - 2.500 €/mes  ≥ 2.500 €/mes
10. ¿Cuántos años lleva viviendo en el mismo hogar?
11. ¿Con qué frecuencia aparca en zona OLA?  
 Diariamente  Semanalmente  Mensualmente  Nunca
12. ¿Con qué frecuencia aparca en aparcamiento subterráneo?  
 Diariamente  Semanalmente  Mensualmente  Nunca
13. ¿Dispone de tarjeta de TUSBIC (Bicicleta pública)?  
 No  SI  Cual \_\_\_\_\_

ENCUESTA DE VIAJES



Grupo de Investigación en Sistemas de Transporte - Universidad de Cantabria - Avda. de los Castros s/n. 39005-Santander - Tel: 942 201 556



Grupo de Investigación en Sistemas de Transporte - Universidad de Cantabria - Avda. de los Castros s/n. 39005-Santander - Tel: 942 201 556



